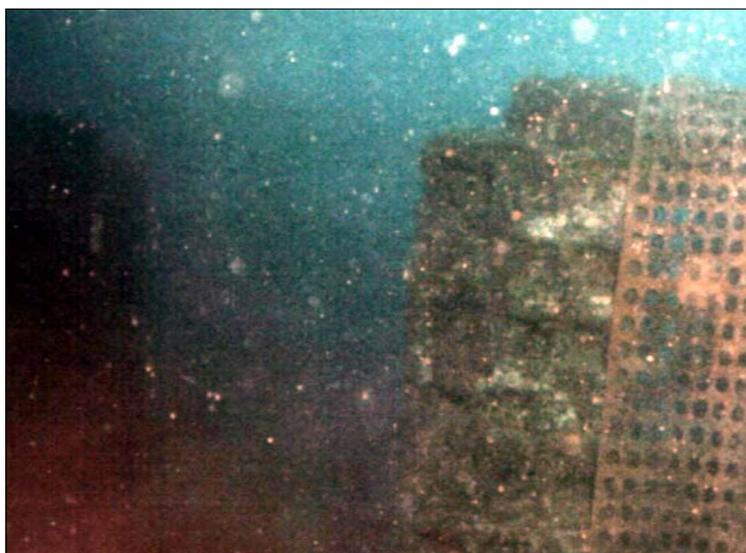




**Región de Murcia**  
Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente  
Dirección General de Ganadería y Pesca  
Servicio de Pesca y Acuicultura

# **SEGUIMIENTO DEL ARRECIFE ARTIFICIAL DE CABO COPE – PUNTAS DE CALNEGRE Y CARACTERIZACIÓN DE LA PRADERA DE *POSIDONIA OCEANICA***



ALICANTE, NOVIEMBRE DE 2003

<b>DIRECCIÓN DEL TRABAJO:</b>	<b>EMPRESA CONSULTORA:</b>
SERVICIO DE PESCA Y ACUICULTURA	<b>MEDITERRANEO</b> <b>SERVICIOS MARINOS</b> 

Antiguas Instalaciones CLH. Muelle de Poniente s/n. C.P.: 03001. ALICANTE.  
☎ Voz: 965 202 201. Fax 965 206 927.e-mail: correo@mediterraneoserviciosmarinos.com



CONSEJERÍA DE AGRICULTURA,  
AGUA Y MEDIO AMBIENTE  
REGIÓN DE MURCIA

**SEGUIMIENTO DEL ARRECIFE ARTIFICIAL DE  
CABO COPE – PUNTAS DE CALNEGRE Y  
CARACTERIZACIÓN DE LA PRADERA DE  
*POSIDONIA OCEANICA***

**Autores:**

Marcos Sánchez Poveda  
Jordi Escrihuela Corella  
Emilio Pérez Blaya  
Carmen Gallego Balboa  
Antonio Briz Ena  
Juan Francisco Alemán Larrosa

**Dirección y coordinación:**  
Manuel Marhuenda e Irastorza

**MEDITERRANEO**  
**SERVICIOS MARINOS**

Noviembre de 2003

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</b> .....	4
<b>2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO</b> .....	6
<b>3. INSPECCIÓN DE LA SITUACIÓN DEL ARRECIFE ARTIFICIAL</b> .....	8
3.1. <i>Metodología aplicada</i> .....	8
3.2. <i>Resultados</i> .....	11
3.2.1. Localización de estructuras.....	11
3.2.1.1. Fase I desde Cabo Cope a Playa de los Hierros .....	14
3.2.1.2. Fase II. Desde Playa de los Hierros a Puntas de Calnegre .....	17
3.2.2. Incidencia arrastrera.....	21
3.2.3. Cartografía bionómica de los fondos .....	26
<b>4. CARACTERIZACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA PRADERA DE <i>Posidonia oceanica</i></b> .....	35
4.1. <i>Metodología</i> .....	35
4.3.1. Seguimiento de las estaciones permanentes de <i>Posidonia</i> .....	35
4.3.2. Estudio lepidocronológico .....	37
4.3.3. Estudio demográfico de la pradera .....	37
4.2. <i>Resultados</i> .....	41
4.2.1. Estaciones permanentes de seguimiento .....	41
4.2.2. Estudio lepidocronológico .....	51
4.2.2.1. Crecimiento de rizoma .....	52
4.2.2.2. Producción anual de hojas .....	58
4.2.2.3. Producción anual de rizoma .....	63
4.2.2.4. Relación producción/crecimiento de rizoma (P/C).....	68
4.2.3. Análisis demográfico de la población de haces .....	76
4.2.3.1. Distribución de clases de edad.....	76
4.2.3.2. Estimación de parámetros demográficos de la pradera .....	83
<b>5. FILMACIONES DE LOS MÓDULOS</b> .....	96
<b>6. RESUMEN</b> .....	97
 <b>ANEXOS</b>	
<b>ANEXO I. Cartografía</b> .....	103
<b>ANEXO II. Resultados lepidocronológicos</b> .....	109
<b>ANEXO III. Imágenes de vídeo</b> .....	113
<b>ANEXO IV. Listado de módulos</b> .....	117

## 1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El presente estudio lo realiza *Mediterráneo Servicios Marinos S.L.* tras la solicitud de asistencia técnica del *Servicio de Pesca y Acuicultura de la región de Murcia*. La finalidad de dicho estudio se fundamenta en la elaboración de una serie de estudios encaminados a verificar la eficacia tanto desde el punto de vista ecológico como antiarrastre del arrecife artificial colocado en la bahía delimitada por Cabo Cope y Puntas de Calnegre y cuya actuación se llevó a cabo en dos fases en 1993 y 1998 respectivamente.

Como hemos apuntado con anterioridad, el presente arrecife artificial se concibió en dos fases diferentes abordadas en 1993 y 1998 respectivamente. Tras la colocación de esta segunda fase se ha hecho extensiva la protección que confiere el arrecife a la totalidad de la pradera de *Posidonia* que se encuentra ubicada a lo largo de la bahía de Cabo Cope –Puntas de Calnegre impidiendo el tránsito de lances de arrastre a profundidades inferiores a –30 m.

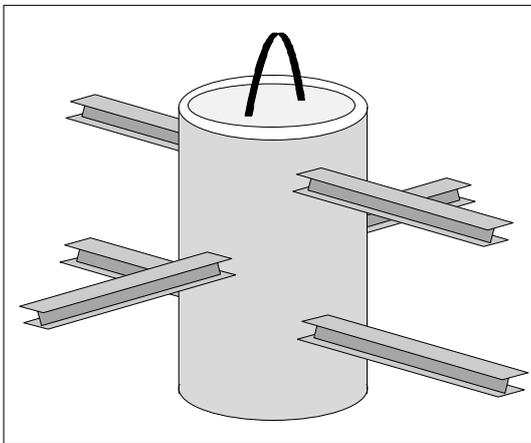
La primera fase del arrecife emprendida a finales de 1993 supone la primera actuación de estas características en la región de Murcia. Está compuesta por dos tipos de módulos antiarrastre y alveolares que se distribuyen a lo largo de 8 barreras transversales colocadas y espaciadas de tal manera que se asegure la protección de los fondos marinos comprendidos entre –10 y -35 m. La mayor parte del arrecife artificial está compuesto por módulos tipo antiarrastre (ver figura 1.1) en un número de 207 unidades distribuidas homogéneamente a lo largo de las diferentes barreras. Los módulos alveolares se fundearon en un número de 9 unidades conformando un pequeño núcleo concebido bajo criterios antiarrastre y de potenciación y diversificación de los poblamientos ictiológicos.

A finales de 1998 se procedió a la instalación de la segunda fase del arrecife completando la protección arrecifal desde la playa de los Hierros a Puntas de Calnegre y a lo largo del mismo rango batimétrico que el caso de la primera fase. Para el diseño de esta segunda fase se eligió un único tipo de módulo de similares características a los antiarrastre de la primera fase aunque en este caso el núcleo de hormigón presenta una

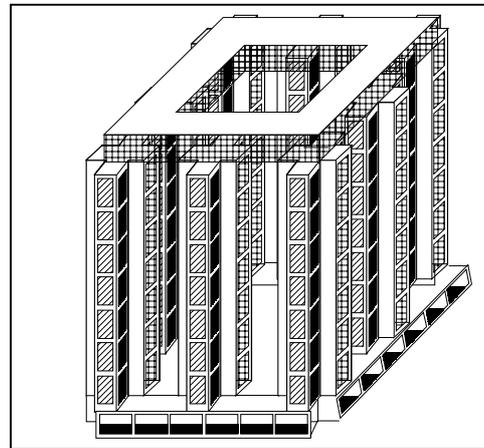
forma cúbica con el interior hueco para la diversificación de habitats y potenciar su utilización por diferentes organismos como área de refugio, de cría y/o reproducción.

En este caso se colocaron un total de 113 módulos distribuidos homogéneamente a lo largo de 6 barreras.

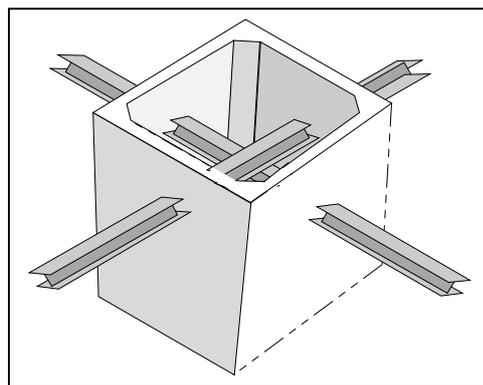
En la construcción de este arrecife artificial se pretende conjugar la recuperación de los fondos litorales con la recuperación y protección de los recursos pesqueros asociados a estos fondos y su diversificación gracias principalmente a la disuasión de la pesca de arrastre y la recuperación de la pradera de *Posidonia*.



**Figura 1.1.** Módulo antiarrastre de la primera fase.



**Figura 1.2.** Módulo alveolar de la primera fase.



**Figura 1.3.** Módulo antiarrastre de la segunda fase.

## 2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

En función de los objetivos que se persiguen con la colocación de este arrecife artificial se ha desarrollado un plan de seguimiento periódico con posterioridad a la instalación del arrecife, del que el presente informe forma parte. En dicho seguimiento, y mediante la aplicación conjunta de diversas metodologías de trabajo se han desarrollado una serie de trabajos que contribuyen a la evaluación de la eficacia del arrecife. En este sentido se han establecido los siguientes objetivos:

1. Evaluar la efectividad del arrecife como elemento disuasorio frente a la actividad de las embarcaciones de arrastre en su zona de influencia a partir de una prospección bajo la aplicación de la técnica del Sonar de Barrido Lateral (SBL). Para poner de manifiesto esta circunstancia se ha abordado el objetivo bajo distintos criterios que exponemos a continuación

1.1. Localizar las huellas de los eventuales lances de arrastre en el interior del arrecife artificial y sobre zonas adyacentes. Deficiencias en la colocación de las estructuras o en el diseño de la disposición de las mismas, pueden facilitar la incursión de lances de arrastres en el entorno del arrecife artificial.

1.2. Detectar y posicionar parte o la totalidad de los elementos modulares pertenecientes al arrecife para poner de manifiesto si conservan su posición originaria o por el contrario a sufrido desplazamientos por el enganche con artes de arrastre.

1.3. Aprovechando toda la información contenida en los registros de sonar se procederá a la realización de una cartografía bionómica de los fondos prospectados delimitando cada uno de los aspectos bionómicos identificables e incluso diferenciando entre distintos aspectos de una misma comunidad siempre que sea posible atendiendo tanto a criterios estructurales como estados de conservación en el caso de la pradera de *Posidonia oceanica*. Esta primera aproximación al estado de la pradera se complementará con los objetivos que definimos a continuación.

2. Seguimiento de una serie de aspectos descriptivos de la pradera de *Posidonia* que nos permitan establecer una valoración sobre su estado actual y con previsión de futuro y evaluar si la presencia del arrecife contribuye a su recuperación. Desde este punto de vista, para el estudio se han establecido tres objetivos:
- 2.1. Identificar posibles cambios en la densidad de haces de la pradera mediante el seguimiento de las estaciones permanentes ubicadas en dicha pradera.
  - 2.2. Realizar un seguimiento de la estructura poblacional de la pradera y de diversos parámetros poblacionales como la tasa de mortalidad o la de reclutamiento.
  - 2.3. Mediante la aplicación de técnicas de reconstrucción histórica de la pradera analizar de forma retrospectiva diversos parámetros de crecimiento y evaluar su evolución.

### 3. INSPECCIÓN DE LA SITUACIÓN DEL ARRECIFE ARTIFICIAL

Aunque la finalidad de la construcción de arrecifes artificiales no se limita sólo al impedimento del desarrollo de la pesca de arrastre de forma ilegal, podemos decir que se trataría del propósito más importante y con resultados efectivos a corto plazo.

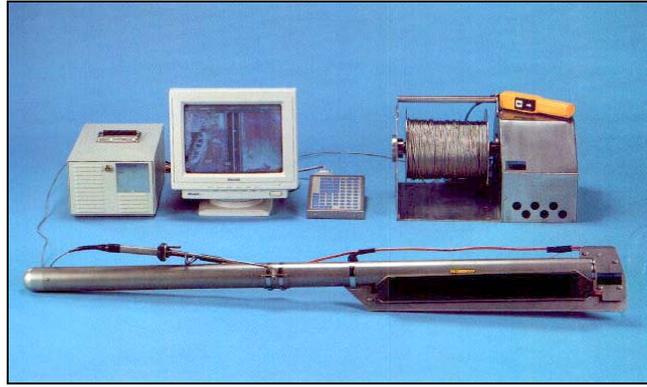
El desarrollo de esta modalidad de pesca sobre los espacios que se pretenden proteger provoca, por una parte, una degradación mecánica de los fondos y, por consiguiente, de las comunidades bionómicas asociadas a los mismos. En este caso particular se trataría de praderas de fanerógamas marinas, con una más que contrastada importancia ecológica por constituir la base de un ecosistema muy maduro, como en el caso de las praderas de *Posidonia oceanica*, y cuya degradación puede repercutir en graves daños ecológicos e incluso con trascendencia económica sobre la actividad pesquera.

Por otra parte la inexistencia, o en su caso la posible ineficacia de este arrecife artificial permitiría la intrusión de la flota arrastrera sobre caladeros más someros, frecuentados tradicionalmente por la flota artesanal originando un conflicto entre ambas flotas con consecuencias negativas sobre la segunda.

Para la evaluación de la eficacia del arrecife artificial como instrumento de ordenación pesquera encaminado a disuadir a la flota de arrastre de faenar a profundidades no permitidas, se ha utilizado, tal y como se comenta con anterioridad una prospección acústica mediante sonar de barrido lateral cuya metodología y resultados obtenidos se describen a continuación.

#### 3.1. Metodología aplicada

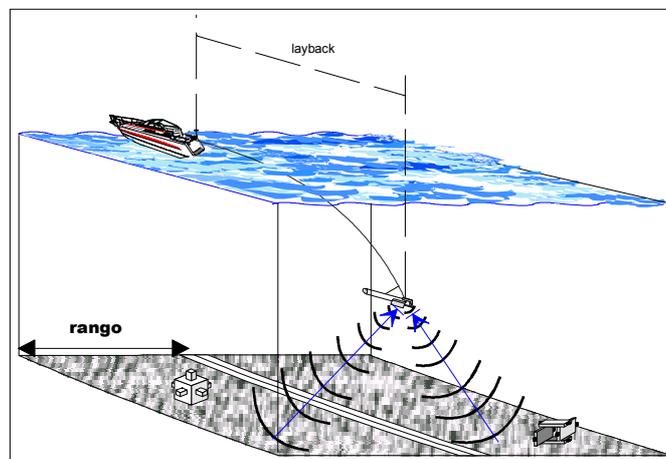
El equipo utilizado para esta tarea es el C-Max 800/S Sidescan Sonar. Este equipo consiste en una CPU instalada en el barco y un transductor denominado *pez* que emite y



**Figura 3.1.1.** Sonar de barrido lateral (C-Max 800/S)

recibe ondas acústicas. El transductor se encuentra unido a la CPU mediante un cable de fibra óptica (ver figuras 3.1.1 y 3.1.2).

A partir del eco recibido por el transductor y mediante el *software* propio del equipo, se generan las imágenes en forma de registro continuo que quedan almacenadas en un disco magneto-óptico con capacidad para seis u ocho horas de grabación dependiendo del rango utilizado en la prospección. Este soporte informático permite un almacenamiento de los registros georreferenciados así como un ahorro de espacio y tiempo de post-proceso frente a los sistemas de registro sobre papel.



**Figura 3.1.2.** Modelo de prospección con sonar de barrido lateral (SSS)

El SSS está controlado por su propio ordenador, que almacena continuamente el registro en un disco magneto-óptico, junto con los datos de posición que le suministra el sistema de navegación. La pantalla permite ver el registro del sonar, por lo que es posible observarlo y testar la calidad del registro continuamente.

El sistema de navegación está formado por un *Dgps* que suministra la señal *RTCM* para el posicionamiento con precisión diferencial y un *PC* portátil al que se conecta y que incorpora el *software* de navegación que se encarga de gestionar toda la información procedente de los distintos periféricos conectados (*gps*, sonda etc) para proceder al guiado de la embarcación, la corrección y almacenamiento a tiempo real de toda la información.

La realización de la prospección con sonar requiere del establecimiento previo y planificado de una serie de recorridos paralelos entre sí y separados en función del ancho de banda o rango seleccionado para los registros. La experiencia en este tipo de prospecciones nos aconseja la utilización de un rango de 75 m por banda. En función de ello, se estableció una separación de líneas adyacentes de 140 m, lo que supone la cobertura total del área de prospección con un mínimo de solapamiento para evitar zonas carentes de prospección.

Todos estos recorridos son introducidos en el programa de navegación que los visualiza georreferenciados y permitiendo el guiado de la embarcación de forma sistematizada sobre el área de trabajo.

Con posterioridad los registros obtenidos fueron visualizados por personal cualificado en su interpretación para la delimitación de todos los aspectos bionómicos registrados los diferentes elementos que conforman el arrecife artificial así como cualquier otra estructura como son las marcas de arrastre. Todos estos puntos se localizan geográficamente, de manera que los archivos generados se pueden pasar a CAD para incluirlos en la cartografía. La disposición de estos recorridos se puede apreciar en el plano 1 del anexo cartográfico.

En función de la escala definitiva sobre la que se van a representar los resultados se establecerá un grado de precisión en el cartografiado de los diferentes elementos de tal manera que los objetos o superficies de menos tamaño aparezcan perfectamente diferenciados en el plano.

### **3.2.Resultados obtenidos**

Al objeto de facilitar la comprensión de la totalidad de la información recabada durante la prospección se ha decidido estructurar el presente capítulo en diferentes subapartados en función de los criterios de evaluación.

#### **3.2.1. Localización de estructuras**

El objetivo de este apartado consiste en la localización de las estructuras que componen el arrecife artificial con el fin de evaluar si la instalación del mismo se ha ejecutado conforme a las especificaciones establecidas en el proyecto de construcción e instalación y/o poner de manifiesto la posibilidad de que algunos de los módulos hayan sido desplazados a consecuencia de enganches con redes de arrastre u otras causas. Deficiencias en su distribución como una separación excesiva entre las barreras, amplitud insuficiente de las mismas o exceso en la separación entre las piezas pueden detectarse en la prospección. De darse estos casos, la probabilidad de que se produjesen lances de arrastre en la actualidad se incrementaría obrando en detrimento de la efectividad de la instalación en el cumplimiento de los objetivos que persigue.

Además de la localización de las diferentes estructuras que componen el arrecife, la finalidad concreta de este apartado es la detección de posibles desplazamientos en las mismas en función del rastro que dejan sobre el sustrato. Hay que tener presente, que en estos casos se origina un rastro sobre el sustrato por la tracción del módulo cuya envergadura y perdurabilidad dependerá de la naturaleza del propio sustrato, de las condiciones hidrodinámicas y de las dimensiones del propio módulo y del arte.

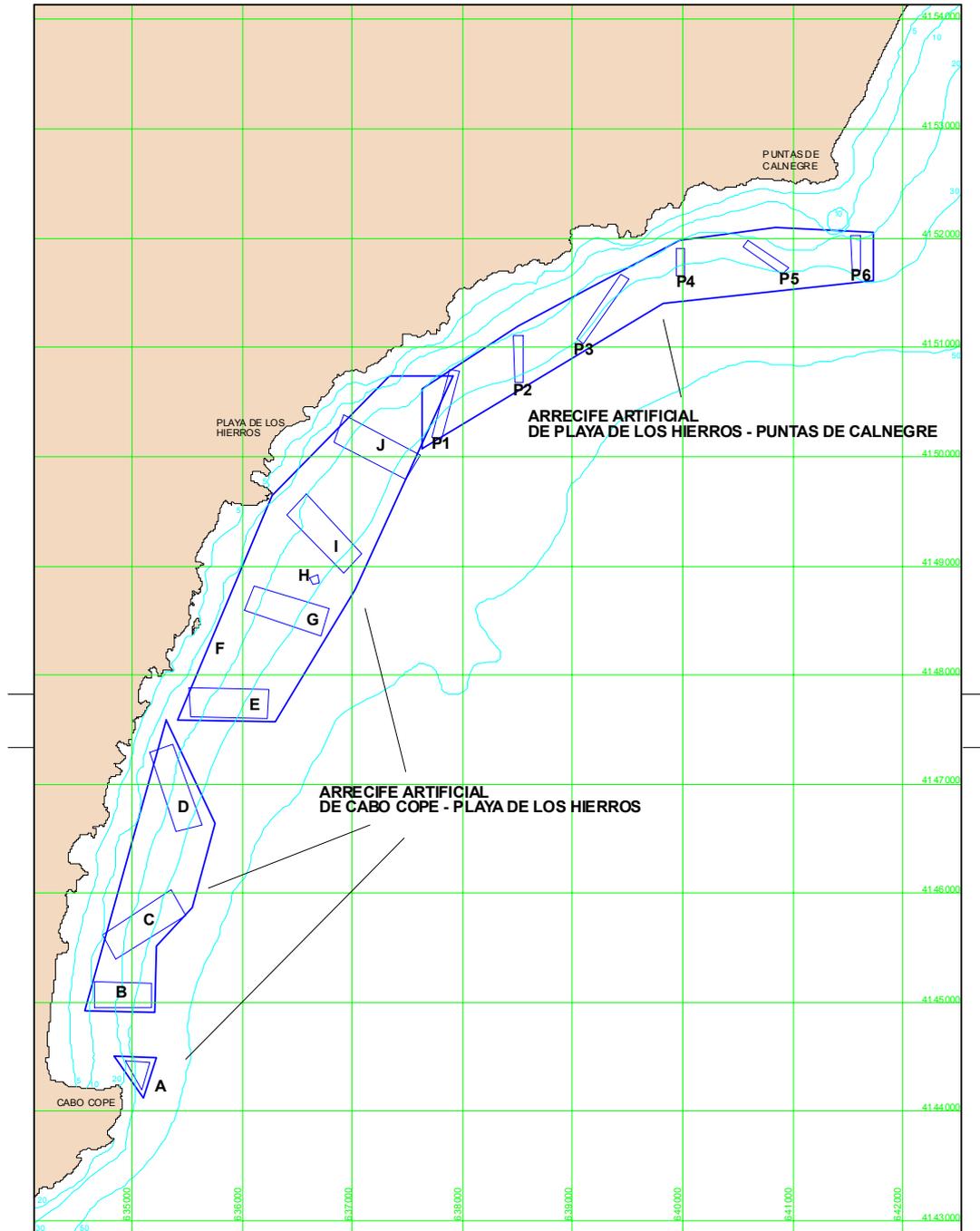
Para facilitar la interpretación de los resultados se ha utilizado la misma nomenclatura que aparece reflejada en los planos del proyecto de la segunda fase del arrecife colocada en 1998 y que corresponde a las distintas barreras que conforman esta fase.

En el caso del arrecife fondeado en 1993 no disponemos de la nomenclatura oficial que define a estas barreras, por lo que las hemos nombrado a nuestro criterio para poder facilitar la referenciación de los resultados. La nomenclatura utilizada para cada una de

las barreras de los dos arrecifes prospectadas se muestra en la siguiente figura de la página siguiente.

Previamente a la prospección realizada para el presente informe, se realizó en 1998 otra prospección por el mismo equipo investigador y bajo la aplicación de la misma metodología que cubrió la totalidad de la fase I del arrecife artificial de donde se extrajo la correspondiente información bionómica para el posterior cartografiado de las diferentes comunidades presentes en la zona y de las marcas de arrastre. Al año siguiente se hizo lo propio en las inmediaciones de la segunda fase del arrecife aunque en este caso obteniendo una localización parcial de los correspondientes módulos no así de las unidades bionómicas donde se cartografió los fondos incluyendo la totalidad de la pradera de *Posidonia*. La comparación entre los resultados de las dos prospecciones nos servirán como referencia para evaluar si en el transcurso de los últimos años se ha producido una modificación aparente en la disposición de los módulos tanto en la desaparición de estructuras como en su desplazamiento desde sus posiciones originarias de fondeo.

En la prospección realizada en 2003 se han cubierto unas 205 Ha de fondo de forma continuada desde una profundidad comprendida entre 5 m hasta 50 m aproximadamente con lo que nos aseguramos la cobertura de la totalidad de las barreras arrecifales y el



**Figura 3.2.1.1.** Disposición y nomenclatura utilizada de las diferentes barreras que componen los arrecifes artificiales.

posicionamiento de los módulos pertenecientes al arrecife. Se han posicionado más módulos en comparación con las prospecciones previas localizando parte de los que no fueron localizados en su momento por no ser el motivo de aquella prospección, que era la cartografía de *Posidonia*. Para facilitar la interpretación de los resultados se ha decidido analizar por separado la situación de cada una de las fases del arrecife.

### **3.2.1.1. Fase I. Desde Cabo Cope hasta Playa de los Hierros**

Tras el análisis de la información extraída de los registros de sonar y su posterior postproceso para eliminar posibles duplicaciones en zonas de solapamiento de recorridos adyacentes, se han localizado un total de 217 módulos a lo largo del arrecife que correspondería con la totalidad de los elementos que conforman esta fase del arrecife según las especificaciones del proyecto de construcción e instalación.

Como se muestra en el plano 2 de resultados se han localizado otros elementos aislados en el interior de las barreras pero por sus dimensiones y su forma se descarta la posibilidad de que puedan ser módulos. En todos los casos su tamaño es notablemente inferior al de los módulos del arrecife. Desconocemos la naturaleza de estos objetos, aunque es probable que en parte se traten de elementos de antropización procedentes de las distintas actividades que se desarrollan en la zona. Por otro lado, una parte de los módulos se ubican en las proximidades de zonas de matas aisladas de *Posidonia* que en ocasiones se confunden con los mismos al presentar morfologías y volúmenes similares a los módulos utilizados para este arrecife.

La posible ilocalización de algún módulo o confusión con otro tipo de estructura o elemento natural estriba en diferentes aspectos como pueden ser, posibles desplazamientos por lances de arrastre, deficiencias en su ubicación por fuera de la zona de prospección o a posibles inconvenientes inherentes a la propia metodología de trabajo, como situaciones de mala mar que complican la interpretación de los registros o a un exceso de celo en el filtrado de módulos duplicados. No obstante, el error provocado por estos últimos factores suele ser muy bajo.

Se ha constatado la fiabilidad en el posicionamiento de los diferentes módulos del arrecife gracias a la duplicidad de los módulos coincidentes con las zonas de solapamiento registros de sonar adyacentes. La variabilidad en el posicionamiento definitivo es fruto de la contribución de varios factores como son el propio error de posicionamiento de *GPS*, la precisión con la que se efectúa la corrección del *layback* (distancia horizontal entre el transductor del sonar y la embarcación), y posibles desviaciones entre la trayectoria trazada por el barco y por el transductor debido a la incidencia de las corrientes.

Para ello se ha realizado un *test de dispersión* en el posicionamiento a partir de la separación entre pares de módulos duplicados y pertenecientes a registros adyacentes. El error con respecto a la hipotética posición sobre la que se situaría el módulo correspondiente resultaría de dividir por la mitad las distancias obtenidas.

Del análisis de estos datos se ha estimado un error medio cometido en el posicionamiento de los módulos de 4.3 m con respecto a la posición hipotética y que se considera más que aceptable. La variabilidad es muy baja e inferior a 1 m lo cual nos indica que el error se mantiene más o menos constante a lo largo de toda la prospección e independientemente de la profundidad y la longitud de cable largado en cada caso.

Tal y como se puede apreciar en el plano nº 3 de resultados, la distribución de las barreras dentro del área arrecifal difiere sensiblemente de la distribución que se refleja en el proyecto de instalación. El número de barreras no coincide con el proyectado localizándose una más con respecto al proyecto y su distribución relativa ha cambiado considerablemente. A tenor de estos resultados parece deducirse que el proyecto sufrió modificaciones de última hora antes de la instalación del arrecife, muy probablemente en un intento de reforzar más su eficacia antiarrastré.

La disposición relativa entre los diferentes módulos más o menos en forma de hileras a lo largo del arrecife nos ha permitido diferenciar con claridad su agrupación en diferentes barreras aunque como ya se ha apuntado sin la disposición que disponen los planos del proyecto de instalación que se ha consultado. Ocho de las barreras identificadas se sitúan en el entorno de las barreras proyectadas aunque con diferencias notables en cuanto a su ubicación. Esta circunstancia ha originado que gran parte de los

módulos se sitúen por fuera de los límites de las barreras originarias aunque en la mayoría de los casos siempre dentro de los límites establecidos para el área de concesión de este arrecife. Únicamente un total de 19 módulos se situarían por fuera de estos límites.

La anomalía más notable la encontraríamos en la localización de una novena barrera cuya disposición nos impide relacionarla con ninguna de las barreras establecidas en el proyecto. Se trataría de la barrera designada con la letra F que se dispone de forma heterogénea y paralela a costa entre -15 y -20 m.

A continuación ofrecemos una tabla que contiene el número de módulos localizados por barreras.

<b>Barreras</b>	<b>Tipo</b>	<b>Modulos localizados</b>
A	Antiarrastre	7
B	Antiarrastre	12
C	Antiarrastre	32
D	Antiarrastre	15
E	Antiarrastre	24
F	Antiarrastre	10
G	Antiarrastre	32
H	Antiarrastre	1
	Alveolares	9
I	Antiarrastre	46
J	Antiarrastre	29
<b>Total</b>		<b>217</b>

**Tabla 3.2.1.1.1.** Resultados correspondientes a la distribución de módulos por barreras y para el total del arrecife artificial.

Desconocemos si esta disposición se corresponde con la establecida en el proyecto de instalación del arrecife ya que no disponemos de esta información. En cuanto a la distribución relativa de los módulos dentro de cada barrera presenta cierto grado de heterogeneidad que varía de unas barreras a otras. En las barreras B, C, E, G y J se ha detectado una mayor homogeneidad en la ubicación de los módulos apreciándose una distribución a lo largo de tres hileras por barrera. La separación entre las mismas es muy variable aunque se ha estimado una separación media de 100 m y una separación entre módulos adyacentes de 70 m. No obstante el grado de heterogeneidad es bastante elevado.

En cuanto a posibles desplazamientos de módulos por enganches con redes de arrastre no se tiene constancia de ningún caso ya que de producirse esta circunstancia el desplazamiento originaría un surco de grandes dimensiones sobre el sustrato y perdurable durante mucho tiempo. En el caso de los módulos ubicados sobre pradera de *Posidonia* esta circunstancia originaría un surco importante por destrucción de la misma incluso de su estrato hipogeo de consecuencias irreversibles. A lo largo de toda la prospección no se ha detectado ninguna evidencia de ello.

Otra circunstancia que apoya la ausencia de desplazamientos de módulos es la similitud entre el posicionamiento de los módulos en la presente campaña y la realizada en 1998. Aunque dicho posicionamiento fue incompleto, los módulos han mantenido la posición inicial. En el plano 4 del anexo cartográfico se ofrece una comparativa entre los posicionamientos correspondientes a ambas campañas.

### **3.2.1.2. Fase II. Desde Playa de los Hierros hasta Puntas de Calnegre**

Para el caso de la fase II del arrecife artificial si que se ha tenido acceso a la documentación correspondiente al proyecto de instalación del arrecife en cuanto al número y disposición de las barreras y al número y distribución relativa de los módulos por barreras. De esta manera y para referenciar los resultados obtenidos hemos utilizado la nomenclatura que se le asigna a cada barrera en el proyecto del arrecife. Al igual que en el caso anterior y previamente a la elaboración de los resultados definitivos se ha realizado un *test de dispersión* a partir de los módulos duplicados gracias al solapamiento entre líneas adyacentes en la prospección. Los resultados nos ofrecen una desviación con respecto de la posición hipotética de los módulos de 4.5 m con una variabilidad de  $\pm 1$  m lo que nos indica que el error cometido se mantiene más o menos constante independientemente de la profundidad y de la cantidad de cable largado en cada momento.

A partir de las diferentes tareas de interpretación, posicionado y filtrado en el postproceso se han localizado un total de 112 módulos que los 113 que constan en el proyecto del arrecife como fondeados. Estos resultados desprenden una eficacia en la

prospección del 99%. La ilocalización del módulo restante puede ser debido a una posible confusión con objetos en el fondo, a alguna roca o a que presentaba un registro poco definido prácticamente identificable.

La totalidad de los módulos se encuentran ubicados dentro del rango batimétrico comprendido entre -20 y -35 m aunque la mayor parte de los módulos se encuentran a menos de 30 metros de profundidad. A tenor de los registros que ofrecen los diferentes módulos en el sonar se ha podido constatar que esta fase del arrecife se compone de un único tipo de módulo tal y como viene establecido en el proyecto del arrecife.

En cuanto a la distribución de los mismos sobre el área arrecifal se ha podido comprobar que se ajusta fielmente a las especificaciones de los planos del proyecto tanto en el número y distribución de barreras, como en el número de módulos por barrera así como en su disposición relativa dentro de las mismas.

Como se puede apreciar en el plano 3 de resultados la totalidad de los módulos se encuentran agrupados en torno a 6 polígonos o barreras y coincidentes con las establecidas en el proyecto. En la tabla 3.2.1.2.1. se muestran el número de módulos localizados tanto para el total del arrecife como por barreras.

<b>Modulos</b>	<b>Proyectados</b>	<b>Localizados</b>	
		<b>nº</b>	<b>%</b>
<b>Totales</b>	113	112	99
<b>P1</b>	25	25	100
<b>P2</b>	18	16	89
<b>P3</b>	28	29	104
<b>P4</b>	11	11	100
<b>P5</b>	18	18	100
<b>P6</b>	13	13	100

**Tabla 3.2.1.2.1.** Resultados correspondientes a la distribución de módulos por barreras y para el total del arrecife artificial.

Como se desprende de esta tabla donde se recoge también la información extraída de proyecto del arrecife, en la mayoría de las barreras se ha localizado el 100% de los módulos que la componen. Las diferencias en el resto pueden ser motivadas por la confusión con otro tipo de elementos presentes en el fondo como es el caso de la barrera P3. Como Se puede apreciar en el plano 3 de resultados en sus inmediaciones se encuentra una zona con fondos duros dispersos de escasa entidad y que en función de

sus registros en las grabaciones del sonar ha sido muy difícil su diferenciación, en muchos casos, de los módulos del propio arrecife. De hecho, se han identificado 29 estructuras como módulos arrecifales, cuando en el proyecto del arrecife vienen definidos para dicha barrera un total de 28.

La mayoría de los módulos se encuentran ubicados en el interior de las diferentes barreras establecidas en el proyecto con un mínimo de módulos por fuera de ellas pero en ningún caso con separaciones de las mismas superiores a 20 m. La distribución de los diferentes módulos dentro de las barreras responde fielmente a las disposiciones del proyecto del arrecife. Como se puede apreciar en el plano 3 los módulos se disponen en tres hileras por barrera a lo largo de su eje más largo, una primera dispuesta en la parte central del cada barrera y las dos restantes situadas sobre las líneas que definen su límite.

Para evaluar con la eficiencia con la que se han colocado los módulos en el interior de las barreras se ha realizado un *test de separación* entre módulos adyacentes y entre líneas o hileras. En este sentido se han obtenido los resultados que se ofrecen en la tabla siguiente.

	<b>Separación entre líneas (m)</b>	<b>Separación entre módulos (m)</b>
<b><i>nº casos</i></b>	<b>32</b>	<b>32</b>
<b><i>Promedio</i></b>	<b>41</b>	<b>77</b>
<b><i>d.t.</i></b>	<b>8</b>	<b>14</b>
<b><i>Máximo</i></b>	<b>59</b>	<b>105</b>
<b><i>Mínimo</i></b>	<b>19</b>	<b>42</b>

**Tabla 3.2.1.2.2.** Resultados del test de separación entre hileras adyacentes y entre módulos consecutivos de una misma hilera.

Como se puede apreciar se ha estimado una separación promedio entre módulos consecutivos pertenecientes a una misma línea de 77 metros y una separación entre líneas adyacentes dentro de una misma barrera de 41 m. Según las especificaciones establecidas en el proyecto del arrecife estas distancias corresponde a 80 y 40 m respectivamente, lo que nos indica la precisión en la colocación del arrecife.

Toda esta información nos está indicando que la totalidad del arrecife artificial se encuentra situado sobre sus posiciones originarias de fondeo demostrándose como un elemento eficaz frente a la disuasión de la pesca de arrastre. En refuerzo de esta afirmación, podemos decir que tampoco se han localizado surcos fruto de desplazamiento de módulos y como veremos más adelante, los caladeros frecuentados por la pesca de arrastre se encuentran localizados a mayor profundidad que el arrecife artificial en una clara maniobra de evitar posibles enganches con módulos que originarían la rotura e incluso la pérdida del arte.

Otra circunstancia que nos confirma la eficacia disuasora de la pesca de arrastre por parte de este arrecife en función de posibles desplazamientos desde su posición originaria se desprende de la comparativa entre los posicionamientos de la presente campaña y los obtenidos en la prospección realizada a principios de 1999 al poco tiempo de la finalización de las tareas de instalación del arrecife. Como se puede apreciar en el plano 4, aunque la prospección previa no fue completa por no ser la justificación de la prospección en su momento, se puede comprobar que las posiciones coinciden con bastante precisión con mínimas diferencias derivadas del error implícito en el desarrollo de la metodología de trabajo.

### 3.2.2. Localización de marcas de arrastre

Como se ha apuntado con anterioridad, otro de los mecanismos con los que se pretende evidenciar la eficacia antiarrastre del arrecife es la detección de marcas de arrastre mediante la utilización de la prospección con sonar de barrido lateral.

Estas marcas son originadas sobre el fondo por unas estructuras que posee el arte de arrastre denominadas puertas y cuya función es la de asegurar la apertura horizontal de la boca del arte en posición de pesca. Estas estructuras, en ocasiones pueden presentar grandes dimensiones por lo que el rastro originado sobre el fondo es muy evidente. La magnitud de estas marcas, además de las propias dimensiones de las puertas, dependerá de su antigüedad, del tipo de sustrato y de las condiciones hidrodinámicas de la zona. En lo referente al tipo de fondo, no solo condicionará la magnitud de estas marcas sino también el tiempo que perduren sobre el sustrato. Las condiciones hidrodinámicas específicas de la zona también condicionarán el tiempo de persistencia de estas marcas.

Las posibilidades que ofrece esta técnica de prospección permiten que bajo ciertas condiciones mínimas de trabajo, cualquier relieve presente en el fondo pueda ser detectado con claridad. Este hecho permite que los rastros originados por el paso de una red de arrastre sean fácilmente detectables en los registros del sonar.

Tras el análisis detallado de los diferentes registros de sonar ha quedado patente la eficacia del arrecife como estructura disuasoria de la pesca de arrastre al detectarse únicamente evidencias de lances de arrastre a partir 30 m de profundidad que es la profundidad aproximada que alcanzan los módulos más profundos de ambos arrecifes. No se han detectado evidencias de que se produzcan lances en el interior de las barreras ni por los espacios entre barreras.

Como se puede apreciar en el plano 2 de resultados los lances de arrastre más someros se sitúan a profundidades próximas a -35 m y siempre guardando cierto paralelismo con la línea de costa y la línea imaginaria que uniría los extremos más profundos de las diferentes barreras que conforman este arrecife. Aparentemente la práctica mayoritaria en la realización de lances de arrastre es la de mantener el paralelismo con la línea de costa para evitar cambios batimétricos bruscos que dificulten la maniobra aunque la

experiencia nos demuestra que en muchas ocasiones se realizan con más perpendicularidad sobre todo cuando buscan caladeros concretos. Estas circunstancias se han observado sobre otras zonas arrecifales donde la separación entre barreras es demasiado grande permitiendo la incursión de lances de arrastre con mayor perpendicularidad a la línea de costa en busca de caladeros más someros o simplemente aproximarse a los arrecifes en un intento de beneficiarse de los recursos pesqueros asociados a estas zonas.

En nuestro caso concreto, pese a no existir un impedimento físico a la realización de lances hacia zonas más someras como es el caso de las zonas localizadas entre barreras, la separación entre las mismas es lo suficientemente pequeña para impedir la maniobrabilidad de los artes de arrastre que necesitan un mínimo de 2 km lineales sin obstáculos para que el vuelo sea efectivo. En lo referente a este arrecife la separación entre barreras oscila entre 500 y 1000 m en todos los casos.

Como se desprende del plano 3 de resultados la actividad arrastrera se desarrolla con intensidad a lo largo de toda la bahía aunque a profundidades superiores a -35 m en la mayoría de las zonas gracias a la eficacia antiarrastre de los arrecifes. En el cartografiado de las marcas de arrastre se ha seguido un criterio subjetivo debido a la imposibilidad de cartografiar la totalidad de las marcas presentes en el fondo. En muchos casos la superposición de las mismas es muy grande dificultando el seguimiento de marcas concretas y en otros casos apenas presentan reflectividad en los registros por su escaso relieve por lo que pasan desapercibidas. Asumiendo estas circunstancias se han cartografiado las marcas de arrastre en un número proporcional y representativo de la intensidad de marcas detectadas en cada momento.

En este sentido, se ha podido comprobar que en la actualidad la mayor concentración de marcas de arrastre se aglutina hacia los extremos de la bahía sobre todo hacia la mitad sur donde por otro lado se desarrollaba con mayor intensidad con anterioridad a la colocación de los arrecifes en función del grado de degradación que presenta la pradera de *Posidonia* en esta zona. En las zonas centrales de la bahía la actividad arrastrera se continúa desarrollando aunque con menor intensidad a tenor de las densidades de lances estimadas. Hay que hacer notar que precisamente en las zonas centrales de la bahía se localizan una serie de fondos duros de escasa entidad pero lo suficientemente

importantes para disuadir a los buques arrastreros, circunstancia que puede haber condicionado en gran medida los hábitos de estas embarcaciones buscando caladeros más accesibles y más libres de obstáculos. No obstante, es precisamente en las zonas más próximas a estos afloramientos rocosos donde se ha detectado una mayor intensidad de marcas con respecto a las zonas más adyacentes. En muchas ocasiones la flota arrastrera asume ciertos riesgos faenando en las proximidades de fondos duros para beneficiarse de los recursos pesqueros asociados a estas zonas. El riesgo al frecuentar estas zonas es compensable con los rendimientos obtenidos.

La misma finalidad podría tener las aproximaciones al borde del arrecife artificial que como se puede apreciar en el plano 3 de resultados se realizan con mayor o menor aproximación dependiendo de la zona del arrecife. Esta circunstancia denota un conocimiento preciso de la localización del arrecife artificial, sobre todo de su límite profundo por parte de la flota arrastrera. En la siguiente tabla se ofrecen los valores medios de aproximación al arrecife para cada una de las barreras que componen sendos arrecifes.

Arrecife	Barreras	Promedio	d.t.
<b>Cabo Cope-Playa Hierros</b>	A	8	4
	B	146	27
	C	223	160
	D	80	61
	E	59	23
	F	703	13
	G	21	6
	I	70	6
	J	433	61
	<b>Playa Hierros-Calnegre</b>	P1	360
P2		243	9
P3		121	29
P4		173	9
P5		150	8
P6		113	29

**Tabla 3.2.2.1.** Distancia entre las marcas de arrastre y el arrecife.

Como se puede deducir de los resultados, gracias a la linealidad y paralelismo al frente constituido por los módulos más profundos la aproximación a cada una de las barreras iría en función de la localización de los módulos más profundos. En este sentido, en el caso de la fase I del arrecife la mayor aproximación se realizaría en torno a las barreras D, E, G e I con distancias mínimas al arrecife que oscilan entre 20 y 80 m. Esta circunstancia denota un conocimiento muy preciso de la posición de estos módulos ya que no se tiene constancia que haya existido desplazamiento de los mismos.

En el caso de las barreras pertenecientes a la segunda fase la distancia mínima está también condicionada por los módulos más profundos aunque en este caso siempre con distancias superiores a 100 m del arrecife. No obstante, conforme nos dirigimos al centro de la bahía los lances se alejan progresivamente del arrecife buscando caladeros más profundos. Esta circunstancia está motivada principalmente por la presencia de los afloramientos rocosos comentados con anterioridad que reforzarían la eficacia antiarrastre del propio arrecife.

Entre estos fondos y el arrecife artificial se ha detectado un pasillo de más de 300 m de ancho y que curiosamente no está siendo utilizados en la realización de lances de arrastre. Probablemente la presencia de numerosos objetos o pequeños concrecinamientos a lo largo de esta zona impida que se utilice este caladero por la flota arrastrera que encuentra en estos obstáculos un riesgo importante de enganche de sus artes.

La presencia del arrecife artificial en el entorno de la bahía ha originado un alejamiento de los lances de arrastre con respecto al límite inferior de la pradera que oscila entre 208 m y 778 m con un valor medio de 446 m en la zona de la fase I y de 486 m con respecto a la pradera protegida por la fase II. De esta manera se está evitando en primer lugar los procesos de degradación directa con el arrancamiento generalizados de haces vivos. Por otro lado, estas distancias estimadas son lo suficientemente grandes como para evitar que el desarrollo de la actividad arrastrera sobre las zonas aledañas al arrecife afecte de forma indirecta a la pradera profunda por medio del incremento de la turbidez y los procesos de sedimentación de los materiales resuspendidos. De originarse esta circunstancia se originarían procesos de hipersedimentación y de disminución de la actividad fotosintética de la planta incrementando la tasa de mortalidad de haces.

<b>Arrecife</b>	<b>Media</b>	<b>d.t.</b>
Cabo Cope - Playa Hierros	446	176
Playa Hierros - Puntas Calnegre	486	142

**Tabla 3.2.2.2.**Distancia en metros entre las marcas de arrastre y el límite inferior de la pradera de *Posidonia*.

En lo referente a los surcos detectados sobre la pradera, hay que decir que responden a las marcas originadas sobre la pradera con antelación a la colocación del arrecife. El lento proceso de recuperación de la pradera que experimenta gracias a su baja tasa de crecimiento vegetativo unido a una vía de reproducción sexual casi inexistente determina que las superficies degradadas por los lances de arrastre perduren durante mucho tiempo. De hecho, en la reciente prospección continúan observándose sobre la pradera incluso en de la mitad sur de la pradera tras 10 años del cese de la actividad en este caso.

En función de todos estos resultados obtenidos podemos afirmar que los arrecifes artificiales colocados en la bahía de Cabo Cope – Puntas de Calnegre cumplen a la perfección hasta el momento su función de disuasión de la pesca de arrastre sobre las zonas directas de emplazamiento y sobre las zonas más someras donde se sitúa la mayor parte de las praderas de *Posidonia oceanica*.

### 3.2.3. Cartografía bionómica de los fondos

Tras la realización y posterior análisis de los resultados extraídos de la utilización conjunta de diferentes técnicas de cartografiado como son la prospección con sonar de barrido lateral y la filmación mediante video remolcado, se ha intentado profundizar en la identificación, delimitación y análisis de las características propias a cada uno de los aspectos bionómicos presentes en la zona de estudio.

Las posibilidades inherentes a nuestra metodología de trabajo nos ha permitido delimitar con gran precisión las áreas de distribución de cada comunidad así como aproximarnos al conocimiento de su estructura y en algunos casos efectuar una valoración sobre el estado de conservación que experimentan.

En el trabajo de postproceso, personal especializado en la interpretación de registros de SSS ha delimitado las diferentes unidades bionómicas diferenciables que tras un procedimiento informático se consigue la obtención de una cartografía precisa y georreferenciada. Se ha aprovechado las inspecciones visuales realizadas con otras finalidades para recabar información bionómica de forma directa para que sirva de apoyo en la definición de los distintos tipos de fondo.

Como resultado principal se ha obtenido el plano 3 del anexo cartográfico donde se recoge la distribución espacial de cada uno de los aspectos bionómicos identificados. A continuación se ofrece una relación de las comunidades bionómicas identificadas en la zona de estudio así como una descripción de las diferentes tipologías que presentan.

- Pradera de *Cymodocea nodosa*
- 
- Pradera de *Posidonia oceanica*
  - Pradera continua
    - Pradera en buen estado
    - Pradera degradada
  - Matas aisladas o timbas
  - Pradera con cubetas sedimentarias
- Pradera mixta de *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*

- Fondos blandos
  - Arenas finas bien calibradas
  - Arenas gruesas con *ripple marks*
  - Fondos detrítico-costero
- Fondos duros

Como se desprende de la información presentada en la cartografía correspondiente, los fondos asociados a la zona de estudio se caracterizan por su gran heterogeneidad tanto por la presencia de gran variedad de comunidades bionómicas diferentes, como por la presencia de diferentes aspectos de cada una de ellas referentes a adaptaciones estructurales y a estados de conservación, como en el caso de la pradera de *Posidonia oceanica*.

La tipología de estos aspectos bionómicos así como el rango de distribución que experimentan en el ámbito de nuestra prospección resulta representativa de la mayor parte de las bahías de la región de Murcia con la presencia en las zonas más someras de un tipo de sedimento mayoritariamente conformado por la presencia de arenas finas bien calibradas y vegetado en algunas zonas por la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* bajo ciertos niveles de inestabilidad sedimentaria. A continuación aparecería la comunidad de *Posidonia oceanica* es sus distintos aspectos que presenta tanto desde el punto de vista de adaptabilidad estructural como en función de su estado de conservación. A partir del límite profundo, en ambientes claramente circalitorales predominarían los fondos detrítico – costeros con afloramientos esporádicos de fondos duros de escasa envergadura.

#### *Pradera de Posidonia oceanica*

Esta comunidad bionómica es la mejor representada en la zona de estudio y la más importante en virtud de su valía tanto desde el punto de vista ecológico como turístico y comercial (interés pesquero). Las necesidades de preservación de estas superficies han justificado por sí solas la instalación de los arrecifes artificiales que alberga esta bahía.

La pradera de *Posidonia* se distribuye de manera continuada a lo largo de los fondos infralitorales comprendidos entre Cabo Cope y Puntas de Calnegre. Aunque queda por

fuera del ámbito de nuestra prospección, la pradera continua hacia el norte hasta el puerto de Mazarrón, interrumpida únicamente por la incidencia de los aportes de alguna rambla.

Desde el punto de vista de distribución batimétrica se ha detectado su presencia desde prácticamente la línea de costa hasta profundidades máximas de  $-27$  o  $-28$  m donde se han detectado las últimas evidencias de la presencia de pradera viva.

No obstante, su rango de distribución batimétrica varía mucho de unas zonas a otras en función principalmente de la incidencia diferencial de los acontecimientos hidrodinámicos que alteran las condiciones de estabilidad en el sedimento.

La profundidad donde se sitúa el límite superior se incrementa progresivamente desde  $-10$  m en las proximidades de Puntas de Calnegre hasta profundidades inferiores a  $-4$  m en las zonas centrales de la bahía. El mayor grado de estabilidad hidrodinámica y/o sedimentaria de estas zonas facilita la colonización de los sustratos por parte de esta fanerógama hasta casi la línea de costa.

Hacia el extremo de Cabo Cope la pradera adopta un patrón de distribución similar al detectado en el extremo de Calnegre debido a unas condiciones de inestabilidad bastante importantes. En este sentido se ha llegado a localizar el límite superior de la pradera en profundidades próximas a  $-20$  m aunque de forma puntual se localiza una pequeña pradera somera al abrigo de la playa de la Fuente.

Conforme nos alejamos de Cabo Cope hacia el norte de la bahía la aparición de esta fanerógama se vuelve progresivamente más somera hasta escasos metros en la zona central de la bahía.

En cuanto a la localización de su límite profundo también se ha detectado una variabilidad importante en función de una zona u otra. En la mitad sur de la pradera se ha detectado el final de la pradera a profundidades en torno a  $24$  m de profundidad incrementándose hasta  $-28$  m en la zona central de la bahía. Existen indicios que la distribución actual es fruto de un proceso de regresión con un marcado componente de readaptación climática a unas condiciones actuales más limitantes que se ha potenciado a consecuencia de factores de antropización como es la pesca de arrastre. Prueba de ello

es la localización de zonas de mata muerta de *Posidonia* a profundidades superiores de -30 m en la zona central de la bahía.

Hacia el norte de la bahía, el límite profundo se sitúa a profundidades inferiores en torno a -22 m y decreciendo progresivamente hasta profundidades próximas a -18 m frente a la punta de Calnegre. Es precisamente en esta zona donde la pradera profunda goza de un estado más saludable por lo que la limitada distribución de la pradera no responde a situaciones regresivas sino de adaptación a unas condiciones de inestabilidad hidrodinámicas y/o sedimentarias más severas que otras zonas con una incidencia más moderada.

En lo referente a su estado de conservación, podemos decir que se trata de una pradera en buen estado de conservación desde su límite superior hasta una profundidad comprendida entre -15 m y -22 m. Esta variabilidad depende de la profundidad mínima a la que se han detectado marcas fruto del desarrollo de la actividad arrastrera en la zona con anterioridad a la colocación de los arrecifes artificiales. En este sentido las zonas con una degradación más somera las encontramos en la zona central de la bahía mientras que hacia sus extremos los síntomas de degradación se aprecian a profundidades superiores de -20 m. La complicada orografía costera de estas zonas, unido a la pendiente del fondo ha permitido que la pradera de *Posidonia* haya sufrido en menor medida el impacto directo de la pesca de arrastre.

Como hemos comentado con anterioridad, la pradera presenta diferentes tipologías a lo largo de toda su extensión. La aparición de los diferentes aspectos bionómicos responde al equilibrio alcanzado entre diversos factores ambientales como son la tasa de sedimentación, la transparencia de las aguas, el hidrodinamismo y el tipo de sustrato. Por lo tanto los diferentes aspectos aparecen en función de la profundidad, el tipo de sustrato sobre el que se asienta y la mayor o menor exposición a los agentes hidrodinámicos.

En los primeros metros de profundidad y asociada al límite superior de la pradera aparece un aspecto de la pradera caracterizado por la presencia de manchas aisladas con un importante desarrollo vertical y una densidad de haces muy elevada.

Esta tipología consecuencia de unas condiciones de estrés hidrodinámico por los aportes sedimentarios de la costa. Debido a estos movimientos sedimentarios, la pradera se encuentra en una situación desfavorable para poder colonizar nuevos sustratos, por lo que su distribución queda reducida a zonas muy concretas y de escasa superficie. El sustrato localizado entre estas manchas está compuesto por arenas finas y gruesas sin presencia de mata muerta de *Posidonia*, por lo tanto no se considera un estado de degradación de la pradera, sino la respuesta natural de adaptación de la planta a estas condiciones sedimentarias e hidrodinámicas particulares. Esta circunstancia impide que la pradera se desarrolle bajo sus patrones normales de crecimiento quedando reducida a la presencia de zonas aisladas en un entorno eminentemente sedimentario. Esta situación se ha detectado principalmente hacia el extremo de Calnegre donde esta tipología de pradera es la más frecuente incluso en las zonas más profundas a causa de una acreción sedimentaria importante sobre estas zonas de la pradera. La colonización de la mata por parte del alga *Asparagopsis armata* y de forma epífita en algunas hojas de *Posidonia*, denota las elevadas situaciones hidrodinámicas que proceden en esta zona. Es muy probable que se origine una aceleración de las corrientes reinantes en la zona a su paso junto a la punta de Calnegre que condiciona en gran medida la adaptabilidad de *Posidonia oceanica* por estrés sedimentario.

En el resto de la pradera la situación de esta tipología se limita a pequeñas zonas asociadas al límite superior de la pradera en la transición hacia los fondos de arenas finas y *Cymodocea nodosa* más someros.

En las zonas con una incidencia hidrodinámica más moderada la pradera comienza a presentar un aspecto más continuo únicamente interrumpido por la presencia de cubetas sedimentarias de diferente envergadura en el seno de la misma pradera. La formación de estas cubetas es la consecuencia del equilibrio alcanzado entre el desarrollo de la mata de *Posidonia* y el efecto de procesos erosivos de tipo hidrodinámico que desgastan la mata, originando la formación de las cubetas.

Estas pozas sedimentarias estarían repletas generalmente por arenas gruesas. El sedimento es netamente detrítico y caracterizado por una mala calibración del grano y una composición eminentemente organógena compuesta por restos de organismos

procedentes de la misma pradera o transportados por las corrientes desde enclaves más alejados.

En la mitad norte de la bahía esta tipología de pradera podemos encontrarla en zonas someras hasta 7-10 m de profundidad. Hacia el sur de la bahía, unido a un mayor grado de exposición a los procesos hidrodinámicos predominantes en la zona, la distribución de esta comunidad puede alcanzar profundidades en torno a -15 m.

A partir de cierta profundidad, coincidiendo con unas condiciones hidrodinámicas más moderadas, la pradera se torna más homogénea y continua. La protección que confiere la bahía permite que la mayor parte de la pradera se distribuya de manera uniforme y sin apenas evidencias de procesos erosivos sobre la misma. Este aspecto de la pradera se distribuye de forma continuada hasta el límite inferior de la pradera en la mayor parte de las zonas salvo en las inmediaciones de Calnegre donde el desarrollo de esta tipología de pradera es prácticamente inexistente.

#### *Pradera de Cymodocea nodosa*

Otra de las comunidades detectadas en la zona es la constituida por la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* que coloniza principalmente fondos blandos, en los que predomina la deposición de materiales aunque bajo unas condiciones de inestabilidad sedimentaria. Esta fanerógama marina ofrece una cobertura muy inferior a la observada en *P. oceanica*, Se distribuye conformando una estructura de pradera con una densidad de haces variable que se incrementa desde la periferia de las manchas hacia el centro de las mismas.

Como se puede apreciar en la cartografía, esta pradera estaría sentada sobre los fondos de arenas finas que debido a las condiciones de estrés hidrodinámico y sedimentario, están vedados a la colonización de *Posidonia oceanica*. En todas las zonas donde se ha detectado su presencia, se sitúa a menos profundidad que las praderas de *Posidonia* salvo en la zona de Calnegre donde se han detectado distribuciones más profundas a consecuencia de las condiciones de inestabilidad sedimentaria.

Las zonas donde se ha detectado una mayor continuidad en la distribución de *Cymodocea* tanto en extensión como en la densidad y cobertura que experimentan corresponden a los extremos de la bahía donde las situaciones de inestabilidad sedimentarias son más elevadas con predominancia de procesos sedimentarios frente a los erosivos. En el extremo de Cabo Cope se ha detectado la presencia *Cymodocea* desde la zona más somera de prospección hasta una profundidades que oscilan desde – 20 m en la zona más próxima al cabo hasta profundidades inferiores de –10 m, situación que se mantendrá más o menos constante a lo largo del resto de la bahía. En el extremo de Calnegre la situación es muy similar con una distribución más o menos continuada desde prácticamente la línea de costa y –18 m aunque la mayor distribución se presenta a menos de –10 m. En algunas zonas se ha localizado una *facies* mixta entre pradera de *Cymodocea nodosa* y matas aisladas de *Posidonia oceanica* regida por los aportes sedimentarios.

En la mayor parte de la bahía la pradera de *Cymodocea nodosa* presenta una distribución muy somera y sin continuidad espacial, distribuyéndose en forma áreas de pequeñas dimensiones.

#### *Fondos blandos*

Se han localizado varias zonas a lo largo del área de estudio caracterizadas por la presencia de fondos blandos. Las características de cada tipología vienen determinadas por la profundidad y la mayor o menor exposición a los acontecimientos hidrodinámicos más relevantes. En cuanto a su distribución se han delimitado varias áreas en función principalmente de su localización con respecto a la pradera de *Posidonia oceanica*.

Una primera área de distribución la encontraríamos en las zonas más someras entre la línea de costa y el inicio de la pradera de *Posidonia oceanica*. Sobre estas superficies se asentaría la comunidad de las arenas finas bien calibradas.

La presencia de este tipo de comunidad en el seno de la zona de estudio está limitada a zonas con predominancia de procesos sedimentarios. La granulometría de este tipo de sedimento esta condicionada por la calidad de los aportes terrígenos provenientes de

zonas cercanas, y por restos organógenos que no son retenidos por la estructura de la pradera de *Posidonia oceanica*. Pese a la intensidad con la que afecta el hidrodinamismo en esta zona, los notables relieves que presenta la pradera de *Posidonia* actúan como sumideros del sedimento de grano grueso que es retenido, dejando pasar el sedimento de grano fino que se acumula en las zonas más someras. La calibración del sedimento se origina por una deposición gradual del mismo, en función del tamaño de grano permitiendo una buena calibración del sustrato.

En las zonas más abrigadas y con una mayor tasa de deposición sedimentaria la composición granulométrica difiere ligeramente del aspecto típico con una mayor presencia de fracciones lutíticas y que caracterizaremos como fondos de arenas fangosas. Estos sustratos son donde se asienta mayoritariamente la pradera de *Cymodocea nodosa* que necesita un mínimo de fracción lutítica para su desarrollo.

En la mayoría de los casos el límite profundo de esta comunidad se situaría donde comienza la pradera de *Posidonia*, salvo hacia los extremos de la bahía donde la discontinuidad en la pradera de *Posidonia* origina una continuidad de los fondos sedimentarios desde las zonas someras infralitorales hasta los fondos circalitorales a lo largo de una transición progresiva desde las arenas finas bien calibradas hacia los fondos detríticos más profundos situados a partir del límite inferior de la pradera de *Posidonia*. Esta transición se origina de manera gradual en función de la deposición sedimentaria por tamaño de grano y de la mayor importancia del aporte de materiales biodetríticos procedente de las comunidades cercanas como las praderas de *Posidonia* y los fondos duros localizados a mayor profundidad.

En algunas zonas muy concretas se ha detectado la presencia arenas gruesas sometidas a la acción de corrientes de fondo pero con una distribución muy reducida y limitada al interior de alguna de las cubetas sedimentarias localizadas en el interior de la pradera de *Posidonia*. En concreto se trataría de las localizadas en la parte central de la bahía y a lo largo del rango batimétrico comprendido entre -5 y -15 m. A mayor profundidad las condiciones hidrodinámicas más moderadas en esta zona no son tan condicionantes en la morfología de los sustratos.

Estas zonas son la consecuencia de unas condiciones de inestabilidad sedimentaria, en éste caso con una incidencia muy localizada que originan el lavado de las fracciones más finas por efecto del hidrodinamismo y la acumulación de materiales biotrácticos procedentes de la propia pradera de *Posidonia* o transportados por las corrientes desde enclaves más lejanos. Atendiendo al origen de este tipo de sustratos y por consiguiente de la comunidad bionómica asociada, se podría hablar en este caso de una comunidad con un alto componente estacional en función de la intensidad y/o frecuencia de los acontecimientos hidrodinámicos. En condiciones de mayor inestabilidad con regímenes más turbulentos la composición granulométrica de estas cubetas puede cambiar considerablemente sin el predominio de ninguna fracción concreta y el asentamiento de la comunidad de denominaremos de *arenas mal calibradas*.

#### *Fondos duros*

La presencia de fondos duros en el ámbito de nuestra prospección se limita a pequeños afloramientos rocosos muy dispersos localizados entre 30 y 35 m de profundidad en la mitad norte de la bahía, muy probablemente la presencia de estos enclaves motivó en su momento que la pradera de *Posidonia oceanica* localizada a menor profundidad se viese alterada en menor medida que las zonas localizadas más al sur a consecuencia de la pesca de arrastre.

A tendiendo a su morfología son zonas de distribución con unas dimensiones reducidas y caracterizadas por presentar un escaso relieve y un carácter discontinuo en un entorno predominantemente detrítico. La población asentada sobre estos sustratos correspondería a la comunidad del precoralígenos con un gran número de especies de invertebrados con claras tendencias detríticas por la proximidad e influencia de los fondos detrítico costeros.

#### **4. CARACTERIZACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA PRADERA DE *POSIDONIA OCEANICA***

A partir de la finalidad específica que persigue la creación del arrecife artificial y que comienza con la protección y la preservación de la pradera de *Posidonia oceanica* se ha elaborado una metodología para el estudio de la pradera basado en el seguimiento de una serie de aspectos descriptivos de la misma y que nos permiten establecer una valoración sobre su estado actual y con previsión de futuro y evaluar si la presencia del arrecife contribuye a su recuperación. Como hemos comentado con anterioridad, para este estudio se han establecido tres objetivos:

- Identificar posibles cambios en la densidad de haces de la pradera mediante el seguimiento de las estaciones permanentes de seguimiento ubicadas en dicha pradera.
- Realizar un seguimiento de la estructura poblacional de la pradera y de diversos parámetros poblacionales como la tasa de mortalidad o la de reclutamiento.
- Mediante la aplicación de técnicas de reconstrucción histórica de la pradera analizar de forma retrospectiva diversos parámetros de crecimiento y evaluar su evolución.

##### **4.1. Metodología**

##### **4.3.1. Seguimiento de la estación permanente de *Posidonia***

En el ámbito de esta pradera de *Posidonia oceanica* y al abrigo de las dos fases de que consta el arrecife artificial se instalaron dos estaciones permanentes de seguimiento de *Posidonia oceanica* con el fin de evaluar la posible repercusión de la presencia de los arrecifes sobre el proceso de recuperación de la pradera degradada. Para ello se ha escogido como descriptor más adecuado en este proceso, la medida de densidad de haces. Este descriptor ha sido utilizado tradicionalmente como una herramienta muy eficaz para caracterizar las praderas y establecer una valoración sobre su estado de

conservación. Este parámetro se muestra extremadamente sensible a perturbaciones que afecten a la pradera y/o a la calidad del agua.

Estas instalaciones cuentan con una serie de marcos de 30 x 30 centímetros de superficie unidos entre sí por medio de un cabo para facilitar su localización en los muestreos. La totalidad de cada una de estas instalaciones está unida directamente o por mediación de otro cabo a uno punto de referencia que en el caso del arrecife artificial de Cabo Cope se trata de un módulo alveolar y el caso del arrecife de Calnegre se trata de un punto marcado por una boya sumergida a media agua a 2 metros del fondo para facilitar su localización. La posición de ambos puntos se ofrece a continuación además de un esquema de cada una de las instalaciones.

La instalación de Cabo Cope se emplazó por un equipo de la universidad de Murcia en 1997 mientras que la de Calnegre se fue en 1999 por esta misma empresa. La ubicación en las proximidades de módulos arrecifales nos asegura que las instalaciones no serán arrancadas por redes de arrastre, al mismo tiempo que facilita la localización de las instalaciones mediante sonda en el caso de Cabo Cope, y por visionado directo en inmersión en el caso de la instalación de Calnegre.

En las estaciones instaladas se hará un recuento de los haces de *Posidonia* en cada uno de los marcos constituyentes de la estación. Los resultados obtenidos se compararán con los resultados correspondientes a los muestreos realizados durante los años anteriores. Estos resultados fueron obtenidos por esta empresa durante los años que lleva realizando este trabajo para esta misma Consejería.

En la tabla 4.3.1.1. se ofrecen las posiciones correspondientes a los puntos de referencia de cada estación, expresadas en coordenadas UTM y en *Datum* Europeo 1950.

Arrecifes artificiales	Posición	
	X	Y
Cabo Cope - playa de los Hierros	636331	4148691
Playa de los Hierros – puntas de Calnegre	637867	4150797

**Tabla 4.3.1.1.** Posición de las estaciones de seguimiento permanente de *Posidonia oceanica*.

### **4.3.2. Estudio lepidocronológico**

Mediante la aplicación de técnicas de reconstrucción histórica de la pradera analizar de forma retrospectiva diversos parámetros de crecimiento y evaluar su evolución.

Para obtener una valoración con un carácter más espacial sobre la evolución de la pradera y que al mismo tiempo nos permita una reconstrucción histórica de la pradera aplicamos la técnica denominada lepidocronología.

Esta técnica de muestreo se basa en la posibilidad de datar cada sección del rizoma de la planta en base a las escamas que se encuentran adheridas a los mismos y que responden a los peciolos de las hojas, que al caer la hoja por senescencia quedan fijadas de forma permanente sobre los rizomas. En diversos estudios ha quedado patente la existencia de un ciclo anual en el grosor de las escamas con un mínimo anual en invierno.

Esta posibilidad de datación nos permite por un lado, calcular la edad de cada uno de los rizomas analizados como base para el estudio demográfico, y la reconstrucción histórica de la evolución de una serie de variables asociadas a los rizomas de la planta como velocidad de crecimiento y producción de rizoma y cuyas variaciones pueden estar relacionadas con alteraciones sobre la pradera, principalmente de tipo sedimentológico como en el caso del efecto del arrastre y la extracción de áridos.

A partir de esta premisa, el presente estudio pretende poner de manifiesto en qué medida el desarrollo de la actividad arrastrera sobre esta pradera ha condicionado la vitalidad de los haces de *Posidonia* y si la presencia de los arrecifes artificiales sobre una pradera de *Posidonia* provocan una estabilización del crecimiento de los rizomas de la planta frente a lo que ocurre en otras praderas que no disfrutan de esta protección.

#### **4.3.2.1. Estaciones de muestreo**

En el presente trabajo un total de 8 estaciones han sido estudiadas a lo largo del tramo de costa comprendido entre Cabo Cope y Puntas de Calnegre. Su disposición de ha efectuado guardando cierta sistematización en la distribución de los muestreos para que

lo resultados sean lo más representativos posibles de la totalidad de tipologías y estados de conservación que pueda presentar la pradera. También se ha tenido en cuenta la posible repercusión de la profundidad en los resultados por lo que se han establecido las estaciones a lo largo de dos profundidades de referencia: -10 y -20 m.

Por otro lado se ha tenido en cuenta la disposición de los dos arrecifes artificiales de la bahía fondeados en momentos diferentes por lo que la repercusión de los mismos sobre la pradera puede haber variado de unas zonas a otras.

La posición así como el código correspondiente de cada estación de muestreo se muestra en la siguiente tabla.

Profundidad (m)	Estación de muestreo	Posición	
		X	Y
10	P1	634854	4146200
	P3	635930	4148855
	P5	637789	4151003
	P7	641351	4152248
20	P2	635172	4146191
	P4	636339	4148699
	P6	637856	4150784
	P8	641469	4152030

**Tabla 4.3.2.1.1.** Estaciones de muestreo de lepidocronología. Coordenadas UTM (huso 30N) y Datum Europeo 1950.

Las estaciones P1, P3, P5 y P7 se encuentran ubicadas a -10 m de profundidad y sobre pradera en buen estado de conservación. Por otro lado su disposición relativa nos a permitido muestrear a lo largo de las diferentes tipologías estructurales que presenta la pradera somera como son la pradera con cubetas (estación P1), pradera continua en buen estado (estaciones P3 y P5) y matas aisladas o timbas(estación p7).

Por otra parte las estaciones P2, P4, P6 y P8 se encuentran situadas en la pradera profunda y a lo largo de diferentes aspectos asociados principalmente a su estado de conservación. En este sentido la estación P8 se encontraría en una zona en buen estado de conservación, sin apenas evidencias de degradación por parte de la pesca de arrastre. La protección conferida por la complicada orografía de la zona (presencia de algún bajo

y pendiente elevada), ha impedido que esta parte de la pradera se viese afectada por este tipo de actividad pesquera. El resto de las estaciones profundas se encuentran localizadas en zonas con distintos grados de alteración a causa de la pesca de arrastre.

En la actualidad todas las zonas se encuentran protegidas frente a la pesca de arrastre gracias a la protección ofrecida por los arrecifes artificiales ubicados en esta bahía que han originado el cese de la actividad pesquera en el interior de la misma. Por tal circunstancia, es previsible que el crecimiento de los rizomas en los últimos años no se haya visto influenciado por la incidencia de este factor exógeno.

#### **4.3.2. Estructura demográfica de la pradera de *Posidonia oceanica***

A partir de la aplicación de las técnicas lepidocronológicas que permiten la datación de cada uno de los rizomas de una muestra, podemos desarrollar estudios de dinámica de poblaciones sobre la población de haces de la pradera de *Posidonia* basadas en la distribución de edades de los haces. Esta aproximación poblacional de la pradera nos permitirá cuantificar el balance de demográfico entre el reclutamiento de nuevos haces y la tasa de mortalidad permitiendo evaluar si la pradera se encuentra en estado de regresión o de expansión.

El método consiste en calcular la distribución de edades de los rizomas para cada una de las estaciones de muestreo establecidas. Para ello se contabiliza el número de escamas adheridas a cada rizoma y se divide por el promedio de hojas producidas anualmente. Este dato se habrá obtenido previamente en el análisis lepidocronológico de una serie de rizomas recolectados para tal efecto y en los mismos puntos de muestreo.

Para el muestreo de la estructura poblacional de la pradera se escogido las mismas estaciones establecidas para el análisis lepidocronológico, con el fin de que los resultados sean lo más representativos posibles de la totalidad de la pradera tanto en relación a diferencias asociadas a cambios batimétricos como en relación a los diferentes aspectos que puede presentar la pradera ya sean puramente estructurales o derivados de su estado de conservación. Por otro lado las estimaciones previas derivadas del análisis lepidocronológico en lo concerniente a la producción media de

hojas por estación nos servirán para la estimación de la edad de cada uno de los rizomas recolectados para este estudio.

En cada una de las estaciones se a procedido a la recolección de una muestra al azar de un mínimo de 150 haces de *Posidonia*, a partir de los cuales tras la estimación de sus edades se extraerá la distribución de edades por estación que nos servirá de base para el estudio demográfico. A partir de esta distribución y siguiendo las técnicas de reconstrucción del crecimiento propuestas por Duarte et al (1994) se calculan las tasas de mortalidad y reclutamiento correspondientes, así como otros parámetros descriptivos de las características de la población La tasa de reclutamiento se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$R = \ln \sum_{t=0}^{\infty} N_t - \ln \sum_{t=1}^{\infty} N_t$$

Donde  $\sum_{t=0}^{\infty} N_t$  es el número de haces vivos y  $\sum_{t=1}^{\infty} N_t$  es el número de haces vivos con una edad mayor de 1 año. Por su parte la tasa de mortalidad se obtiene a partir de la fórmula de decremento exponencial donde  $N_0$  correspondería al número de haces con una edad igual a la moda,  $N_t$  sería el número de haces con una edad mayor a la moda y  $M$  la tasa de mortalidad estimada.

Con posterioridad se calcula el cociente de las mismas ( $R/M$ ) y cuyo balance nos determinará si la pradera se encuentra en regresión cuando la relación sea inferior a 1, si se encuentra en expansión cuando es mayor de 1 o si está estabilizada en el caso de  $R/M=1$ .

A partir de estos valores del balance demográfico y gracias a la sistematización aplicada a los muestreos se generará un plano temático sobre el estado evolutivo en el que se encuentra actualmente la población de haces o lo que es lo mismo, el estado evolutivo de la pradera. Para ello, a partir de los datos de las diferentes estaciones se procederá a la aplicación de procesos de interpolación estocástica mediante el programa adecuado que nos extrapolará al resto de la pradera los resultados demográficos mediante la génesis de líneas de igual balance demográfico.

## **4.2.Resultados**

### **4.2.1. Seguimiento de la estación permanente de *Posidonia***

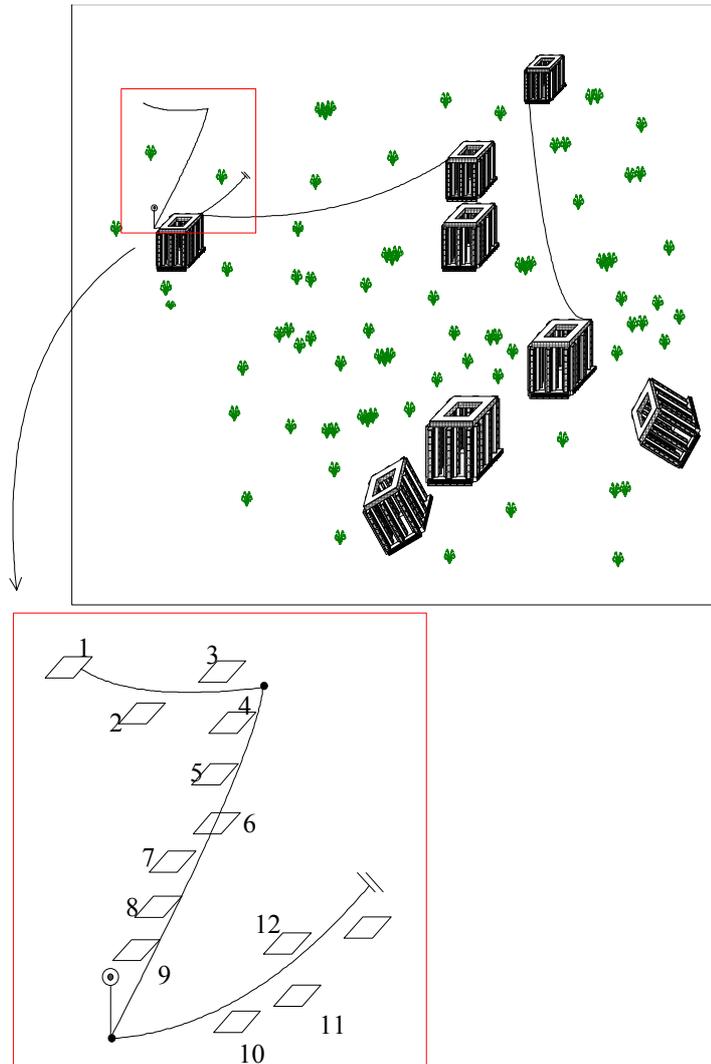
Se han obtenido datos de recuento de número de haces de todos los marcos presentes en la instalación en el presente año, aunque se han incorporado también a los resultados los datos anteriores provenientes de todo el seguimiento, que como ya se apuntó en la metodología, comenzó sobre estas estaciones en 1998. En el caso particular de la estación de seguimiento del arrecife de Cabo Cope existen datos anteriores a esta fecha aunque no se ha podido tener acceso a los mismos.

Este análisis conjunto de la evolución temporal del número de haces a lo largo del periodo de tiempo descrito nos permitirá evaluar la posible repercusión del cese de la actividad arrastrera sobre la pradera gracias a la protección conferida por el arrecife.

A continuación vamos a efectuar una somera descripción de las características y disposición de cada una de estas estaciones de seguimiento:

#### *Estación de seguimiento de Cabo Cope-Playa de los Hierros*

Como se comentó en su momento en el apartado de metodología, la estación de seguimiento se instaló en las inmediaciones de un módulo perteneciente al arrecife artificial para que en las sucesivas campañas se facilite su localización mediante sonda. La estructura de la instalación y la disposición de los marcos en la misma se representan en la siguiente figura.



**Figura 4.2.1.1.** Esquema de la estación de seguimiento permanente en pradera de *Posidonia oceanica*

La instalación de seguimiento permanente del arrecife de Cabo Cope-playa de los Hierros se encuentra situada en las inmediaciones del polígono alveolar del arrecife y dispuesta a lo largo de dos tanzas tal y como aparece indicado en la figura 4.2.1.1. La instalación parte de uno de los módulos para facilitar su localización. El punto en el que se localiza la instalación se encuentra en las proximidades del límite inferior de la pradera y a una profundidad de  $-24$  m. La pradera, en esta zona, está muy degradada a causa de la pesca de arrastre que utilizaba habitualmente estos caladeros con anterioridad a la colocación del arrecife.

En las campañas de 1998 y 1999 se localizaron tan sólo 7 marcos correspondientes a esta estación. Al finalizar el muestreo se localizaron 12 marcos aunque desconocemos si este valor responde a la totalidad de marcos instalados en su momento en el inicio del seguimiento.

#### *Estación de seguimiento de Playa de los hierros-Puntas de Calnegre*

La estructura de la estación de seguimiento permanente instalada en este arrecife es similar a la de Punta Parda o a la de Mazarrón. Consta de 20 marcos en los que se ha realizado el recuento en las 5 campañas realizadas hasta la fecha. La nomenclatura utilizada responde al mismo criterio establecido para la estación del arrecife de Punta Parda. En la figura 4.2.1.2. se muestra la distribución de los puntos de muestreo.

La disposición de los marcos se ha realizado a lo largo de cuatro tanzas paralelas a la línea de costa con un total de cinco marcos por tanza. Se ha distribuido en grupos de dos separándolas de tal manera que obtengamos una diferencia batimétrica de 2 m. Las más someras se situarían a -18 m y en un entorno con degradación moderada por la pesca de arrastre y las más profundas a -20 m en pradera con un mayor grado de degradación.

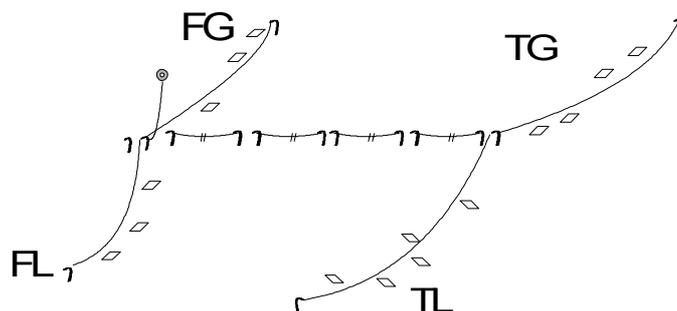


Figura 4.2.1.2. ESP de Calnegre.

#### 4.2.1.1. Análisis de resultados

En las tablas que siguen a continuación se muestran los resultados obtenidos en el recuento de haces de *Posidonia* desde diciembre de 1998 hasta la fecha en agosto del 2003 También se especifica en la tabla la identificación de los marcos. Los códigos de los marcos corresponden a las siguientes referencias:

Subestación	Número	Número de haces				
		1998	1999	2000	2001	
TG	1	23	23			25
	2	24	25			22
	3	27	27			27
	4	12	12			15
	5	36	37			
	<b>Media</b>	<b>24.4</b>	<b>24.8</b>			<b>22.3</b>
	<b>d.t.</b>	<b>8.62</b>	<b>8.96</b>			<b>5.25</b>
FG	1	26	26	28	28	29
	2	23	23	25	25	24
	3	12	13	15	16	13
	4	17	17			19
	5	21	24	24	26	
	<b>Media</b>	<b>19.8</b>	<b>20.6</b>	<b>23.0</b>	<b>23.8</b>	<b>21.3</b>
	<b>d.t.</b>	<b>5.45</b>	<b>5.41</b>	<b>5.60</b>	<b>5.32</b>	<b>6.85</b>
TL	1	19	21	20	18	
	2	15	14	17	17	20
	3	15	16	19	18	
	4	16	17	16	17	15
	5	19	21	23	22	21
	<b>Media</b>	<b>16.8</b>	<b>17.8</b>	<b>19.0</b>	<b>18.4</b>	<b>18.7</b>
	<b>d.t.</b>	<b>2.05</b>	<b>3.11</b>	<b>2.74</b>	<b>2.07</b>	<b>3.21</b>
FL	1	29	29	27	28	27
	2	20	20	23	24	15
	3	18	18			11
	4	17	17	21	20	22
	5	13	14			20
	<b>Media</b>	<b>19.4</b>	<b>19.6</b>	<b>23.7</b>	<b>24.0</b>	<b>19.0</b>
	<b>d.t.</b>	<b>5.94</b>	<b>5.68</b>	<b>3.06</b>	<b>4.00</b>	<b>6.20</b>

**Tabla 4.2.1.1.1.** Recuentos de haces en la estación de seguimiento permanente de Playa de los Hierros-Punta de Calnegre.

Marco	Numero de haces				
	1998	1999	2000	2001	2003
1	23	23	15	15	18
2			18	19	20
3			34	33	34
4	30	31	30	32	30
5	20	20	20	18	23
6	20	20	12	13	18
7	18	20	19	21	24
8	15	15	20	19	20
9	5	6	5	7	6
10			16	17	18
11			+	+	
12			13	13	15
13			12	12	11
<b>Media</b>	18.7	19.3	17.8	18.3	19.8
<b>d.t.</b>	7.65	7.61	7.91	7.68	7.59

Tabla 4.2.1.1.2. Recuentos de haces en la estación de seguimiento permanente de Cabo Cope-Playa de los Hierros.

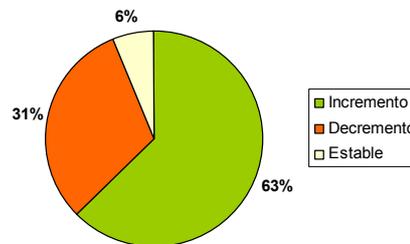
Como se desprende de los resultados de ambas estaciones de seguimiento no se ha detectado una tendencia clara en la evolución de la densidad de haces debido a la gran variabilidad detectada en la situación evolutiva de cada marco de muestreo. No obstante, en la mayoría de los casos se han detectado incrementos moderados en la densidad de haces entre los años extremos del seguimiento con oscilaciones en el periodo intermedio. Con posterioridad reflejaremos esta situación gráficamente.

En el caso particular de la estación de seguimiento de Calnegre no se han detectado grandes oscilaciones salvo en la subestación FL (fuera-levante) donde se han detectado los incrementos y decrementos más notables. Los marcos 2 y 3 han experimentados decrementos del orden de 5 y 7 haces respectivamente mientras que en los marcos 4 y 5 se han producido incrementos en el mismo orden de magnitud respectivamente.

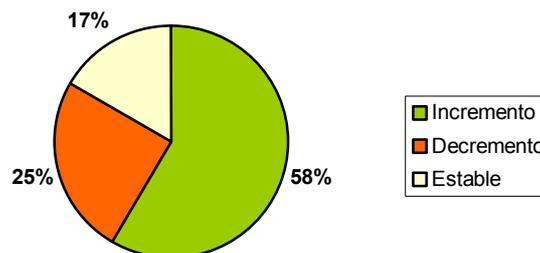
En la estación de Cabo Cope se ha detectado un mayor grado de estabilización con un incremento moderado de las densidades en la mayor parte de los marcos y con variaciones significativas en el marco 7 donde se ha detectado un incremento de 6 haces con respecto a la estimación de 1998 y en el caso del marco 1 con un decremento de 5 haces en el mismo intervalo de tiempo.

Estas variaciones experimentadas no son atribuibles a condiciones que afecten de forma genérica a la pradera sino a factores con una incidencia local posiblemente con un carácter endógeno (división generalizada del número de haces con carácter local) en el caso de los incrementos y con un carácter exógeno en el caso de los decrementos. La

proximidad del marco 1 de la estación de Cabo Cope a la base del módulo origina cierta inestabilidad en la evolución del número de haces como consecuencia de la ocurrencia de procesos erosivos asociados a la alteración de las corrientes por la presencia del módulo. Es muy probable que esta inestabilidad hidrodinámica y sedimentaria en el entorno inmediato del módulo pueda ser la causante de esta regresión puntual. La proximidad de los marcos profundos de la estación de Calnegre al límite inferior de la pradera puede ser la causa principal de las grandes oscilaciones detectadas con respecto al número de haces. Hay que tener en cuenta que se trata de una zona donde las condiciones ambientales resultan limitantes para esta fanerógama, tanto por motivos de disponibilidad lumínica como por motivos de movilidad sedimentaria por lo que la planta responde de manera inestable.



**Figura 4.2.1.1.1.** Evolución del número de haces en la estación de Calnegre.



**Figura 4.2.1.1.2.** Evolución del número de haces en la estación de Cabo Cope.

De forma resumida podemos decir, comparando los datos obtenidos entre la primera y la última campaña de muestreo, que se ha producido una respuesta similar en el ámbito de las dos zonas de la pradera con una mayor proporción de marcos con síntomas de expansión, el 63% en el caso de la pradera de Calnegre y un 58 % en el caso de Cabo Cope. Aparentemente la lectura de estos resultados parece indicarnos una situación de expansión en la pradera probablemente atribuible a un proceso de recuperación tras el cese de la actividad arrastrera debido principalmente a la colocación del arrecife. No obstante, los resultados no resultan concluyentes debido a que existe una gran variabilidad en los muestreos tanto a lo largo de la secuencia temporal como de forma espacial dentro de un mismo periodo de tiempo.

También hay que decir que el proceso de recuperación de una pradera no se inicia inmediatamente a continuación del cese del arrastre persistiendo el estado de regresión por algún tiempo hasta que terminan de estabilizarse las condiciones y recupera la vitalidad necesaria.

Para poder aplicarle una significación estadística a esta posible regresión de la pradera se ha decidido realizar un análisis de la varianza de los recuentos de haces por años.

Como se deduce de los resultados que se muestran en las tabla siguientes la probabilidad de encontrar diferencias entre los distintos años de seguimiento es notablemente superior al nivel de significación  $\alpha=0.05$  , establecido para rechazar la hipótesis de igualdad de medias, de lo que se deduce que no existen diferencias significativas en los muestreos procedentes entre los distintos años para las dos estaciones de seguimiento.

<b>Test de homogeneidad de la varianza</b>					
Estadístico Levene	df1	df2	sig		
0.5365	4	75	0.709		
<b>Análisis de la varianza</b>					
	d.f	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	sig
<b>Entre grupos</b>	4	26.5958	6.649	0.2156	0.929
<b>Dentro de los grupos</b>	75	2313.3542	30.8447		
<b>Total</b>	79	2339.95			

**Tabla 4.2.1.1.3.** Resultado del análisis de la varianza entre años para la estación de Calnegre

<b>Test de homogeneidad de la varianza</b>					
Estadístico Levene	df1	df2	sig		
0.208	4	45	0.999		

<b>Análisis de la varianza</b>					
	d.f	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	sig
<b>Entre grupos</b>	4	27.0562	6.764	0.114	0.9769
<b>Dentro de los grupos</b>	45	2669.0238	59.3116		
<b>Total</b>	49	2696			

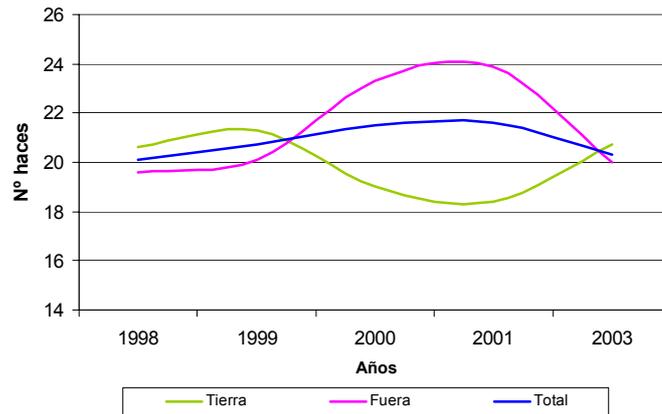
**Tabla 4.2.1.1.4.** Resultado del análisis de la varianza entre años para la estación de Cabo Cope

El diseño de la instalación de seguimiento de Calnegre nos ha permitido establecer dos subestaciones en función de la profundidad e indirectamente el estado de conservación de la pradera que como ya hemos comentado con anterioridad presenta varios niveles de deterioro a causa de la pesca de arrastre.

En este caso, si agrupamos los resultados por subestaciones de muestreo considerando por una parte las localizadas en la zona profunda (-20 m) y por otra las localizadas en la zona más somera (-18 m) tampoco se han encontrado diferencias significativas ni sobre los resultados procedentes de un mismo año ni comparando los resultados entre años.

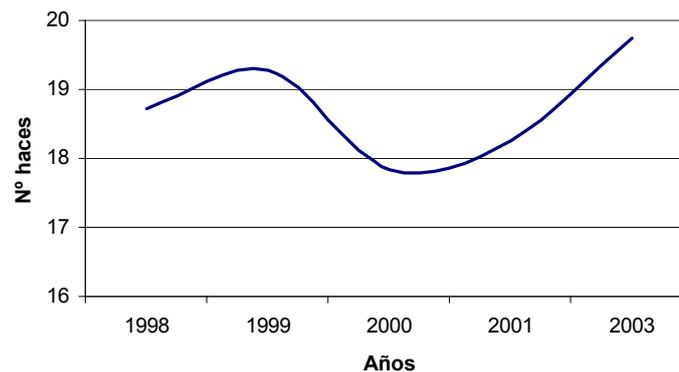
Como se puede apreciar en la figura 4.2.1.1.3., donde se representa gráficamente la evolución temporal del número de haces en su totalidad y por subestaciones para la estación de Calnegre, se ha detectado una situación de estabilidad en la pradera con valores de número de haces muy similares entre 1998 y 2003.

La aparente estabilidad en el número de haces, en principio parece contrastar con la mayor proporción de marcos con síntomas de expansión identificados en la última campaña aunque como hemos apuntado con anterioridad estas diferencias no son significativas.



**Figura 4.2.1.1.3.** Evolución temporal del número de haces/marco por estaciones de muestreo

Otra circunstancia extraíble del gráfico anterior es la variabilidad existente a lo largo del periodo de muestreo y que se manifiesta de manera desigual para ambas subestaciones. Como se puede apreciar en el caso de las subestaciones más profundas (fuera) se ha detectado un incremento significativo del número de haces entre 1999 y 2001 mientras que en el mismo periodo se ha originado un decremento en las subestaciones más someras (tierra). En el transcurso de los dos últimos años la situación se ha invertido hasta alcanzar valores similares a los iniciales. Aparentemente esta circunstancia debe responder únicamente a variaciones en las condiciones ambientales debido a la ausencia de perturbaciones antrópicas como el caso de la pesca de arrastre.



**Figura 4.2.1.1.4.** Evolución temporal del número de haces/marco para la estación de Cabo Cope

Si comparamos la evolución temporal del número medio de haces para la estación de Cabo Cope se ha detectado una situación similar a la anterior con una diferencia entre los años extremos del periodo muestreado hasta la fecha de escasamente 1 haz con

oscilaciones intermedias. La más relevante la encontraríamos entre los años 2000 y 2003 con un incremento de una media de dos haces por marco.

Tampoco se ha encontrado una correlación clara entre el número de haces y el tiempo debido a la gran variabilidad existente entre las observaciones realizadas en un mismo año. En la tabla siguiente se ofrece el coeficiente de correlación estimado para este contraste, así como la significación obtenida. La correlación es positiva aunque muy baja y sin significación estadística de lo cual se deduce que la evolución del número de haces por marco no experimenta una tendencia clara a lo largo del periodo de tiempo muestreado hasta el momento.

<b>Coeficiente de correlación</b>			
		<b>Haces</b>	<b>Año</b>
<b>Haces</b>	Correlación Pearson	1	0.0207
	Sig	.	0.856
	Nº casos	80	80
<b>Año</b>	Correlación Pearson	0.0207	1
	Sig	0.856	.
	Nº casos	80	80

**Tabla 4.2.1.1.5** Coeficiente de correlación entre el número de haces y el tiempo para la estación de Calnegre.

<b>Coeficiente de correlación</b>			
		<b>Haces</b>	<b>Año</b>
<b>Haces</b>	Correlación Pearson	1	0.0448
	Sig	.	0.757
	Nº casos	50	50
<b>Año</b>	Correlación Pearson	0.0448	1
	Sig	0.757	.
	Nº casos	50	50

**Tabla 4.2.1.1.6.** Coeficiente de correlación entre el número de haces y el tiempo para la estación de Cabo Cope.

Teniendo en cuenta el lento proceso de recuperación de la pradera en función de las limitaciones inherentes a los propios mecanismos de recolonización de esta fanerógama que nos han impedido encontrar una diferencia significativa en el transcurso de los últimos 5 años, aconsejamos espaciar más en el tiempo los muestreos de densidad de haces para poder constatar una posible recuperación de la pradera.

#### 4.2.2. Estudio lepidocronológico

Para el estudio lepidocronológico se recolectó una cantidad de rizomas ortotopos suficiente para la representabilidad de los resultados sobre el entorno inmediato de pradera. Con posterioridad se ha efectuado una selección en laboratorio de aquellos más apropiados para el análisis. El número de rizomas seleccionados ha oscilado entre 16 y 38.

Tras la datación de las secciones de rizomas para las tres estaciones se han obtenido datos desde 1980 hasta 2003 aunque no todos los años han sido considerados en el estudio. En primer lugar no se ha tenido en cuenta el año 2003 por considerarse incompleto. Aunque aparentemente el ciclo anual se ha completado, esta sección de rizoma continúa todavía en crecimiento durante un periodo de tiempo desde la finalización del ciclo, principalmente acumulando biomasa. Por otra parte, datos Por otra parte la mayor parte de los resultados obtenidos con anterioridad a 1989 se han desestimado o interpretados con cautela debido a que no disponemos de un número suficiente de casos,

De las muestras obtenidas se ha medido las siguientes variables a partir de los rizomas:

- Crecimiento anual (mm)
- Producción anual de hojas
- Biomasa o producción de rizoma (cg)
- Relación producción/crecimiento (mg/mm)

La relación producción- crecimiento de rizoma se ha calculado dividiendo la biomasa por el crecimiento para cada año y nos ofrece una medida del engrosamiento de los rizomas y por lo tanto de la acumulación de reservas nutritivas.

Con la finalidad de que los datos estén equilibrados al menos desde el punto de vista temporal se han incluido en el estudio únicamente 15 años (desde 1989 hasta 2002 ambos incluidos) divididos en tres intervalos para poder evidenciar la influencia de la

presencia de los arrecifes artificiales sobre la recuperación de la pradera. Los intervalos de estudio corresponden a los siguientes periodos:

- 1989-1993 Periodo anterior a la colocación de los arrecife
- 1993-1998 Periodo transcurrido entre la colocación del arrecife de Cabo Cope y el de Calnegre
- 1999-2002 Periodo transcurrido bajo la protección de ambos arrecifes.

#### **4.2.2.1.Crecimiento de rizoma**

Entendemos como la medida de crecimiento del rizoma a la longitud que presenta cada rizoma entre dos escamas finas, las cuales delimitan un ciclo anual. Más concretamente se trata de una medida de velocidad de crecimiento ya que está referida por unidad de tiempo.

Para una mayor representabilidad de los resultados se ha procedido a analizar los datos tanto para cada una de las estaciones de muestreo como para las medias por profundidades. De esta manera podremos contemplar posibles diferencias asociadas a cambios batimétricos y con respecto a la situación geográfica de cada una de las estaciones con respecto a la bahía y a la presencia de los arrecifes artificiales. En ambos casos se ha tenido en cuenta los tres periodos de tiempo preestablecidos para evaluar la evolución de la pradera con el tiempo.

##### **4.2.2.1.1.Crecimiento de rizoma por profundidades**

Como se puede interpretar de la figura anterior, la primera diferenciación entre las distintas zonas de la pradera está ocasionada por diferencias batimétricas fundamentalmente, con mayores estimaciones de crecimiento en la pradera somera. En este caso se ha obtenido un valor medio de crecimiento a  $-10$  m de 12.15 mm/año mientras que a  $-20$  m a sido de 7.97 mm/año.

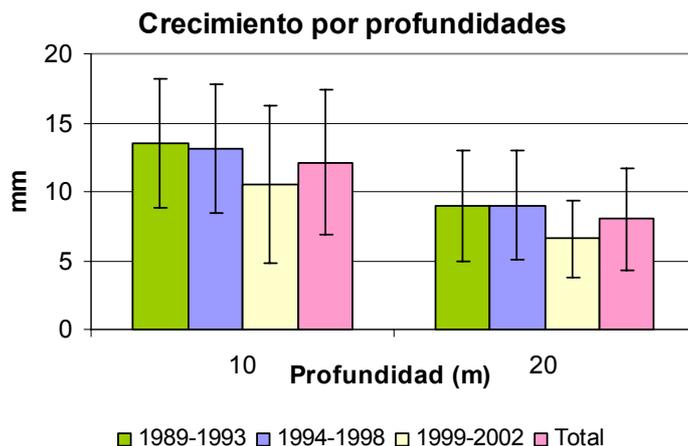


Figura 4.2.2.1.1.1. Crecimientos medios de rizoma (mm) por profundidades y periodos de tiempo.

Esta diferenciación se mantiene más o menos estable a lo largo de toda la bahía por lo que responde a circunstancias fisiológicas de la planta y sobre todo a la existencia de mayores tasas de sedimentación y acreción sedimentaria en la pradera somera derivado de la situación hidrodinámica más acusada.

ANOVA ENTRE PROFUNDIDADES		
Periodo	F Ratio	Sig
1989-1993	76.98	0.000
1994-1998	129.72	0.000
1999-2002	117.47	0.000

Tabla 4.2.2.1.1.1. Análisis de la varianza entre profundidades por periodos.

ANOVA ENTRE PERIODOS				
10 m				
Media	Periodos	1989-1993	1994-1998	1999-2002
10.5	1989-1993			*
13.1	1994-1998			*
13.5	1999-2002			
20 m				
Media	Periodos	1989-1993	1994-1998	1999-2002
6.5	1989-1993			*
8.9	1994-1998			*
9	1999-2002			

Tabla 4.2.2.1.1.2. Análisis de la varianza entre periodos por profundidades..

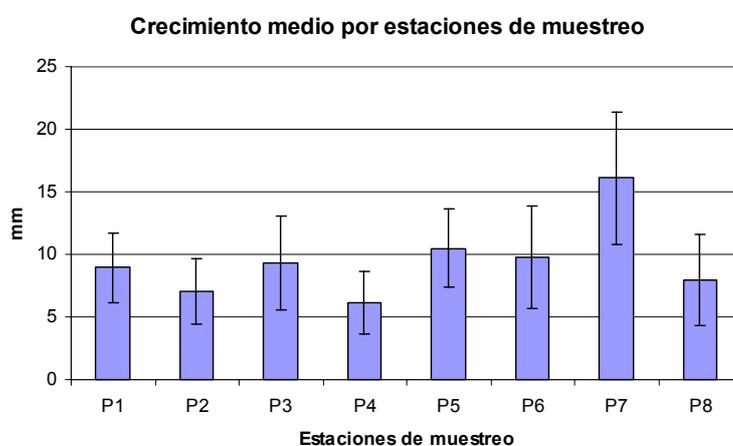
En el tiempo esta diferenciación se mantiene constante con mayores tasa de crecimiento en la pradera somera tanto antes como después de la colocación de los arrecifes artificiales. No obstante, la situación difiere para una misma profundidad y entre periodos de tiempo. En este sentido se han detectado diferencias significativas en ambos

casos entre el tercer periodo (1999-2002) con los dos anteriores como demuestra el análisis estadístico de la tabla 4.2.2.1.1.2.

Estos resultados parecen indicar que la estabilización de los crecimientos de rizoma puede deberse a factores exógenos como es la presencia del arrecife artificial que proporciona la protección adecuada frente a la pesca de arrastre. La ausencia de lances de arrastre sobre esta pradera o en sus proximidades implica una reducción considerable de la tasa de sedimentación sobre la pradera de partículas resuspendidas, por lo que el crecimiento del rizoma tiende a estabilizarse al disminuir el estrés sedimentario.

#### 4.4.2.1.2. Crecimiento de rizomas por estaciones de muestreo

Asumiendo esta primera diferenciación entre profundidades derivada de un componente sedimentológico importante vamos a intentar poner manifiesto diferencias en función de la localización geográfica de cada estación de muestreo.



**Figura 4.2.2.1.2.1.** Crecimiento de rizoma por estaciones de muestreo.

Como se desprende del análisis de la figura anterior existe una variabilidad muy alta con respecto a la tasa o velocidad de crecimiento de los rizomas de *Posidonia* y que en apoyo de las afirmaciones anteriores estaría determinada en gran medida por efecto de la profundidad. Los valores estimados oscilan desde el máximo detectado de 16.15 mm en la estación P7 al mínimo registrado en la estación P4 de 6.09 mm. El dato anormalmente elevado de la estación P7 estaría derivado de las particulares condiciones sedimentológicas y/o hidrodinámicas que confieren un componente de inestabilidad a la

la pradera de *Posidonia* se adaptado de manera natural una tipología típica de matas aisladas o timas de *Posidonia*, caracterizadas por una extensión reducida con un importante desarrollo de la mata gracias al patrón elevado de crecimiento que experimentan sus rizomas.

El resto de las estaciones someras junto a la estación profunda P6 presentarían tasas de crecimiento similares. Asumiendo que la variabilidad en los crecimientos de rizoma estaría determinada principalmente por cuestiones de tasa sedimentaria, la causa que asemejaría este crecimiento con los de las estaciones más someras, estaría relacionada con la circunstancia de que la zona de la pradera donde se ubica esta estación de muestreo se ha visto afectada por la pesca de arrastre de forma directa o indirecta hasta la colocación de la segunda fase del arrecife artificial.

Este hecho es el principal causante de que el crecimiento medio de esta estación sea significativamente superior al resto de las estaciones profundas. La siguiente tabla recogería los resultados del análisis de la varianza de los datos que nos confirmarían las diferencias de crecimiento en cuanto a las estaciones así como diferencias por periodos tanto de forma genérica como por estaciones.

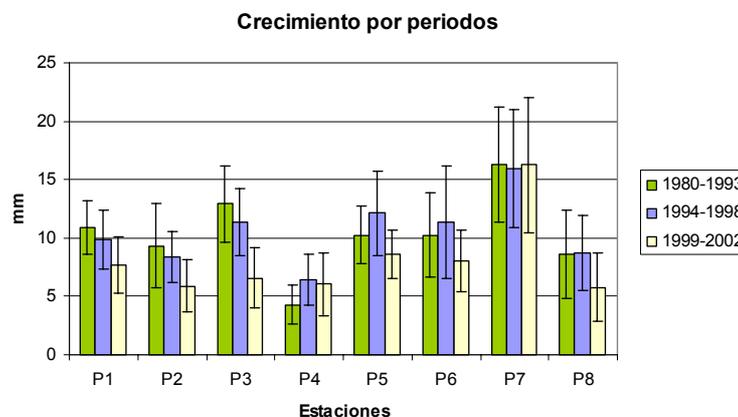
Test de homogeneidad de la varianza			
Estadístico de Levene	df1	df2	Sig
22.1959	7	1492	0.5

Análisis de la varianza con dos factores					
Fuente de variación	SS	DF	MS	F	Sig
ESTACIÓN	12955.53	7	1852.22	141.65	0.000
PERIODO	1804.71	2	902.36	69.01	0.000
ESTACIÓN POR PERIODO	1132	14	80.85	6.18	0.000
Modelo	18800.76	23	817.42	62.51	0.000
Total	38114.45	15000	25.41		

**Tabla 4.2.2.1.2.1.** Análisis de la varianza con dos factores para el crecimiento de rizoma.

Otro dato importante que se extrae de este análisis es la diferencia existente por periodos con una diferencia significativa entre las estimaciones medias del último y más reciente periodo con respecto a los anteriores. Hay que recordar que el establecimiento de estos periodos está definido por los momentos de colocación de los dos arrecifes artificiales por lo que el decremento experimentado en los últimos años, coincidiendo con el momento del cese total de la actividad arrastrera sobre la pradera y sus

inmediaciones es muy probable que esté motivado por un proceso de estabilización en los crecimientos de rizoma derivado de la drástica reducción sobre todo en las zonas profundas de la tasa de sedimentación.



**Figura 4.2.2.1.2.2.** Crecimientos de rizoma por estaciones y periodos de tiempo.

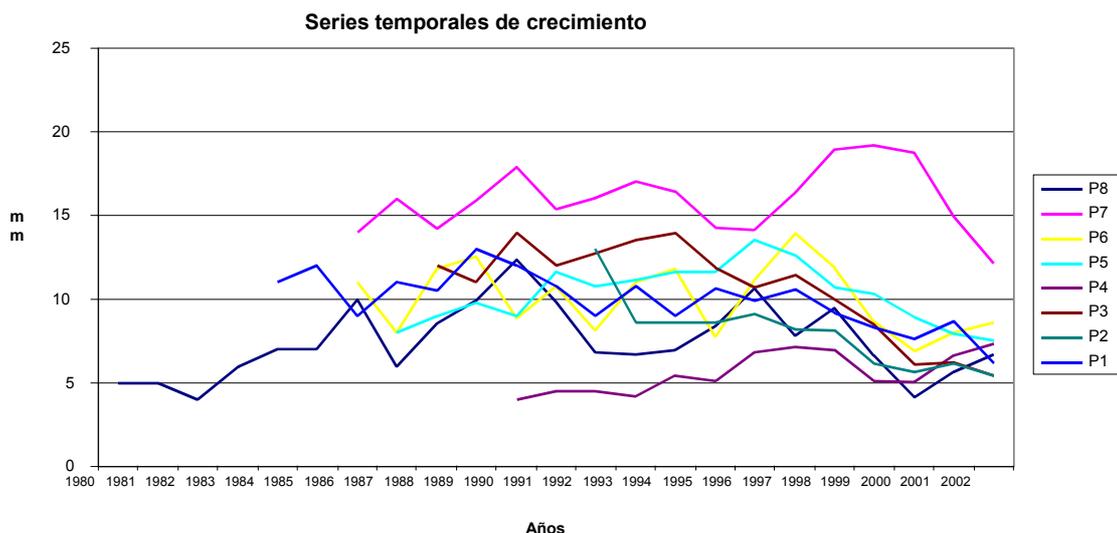
Como demuestra la figura anterior, pese a la variabilidad entre los crecimientos de las diferentes estaciones de muestreo el decremento con el tiempo se ha podido constatar en la mayoría de las estaciones aunque con una repercusión diferente de unas zonas a otras.

En primer lugar nos encontraríamos con la situación determinada por las estaciones P1, P2 y P3, localizadas las tres en la mitad sur de la bahía dentro del ámbito de protección de la primera fase del arrecife y en las que se ha experimentado un decremento progresivo del crecimiento significativo a partir del tercer periodo. Al margen de la influencia de otro tipo de factores ambientales que condiciones este decremento estaría condicionado por el cese progresivo de la actividad arrastrera a partir del segundo periodo tras la colocación del arrecife,.

En un siguiente grupo relacionaríamos la progresión adoptada por la pradera en las estaciones P4, P6 y P5 donde se origina un incremento significativo del crecimiento entre los dos primeros periodos de tiempo unido a un al decremento del último periodo en los tres casos con significación estadística en el caso de las estaciones P5 y P6. Esta circunstancia podría relacionarse por un efecto rebote tras la colocación de la primera fase del arrecife que originó en su momento un desplazamiento de los lances de arrastre hacia la mitad sur de la bahía.

Por último nos encontraríamos con las estaciones localizadas hacia el extremo de Calnegre donde apenas se han detectado diferencias entre periodos salvo en el caso de la estación P8 donde el crecimiento medio ha decrecido en el último periodo probablemente por la protección conferida por la segunda fase del arrecife. No obstante, esta parte de la pradera en ningún momento sufrió el efecto directo de este tipo de actividad pesquera, pero la proximidad de los lances de arrastre al límite profundo de la pradera puede haber contribuido a la desestabilización de los crecimientos. En la actualidad, con el alejamiento de los lances de arrastre por la presencia del arrecife los crecimientos de rizoma se han moderado.

En la figura 4.2.2.1.2.3. se han representado las series temporales de crecimiento para cada una de las estaciones analizadas. Al margen de que para las comparativas estadísticas solamente se han utilizado los datos a partir de 1989 en este gráfico se han representado también los resultados de años precedentes.



**Figura 4.2.2.1.2.3.** Series temporales de crecimiento por estaciones de muestreo. Las unidades están expresadas en mm.

Para apreciar la posible similitud en las series representadas y poner de manifiesto posibles tendencias genéricas se ha realizado un *test* de correlación simple entre las estaciones utilizando únicamente el periodo de tiempo del que disponemos datos para todas las estaciones.

El resultado nos ofrece que existe una alta correlación positiva entre las series temporales de crecimiento de las estaciones P1, P3 y P5 por lo que a tenor de ello

podemos afirmar que a lo largo de todo el periodo las oscilaciones detectadas en los crecimientos así como la tendencia general están regidas por similares circunstancias atribuibles a factores ambientales. Una circunstancia común entre estas tres estaciones es que se sitúan sobre la pradera somera. Hay que tener presente que la correlación se ha efectuado prácticamente a partir de la colocación del primer arrecife por lo que la influencia de la actividad arrastrera sobre todo en estas tres estaciones queda descartada.

En el caso concreto de la estación P4 se aprecia una tendencia a incrementar el crecimiento o diferencia de las demás mientras que la estación P7 presenta una estabilidad y cierta estacionalidad en los crecimientos con carácter plurianual que la diferencia de las demás.

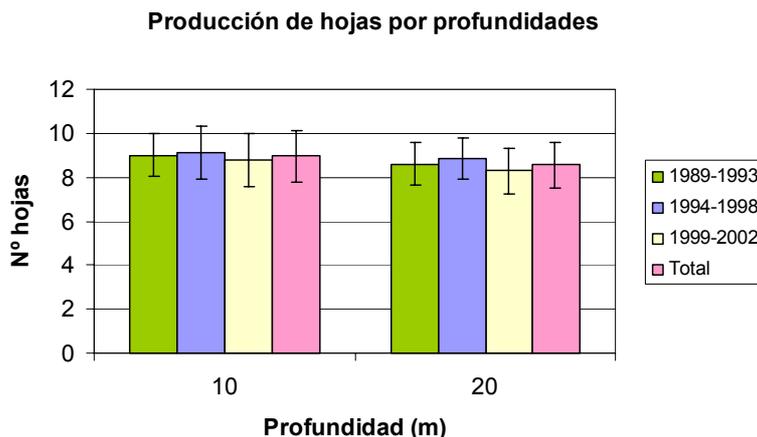
En algunos años se han detectado variaciones en el crecimiento que se manifiesta en la mayoría de las estaciones que se trata de una reacción motivada por el efecto de algún factor externo con una incidencia espacial grande. A falta de más información, sobre todo climatológica, no se puede determinar de qué tipo de factor se trata pero el análisis conjunto con otras variables, que se analizan a continuación, permitirá una mayor aproximación a la naturaleza de tal alteración.

#### **4.2.2.2. N° de hojas**

El número de hojas producidas por año se ve influenciada sobre todo por factores biogeográficos, con valores que oscilan entre una producción anual de 5 hojas en el litoral de Gerona a un máximo entre 8 y 9 en las costas de Alicante y Murcia. Por lo que en este estudio no cabe obtener grandes diferencias entre las estaciones de muestreo al situarse en la misma zona

##### **4.2.2.2.1. Producción de hojas por profundidades**

El análisis de la varianza que ofrecemos en la tabla 4.2.2.2.1.1. nos demuestra la existencia de diferencias significativas por profundidades tanto para el total de la población como por periodos de tiempo. Esto es debido a la gran homogeneidad existente entre la producción de hojas dentro de cada estación de muestreo.



**Figura 4.2.2.2.1.1.** Producción media de hojas por profundidades y periodos de tiempo.

Si nos fijamos en la figura anterior existe una clara diferencia por profundidades que se traduce en una mayor producción de hojas en las zonas más someras próxima a 9 hojas/años frente a las 8.57 estimadas para las estaciones profundas. Esta circunstancia está motivada principalmente por causas fisiológicas debido a la mayor de luz en las zonas menos profundas que se traduce en una mayor producción de la planta en todos los sentidos.

ANOVA ENTRE PROFUNDIDADES		
Periodo	F Ratio	Sig
1989-1993	10.73	0.001
1994-1998	8.1725	0.004
1999-2002	27.8305	0.000

ANOVA ENTRE PERIODOS				
10 m				
Media	Periodos	1989-1993	1994-1998	1999-2002
8.98	1989-1993	*		
9.11	1994-1998			
8.7	1999-2002			
20 m				
Media	Periodos	1989-1993	1994-1998	1999-2002
8.61	1989-1993	*	*	
8.86	1994-1998			
8.28	1999-2002			

**Tabla 4.2.2.2.1.1.** Análisis de la varianza con dos factores para el número de hojas anual por rizoma.

En lo referente a la variabilidad en la producción de hojas por periodos de tiempo se ha detectado la misma tónica en ambas profundidades con un incremento de la producción en el segundo periodo y un posterior decremento más acusado en el tercer periodo y además con significación estadística. También ha resultado significativa la diferencia

entre el primer y tercer periodo en la profunda. Aparentemente, a tenor de estos resultados no parece probable que hayan existido diferencias en cuanto a la producción de hojas condicionadas por la incidencia de la actividad arrastrera y su posterior cese progresivo tras la colocación de los arrecifes artificiales.

#### 4.2.2.2.2. Producción de hojas por estaciones de muestreo

Para contrastar posibles diferencias en la producción de hojas con respecto a la situación geográfica de cada zona de la pradera hemos analizado los datos por estaciones de muestreo obteniendo los resultados que se muestran en la figura 4.2.2.2.2.1. De dicha tabla se desprende la existencia de diferencias significativas tanto a nivel de estación de muestreo como por periodos de tiempo, circunstancia que hemos aclarado con anterioridad.

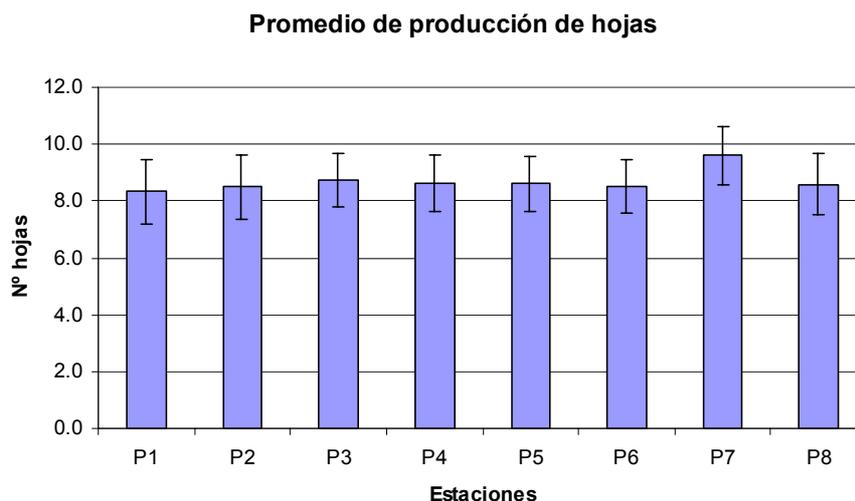


Figura 4.2.2.2.2.1. Producción de hojas por estaciones de muestreo.

Un análisis más exhaustivo nos desvela que las diferencias entre estaciones estriban únicamente en la estación P7 con un valor de producción de hojas notablemente superior con un valor de 9.6 hojas mientras que el resto oscila en el rango comprendido entre 8.30 y 8.73 hojas/año. Como hemos podido comprobar, en la estación P7 se ha identificado también el máximo de crecimiento de rizoma por lo que parece que las variaciones en la producción de hojas no es una circunstancia que esté relacionada con situaciones de perturbación como la pesca de arrastre aunque sí con un cierto carácter sedimentario bajo condiciones ambientales naturales. El hecho de que a los valores medios de producción de hojas hayan contribuido también los datos procedentes del

periodo en el que todavía se efectuaban lances de arrastre sobre la pradera corroboraría estas afirmaciones.

Análisis de la varianza con dos factores					
Fuente de variación	SS	DF	MS	F	Sig
ESTACIÓN	216.94	7	30.99	30.69	0.000
PERIODO	54.22	2	27.11	26.85	0.000
ESTACIÓN POR PERIODO	24.28	14	1.72	1.72	0.047
Modelo	360.84	23	15.69	15.54	0.000
Total	1852.39	1500	1.23		

Tabla 4.2.2.2.1. Análisis de la varianza con dos factores para la producción de hojas.

Para delimitar aún más la posible variabilidad temporal de la producción de hojas ofrecemos la siguiente figura donde se representan los resultados de producción de hojas por estaciones y por periodos de tiempo.

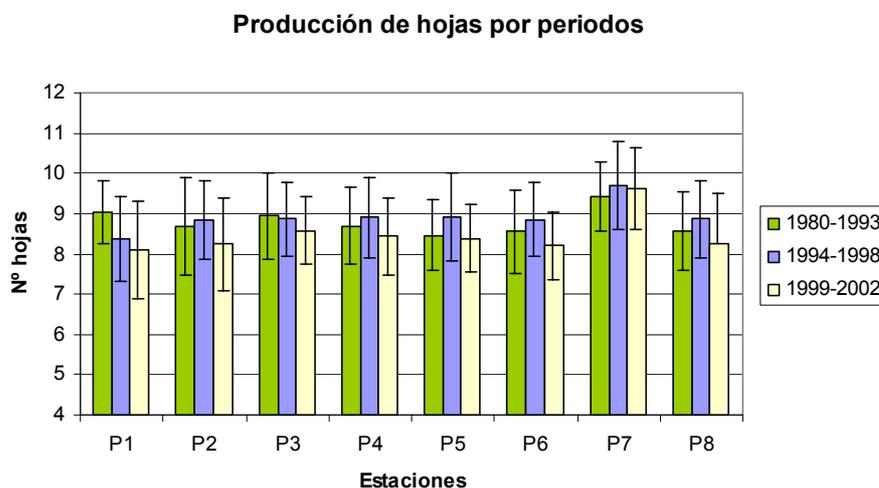
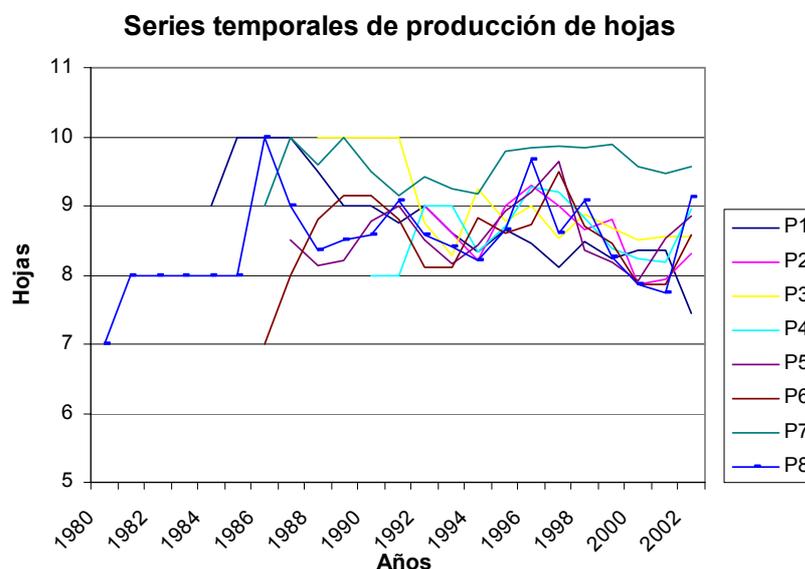


Figura 4.2.2.2.2. Producción de hojas por estaciones y periodos de tiempo.

En líneas generales se han obtenidos resultados similares que en el análisis por profundidades donde la tendencia general es la inexistencia de diferencias significativas entre el primer y tercer periodo de tiempo o lo que es lo mismo entre antes y después de la colocación del arrecife artificial. No obstante existe cierta variabilidad entre estaciones tal y como se puede apreciar en la figura anterior. En la mayoría de las situaciones se produce un incremento de la producción de hojas en el segundo periodo para luego disminuir de forma significativa la producción hacia el tercer periodo salvo en el ámbito de la estación P7 donde se ha detectado una situación de estabilidad a lo largo de toda la serie temporal. En la estación P3 salvo a que aparentemente se ha originado un decremento progresivo con el tiempo no se han detectado diferencias

significativas, situación que sí ocurre en la estación P1 aunque no tenemos indicios de que factor ha sido el causante.



**Figura 4.2.2.2.2.3.** Series temporales de producción de hojas para las tres estaciones de muestreo.

En el análisis temporal de las series de producción de hojas se ha establecido una correlación temporal negativa que nos indica que la producción de hojas se está reduciendo progresivamente con el tiempo. Esta circunstancia es especialmente evidente en la estación P1. Desconocemos cual es la causa de esta reducción en la pradera somera aunque puede ser debido al arranque generalizado de haces con los temporales que se traduce indirectamente en la consiguiente reducida producción de nuevas hojas como consecuencia de la limitación de la actividad fotosintética. Situaciones de sobrepastoreo sobre el estrato foliar de la pradera también pueden repercutir en la reducción de la producción de nuevas hojas.

En lo concerniente a las demás series se ha detectado correlación positiva entre las estaciones P2, P4 y P8 y correlaciones menos definidas con las estaciones P5 y P6. Por su parte las estaciones P1 Y P7 no presentan ningún tipo de correlación al igual que ocurría con los crecimientos.

A partir del año 1991 se puede apreciar un mayor grado de homogeneidad en las series acrecentado a partir de 1994. Al detectarse en la mayor parte de las estaciones y en un periodo donde la actividad arrastrera está ya muy limitada en la zona por la presencia del arrecife se puede afirmar que se trata de una reacción motivada por el efecto de

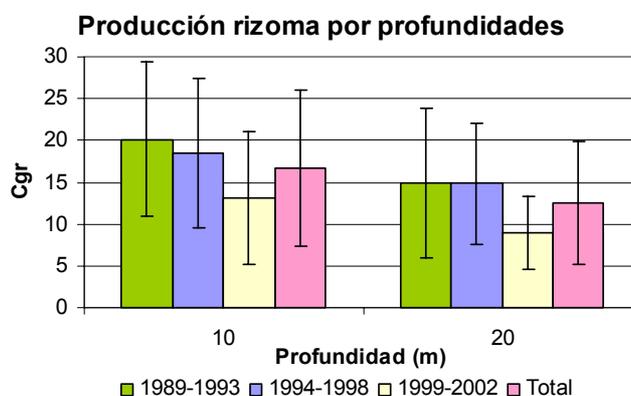
algún factor externo con una incidencia espacial grande. A falta de más información, sobre todo climatológica, no se puede determinar de qué tipo de factor se trata pero el análisis conjunto con otras variables, que se analizan a continuación, permitirá una mayor aproximación a la naturaleza de tal alteración.

#### 4.2.2.3. Producción de rizoma

Se ha podido comprobar que la producción de rizoma está correlacionada positivamente con la velocidad de crecimiento. Prácticamente en la mayoría de las muestras se observa que los incrementos en crecimiento se traduce en un incremento de la producción y al contrario.

##### 4.2.2.3.1. Producción de hojas por profundidades

Del análisis de los resultados de producción de rizoma se desprende una lectura similar a la de los datos de crecimiento en virtud de que se tratan de variables correlacionadas positivamente. En este sentido y como primera aproximación, podemos decir que se han encontrado diferencias significativas relacionadas con la profundidad. Los máximos de producción los encontramos en la pradera somera como demuestra el valor obtenido a – 10 m de 16.5 cgr/año a diferencia de los 12.3 cgr/año estimados para la estación profunda. Esta diferenciación se fundamentará principalmente en la sinergia entre mayores tasa de acreción sedimentaria y mayor actividad fotosintética en las praderas someras.



**Figura 4.2.2.3.1.1.** Producción media de rizoma por profundidades y periodos de tiempo.

Como demuestra el análisis de la varianza que resume la tabla siguiente esta diferenciación entre ambas profundidades se mantiene constante a lo largo de los tres periodos de tiempo con valores significativamente superiores en todo momento a -10 m aunque bajo una tendencia generalizada al decremento con el tiempo.

En el caso de la pradera a -10 m se ha detectado un decremento progresivo entre los tres periodos desde un valor de 20 cgr en el primer periodo hasta el valor de 13 cgr en el tercero y con significación estadística. En el caso de la situación de la pradera profunda también se han detectado diferencias significativas entre el tercer y primero periodo, aunque a diferencia del caso anterior la producción se ha mantenido más o menos estable entre los dos primeros periodos.

ANOVA ENTRE PROFUNDIDADES		
Periodo	F Ratio	Sig
1989-1993	23.71	0.000
1994-1998	23.7727	0.000
1999-2002	59.3458	0.000

ANOVA ENTRE PERIODOS				
10 m				
Media	Periodos	1989-1993	1994-1998	1999-2002
20.14	1989-1993			
18.27	1994-1998			
12.95	1999-2002	*	*	
20 m				
Media	Periodos	1989-1993	1994-1998	1999-2002
14.9	1989-1993			
14.84	1994-1998			
8.93	1999-2002	*	*	

**Tabla 4.2.2.3.1.1.** Análisis de la varianza con dos factores para la producción anual de rizoma por rizoma.

Con estos resultados únicamente no podemos establecer una valoración directa a cerca de la repercusión del arrecife artificial sobre esta variable de la pradera aunque sí indirectamente por la correlación existente con los crecimiento. Con posterioridad, una análisis más exhaustivo junto con otras variables más descriptivas de la situación de la pradera como la densidad de rizoma nos aportará una nueva visión sobre estos resultados.

#### 4.2.2.3.2. Producción de rizomas por estaciones de muestreo

Al igual que ocurre con las tasas de crecimiento, existe una diferenciación entre las diferentes estaciones de muestreo en función de las características de la pradera en cada caso y su adaptación a las condiciones ambientales particulares de cada zona de la bahía.

El análisis más exhaustivo de estos datos nos permite establecer diferenciaciones entre las estaciones con un marcado carácter batimétrico. Las diferencias más notables las observamos en el máximo de 23 cgr apreciado en la estación P7 y el mínimo registrado en la estación P4 de 9.1 cgr.

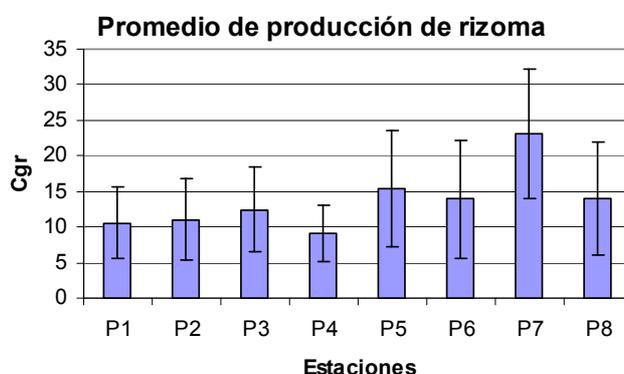
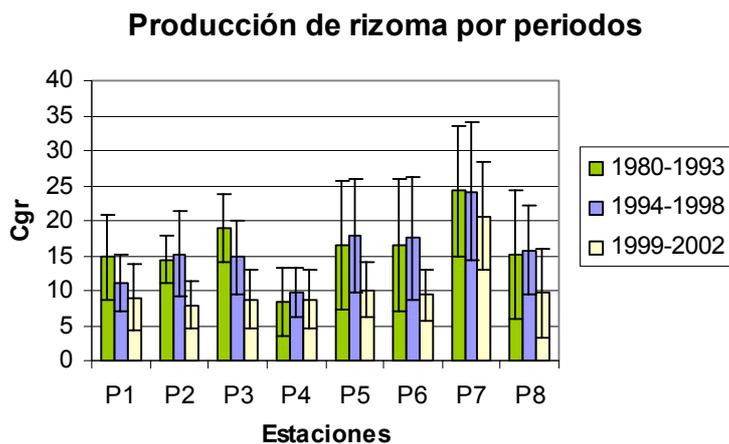


Figura 4.2.2.3.2.1. Producción de rizoma por estaciones de muestreo.

El resto de las estaciones oscilan entre un estrecho rango comprendido entre 10.5 y 14.6 cgr/año con diferencias entre ellas justificadas sobre todo con la profundidad.

Análisis de la varianza con dos factores					
Fuente de variación	SS	DF	MS	F	Sig
ESTACIÓN	22214.98	7	3173.57	67.36	0.000
PERIODO	8776.21	2	4388.1	93.14	0.000
ESTACIÓN POR PERIODO	2437.24	14	174.09	3.69	0.000
Modelo	42500	23	1847.83	39.22	0.000
Total	111665.31	1491	74.89		

Tabla 4.2.2.3.2.1. Análisis de la varianza con dos factores para la producción de rizomas.



**Figura 4.2.2.3.2.2.** Producción de rizoma por estaciones y periodos de tiempo.

Como demuestra la figura anterior, el decremento con el tiempo se ha podido constatar en la mayoría de las estaciones aunque con una repercusión diferente de unas zonas a otras.

Como ha demostrado un análisis más conspicuo de los datos, se han encontrado diferencias significativas en la producción anual de rizoma entre el tercer periodo y los dos precedentes con valores inferiores en el primero. La única excepción la encontraríamos en la estación P4 con una situación de estabilización entre periodos. Podríamos afirmar que en la actualidad esta zona de la pradera está sufriendo un proceso de recuperación traducido en un descenso de los crecimientos por un mayor grado de estabilidad sedimentaria unido a una mayor producción de biomasa de rizoma.

Las únicas diferencias entre el primer y segundo periodo las hemos encontrado en las estaciones P1, P2 y P3 donde se ha detectado un decremento progresivo de la producción de biomasa anual a lo largo del tiempo unido al decremento de crecimiento. Con posterioridad tras el análisis de la densidad de rizoma valoraremos si este decremento en biomasa es absoluto o no. Evidenciado una posible repercusión sobre la pradera del arrecife de Cabo Cope.

### Series temporales de producción de rizoma

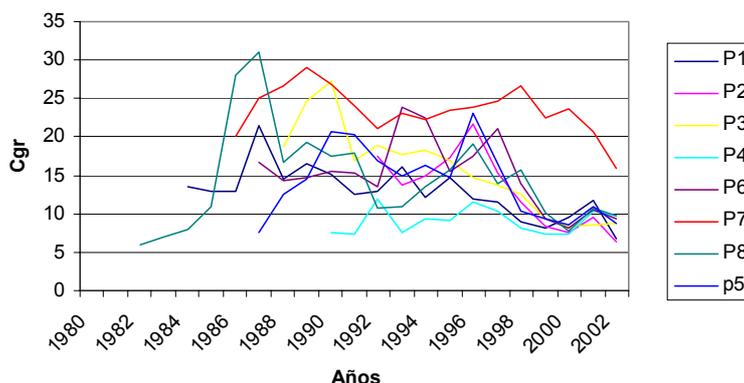


Figura 4.2.2.3.2.3. Series temporales de producción de rizoma por estaciones de muestreo.

Hay igual que con las variables anteriores se ha realizado un análisis de correlación lineal entre las estaciones y el tiempo y entre estaciones.

Se ha podido constatar una mayor grado de correlación negativa en la mayor parte de las estaciones que con respecto a las variables anteriores. De manera estadística se ha encontrado significación en las estaciones P1, P2 y P3 confirmando las afirmaciones anteriores sobre estas estaciones por periodos. También con respecto a las estaciones P6 y P7 se ha detectado este decremento progresivo con el tiempo casi significativo. En el caso de las tres primeras estaciones esta situación se correlaciona también con el decremento progresivo y significativo tanto de los crecimientos como del número de hojas, circunstancias con una incidencia directa sobre la producción de rizoma.

Si observamos el gráfico anterior podemos constatar diferentes tendencias evolutivas entre las distintas estaciones aunque con una tendencia genérica al decremento de la producción de rizoma. El mayor grado de estabilidad con ciertas oscilaciones con carácter periódico lo encontramos en las estaciones P7 y P4 que por otro lado marcan lo valores absolutos más altos y más bajos respectivamente.

En lo concerniente al resto de las estaciones, la evolución de esta variable transcurre de manera muy similar y dentro de un mismo rango de valores.

Si observamos con detenimiento el gráfico anterior podemos observar cierto grado de heterogeneidad en los primeros años de la serie con oscilaciones más o menos acusadas y sin apenas correlación entre las diferentes serie como consecuencia de la escasez de datos y posibles sobrestimaciones con la presencia de secciones de rizomas plagiotropos.

A partir de 1994 se origina una homogenización en la tendencia genérica de la mayor parte de las estaciones con un ciclo de producción de 4 o 5 años de amplitud con el máximo en el año 1996. A partir de 1999 se incrementa la correlación entre las diferentes series. Esta aparente estabilidad cíclica que experimenta las diferentes poblaciones de la pradera y que por otra parte se correlaciona con las fluctuaciones en el número de hojas se trata de una reacción motivada por el efecto de algún factor ambiental con una incidencia espacial grande.

El hecho de que se manifieste de forma similar en la mayor parte de la pradera, tanto en la zona somera como en la profunda y a partir más o menos de la fecha de colocación del arrecife artificial de Cabo Cope, nos indica que tras la colocación del arrecife artificial los cambios que experimenta la pradera se rigen exclusivamente por factores ambientales de carácter natural.

#### **4.2.2.4. Relación producción – crecimiento (P/C)**

La relación producción/crecimiento tiene una significación biológica acerca de la densidad (en espesor) que presentan las secciones de rizoma, por lo que a partir de ahora la denominaremos densidad de rizoma.

Como se ha comentado, existe una correlación positiva entre crecimiento y producción de rizoma, lo que indica que, cuando disminuye o aumenta la velocidad de crecimiento, disminuye o aumenta respectivamente la producción de rizoma, pero no siempre manteniendo la misma proporción. Se ha podido comprobar que en muchas ocasiones, cuando se producen incrementos anómalos en la velocidad de crecimiento por encima de lo habitual, la sección correspondiente de rizoma es significativamente más estrecha que otras secciones con menor crecimiento. Por el contrario crecimientos mínimos,

corresponden a secciones de rizomas con un engrosamiento mayor de lo normal. Esto indica que en situaciones de estrés, donde la tasa de sedimentación se ha visto incrementada, los rizomas invierten más energía en su alargamiento que en su engrosamiento, lo que se traduce en un descenso en la densidad de rizoma.

#### **4.2.2.4.1. Relación P/C de rizoma por profundidades**

Al igual que con el resto de las variables anteriores existe una marca diferenciación en con respecto a la profundidad pero en este caso con una tendencia inversa incrementándose con la profundidad. En este sentido, tal y como se puede apreciar en el siguiente gráfico la media anual por rizoma a -20 m de 15.1 mgr/mm ha sido significativamente superior que la estimación de 13.1 en las estaciones someras (-10 m).

La respuesta a esta diferenciación hay que atribuirla en gran parte a diferentes situaciones sedimentológicas. La velocidad de crecimiento de los rizomas depende en gran medida del grado de acreción sedimentaria sobre la pradera por lo que a incrementos en la tasa de sedimentación la planta responde incrementando su velocidad de crecimiento. Se ha demostrado que esta situación ocurre en detrimento de la relación P/C de rizoma ya que la planta invierte más energía a su elongación más que en su crecimiento en grosos y por lo tanto en la acumulación de reservas energéticas. El hecho de menores situaciones de acreción sedimentaria en condiciones normales sobre la pradera profunda potenciado por una menor producción foliar se traduce en una mayor relación P/C en los rizomas. Situaciones anómalas de estrés sedimentario sobre la pradera profunda como las derivadas de la actividad arrastrera puede invertir esta situación.

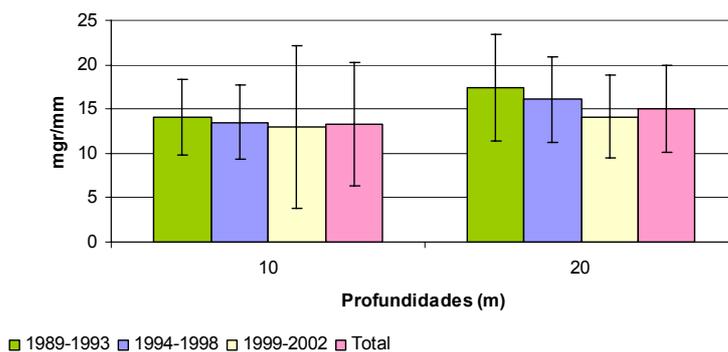


Figura 4.2.2.4.1.1. Relación P/C por profundidades y periodos de tiempo.

Esta diferenciación por profundidades se mantiene también a lo largo de los tres periodos de tiempo con valores superiores en la zona profunda. En la siguiente tabla se ofrecen los resultados del análisis de la varianza por profundidades y de donde se desprende esta diferenciación tanto por profundidades como por periodos de tiempo.

ANOVA ENTRE PROFUNDIDADES		
Periodo	F Ratio	Sig
1989-1993	10.74	0.001
1994-1998		0.000
1999-2002		0.000

ANOVA ENTRE PERIODOS				
10 m				
Media	Periodos	1989-1993	1994-1998	1999-2002
14.12	1989-1993	*	*	
13.48	1994-1998			
12.48	1999-2002			
20 m				
Media	Periodos	1989-1993	1994-1998	1999-2002
17.42	1989-1993	*	*	
16.18	1994-1998			
14.12	1999-2002			

Tabla 4.2.2.4.1.1. Análisis de la varianza con dos factores para la relación P/C de rizoma por profundidades.

Otra circunstancia que se desprende de estos resultados es que se aprecia una tendencia generalizada al decremento con el tiempo aunque únicamente sería significativa entre el último periodo y los precedentes pero en ningún caso entre estos últimos. No obstante, este hecho parece más acentuado en la zona profunda que en la somera. Debido a que esta circunstancia trasciende de la misma manera para todas las variables anteriores se descartaría que sea una situación motivada por alteraciones de tipo sedimentológico. Es

probable que un incremento de las tasas de producción foliar originen una pérdida de densidad en los rizomas.

#### 4.2.2.4.2. Relación P/C de rizoma por estaciones de muestreo

El análisis de la varianza que resume la tabla 4.2.2.4.2.1. nos indica que la relación P/C de rizoma de *Posidonia* es una variable que presenta diferencias significativas tanto por estaciones de muestreo sobre la media total como por periodos de tiempo. Las medias estimadas para cada caso se muestran en la siguiente figura.

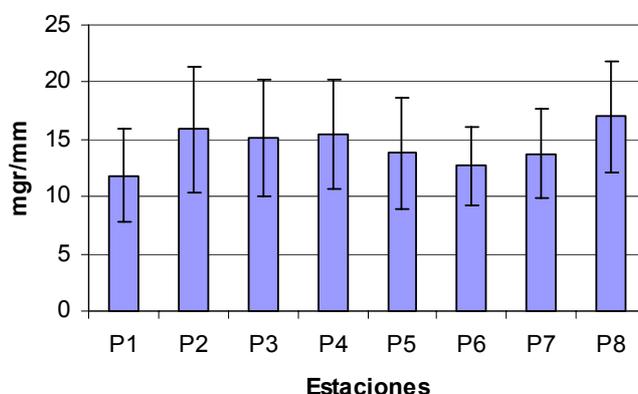


Figura 4.2.2.4.2.1. Relación P/C por estaciones de muestreo.

Como se desprende de su análisis la principal diferenciación se origina en función de la profundidad con mayores estimaciones en las estaciones profundas. En la estación P3 se ha detectado un valor próximo al estimado para las estaciones P4 y P2 aunque el análisis estadístico ha segregado estas estaciones.

El máximo obtenido corresponde a la estación P8 con un valor de 17 mgr/mm mientras que el mínimo correspondería a la P1 con un valor de 11.8. Resulta interesante los valores estimados para la estación P8. En esta estación se ha obtenido el valor máximo de P/C coincidiendo con uno de los valores más bajos de crecimiento y que resulta significativamente diferente al resto de las estaciones profundas. Esta situación corresponde a la respuesta natural de una pradera profunda en óptimo estado de conservación con un crecimiento moderado, una producción de rizoma muy elevada y una situación de estabilidad sedimentaria en las proximidades del límite inferior de la

pradera. La situación en la estación P7 pese a localizarse sobre una pradera en buen estado de conservación los valores estimados para estas variables nos indican que existen alteraciones de tipo sedimentológico en la zona que originan alteraciones en la tasa de crecimiento del rizoma. Este hecho respondería al caso contrario de la estación anterior. Como se ha podido comprobar en esta estación coincide el máximo estimado de crecimiento con uno de los valores más bajos de densidad.

Análisis de la varianza con dos factores					
Fuente de variación	SS	DF	MS	F	Sig
ESTACIÓN	1892.15	7	270.03	14.99	0.000
PERIODO	755.18	2	377.59	20.94	0.000
ESTACIÓN POR PERIODO	1034.68	14	73.91	4.1	0.000
Modelo	4731.58	23	205.72	11.41	0.000
Total	25705.49	1186	21.67		

Tabla 4.2.2.4.2.1. Análisis de la varianza con dos factores para la relación P/C de rizoma.

En la siguiente figura se ofrecen los resultados correspondientes a los datos por periodos de tiempo que como se puede apreciar muestran una variabilidad muy amplia entre estaciones de muestreo.

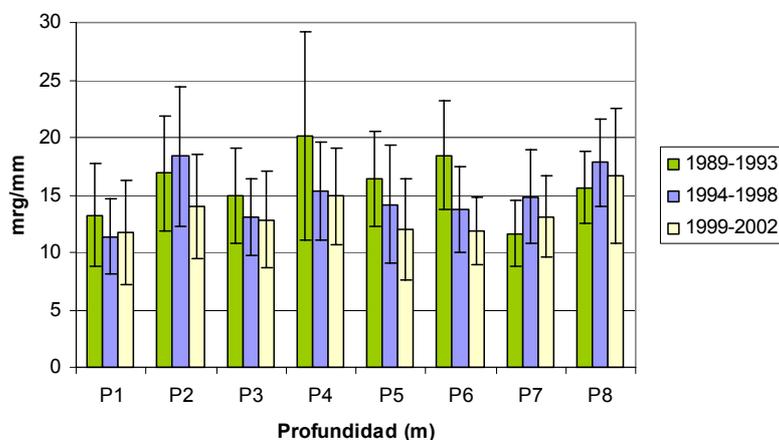


Figura 4.2.2.4.2.2. Relación P/C por estaciones y periodos de tiempo.

En una primera aproximación nos encontraríamos con la evolución detectada en las estaciones P1, P3 y P8 donde no se han encontrado diferencias significativas entre los diferentes periodos aunque en los dos primeros casos se intuye un decremento entre el primer y tercer periodo. En el caso de la estación P8 ocurriría la situación inversa aunque también sin significación estadística. En los dos primeros casos esta aparente estabilidad coincide con un decremento progresivo y significativo sobre todo en el

tercer periodo por lo que esta circunstancia parece ser motivada por un mayor grado de estabilidad en la pradera tras la colocación del arrecife artificial. Para la estación P8 este hecho es más acentuado sobretodo entre el segundo y tercer periodo donde se origina un decremento en el crecimiento unido a un incremento de la densidad como respuesta a la estabilidad sedimentaria conferida por la colocación de la segunda fase del arrecife tras el cese del arrastre en las proximidades de la pradera.

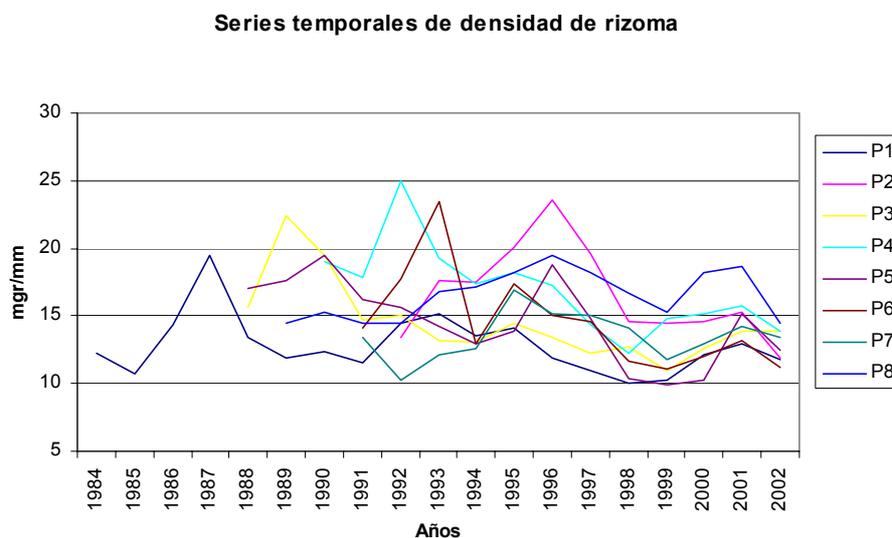
En la estación P7 ocurriría una situación similar con el incremento progresivo de la densidad. En las estaciones P5 y P6 se aprecian diferencias significativas en el último periodo con respecto a los anteriores con una situación de estabilización de las densidades frente a un decremento de los crecimientos. La fluctuación apreciada entre el primer y segundo periodo responde a una situación de inestabilidad sedimentaria en esta zona de la pradera con incrementos del crecimiento de rizoma unido a descensos en la densidad de los mismos. Hay que recordar que esta zona de pradera fue la que más intensamente sufrió el desarrollo de la actividad arrastrera tras la colocación del arrecife artificial de Cabo Cope que originó un desplazamiento y concentración de los lances sobre la mitad norte de la bahía y en concreto sobre esta zona por su mayor accesibilidad.

Como última aproximación a este estudio hemos analizado las serie temporales de densidad de rizoma para cada una de las estaciones de muestreo y cuya representación se observa en la figura 4.2.2.4.2.3.

El resultado del análisis correlacional de las diferentes estaciones con el tiempo resultado nos indica la existencia de correlaciones negativas en las series de las estaciones P6, P5, P3, y P4. En el caso de la estación P4 el decremento significativo de la densidad se correlaciona con el incremento de la tasa de crecimiento evidenciado una posible situación de inestabilidad y/o regresión de la pradera en esta zona. Muchos autores defienden la idea de que tras el cese de la actividad arrastrera sobre una pradera de *Posidonia*, ésta todavía manifiesta síntomas de regresión durante algún tiempo hasta que se termina de estabilizarse la situación sedimentológica de la zona. Con respecto a las otras estaciones mencionadas el decremento de la densidad se correlaciona a su vez con decrementos en el crecimiento de rizoma.

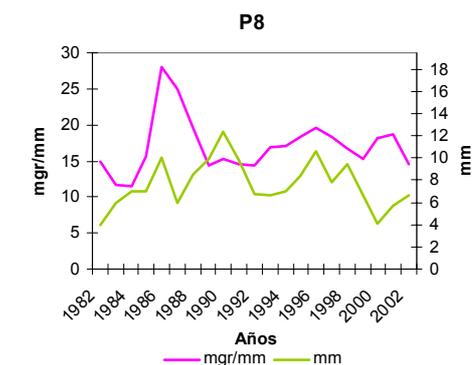
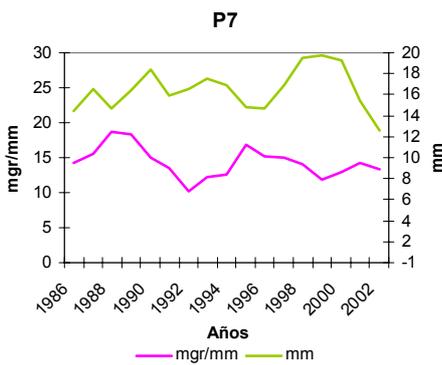
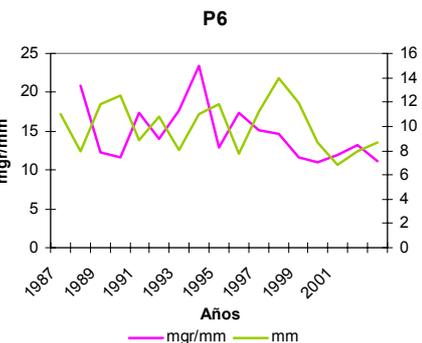
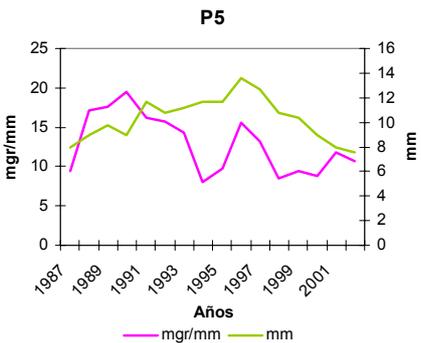
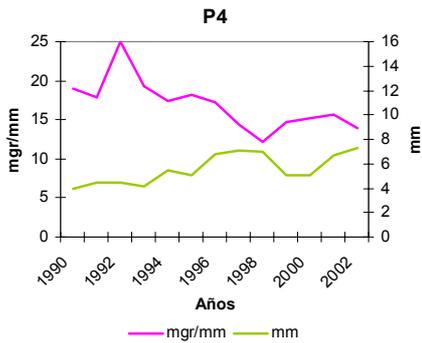
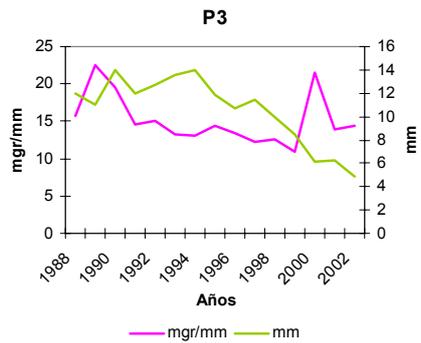
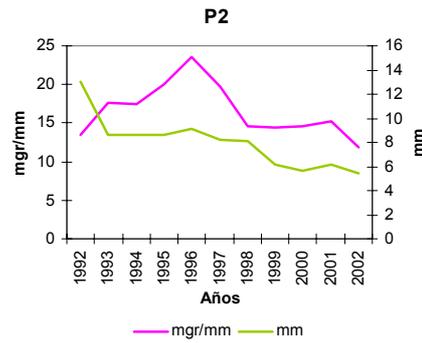
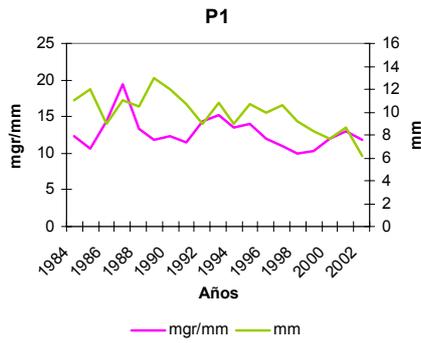
El análisis evolutivo nos demuestra una homogenización de la evolución de la densidad a partir de 1994 de similares características a la identificada para la producción de rizoma y la producción de hojas. A partir de 1999 el grado de similitud es mucho mayor entre las diferentes estaciones con fluctuaciones derivadas de condicionantes ambientales.

Al igual que lo comentado con anterioridad para el resto de las variables, las fluctuaciones genéricas de carácter ambiental detectadas sobre todo a lo largo de los últimos 5 años que se perciben independientemente de la profundidad y el estado de conservación de la pradera en cada caso, aluden a una posible repercusión de la colocación del arrecife artificial sobre la vitalidad de la pradera y que en años anteriores a la conclusión del arrecife artificial no se había notado.



**Figura 4.2.2.4.2.3.** Series temporales de densidad de rizoma por estaciones de muestreo.

Para identificar e interpretar esta variabilidad temporal hemos realizado un análisis comparativo de las series temporales de crecimiento y densidad de rizoma para cada una de las estaciones de muestreo. Este análisis nos permite aclarar las observaciones puestas de manifiesto con anterioridad. Los resultados se muestran en las figuras siguientes. Las divergencias en la evolución de ambas series estarían fundamentadas en respuestas a alteraciones de tipo sedimentológico.

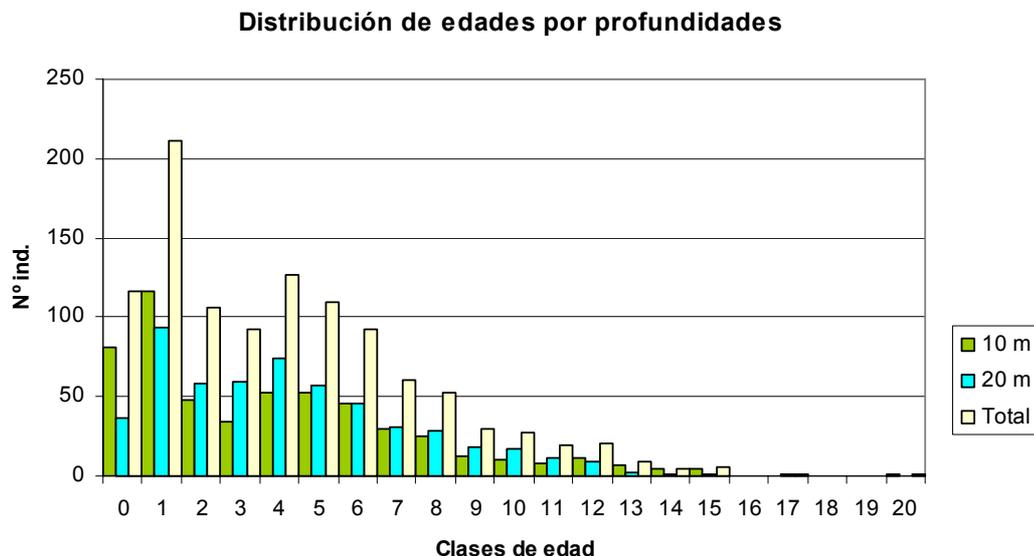


### 4.2.3. Análisis demográfico de la pradera de *Posidonia*

En el presente apartado se ofrecen los resultados correspondientes al estudio demográfico de la población de haces de *Posidonia* para las 8 estaciones de muestreo establecidas en la metodología.

#### 4.2.3.1. Distribución de clases de edad

La primera aproximación al estudio demográfico es la obtención del histograma de frecuencias por clase de edad para cada una de las estaciones analizadas. Esta distribución de edades nos permitirá la caracterización de la dinámica poblacional en distintas zonas de la pradera teniendo en cuenta tanto variaciones con respecto a la profundidad como los distintos estados de conservación que presenta. La disposición de las diferentes estaciones respecto a la ubicación de los arrecifes artificiales nos permitirá evaluar la evolución de las poblaciones en función del grado de protección que han disfrutado en los últimos años. Los resultados se muestran en las figuras que se ofrecen en los gráficos siguientes.



**Figura 4.2.3.1.1.** Distribución de clases de edad por profundidades y para el total de la población. Edad expresada en años.

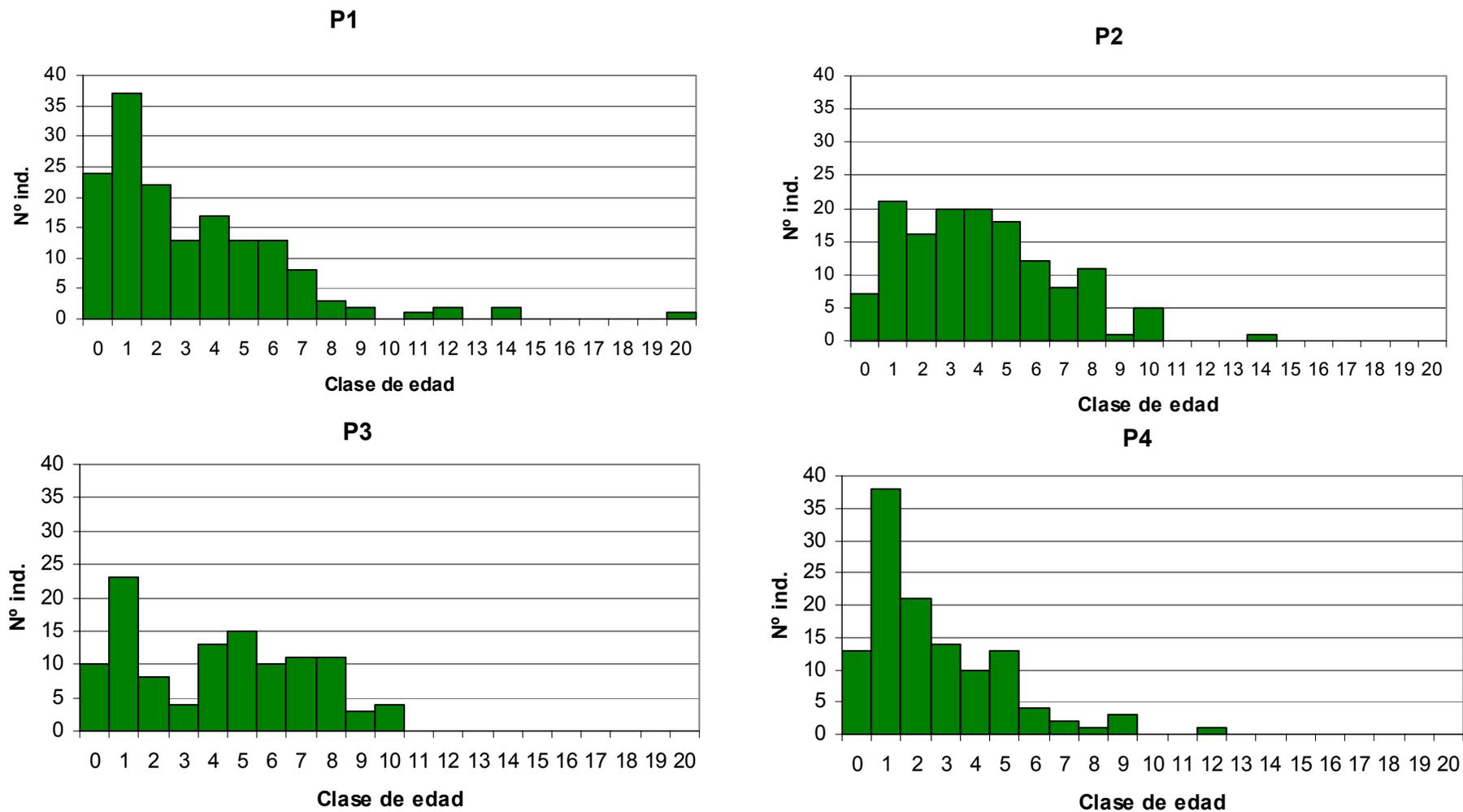
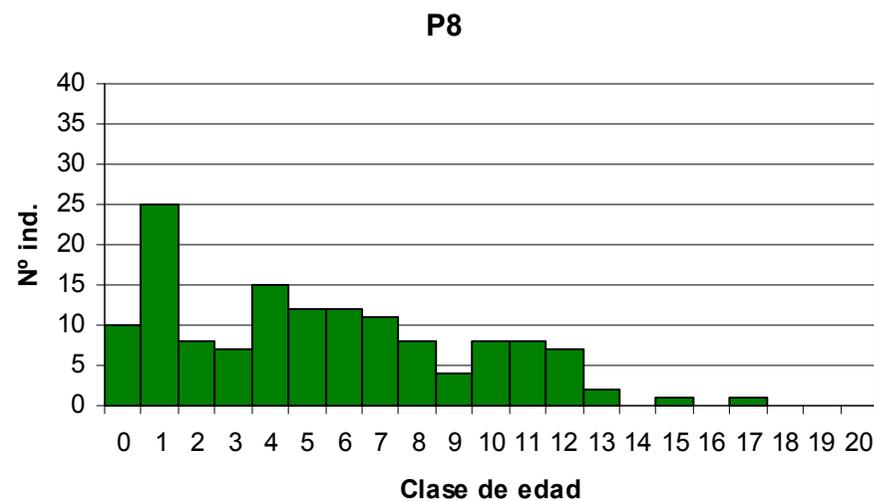
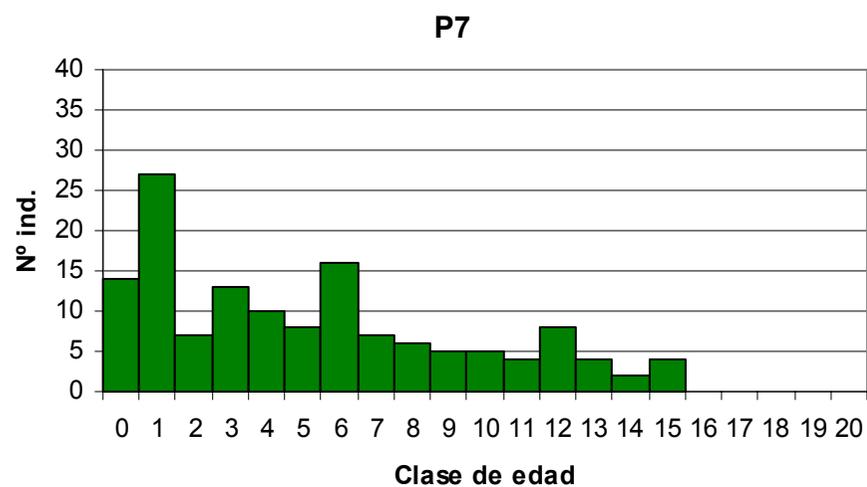
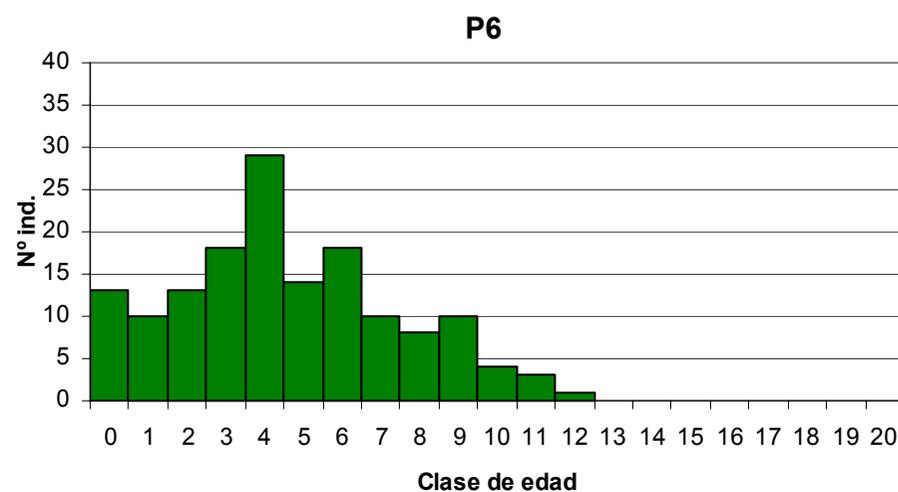
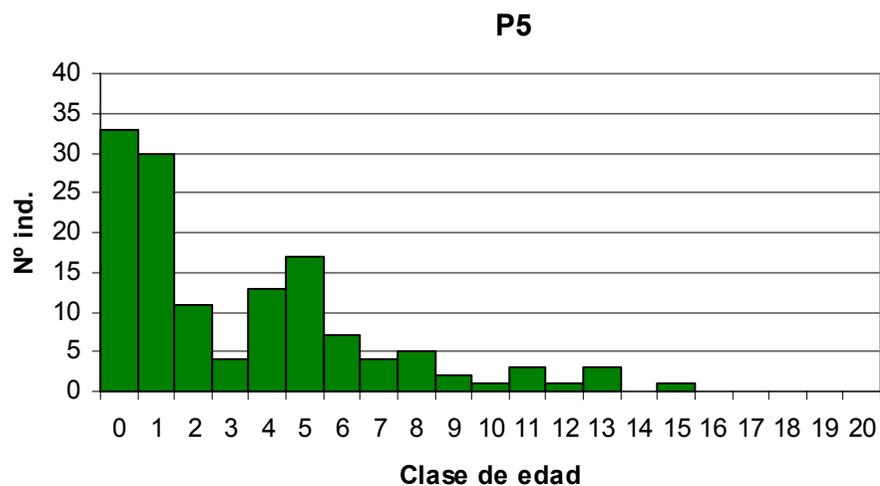


Figura 4.2.3.1.2. Distribución de clases de edad obtenida para las estaciones P1, P2, P3 y P4. Edad expresada en años.



**Figura 4.2.3.1.3.** Distribución de clases de edad obtenida para las estaciones P5, P6, P7 y P8. Edad expresada en años.

Como se puede apreciar en la figura 4.2.3.1.1. el histograma de frecuencias por clases de edad para el total de la población de haces de la pradera presenta una distribución típica en forma de campana desplazada hacia la izquierda o lo que es lo mismo compensada hacia las clases de edad más recientes. Esta disposición respondería a una dinámica poblacional típica con una incorporación cuantiosa de nuevos individuos y un progresivo decremento en función del tiempo asociado a la mortalidad de haces con la edad o a los diferentes factores que condicionan la longevidad de los rizomas. Este decremento de la población con la edad responde a un decremento exponencial ajustado a la siguiente fórmula

$$N_t = N_0 e^{-Mt}$$

donde M correspondería a la tasa de mortalidad que justifica la dinámica poblacional en cada caso.

Como se puede apreciar en el gráfico, frente a la morfología genérica esperable de distribución por clases de edad con forma acampanada se ha detectado una anomalía con respecto a las abundancias correspondientes a las clases de edad de 2 y 3 años que nos aportarían una distribución con dos modas para las clases de 1 y 4 años. Esta circunstancia también se ha detectado analizando los resultados por profundidades tanto a -10 m como a -20 m aunque con menor repercusión en este segundo caso.

Descartamos la posibilidad de que esta particularidad sea motivada por un mayor grado de mortalidad reciente que afecte en mayor medida a esta subpoblación de la pradera ya que al tratarse de poblaciones inmóviles, de existir algún factor externo que origine una mayor tasa de mortalidad repercutiría de manera parecida sobre la totalidad de las clases de edad que conforma la población de la pradera. Por este motivo todo parece indicar que esta anomalía responde a una anomalía en el reclutamiento de nuevos haces en los años 2000 y 2001 derivado de un decremento irregular de la tasa de división de nuevos haces o de una tasa de mortalidad muy alta sobre esta población que impidió el desarrollo de nuevos haces en condiciones óptimas. Si analizamos los resultados por profundidades podemos comprobar que esta circunstancia ha tenido más repercusión sobre la pradera somera que sobre la profunda por lo que muy probablemente su causa se derive de acontecimientos hidrodinámicos singulares que afectan en mayor medida a

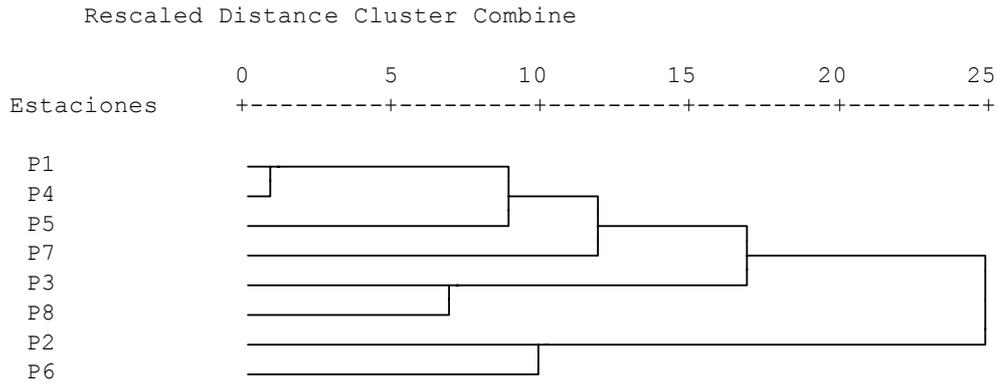
las zonas someras. Hay que recordar la ocurrencia de temporales de gran envergadura durante estos años, sobre todo en el año 2001 con especial repercusión sobre las costas murcianas.

Si comparamos las distribuciones de edades por profundidades podemos observar una mayor frecuencia de edades en las primeras clases de edad en la zona más someras de la pradera que responde a una mayor tasa de reclutamiento de nuevos haces en comparación con las zonas más profundas. Las mejores condiciones de disponibilidad lumínica en la zona más somera son la principal causa de este mayor grado de reclutamiento. Con posterioridad en el análisis de los parámetros demográficos ahondaremos sobre esta situación.

Hasta ahora hemos realizados una primera aproximación a la distribución de edades para el total de la pradera y por profundidades pero la situación poblacional de la pradera es mucho más compleja y heterogénea presentando una mayor variabilidad en cuando a la dinámica poblacional y a su adaptabilidad a la incidencia de diferentes factores y al grado de conservación que presenta la pradera.

Para facilitar la discriminación entre las diferentes estaciones en función de su distribución por clases de edad hemos realizado un análisis jerárquico mediante la aplicación del coeficiente de correlación de *Pearson* y cuyo resultado se presenta en el siguiente dendrograma representado en la figura 4.2.3.1.4.

Si comparamos los gráficos correspondientes a las figuras 4.2.3.1.2. y 4.2.3.1.3. donde se muestran las distribuciones de edades por estaciones de muestreo, podemos justificar las diferentes agrupaciones que nos muestra el análisis de correlación.



**Figura 4.2.3.1.4.** Resultado del análisis jerárquico por frecuencia de clases de edad entre las diferentes estaciones.

Como se desprende de la figura anterior existiría una primera discriminación entre las características poblacionales de las diferentes estaciones que agruparía por un lado a las estaciones P2 y P6 y por otro lado al resto.

Si observamos sus respectivos histogramas de distribución de edades podemos apreciar una diferencia sustancial con el resto y que se caracteriza por un mayor grado de simetría en la distribución con una moda desplazada hacia las clases de edad media. En el caso de la estación P6 sería más acusado esta característica con un incremento progresivo de las frecuencias desde la edad 1 hasta la edad 4 donde se presenta la moda. Como se ha comentado con anterioridad, esta anomalía en las primeras clases de edad sobre todo en lo concerniente a las clases de 2 o 3 años se mostrará de forma generalizada en la mayor parte de las estaciones. Ambos casos corresponderían a la pradera profunda y por lo tanto sujeta a una mayor perturbación a consecuencia de la pesca de arrastre en su momento y en cuya estructura demográfica se podría notar todavía sus consecuencias como veremos con posterioridad.

En lo referente al resto de las estaciones también se han detectado subagrupaciones con respecto a la similitud de las correspondientes distribuciones de edad. En este sentido encontraríamos la población de las estaciones P3 y P8 con unas características netamente diferentes al resto de las estaciones. En ambos casos nos encontraríamos con una distribución de edades muy homogénea a lo largo de todas las clases con una moda muy grande correspondiente a la edad 1 y por consiguiente al reclutamiento de haces del año anterior. En ambos casos se detecta también las anomalías de las clases 2 y 3, sobre todo en la estación más somera. Como se puede apreciar sobre todo en las clases de

edad más elevada apenas se detecta el decremento en las frecuencias con la edad y que se relacionaría con la tasa de mortalidad. Esta circunstancia es más llamativa en la estación P8. Hay que tener presente que esta estación se encuentra situada hacia el extremo de Calnegre, en el entorno de una pradera en óptimo estado de conservación y preservada de la degradación directa por causa de la pesca de arrastre con anterioridad a la colocación de los arrecifes artificiales debido a la complicada orografía de la zona. La homogeneidad en las frecuencias de edad en esta estación donde la mortalidad aparentemente se debe a causas exclusivamente naturales, no indica que la mortalidad de haces no estaría directamente asociada a la edad de los rizomas sino a la ocurrencia de otro tipo de factores como puede ser el caso del advenimiento de grandes temporales que originan el arrancamiento generalizado de haces independientemente de la edad de los mismos.

La estación P7 presentaría unas características similares a las dos estaciones anteriores, no en vano su localización se sitúa en las proximidades de la estación P8.

A un siguiente nivel de agrupación tendríamos las poblaciones correspondientes a las estaciones P1 y P4 con un decremento progresivo y acusado con la edad asociado a una alta tasa de mortalidad sobre todo en el caso de la estación P4 situada a mayor profundidad y en la zona más degradada de toda la pradera.

Por último la población asociada a la estación P5 se definiría con unas características intermedias entre la estación P1 y P7. En este caso la moda la encontraríamos en el año en curso denotando un importante reclutamiento con respecto a las otras estaciones. Su ubicación geográfica se situaría en la parte central y somera de la bahía que reúne unas características más idóneas para fomentar el reclutamiento de nuevos haces. La anomalía de los años 2 y 3 es notablemente más acusada en esta estación que en el resto como respuesta a una menor tasa de reclutamiento de haces en los respectivos años o a una alta tasa de mortalidad de las nuevas incorporaciones de haces.

#### 4.2.3.2. Estimación de parámetros demográficos de la pradera

Como segunda aproximación al análisis demográfico de la pradera de *Posidonia* objeto de nuestro estudio, y a partir de la distribución de edades hemos caracterizado la estructura poblacional de la pradera de *Posidonia* tanto desde el punto de vista demográfico como evolutivo. Para ello se han estimado una serie de parámetros descriptivos de la población como son la edad media, moda y máxima de los rizomas, así como otra serie de parámetros de estimación indirecta a partir de la distribución de clases de edad obtenida para cada muestreo como son las tasas de reclutamiento y de mortalidad de haces y el balance demográfico. Este último nos establecerá una relación entre estos dos últimos parámetros y con una significación a cerca del estado evolutivo, desde el punto de vista poblacional, en el que se encuentra en la actualidad la pradera bajo las condiciones medioambientales actuales.

Los resultados obtenidos para cada unas de las estaciones de muestreo se muestran en la tabla 4.2.3.2.1. así como los resultados para el total de la pradera y por profundidades (-10 y -20 metros).

Parámetros demográficos	Estaciones de muestreo								10 m	20 m	Total
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
Edad media de haces	3.2	4.1	4.2	2.6	3.2	4.6	5.2	5.6	3.94	4.27	4.10
Edad moda de haces	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	1
Edad máxima de haces	20	14	10	12	15	12	15	17	20	17	20
Tasa de reclutamiento	0.16	0.05	0.09	0.11	0.28	0.09	0.11	0.21	0.16	0.07	0.11
Tasa de mortalidad	0.21	0.25	0.11	0.35	0.22	0.35	0.12	0.16	0.23	0.32	0.29
Tasa neta de reclutamiento	-0.04	-0.20	-0.02	-0.23	0.06	-0.26	-0.01	0.05	-0.07	-0.25	-0.18
Balance demográfico	0.79	0.20	0.84	0.33	1.27	0.26	0.91	1.29	0.71	0.22	0.39

**Tabla 4.2.3.2.1.** Parámetros demográficos por estaciones de muestreo.

##### *Edad máxima de rizomas*

Este parámetro nos va a ofrecer una estimación a cerca de la longevidad que presenta la pradera y el grado de alteración que ha venido sufriendo la pradera bien por causas naturales o antrópicas. Debido a que la mortalidad de haces no está estrictamente relacionada con la edad de los rizomas sino con la incidencia de factores externos a la pradera, la presencia estable de una subpoblación de haces de elevada edad se revelará como un indicativo de la estabilidad de la pradera.

Si valoramos los resultados por estaciones podemos apreciar que existe una variabilidad muy alta en lo concerniente a las estaciones profundas con un máximo en la estación P8 mientras que el resto presentan una edad máxima inferior a 14 años.

Hay que recordar que la pradera asociada a esta estación de muestreo se encuentra en buen estado de conservación sin evidencia alguna de degradación por la pesca de arrastre, al contrario de las otras dos estaciones donde la degradación, aunque no de manera reciente, es muy evidente, principalmente en las estaciones P4 y P6. En este último caso la degradación por la pesca de arrastre ha sido más reciente debido a que esta parte de la pradera no gozaba de protección arrecifal hasta 1998 cuando se fondeó la segunda fase del arrecife.

#### *Edad media de haces*

En cuanto a la edad media de haces se ha estimado un valor ligeramente inferior en las zonas someras de la pradera de 3.9 años frente a los 4.3 estimados para las zonas más profundas. Esta circunstancia se fundamenta en la mayor abundancia de las subpoblaciones más jóvenes gracias a la mayor tasa de reclutamiento en las zonas someras con respecto a las zonas profundas.

Por estaciones de muestreo se han detectado los valores máximos en las estaciones P7 y P8 localizadas hacia el extremo de Calnegre con valores de 5.2 y 5.6 años respectivamente. Debido a la presencia de gran cantidad de haces de edad alta que contribuyen a minimizar la estimación de la tasa de mortalidad.

Por el contrario las estimaciones más bajas respecto a la edad media se han obtenido en la estación P4 con una media de edad de 2.6 años. Se trata de una población muy rejuvenecida a consecuencia de la alta tasa de mortalidad. En esta estación confluyen dos circunstancias que contribuyen a acrecentar las diferencias con respecto a las otras estaciones. Por una parte se encuentra a una profundidad ligeramente superior con respecto a las otras estaciones profundas y por otro lado se trata de la zona central de la bahía que fue la que en su momento sufrió con mayor intensidad la presión de la pesca de arrastre.

### *Edad moda*

En cuanto a la edad moda de la población no existen diferencias derivadas de la profundidad con una moda en ambos casos correspondiente a la fracción de 1 año de edad y que corresponde a la población de reclutamientos del año anterior.

Por estaciones de muestreo tampoco se han encontrado diferencias relevantes con una predominancia de la clase de edad de 1 año salvo en el caso de la estación P5 con una moda desplazada hacia la fracción de la población con una edad inferior al año y en el caso de la estación P6 con una moda en la clase de edad de 4 años. En el primero caso esta circunstancia responde más a un incremento de los reclutamientos del año en curso, probablemente por una situación de mayor estabilidad ambiental, mientras que en el segundo caso la moda en la edad 4 nos indicaría un déficit en los reclutamientos de los dos últimos años.

### *Tasa de reclutamiento*

La existencia de una moda tan pequeña en la mayor parte de las estaciones de muestreo puede ser la respuesta de la existencia de un reclutamiento importante de nuevos haces ya sea por una tasa de división de haces alta y/o por una tasa de germinación de nuevos propágulos alta.

Aunque los resultados anteriores ya desvelan una diferenciación en los reclutamientos de nuevos haces entre distintas zonas de la pradera, el análisis de la tasa de reclutamiento definida en la metodología como la relación entre la incorporación de nuevos haces en el año en curso y el resto de la población nos ha permitido confirmar que la primera diferenciación está influenciada por la profundidad. Tal y como se recoge en la tabla anterior la tasa de reclutamiento de nuevos haces es notablemente superior en la pradera somera (0.16) que en la profunda (0.07). Esta tendencia responde a una situación de adaptabilidad genérica de esta fanerógama y que podríamos encontrar en la mayoría de las praderas en ausencia de otro tipo de perturbaciones que puedan alterar su equilibrio poblacional.

Parece más que probado que esta circunstancia está íntimamente relacionada con la mayor disponibilidad de luz y por lo tanto mayor actividad fotosintética de la planta y de la pradera en general que favorece sobre todo el incremento de la tasa de división de haces sobre todo en primavera y verano con los mayores valores de radiación solar. Las significativas diferencias con respecto a la densidad de haces que presentan sendas praderas nos confirman este hecho.

Asumiendo el hecho de la diferenciación con respecto a la profundidad existe cierto grado de variabilidad de unas estaciones a otras en función de su localización en el entorno de la pradera. Si nos centramos en la zona somera, a parte de valores absolutos más elevados que en la zona profunda se ha detectado el máximo de reclutamiento en la estación P5 con un valor de 0.28. Esta estación se encuentra localizada en la parte central de la bahía donde las condiciones de estabilidad ambiental (hidrodinámicas, sedimentarias, lumínicas) son más propicias y moderadas que hacia los extremos de la bahía, lo cual favorece el reclutamiento de nuevos haces.

Con respecto a las estaciones profundas la variabilidad observada en función de la tasa de reclutamiento es mucho más elevada oscilando desde la estimación de 0.21 detectada en la estación P8 hasta el valor de 0.05 de la estación P2. Aparentemente existe un incremento de los reclutamientos de sur a norte de la bahía y que está relacionada proporcionalmente con el estado de conservación de la pradera. Hacia el extremo de Calnegre, donde la pradera profunda presenta su óptimo estado de conservación se ha detectado los valores máximos de reclutamiento de nuevos haces e incluso al nivel de las zonas someras de la pradera.

Parece que las variaciones en las tasas de reclutamiento pueden estar relacionadas más con el estado estructural de la pradera en la actualidad (densidad, cobertura, etc) que con la atenuación del efecto de la pesca de arrastre al margen de la influencia de otro tipo de factores ambientales con una incidencia desigual entre distintas parte de la bahía como puede ser el grado de turbidez del agua.

### *Tasa de mortalidad*

En lo concerniente a la tasa de mortalidad, que como se apuntó con anterioridad se extrae del decremento exponencial de la población de haces vivos, las diferencias son mucho más acusadas entre la pradera sin alterar y las praderas alteradas e indirectamente en función de la profundidad. Como se puede apreciar en la tabla 4.2.3.2.1. la tasa de mortalidad es más elevada en la zona profunda que en la somera de manera significativa al contrario de lo que ocurría con los reclutamientos.

Si analizamos los resultados por profundidades, donde se aprecia sobre todo una variabilidad muy alta en la zona profunda, todo parece indicar que la tasa de mortalidad estaría relacionada con el grado de conservación que presenta la pradera. La tasa más baja la encontraríamos en el extremo de Calnegre con valores similares a las zonas someras mientras que en el resto de las estaciones profundas, con claros síntomas de degradación por la pesca de arrastre, la tasa es notablemente inferior que las zonas mejor conservadas.

Estas valoraciones nos indican que la pesca de arrastre es un tipo de impacto que condiciona en gran medida la dinámica poblacional de las praderas profundas incrementando la mortalidad de haces. En ausencia de este tipo de actividad, como en el caso de la estación P8, la mortalidad decrece con presencia importante de individuos de edad avanzada.

Ha transcurrido poco tiempo desde el cese de esta actividad arrastrera en la zona, apenas 10 años de la colocación del primer arrecife y 5 del segundo por lo que la tasa de mortalidad sigue siendo elevada. Hay que tener presente que la tasa de mortalidad no es una estimación del grado de mortalidad de la pradera en la actualidad sino que es el reflejo de la mortalidad de la pradera a lo largo de las últimas dos décadas. Por ello, este no es un parámetro que experimente variaciones inmediatas ni a corto plazo tras el cese de la principal fuente de degradación (la pesca de arrastre). Hay que tener presente que las tasas bajas están relacionadas con una subpoblación importante de individuos longevos.

Como se ha comentado con anterioridad en el apartado de metodología, la relación entre las tasas de reclutamiento y de mortalidad (R/M) es un indicador más que apropiado para aproximarnos al estado evolutivo actual de la pradera estableciendo una valoración que nos indica si la pradera se encuentra actualmente en proceso de expansión o regresión dependiendo de si el índice es mayor o menor que 1 (Duarte & Sand-Jensen 1990).

Atendiendo a estos criterios se han obtenido los balances que se muestran en la tabla 4.2.3.2.1. Como se desprende de estos resultados, considerando el total de la pradera podemos decir que el valor de 0.39 es indicativo de un estadio de regresión media-alta aunque con una incidencia desigual dependiendo de la zona en cuestión. La primera diferenciación la encontramos por profundidades donde se ha estimado un valor de balance demográfico de 0.71 para la pradera somera y de 0.216 para la pradera profunda. Como se puede deducir el estado evolutivo de la población difiere mucho con la profundidad, circunstancia relacionada directamente con el estado de conservación que presenta.

No obstante el aspecto regresivo lo encontramos en ambas profundidades aunque en la zona somera con una escasa repercusión presentado un estado de regresión baja.

Al margen de esta diferenciación por profundidades y teniendo en cuenta que en el balance demográfico es más determinante el grado de alteración que presenta la pradera se han detectado diferentes situaciones poblacionales dependiendo de la zona de pradera.

En este sentido se ha detectado algunas zonas de la pradera donde el balance demográfico es superior a 1 lo que se traduce en un contexto de expansión de la pradera. Esta situación la hemos localizado en el entorno de las estaciones P8 y P5, mientras que en el entorno de la estación P7 se ha detectado una situación de estacionamiento del balance demográfico. Estos valores nos indican por una parte que las zonas en situación de expansión o estabilización se encuentran poco o nada afectadas por la pesca de arrastre y por otra parte que esta circunstancia concurre independientemente de la profundidad ya que precisamente la mayor tasa de expansión se ha determinado en la estación P8 situada en la zona profunda de la pradera.

El balance demográfico más bajo se ha detectado en la zona central y profunda de la bahía (estaciones P6 y P4) coincidiendo con la zona de pradera que en su momento sufrió con mayor intensidad el impacto de la pesca de arrastre.

En el resto de las estaciones someras localizadas en la mitad sur de la bahía se ha detectado una ligera regresión con valores del bance superiores a 0.8 y determinado por la alta tasa de reclutamiento fundamentalmente. En ausencia de otro tipo de perturbaciones en la zona podemos decir que la regresión observada en esta parte de la pradera puede responder a una regresión de tipo climático y con un componente geográfico importante dentro del ámbito de la bahía por lo que puede derivarse de acontecimiento derivados de la exposición hidrodinámica e indirectamente por episodios de turbidez del agua.

A partir de los valores del balance demográfico estimado para la totalidad de las estaciones y gracias a la sistematización aplicada en los muestreos hemos extrapolado estos datos al resto de la pradera mediante la utilización de técnicas de interpolación estocástica de datos que nos permiten componer líneas georreferenciadas con igual valor de balance demográfico. El resultado se puede apreciar en la figura 4.2.3.2.1. de la página siguiente donde aparece caracterizada la superficie de pradera de *Posidonia* en función de su estado evolutivo-poblacional que presenta en la actualidad. Para facilitar la interpretación de los resultados hemos agrupado los resultados en tres categorías definidas por los siguientes intervalos de balance demográfico:

0-0.45	Regresión alta
0.45-0.95	Regresión baja
>0.95	Expansión

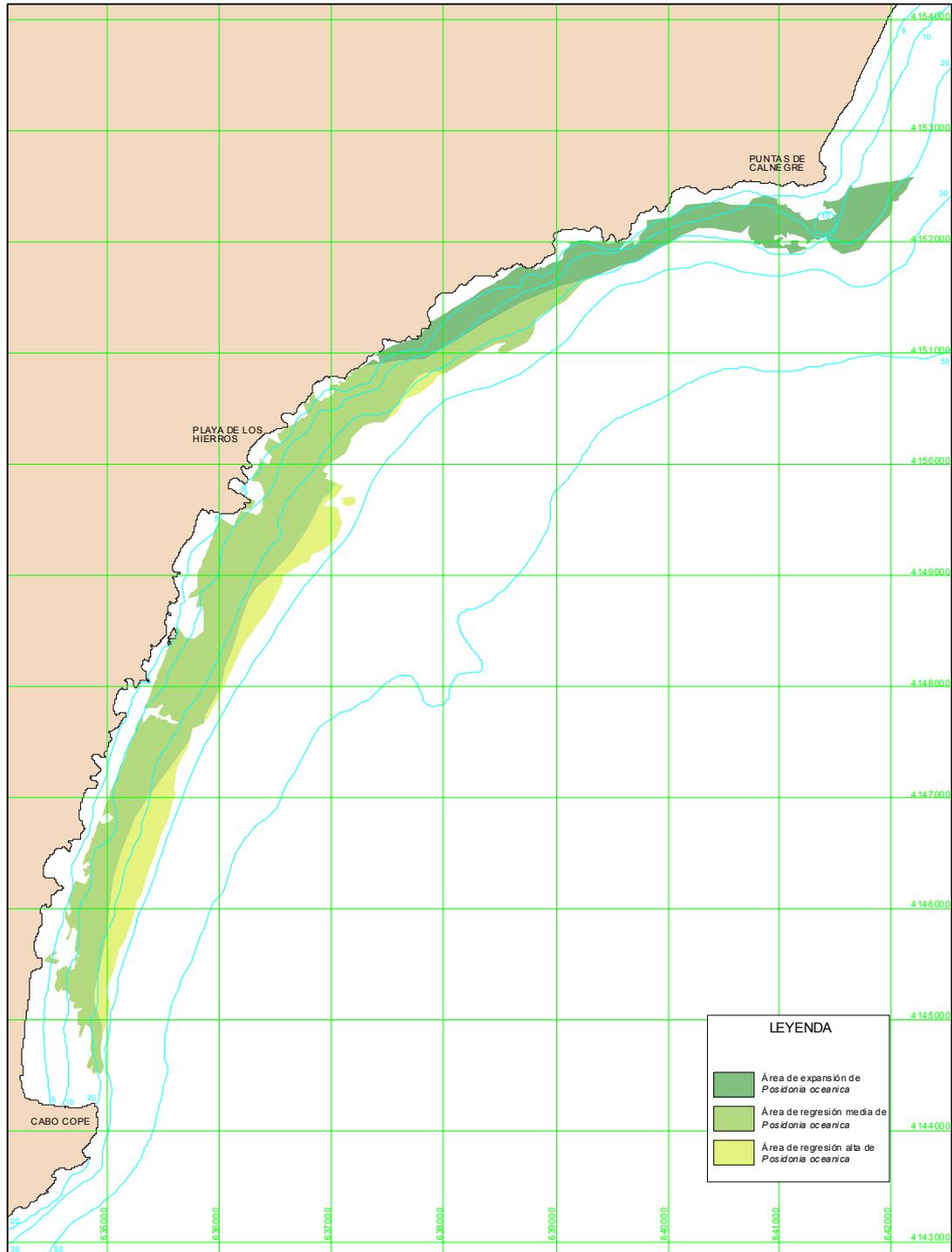


Figura 4.2.3.2.1. Caracterización de la situación poblacional de la pradera en la actualidad.

Para poder predecir y comparar el futuro desarrollo de la pradera se ha calculado la tasa neta de reclutamiento que responde a la diferencia entre el reclutamiento y la mortalidad. En respuesta a las consideraciones anteriores, en este caso un balance negativo indicaría una situación de regresión en la pradera con una previsión de descenso de la densidad de haces en el futuro y por el contrario un balance positivo nos apuntaría un estado de expansión que se traduciría en el futuro en un incremento de la densidad de haces.

Para hacer más tangibles estos datos se han aplicado las tasas estimadas para expresar los resultados en forma de variaciones en la densidad del número de haces con el tiempo. Para ello, a partir de estas tasas netas de reclutamiento y aplicando la función de decremento exponencial de la población se ha realizado una predicción sobre el tiempo necesario para que, manteniéndose las mismas condiciones actuales, la densidad de haces se reduzca al 50%. Los resultados se ofrecen en la tabla que se muestra a continuación:

<b>Estación</b>	<b>Rnet</b>	<b>Años</b>
<i>P1</i>	-0.04	16
<i>P2</i>	-0.20	3.5
<i>P3</i>	-0.2	37.3
<i>P4</i>	-0.23	3
<i>P5</i>	0.06	<b>11.6</b>
<i>P6</i>	-0.26	2.6
<i>P7</i>	-0.01	64.9
<i>P8</i>	0.05	<b>14.7</b>
<i>-10 m</i>	-0.07	39.4
<i>-20 m</i>	-0.2	3
<i>Total</i>	-0.18	21.2

**Tabla 4.2.3.2.2.** Previsión de tiempo para una variación de la densidad del 50%.

Los valores resaltados en **rojo** corresponderían a variaciones positivas de la predicción fruto de la estimación de tasas positivas de la tasa de reclutamiento neta para las estaciones P5 y P8. En este sentido los valores corresponderían a la predicción necesaria en años para que la población de haces (densidad de haces) se duplique con respecto a la situación actual de la pradera y bajo las condiciones ambientales que rigen en estos momentos. Como se desprende de estos resultados en las zonas mejor conservadas de la pradera y donde se han detectado síntomas de expansión serán necesarios de 11 a 15

años para que la densidad de haces se duplique tanto en la zona somera como en la profunda.

Para el resto de las estaciones la tónica dominante respondería a una situación regresiva a consecuencia de factores principalmente ambientales aunque la predicción evolutiva difiere en función de los parámetros demográficos analizados. En este sentido, en el resto de las estaciones someras analizadas, el tiempo necesario para que la población de haces se reduzca a la mitad es notablemente superior a las profundas, oscilando desde los 65 años estimados para la estación P7 hasta los 16 de la estación P1. Hay que hacer notar que la diferencia en la predicción entre estas dos estaciones extremas se fundamenta sobre todo en la mayor tasa de mortalidad estimada para estación P1 que en ausencia de otro tipo de factores antrópicos que puedan estar interaccionando con la pradera la mayor tasa de mortalidad puede ser debida a situaciones de inestabilidad sedimentaria derivada de acontecimientos hidrodinámicos.

También es importante resaltar que con anterioridad a la colocación del arrecife, el impacto de la actividad arrastrera afectaba hasta zonas muy próximas a esta estación de muestreo por lo que la mortalidad asumida en su momento puede ser la consecuencia de los efectos indirectos derivados de la actividad arrastrero como son la resuspensión y posterior hipersedimentación de las partículas sedimentarias y el incremento de la turbidez del agua. En este sentido es más que probable que la predicción de reducción de la densidad de haces se haya incrementado progresivamente con el tiempo tras el cese de la actividad arrastrera con la colocación del arrecife artificial.

Aparentemente estos resultados pueden resultar algo contradictorios con las estimaciones sobre el seguimiento de los cuadrados de la estación permanente, que como se ha demostrado con anterioridad reflejan cierta estabilidad en la densidad de haces, pero como las condiciones ambientales van cambiando con el tiempo y por lo tanto los reclutamientos y la mortalidad de haces, se espera que en futuros muestreo se incremente el balance demográfico de las tres estaciones y por consiguientes los tiempos de supervivencia de la pradera. En futuros muestreos se podrá comprobar cual será la evolución que adoptará esta pradera.

No hay que alarmarse en cuanto a las predicciones obtenidas para las estaciones P2, P4 y P6 dense se vaticina una reducción de la densidad de haces a la mitad en un periodo en torno a 3 años. Incidimos en la cuestión de que lo realmente importante es la forma en la que varían estos resultados más que en la propia estimación por lo que muy probablemente en la próxima recurrencia de los muestreos en la pradera la predicción se habrá incrementado en ausencia de perturbaciones externas que desestabilicen la situación demográfica de la pradera.

Hemos encontrado datos bibliográficos que hacen referencia a estudios demográficos efectuados sobre esta pradera de *Posidonia oceanica*, aplicando la misma metodología de muestreo establecida para este trabajo. En concreto se trata de unos resultados extraídos de Marbá *et al* 1996 de dos estaciones de muestreo y que corresponden aproximadamente con la ubicación de las estaciones P1 y P7. Los resultados que recoge esta publicación provienen de una serie de muestreos realizados en 1992 y por consiguiente con anterioridad a la colocación del arrecife. A continuación ofrecemos una tabla comparativa entre los parámetros demográficos correspondientes a ambos trabajos.

Parámetros	Cabo Cope		Calnegre	
	Marbá <i>et al</i> (1992)	P1 (2003)	Marbá <i>et al</i> (1992)	P7 (2002)
<b>Edad media</b>	2.4	3.2	3.5	5.2
<b>Edad moda de haces</b>	1	1	2	1
<b>Edad máxima de haces</b>	19.8	20	21.9	17
<b>Tasa de reclutamiento</b>	0.16	0.16	0.10	0.11
<b>Tasa de mortalidad</b>	-0.08	-0.21	0.15	0.12
<b>Tasa neta de reclutamiento</b>	0.08	-0.04	-0.5	-0.01
<b>Balance demográfico</b>	2	0.79	0.66	0.91

Tabla 4.2.3.2.3. Parámetros demográficos por estaciones de muestreo.

Aparentemente la zona de pradera ubicada en torno a la estación P1 no debe haber sufrido variaciones importantes en su estado de conservación y entre las condiciones ambientales presentes en 1992 y en 2003. No obstante el muestreo se realizó con anterioridad a la colocación del arrecife artificial por lo que la dinámica poblacional puede estar condicionada por este hecho.

En el transcurso del tiempo entre ambos periodos, esta zona no se ha visto degradada por el efecto de la pesca de arrastre, al menos de forma mecánica, por efecto directo de

los lances aunque no se descarta la posible incidencia indirecta por el incremento de la turbidez y la sedimentación de las partículas resuspendidas por el arrastre en zonas adyacentes. No obstante, la presencia del arrecife desde 1993 puede haber contribuido a minimizar este segundo efecto al asegurar un alejamiento de los arrastres con respecto al límite inferior de la pradera en torno a una media de 250 m y de casi 700 m con respecto a la estación de muestreo.

Como se desprende de la comparativa entre ambos muestreos no se han detectado cambios significativos en la mayoría de parámetros demográficos salvo en el caso de la tasa de mortalidad que se ha incrementado desde 0.08 en 1992 hasta 0.21 en el 2003. En ausencia de una posible incidencia de factores externos de origen antrópico como es el caso de la pesca de arrastre que tras la colocación del arrecife artificial se ha desplazado hacia caladeros más profundos y alejados de la pradera, el incremento de la mortalidad de haces se puede deber a causas naturales como puede ser el caso de un arrancamiento generalizado de haces como consecuencia de grandes temporales. Se tiene constancia de ellos en los últimos años, y teniendo en cuenta que se originan mayoritariamente del noroeste esta sería la zona de pradera más expuesta a sus efectos.

A partir de esta diferenciación con respecto a la mortalidad el balance demográfico ha variado considerablemente desde un valor de 2 que evidenciaba una situación de expansión óptima al valor ligeramente regresivo de 0.80 determinado en la presente campaña

Con respecto a la estación de muestreo P7 localizada en las proximidades de Calnegre, la protección física de la zona se consiguió a finales de 1998 con la colocación de la segunda fase del arrecife artificial por lo que durante en periodo de tiempo entre el primer muestreo y la colocación del arrecife, esta parte de la pradera estuvo expuesta a la incidencia de la pesca de arrastre. La cartografía bionómica realizada para el estudio previo del arrecife artificial desveló que esta parte de la pradera ha permanecido intacta a la acción directa de la pesca de arrastre, al menos a lo largo de las últimas décadas al no haberse detectado las características marcas de arrastre sobre su superficie. No obstante, la actividad arrastrera se desarrollaba a una distancia menor de la pradera por que puede haberse visto afectada indirectamente por temas de turbidez y/o resedimentación de las partículas resuspendidas.

El análisis comparativo entre ambas estaciones nos muestra una situación de mejoría de la situación demográfica de la población alcanzando la situación de estabilidad que caracteriza a la pradera en la actualidad. En su momento, los resultados obtenidos en 1992 evidenciaban una ligera situación regresiva de la pradera en el entorno de Calnegre. Si analizamos el resto de los parámetros podemos observar que la edad media se ha incrementado de 3.2 a 5.2 años evidenciado un envejecimiento de la población. El hecho de que los reclutamientos de nuevos haces no hayan variado entre ambos periodos nos confirma esta circunstancia.

Por otra parte se ha detectado un ligero decremento de la tasa de mortalidades desde el valor de 0.15 en 1992 al valor de 0.12 en el 2003. La ausencia de actividad arrastrera en la zona desde la colocación del arrecife artificial puede haber contribuido a este hecho aunque se trata de una zona de gran inestabilidad sedimentaria por lo que la situación puede variar en función de la variabilidad de los factores ambientales. No obstante, la pradera se ha adaptado perfectamente a esta situación ambiental adoptando una tipología en forma de matas aisladas y que como hemos podido comprobar en ningún momento es indicativo de situaciones regresivas en la pradera.

Como hemos comentado con anterioridad las diferencias en la tasa de mortalidad y la estabilización de los reclutamientos nos ofrecerán una situación evolutiva en la actualidad con una estimación del balance demográfico de 0.91 que denota un entorno de estabilidad demográfica mientras que en el muestreo de 1992 con el valor de 0.66 evidenciaba una regresión moderada de la pradera.

## 5. FILMACIONES DE LOS MÓDULOS

Como complemento al presente trabajo y a petición de expresa del Servicio de Pesca de la Consejería de Agricultura, Agua y Medioambiente, se ha realizado una inspección visual y filmación mediante videocámara de diversos elementos modulares pertenecientes al arrecife artificial de Cabo Cope en concreto de los núcleos alveolares donde se sitúa la estación permanente de seguimiento de *Posidonia*. Se ha prestado especial atención tanto a las estructuras propiamente dichas como a los poblamientos biológicos asociados a las mismas.

Para la realización de los vídeos se ha contado con una videocámara sumergible dotada de una carcasa que le confiere estanqueidad absoluta al agua. Con posterioridad a la filmación y dentro de los trabajos de postproceso se han realizado capturas de instantáneas procedentes de los videos con el fin de obtener una amplia y completa documentación fotográfica de esta parte del estudio.

Para la localización de las diferentes estructuras se ha contado con una embarcación dotada con un sistema de posicionamiento dGPS a bordo, y una potente sonda para poder detectar el más mínimo relieve presente en el fondo. Se ha contado previamente con las posiciones de los módulos, circunstancia que ha facilitado su búsqueda y localización.

Con las imágenes resultantes se ha elaborado el dossier del anexo III del presente informe.

## 6. RESUMEN

### *Localización de estructuras*

El reconocimiento de los arrecifes artificiales de la bahía comprendida entre Cabo Cope y Puntas de Calnegre bajo la aplicación del sonar de barrido lateral nos ha permitido localizar 217 módulos en el arrecife de Cabo Cope-playa de los Hierros y 113 en el de Playa de los Hierros – Puntas de Calnegre que suponen prácticamente la totalidad de los módulos que componen sendos arrecifes.

En el caso del segundo arrecife, su disposición coincide muy bien con el diseño del proyecto de instalación tanto en lo concerniente en el emplazamiento y número de barrera como en la disposición interna de los módulos dentro de cada barrera. Para el caso del primer arrecife se han detectado ciertas diferencias con respecto al proyecto inicial pero que no han repercutido en la disminución de la eficacia antiarrastre. El primer resultado que avala esta hipótesis es la ausencia de evidencias de desplazamientos de módulos y la similitud existente entre el posicionamiento de la presente prospección y las realizadas por esta misma empresa en 1998 sobre estos mismos arrecifes.

### *Localización de marcas de arrastre*

La principal evidencia de la eficacia del arrecife artificial es el desplazamiento generalizado de los lances de arrastre hacia profundidades superiores a –35 m por fuera de la zona de influencia de los arrecifes artificiales. Las aproximaciones al borde del arrecife con distancias en muchos casos inferiores a 100 m de los módulos más profundos indica un conocimiento preciso de la disposición de los arrecifes por parte de la flota arrastrera que los evita aunque se aproximan lo suficiente para beneficiarse indirectamente de los recursos pesqueros asociados al arrecife y la pradera de *Posidonia*.

El efecto disuasorio del arrecife ha asegurado un alejamiento de los lances de arrastre en la actualidad de casi 500 m de promedio con respecto al límite inferior de la pradera de

*Posidonia* con lo que se asegura la protección de la pradera tanto de la degradación directa como indirecta por reducción de la turbidez y la redimentación de la partículas de sedimento resuspendidas en zonas de pradera por los lances de arrastre.

La mayor intensidad de lances de ha detectado hacia los extremos de la bahía mientras que el la zona central la presencia de fondos duros dispersos por fuera de los arrecifes ha contribuido a potenciar el efecto disuasorio de la pesca de arrastre y a alejar los lances de arrastre a distancias superiores de 700 m del límite inferior de la pradera.

#### *Seguimiento de las estaciones permanentes de Posidonia oceanica*

Del seguimiento de las estaciones permanentes de Cabo Cope y Calnegre se ha podido constatar la existencia de en ambos casos de una situación de estabilización en la pradera a lo largo del periodo muestreado hasta la fecha con oscilaciones intermedias aunque sin diferencias significativas entre los extremos del periodo de muestreo.

Aunque con un grado de variabilidad muy alto entre marcos pertenecientes a una misma estación de seguimiento se ha apreciado una tendencia al incremento de la densidad de haces en el 63% de los marcos de la estación de Calnegre y en el 58% de la estación de Cabo Cope. En este último caso, únicamente en el 25 % de los casos se han detectado síntomas de regresión en la pradera manifestados en la disminución del número de haces por marco.

#### *Estudio lepidocronológico*

El estudio lepidocronológico ha demostrado que las diferentes variables analizadas presentan una diferenciación en los resultados relacionados con la profundidad, con su proximidad a los arrecifes artificiales y entre periodos de tiempo diferentes.

En cuanto a la velocidad de crecimiento de rizoma existe una clara dependencia con respecto a la profundidad con valores máximos en la zona somera. Esta diferenciación se mantiene constante a lo largo de toda la bahía. Las situaciones hidrodinámicas y sedimentológicas más acusadas en la zona somera inducen a los rizomas de *Posidonia* a

incrementar su tasa de crecimiento de manera proporcional a la tasa de acreción sedimentaria. En la zona profunda las tasas de crecimiento más elevadas se han detectado en la mitad norte coincidiendo con las zonas que han experimentado una degradación más reciente por causa del arrastre.

En líneas generales se ha detectado un decremento generalizado del crecimiento de rizoma a lo largo del tiempo y de manera especialmente significativa a partir de la colocación de la segunda fase del arrecife artificial como respuesta al mayor grado de estabilidad sedimentaria de la zona.

En cuanto a la producción de hojas no se han encontrado evidencias especialmente condicionadas con la incidencia arrastrera y la posterior protección de los arrecifes artificiales. Las diferencias detectadas están relacionadas más con factores de carácter ambiental y biogeográfico a gran escala. En este sentido, se ha detectado la mayor tasa de producción de hojas en las zonas someras derivada de cuestiones fisiológicas por la mayor actividad fotosintética de estas zonas. Por estaciones de muestreo se han encontrado diferencias significativas en cuanto a la producción de hojas de la estación P7 nos que nos induce a pensar que la producción de hojas puede estar relacionada también con la tasa de elongación de los rizomas.

La lectura correspondiente a los resultados de producción de hojas es muy similar a la obtenida para el crecimiento de rizoma debido a que a mayor crecimiento anual mayor biomasa se produce por año. En este sentido se han encontrado diferencias tanto por profundidades, por estaciones de muestreo y por periodos de tiempo. En este sentido, en la mayoría de las estaciones se han estimado producciones de rizoma significativamente más bajas en el último periodo con una situación de estabilización entre los periodos precedentes. Únicamente se ha detectado un decremento progresivo desde el inicio del muestreo en las estaciones P1 y P3.

Tanto para esta variable como para las restantes se ha identificado una evolución similar en la mayor parte de las estaciones a partir de la colocación de los arrecifes artificiales sobre todo tras la colocación de la segunda fase y que estaría motivada por condicionantes climáticos. El hecho de que sea tan perceptible independientemente de la profundidad y la zona de pradera nos indica la inexistencia de perturbaciones externas,

como el caso de la pesca de arrastre que originaría una evolución diferencial entre distintas zonas de la pradera en función del grado de perturbación que experimentara cada zona.

Por último la cuantificación de la densidad de rizoma nos ha aportado también una diferenciación con respecto a la profundidad pero en este caso con valores más elevados en las zonas profundas de la pradera. En las zonas someras la planta invierte más energía en el elongamiento de sus rizomas acumulando menos biomasa en proporción situación que se traduce en una menor densidad de rizoma que en zonas profundas. Al igual que el resto de las variables se ha detectado un decremento con el tiempo tanto en la zona somera como en la profunda. La situación de estabilización tras la colocación de los arrecifes artificiales ha motivado que las diferencias con respecto a la profundidad se acrecienten en respuesta a condicionantes únicamente naturales.

Si comparamos los crecimientos de rizoma con las densidades correspondientes a lo largo del periodo analizado, podemos apreciar que unidos a los decrementos del crecimiento se ha originado un estacionamiento o incremento de las densidades correspondientes de forma generalizada en la mayor parte de las estaciones de muestreo. Esta situación se ha acentuado más tras la colocación de la segunda fase del arrecife artificial.

#### *Estudio demográfico de la pradera*

Los resultados extraídos del estudio demográfico nos indican que la pradera de *Posidonia* localizada en la bahía entre Cabo Cope y Puntas de Calnegre se encuentra en una situación de regresión generalizada tanto en la zona somera como en la profunda. Esta situación la atribuyen muchos investigadores a una regresión climática de este ecosistema con una ocurrencia general en todo el mediterráneo.

No obstante la situación poblacional difiere de unas zonas a otras de la pradera en función de la profundidad y/o el estado de conservación que presenta la pradera en cada caso. En este sentido los balances demográficos más bajos los encontramos en la pradera profunda y los más elevados en la zona somera. Hay que recordar que el

balance demográfico establece una relación entre los reclutamientos de nuevos haces y la tasa de mortalidad con lo que en las zonas someras, a los valores elevados del índice contribuyen por una parte una mayor tasa de reclutamiento de nuevos haces gracias a unas condiciones lumínicas más apropiadas que condicionan la tasa de división de haces y una tasa de mortalidad baja. En la zona profunda la situación se invierte con reclutamientos bajos limitados por la disponibilidad de luz y una tasa de mortalidad alta sobre todo a consecuencia del impacto de la pesca de arrastre.

La diferencia entre las estaciones profundas nos indica que en la regresión de la pradera contribuye en mayor medida la degradación a consecuencia de la pesca de arrastre más que el hecho de las variaciones con la profundidad. En este sentido el balance demográfico de la estación P8 situada en pradera en buen estado de conservación es similar al obtenido para las estaciones someras mientras que para el resto de las estaciones profundas localizadas en pradera con distintos grado de degradación el balance demográfico es muy inferior.

En resumen, podemos decir que en la actualidad las únicas zonas con una situación poblacional en expansión se localizan en la mitad norte de la bahía sobre todo en las zonas más próximas a Calnegre, mientras que el resto de la pradera manifiesta distintos niveles de regresión sobre todo en función del estado de conservación que presente la pradera. Es previsible que en ausencia de la principal fuente que originó la degradación de la pradera gracias a la colocación de los arrecifes, la pradera de *Posidonia* sufra un procesos de recuperación progresiva de su estructura poblacional incrementado su balance demográfico.

## **ANEXOS**

## **ANEXO I. Cartografía**











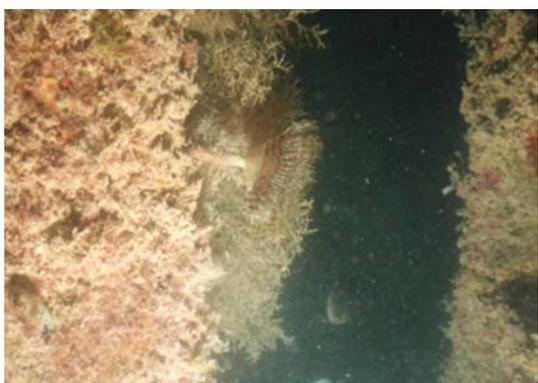
## **ANEXO II. Resultados lepidocronológicos**

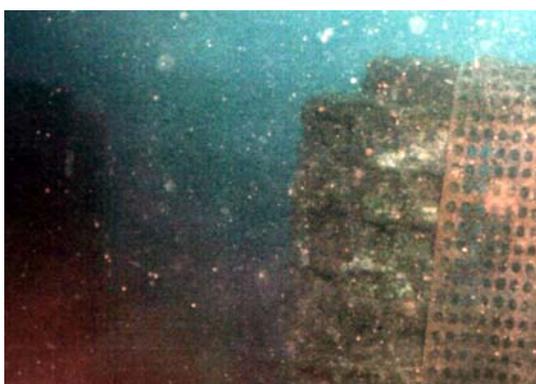
Año	Datos	Estación							
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1980	<i>Crecimiento (mm)</i>								5.0
	<i>Nº hojas</i>								7.0
	<i>Peso seco (cgr)</i>								
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>								
1981	<i>Crecimiento (mm)</i>								5.0
	<i>Nº hojas</i>								8.0
	<i>Peso seco (cgr)</i>								
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>								
1982	<i>Crecimiento (mm)</i>								4.0
	<i>Nº hojas</i>								8.0
	<i>Peso seco (cgr)</i>								6.0
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>								
1983	<i>Crecimiento (mm)</i>								6.0
	<i>Nº hojas</i>								8.0
	<i>Peso seco (cgr)</i>								7.0
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>								
1984	<i>Crecimiento (mm)</i>	11.0							7.0
	<i>Nº hojas</i>	9.0							8.0
	<i>Peso seco (cgr)</i>	13.5							8.0
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	12.3							
1985	<i>Crecimiento (mm)</i>	12.0							7.0
	<i>Nº hojas</i>	10.0							8.0
	<i>Peso seco (cgr)</i>	12.9							11.0
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	10.7							
1986	<i>Crecimiento (mm)</i>	9.0					11.0	14.0	10.0
	<i>Nº hojas</i>	10.0					7.0	9.0	10.0
	<i>Peso seco (cgr)</i>	12.9						20.0	28.0
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	14.3							
1987	<i>Crecimiento (mm)</i>	11.0				8.0	8.0	16.0	6.0
	<i>Nº hojas</i>	10.0				8.5	8.0	10.0	9.0
	<i>Peso seco (cgr)</i>	21.4				7.5	16.7	25.0	31.0
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	19.5							
1988	<i>Crecimiento (mm)</i>	10.5		12.0		9.0	11.8	14.2	8.5
	<i>Nº hojas</i>	9.5		10.0		8.1	8.8	9.6	8.4
	<i>Peso seco (cgr)</i>	14.5		18.8		12.5	14.4	26.6	16.7
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	13.4		15.7		17.1			
1989	<i>Crecimiento (mm)</i>	13.0		11.0		9.8	12.6	15.9	9.9
	<i>Nº hojas</i>	9.0		10.0		8.2	9.1	10.0	8.5
	<i>Peso seco (cgr)</i>	16.6		24.7		14.5	14.7	29.1	19.2
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	11.8		22.5		17.6			14.4

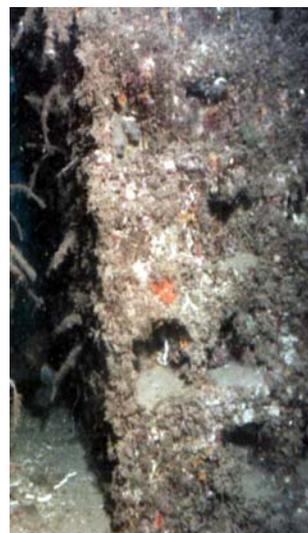
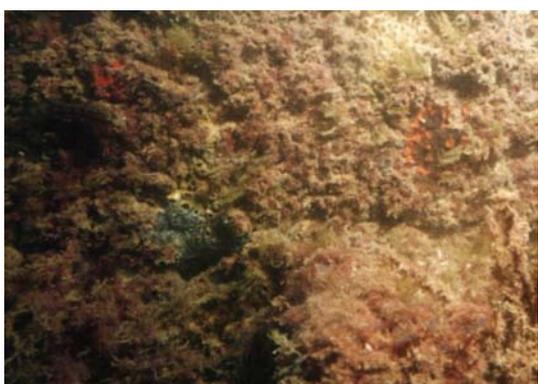
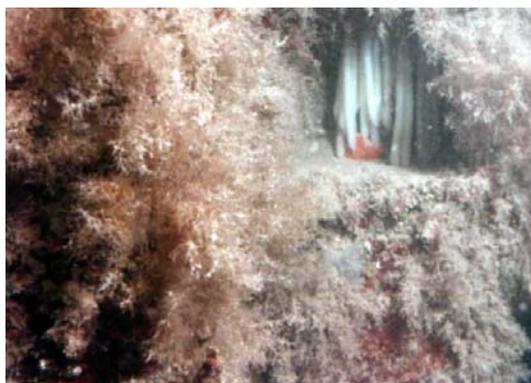
Año	Datos	Estación							
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1990	<i>Crecimiento (mm)</i>	12.0		14.0	4.0	9.0	8.9	17.9	12.4
	<i>Nº hojas</i>	9.0		10.0	8.0	8.8	9.1	9.5	8.6
	<i>Peso seco (cgr)</i>	15.2		27.3	7.6	20.7	15.4	26.8	17.4
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	12.3		19.5	19.0	19.5			15.3
1991	<i>Crecimiento (mm)</i>	10.8		12.0	4.5	11.7	10.8	15.4	9.9
	<i>Nº hojas</i>	8.8		10.0	8.0	9.0	8.8	9.2	9.1
	<i>Peso seco (cgr)</i>	12.5		16.8	7.3	20.2	15.2	24.1	17.9
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	11.5		14.6	17.9	16.2	14.1	13.4	14.5
1992	<i>Crecimiento (mm)</i>	9.0	13.0	12.8	4.5	10.8	8.1	16.1	6.8
	<i>Nº hojas</i>	9.0	9.0	8.8	9.0	8.5	8.1	9.4	8.6
	<i>Peso seco (cgr)</i>	13.0	17.5	18.8	11.9	16.8	13.5	21.1	10.8
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	14.4	13.4	15.0	25.0	15.7	17.7	10.2	14.5
1993	<i>Crecimiento (mm)</i>	10.8	8.6	13.6	4.2	11.2	11.0	17.0	6.7
	<i>Nº hojas</i>	8.6	8.6	8.3	9.0	8.2	8.1	9.2	8.4
	<i>Peso seco (cgr)</i>	16.1	13.8	17.7	7.6	14.9	23.8	23.2	10.9
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	15.1	17.6	13.2	19.3	14.2	23.5	12.2	16.9
1994	<i>Crecimiento (mm)</i>	9.0	8.6	14.0	5.4	12.0	11.8	16.5	7.0
	<i>Nº hojas</i>	8.3	8.2	9.3	8.3	8.5	8.8	9.2	8.2
	<i>Peso seco (cgr)</i>	12.2	15.0	18.4	9.3	17.3	22.4	22.3	13.5
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	13.5	17.5	13.1	17.3	13.0	13.0	12.6	17.1
1995	<i>Crecimiento (mm)</i>	10.7	8.6	11.9	5.1	11.7	7.7	14.3	8.4
	<i>Nº hojas</i>	8.7	9.0	8.8	8.7	8.9	8.6	9.8	8.7
	<i>Peso seco (cgr)</i>	14.7	17.3	17.0	9.2	15.7	15.5	23.5	15.7
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	14.1	20.0	14.4	18.2	13.8	17.4	16.9	18.3
1996	<i>Crecimiento (mm)</i>	9.9	9.1	10.7	6.8	13.9	11.2	14.2	10.7
	<i>Nº hojas</i>	8.5	9.3	9.0	9.3	9.3	8.7	9.8	9.7
	<i>Peso seco (cgr)</i>	11.9	21.6	14.7	11.5	24.4	17.6	23.8	19.0
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	11.9	23.6	13.4	17.3	18.8	15.1	15.2	19.5
1997	<i>Crecimiento (mm)</i>	10.6	8.2	11.5	7.1	12.6	13.9	16.4	7.8
	<i>Nº hojas</i>	8.1	9.0	8.5	9.2	9.8	9.5	9.9	8.6
	<i>Peso seco (cgr)</i>	11.5	15.3	13.8	10.4	17.9	21.1	24.7	13.9
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	10.9	19.7	12.3	14.4	14.9	14.6	15.0	18.2
1998	<i>Crecimiento (mm)</i>	9.2	8.1	10.0	6.9	10.9	11.9	19.0	9.5
	<i>Nº hojas</i>	8.5	8.7	8.9	8.8	8.4	8.7	9.8	9.1
	<i>Peso seco (cgr)</i>	9.0	11.5	12.6	8.2	11.3	13.9	26.7	15.6
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	10.0	14.6	12.7	12.2	10.4	11.6	14.2	16.7
1999	<i>Crecimiento (mm)</i>	8.3	6.2	8.5	5.1	10.5	8.7	19.2	6.7
	<i>Nº hojas</i>	8.2	8.8	8.7	8.4	8.3	8.5	9.9	8.3
	<i>Peso seco (cgr)</i>	8.2	8.3	9.3	7.4	10.1	9.3	22.4	10.2
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	10.3	14.4	10.9	14.8	9.9	11.0	11.8	15.2

Año	Datos	Estación							
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
2000	<i>Crecimiento (mm)</i>	7.6	5.7	6.1	5.0	9.1	6.9	18.8	4.1
	<i>Nº hojas</i>	8.4	7.9	8.5	8.2	8.0	7.9	9.6	7.9
	<i>Peso seco (cgr)</i>	9.5	7.6	8.3	7.4	9.2	8.2	23.6	7.8
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	12.1	14.6	12.6	15.2	10.3	12.0	12.9	18.2
2001	<i>Crecimiento (mm)</i>	8.7	6.2	6.3	6.7	7.7	8.0	15.0	5.7
	<i>Nº hojas</i>	8.4	7.9	8.6	8.2	8.4	7.9	9.5	7.8
	<i>Peso seco (cgr)</i>	11.6	9.5	8.6	10.3	11.7	10.6	20.7	10.8
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	12.9	15.2	13.9	15.7	15.2	13.2	14.2	18.7
2002	<i>Crecimiento (mm)</i>	6.1	5.4	5.4	7.3	7.7	8.6	12.2	6.7
	<i>Nº hojas</i>	7.5	8.3	8.6	9.0	8.8	8.6	9.6	9.1
	<i>Peso seco (cgr)</i>	6.7	6.3	8.8	9.8	9.4	9.3	16.0	9.7
	<i>Densidad (mgr/mm)</i>	11.8	11.9	13.9	13.9	12.5	11.2	13.4	14.5

**ANEXO III. Imágenes de vídeo**  
(Coordenadas UTM huso 30 N, *datum* Europeo 1950)







**ANEXO IV. Listado de módulos**  
(Coordenadas UTM huso 30N, *datum* Europeo 1950)

**FASE I**  
**Entre Cabo Cope y Playa de los Hierros**

**BARRERA A**  
**Módulos Antiarrastre**

X	Y
635040	4144273
635143	4144334
635143	4144335
634999	4144356
635033	4144399
635173	4144496
635106	4144580

**BARRERA B**  
**Módulos Antiarrastre**

X	Y
634873	4144829
634955	4144848
635036	4144874
635133	4144884
634905	4144940
634989	4144950
635085	4144963
634851	4145016
634932	4145034
635103	4145040
635049	4145045
635101	4145129

**BARRERA C**  
**Módulos Antiarrastre**

X	Y
634893	4145450
634820	4145470
634955	4145513
634869	4145538
634793	4145565
634997	4145583
634935	4145613
634979	4145666
635114	4145709
634894	4145716
635041	4145743
635172	4145767
635104	4145820
635219	4145831
635114	4145854
635261	4145903
635161	4145920
635316	4145962
635223	4145979
635136	4146017
635377	4146042
635266	4146048
635179	4146081
635216	4146098
635314	4146116
635441	4146123
635236	4146149
635374	4146188
635504	4146195
635278	4146209
635425	4146266
635331	4146294

**BARRERA D****Módulos Antiarrastre**

X	Y
635579	4146495
635699	4146517
635656	4146572
635542	4146637
635488	4146642
635596	4146661
635543	4146687
635647	4146704
635444	4146733
635506	4146781
635362	4146805
635679	4146809
635440	4146890
635257	4146899
635388	4146944

**BARRERA E****Módulos Antiarrastre**

X	Y
636120	4147422
635781	4147466
635962	4147466
635539	4147477
635708	4147480
636109	4147490
636122	4147504
636088	4147542
636187	4147548
635891	4147568
636260	4147571
635796	4147572
635603	4147589
635515	4147594
635439	4147604
635693	4147606
636204	4147682
636109	4147683
636288	4147685
636014	4147699
635786	4147717
635481	4147723
635929	4147726
635659	4147728

**BARRERA F****Módulos Antiarrastre**

X	Y
635787	4147995
635817	4148082
635858	4148117
635813	4148122
635864	4148153
635892	4148173
635827	4148226
635852	4148249
635923	4148252
635927	4148303

**BARRERA G****Módulos Antiarrastre**

X	Y
636629	4148119
636510	4148158
636669	4148187
636433	4148188
636216	4148212
636371	4148220
636608	4148229

636317	4148248
636533	4148265
636244	4148291
636463	4148307
636179	4148321
636277	4148339
636720	4148356
636104	4148360
636583	4148365
636364	4148371
636647	4148376
636487	4148381
636035	4148390
636308	4148407
635948	4148429
636240	4148444
636133	4148480
636411	4148487
636041	4148511
636386	4148534
636537	4148544
635969	4148548
636311	4148563
636234	4148597
636155	4148604

**BARRERA H**  
**Módulos Alveolares**

X	Y
636465	4148689
636469	4148701
636411	4148706
636496	4148707
636461	4148710
636479	4148710
636440	4148719
636437	4148722
636422	4148751

**BARRERA I**  
**Módulos Alveolares**

X	Y
637030	4148806
636782	4148819
636982	4148869
636846	4148902
636933	4148942
636847	4148980
637084	4148984
636896	4148995
636815	4149015
637018	4149070
636791	4149104
636908	4149104
636960	4149162
636733	4149178
636697	4149231
636889	4149231
636849	4149285
636662	4149290
636863	4149302
636942	4149320
636787	4149339
636680	4149341
636605	4149351
636958	4149365
636977	4149375
636747	4149395
636595	4149413
636796	4149437
636675	4149442
636923	4149445
636685	4149453
636730	4149464
636603	4149472
636778	4149483
636502	4149494
636836	4149497

636508	4149521
636643	4149526
636685	4149527
636657	4149552
636697	4149565
636647	4149579
636496	4149583
636583	4149591
636532	4149647
636527	4149648

<b>BARRERA J</b> <b>Módulos Alveolares</b>
---

X	Y
36980	4149502
37139	4149529
36968	4149583
37112	4149607
37229	4149624
36966	4149669
37094	4149695
37177	4149704
37206	4149709
36926	4149759
37089	4149769
37177	4149789
36906	4149815
37046	4149829
37155	4149838
37020	4149897
36908	4149913
37137	4149914
36988	4149985
37104	4150067
37145	4150132
37193	4150202
37142	4150233
37123	4150239
37013	4150255
36941	4150273
36958	4150319
36969	4150336
36906	4150440

**FASE II**  
**Entre Playa de los Hierros y Puntas de Calnegre**

**BARRERA P1**

X	Y
637730	4150227
637739	4150281
637742	4150153
637766	4150352
637777	4150248
637790	4150187
637793	4150448
637800	4150511
637808	4150319
637826	4150384
637827	4150421
637829	4150274
637833	4150603
637836	4150480
637850	4150664
637856	4150354
637856	4150552
637861	4150735
637868	4150428
637884	4150508
637887	4150640
637905	4150587
637932	4150695
637936	4150785
637943	4150733

**BARRERA P2**

X	Y
638449	4151032
638457	4150791
638462	4150718
638464	4150873
638473	4150957
638487	4151071
638496	4150920
638498	4150697
638505	4150771
638513	4150845
638522	4151123
638529	4150887
638536	4151042
638537	4150785
638538	4150957
638552	4150748

**BARRERA P3**

X	Y
639042	4151051
639048	4151106
639103	4151116
639104	4151175
639121	4151214
639122	4151064
639144	4151243
639151	4151183
639162	4151147
639172	4151307
639188	4151243
639203	4151197
639242	4151313
639244	4151374
639249	4151247
639282	4151427
639296	4151384
639297	4151483
639325	4151335
639341	4151388
639342	4151447

639345	4151561
639359	4151504
639378	4151452
639402	4151626
639404	4151570
639418	4151520
639460	4151638
639462	4151582

<b>BARRERA P4</b>
-------------------

X	Y
639931	4151735
639931	4151901
639937	4151658
639939	4151818
639962	4151700
639967	4151783
639968	4151859
640009	4151747
640012	4151816
640015	4151906
640015	4151665

<b>BARRERA P5</b>
-------------------

X	Y
640569	4151945
640582	4151886
640585	4151911
640627	4151953
640639	4151850
640664	4151856
640680	4151913
640704	4151857
640705	4151810
640747	4151867
640764	4151807
640769	4151762
640809	4151823
640817	4151771
640840	4151714
640880	4151772
640904	4151733
640965	4151738

<b>BARRERA P6</b>
-------------------

X	Y
641507	4151808
641514	4151986
641520	4151750
641520	4151920
641554	4151942
641564	4151792
641571	4151710
641582	4151964
641584	4151906
641600	4151994
641603	4151829
641623	4151739
641655	4151961