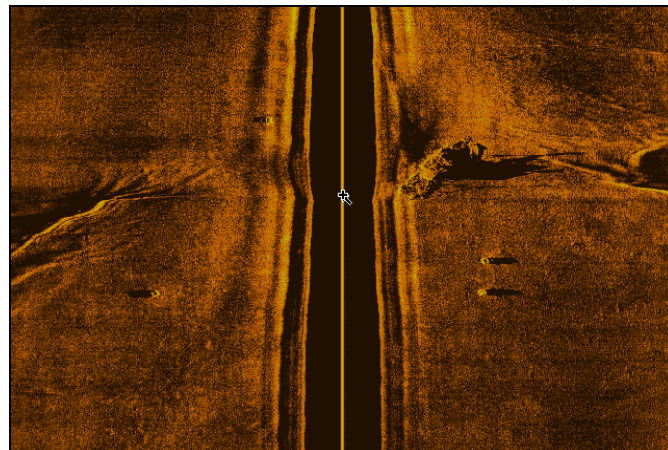




Seguimiento de arrecifes artificiales de la región de Murcia. Águilas – Punta Parda y Portús – Isla de las Palomas



2004



**CONSEJERÍA DE AGRICULTURA,
AGUA Y MEDIO AMBIENTE
REGIÓN DE MURCIA**



**CONSEJERÍA DE AGRICULTURA,
AGUA Y MEDIO AMBIENTE
REGIÓN DE MURCIA**

Seguimiento de arrecifes artificiales de la región de Murcia. Águilas – Punta Parda y Portús – Isla de las Palomas

Autores:

Marcos Sánchez Poveda
Jordi Escrihuela Corella
Carmen Gallego Balboa
Joan Julibert Foyo

Antonio Briz Ena
Juan Francisco Alemán Larrosa

Dirección y coordinación:
Javier Martín Fernández

MEDITERRANEO
SERVICIOS MARINOS 

Diciembre 2004

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	4
2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	8
3. INSPECCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ARRECIFES	10
3.1. <i>Metodología</i>	10
3.2. <i>Resultados</i>	12
3.2.1. Localización de módulos arrecifales.....	12
3.2.2. Incidencia arrastrera.....	19
3.2.3. Localización de otras estructuras.....	27
4. CARTOGRAFÍA BIONÓMICA DE LOS FONDOS MARINOS	33
4.1. <i>Metodología</i>	33
4.2. <i>Resultados</i>	33
5. BATIMETRÍA	47
5.1. <i>Metodología</i>	47
5.2. <i>Resultados</i>	48
6. CARACTERIZACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA PRADERA DE <i>Posidonia oceanica</i>	49
6.1. <i>Metodología</i>	49
6.1.1. Seguimiento de las estaciones permanentes de <i>Posidonia</i>	50
6.1.2. Parámetros estructurales.....	51
6.1.3. Estudio lepidocronológico.....	54
6.1.4. Estudio demográfico de la pradera.....	58
6.2. <i>Resultados</i>	60
6.2.1. Estaciones permanentes de seguimiento.....	60
6.2.2. Parámetros estructurales.....	70
6.2.3. Estudio lepidocronológico.....	79
6.2.3.1. Crecimiento de rizoma.....	80
6.2.3.2. Producción anual de hojas.....	87
6.2.3.3. Producción anual de rizoma.....	93
6.2.3.4. Relación producción/crecimiento de rizoma (P/C).....	98
6.2.4. Análisis demográfico de la población de haces.....	110
6.2.4.1. Distribución de clases de edad.....	110
6.2.4.2. Estimación de parámetros demográficos de la pradera.....	117

ANEXOS

ANEXO I. Planos arrecife del Portús – Isla de las Palomas	128
ANEXO II. Planos arrecife de Águilas – Punta Parda	140
ANEXO III. Listado de módulos	153
ANEXO IV. Fichas de estaciones de muestreo	161



1. INTRODUCCIÓN

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 de los arrecifes artificiales de Águilas – Punta Parda y Portús – Isla de las Palomas cuyas actuaciones se llevaron a finales de 1996 y 1998 respectivamente. Son varias las cuestiones que justificaron la instalación de estos arrecifes artificiales aunque la principal, en ambos casos, radica en la protección de la pradera de *Posidonia oceanica* ubicada en dichas zonas frente a las agresiones infringidas por la pesca de arrastre.

En la actualidad, las praderas de *Posidonia oceanica* se encuentran en una situación de regresión generalizada en todo el Mediterráneo que hace peligrar su preservación para épocas futuras. Esta degradación no se origina de igual manera en todas las zonas y depende de la confluencia de una serie de factores tanto de carácter ambiental como de origen antrópico.

Ante esta alarmante situación, las autoridades competentes han adoptado una serie de medidas para minimizar este proceso regresivo al menos en lo concerniente a la incidencia de los factores de origen antropogénico, donde la pesca de arrastre es el principal factor de degradación.

La práctica inadecuada del arrastre, además de producir numerosos daños ecológicos, sobre las praderas de *Posidonia oceanica*, genera conflictos sociales con los pescadores artesanales que ven reducidos sus caladeros tradicionales por temor a perder sus artes de pesca.

La protección de estos enclaves de gran interés ecológico comienza con la elaboración de una legislación a diferentes niveles administrativos que intenta salvaguardar estas zonas de su degradación inducida por el hombre.



Entre las medidas para preservar las praderas de su degradación, en especial en lo concerniente a la pesca de arrastre, la adopción de restricciones únicamente de tipo legal unido a las labores de vigilancia y control por los organismos pertinentes, se ha demostrado en muchos casos como medidas ineficaces por lo que se ha realizado la búsqueda de nuevos enfoques basados en el desarrollo de planes de gestión integrada del litoral donde una de las actuaciones más promovidas a nivel europeo es el fondeo de **estructuras arrecifales con finalidad principalmente antiarrastre**. En este sentido, en los últimos tiempos se está recurriendo a la creación de arrecifes artificiales. La experiencia acumulada en este sentido, ha confirmado a estas instalaciones como elementos muy eficaces para proteger los ecosistemas marinos sensibles de perturbación desde el punto de vista de su funcionalidad como herramientas antiarrastre y por el fomento de la producción pesquera en estas áreas protegidas.

En consecuencia, las autoridades pesqueras han adoptado una serie de medidas complementarias como es la instalación de arrecifes artificiales y que se han mostrado más que eficientes a la hora de disuadir a esta actividad pesquera. En el entorno de la *Unión Europea*, la instalación de este tipo de estructuras forma parte de un plan integral de gestión pesquera gracias a que por una parte salvaguardan las áreas de la intervención de este tipo de actividad, reduciendo la mortalidad pesquera y protegiendo los ecosistemas más productivos. Esta circunstancia contribuye a incrementar la diversidad ecológica del medio generando un espacio disponible para una serie de organismos dependientes de dicho medio para su supervivencia que lo utilizan como zona de asentamiento temporal o permanente, zona de cría o refugio. Tales organismos pertenecen, en numerosas ocasiones, a las especies piscícolas de interés comercial o al menos constituyen una fracción de su dieta.

En esta línea de actuación se englobaría la creación numerosos arrecifes artificiales en la región de Murcia, con una finalidad bien definida fundamentada en la preservación de la pradera de *Posidonia* sobre la que se sitúa.

El arrecife artificial de Águilas – Punta Parda se instaló en noviembre de 1998 con una finalidad eminentemente antiarrastre en función de tipo de módulo utilizado. Consta de 5 barreras colocadas entre -21 y -30 m de profundidad a lo largo de las cuales los módulos se disponen en tres líneas por barreras y colocados al tresbolillo. La separación entre las líneas pertenecientes a una misma barrera es de 40 m, mientras que la separación entre módulos adyacentes y pertenecientes a una misma línea es de 80 m. Estas medidas son las que constan en el proyecto de diseño del arrecife por lo que es de suponer que instalación se sujetó a estas especificaciones. El número total de módulos según proyecto es de 97 y repartidos por barreras de la siguiente manera:

P1: 27

P2: 24

P3: 12

P4: 21

P5: 23

Para el diseño de este arrecife se eligió un único tipo de módulo formado por un núcleo de hormigón de forma cúbica con el interior hueco para la diversificación de hábitat y potenciar su utilización por diferentes organismos como área de refugio, de cría y/o reproducción. Dicha estructura estaría atravesada en diferentes planos por varias vigas metálicas tal y como muestra la siguiente figura. Estas vigas son las que le confieren la finalidad antiarrastre dotando al módulo de salientes suficientes para facilitar el enganche con las redes de arrastre.

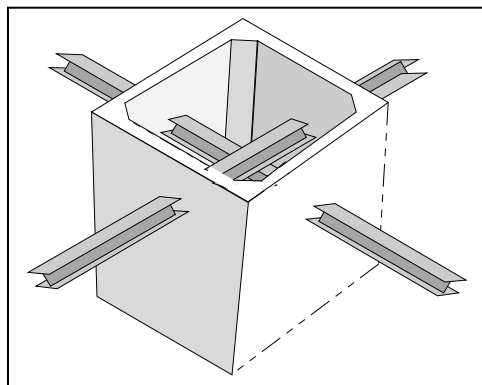


Figura 1.1. Módulo antiarrastre de la segunda fase.

Por su parte, el arrecife de Portús – isla de las Palomas fue instalado a finales de 1996 y utilizando el mismo tipo de módulo. Este tipo de estructura ha sido utilizada en la mayor parte de los arrecifes artificiales de la región de Murcia demostrando su eficacia como elementos disuasorios de la actividad arrastrera.

Este arrecife consta de 4 barreras distribuidas a lo largo de la bahía y en el rango batimétrico comprendido entre –15 y –35 m. Las barreras P1, P2 y P3 constan de dos únicas hileras de módulos mientras que la P4 estaría formada por tres hileras colocadas al trebolillo. La disposición relativa entre líneas dentro de una misma barrera y entre módulos adyacentes es similar a la descrita para el arrecife anterior. En este caso el número total de módulos proyectados según su proyecto correspondiente es de 78 módulos repartidos por barreras de la siguiente manera:

P1: 20

P2: 19

P3: 19

P4: 20

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*. Indirectamente se pretende también medrar en los conflictos existentes entre las flotas arrastreras y artesanales protegiendo los caladeros que tradicionalmente ha frecuentado los segundos.



2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

En función de los objetivos que se persiguen con la colocación de estos arrecifes 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.
 - 2.4. Como complemento a los estudios anteriores y a diferencia de los seguimientos de otros arrecifes se procederá a la caracterización de parámetros estructurales (densidad, cobertura e índice de conservación) sobre las mismas estaciones designadas para el resto de análisis.



3. INSPECCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ARRECIFES

Para la inspección de la zona de estudio se ha recurrido a una metodología de trabajo basada en la interpretación de registros de sonar de barrido lateral y que vamos a detallar a continuación. La precisión inherente a esta metodología de trabajo nos permitirá identificar y posicionar con precisión diferencial cada uno de los elementos modulares que componen los arrecifes artificiales, las marcas de actividad arrastrera en la zona así como la distribución y delimitación de cada una de las comunidades bionómicas presentes en la zona de estudio, aportando incluso información referente al tipo de fondo, a su estructura, y en algunos casos sobre su estado de conservación.

3.1. Metodología

El equipo utilizado para la caracterización de los fondos marinos 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 recibe ondas acústicas de frente plano. El transductor se encuentra unido a la CPU mediante un cable de fibra óptica (ver figuras 3.1.1 y 3.1.2).

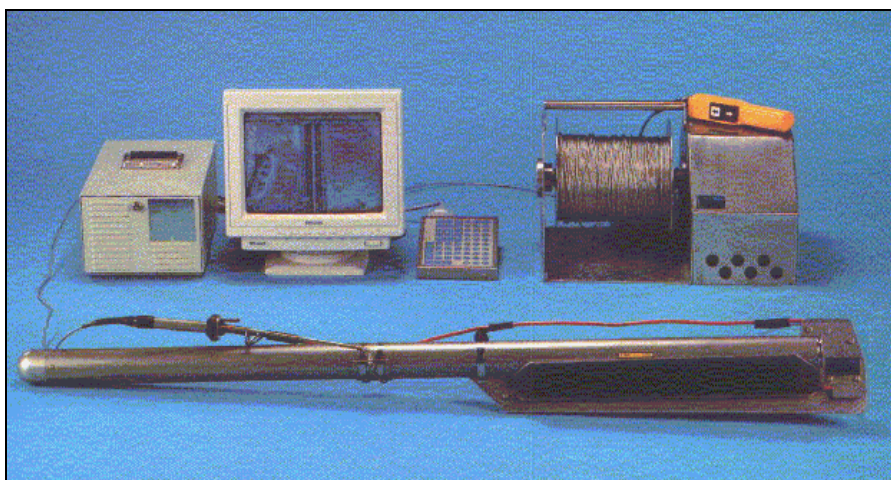


Figura 3.1.1. Sonar de barrido lateral (C-Max 800/S)

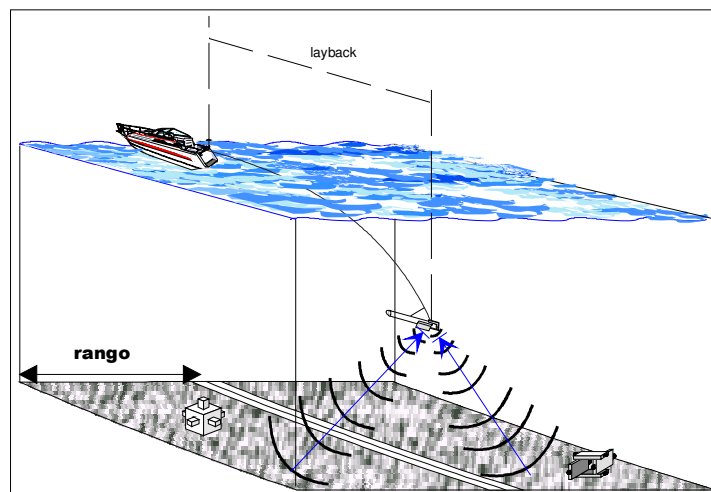


Figura 3.1.2. Modelo de prospección con sonar de barrido lateral

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 con posiciones cada 1-2 segundos.

Este aparato permite seleccionar el rango de cobertura entre 50, 75, 100, 150 m de amplitud por banda. Esto quiere decir que se puede grabar información en una franja de fondo comprendida entre 100, 150, 200 o 300 m de amplitud respectivamente.

En esta caso, dada la escala a la que se van a presentar los resultados y las características de los eventos que se quiere identificar se ha utilizado la prospección con recorridos de 75 m por banda a partir de la trayectoria del barco.

Para el posicionamiento del registro de fondo se utiliza un GPS diferencial que ofrece una posición cada segundo. Esta posición tiene un error máximo en las coordenadas suministradas menor de 1 metro.

El dGPS se encuentra conectado a un ordenador portátil que mediante el *software* adecuado se encarga de hacer las transformaciones de coordenadas y *datum* requeridos, suministrando la posición definitiva al sonar de barrido lateral.

El ordenador portátil utilizado para la realización de las campañas de mar está equipado con un programa de navegación (HYDROpro de TRIMBLE) de grandes prestaciones



hidrográficas que permite predefinir los trabajos a realizar. En este programa se pueden introducir las características del barco, la línea de costa, las isóbatas cartas náuticas y toda la información que se pueda almacenar en un archivo informático tipo *DXF*. Además de permitir el guiado de la embarcación de acuerdo con el proyecto elaborado de un modo muy visual, se indican la distancia y la dirección del error cometido con el fin de evitar desplazamientos excesivos con respecto a la trayectoria prefijada.

Simultáneamente a la campaña de mar, un equipo de personal cualificado en la interpretación de imágenes de SSS analiza toda la información almacenada para realizar la cartografía del área cubierta delimitando los diferentes tipos de fondo, las marcas de arrastre identificadas así como todos los elementos que conforman los arrecifes artificiales.

La detección de actividad arrastrera mediante el uso de la información de los registros de sonar se fundamenta en la identificación de los surcos que origina el arte, en concreto las puertas de apertura de la red, sobre el fondo. Debido a la envergadura de estos surcos y la precisión en la detección de relieves sobre el fondo (>20 cm), éstos son claramente identificables en la mayoría de los casos. La mayor o menor reflexión en los registros dependerá del tipo de sustrato sobre el que se origina, la antigüedad de los mismos y la intensidad y frecuencia de procesos hidrodinámicos que caracterizan cada zona.

3.2. Resultados

3.2.1. Localización de módulos arrecifales

Uno de los objetivos de este apartado del estudio es comprobar la distribución real de los módulos y sus diferencias con el diseño proyectado, verificando a su vez la eficiencia del arrecife como elemento disuasorio de posibles lances de arrastre. En el caso de la incursión de lances de arrastre en el entorno del arrecife artificial, es más que probable, en virtud de la separación entre los módulos que se produzcan desplazamientos tras el enganche con las redes de arrastre. Dicho desplazamiento, a la vez de originar variaciones en el posicionamiento original de los módulos, ocasiona sobre el fondo unos surcos de dimensiones considerables por el arrastre de los módulos.



Contamos con los resultados de prospecciones previas realizadas poco tiempo después de la finalización del fondeo de ambos arrecifes y que nos permitirá hacer una comparativa con los datos extraídos de la presente prospección y poder evaluar la posibilidad de desplazamientos en los módulos en el tiempo transcurrido entre ambas prospecciones.

En la actualidad, la utilización de una metodología de muestreo de sonar más perfeccionada unido a la experiencia acumulada en este campo en los últimos años, asegura un mayor grado de precisión en la obtención de los resultados, por lo que la existencia de ligeras diferencias en los posicionamientos sin otras evidencias de arrastres las atribuiremos a deficiencias en los posicionamientos sobre la prospección previa.

3.2.1.1. Arrecife del Portús – Isla de las Palomas

La prospección realizada en el presente año ha cubierto todos los fondos marinos comprendidos entre isla Torrosa y la punta de la Aguja y a lo largo del rango batimétrico comprendido entre prácticamente la línea de costa y -50 m según las especificaciones técnicas de los pliegos de esta contratación. La amplitud de esta prospección nos permite entre otras cosas el asegurar la cobertura total del arrecife y por lo tanto la localización de la totalidad de las estructuras antiarrastre. Por otro lado, la separación en los trazados de los transectos se ha establecido en 140 m, distancia que nos permite un 10% de solapamiento entre barridos adyacentes de tan manera que se evitan huecos entre transectos.

Tras el análisis de todos los registros obtenidos se ha localizado un total de 86 módulos antiarrastre de los 78 de que debería constar la instalación según el proyecto. Este resultado nos indica que se han posicionado como módulos más estructuras de las que realmente constaría el arrecife en función del proyecto de instalación.

Asumiendo como cierto la colocación de la totalidad de los módulos proyectados, podemos decir que el exceso de posicionamiento puede ser consecuencia de inconvenientes inherentes a la propia metodología de trabajo, a situaciones de mala mar

que complican la interpretación de los registros, a una posible duplicidad no filtrada entre transectos adyacentes o lo más probable, al hecho de confundir como módulos otras estructuras (objetos o piedras aisladas) con una morfología y tamaño similar a la que presentan los propios módulos del arrecife.

Tal y como se puede apreciar en el plano nº 1.3 de resultados, la distribución de las barreras dentro del área arrecifal coincide con el diseño establecido en el proyecto de instalación, con la existencia de 4 barreras. No obstante, como veremos más adelante, la disposición relativa entre los módulos dentro de una misma barrera difiere en gran medida con las especificaciones del proyecto.

Como se desprende de la tabla 3.2.1.1.1. únicamente en la barrera P3 se ha localizado el número exacto de módulos proyectados. En cuanto a las restantes se ha detectado un número mayor de estructuras sobre todo en la barrera P2 frente a la pradera de *Posidonia* del Portús donde se han identificado 25 módulos de los 19 realmente existentes. En este caso las diferencias estriban en la confusión de una serie de estructuras de origen antropogénicas localizadas sobre la zona más profunda de la barrera arrecifal y con una morfología similar a los módulos. Según de la información de que disponemos en esta zona en su momento se había proyectado de instalación de una granja de cultivos marinos de la que se llegó a realizar una preinstalación entre cuyos elementos se encontraban diversos bloques de hormigón destinados a estructuras de fondeo.

<i>Módulos</i>	<i>Proyectados</i>	<i>Localizados</i>
		<i>nº</i>
Totales	78	86
P1	20	21
P2	19	25
P3	19	19
P4	20	21

En la **tabla 3.2.1.1.1.** se ofrecen los resultados correspondientes a la distribución de módulos por barreras y para el total del arrecife artificial así como el número correspondiente de módulos proyectados según el informe previo a la instalación del arrecife.

Se ha intentado efectuar un filtrado entre la totalidad de estructuras localizadas sobre esta barrera que nos ha permitido identificar gran parte de estas estructuras de fondeo aunque aparentemente no la totalidad que actualmente engrosan el listado de módulos localizados.

Así mismo se ha podido comprobar también cierta diferencia en la distribución relativa entre los módulos en el interior de las barreras con respecto al proyecto. Aunque la casi totalidad de los módulos se encuentran en el interior de sus respectivas barreras, se ha detectado un grado muy alto de heterogeneidad en su disposición relativa que enmascaran por completo el diseño originario de hileras al tresbolillo. Aparentemente esta disposición actual se correspondería con la posición original de fondeo ya que no se han detectado indicios de desplazamiento de los módulos, especialmente evidente en los ubicados sobre pradera de *Posidonia* que originarían un rastro de degradación sobre la pradera en forma de surco a lo largo de la trayectoria de desplazamiento del módulo arrastrado.

A pesar de la heterogeneidad que caracteriza a la disposición interna de los módulos en sus respectivas barreras, podemos decir que la separación entre los mismos es lo suficientemente pequeña para evitar lances de arrastre entre ellos sin sufrir enganches. En el caso de que ocurrieran, la disposición de los módulos garantiza que cualquier lance que penetrara en el interior de las barreras, vería obstaculizado su recorrido por algún módulo.

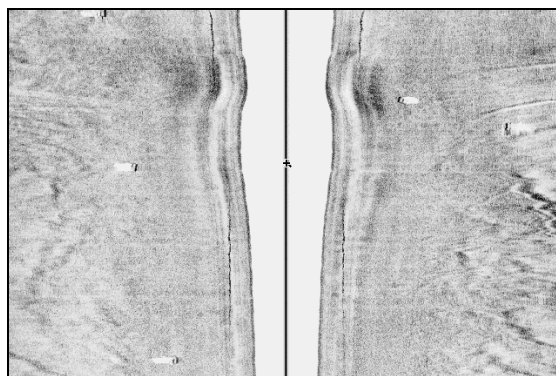


Imagen 3.2.1.1.1. Módulos pertenecientes a la barrera P4 del arrecife artificial del Portús

Otra circunstancia que apoya la ausencia de desplazamientos de módulos es la similitud entre el posicionamiento de los mismos en la presente campaña y la realizada en 1998. Dicha similitud se aprecia principalmente en su agrupación entorno a las barreras según proyecto ya que en cuanto al posicionamiento concreto de los módulos dentro de las barreras difiere sensiblemente entre ambas campañas. Esta circunstancia no es atribuible a posibles desplazamientos de los módulos entre ambas campañas por enganches arrastreros ya que no existen evidencias ni de marcas de arrastre ni de los



surcos característicos que originan los módulos en su desplazamiento, en particular en lo concerniente a los módulos localizados sobre pradera de *Posidonia* donde la tracción de los mismos originaría una serie de surcos sobre la pradera prácticamente irreversibles aunque este no es el caso.

Las diferencias entre ambas campañas se atribuyen a problemas en el posicionamiento de los módulos en la campaña inicial e inherentes a la metodología aplicada en su momento. A lo largo de los últimos años se viene aplicando una metodología de muestreo más depurada y estandarizada que procura un grado de precisión muy alto en el posicionamiento sobre los registros de sonar. Esta circunstancia se comprobará a continuación en la comparativa correspondiente al arrecife artificial de Águilas-Punta Parda.

3.2.1.2. Arrecife artificial de Águilas – Punta Parda

La prospección realizada para esta zona de trabajo ha abarcado de manera continuada todos los fondos comprendidos entre la línea de costa y la isóbata de -50 m lo que nos permite por un lado el cartografiado de toda la pradera de *Posidonia* y las evidencias de posible actividad arrastrera sobre los fondos más profundos, y por otro lado la cobertura total del área de concesión del arrecife artificial comprendido entre -20 y -30 m de profundidad.

Como resultado de la prospección se han localizado un total de 104 módulos en el interior del arrecife de los 107 que conforman el arrecife artificial según el proyecto de instalación y que supone la localización del 96.3% de la totalidad de los módulos del arrecife. Aparentemente y en función de los registros de sonar, se trataría de un único tipo de módulo con finalidad antiarrastrero circunstancia confirmada por las especificaciones que recoge el proyecto de instalación del arrecife artificial.

La ilocalización de los módulos restantes parece ser debida a la existencia de interferencias en el registro de sonar que dificulta la interpretación de los mismos más que ha una posible ausencia por diversos motivos como puede ser su arrastre por enganche con los arrastreros. La sistemática distribución que presentan estos módulos

nos ha permitido identificar los 4 módulos no localizados y hemos podido comprobar en la comparativa con los resultados extraídos de la prospección del año 2000 su presencia en ese momento.

Como se puede apreciar en el plano nº 2.3 de resultados, la distribución de las barreras dentro del área arrecifal coincide con el diseño establecido en el proyecto de instalación, con la existencia de 5 barreras y ubicadas sobre las superficies establecidas en su momento en la definición del arrecife. Esta circunstancia nos indica, entre otras cosas que la totalidad del arrecife artificial se encuentra localizado en el interior de la zona de concesión establecida para esta instalación.

<i>Módulos</i>	<i>Proyectados</i>	<i>Localizados</i>
		<i>nº</i>
Totales	107	103
P1	27	26
P2	24	21
P3	12	12
P4	21	21
P5	23	23

Tabla 3.2.1.2.1. Número de módulos por barrera según proyecto y extraídos de nuestros resultados.

Como se desprende de la tabla anterior se ha localizado la totalidad de los módulos en lo concerniente a las barreras P3, P4 y P5, mientras que en las dos restantes se ha detectado la ausencia de algún módulo. En el caso de la barrera P1 ha faltado un módulo por localizar mientras que en la P2 han sido tres. Como hemos comentado con anterioridad la precisa colocación de los módulos nos ha permitido identificar los huecos correspondientes a estos módulos. La comparativa entre los resultados obtenidos en la presente prospección y la realizada en el 2000, nos ha permitido comprobar que estos módulos se posicionaron en su momento.

En ausencia de evidencias que confirmen su arrastre por enganches con arrastreros, podemos decir, que su no localización se debe a la existencia de interferencias en los registros de sonar que impiden su correcta interpretación. La revisión de los correspondiente registros de sonar nos ha permitido identificar estas anomalías.

En lo concerniente a la distribución relativa de los módulos se ha detectado cierto grado de sistematización en su disposición y que responde al diseño establecido en los pliegos del proyecto de instalación de arrecife. En este sentido, podemos decir, que la totalidad

de las barreras constan de tres hileras de módulos dispuestas de manera longitudinal en la barrera, una a lo largo del eje central de cada barrera y dos laterales y paralelas coincidiendo con los lados más largos. La disposición de los módulos a lo largo de las tres hileras respondería a la distribución denominada al tresbolillo que sugiere cierto desplazamiento relativo entre las tres hileras que acotaría en espacio entre módulos.

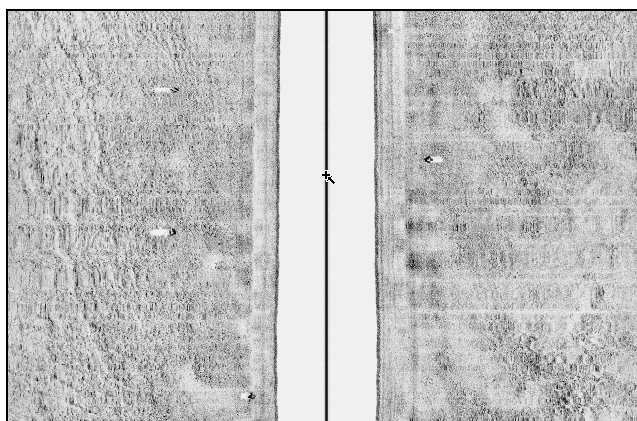


Imagen 3.2.1.2.1. Módulos pertenecientes a la barrera P3 del arrecife artificial de Águilas – Punta Parda. El fondo sobre el que se asienta correspondería a pradera de *Posidonia* degradada por la pesca de arrastre.

Para evaluar con la eficiencia con la que se han colocado los módulos en el interior de las barreras y su similitud con el diseño del proyecto de instalación 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.

	Separación entre líneas (m)	Separación entre módulos (m)
Separación proyectada	40	80
nº casos	27	25
Promedio	46.4	82.3
d.t.	10.6	13.7

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 82.3 metros y una separación entre líneas adyacentes dentro de una misma barrera de 46.4 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.

Otra circunstancia que nos confirma la eficacia disuasoria 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 en el 2000. Como se puede apreciar en el plano 2.12 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.

Otra evidencia de la ausencia de desplazamientos por arrastres es la inexistencia de los surcos originados por los módulos en su trayectoria, que en el caso de la pradera de *Posidonia* pueden perdurar durante décadas y en la mayoría de los casos con consecuencias irreversibles. Hay que tener en cuenta que la mayor parte de los módulos arrecifales se encuentran situados sobre la pradera de *Posidonia* y en ningún caso se han detectado evidencias de esta circunstancia.

3.2.2. Incidencia arrastrera

Como se ha apuntado con anterioridad, uno de los mecanismos con los que se pretende evidenciar la eficacia antiarrastre de un 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 una serie de 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.

3.2.2.1. Arrecife del Portús – Isla de las Palomas

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 mayoritariamente a partir -40 m de profundidad. No se han detectado evidencias de que se produzcan lances en el interior de las barreras ni por los espacios entre barreras. La disposición actual de los módulos asegura que cualquier incursión en las zonas protegidas origine enganches con algún tipo de módulo.

En lo referente a las marcas de arrastre localizadas, podemos decir que se sitúan mayoritariamente hacia la mitad *Este* de la zona de estudio, entre los bajos localizados al *Este* de la isla de las Palomas y la punta de la Aguja. Esta es la zona que presenta un mayor grado de concentración de marcas de arrastre y que en su mayoría evidencian un desarrollo de actividad arrastrera reciente. La profundidad mínima que alcanzan estos lances es de -37 m frente al Portús incrementándose hacia los extremos. La distribución de las marcas de arrastre denota un detallado conocimiento de los fondos marinos de esta zona y en particular de los afloramientos rocosos y objetos de gran tamaño. Esta circunstancia, unida a la presencia del arrecife artificial ha impedido que se desarrollen lances de arrastre a profundidades más someras.

A pesar de que la tendencia genérica responde a la situación descrita, se han localizado una serie de lances que se aproximan hasta zonas más someras (-23 m). En estos casos se trataría de una serie de lances efectuados en las proximidades de los afloramientos



rocosos próximos a la isla de las Palomas. Esta circunstancia podría responder a aproximaciones de los lances de arrastre a los fondos duros en busca de beneficiarse de los recursos pesqueros asociados a los mismos. En numerosas zonas es una práctica habitual, donde el riesgo a perder el arte de pesca con enganches con las rocas es asumible en función del beneficio pesquero que le repercuten los caladeros localizados en zonas adyacentes a los mismos.

La segunda zona de lances sobre entornos más someros se situaría a lo largo de un paso entre la barrera P3 del arrecife artificial y los fondos duros más profundos que terminaría en las proximidades de la barrera P4 y a profundidades inferiores a -25 m. No obstante la densidad de marcas es muy baja denotando la incidencia de una actividad arrastrera ocasional y puntual. La disposición de estas marcas nos induce a pesar que el extremo someros de estos lances responde al extremo inicial de los mismos.

En cuanto a la mitad *Oeste* de la zona de estudio, la presencia de actividad arrastrera es inexistente a lo largo de todo el rango batimétrico debido a la complicada orografía del fondo con numerosos afloramientos rocosos unido a la presencia de varios pecios y objetos de gran envergadura y al arrecife artificial sobre las zonas más someras.

En lo referente a las superficies ocupadas por pradera de *Posidonia*, no se han detectado marcas que evidencien la realización de lances con anterioridad a la colocación del arrecife artificial. En este sentido, hay que tener presente que la degradación originada por este tipo de pesca sobre la pradera de *Posidonia* ocasiona un arrancamiento generalizado de haces y de parte de la mata a lo largo del recorrido que efectúan las puertas y que el daño infringido, en muchos casos, es prácticamente irreversible debido al lento patrón de crecimiento que experimenta esta planta. Atendiendo a este hecho, podemos afirmar que esta pradera de *Posidonia* se ha visto preservada de los efectos del arrastre a lo largo de las últimas décadas circunstancia que de originarse se evidenciaría por la presencia sobre la pradera de los característicos surcos que originan las puertas del arte a su paso por la pradera.

El efecto disuasorio que confiere la presencia del arrecife artificial junto con los demás accidentes orográficos presentes en el fondo asegura un alejamiento efectivo de los lances con respecto al límite inferior de las praderas de *Posidonia*, comprendido entre



200 y 400 m aproximadamente, con la excepción de la pradera localizada entre la playa Fatares y la punta del Moco donde los lances se aproximan en ciertas zonas hasta distancias comprendidas entre 80 y 100 m. Como se puede apreciar en el plano 3 del anexo la barrera correspondiente de esta zona (P3) contiene los módulos con una distribución más somera y casi en su totalidad sobre la pradera de *Posidonia*, circunstancias que permiten dicha aproximación de los lances de arrastre.

3.2.2.2. Arrecife del Águilas – Punta Parda

Los resultados extraídos de la prospección sobre el arrecife artificial de Águilas – Punta Parda aportan también datos sobre la eficacia del arrecife artificial como estructura disuasoria de la pesca de arrastre al menos sobre el rango batimétrico sobre el que se asienta. No se han detectado evidencias de actividad arrastrera reciente ni en el interior de las barreras ni entre las barreras evidenciando que la disposición actual de los módulos asegura que cualquier incursión en las zonas protegidas origine enganches con algún tipo de módulo.

Como se puede apreciar en el plano correspondiente del anexo II, en la actualidad las evidencias de actividad arrastrera se sitúan mayoritariamente a más de 30 m de profundidad 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 zonas arrecifales, aunque este no es el caso, 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.

La mayor concentración de marcas de arrastre se localiza en la parte central de la bahía coincidiendo con la zona de mayor aproximación al arrecife artificial y con un desarrollo más somero. Hacia los extremos de la bahía disminuye la densidad de marcas de arrastre, aunque en su mayoría de traza reciente mientras que la profundidad de calado se incrementa hasta profundidades superiores a -35 m. Las causas que obligan a buscar caladeros más profundos hacia los extremos de la bahía difieren de un extremo a otro.

En la zona más próxima al puerto de águilas, unido a una mayor pendiente, es la presencia de un mosaico de fondos duros dispersos entre -25 y -35 m lo que contribuye por sí solo a disuadir a la actividad arrastrera hacia zonas más profundas, circunstancia que ha originado que tradicionalmente las zonas profundas de la pradera de *Posidonia* en esta zona se hayan visto mayormente salvaguardadas de la degradación por este tipo de actividad pesquera.

Por el contrario en el otro extremo, son circunstancias netamente diferentes y con una incidencia más reciente las que contribuyen a potenciar la ya propia eficacia antiarrastre del arrecife artificial. En este caso es la presencia de una instalación de cultivos marinos entre -30 y -35 m unido a la presencia de algunos fondos duros dispersos lo que ha condicionado que los arrastreros busquen fondos más profundos. No obstante, el conocimiento preciso de la presencia del arrecife artificial por parte de la flota arrastrera es evidente en función de la aproximación al mismo.

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 y unido a demás complicaciones orográficas que presente la zona y que incrementen el efecto disuasorio. En este sentido la distancia efectiva entre los módulos más profundos y el frente de lances varía entre 100 metros en la zona central de la bahía y 400 m hacia los extremos



donde al efecto disuasorio contribuye la presencia de otros elementos como la presencia de fondos duros o la instalación de cultivos marinos.

Así mismo, la presencia del arrecife artificial no solo ha contribuido a impedir el arrastre sobre la pradera de *Posidonia* sino que ha contribuido también a mantener un alejamiento efectivo de la misma (del límite inferior) superior a 100 m. 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.

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 aunque con un menor grado de reflectividad en los registros de sonar debido al proceso de recuperación de la pradera.

Merece especial atención la presencia de una serie de marcas localizadas entre -15 y -20 m sobre la pradera de *Posidonia* y por tierra del arrecife artificial. Por su morfología, linealidad y paralelismo a costa todo parece indicar que se tratan de marcas de arrastre realizadas recientemente y por lo tanto de manera ilegal tanto por la morfología del fondo (pradera de *Posidonia*) como por rango batimétrico sobre el que se localizan. Estas marcas no presentan la continuidad que las más profundas debido al mayor grado de heterogeneidad del fondo gracias principalmente al crecimiento diferencial de la mata de *Posidonia* que suponen obstáculos y por lo tanto elemento susceptibles de originar enganches.



En este sentido los arrastreros evitan llevar el arte demasiado pegado al fondo para evitar enganches por lo que el número y la continuidad de las marcas ocasionadas por las puertas de los artes son notablemente inferiores a las zonas profundas y con un fondo más homogéneo. El agravante de esta situación radica en varios aspectos. Por un lado estos lances de arrastre se estarían efectuando sobre pradera de *Posidonia* en buen estado y que nunca había sido afectada por el desarrollo de la actividad arrastrera. Por otro lado estos lances se desarrollarían sobre una serie de caladeros frecuentados tradicionalmente por la flota artesanal con la consiguiente problemática que impediría a las embarcaciones artesanales calar sus artes sobre estos caladeros por miedo a perderlos con enganches con los arrastreros.

Para corroborar esta circunstancia se ha preguntado a una serie de pescadores de la flota artesanal de Águilas si son conocedores de esta situación, los cuales comentaron que de vez en cuando han divisado embarcaciones de arrastre realizando lances por “tierra” del arrecife artificial coincidiendo con la zona donde se han posicionado las marcas de arrastre.

Ante esta situación que demuestra la ineficacia del arrecife artificial sobre las zonas más someras localizadas por tierra del mismo se sugiere la adopción de una serie de medidas que podrían ir encaminadas a la ampliación del arrecife artificial con la colocación de una serie de módulos que prolonguen las barreras hasta -15 m. Esta profundidad es la mínima recomendable para la colocación de arrecifes artificiales evitando alteraciones de tipo hidrodinámico y sedimentológico y que impediría incluso la realización de lances en zonas más someras debido la heterogeneidad manifiesta que presenta la pradera de *Posidonia* con la presencia de numerosas cubetas intermata.

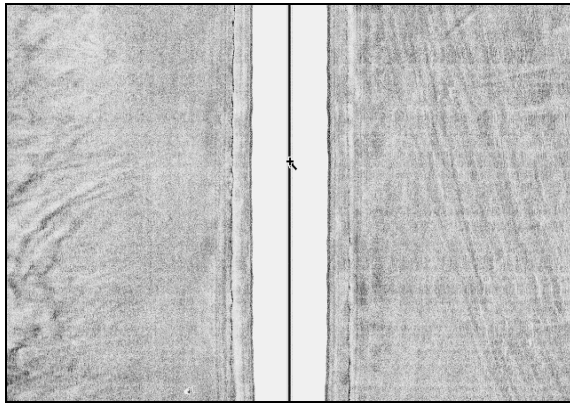


Imagen 3.2.2.1. Marcas de arrastre recientes localizadas al noroeste de la isla de las Palomas y a menos de 25 m de profundidad.

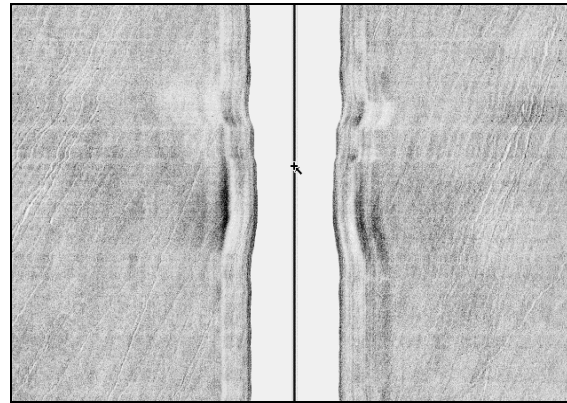


Imagen 3.2.2.2. Marcas de arrastre recientes situadas frente al Portús y a -42 m. La alta densidad de marcas es el reflejo de la intensidad y frecuencia con la que se arrastra en esta zona.

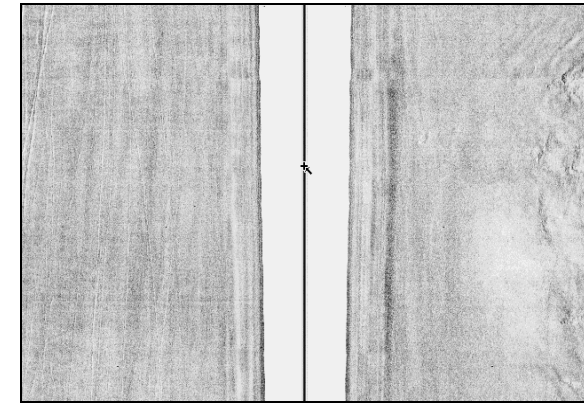


Imagen 3.2.2.3. La presencia de afloramientos rocosos (a la derecha) contribuye a incrementar el efecto disuasorio de la barrera P1 del arrecife del Portús impidiendo lances a menos de -42 m.

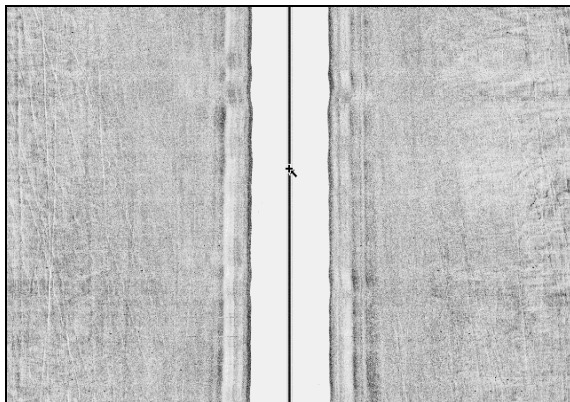


Imagen 3.2.2.4. Con motivo de la presencia del arrecife Águilas, la flota arrastrera a desplazado sus caladeros a profundidades superiores de -30 m. En la imagen aparecen marcas de arrastre frente a Calareona.

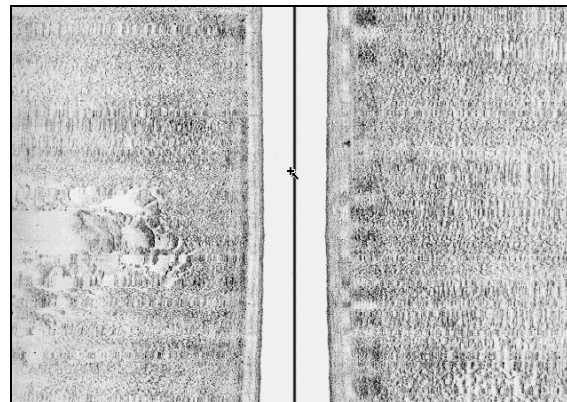


Imagen 3.2.2.5. Marcas de arrastre recientes localizadas *por tierra* del arrecife artificial de Águilas y sobre pradera de *Posidonia*. No obstante, parece el fruto de lances ocasionales.

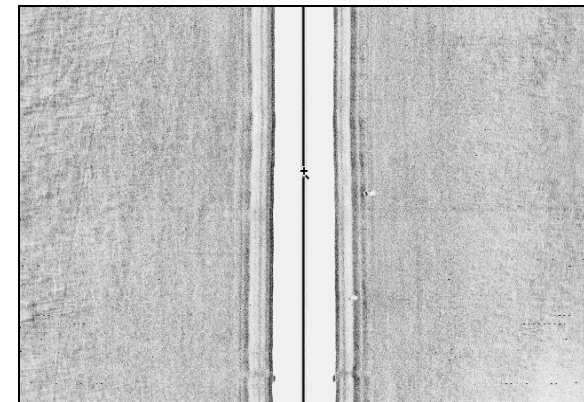


Imagen 3.2.2.6. La presencia de la instalación de cultivos marinos frente a Punta Parda contribuye a potenciar el efecto antiarrastre del arrecife de Águilas impidiendo arrastres a menos de 40 m en zonas adyacentes.



3.2.3. Localización de otras estructuras

Aunque no es el objetivo primordial de este trabajo, como complemento se ha procedido a la identificación y posicionamiento de todos los elementos o estructuras presentes en el fondo y por lo tanto sobre los registros del sonar y que puedan resultar de interés como puede ser la presencia de conducciones submarinas, pecios, materiales abandonados, artes de pesca etc.

3.2.3.1. Arrecife artificial del Portús – Isla de las Palomas

Objetos indeterminados

Se ha procedido a la identificación de todos los eventos de interés que han aparecido a lo largo de los registros de sonar y que por su heterogénea morfología y/o reducido tamaño no se han podido determinar. Algunos de ellos pueden responder a pequeños bioconcrecionamientos aunque la mayor parte de ellos deben ser de origen antropogénico. A lo largo de toda la zona de estudio se han encontrado un total de 25 objetos sin determinar, localizados en su mayoría entre los 20 y 40 m de profundidad de profundidad y de una manera más o menos dispersa. No obstante, se ha detectado cierta concentración de elementos frente a la playa de Fatares, en el rango batimétrico descrito y al noreste de la isla de las Palomas. Desconocemos la naturaleza de estos objetos aunque teniendo en cuenta el uso que se le ha dado tradicionalmente a esta zona es probable que se trate de objetos derivados del desarrollo de actividades militares en la zona.

Preinstalación de cultivos marinos

En el entorno de la barrera P2 del arrecife artificial se han identificado una serie de objetos con una morfología cúbica similar a las propias estructuras antiarrastre del arrecife aunque con un tamaño sensiblemente superior. Se distribuyen a lo largo de dos hileras orientadas en distinta orientación y que por el conocimiento previo de la zona podemos confirmar que se tratan de elementos pertenecientes a una preinstalación de cultivos marinos que se proyectó en su momento en la zona, incluso con anterioridad a

la colocación del arrecife y que no llegó a realizarse. En concreto se trataría de los muertos que sujetarían la instalación. No se han detectado ni cabos ni cadenas asociadas a estos módulos por lo que consideramos que han sido retiradas.

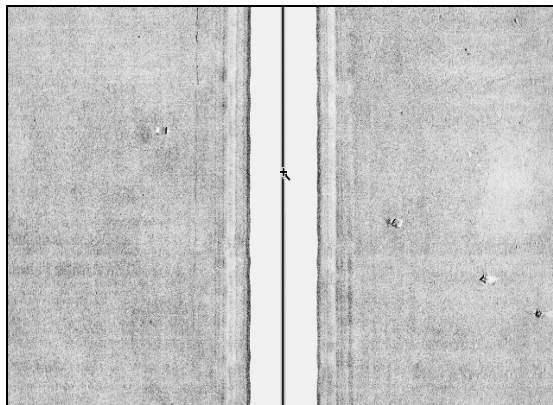


Imagen 3.2.3.1.1. Muertos pertenecientes a la preinstalación de cultivos marinos.

No se descarta la posibilidad de que parte de los elementos identificados como módulos antiarrastre sean realmente módulos de esta preinstalación, no en vano la morfología de los mismos es muy similar, y se ha detectado un excedente de módulos en esta barrera en función de las especificaciones del proyecto de instalación del arrecife.

Pecios

Otros de los elementos relevantes identificados en la zona son una serie 5 de pecios localizados en las proximidades de la isla de las Palomas entre -20 y -30 m de profundidad. En concreto se situarían agrupados al norte de la isla y en el entorno de la barrera P4 del arrecife artificial. En función de la morfología que presentan en los registros de sonar, podemos decir que tienen un tamaño más o menos reducido entre 5 y 10 m de eslora y con un estado de conservación desigual en función su deterioro y su grado de enterramiento.

Desconocemos las causas concretas que han motivado la presencia de estos pecios en el área de estudio aunque teniendo en cuenta su proximidad a la isla de las Palomas no se descarta la posibilidad que se trate de hundimientos tras colisionar con la propia isla aunque no tenemos datos suficientes para confirmar esta circunstancia.

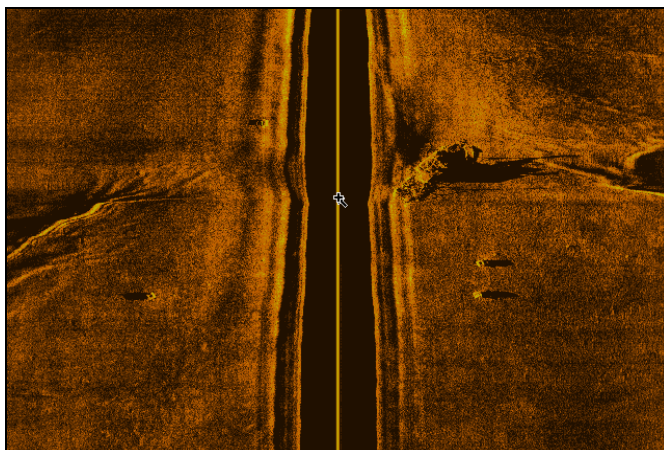


Imagen 3.2.3.1.2. Pecio localizado entre los módulos de la barrera P4 del arrecife artificial del Portús.

Otros elementos

También se han identificado una serie de objetos aislados en el entorno de la zona de estudio como es el caso de algunos neumáticos y algunos cabos adheridos a objetos presentes en el fondo.

3.2.3.2. Arrecife artificial de Águilas – Punta Parda

En el caso de este arrecife artificial se ha procedido con idéntico parecer a la hora de identificar y posicionar cualquier otra estructura presente en la zona de estudio y por lo tanto en los registros de sonar .

Área de extracción de áridos

La zona sobre la que se ubica este arrecife artificial presenta un mayor grado de antropización que la anteriormente descrita siendo la pesca de arrastre el principal factor que ha condicionado la morfología de este fondo. No obstante, no es la única actividad antropogénica que se ha desarrollado o se desarrolla sobre estos fondos.

Otra de las actuaciones de origen antropogénico sobre la zona de estudio es la extracción de áridos para su posterior utilización en la regeneración de playas. La zona destinada para este uso se encuentra localizada entre -15 y -22 m hacia la mitad de la

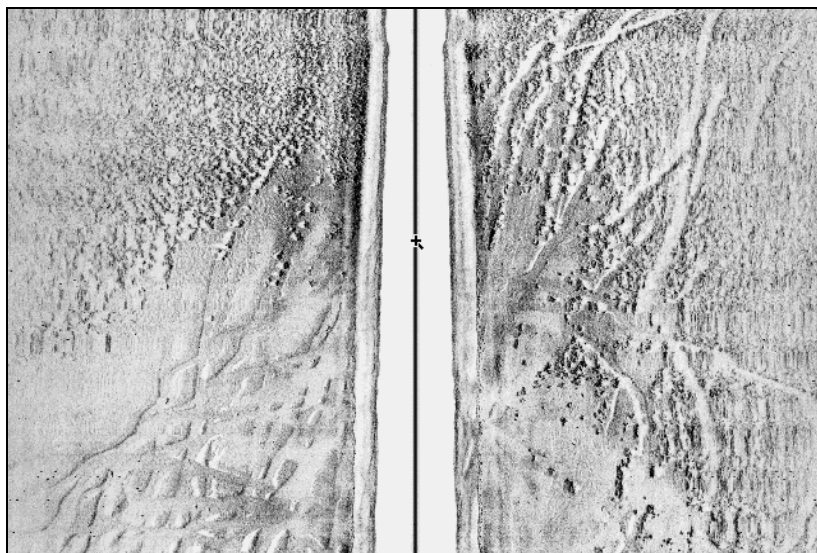


Imagen 3.2.3.2.1. Área de extracción de áridos en las proximidades de la pradera de *Posidonia*. Se puede apreciar la degradación que ha originado la intrusión de algunos lances en la propia pradera.

bahía y sobre un claro de arena de grandes dimensiones (aproximadamente de 1 km de largo) en el interior de la pradera de *Posidonia oceanica*. Como se puede apreciar en el plano 2.3 y 2.4 del anexo cartográfico esta zona se continuaría en profundidad con una zona donde el límite inferior de la misma se sitúa más próximo a costa y a menos profundidad y donde no se han detectado marcas de dragado. La evidencia directa de este tipo de actividad es la presencia de numerosos surcos de entre 50 y 100 cm de profundidad y una anchura de entre 2 y 3 metros.

Se nos ha planteado la incógnita de que si realmente esta discontinuidad en la pradera donde se sitúan los dragados ya existía con anterioridad al comienzo de las actividades o por el contrario es la consecuencia de una intensa actividad extractiva sobre la propia pradera de *Posidonia*. Todo parece indicar que esta discontinuidad no es la consecuencia de la extracción de árido sino que ya existía previamente en el seno de la pradera como consecuencia de una adaptación de la pradera a particulares características de la dinámica litoral de esta zona que ha impedido la colonización por parte de esta fanerógama. Este hecho se justifica por la ausencia total de restos de mata muerta en la zona de extracción directa, incluso en las zonas donde la extracción ha sido menos intensa. Por otra parte el límite actual de la pradera de *Posidonia* con la zona de extracción se encuentra en buen estado de conservación salvo en las zonas donde se han detectado intrusiones de lances de dragado sobre la propia pradera (imagen 3.2.3.2.1.).



Instalación de cultivos marinos

Al suroeste de la zona de prospección se encuentra situada una instalación de cultivos marinos actualmente en uso y que se sitúa entre -35 y -40 m de profundidad. Su presencia en la zona nos ha condicionado el proyecto inicial de prospección que hemos tenido que modificar sobre la marcha para evita posibles enganches del transductor de sonar con la propia instalación. Esta circunstancia ha originado que quede una zona sin prospectar en el ámbito de la instalación de cultivos marinos. No obstante, gracias a la aproximación a la misma por los recorridos de sonar situados al sureste nos ha permitido identificar y posicionar parte de los elementos que componen la instalación de cultivos marinos como es el caso de 12 de los módulos de sujeción que se encuentran en la zona más profunda de la misma.

Objetos identificados

En lo referente a la presencia de pequeños objetos sin identificar en la zona de estudio se han identificado muy pocos y además de manera muy dispersa sobre toda la zona con un mínimo de concentración (un total de 5 objetos) al sur del puerto de Águilas.

No se descarta la presencia de más objetos en esta zona del litoral aunque al tratarse de un sustrato heterogéneo con relieves abruptos en el entorno de la mata muerta y pradera de *Posidonia*, algunos objetos pueden pasar inadvertidos en los registros de sonar o simplemente ocultos por las sombras acústicas de relieves de gran tamaño.

Otros elementos

Por último, podemos decir que de manera puntual se ha detectado la presencia de cabos abandonados frente al puerto de Águilas circunstancia bastante frecuente sobre el entorno inmediato de un puerto con motivo de restos de desecho derivados de las actividades portuarias. También se ha detectado la presencia de algún garreo de embarcación sobre la pradera de *Posidonia*.



En los últimos tiempos se ha demostrado que una de las causas de la regresión de las praderas está asociada al fondeo de embarcaciones sobre su superficie. Este factor actúa principalmente con una degradación de tipo mecánico por el anclaje y garreo de las anclas aunque se potencia por la incidencia de otros factores asociados al fondeo como es el vertido de aguas residuales, hidrocarburos, detergentes, etc. por parte de las embarcaciones.

Se ha podido comprobar en diversos estudios que este impacto es el causante de la reducción de la densidad y la cobertura de la pradera así como de alteraciones de la vitalidad de esta planta. No obstante, no se ha detectado que esto sea una práctica habitual en la zona de estudio debido a la escasez de marcas sobre la pradera. Probablemente, las pocas marcas identificadas procedan del fondeo de las propias embarcaciones que instalaron el arrecife artificial por lo que ha sido una actuación puntual en el tiempo.



4. CARTOGRAFÍA BIONÓMICA DE LOS FONDOS MARINO

4.1. Metodología

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, como en el caso de la pradera de *Posidonia*.

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.

4.2. Resultados

4.2.1. Arrecife artificial del Portús – Isla de las Palomas

Como resultado principal se ha obtenido los planos 1.4., 1.5. del anexo cartográfico donde se recoge la distribución espacial de cada uno de los aspectos bionómicos identificados. Como complemento a las cartografías que ofrecen los planos anteriores se ha procedido también a la elaboración de un modelo digital del terreno en el que integrando los resultados batimétricos se representa de manera tridimensional la



cartografía bionómica obtenida. Las representaciones correspondientes se ofrecen en los planos 1.8 y 1.9. 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 *Posidonia oceanica*
 - Pradera continua
 - Pradera en buen estado
 - Pradera degradada
 - Matas aisladas o timbas
 - Pradera con cubetas sedimentarias

- Fondos blandos
 - Arenas finas bien calibradas
 - Arenas gruesas con *ripple marks*
 - Fondos detrítico-costero
 - Detrítico costero enfangado
 - Fangos terrígenos
 - Arenas mal calibradas
 - Arenas fangosas
 - Fondo de guijarros

- Fondos duros infralitorales

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 disposición geográfica de esta zona origina que se trate de unos fondos expuestos a la confluencia de diferentes procesos hidrodinámicos con una incidencia diferencial



sobre el fondo que originan la alternancia entre periodos de regímenes turbulentos de corrientes y periodos de calma en el mar. Esta alternancia en las condiciones hidrodinámicas origina que las comunidades bionómicas, en especial las asociadas a los fondos blandos, presenten una distribución muy heterogénea tanto espacial como probablemente temporal, con su desaparición en algún momento dado.

En líneas generales se trata de unos fondos con unas pendientes muy elevadas y sometidos a fuerte hidrodinamismo lo que condiciona en gran medida la distribución de las comunidades bionómicas y su adaptación a estas condiciones.

La pradera de *Posidonia oceanica* es una de las comunidades bionómicas presentes 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 del arrecife artificial que alberga esta bahía.

Su representación en la zona de estudio es muy limitada debido principalmente a condicionantes hidrodinámicos y en segundo lugar a la elevada pendiente que presentan estos fondos y que obliga a que los límites inferiores queden muy próximos a tierra. Aunque como hemos dicho el principal limitante de la distribución de la pradera es la elevada situación hidrodinámica que caracteriza a esta zona.

En este sentido, la distribución de *Posidonia* se limita al interior de las pequeñas calas que se reparten a lo largo de esta costa, siendo inexistente su presencia por las zonas exteriores. Por tal motivo el límite profundo de distribución estaría determinado por el grado de protección de cada cala y que en ningún caso permite distribuciones a más de 20 m de profundidad, donde las condiciones hidrodinámicas son más acusadas por el mayor grado de exposición.

Con motivo de esta dependencia a las situaciones hidrodinámicas más moderadas del interior de las pequeñas calas y bahías, la pradera de *Posidonia* se encuentra muy fraccionada formando un mosaico de superficies reducidas aunque por su situación geográfica y la exposición a la dinámica podemos establecer dos unidades:



En primer lugar encontraríamos una pradera situada frente a la playa de Fatares y que en extensión es la más grande de las cartografiadas en el interior de la zona de estudio. Esta situación es debida a que se trata de una zona con un menor grado de exposición hidrodinámica, sobre todo a los acontecimientos de *Levante* y con una menor pendiente que permite la colonización de mayores extensiones que en el resto de las zonas.

El rango batimétrico de distribución se encuentra comprendido entre prácticamente la línea de costa y una profundidad que oscila entre -18 y -19 m donde se sitúa su límite inferior. Como hemos comentado con anterioridad y que generalizamos al resto de las praderas el limitante en este caso no es la disponibilidad lumínica, que en esta zona permitiría probablemente alcanzar los -30 m, sino las limitaciones hidrodinámicas más acusadas a partir de estas profundidades.

En la mitad *Este* de la pradera su límite superior no se sitúa en la línea de costa sino a mayor profundidad (-7 m aproximadamente) a continuación de una serie de fondos sedimentarios donde predominan las arenas finas bien calibradas y en menor medida los fondos de arenas gruesas sometidas a corrientes.

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 prácticamente su límite inferior donde se han detectado evidencias de degradación por la pesca de arrastre (presencia de marcas sobre la pradera) aunque a lo largo de una estrecha franja de pradera. La zona más castigada, si se puede denominar así, se situaría en la mitad *Este* de la pradera, donde los síntomas de degradación llegarían hasta los -16 m de profundidad mientras que en la otra zona, la incidencia es menor y con una distribución más profunda.

Esta zona se ha visto más preservada tradicionalmente por la presencia en sus inmediaciones y en el propio seno de la pradera de una serie de afloramientos rocosos de importante envergadura que han actuado por sí solos como elementos disuasorios de la actividad arrastrera. En líneas generales, podemos decir que el estado de conservación de esta pradera es óptimo. Con posterioridad, en el análisis de los parámetros estructurales de la pradera ahondaremos más en esta cuestión y además de manera cuantitativa.



Hacia la mitad de la pradera se ha detectado cierta discontinuidad de la pradera en forma de canal perpendicular a costa y que en la actualidad se asentaría una comunidad de arenas gruesas sometidas a corrientes. No obstante, bajo este lecho sedimentario se encontrarían superficies de mata muerta como evidencia de una antigua distribución más extensa de la pradera. Esta regresión parece estar motivada por condicionantes ambientales más que a factores antropogénicos, por cambios locales y puntuales de las condiciones de la dinámica litoral de la zona.

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 las zonas más profundas y sujetas a un mayor grado de estabilidad hidrodinámica la pradera se caracteriza por presentar un aspecto de continuidad 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.

Hacia las zonas más someras con una incidencia hidrodinámica y/o sedimentaria más acusada predominaría la tipología de pradera con cubetas con mayor extensión que en el caso anterior y donde se asentaría un tipo de sedimento donde predomina las **arenas gruesas sometidas a corrientes de fondo**.

En las zonas asociadas al límite superior de la pradera donde la inestabilidad hidrodinámica es más extrema predominaría la tipología en forma de matas aisladas o timbas.



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. 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.

La segunda zona de distribución realmente estaría conformada por un mosaico de reducidas praderas asentadas en el interior de las pequeñas calas situadas entre el Portús y la punta de la Aguja. Se trataría de unas zonas con una mayor pendiente y exposición hidrodinámica. El rango batimétrico de distribución es similar a la pradera anterior con el límite inferior situado próximo a -18 m. La unión entre los distintos condicionantes que limitan la distribución de estas praderas hace que no se extiendan a más de 200 m de la línea de costa.

En cuanto al estado de conservación, podemos decir que presentan un buen estado de conservación a lo largo de todas estas superficies sin evidencias de degradación por la pesca de arrastre. Hay que en cuenta que se sitúan en zonas muy protegidas por los accidentes orográficos de la zona y por lo tanto en zonas inaccesibles para la flota arrastrera que requiere zonas más aplaceradas y libres de obstáculos.

La tipología estructural más corrientes en estas praderas es la de pradera continua salvo hacia el extremo de la punta de la Aguja donde aparecen zonas con presencia de numerosas cubetas intermata originadas por los procesos erosivos hidrodinámicos. El sedimento que caracteriza a estas cubetas es el de arenas gruesas sometidas a corrientes en las zonas con una mayor linealidad en los acontecimientos hidrodinámicos y los **fondos de arenas mal calibradas** en las cubetas con un flujo más heterogéneo.

Este sedimento se caracterizaría por un mayor grado de heterogeneidad en su composición textural con presencia tanto de fracciones lutíticas como de gravas y gravillas. En estas zonas el lavado de las fracciones más finas del sedimento es menos acusado. Este tipo de sedimento podría caracterizarse por un tipo de sedimento inestable



sujeto a variaciones temporales dependiendo de la exposición de los acontecimientos hidrodinámicos.

La comunidad de arenas gruesas y gravillas sometidas a corrientes de fondo presentaría una segunda área de distribución más profunda a partir del límite inferior de la pradera de *Posidonia* de Fatares y los fondos duros infralitorales situados entre esta pradera y la bahía del Portús hasta profundidades que oscilan entre -30 y -35 m de profundidad. Esta distribución profunda de esta comunidad es un indicativo de las acusadas condiciones hidrodinámicas que caracterizan ha esta zona.

El sedimento de estos sustratos se caracterizaría por una naturaleza mayoritariamente biodetrítica y procedente de las comunidades adyacentes con predominio de las fracciones más groseras de las arenas gruesas y las gravillas. El efecto de las corrientes origina sobre este sustrato el lavado de las fracciones más finas y la formación de unas ondulaciones sobre la superficie de este sustrato denominadas *ripple marks*. La magnitud de estas estructuras dependerá de la magnitud y linealidad de los acontecimientos hidrodinámicos.

Hacia las zonas más someras por tierra de las praderas de *Posionia* se asentarían sustratos arenosos caracterizados por la predominancia de las fracciones finas arenosas y que denominaremos fondo de **arenas finas bien calibradas**. Esta comunidad la encontraríamos por ejemplo en el interior de la cala del Portús y frente a la playa de Fatares donde la colonización por parte de *Posidonia* queda limitada por la inestabilidad sedimentaria.

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.



Los fondos blandos localizados frente a la cala del Portús entre -14 y el límite de prospección se caracterizan por una dinámica litoral donde predominan los procesos sedimentarios al transporte y erosión, por lo tanto es un tipo de sustrato con predominio de fracciones finas y lutíticas con porcentajes superiores al 40% del total de composición textural. Dependiendo del rango de profundidad en cada caso se asentaría un tipo de comunidad u otra aunque siempre caracterizada por la presencia de organismos vasófilos.

De manera aproximada, podemos decir que los fondos más someros y próximos a costa se caracterizarían por un tipo de sustrato caracterizado por las **arenas fangosas**. Hacia la zona más profunda y central de la bahía el grado de deposición de finos dando lugar a los fondos de **fangos terrígenos**. En la zona más profunda de la prospección, el mayor grado de posición de finos unido a un tipo de sustrato basal de naturaleza detrítica da lugar a los fondos **detrítico costeros enfangados**. Los **fondos detrítico costeros** son los mayormente representados en la zona de estudio desde el final de la pradera de *Posidonia* hasta el límite de la prospección, únicamente interrumpido por afloramientos rocosos y por los adyacentes fondos de guijarros.

La comunidad de la roca infralitoral también estaría representada en la zona de estudio tanto en los primeros metros desde la línea de costa con un asentamiento mayoritario de organismos fotófilos. Como en los alrededores de la isla de las Palomas donde se han detectado diversos afloramientos rocosos, en estos casos con poblamientos más bien precoralígenos.

Alrededor de los fondos duros mencionados se localizarían una serie de fondos sedimentarios de granulometría grosera y que denominaremos como **fondo de guijarros**. Parte de este sedimento es de naturaleza biodetrítica procedente de restos de organismos de las comunidades adyacentes, principalmente de la roca, mientras que otra parte es estrictamente mineral y formada por guijarros de distinto calibre procedente de la disgregación de los propios afloramientos rocosos tanto por procesos erosivos motivados por las corrientes como por organismos destructores.



4.2.2. Arrecife artificial de Águilas – Punta Parda

Los resultados correspondientes a la cartografía bionómica de los fondos donde se asienta este arrecife artificial se muestran en los planos 2.4 y 2.5. del anexo cartográfico así como la modelización tridimensional de la misma en los planos 2.8 y 2.9.

En el presente apartado procederemos a la descripción somera de cada una de las unidades bionómicas y tipologías identificadas. Previamente ofrecemos un listado de las mismas:

- Pradera de *Cymodocea nodosa*
- Pradera de *Posidonia oceanica*
 - Pradera continua
 - Pradera en buen estado
 - Pradera degradada
 - Matas aisladas o timbas
 - Pradera con cubetas sedimentarias
 - Mata muerta de *Posidonia* con haces aislados vivos
 - Mata muerta de *Posidonia*
- Fondos blandos
 - Arenas finas bien calibradas
 - Arenas gruesas con *ripple marks*
 - Fondos detrítico-costero
 - Arenas mal calibradas
 - Arenas fangosas
 - Fondo de guijarros
- Fondos duros infralitorales



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 diferente envergadura.

La **pradera de *Posidonia oceanica*** es la comunidad bionómica 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).

La pradera de *Posidonia* se distribuye de manera continua a lo largo de los fondos infralitorales comprendidos entre el puerto de Águilas y Punta Parda que delimitaría el extremo *Suroeste* de la zona de estudio, aunque a tenor de los resultados cartografiados, esta unidad bionómica debe continuar aún más allá del límite prospectado por la provincia de Almería.

Desde el punto de vista de distribución batimétrica se ha detectado su presencia desde prácticamente la línea de costa hasta profundidades que varían entre -22 y -28 m de profundidad dependiendo de unas zonas a otras de la pradera. Se ha podido comprobar que la pradera se extiende hasta la profundidad de -28 en el extremo *Suroeste* donde se situaría su límite inferior. Hacia la zona central de la bahía el límite inferior decrece



progresivamente hasta -22 m en la anomalía comentada con anterioridad para volver a alcanzar los -28 m más hacia el *Norte*. A partir de cierta latitud, el límite profundo de distribución se hace más somero de manera progresiva hasta situarse otra vez en torno a -22 m, frente al Castillo de Águilas donde la pendiente del fondo es más acusada que en el resto de la pradera. Probablemente una situación de estrés hidrodinámico y/o sedimentario más severo que en el resto de la pradera haya limitado de manera natural la distribución profunda de la pradera en esta zona.

Por su parte, el límite somero de la pradera también se sitúa dentro de un rango variable de profundidades en función del grado de heterogeneidad que presente la orografía de la costa. En los tramos de costa con mayor grado de linealidad sin apenas accidentes geográficos la pradera se distribuye prácticamente desde la línea de costa. En las proximidades a alguna punta o cabo a lo largo de esta costa, el límite somero aparece a mayor profundidad tras una serie de sustratos de **arenas finas bien calibradas**, en parte vegetados por **céspedes de *Cymodocea nodosa***. En estos casos la complejidad orográfica de la línea de costa origina situaciones hidrodinámicas particulares con incidencia local otorgando cierto grado de inestabilidad sedimentaria a los fondos someros adyacentes que impiden el asentamiento natural de *Posidonia*. Por su parte, esta inestabilidad caracterizada por regímenes de corrientes turbulentos favorece en mayor medida el asentamiento de otros organismos como la fanerógama marina *Cymodocea nodosa*.

En estos casos, la pradera de *Posidonia* comienza a una distancia suficiente de la línea de costa y que se situaría dentro del rango batimétrico comprendido entre -7 y -10 m. Hacia los extremos de la bahía caracterizados por una situación especialmente inestable donde se alternan periodos erosivos con periodos de fuerte sedimentación, la pradera de *Posidonia* comienza a una distancia suficiente de la costa entre 200 y 300 metros independientemente de la profundidad que se dé en cada momento. Estos fondos más someros desprovistos de cobertura de *Posidonia* estarían caracterizados igualmente por arenas finas bien calibradas con ciertas trazas de fracción lutítica y colonizadas en parte por *Cymodocea*.

En lo referente a su estado de conservación, la pradera manifestaría síntomas de degradación, en su mayor parte debido a la pesca de arrastre con anterioridad a la



colocación del arrecife artificial, en aproximadamente el 50 % del total de su superficie, presentando diferentes grados de degradación de unas zonas a otras. La zona mayoritariamente castigada hasta la colocación del arrecife artificial fueron las zonas de pradera localizadas hacia la mitad de la bahía, donde aparte de una degradación más severa en función de las apreciaciones de los registros de sonar, la degradación por la pesca de arrastre llegó a sus cotas más someras entorno a -15 m. El hecho de esta degradación diferencial de la pradera se justificaría en que las zonas centrales de las bahías, generalmente son más accesibles para las embarcaciones de arrastre gracias a su mayor aplaceramiento y homogeneidad orográfica lo que permite efectuar lances con las maniobras mínimas.

Por el contrario, hacia los extremos de la bahía, la presencia de una costa más accidentada unido a mayores pendientes y en este caso a la presencia de obstáculos adicionales como son la presencia de fondos duros, ha impedido una degradación más severa de la pradera. En este sentido, los síntomas de degradación se manifiestan en la pradera en todo momento por encima de -20 m. La zona profunda mejor conservada la encontraríamos hacia el entreno *Noroeste* de la pradera, en las proximidades de Águilas, donde la degradación por la pesca de arrastre es prácticamente inexistente y en todo caso a lo largo de una estrecha franja comprendida entre -22 y -25 m.

Merece especial interés resaltar que una pequeña zona de pradera de aproximadamente 22 Ha y localizada frente a la punta de Matalentisco entre -21 y -30 m de profundidad se ha visto protegida tradicionalmente de su degradación por la pesca de arrastre tal y como demuestran los registros de sonar donde no se evidencian marcas de arrastre sobre su superficie. Como se puede apreciar en los planos 2.4 y 2.5. la causa que ha originado esta situación es la presencia en las proximidades de esta zona de diversos afloramientos rocosos e incluso en el entorno de la propia pradera. La heterogeneidad que manifiesta la batimetría en esta zona también es indicativo de rocas subyacentes a la pradera, parcialmente aflorantes, circunstancia que contribuye a dificultar la realización de lances de arrastre sobre esta parte de la pradera. Con posterioridad, en el análisis de los diferentes aspectos cuantitativos de la pradera podremos comprobar de manera objetiva el estado óptimo de esta parte de la pradera en comparación con otras zonas localizadas en su mismo rango batimétrico aunque con síntomas de degradación más evidentes.



Un segundo factor de degradación sobre esta pradera radicaría en el desarrollo de actividades extractivas de áridos en zonas adyacentes a la pradera. Aunque parece más probable que la zona donde se ha procedido a la extracción de áridos no presentaba inicialmente cobertura por parte de la pradera de *Posidonia oceanica*, en algunas zonas los lances de extracción se han prolongado hasta el interior de la pradera originando la consiguiente degradación. No obstante, debido al carácter puntual de estas actuaciones tanto espacial como temporalmente, podemos decir que no han tenido una repercusión importante sobre el estado general de la pradera de *Posidonia*.

En lo referente a las distintas tipologías que adopta la pradera, podemos decir que aparece el esquema típico de las praderas del litoral murciano y alicantino. El límite somero de la pradera se caracterizaría por la presencia de numerosas timbas aisladas debido al estrés sedimentario de estas zonas que trascenderían progresivamente con la profundidad hacia una tipología caracterizada por la continuidad espacial de la pradera y la presencia de numerosas cubetas intermata. Entre la punta de Matalentisco y Águilas, el sedimento de estas cubetas se caracterizaría por la presencia de **arenas gruesas sometidas a corrientes de fondo** gracias a la linealidad de las corrientes en esta zona, mientras que en la otra mitad de la pradera predominaría la tipología de los **fondos de arenas mal calibradas**.

El crecimiento diferencial de la mata en estas zonas origina la presencia de un sustrato aparentemente más aplacerado aunque heterogéneo y con numerosos resaltes. El ámbito de distribución de esta tipología se prolongaría hasta una profundidad variable entre –10 m en la parte central de la bahía y por lo tanto afectada por un hidrodinamismo más moderado y –15 hacia los extremos donde las condiciones son más severas.

A partir de esta profundidad hasta el límite inferior de la pradera la tipología se caracterizaría por presentar un aspecto continuo sin grandes cubetas debido al mayor grado de estabilidad hidrodinámica. Únicamente en la mitad norte de la pradera se han detectado zonas aisladas con presencia de cubetas intermata.

A partir del límite inferior de la pradera hasta el final de la prospección el sustrato es eminentemente sedimentario y caracterizado por una composición principalmente biodetrítica con cierto grado de enfangamiento superficial (<20% del total). Por las

características sedimentológicas de estos sustratos y el contingente biológico identificado, adscribiremos esta tipología bionómica a la comunidad de los **fondos detrítico costeros**. En la mitad norte de la zona de estudio, los fondos detríticos comenzarían a partir de -35 m a continuación de los fondos de **arenas fangosas** localizados en zonas más someras y a partir del límite de la pradera de *Posidonia*. Probablemente situaciones de acreción sedimentaria motivadas por un régimen particular de corrientes sean las causantes del ligero enfangamiento que caracteriza a estos fondos sedimentarios.

La presencia de fondos duros en el ámbito de nuestra prospección es muy escaso y limitado a las zonas costeras con asentamiento principalmente de organismos pertenecientes a la **comunidad fotófila de la roca infralitoral**. Una segunda zona de distribución la representarían los diferentes afloramientos rocosos situados entre -25 y -32 m hacia la mitad sur de la zona prospectada.

La situación lumínica en el fondo es lo suficientemente importante para mantener todavía una población biológica con afinidades fotófilas como es el caso de la presencia abundante de la especie *Padina pavonica*. En realidad la heterogeneidad de esta zona con un mosaico entre pradera de *Posidonia*, afloramientos rocosos alternados con fondeos detríticos confieren a esta zona un atractivo y diversidad importantes con una mezcla de organismos procedentes de las tres comunidades.

Pese a las condiciones lumínicas importantes que permiten todavía la existencia del ambiente fotófilo, la comunidad principal asentada sobre estas rocas sería la del precoralígeno o **comunidad de algas esciáfilas de modo calmo**. En este sentido aparecen especies algares como *Udotea petiolata*, *Halimeda tuna* y *Dictyota linealis*, *Dyctiopteris membranacea*. Especialmente importante es la presencia de la especie *Phyllophora nervosa* presentando grandes densidad y denotando ciertas afinidades detríticas de esta comunidad.

Como evidencia de transición hacia los **fondos coralígenos** se han identificado especies tolerantes como es el caso del alga *Cystoseira zoosteroides*, esponjas como *Spongia agaricina*, *Disydea fragilis* y *Acanthella acuta* y ascidias como *Halocynthia papillosa*.



5. BATIMETRÍA

5.1. Metodología

Para la realización de los trabajos de batimetría se empleó una sonda hidrográfica monohaz *SIMRAD EA 400* que es capaz de registrar la distancia entre el transductor y el fondo marino con una precisión de 1 cm en el eje vertical (Z). La emisión y recepción de pulsos se registra para dos frecuencias diferentes, por una parte a 200 KHz, originando un registro de la superficie del fondo y por otra parte a 38 KHz, penetrando en cierta medida a través del sustrato.

La prospección del fondo con el uso de una doble frecuencia, además de obtener un registro batimétrico muy preciso, nos permitirá discernir entre distintos tipos de fondo asignando colores en función del grado de reflexión de los pulsos emitidos por la sonda. El relieve superficial de los fondos y su resistencia a la penetración de los haces de onda originarán esta diferenciación. La sonda utilizada permite descargar los datos en tiempo real a un equipo informático, o bien almacenar en su memoria interna las cotas y posiciones procedentes del receptor *dGPS*.

Durante la realización de los trabajos las lecturas de la sonda son exportadas en formato *NMEA* a un *PC* portátil donde, gracias al *software HydroPro* se relacionan y almacenan con sus correspondientes lecturas de posición, provenientes del *GPS* diferencial. Para conseguir de un mayor grado de precisión en los resultados finales se ha procedido al registro de 1 lectura de sonda por segundo.

En los planos 1.1. y 2.1. de *Trabajos realizados* se muestran los recorridos efectuados para la obtención de la batimetría. Estos recorridos coinciden con los realizados para la prospección con sonar de barrido lateral ya que ambos trabajos se realizaron al mismo tiempo.

Una vez obtenidos los datos brutos de batimetría se realiza un filtrado de los mismos con el fin de eliminar lecturas erróneas. Con posterioridad y utilizando el soporte



informático apropiado se generan las isolíneas definitivas de batimetría mediante la aplicación de procesos de interpolación de datos.

A los datos brutos de registro sonográfico no se les ha aplicado la corrección de marea correspondiente al momento de su adquisición, por lo que ofrecen un resultado con un error de ± 20 cm aproximadamente. Por tales motivos, sugerimos la utilización de estos resultados con cautela y de forma orientativa.

A partir de la retícula georreferenciada de registros de sonda y mediante la utilización del *software* de modelización apropiado se ha realizado un levantamiento batimétrico del fondo mediante isóbatas. Para tal efecto se ha aplicado técnicas estocásticas de interpolación de datos. Con posterioridad y superponiendo el modelo digital del terreno con la cartografía bionómica realizada como mapa base se han realizado levantamientos tridimensionales de las dos cartografías realizadas.

5.2. Resultados

En lo referente a la prospección batimétrica, se ha elaborado una batimetría de contorno sobre toda la zona de estudio mediante la aplicación de un método de interpolación estocástica. El resultado se ofrece en los planos 1.2. y 2.2. con una representación solamente de las batimetrías y en los planos 1.5. y 2.5. donde se ha superpuesto sobre los resultados de la cartografía bionómica. Las isóbatas se han generado cada 1 metro de profundidad para que el resultado sea lo más detallado posible.

Por su parte, en los planos 1.6, 1.7, 2.6. y 2.7 se ha representado los modelos digitales del terreno correspondiente a ambas pradera y desde distintos puntos de vista. Recordamos que los planos bajo el epígrafe 1 hacen referencia a la zona del Portús y el 2 a la zona de Águilas – Punta Parda.

Por último, en los planos 1.8., 1.9., 2.8. y 2.9 se ha procedido a la representación tridimensional de los resultados de la cartografía bionómica, también desde diferentes perspectivas para tener una visión más global de la totalidad de la zona.



6. CARACTERIZACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA PRADERA DE *POSIDONIA*

6.1. Metodología

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. La metodología es la misma que se aplicó en años anteriores en otras zonas del litoral murciano igualmente protegidas por la presencia de arrecifes artificiales. 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 ambas praderas.
- Analizar la situación estructural de la pradera mediante la estimación de parámetros como la densidad de haces, la cobertura de pradera y el índice de conservación sobre distintos puntos de la 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 sobre los mismos puntos anteriores.
- Mediante la aplicación de técnicas de reconstrucción histórica de la pradera analizar de forma retrospectiva diversos parámetros de crecimiento y evaluar su evolución.



6.1.1. Seguimiento de estaciones permanentes de *Posidonia oceanica*

En cada uno de los arrecifes artificiales fue instalada una estación de seguimiento permanente 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 para este proceso, la medida de densidad de haces.

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. A sí mismo la totalidad de la instalación está unida directamente o por mediación de otro cabo a uno de los módulos perteneciente al arrecife y cuya posición es conocida. 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 la estación instalada en cada uno de estos arrecifes 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 (1998 - 2001). Estos resultados fueron obtenidos por esta empresa durante los años que lleva realizando este trabajo para esta misma Consejería.

La degradación de las praderas se ha debido al efecto sinérgico de tres factores derivados de la actividad arrastrera:

En primer lugar, el desarrollo de este tipo de actividad sobre la pradera ocasiona una degradación mecánica por el arrastre de las puertas que estabilizan la red, eliminando gran cantidad de haces. La consecuencia inmediata es la reducción de la cobertura de la pradera con la aparición de numerosos pasillos de mata muerta.

Derivado de este primer impacto se produce una resuspensión del sedimento incrementando considerablemente la turbidez del agua y por consiguiente reduciendo la capacidad fotosintética de la planta. Si esta actividad se realiza de forma extensiva y

reiterativa, la turbidez puede prolongarse en el tiempo causando la mortandad de numerosos haces.

Por último se produce un proceso de sedimentación de estas partículas, que dependiendo de su intensidad puede llegar a enterrar haces vivos, ocasionándoles la muerte.

Suponiendo el cese de estas perturbaciones por la protección que confieren los arrecifes, es esperable un proceso de recuperación, a largo plazo, de la pradera.

En la tabla 6.1.1.1. 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
Pto. Aguilas – Punta Parda	623374	4138092
El Portús – Isla de las Palomas	673197	4160862

Tabla 6.1.1.1. Posición de las estaciones de seguimiento permanente de *Posidonia oceanica*.

6.1.2. Parámetros estructurales

Aunque las posibilidades del cartografiado mediante el Sonar de Barrido Lateral permiten ofrecer una valoración a cerca de estado de conservación de la pradera de *Posidonia*, ésta es meramente cualitativa y depende de la apreciación subjetiva de la persona que interprete los registros. No obstante, sin despreciar la valoración extraída del Sonar y de acuerdo con las bases técnicas del trabajo, se ha procedido a la caracterización de la pradera mediante la medición *in situ* de una serie de parámetros estructurales como son la cobertura de pradera y la densidad de haces. Esta metodología nos permite cuantificar el estado de conservación de la pradera de *Posidonia oceanica*. Aunque el método se limita a mediciones puntuales, un muestreo lo suficientemente extenso nos permitirá obtener una visión general de la pradera en su conjunto.

Las estaciones de muestreo han sido dispuestas, a lo largo de toda el área de estudio, procurando abarcar tanto el rango batimétrico como el geográfico ocupado por las praderas. En el caso del arrecife artificial de El Portús – Isla de las Palomas el número

de estaciones es cuatro, dos someras y dos profundas, situadas sobre las dos unidades (praderas) diferentes que aparecen, siendo sus coordenadas las siguientes:

Estación	X	Y
P1	672349	4161220
P2	672322	4160995
P3	668868	4160634
P4	668941	4160576

Tabla 6.1.2.1. Estaciones de muestreo en la pradera del Portús

En el caso del arrecife artificial de Águilas – Punta Parda se han dispuesto cinco estaciones, dos localizadas entorno a los 15 m. de profundidad y tres en la zona profunda de la pradera entre 25 y 28 m. cuyas coordenadas son las siguientes:

Estación	X	Y
E1	625647	4140079
E2	624409	4139147
E3	624387	4139722
E4	623366	4137745
E5	622529	4138150

Tabla 6.1.2.2. Estaciones de muestreo en la pradera de Águilas.

Como se ha comentado con anterioridad, en cada estación se han tomado medias de densidad de haces de *Posidonia* por unidad de superficie de pradera y medidas de cobertura de pradera, entendiéndose como tal al porcentaje de fondo que está colonizado por la *Posidonia*. Ambas variables son utilizadas corrientemente para establecer el estado de conservación de las praderas. La densidad hace referencia a la microestructura de la pradera mientras que la cobertura nos aproxima a la macroestructura.

Para el cálculo de densidades se ha procedido al recuento de haces de *Posidonia* en el interior de un marco de PVC de 40 cm de lado. El marco lo coloca el muestreador de manera aleatoria sobre la superficie de la pradera teniendo cuidado de no disponerlo sobre superficies con mata muerta de *Posidonia*, arena u otro tipo de sustrato. De esta manera se evita subestimar las medidas de densidad quedando referidas únicamente a superficie de pradera viva. El muestreo será repetido hasta un total de tres réplicas de densidad en cada punto de muestreo.

Por otra parte, en cada una de las estaciones de muestreos se ha medido la cobertura de la pradera mediante la utilización de un cabo lastrado de 20 metros de longitud. El cabo está dividido en segmentos de 25 cm. Se extiende sobre el fondo de forma más o menos paralela a costa para evitar variaciones inducidas por la profundidad y asegurándonos que la superficie sobre la que se extienda sea representativa de la zona.

El buceador recorre el cabo anotando sobre una tablilla los metros de transecto correspondientes a cada uno de los distintos tipos de sustratos observados. También diferenciaremos entre pradera de *Posidonia* viva y mata muerta. En cada estación se han realizado 4 réplicas de 10 metros. Una vez obtenidos los datos, se multiplican por 10 para obtener el porcentaje de cobertura correspondiente a cada comunidad.

A partir de los datos de densidad y cobertura se calcula la "densidad global" utilizando la siguiente expresión:

$$DG=(d/s)*IC$$

En donde:

IC Índice de conservación de la pradera

d es la densidad media por unidad de muestreo

s es la superficie de dicha unidad en m²

C es el porcentaje estimado de cobertura de *Posidonia* viva

Se entiende por densidad global al número de haces por superficie potencial de pradera de *Posidonia*. Este valor de densidad será siempre igual o inferior al anterior debido a que aquí únicamente tenemos en cuenta el porcentaje de superficie cubierta por *Posidonia* viva con respecto a la superficie total de pradera. Este valor nos da información sobre el estado de conservación de la pradera.

Para realizar una aproximación más precisa a la estimación del estado de conservación de la pradera de *Posidonia oceanica* se ha calculado el parámetro denominado Índice de Conservación (**IC**) y que se extrae a partir de los datos de cobertura. El **IC** se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$IC = P / (P + MM)$$

En donde **P** es el porcentaje de fondo cubierto por pradera viva y **MM** es el porcentaje de fondo cubierto por pradera muerta. El resultado obtenido es un valor que oscila entre 0 y 1, correspondiendo el 0 al estado de degradación total. El resto de los sustratos no se tienen presentes debido a que se trata de sustratos que por algún motivo ecológico no han sido colonizados por *Posidonia*.

Este índice establece una relación directa entre el porcentaje de pradera viva y el de pradera muerta.

Para que la tipificación de la pradera resulte más visual se han establecido tres intervalos de igual amplitud que corresponderían a los siguientes rangos del índice de conservación:

Pradera en buen estado	$0.66 < IC < 1$
Pradera degradada	$0.33 < IC < 0.66$
Pradera muy degradada	$0 < IC < 0.33$

6.1.3. Estudio lepidocronológico

Los tallos de *Posidonia oceanica* se encuentran parcial o totalmente enterrados bajo el sedimento y son de una consistencia lignificada. Por este carácter hipogeo han sido denominados rizomas.

Estos rizomas pueden presentar un patrón de crecimiento horizontal o vertical que viene determinado por la disponibilidad de espacio y variaciones en la tasa de sedimentación. Los rizomas de crecimiento vertical se denominan ortotropos y responden principalmente al proceso de sedimentación mientras que los de crecimiento horizontal o plagiotropos son los responsables de la colonización de nuevos espacios, incrementando la cobertura de la pradera.

Sobre la superficie de los rizomas se encuentran adheridas unas estructuras igualmente lignificadas y que corresponden a los pecíolos de las hojas. Éstas se renuevan a lo largo de todo el año, principalmente en otoño, perdiendo por senescencia únicamente el limbo, quedando fijado sobre el rizoma los pecíolos que se denominan *escamas*.

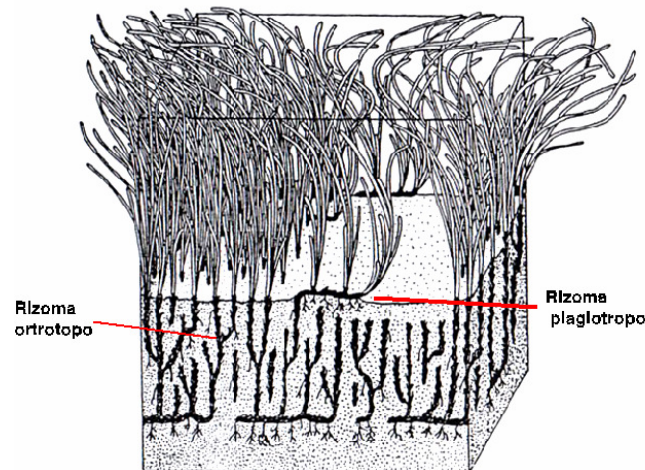


Figura 6.1.3.1. Esquema de una mata de *Posidonia oceanica*, donde se aprecia el entramado de rizomas tanto plagiotropos como ortotropos. Imagen extraída de Pergent, 1987.

Se ha comprobado en diversos estudios que las escamas que quedan adheridas a los rizomas presentan un ciclo anual de grosor (CROUZET, 1981) presentando un mínimo invernal correspondiente al mes de febrero. La amplitud de estos ciclos anuales no se presenta de manera aleatoria sino que depende del año en cuestión que se analice a partir de la incidencia de factores exógenos, climáticos principalmente, y endógenos de tipo fisiológico (PERGENT, 1987).

El análisis de estos ciclos es lo que se denomina lepidocronología (BOUDOURESQUE *et al*, 1983). La posibilidad de poder identificar los ciclos anuales nos permite efectuar una reconstrucción histórica de diversas variables de *Posidonia* como el crecimiento y producción anual de rizoma, producción de hojas, floraciones antiguas, etc.

Se ha comprobado que el crecimiento de los rizomas de *Posidonia* está relacionado con la tasa de sedimentación, por lo que las alteraciones sobre la misma, ya sean de origen natural o inducidas por el hombre, puede verse reflejado en el crecimiento de los rizomas.

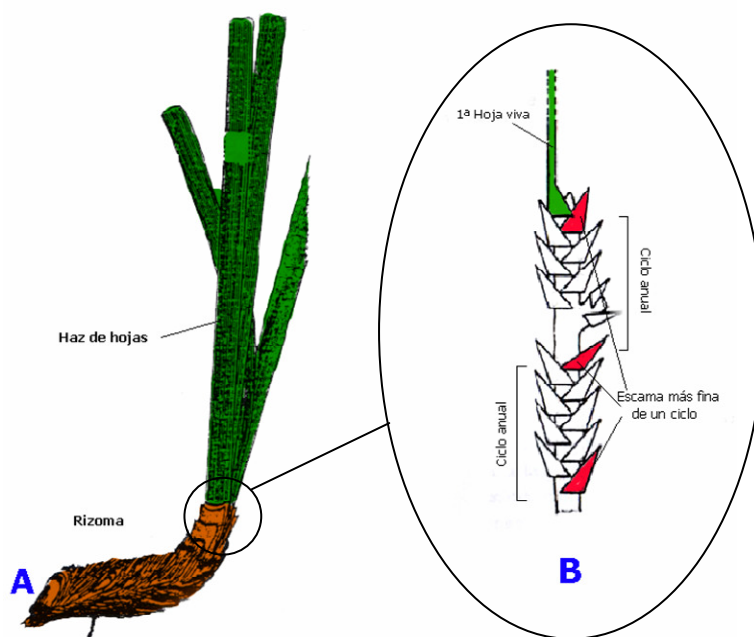


Figura 6.1.3.2. Rizoma y haz de *Posidonia oceanica* (A). Esquema de dos ciclos anuales de espesor de escamas (B). Imagen obtenida de PERGENT, 1987.

Esta dependencia entre el crecimiento del rizoma y la tasa de sedimentación nos permite identificar a partir del análisis de una muestra de rizomas, si se ha producido cualquier tipo de perturbación que altere dicha tasa. 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*, en concreto fomentando el incremento de la velocidad del crecimiento de los rizomas. Hay que tener presente que uno de los efectos principales del impacto de la pesca de arrastre es la resuspensión de gran cantidad de sedimento que se traduce en un incremento de la tasa de sedimentación y por consiguiente la inducción en el crecimiento de los rizomas. Si este efecto persiste durante un largo periodo de tiempo, la planta termina por ser enterrada.

Partiendo de la hipótesis planteada se pretende poner de manifiesto también en qué medida la presencia de un arrecife artificial sobre una pradera de *Posidonia*, que evite la pesca de arrastre sobre esta zona y las adyacentes, provoca una estabilización del crecimiento de los rizomas de la planta frente a lo que ocurre en otras praderas que no disfrutan de esta protección. La posibilidad de reconstruir la situación a lo largo de un periodo de tiempo ya transcurrido, permitirá establecer diferencias, en el seno de una



misma pradera, entre los crecimientos producidos antes y después de la colocación del arrecife artificial.

6.1.3.1. Muestreo *in situ*

El procedimiento de muestreo *in situ* ha consistido en la recogida de muestras de rizomas para su posterior análisis lepidocronológico en laboratorio. Se han recogido rizomas en cada una de las estaciones de muestreo empleadas para la medición de densidades y coberturas, de forma aleatoria y espaciada para evitar la obtención de haces pertenecientes a un mismo rizoma plagiotropo que sesgaría la muestra. Se ha procurado seleccionar rizomas ortotropos, que por su crecimiento vertical son los que responden a las modificaciones de la tasa de sedimentación y caracterizan mejor a la pradera por su crecimiento más estable. La mayor presencia de rizomas plagiotropos en las zonas de estudio ha dificultado la recolección de rizomas apropiados por lo que se ha incrementado el esfuerzo de obtención de rizomas. Las muestras han sido escurridas y transportadas en bolsas de plástico para su procesamiento en el laboratorio.

6.1.3.2. Método de laboratorio

Previamente al tratamiento de las muestras para su análisis lepidocronológico, los rizomas se han desecado para evitar su putrefacción, y por consiguiente, se vean afectadas variables como el peso de los mismos. Con posterioridad al análisis, las muestras se han deshidratado en la estufa hasta obtener un peso constante.

El método de análisis lepidocronológico consiste en ir quitando las escamas adheridas a los rizomas detectando al tacto el grosor de las mismas que, como ya se ha comentado, presenta el mínimo en el mes de febrero. Se considera la escama más fina como la separación entre dos ciclos anuales. Estas escamas se conservan adheridas a los rizomas para delimitar las secciones de rizoma producidas en cada ciclo anual. A continuación se cuentan el número de escamas correspondientes a cada ciclo incluyendo la más fina. Este número hace referencia al número total de hojas producida en cada ciclo anual. Por último se mide la separación entre las escamas finas y se corta cada sección, una vez



identificado el año al que corresponde, para su posterior pesado con una balanza de precisión.

6.1.4. Estudio demográfico 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 han 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 con relación a diferencias asociadas a cambios batimétricos como con 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 ha 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 $R/M=1$.



6.2. Resultados

6.2.1. Seguimiento de las estaciones permanentes 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.

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 Águilas – Punta Parda

La instalación de seguimiento permanente colocada en el Arrecife de Punta Parda se encuentra emplazada en la posición anteriormente mencionada y que corresponde a una profundidad de -21 m. En este punto, la pradera de *Posidonia oceanica* se encuentra sensiblemente degradada a consecuencia de la pesca de arrastre. Las marcas originadas por este tipo de pesca se han detectado tanto en los registros de SSS como en las inmersiones de buceo.

Los cuadros de la instalación de seguimiento se dispusieron en un principio tal y como se muestra en la figura 6.2.1.1., a lo largo de 4 tanzas sujetadas al sustrato mediante varillas de ferralla. La codificación utilizada hace referencia a la disposición relativa de cada una de las tanzas con respecto al módulo de origen. Según este criterio la codificación utilizada es la siguiente:

- FG (fuera-garbí)
- FL (fuera-levante)
- TG (tierra-garbí)
- TL (tierra-levante)

La numeración que acompaña a estos códigos hace referencia al número del marco instalado que no necesariamente corresponde a ninguna ordenación. En total se instalaron 20 marcos de seguimiento en grupos de 5, además de 3 más adicionales en la tanza denominada FG coincidiendo con bordes de marcas de arrastre. Estos marcos responden a los códigos A1, A2 y A3.

A partir de la segunda campaña realizada en 1999 no se ha podido encontrar las dos tanzas localizadas hacia tierra del módulo posiblemente porque hayan sido arrancadas por algún arte de pesca.

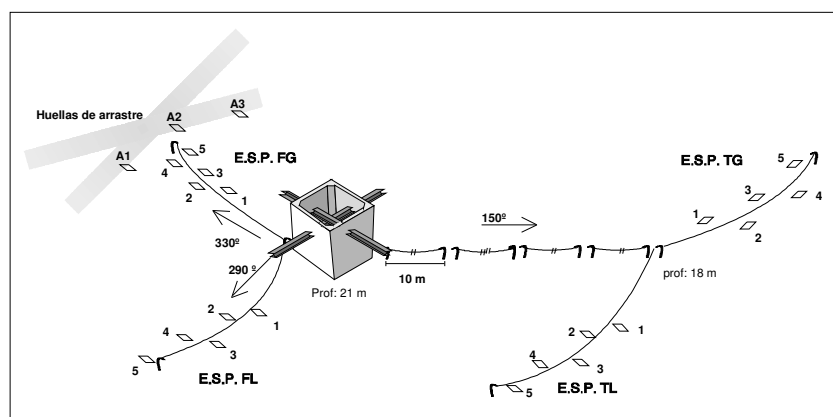


Figura 6.2.1.1. Esquema de la estación de seguimiento permanente en pradera de *Posidonia oceanica*

Estación de seguimiento del Portús – Isla de las Palomas

Esta instalación de seguimiento permanente se fondeó en el año 1998 y consta de 4 estaciones con 5 marcos cada una de ellas (20 marcos en total). La estructura de esta estación es similar a las de Punta Parda, Mazarrón y Calnegre ya citadas más arriba. La profundidad sobre la que está colocada es de -12 m y la pradera aparentemente presenta un buen estado de conservación. Las notaciones TL, TG, FL y FG son similares a las que aparecen en el resto de las estaciones.

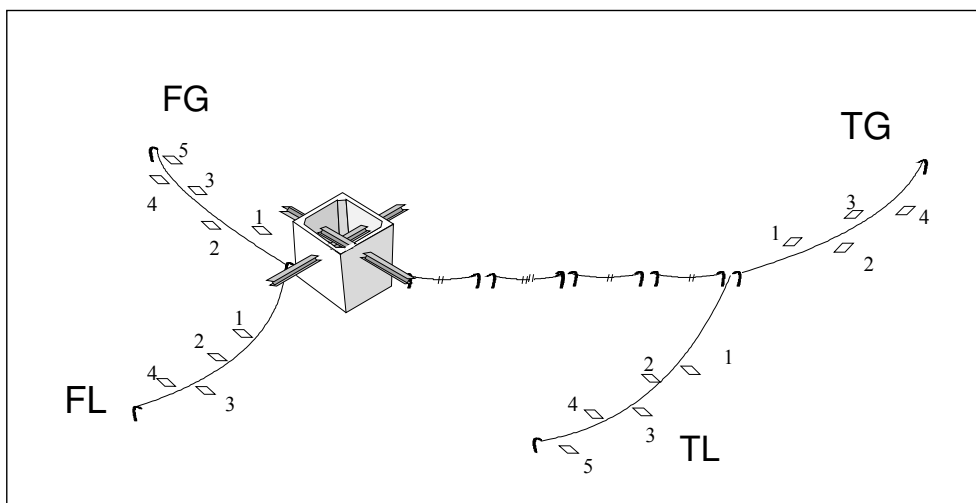


Figura 6.2.1.2. Disposición de la estación de seguimiento de *Posidonia oceanica*.

6.2.1.1. Análisis de resultados

En las tablas que siguen a continuación se muestran los resultados obtenidos en el recuento de haces de *Posidonia* desde 1998 hasta la fecha en septiembre del 2004. También se especifica en la tabla la identificación de los marcos. Los códigos de los marcos corresponden a las siguientes referencias:

Subestación	Marco	Número de haces				
		1998	1999	2000	2001	2004
FG	FG1	22	22	27	26	26
	FG2	14	15	22	21	25
	FG3	21	21		22	24
	FG4	19	19		21	19
	FG5	16	21		19	21
	A1	11	11		11	9
	A3	7	5	6	6	6
	A2	14	15	14	15	17
	Media	15.5	16.1	17.3	17.6	18.4
	d.t.	4.8	5.5	8.0	6.1	6.9
FL	FL1	21	23	22	22	24
	FL2	10	11	10	11	10
	FL3	18	17		19	21
	FL4	19	19		21	23
	FL5	21	22		21	25
	Media	17.8	18.4	16.0	18.8	20.6
	d.t.	4.5	4.8	8.5	4.5	6.1

Tabla 6.2.1.1.1. Recuentos de haces en la estación de seguimiento permanente de Águilas – Punta Parda

Subestación	Marco	Número de haces				
		1998	1999	2000	2001	2004
TG	TG1	35	37	12	13	15
	TG2	19	19	19	21	19
	TG3	22	22	25	22	22
	TG4	46	47	30	33	34
	TG5	39	39	31	29	33
	Media	32.2	32.8	23.4	23.6	24.6
	d.t.	11.4	11.9	8.0	7.7	8.5
FG	FG1	47	46	30	32	34
	FG2	35	35	27	28	31
	FG3	43	43	31	30	31
	FG4	53	53	51	51	55
	FG5	66	67	44	44	47
	Media	48.8	48.8	36.6	37.0	39.6
	d.t.	11.6	12.0	10.4	10.0	10.9
TL	TL1	32	32	31	31	32
	TL2	26	26	21	22	23
	TL3	41	42	31	33	33
	TL4	34	34	33	33	36
	TL5	45	45	22	22	22
	Media	35.6	35.8	27.6	28.2	29.2
	d.t.	7.5	7.7	5.6	5.7	6.3
FL	FL1	35	35	29	30	33
	FL2	42	42	31	29	28
	FL3	46	47			39
	FL4	38	38	21	21	25
	FL5	31	31	24	24	25
	Media	38.4	38.6	26.3	26.0	30.0
	d.t.	5.9	6.2	4.6	4.2	6.0

Tabla 6.2.1.1.2. Recuentos de haces en la estación de seguimiento permanente del Portús – Isla de las Palomas.

Como se desprende de los resultados, en la estación de Águilas no se ha detectado una tendencia homogénea 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 una media de incremento de 3 haces/marco, con oscilaciones en el periodo intermedio. Con posterioridad reflejaremos esta situación gráficamente.

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. Por ejemplo, la proximidad de los marcos FG1 y FL1 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.

En el caso particular de la estación del Portús, a la vista de los resultados obtenidos en los recuentos a lo largo del periodo muestreado, podemos decir que tras un primer periodo de estabilidad en el que apenas se han producido oscilaciones de 1 haz de media, se ha producido un descenso brusco en el número de haces entre el año 1999 y 2000 de manera generalizada en casi todos los marcos de la estación de muestreo, sin encontrar diferencias claras entre la subestación somera y la profunda.

En el transcurso de los últimos años parece que la situación se ha estabilizado con ligeros incrementos en unos marcos pero dentro del orden de 1 o 2 haces aunque una tendencia sujeta a una variabilidad muy alta de unos a otros marcos. Los decrementos máximos se han detectado en la subestaciones TG1 y TL5 donde se han detectado decrementos entre los años extremos del periodo de más de 20 haces. Por su parte, aunque la tendencia general ha sido el decremento brusco del número de haces, en algunos casos particulares se ha detectado incluso un incremento aunque muy leve. Esto sería el caso de las estaciones FG4 y TL4 con incrementos entre los extremos del periodo de tan solo 2 haces.

La anomalía detectada entre 1999 y 2000, en ningún caso se puede relacionar con la incidencia de factores antropogénicos donde la única posibilidad en la zona sería una posible incidencia de la pesca de arrastre. Esta circunstancia queda totalmente descartada porque, como hemos podido comprobar, la eficacia antiarrastre del arrecife artificial ha quedado demostrada, originándose los lances de arrastre en la actualidad sobre zonas más alejadas y profundas y en ningún caso sobre superficies de *Posidonia oceanica*.

En ausencia de este tipo de factores y teniendo en cuenta las características del entorno donde se ubica esta zona de la pradera, podemos decir que la regresión puntual experimentada en este periodo responde a una situación de arrancamiento generalizado de haces probablemente unido a grandes tasas de acreción sedimentaria sobre la pradera que originaría enterramientos parciales de la pradera y por lo tanto la mortalidad de gran número de haces. Esta circunstancia pudo ser la consecuencia del efecto de

algún temporal de grandes dimensiones con una incidencia especialmente significativa sobre estas costas de la región de Murcia.

Como se ha comentado con anterioridad, se ha podido constatar la presencia de amplias zonas de mata muerta de *Posidonia oceanica* subyacente bajo sustratos de arenas gruesas y gravillas sometidas a corrientes de fondo. A tenor de las evidencias, esta brusca regresión en la pradera no parece ser motivada por efecto de la pesca de arrastre sino por una alteración de las condiciones hidrodinámicas y/o sedimentológicas.

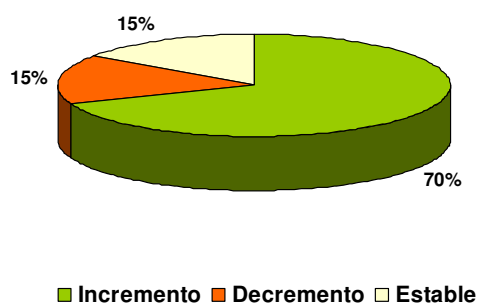


Figura 6.2.1.1.1. Evolución del número de haces en la estación de Águilas – Punta Parda.

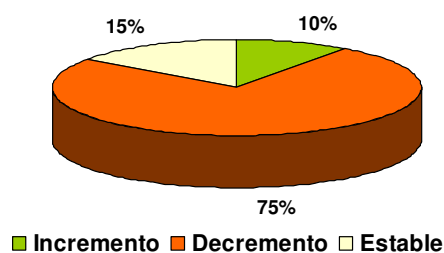


Figura 6.2.1.1.2. Evolución del número de haces en la estación del Portús – Isla de las Palomas.

De forma resumida podemos decir, comparando los datos obtenidos entre la primera y la última campaña de muestreo, que se ha producido una respuesta muy diferente en el ámbito de las dos zonas de la pradera con una proporción de marcos con síntomas de expansión del 70% en el caso de la pradera de águilas y tan solo del 10% en el caso del Portús. En este último caso, se ha detectado síntomas de regresión en el 75% de los marcos de la estación y tan solo, una situación de estabilización en el 15%.

Aparentemente la lectura de estos resultados parece indicarnos una situación de expansión en la pradera de Águilas 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.

En el caso de la estación del Portús, la incidencia puntual entre 1999 y el 2000 de factores exógenos de tipo meteorológico es la determinante de estos decrementos aunque se ha detectado una ligera mejoría a partir de esta fecha.

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 la tabla siguiente 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 la estación de Águilas .

Test de homogeneidad de la varianza			
Estadístico Levene	df1	df2	sig
1.0955	4	53	0.368

Análisis de la varianza					
	d.f	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	sig
Entre grupos	4	103.787	25.947	0.648	0.6305
Dentro de los grupos	53	2120.833	40.016		
Total	57	2224.621			

Tabla 6.2.1.1.3. Resultado del análisis de la varianza entre años para la estación Águilas – Punta Parda

Test de homogeneidad de la varianza					
Estadístico Levene	df1	df2	sig		
0.4797	4	93	0.751		

Análisis de la varianza					
	d.f	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	sig
Entre grupos	4	2164.96	541.24	5.7216	0.0004
Dentro de los grupos	93	8797.457	94.596		
Total	97	10962.418			

Test de rango múltiple						
Media	Años	2000	2001	2004	1998	1999
28.58	2000					
28.84	2001					
30.85	2004					
38.75	1998	*	*			
39	1999	*	*			

Tabla 6.2.1.1.4. Resultado del análisis de la varianza entre años para la estación del Portús – Isla de las Palomas

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 6.2.1.1.3. donde se representa gráficamente la evolución temporal del número de haces en su totalidad y por subestaciones para la estación de Águilas, se ha detectado una situación de incremento progresivo del número de haces tanto por subestaciones como para el total de la estación. Con oscilaciones superiores a 2.5 haces/marco entre 1998 y 2004.

Este incremento detectado se correlacionaría 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.

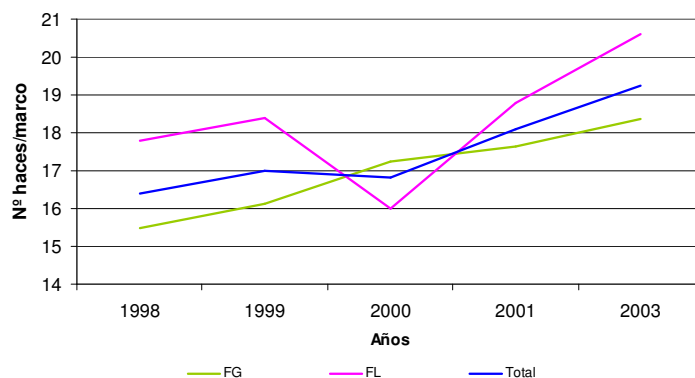


Figura 6.2.1.1.3. Evolución temporal del número de haces/marco por estaciones de muestreo en la estación de Águilas – Punta Parda

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 la subestación FG se ha detectado un incremento progresivo y homogéneo a lo largo de todo el periodo muestreado mientras que en la subestación FL, con valores similares en los años extremos con relación a FG, se ha detectado un decremento considerable del número de haces entre 1999 y el 2000. No obstante, hay que tener presente que en ese año se localizaron parte de los marcos de que consta la subestación, por lo que la estimación es parcial y probablemente no representativa de la totalidad de la subestación.

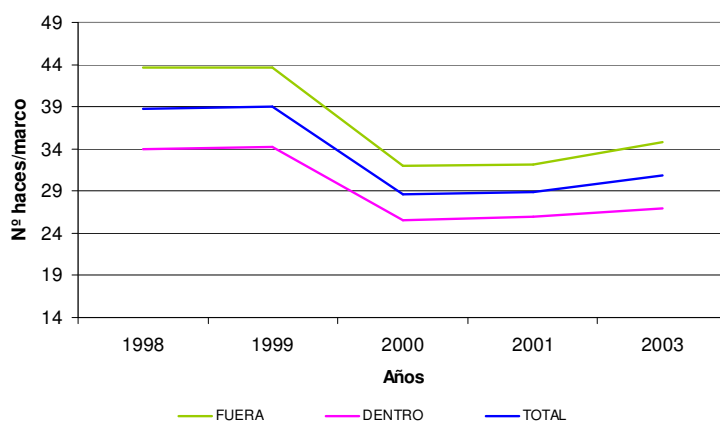


Figura 6.2.1.1.4. Evolución temporal del número de haces/marco para la estación del Portús.

Los resultados correspondientes a la estación del Portús si que nos aporta diferencias significativas entre los distintos años con medias notablemente superiores en los dos



primeros años (1998 y 1999). No obstante un análisis más detallado nos indica que las diferencias son únicamente significativas con respecto a las estimaciones medias de los años 2000 y 2001, mientras que con los resultados obtenidos en el último año no se ha podido constatar es hecho. En función de estos resultados, podemos decir, que tras los acontecimientos que originaron el decremento brusco del número de haces, se ha originado una progresiva recuperación del número de haces derivado de un balance demográfico a favor de los nuevos reclutamientos de haces ya sea por división de haces o por germinación de nuevos propágulos. No obstante, las diferencias son todavía grandes con respecto a los resultados de los primeros años aunque sin significación estadística.



6.2.2. Análisis de parámetros estructurales

Como se ha comentado con anterioridad, para la caracterización espacial de las zonas de pradera donde se sitúan las estaciones de muestreo se han estimado diversos parámetros estructurales que tradicionalmente se han utilizado como descriptores medioambientales de la pradera de *Posidonia oceanica*. Estos son la densidad de haces, la cobertura de pradera y el índice de conservación.

En este apartado procederemos a analizar los resultados obtenidos referente a cada parámetro para las dos praderas estudiadas y por estaciones de muestreo. Con los resultados obtenidos para cada estación se han confeccionado los planos 1.10. y 2.10. del anexo cartográfico.

6.2.2.1. Cálculo de densidades (Haces/m²) de pradera

El parámetro que tradicionalmente se ha utilizado con más frecuencia a la hora de tipificar las praderas es la densidad de haces de *Posidonia*. La densidad es una variable que se ha demostrado que está íntimamente relacionada con la profundidad, decreciendo conforme se incrementa ésta. Aproximadamente este decremento se ajusta a un modelo exponencial negativo muy similar al de la extinción de la luz cuando atraviesa la columna de agua de lo que se deduce que está relacionada con la cantidad de luz fotosintéticamente activa que llega a cualquier punto de la pradera. Conforme se incrementa la profundidad, la luz se convierte en un factor limitante acentuando la competencia entre los rizomas.

Como primera aproximación al estudio de la pradera se ha calculado la densidad de haces por unidad de superficie de pradera viva. Estos resultados se obtienen directamente a partir de las medidas tomadas en el mar. Estas medidas de densidad son útiles para caracterizar la pradera desde un punto de vista más ecológico y relacionado con factores ambientales como el grado de turbidez del agua. Pero es más impreciso para establecer el estado de conservación de la misma debido a que no se tiene en cuenta la superficie correspondiente a la mata muerta de *Posidonia* ni los sustratos sin colonizar ya que se evita poner los marcos sobre zonas sin pradera.

No obstante puede ser más que apropiada para poder poner en evidencia perturbaciones sobre la pradera que afecten únicamente a la densidad de haces, como un incremento moderado de la turbidez o un proceso de hipersedimentación, tampoco demasiado agresivo. En estas circunstancias la macroestructura de la pradera puede que no se vea alterada. En apartados sucesivos se prestará atención a este otro aspecto de la pradera.

En la tabla que se adjunta a continuación se ofrecen las densidades de haces calculadas para cada una de las estaciones establecidas en los dos arrecifes. Los valores que aparecen en la tabla 6.2.2.1.1. corresponden a la media y la desviación típica obtenidas de las tres réplicas medidas en cada estación. La medida está expresada en haces/m² de pradera viva de *Posidonia*.

Arrecife	Estación	Profundidad	Densidad (Haces/m ²)
El Portús – Isla de las Palomas	P1	8	352±26
	P2	16	623±40
	P3	10	452±26
	P4	17	575±67
Aguilas – Punta Parda	E1	23	75±6
	E2	24	106±16
	E3	10	490±75
	E4	26	129±46
	E5	13	406±6

Tabla 6.2.2.1.1. Densidades expresadas en haces/m² de pradera por punto de muestreo. Media y desviación típica.

La primera apreciación que se desprende del análisis de los resultados es la relación existente entre el decremento de densidad con el incremento en profundidad en el caso de la pradera protegida por el arrecife de Aguilas – Punta Parda. En multitud de trabajos de investigación se ha comprobado esta circunstancia ya que es una respuesta ecológica de la planta al proceso de extinción de la luz al penetrar en la columna de agua. La capacidad fotosintética de *Posidonia oceanica* va mermando con la profundidad por lo que la luz supone un factor limitante para su óptimo desarrollo. Como se puede apreciar en la tabla, de manera general los valores más altos se localizan en las proximidades del límite superior de la pradera y los más bajos asociados a las zonas más profundas. En el caso de las praderas del Portús – Isla de las Palomas parece que se invierte esta tendencia, si bien, probablemente es debido a la localización de las estaciones más someras en zonas con una importante alteración hidrodinámica que afecta notablemente al crecimiento de los haces al someterlos a un estrés sedimentario.

En general, los valores estimados en las estaciones de muestreo son muy parecidos a los obtenidos en praderas de similares características presentes en la región de Murcia, donde las perturbaciones sobre las zonas someras suelen ser mínimas o inexistentes, mientras que en las estaciones más profundas están intensamente degradadas a consecuencia de la pesca de arrastre. Cabe destacar sin embargo la elevada densidad de haces detectada en las estaciones P2 y P4 pertenecientes al arrecife de El Portús – Isla de las Palomas localizadas a unos 16 m. de profundidad.

Respecto a la distribución espacial de los valores observados en las praderas, no se observa en ninguno de los dos arrecifes una tendencia clara que manifieste la actuación de algún factor local que pudiera producir una atenuación de la luz.

6.2.2.2. Cálculo de coberturas

En cuanto a los resultados de las medidas de cobertura en las estaciones muestreadas se ha calculado la media de las cuatro réplicas realizadas en cada una de ellas. En la tabla 6.2.2.2.1. aparecen reflejados estos resultados con sus correspondientes desviaciones típicas. Los valores están referidos al porcentaje de cobertura de fondo ocupado por cada uno de los diferentes sustratos. Estos sustratos son pradera de *Posidonia oceanica* viva, mata muerta de *Posidonia* y fondo arenoso sin cobertura vegetal.

Arrecife	Estación	Profundidad	<i>Posidonia</i>	Mata muerta	Arena
El Portús – Isla de las Palomas	P1	8	87.5±10.41	10±9.1	2.5±2.89
	P2	16	77.5±10.41	5.00±4.1	17.5±9.57
	P3	10	64.38±3.15	33.75±6.3	1.88±3.75
	P4	17	61.88±11.43	33.13±10	5±7.07
Aguilas – Punta Parda	E1	23	41.25±6.29	58.75±6.3	
	E2	24	57.5±12.58	42.50±13	
	E3	10	41.25±8.54	18.75±6.3	40±14.1
	E4	26	60.63±5.15	33.13±12	6.25±9.46
	E5	13	72.5±20.21	8.75±6.3	18.75±25.9

Tabla 6.2.2.2.1. Porcentajes de cobertura para cada comunidad por estación de muestreo. Media y desviación típica.

De la tabla anterior se desprende que en líneas generales los mayores porcentajes de sustrato estas colonizados por pradera de *Posidonia oceanica* viva y en menor medida el resto de los aspectos identificados.

Centrándonos en las estimaciones de cobertura de *Posidonia oceanica* podemos decir que las praderas protegidas por el arrecife del Portús – Isla de las Palomas presentan valores muy homogéneos respecto a la profundidad, como es de esperar en praderas sin un elevado grado de alteración; sin embargo si que existe cierta variación espacial respecto a su distribución geográfica, presentándose valores más elevados en la pradera de Fatares. Este hecho puede estar relacionado con una mayor exposición de la pradera cercana a la punta de la Aguja a los temporales, apoyándose esta afirmación en el hecho de presentar una mayor proporción de mata muerta.

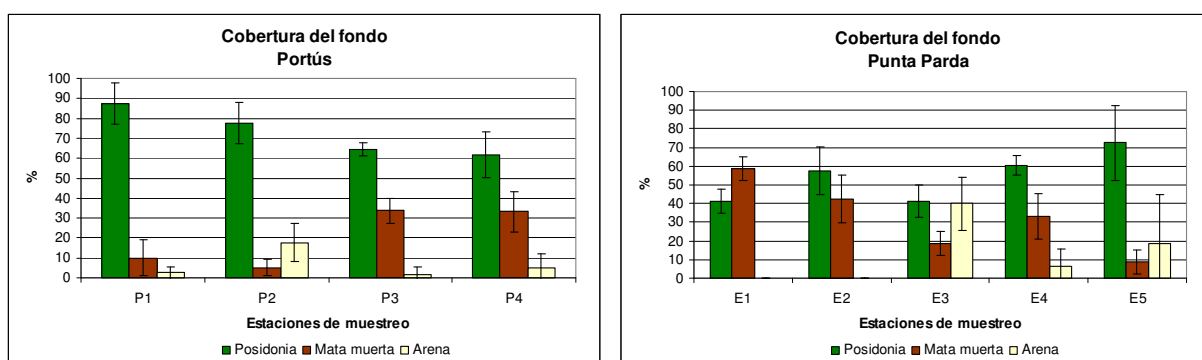


Figura 6.2.2.1. Porcentajes de cobertura medios por estaciones de muestreo.

En el caso de la pradera localizada entre el puerto de Aguilas y Punta Parda, se mantiene más o menos constante la cobertura presentada por *Posidonia*, sin que exista una clara variación con respecto a la profundidad pero al igual que en el caso anterior, se observa cierta diferencia respecto a la distribución geográfica presentándose los valores más elevados en las cercanías de Punta Parda. Así mismo se aprecia un mayor porcentaje de mata muerta conforme aumentamos la profundidad, oscilando desde valores de 9-19 % de las estaciones someras a 33-59 % de las zonas profundas que han sido sometidas a un importante deterioro por parte de la pesca de arrastre.

6.2.2.3. Densidad global (haces/m²) de fondo

A partir de los resultados obtenidos de densidad de haces por unidad de superficie de pradera viva y el índice de conservación correspondiente a la pradera hemos calculado la densidad global, recordando que responde a la siguiente fórmula:



$$DG=(d/s)*IC$$

En donde:

IC es el índice de conservación

d es la densidad en pradera viva

s es la superficie de la unidad de muestreo en m²

C es el porcentaje estimado de cobertura de *Posidonia*.

A diferencia de la densidad referida a superficie de pradera, que nos aportaba una visión más bien ecológica, esta nueva variable nos ofrece una aproximación sobre el estado de conservación de la pradera ya que la estimación de densidad está referida únicamente al porcentaje de fondo cubierto por pradera viva en relación al total. De esta manera evitamos la sobrestimación de los valores de densidad en aquellas zonas donde a pesar de tener densidades de pradera viva muy elevadas el porcentaje de superficie de pradera es bajo. Esto no descarta la utilidad de la primera variable aunque su significación, como ya hemos dicho, aporta una visión más ecológica sobre el estado de la pradera. Los resultados obtenidos para cada una de las estaciones estudiadas se muestran en la tabla 6.2.2.3.1.

A priori cabría esperar una baja relación entre la densidad global y el aumento de la profundidad ya que la densidad de haces en la pradera se pondera en función de la cobertura. Sin embargo se han obtenido resultados anómalos y dispares entre las praderas estudiadas.

Al analizar los resultados obtenidos para la densidad global de haces en la zona del Portús se aprecia la existencia de una relación inversamente proporcional a la profundidad. Como ya se ha comentado con anterioridad, las estaciones someras de la zona del Portús presentan una cierta alteración debida a procesos hidrodinámicos que unida a la escasa variación de profundidad con respecto a las estaciones profundas producen unos resultados discutibles.

Por el contrario, en la pradera de Águilas se produce un decremento notable de la densidad global con la profundidad debido probablemente a que las zonas próximas al límite inferior de la pradera presentan un importante grado de degradación. Como se ha comentado con anterioridad en este descriptor juega un papel importante la cobertura de *Posidonia* por lo que zonas con altas densidades pero una cobertura baja provocará un descenso de la densidad global. Además, existe cierta tendencia al incremento de valores hacia la zona de Punta Parda, pudiendo relacionarse con la presencia de ciertos afloramientos rocosos en el límite profundo que han permitido la conservación de una pequeña zona de pradera en buen estado.

Arrecife	Estación	Profundidad	DG (Haces/m ²)
El Portús – Isla de las Palomas	P1	8	3298±46
	P2	16	5869±73
	P3	10	3065±23
	P4	17	380.9±29
Aguilas – Punta Parda	E1	23	31±6
	E2	24	54±9
	E3	10	347±51
	E4	26	83±26
	E5	13	372±35

Tabla 6.2.2.3.1. Densidad global expresada en haces/m² de fondo por estación de muestreo (media y desviación típica).

6.2.2.4. Índice de conservación

Como se ha comentado en el apartado de metodología, la cobertura, en particular el índice de conservación extraído a partir de ella, es el dato idóneo a la hora de caracterizar una pradera de *Posidonia* y establecer cuál es su estado de conservación.

Observando la figura 6.2.2.4.1. y la tabla correspondiente donde se representan los valores medios del índice de conservación por praderas y estaciones de muestreo, podemos decir que la pradera de *Posidonia oceanica* del Portús se encuentra en buen estado de conservación a lo largo de las cuatro estaciones muestreadas aunque con diferencias significativas entre las dos estaciones situadas frente a la playa de Fatares y las situadas frente al Portús. En el primer caso el índice es superior a 0.9 en ambas estaciones debido a las grandes coberturas de pradera viva y la consiguiente escasa representabilidad de los porcentajes de mata muerta que en ningún caso supera el 10%.



En lo concerniente a las otras dos estaciones de muestreo situadas sobre una pradera morfológicamente diferente a la anterior en función de la cartografía obtenida, el índice de conservación es significativamente inferior a las dos estaciones anteriores aunque manifestando igualmente un buen estado de conservación desde el punto de vista estructural. En este sentido se han obtenido estimaciones del mismo en torno a 0.65. En ambas estaciones se ha detectado un mayor porcentaje de superficies de mata muerta con valores en torno al 33% del total y con valores de sustrato no colonizado inferiores al 5% en ambos casos. La naturaleza de este sustrato se caracteriza por la predominancia de las arenas gruesas y gravillas sometidas a corrientes de fondo.

Se da la circunstancia que en estas praderas fraccionadas situadas en las proximidades del Portús, no se ha identificado la incidencia de ningún tipo de actuación antropogénica que las altere principalmente en lo referente a la degradación a causa de la pesca de arrastre, donde las evidencias nos indican que nunca se ha arrastrado sobre estas praderas, que de una manera natural, debido a la escasa profundidad de distribución y la complicada orografía de la costa se han visto salvaguardadas de este tipo de perturbación.

Teniendo en cuenta esta circunstancia, podemos decir, que los factores que limitan el estado de conservación en esta pradera son meramente climáticos o derivados de la situación ambiental particular de esta zona de la bahía estudiada. Como hemos reiterado a lo largo de este estudio, la zona donde se ubican estas praderas estaría sujeta a un grado muy elevado de inestabilidad hidrodinámica y/o sedimentaria con situaciones de acreción sedimentaria importantes de manera puntual unidas a una probable tasa alta de sedimentación como demuestra la granulometría de zonas sedimentarias adyacentes.

De esta manera, la pradera estaría sujeta a periodos donde se incrementa la mortalidad de haces por movimientos sedimentarios que entierran parcialmente la pradera sobre todo las zonas más someras.

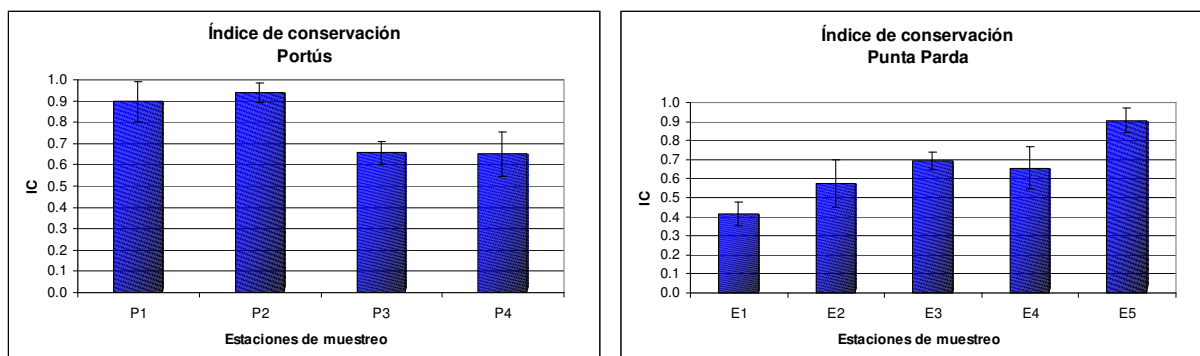


Figura 6.2.2.4.1. Índice de conservación por estaciones.

En lo concerniente a la pradera de Águilas se ha estimado un índice de conservación más alto en las zonas someras con valores de 0.69 en la estación E3 y 0.91 en la estación E5. En ambos casos las estimaciones obtenidas nos indicarían la existencia de un buen estado de conservación en las zonas someras de la pradera. En el caso de la estación E5, el índice obtenido es significativamente superior al de las estaciones profundas, mientras que el de la estación E3 solamente con alguna de ellas. La diferencia entre las estaciones someras estriba en un mayor porcentaje de mata muerta en la estación E3 aunque por el contrario con porcentajes de sustrato sin colonizar (40%). La presencia de grandes cubetas intermata con arenas gruesas sometidas a corrientes de fondo localizadas en las proximidades de esta estación nos indica que es una zona hidrodinámicamente más inestable que la anterior y por lo tanto sujeta a un mayor grado de mortalidad derivado de causas naturales.

En lo referente a las estaciones profundas, el índice de conservación presenta una variabilidad relativamente alta dependiendo de una zona a otra. En todo caso, las diferencias respecto a las zonas someras, se fundamenta en la significativa mayor proporción de mata muerta en las zonas profundas. Como se desprende del gráfico anterior, el índice de conservación de la estación E4 (0.65), representativo de una pradera en buen estado de conservación es superior aunque no de manera significativa con respecto a las estaciones E1 y E2, donde se han obtenido los valores de 0.41 y 0.58 respectivamente y que serían representativos de una pradera con un estado de conservación medio.

Aunque los porcentajes de pradera viva de las tres estaciones profundas ofrecen resultados similares, las diferencias en cuanto al estado de conservación radica en el

menor porcentaje de mata muerta de la estación E4 unido a la presencia de sustrato sin colonizar que en el caso de las estaciones E1 y E2 es inexistente. La naturaleza de estos sustratos sin colonizar es biodetrítica con presencia de numerosos rodolitos.

La circunstancia que motiva esta diferencia en profundidad es la degradación diferencial de la pradera a causa de la pesca de arrastre con anterioridad a la colocación del arrecife artificial. Las zonas donde se aprecian más evidencias de degradación por la pesca de arrastre son la que presentan un índice de conservación más bajo.

Arrecife	Estación	Profundidad	IC
El Portús – Isla de las Palomas	P1	8	0.9±0.09
	P2	16	0.94±0.05
	P3	10	0.66±0.05
	P4	17	0.65±0.11
Aguilas – Punta Parda	E1	23	0.41±0.06
	E2	24	0.58±0.13
	E3	10	0.69±0.05
	E4	26	0.65±0.11
	E5	13	0.91±0.07

Tabla 6.2.2.4.1. Índice de conservación por estación de muestreo Media y desviación típica.



6.2.3. 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 15 y 22. En los casos donde el número de haces recolectado

Tras la datación de las secciones de rizomas se han eliminado los resultados correspondientes a las secciones basales de los rizomas que presentan un claro patrón plagiotropo para evitar sobrestimaciones en los cálculos tanto de velocidad de crecimiento como de producción rizoma. También se han eliminado aquellas secciones sobre las que no se dispone de una replicación suficiente para su representabilidad.

Tampoco se han tenido en cuenta las secciones correspondientes al año en curso (2004) por encontrarse incompleto al no haber finalizado el crecimiento correspondiente a ese año y la sección siguiente, correspondientes al año 2003. Se ha demostrado que las últimas secciones de rizoma continúan todavía en crecimiento durante un periodo de tiempo desde la finalización del ciclo, principalmente acumulando biomasa.

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 poder evaluar la repercusión de la colocación del arrecife artificial sobre estas variables analizadas se han establecidos dos intervalos de tiempo. El primero correspondería al periodo previo a la colocación del arrecife artificial y por lo tanto

sometido a la influencia de la pesca de arrastre directa sobre la pradera de *Posidonia* y el segundo desde la colocación del arrecife hasta la actualidad.

Estación	Antes del arrecife	Después del arrecife
Pradera del Portús-Isla de las Palomas	1986 - 1996	1997 - 2002
Pradera de Águilas-Punta Parda	1986 - 1998	1999 - 2002

6.2.3.1. 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.

Como se puede interpretar de la figura siguiente, en el caso de la pradera de Águilas – Punta Parda la primera diferenciación entre los resultados obtenidos 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 en la zona somera (10-15 m) de 10.41 mm/año mientras que a –25-28 m a sido de 7.68 mm/año.

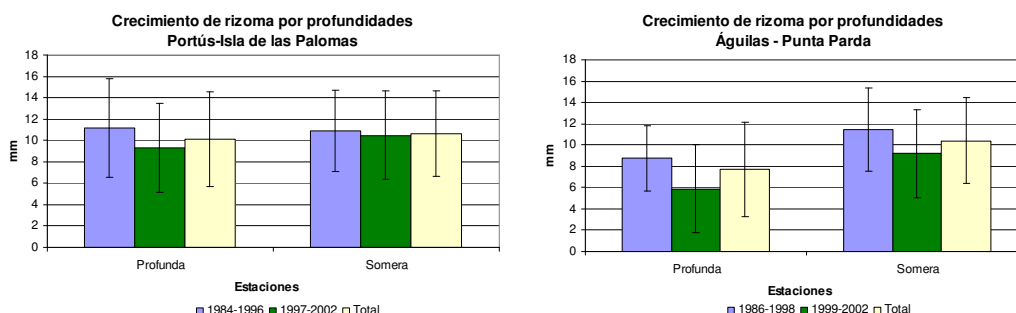


Figura 6.2.3.1.1. Crecimientos medios de rizoma (mm) por profundidades y periodos de tiempo.

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. Ante estas situaciones, los rizomas en un intento de evitar su enterramiento, incrementan su elongación y por lo tanto su velocidad de crecimiento.

ÁGUILAS – PUNTA PARDA				PORTÚS – ISLA DE LAS PALOMAS			
1986 - 1998				1986 - 1996			
<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>Somera</i>	<i>Profunda</i>	<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>Somera</i>	<i>Profunda</i>
11.45	Somera		*	10.91	Somera		No sig.
8.74	Profunda	*		11.17	Profunda	No sig.	
1999 - 2002				1997 - 2002			
<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>Somera</i>	<i>Profunda</i>	<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>Somera</i>	<i>Profunda</i>
9.18	Somera		*	10.51	Somera		No sig.
5.86	Profunda	*		9.31	Profunda	No sig.	

Tabla 6.2.3.1.1. Análisis de la varianza entre profundidades por periodos.

ÁGUILAS – PUNTA PARDA				PORTÚS – ISLA DE LAS PALOMAS			
Somera				Somera			
<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>1986 - 1998</i>	<i>1999 - 2002</i>	<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>1986 - 1996</i>	<i>1997 - 2002</i>
11.45	1986 - 1998		*	10.91	1986 - 1996		No sig.
9.18	1999 - 2002	*		10.51	1997 - 2002	No sig.	
Profunda				Profunda			
<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>1986 - 1998</i>	<i>1999 - 2002</i>	<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>1986 - 1996</i>	<i>1997 - 2002</i>
8.74	1986 - 1998		*	11.17	1986 - 1996		*
5.86	1999 - 2002	*		9.31	1997 - 2002	*	

Tabla 6.2.3.1.2. Análisis de la varianza entre periodos por profundidades.

Esta diferenciación con la profundidad no es significativa en la pradera del Portús con valores muy similares y comprendidos entre 10 mm/año y 10.5 mm/año aproximadamente. Como hemos reiterado a lo largo de este estudio la diferencia batimétrica entre las estaciones más someras y las más profundas es muy pequeña además de situarse en zonas muy próximas entre sí por lo que la incidencia de este factor sobre las distintas variables analizadas no es tan determinante. En este sentido, la mayor o menor proximidad a costa puede influir en mayor medida sobre los resultados.

Si analizamos los resultados por periodos de tiempo, podemos comprobar que la diferenciación entre profundidades en la pradera de Águilas es significativa tanto antes como después de la colocación del arrecife artificial. No obstante, esta diferencia se ha incrementado notablemente en el segundo periodo principalmente por el descenso más acusado de los crecimientos en la zona más profunda de la pradera.

Esta circunstancia que repercute en la estabilización de los crecimientos o lo que es lo mismo en el descenso de la velocidad de crecimiento en la zona profunda puede ser debida a la ausencia de actividad arrastrera en el segundo periodo tanto en la propia pradera como en zonas adyacentes gracias a la protección del arrecife. Esta circunstancia 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.

Por otro lado, en el caso de la pradera del Portús no se detectan diferencias en los crecimientos de las zonas más someras entre antes y después de la colocación del arrecife artificial pero sí en la zona profunda con un decremento medio entre 11.17mm/año y 9.31 mm/año. Como veremos a continuación esta diferenciación tiene un componente espacial importante dependiendo de una zona a otra de la pradera.

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.

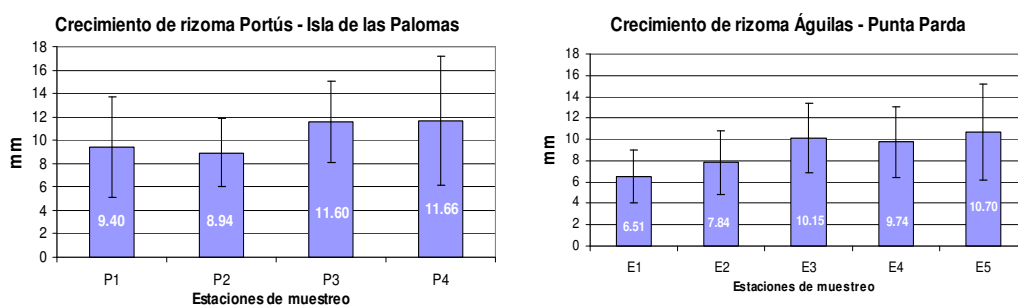


Figura 6.2.3.1.2. Crecimiento de rizoma por estaciones de muestreo.



El análisis de las figuras anteriores revelan una clara y significativa diferencia geográfica entre las estaciones de la pradera del Portús con valores en torno a 11.60 mm/año para las subpraderas de la mitad *Oeste* de la zona de estudio y valores entre 8.94 y 9.40 mm/año para la subpradera localizada frente a la playa de Fatares.

Como hemos mencionado con anterioridad, la apariencia estructural de ambas pradera es muy diferentes en función de la cartografía obtenida. El primer caso se trataría de una pradera sujeta a un mayor grado de inestabilidad hidrodinámica y/o sedimentológica gracias a su mayor exposición y que derivaría en periodos de incremento de la velocidad de crecimiento. En el segundo caso, la presencia de una bahía más abrigada ha permitido el desarrollo de una pradera más estructurada y sometida a situaciones menos acusadas de acreción sedimentaria.

Para la pradera de Águilas existe una variabilidad relativamente 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 10.70 mm/año en la estación E5 al mínimo registrado en la estación E1 de 6.48 mm/año. El análisis de la varianza aplicado a nuestros resultados nos ha confirmado también una diferencia significativa entre la estación E4 y las otras dos restantes localizadas en la zona profunda y que responde a particulares condiciones sedimentológicas y/o hidrodinámicas en esa zona de la pradera.

Hay que tener en cuenta que esta estación se sitúa en un entorno profundo de la pradera que se ha visto salvaguardado de la incidencia arrastrera gracias a la heterogeneidad de fondo. Por tal motivo descartamos que el crecimiento anómalo de esta estación responda a la incidencia de factores antropogénicos (pesa de arrastre). Es precisamente, esta heterogeneidad orográfica con presencia de fondos duros dispersos en el entorno de la pradera lo que contribuye a crear una situación sedimentológicamente más inestable que el resto de las zonas 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.

Águilas – Punta Parda					
Fuente de variación	DF	SS	MS	F	Sig
Entre grupos	4	1749.60	437.40	40.4640	0.000
Dentro de grupos	643	6950.58	10.81		
Total	647	8700.18			

Portús – isla de las Palomas					
Fuente de variación	DF	SS	MS	F	Sig
Entre grupos	3	1080.7	360.24	21.41	0.000
Dentro de grupos	650	10936.6	16.82		
Total	653	12017.3			

Águilas – Punta Parda						
Test de rango múltiple						
Media	Estación	E1	E2	E4	E3	E5
6.48	E1					
7.84	E2	*				
9.73	E4	*	*			
10.15	E3	*	*			
10.70	E5	*	*			

Portús – Isla de las Palomas						
Test de rango múltiple						
Media	Estación	P2	P1	P3	P4	
8.94	P2					
9.40	P1					
11.60	P3	*	*			
11.66	P4	*	*			

Tabla 6.2.3.1.3. Análisis de la varianza por estaciones para el crecimiento de rizoma.

Otro dato importante que se extrae de este análisis es la diferencia existente por periodos en la pradera de Águilas con una diferencia significativa entre las estimaciones medias del último periodo con respecto al anterior. Hay que recordar que el establecimiento de estos periodos está definido por los momentos de colocación del arrecife artificial 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.

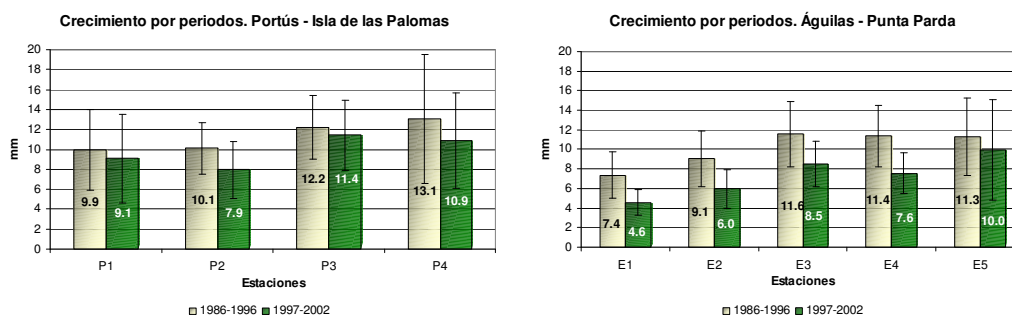


Figura 6.2.3.1.3. Crecimientos de rizoma por estaciones y periodos de tiempo.

Portús – Isla de las Palomas					
Fuente de variación	DF	SS	MS	F	Sig
Entre grupos	1	264.7	264.67	14.68	0.0001
Dentro de grupos	652	11752.6	18.02		
Total	653	12017.3			

Águilas – Punta Parda					
Fuente de variación	DF	SS	MS	F	Sig
Entre grupos	1	878.3	878.3	72.54	0.000
Dentro de grupos	646	7821.9	12.1		
Total	647	8700.11			

Tabla 6.2.3.1.4. Análisis de la varianza por periodos para el crecimiento de rizoma.



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 salvo en la estación E5 donde a pesar del decremento, la diferencia no es significativa.

El decremento de la velocidad de crecimiento es especialmente importante en el entorno de las estaciones profundas y que al margen de la influencia de otro tipo de factores ambientales que condicionen este decremento en zonas profundas, estaría condicionado por el cese de la actividad arrastrera a partir de segundo periodo tras la colocación del arrecife.

El decremento es igualmente significativo en el ámbito de la estación E4 que 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.

No obstante, no se descarta la posibilidad de la incidencia también de otro tipo de factores de carácter climático que puedan contribuir a esta circunstancia con un componente espacial más amplio ya que en algunas zonas someras también se ha ralentizado la velocidad de crecimiento.

En el caso de las estaciones del Portús, únicamente las dos estaciones aparentemente más profundas, han experimentado un decremento significativo en el crecimiento de los rizomas aunque no de manera tan evidente como en el caso de la pradera de Águilas. Hay que tener en cuenta, que ambas estaciones se ubican en zonas de pradera que nunca han sido arrastradas, incluso con anterioridad a la colocación del arrecife artificial, aunque a tenor de las evidencias los lances de arrastre se prodigaban por zonas muy próximas a estas estaciones y en el caso de la estación P2, incluso sobre la propia pradera de *Posidonia*. En este caso, probablemente la ausencia de los efectos indirectos de la actividad arrastrera a contribuido a reducir la velocidad de crecimiento de los rizomas, aunque estas variaciones tienen un componente climático más importante en esta pradera como demuestra la estabilidad en los crecimientos en las otras dos

estaciones donde la inestabilidad sedimentaria de origen natural es la que determina las tasa de crecimiento.

En la figura 6.2.3.1.4. se han representado las series temporales de crecimiento para cada una de las estaciones analizadas y para las dos praderas. Solamente se han representado los años que cuentan con un mínimo de replicación para que los resultados extraídos sean coherentes y representativos.

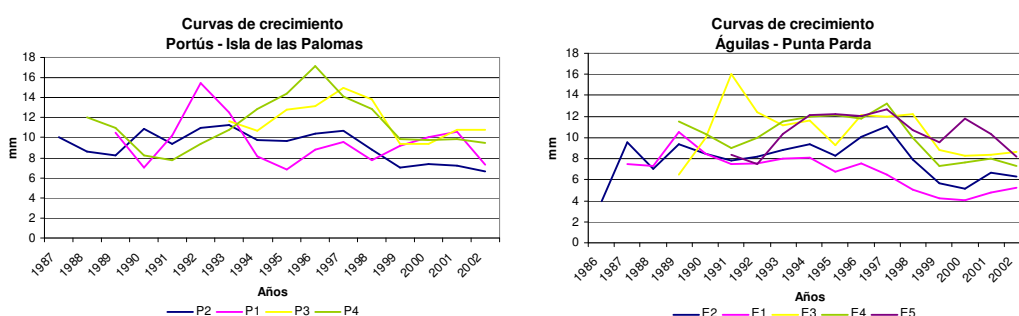


Figura 6.2.3.1.4. Series temporales de crecimiento por estaciones de muestreo. Las unidades están expresadas en mm.

En el caso de la pradera de Águilas – Punta Parda, el resultado nos ofrece que existe una alta correlación positiva entre la mayoría de las series temporales de crecimiento 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. La correlación existe incluso desde antes de la colocación del arrecife artificial aunque en menor medida por lo que los factores que influyen principalmente son de tipo climático y con una incidencia espacial muy amplia.

Especialmente relevante es la correlación entre las tres estaciones profundas, donde en la mayor parte del periodo analizado se experimentan las mismas fluctuaciones. Es especialmente llamativa la similitud entre las series temporales de las estaciones E1 y E2 a lo largo de los últimos 15 años y con crecimientos medios inferiores al resto. La proximidad entre estas dos estaciones, ubicadas en el mismo rango batimétrico y sometidas al mismo tipo de impacto ha motivado esta circunstancia.

Resulta llamativo, el decremento casi generalizado que experimentan los crecimientos a partir aproximadamente de la colocación del arrecife artificial y que es especialmente sensible en las estaciones profundas. A partir de ese momento la correlación entre las diferentes estaciones es más acusada, de lo que se deduce que los cambios en la pradera se rigen casi en exclusividad a lo largo de este periodo por la incidencia de factores con una incidencia espacial amplia y lo más probable es que sean de naturaleza climática en ausencia de perturbaciones de tipo antropogénico tras el cese de la pesca de arrastre.

6.2.3.2. 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 zonas biogeográficas muy cercanas. No obstante, debido a la variabilidad tan baja dentro de un mismo rizoma y dentro de una misma estación es probable que pequeñas variaciones puedan resultar significativas.

El análisis de la varianza que ofrecemos en la tabla 6.2.3.2.1 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. Esta circunstancia se manifiesta tanto en la pradera del Portús como en la de águilas.

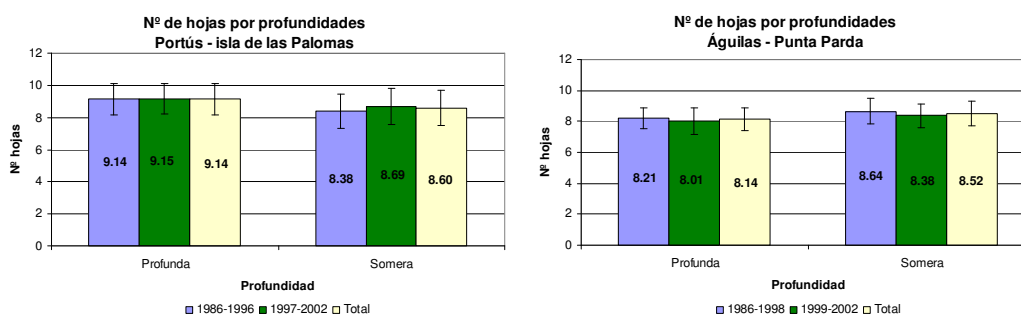


Figura 6.2.3.2.1. Producción media de hojas por profundidades y periodos de tiempo.

ÁGUILAS – PUNTA PARDA				PORTÚS – ISLA DE LAS PALOMAS			
1986 - 1998				1986 - 1996			
<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>Somera</i>	<i>Profunda</i>	<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>Somera</i>	<i>Profunda</i>
8.64	Somera		*	8.38	Somera		*
8.21	Profunda	*		9.14	Profunda	*	
1999 - 2002				1997 - 2002			
<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>Somera</i>	<i>Profunda</i>	<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>Somera</i>	<i>Profunda</i>
8.38	Somera		*	8.69	Somera		*
8.01	Profunda	*		9.15	Profunda	*	

Tabla 6.2.3.2.1. Análisis de la varianza entre profundidades por periodos.

ÁGUILAS – PUNTA PARDA				PORTÚS – ISLA DE LAS PALOMAS			
Somera				Somera			
<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>1986 - 1998</i>	<i>1999 - 2002</i>	<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>1986 - 1996</i>	<i>1997 - 2002</i>
8.64	1986 - 1998		*	8.38	1986 - 1996		No sig.
8.31	1999 - 2002	*		8.69	1997 - 2002	No sig.	
Profunda				Profunda			
<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>1986 - 1998</i>	<i>1999 - 2002</i>	<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>1986 - 1996</i>	<i>1997 - 2002</i>
8.21	1986 - 1998		*	9.14	1986 - 1996		No sig.
8.01	1999 - 2002	*		9.15	1997 - 2002	No sig.	

Tabla 6.2.3.2.2. Análisis de la varianza entre periodos por profundidades.

En al pradera de Águilas en concreto, existe una clara diferencia por profundidades que se traduce en una mayor producción de hojas en las zonas más someras con valores medios de 8.5 hojas/años frente a los 8.10 estimados 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. La experiencia acumulada en el estudio de otras praderas similares del litoral murciano nos indica que esta circunstancia se manifiesta de manera genérica.

Para la pradera del Portús, las diferencias entre profundidades son más acusadas aunque en este caso denotando un mayor grado de producción de hojas en las zonas más profundas. En este caso en la producción de hojas, el factor limitante no es tanto la disponibilidad lumínica como la exposición hidrodinámica de cada zona de la pradera. , En este sentido, la mayor incidencia hidrodinámica (oleaje) en las zonas más someras limita el tamaño del haz (número de hojas y superficie foliar más reducido) por

arrancamiento y por lo tanto disminuye la cantidad de superficie fotosintéticamente activa. En este sentido, el déficit nutricional de estos rizomas repercutirá en la formación de un número menor de nuevas hojas que en situaciones de mayor estabilidad.

En ambas praderas, las diferencias entre profundidades se mantienen tanto antes como después de la colocación del arrecife artificial. Por otro lado. En la pradera de Águilas, tanto en las zonas profundas como en las someras se ha manifestado un decremento pequeño pero significativo de la producción de hojas de un periodo a otro y que por la incidencia espacial parece inducido por causas climáticas. Para la pradera del Portús no se han detectado diferencias entre periodos de tiempo ni para la zona profunda ni para la somera. A nivel de estaciones si que se han detectado diferencias como veremos a continuación.

Para contrastar posibles diferencias en la producción de hojas con respecto a al situación geográfica de cada zona de las praderas, hemos analizados los datos por estaciones de muestreo obteniendo los resultados que se muestran en la figura 6.2.3.2.2. De dicha tabla se desprende la existencia de diferencias significativas tanto a nivel de estación en las dos praderas estudiadas.

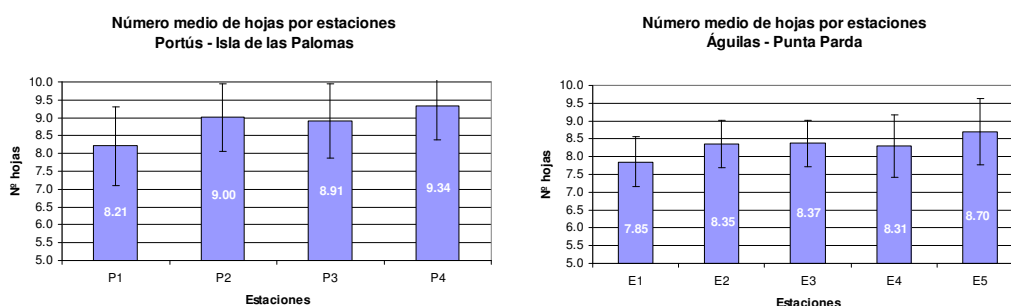


Figura 6.2.3.2.2. Producción de hojas por estaciones de muestreo.

Una análisis más exhaustivo de los resultados con su correspondiente análisis de la varianza nos indica que en la pradera de Águilas se ha identificado un máximo de producción de hojas en la estación E5 con un valor de 8.70 hojas/año y significativamente mayor a las estimaciones extraídas del resto de las estaciones. Por su parte, el mínimo de producción se ha identificado en la estación E1 con 8.3 hojas/año, estimación también significativamente inferior al resto de estaciones.

Fuente de variación	DF	SS	MS	F	Sig
Entre grupos	4	51.60	12.90	22.90	0.000
Dentro de grupos	643	362.15	0.563		
Total	647	413.75			

Fuente de variación	DF	SS	MS	F	Sig
Entre grupos	3	83.91	27.97	28.6951	0.000
Dentro de grupos	650	633.61	0.97		
Total	653	717.53			

Media	Estación	E1	E4	E2	E3	E5
7.85	E1					
8.31	E4	*				
8.35	E2	*				
8.37	E3	*				
8.69	E5	*	*	*	*	

Media	Estación	P1	P3	P2	P4
8.21	P1				
8.91	P3	*			
9	P2	*	*		
9.33	P4	*	*	*	

Tabla 6.2.3.2.3. Análisis de la varianza por estaciones para el crecimiento de rizoma.

Como podemos comprobar, en ambos casos los resultados se corresponden con las máximas y mínimas tasas de crecimiento de rizoma respectivamente 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. Bajo situaciones anómalas que originen un proceso de hipersedimentación más acusado tanto espacial como temporal sobre la pradera esta relación se invertiría con el decremento de la producción de hojas y el incremento de la tasa de crecimiento.

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.

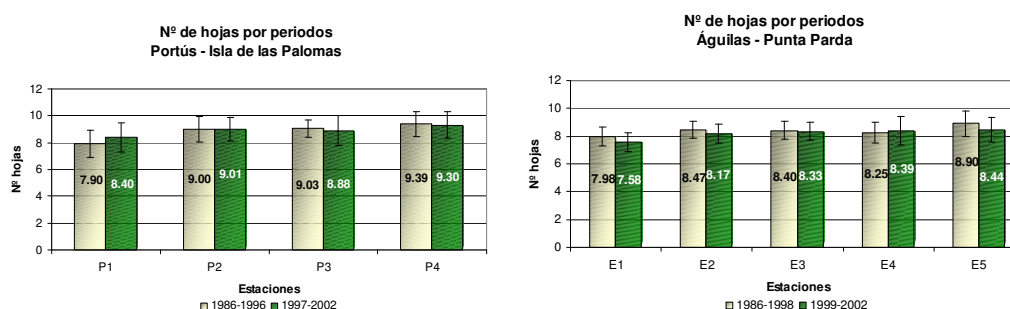


Figura 6.2.3.2.3. Producción de hojas por estaciones y periodos de tiempo.

Portús – Isla de las Palomas						Águilas – Punta Parda					
Fuente de variación	DF	SS	MS	F	Sig	Fuente de variación	DF	SS	MS	F	Sig
Entre grupos	1	0.185	0.185	0.1688	0.6813	Entre grupos	1	5.33	5.33	8.44	0.0038
Dentro de grupos	652	717.34	1.1002			Dentro de grupos	646	408.41	0.632		
Total	653	717.53				Total	647	413.75			

Tabla 6.2.3.2.4. Análisis de la varianza por periodos para el crecimiento de rizoma.

Para la pradera del Portús y a nivel de estaciones de muestreo solamente la población asociada a la estación P1 ha experimentado un incremento significativo de la producción de hojas de un periodo a otro que se correspondería con el correspondiente decremento, aunque no significativo, del crecimiento de rizoma. De esta manera podríamos decir que la reducción en la producción de hojas va relacionada con la estabilización de los crecimientos de rizoma y no con situaciones de déficit en la producción de hojas.

El resto de las estaciones no han sufrido variaciones significativas en la producción de hojas manteniendo una producción estable, al mismo tiempo que los crecimientos de rizoma se han reducido entre el primer y segundo periodo. Esta circunstancia contribuye a corroborar que la mayor parte de las estaciones gozan de una mayor estabilidad ambiental desde el momento de la colocación del arrecife artificial, que en el caso de las estaciones profundas se justificaría en parte por la ausencia de los efectos de la pesca de arrastre.

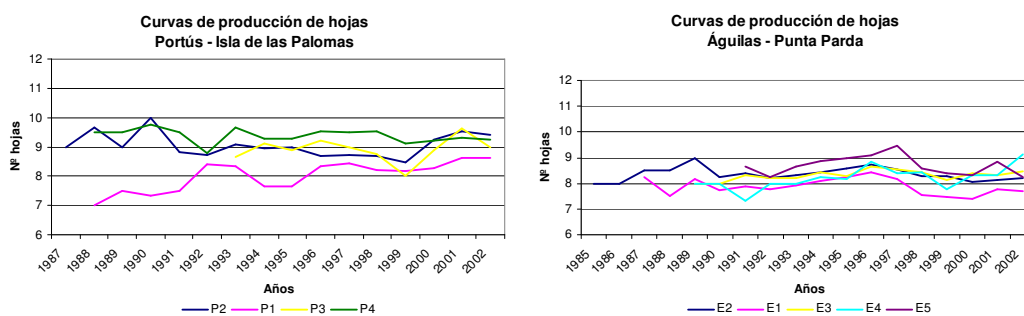


Figura 6.2.3.2.4. Series temporales de producción de hojas por estaciones de muestreo.

El análisis de los resultados que se ofrecen en la figura anterior nos aporta tendencias temporales diferentes de una pradera a otra. En la pradera de Águilas se ha detectado una rigurosa correlación entre las series temporales correspondientes a la totalidad de las estaciones de muestreo independientemente de su profundidad y su ubicación geográfica a lo largo de la pradera estudiada. Esta similitud es especialmente importante



entre las estaciones E1, E2 y E5 y que como hemos comprobado en diversos apartados se caracterizarían las dos primeras por ubicarse en las zonas más degradadas de la pradera (pesca de arrastre) y la segunda por localizarse en la zona de pradera con un estado de conservación más óptimo. Esta tendencia similar entre las diferentes series temporales se aprecia a partir de todo el intervalo temporal analizado y del que se disponen datos suficientes para ser comparables. A tenor de esta tendencia, no se descarta que existiese también con anterioridad al periodo analizado en este trabajo.

Esta homogeneidad detectada incluso en los años precedentes a la colocación del arrecife artificial, nos indica que la producción anual de hojas estaría sujeta a la incidencia de una serie de factores con un efecto espacial amplio y de naturaleza climática. No se descarta la posible contribución de otros factores de naturaleza antropogénica como el caso de la pesca de arrastre en las zonas profundas de la pradera aunque su efecto quedaría enmascarado por los factores climáticos.

La tendencia general de estos resultados nos muestra un incremento progresivo de la producción de hojas desde 1992 hasta 1997 y 1998 en todas las estaciones para decrecer sensiblemente también en año siguiente. Estas anomalías se muestran especialmente en las estaciones E1 y E5 mientras que en el resto de las estaciones están más atenuadas. Estas dos estaciones marcarían los extremos de la pradera en cuanto a estado de conservación y a las valoraciones de las diversas variables analizadas. Como se puede apreciar en estos resultados presentarían valores extremos también en el caso de la producción de hojas y en el crecimiento de rizoma con el máximo en la estación E5.

Para la pradera del Portús se ha detectado diferentes tendencias temporales entre las diferentes estaciones de muestreo, en este sentido se ha detectado una misma tendencia entre las estaciones P2 y P4 (las más profundas) con un grado de homogeneidad muy grande a lo largo de todo el periodo sin apenas fluctuaciones. En el caso de la estación P2 los valores de producción oscilan ligeramente en torno a valores de 9 hojas/año mientras que en la estación P4 el promedio es algo superior. En ninguno de los dos casos se detecta un cambio sustancial a partir de 1996, año de colocación del arrecife artificial.



La estación P3, experimenta una tendencia similar a las dos anteriores a lo largo de gran parte del periodo muestreado y en un rango de valores de producción similares. No obstante se ha detectado una fluctuación importante entre 1998 y 2002 con un mínimo de producción en 1999 de 8 hojas y un máximo en el 2001 de 9.65. Esta anomalía se correlaciona por una variación similar de los crecimientos de rizoma de lo que se deduce que puede estar derivado de situaciones de alteraciones sedimentológicas que afectan en mayor medida a las zonas más superficiales de la pradera.

La estación P1 experimenta una tendencia independiente con un incremento progresivo (tendencia general) aunque con fluctuaciones plurianuales de más o menos 3 años. En este caso también existe una correspondencia con las fluctuaciones del crecimiento de rizoma. La producción de hojas en esta estación es significativamente inferior a las otras a lo largo de todo el periodo de tiempo con valores que oscilan entre 7 hojas/año y 8.6 hojas/año.

6.2.3.3. 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.

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 con una mayor producción de rizoma en las zonas más someras. Esta circunstancia se advierte en las dos praderas aunque es más acusada en el caso de la pradera de Punta Parda donde las diferencias batimétricas entre unas zonas y otras es más importante y con una separación espacial más amplia. Esta diferenciación se fundamentará principalmente en la sinergia entre mayores tasa de acreción sedimentaria y mayor actividad fotosintética en las praderas someras que permiten el acúmulo de reservas en el rizoma.

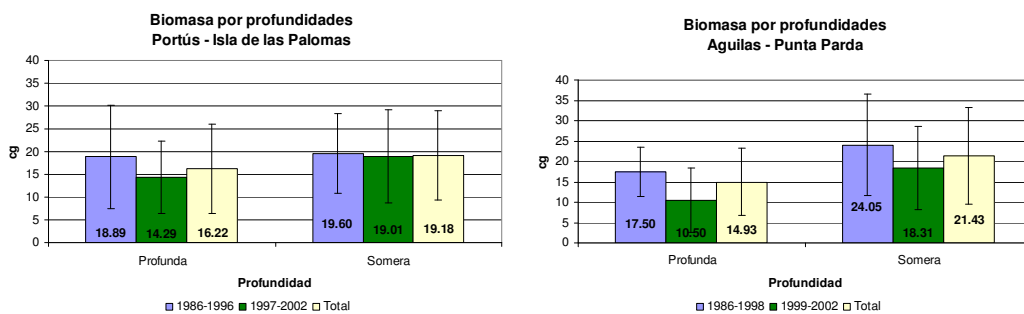


Figura 6.2.3.3.1. Producción media de rizoma por profundidades y periodos de tiempo.

ÁGUILAS – PUNTA PARDA				PORTÚS – ISLA DE LAS PALOMAS			
1986 - 1998				1986 - 1996			
Media	Periodo	Somera	Profunda	Media	Periodo	Somera	Profunda
24.05	Somera		*	19.60	Somera		No sig.
17.50	Profunda	*		18.89	Profunda	No sig.	
1999 - 2002				1997 - 2002			
Media	Periodo	Somera	Profunda	Media	Periodo	Somera	Profunda
18.31	Somera		*	19.01	Somera		*
10.50	Profunda	*		14.29	Profunda	*	

Tabla 6.2.3.3.1. Análisis de la varianza entre profundidades por periodos.

ÁGUILAS – PUNTA PARDA				PORTÚS – ISLA DE LAS PALOMAS			
Somera				Somera			
Media	Periodo	1986 - 1998	1999 - 2002	Media	Periodo	1986 - 1996	1997 - 2002
24.05	1986 - 1998		*	19.60	1986 - 1996		No sig.
18.31	1999 - 2002	*		19.01	1997 - 2002	No sig.	
Profunda				Profunda			
Media	Periodo	1986 - 1998	1999 - 2002	Media	Periodo	1986 - 1996	1997 - 2002
17.50	1986 - 1998		*	18.89	1986 - 1996		*
10.50	1999 - 2002	*		14.29	1997 - 2002	*	

Tabla 6.2.3.3.2. Análisis de la varianza entre periodos por profundidades.

En el caso de la pradera de *Posidonia* de Águilas las diferencias con respecto a la profundidad son significativas tanto en el primero como en el segundo periodo y para los resultados totales. Por otro lado hay un decremento significativo de la producción de rizoma entre antes y después de la colocación del arrecife tanto para las zonas someras como para las profundas y que es especialmente importante en este segundo caso con un decremento desde 17.5 cg/año entre 1986 y 1998 a 10.5 cg/año entre 1999 y 2002.

En la pradera del Portús, la producción anual de rizoma es superior también en las zonas más someras aunque las diferencias son menores con respecto a la pradera de Águilas. Por periodos de tiempo, esta diferenciación es significativa únicamente en el segundo periodo.

Con respecto a diferencias entre periodos, podemos decir que la producción de rizoma se mantiene más o menos estable entre los dos periodos mientras que en la zona profunda decrece sensiblemente al igual que en el caso de los crecimientos de 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 crecimientos. Con posterioridad, un 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.

Al igual que ocurre con las tasas de crecimiento, existe una diferenciación entre las diferentes estaciones de muestre 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.

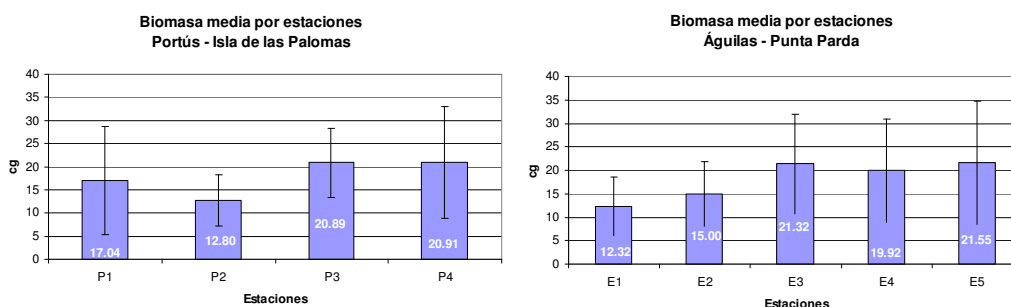


Figura 6.2.3.3.2. Producción de rizoma por estaciones de muestreo.

El análisis más exhaustivo de estos datos nos permite establecer diferenciaciones entre las estaciones con un marcado carácter geográfico en ambas praderas. En el caso de la pradera de Águilas se han detectado diferencias entre las estaciones E1 y E2 con las restantes con valores significativamente inferiores (12.32 cg/año y 15 cg/año respectivamente). Teniendo en cuenta que la estación E4, ubicada en su mismo rango batimétrico muestra un valor similar al de las estaciones someras, podemos decir que las

diferencias en la producción de rizoma en esta pradera estarían determinadas en parte por el estado de conservación de cada una de las zonas. En este caso los valores mínimos se detectan en las zonas más degradadas a causa de la pesca de arrastre. No obstante, no descartamos el componente batimétrico de esta diferenciación ya que la situación de la estación E4 es algo particular y responde a una situación de inestabilidad sedimentaria y/o hidrodinámica de inestabilidad. La heterogeneidad de fondo en esta zona y la presencia de numerosos afloramientos rocosos en el entorno de la misma pradera contribuyen a una situación hidrodinámica particular en esta zona.

Águilas – Punta Parda					
Fuente de variación	DF	SS	MS	F	Sig
Entre grupos	4	9654.2	2413.5	26.69	0.000
Dentro de grupos	643	58127.3	90.40		
Total	647	67781.5			

Portús – isla de las Palomas					
Fuente de variación	DF	SS	MS	F	Sig
Entre grupos	3	8921.1	2983.7	35.657	0.000
Dentro de grupos	650	54390.1	83.677		
Total	653	63341.2			

Águilas – Punta Parda						
Test de rango múltiple						
Media	Estación	E1	E2	E4	E3	E5
14.49	E1					
17.39	E2					
24.04	E4	*	*			
24.06	E3	*	*			
24.77	E5	*	*			

Portús – Isla de las Palomas						
Test de rango múltiple						
Media	Estación	P2	P1	P3	P4	
12.80	P2					
17.04	P1	*				
20.89	P3	*	*			
20.91	P4	*	*			

Tabla 6.2.3.3.3. Análisis de la varianza por estaciones para el crecimiento de rizoma.

En el caso de la pradera del Portús la diferencia en cuanto a la producción de rizoma es similar al caso de los crecimientos con valores de producción más elevados y de manera significativa en la subpradera localizada en zonas adyacentes al Portús frente a lo obtenidos en la pradera de Fatares. En ambos casos no habría diferencias entre las zonas someras y profundas. El hecho de esta diferencia en la producción estaría relacionada con las diferencias en crecimiento que se manifiestan de la misma manera.

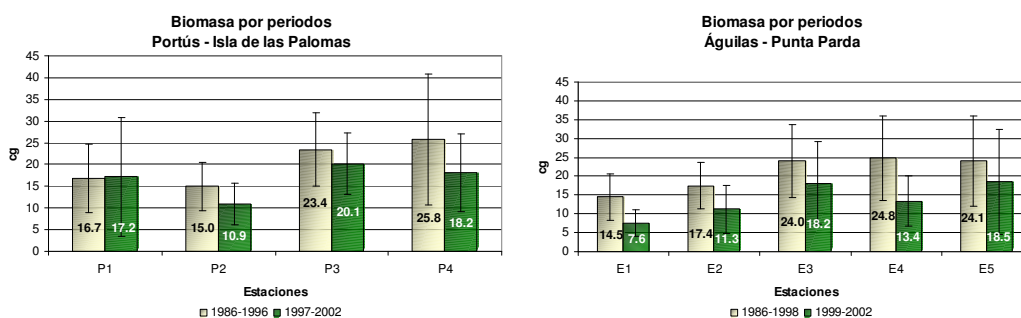


Figura 6.2.3.3.3. Producción de rizoma por estaciones y periodos de tiempo.

Portús – Isla de las Palomas						Águilas – Punta Parda					
Fuente de variación	DF	SS	MS	F	Sig	Fuente de variación	DF	SS	MS	F	Sig
Entre grupos	1	1313.20	1313.2	13.80	0.0002	Entre grupos	1	5381.5	5381.5	55.712	0.000
Dentro de grupos	652	62028.1	95.13			Dentro de grupos	646	62400	96.59		
Total	653	63341.2				Total	647	67781.5			

Tabla 6.2.3.3.4. Análisis de la varianza por periodos para el crecimiento de rizoma.

En el gráfico anterior se muestran los resultados obtenidos de la producción de rizoma por estaciones de muestreo y por periodos de tiempo en las dos praderas de *Posidonia* estudiadas.

Como ha demostrado un análisis más conspicuo de los datos con la aplicación de un análisis de la varianza, se han encontrado diferencias significativas de la producción de rizoma entre los dos periodos de tiempo para cada estación de muestreo en la pradera de Águilas. En este sentido se ha estimado un decremento generalizado de la producción entre antes y después de la colocación del arrecife artificial. Este decremento generalizado de la producción de rizoma viene acompañada también por un decremento en el crecimiento de rizoma tanto en las estaciones someras como en las profundas.

El hecho que esta circunstancia se origine de manera espacial a lo largo de toda la pradera (zonas someras y profundas; zonas degradadas y en buen estado) nos indica la influencia principalmente de factores climáticos, más que a factores antropogénicos que tienen una incidencia más puntuales y localizada. No obstante, el decremento tiene mayor repercusión sobre las zonas profundas denotando una posible contribución de los efectos del cese de la pesca de arrastre sobre el decremento general experimentado.

En el caso de la pradera del Portús, la evolución de la producción de rizoma entre periodos se ha manifestado de una manera desigual entre las diferentes estaciones de muestreo con un decremento significativo en las estaciones P4, P3 y P2 mientras que en la estación P1 se ha mantenido estable. En el caso de la estación P3, a pesar de detectarse un decremento entre periodos, podemos comprobar que éste se ha originado con menor magnitud que en las dos restantes estaciones. Esta circunstancia, unido a que los crecimientos de rizoma experimentan la misma tendencia nos confirma que los factores que inciden principalmente sobre estas estaciones situadas próximas al límite superior de la pradera tienen un carácter sedimentológico y localizado derivado de la

incidencia de factores hidrodinámicos como el oleaje, especialmente importante en épocas de temporales.

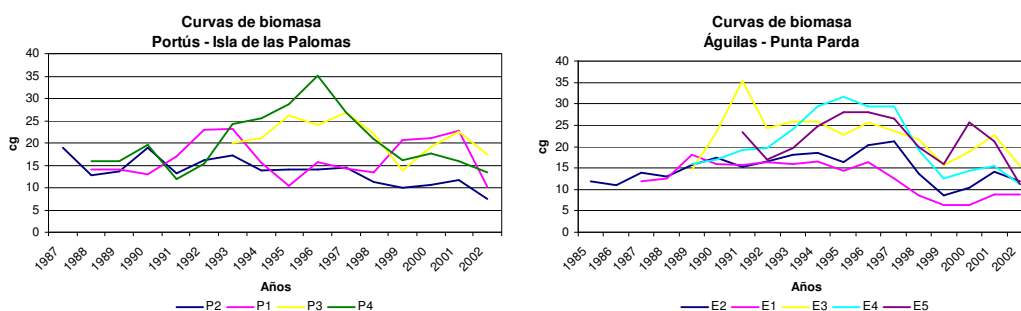


Figura 6.2.3.3.4. Series temporales de producción de rizoma por estaciones de muestreo.

Por último se ha procedido a analizar las series temporales de producción de rizoma por estaciones de muestreo ofreciendo los resultados que aparecen en la figura 6.2.3.3.4. Como se puede apreciar en dicha figura, la evolución general de todas las estaciones en ambas praderas siguen una tendencia muy similar a la experimentada para el crecimiento de rizoma por lo que extrapolamos las apreciaciones anteriores a los resultados obtenidos para esta variable.

En ambos casos las fluctuaciones plurianuales detectadas en las diferentes estaciones de muestreo se correlacionan en mayor o menor medida con las observadas en los crecimientos de rizoma. La proporción con la que varíe esta variable con respecto a la anterior nos aportará una visión más precisa sobre la tendencia evolutiva de cada pradera. Esto es lo que denominamos relación producción/crecimiento y que desarrollaremos en el siguiente apartado.

6.2.3.4. 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 se puede denominar 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 relación producción/crecimiento de rizoma (densidad).

Sobre el total de los datos obtenidos por praderas y sin tener en cuenta posibles diferenciaciones temporales, se ha podido constatar la existencia de un decremento de la densidad de las zonas someras a las profundas aunque no de manera significativa. Esta circunstancia se aprecia tanto sobre los resultados totales de la pradera del Portús como en la pradera de águilas – Punta Parda. En este segundo caso las diferencias son casi inexistentes con valores estimados de 20.23mg/mm en las zonas someras y 19.05mg/mm en las profundas.

La experiencia nos ha demostrado que en situaciones normales de estabilidad, los haces de las zonas profundas de pradera tienden a incrementar la densidad de rizoma con respecto a las zonas someras incluso con diferencias significativas. 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.

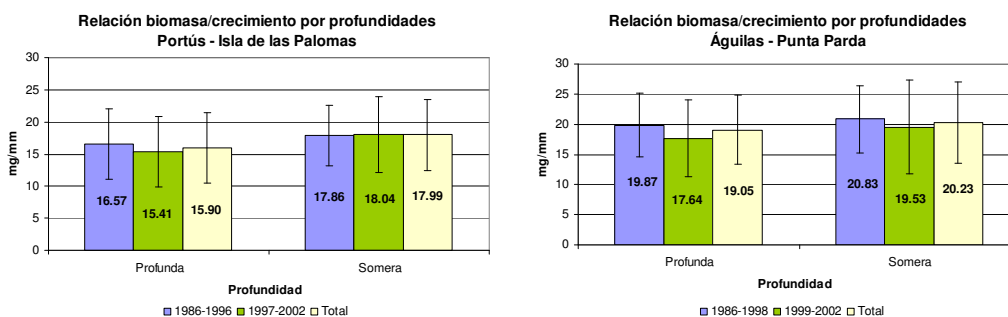


Figura 6.2.3.4.1. Relación P/C por profundidades y periodos de tiempo.

Como se puede comprobar, esta situación no es evidente en las dos praderas aunque justificable de manera diferente. En el caso de la pradera del Portús, las diferencias en cuanto a la ubicación espacial de las estaciones y la profundidad son muy pequeñas por lo que se podría considerar que las zonas de pradera correspondiente se desarrollan bajo condiciones ambientales similares. No obstante, se ha podido demostrar la existencia de un mayor grado de estrés sedimentario sobre las dos estaciones más someras por proximidad al límite somero de la pradera. Como se puede apreciar en los resultados, en estas zonas el crecimiento de rizoma es mayor que en las zonas más profundas. Esto unido a que no existen diferencias en lo concerniente a la densidad de rizoma es atribuible a una situación leve de desestabilización de la pradera por inestabilidad sedimentaria.

ÁGUILAS – PUNTA PARDA				PORTÚS – ISLA DE LAS PALOMAS			
1986 - 1998				1986 - 1996			
<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>Somera</i>	<i>Profunda</i>	<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>Somera</i>	<i>Profunda</i>
20.8	Somera		*	17.9	Somera		No sig.
19.9	Profunda	*		16.6	Profunda	No sig.	
1999 - 2002				1997 - 2002			
<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>Somera</i>	<i>Profunda</i>	<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>Somera</i>	<i>Profunda</i>
19.5	Somera		*	18	Somera		*
17.6	Profunda	*		15.4	Profunda	*	

Tabla 6.2.3.4.1. Análisis de la varianza entre profundidades por periodos.

ÁGUILAS – PUNTA PARDA				PORTÚS – ISLA DE LAS PALOMAS			
Somera				Somera			
<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>1986 - 1998</i>	<i>1999 - 2002</i>	<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>1986 - 1996</i>	<i>1997 - 2002</i>
20.8	1986 - 1998		*	17.9	1986 - 1996		No sig.
19.5	1999 - 2002	*		18	1997 - 2002	No sig.	
Profunda				Profunda			
<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>1986 - 1998</i>	<i>1999 - 2002</i>	<i>Media</i>	<i>Periodo</i>	<i>1986 - 1996</i>	<i>1997 - 2002</i>
19.9	1986 - 1998		*	16.6	1986 - 1996		*
17.6	1999 - 2002	*		15.4	1997 - 2002	*	

Tabla 6.2.3.4.2. Análisis de la varianza entre periodos por profundidades.

Para el caso de la pradera de Águilas, la similitud en las zonas someras y profundas podría ser un indicativo de inestabilidad en las zonas profundas que repercute en un descenso de la densidad de rizoma. No obstante, si comparamos estos resultados con los

de las otras variables, esta circunstancia acontece paralelamente con estimaciones significativamente más bajas de crecimiento y producción de rizoma en las zonas más profundas. Por lo que en proporción, las densidades de rizoma son más altas en la zona profunda.

Hay que tener en cuenta que en estos resultados contribuyen datos tanto antes como después de la colocación del arrecife, sin embargo los resultados ofrecen una visión de cierta estabilidad en la pradera profunda. En función de ello, no se descarta que a lo largo del periodo de tiempo reconstruido a partir de la datación de los rizomas, la incidencia de la actividad arrastrera haya sido más bien escasa con anterioridad a la colocación del arrecife artificial.

En la estación del Portús, la similitud entre profundidades no es significativa en el primer periodo, o lo que es lo mismo con anterioridad a la colocación del arrecife aunque sí en el segundo periodo donde la densidad de rizoma es más elevada en la zona somera. Paralelamente los crecimientos en ambos casos son similares por lo que la situación en la pradera somera es de estabilización por motivos climáticos. Por periodos, la pradera somera no ha experimentado cambios respecto a esta variable mientras que en el caso de la profunda se ha reducido significativamente aunque paralelamente a la reducción del crecimiento.

El análisis de los resultados por estaciones de muestreo sin diferenciar por periodos, nos aporta más información sobre el grado de estabilidad en función de esta variable a lo largo de toda la extensión de la pradera. Esta circunstancia es especialmente llamativa en la pradera de Águilas donde se han estimado valores que oscilan entre 18.65 en E1 y 20.81 en E3.

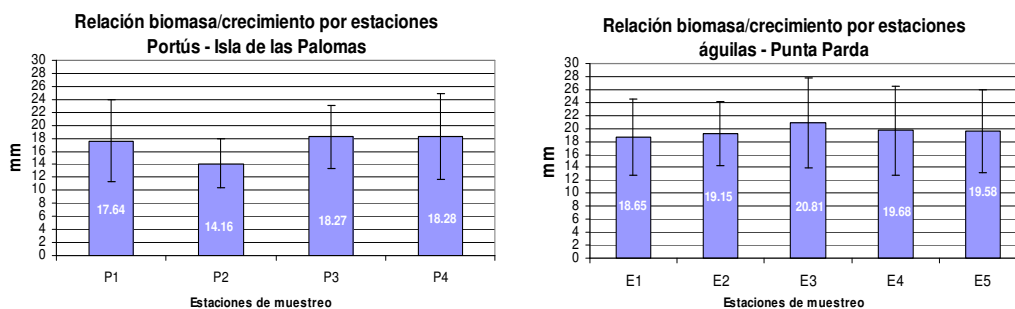


Figura 6.2.3.4.2. Relación P/C por estaciones de muestreo.

Como se puede apreciar, las tres estaciones profundas muestran valores especialmente similares entre sí independientemente del estado de conservación aparente que presenta cada zona. Esto nos indica que el estado actual de conservación no es tan determinante en la evolución de estas variables. Teniendo en cuenta que para estos resultados se contabilizan también datos procedentes de años anteriores a la colocación de arrecife, se deduce la apreciación anterior de que en los últimos años previos a la colocación del arrecife, la incidencia arrastrera sobre la pradera era más bien escasa.

Fuente de variación	DF	SS	MS	F	Sig
Entre grupos	4	354.7	88.68	2.354	0.053
Dentro de grupos	643	24220.2	37.66		
Total	647	24575			

Fuente de variación	DF	SS	MS	F	Sig
Entre grupos	3	2427.2	809.08	29.19	0.000
Dentro de grupos	650	18013.9	27.71		
Total	653	20441.2			

Media	Estación	P2	P1	P3	P4
14.16	P2				
17.64	P1	*			
18.26	P3	*			
18.28	P4	*			

Tabla 6.2.3.4.3. Análisis de la varianza por estaciones para el crecimiento de rizoma.

Para la pradera del Portús solamente se han identificado diferencias significativas en caso de la estación P2 con las restantes con un valor de 14.2 mg/mm. En este caso también la diferencia se aprecia en los crecimientos de rizoma que también se han reducido.

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.

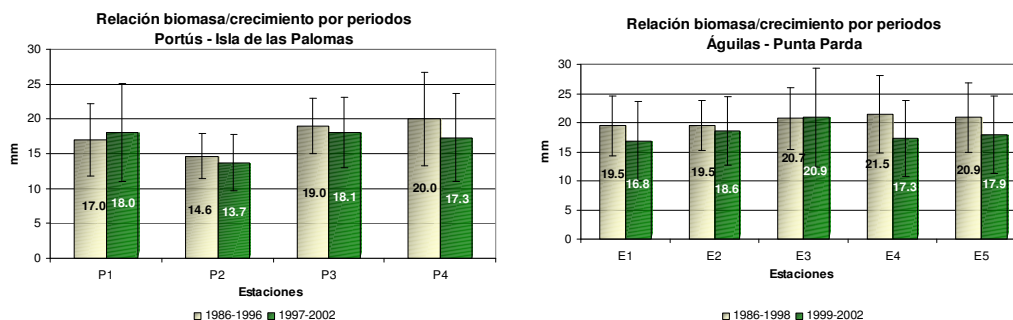


Figura 6.2.3.4.3. Relación P/C por estaciones y periodos de tiempo.

Portús – Isla de las Palomas						Águilas – Punta Parda					
Fuente de variación	DF	SS	MS	F	Sig	Fuente de variación	DF	SS	MS	F	Sig
Entre grupos	1	34.457	34.45	1.1009	0.2945	Entre grupos	1	482.6	482.64	12.941	0.0003
Dentro de grupos	652	20406.7	31.29			Dentro de grupos	646	24092.3	37.29		
Total	653	20441.2				Total	647	24575			

Tabla 6.2.3.4.4. Análisis de la varianza por periodos para el crecimiento de rizoma.

El análisis de varianza de la tabla anterior nos indica que en la pradera del Portús, de manera global no se han detectado cambios de un periodo a otro, aunque un análisis detallado por estaciones de muestreo nos indica un descenso de la densidad de rizoma únicamente en la estación P4. En este caso la densidad de rizoma también se ha detectado un decremento por lo que en ausencia de la incidencia de factores externos, esta evolución responde a una estabilización de la pradera en respuesta a estabilizaciones sedimentarias de tipo climático.

Para la estación P2 donde la densidad de rizoma no ha variado, se ha detectado un decremento significativo del crecimiento de lo que se deduce también una situación estabilización. En resumen, podemos decir, que en las estaciones profundas se ha incrementado el grado de estabilización sedimentológica mientras que en la zona somera no se aprecian cambios sustanciales.

Para la pradera de Águilas se aprecia un decremento significativo de la densidad de rizoma entre antes y después de la colocación del arrecife de 20.2 mg/mm a 18.5 mg/mm, al igual que se ha detectado con las variables anteriores que también decrecen de manera significativa.

Por estaciones de muestreo se ha podido constatar una situación de estabilización de la densidad de un periodo a otro en el caso de las estaciones E2 y E3 donde también en ambos casos se ha detectado un decremento de los crecimientos de rizoma. Ambas estaciones serían representativas de situaciones extremas de la pradera en cuanto a la profundidad y estado de conservación por lo que se deduce que la evolución experimentada es fruto de la incidencia de factores exógenos de tipo climático más que al efecto del cese de la pesca de arrastre.



Para el resto de las estaciones se aprecia un decremento de la densidad, especialmente llamativo en la estación E4, y que se correlacionaría también con la reducción de los crecimientos. Esta circunstancia, unido a que la densidad de rizoma decrece en menor medida que el crecimiento refuerza la hipótesis de una recuperación generalizada de la pradera con el tiempo y donde la ausencia de la incidencia directa de la pesca de arrastre sobre la pradera en el segundo periodo ha tenido poca repercusión.

Hay que hacer notar que probablemente los resultados de densidad de rizoma en el segundo periodo estén algo subestimados ya que las últimas secciones de rizoma y por lo tanto las de más reciente formación continúan engrosándose ligeramente durante unos años. Para el análisis de estos resultados se eliminaron los datos procedentes a los años 2004 y 2003, donde el déficit de producción de rizoma es más aparente, aunque no se descarta la posibilidad de que la producción del 2002 esté también algo subestimada. No obstante, de ser cierto esta circunstancia reforzaría la hipótesis de la recuperación de la pradera.

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 6.2.3.4.4.

El análisis de estas series temporales nos aporta información más concluyente sobre los resultados obtenidos para ambas praderas. En el caso de la pradera del Portús, la serie temporal de la estación P1 ofrece una evolución muy estable a lo largo de todo el periodo sin grandes fluctuaciones. Esta circunstancia también se apreció en el crecimiento con valores muy estables a lo largo del tiempo. Hay que tener en cuenta que esta estación se sitúa en una zona de pradera mejor estructurada y continua que con respecto al resto y sobre todo más alejada de costa y por lo tanto de la inestabilidad sedimentaria que caracteriza particularmente el límite somero de estas praderas.

El resto de las series temporales están sujetas a fluctuaciones interanuales aunque no se aprecia una única tendencia en común entre ellas por lo que las variaciones están sujetas a la incidencia de factores con una incidencia muy localizada. No obstante, las fluctuaciones no son tan evidentes como las que experimentan los crecimientos. La variabilidad temporal es especialmente acusada en las estaciones P1 y P3, situadas en

las proximidades del límite somero y por lo tanto sujetas a mayor inestabilidad. Con posterioridad ofreceremos las comparativas entre crecimiento y densidad para extraer más detalles de las series evolutivas.

El análisis de la pradera de Águilas – Punta Parda, ofrece la existencia de una tendencia generalizada en todas las estaciones, especialmente aparente a partir de 1993 ya que se cuenta con un mayor número de datos para la representabilidad de los resultados. No se descarta la misma tónica para años precedentes en función de lo que se aprecia en los gráficos, aunque no es tan evidente.

Esto indica que los factores principales que rigen esta evolución tienen un componente climático muy importante ya que no se aprecian diferencias significativas entre los años precedentes a la colocación del arrecife y los siguientes.

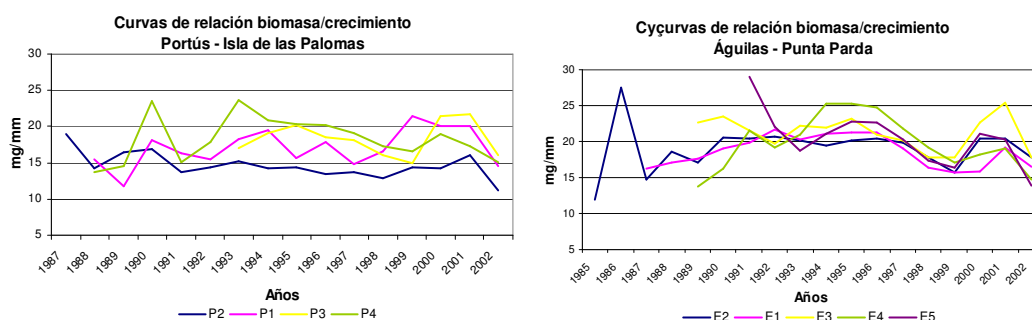


Figura 6.2.3.4.4. Series temporales de densidad de rizoma por estaciones de muestreo.

Especialmente llamativo es el decremento generalizado y progresivo entre 1996 y 1998 en todas las estaciones que se correlacionaría con decremento también en los crecimientos. A partir de 1999 se produce un incremento generalizado de la densidad de rizoma, unido a una recesión de la velocidad de crecimiento, lo que indica que la pradera se está estabilizando de manera general. No se descarta la contribución del cese de la pesca de arrastre a estos incrementos aunque se manifieste de manera genérica en toda la pradera, debido a que es probable que las zonas someras se vieran afectadas indirectamente por el arrastre en zonas adyacentes por la sedimentación del material resuspendido. No obstante, todo parece indicar que la principal influencia en la pradera, al menos en función de los datos extraídos de esta variable, es de tipo climática.



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.

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.

En este sentido es especialmente interesante la comparativa de las estaciones E1, E2 y E5 en la pradera de águilas – Punta Parda donde se apreciaría una evolución tipo en función de la profundidad y el estado de conservación de la pradera. En el caso de la estación E5 situada en la zona somera de la pradera y con un estado de conservación óptimo debido a que nunca se ha arrastrado en esta zona, las dos series manifiestan una evolución pareja a lo largo de todo el periodo con alguna fluctuación inversa debido a algún episodio de inestabilidad sedimentológica especialmente importante.

Por su parte las series de las estaciones E1 y E2, reflejarían la situación típica de praderas profundas y sujetas a cierto grado de inestabilidad que en estos casos se acentúa por la incidencia de la actividad arrastrera con anterioridad a 1998. Como se puede apreciar, en los dos casos ambas series siguen una evolución más o menos simétrica hasta 1997. Las fluctuaciones observadas suelen ser inversas como respuesta a situaciones de inestabilidad sedimentaria.

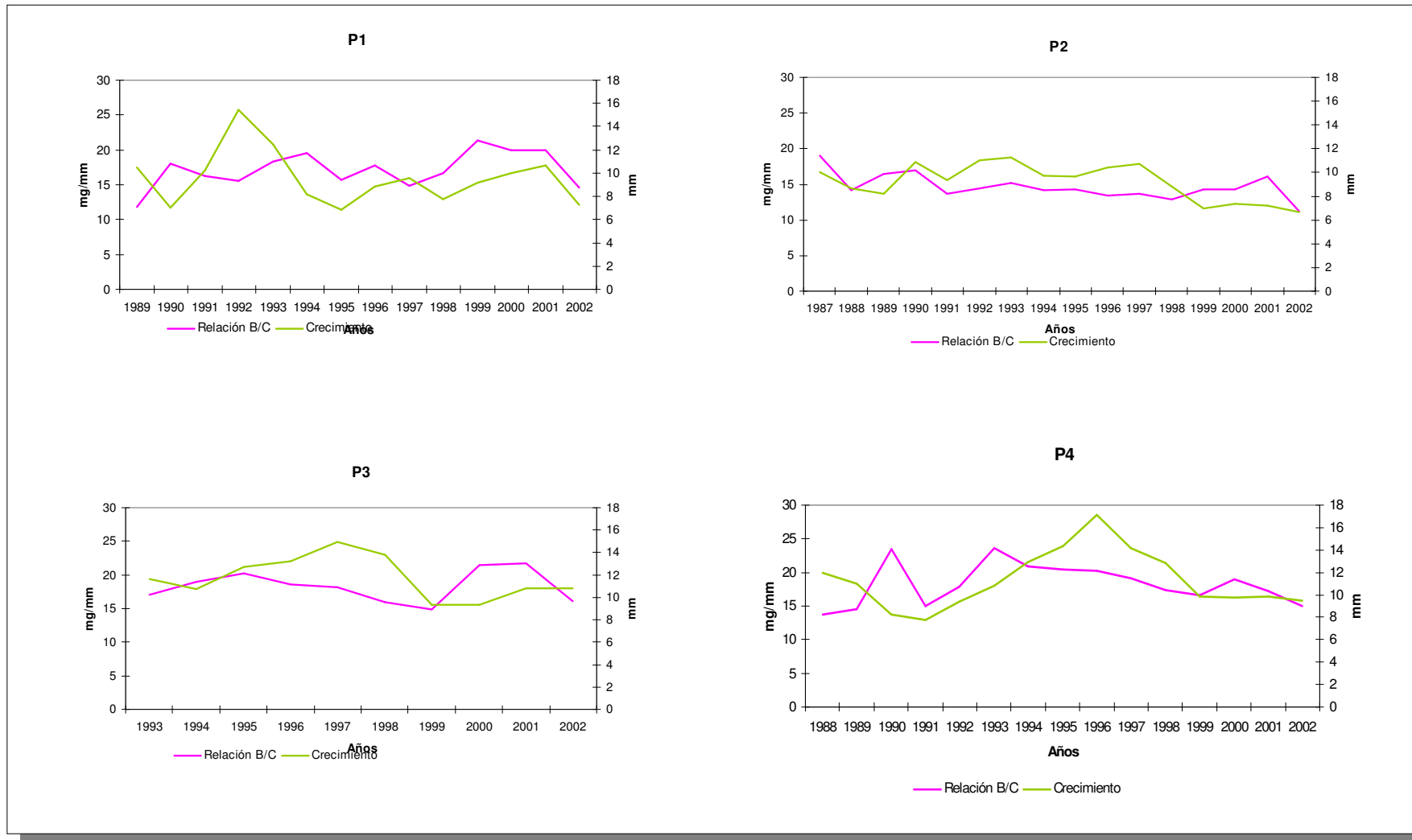


Figura 6.2.3.4.5. Comparación entre las series temporales de crecimiento y relación biomasa/crecimiento para las estaciones del Portús – Isla de las Palomas.

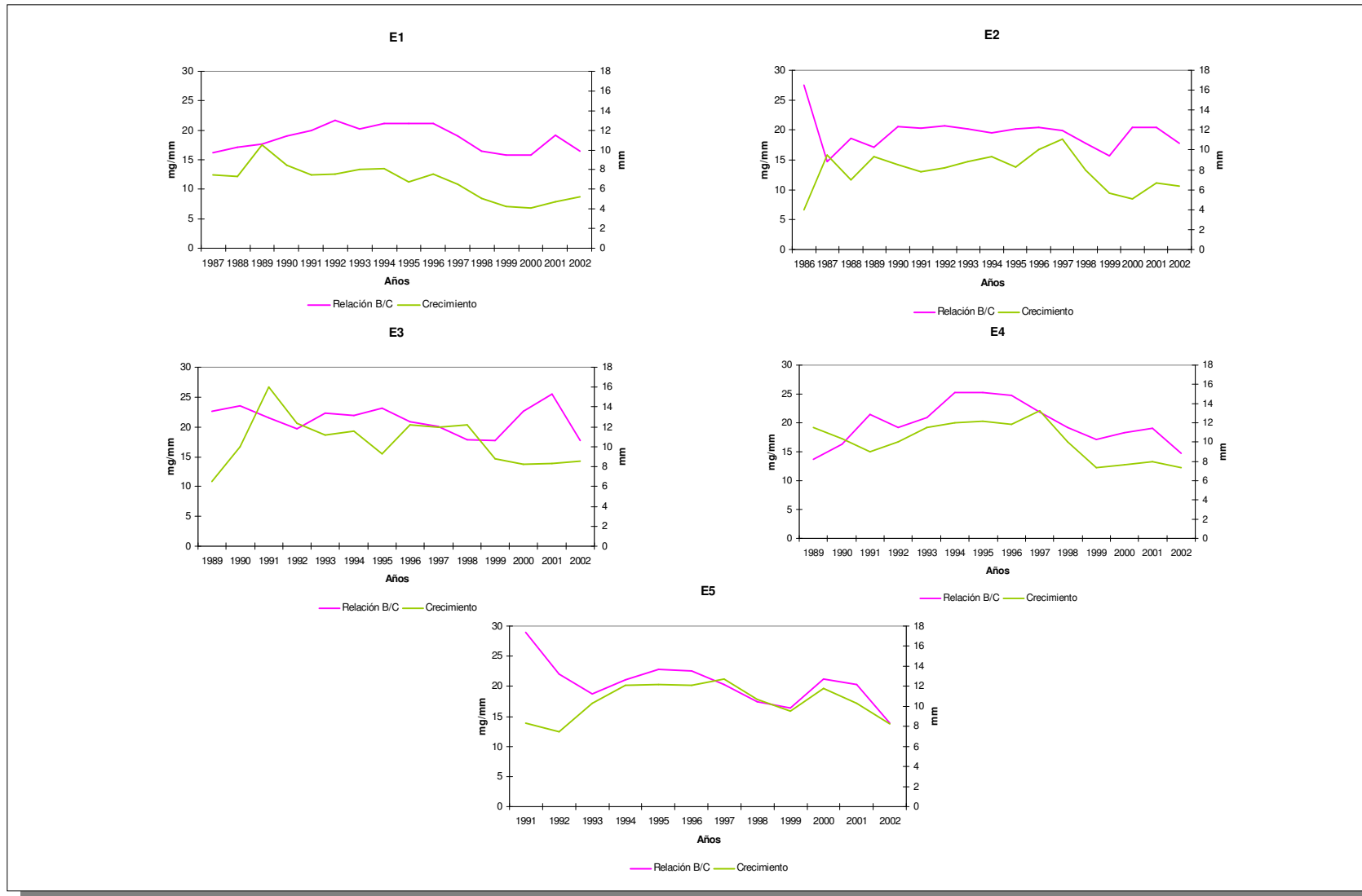


Figura 6.2.3.4.5. Comparación entre las series temporales de crecimiento y relación biomasa/crecimiento para las estaciones del Portús – Isla de las Palomas.



Como se aprecia en los gráficos, los incrementos de crecimiento se correlacionan con decrementos de densidad, probablemente derivado de un episodio de acreción sedimentaria importante. Mientras que los decrementos en el crecimiento se relacionarían con incrementos de la densidad.

Los episodios de inestabilidad sedimentológica acaecidos de manera natural y dentro de unos márgenes de intensidad moderados, no originarían estas anomalías debido a que de alguna manera la pradera se ha adaptado históricamente a estas situaciones. Se la circunstancia que algunas praderas o parte de ellas se encuentran sometidas a una situaciones de inestabilidad hidrodinámica muy elevadas de manera natural, presentando un estado óptimo de conservación. Sin embargo, la incidencia de esas mismas situaciones hidrodinámicas sobre praderas adaptadas a situaciones más moderados, suele ser la causa de regresión en la pradera por incremento de la mortalidad de haces.

A partir de 1998 parece que adoptan una evolución más simétrica de lo que se deduce que la instalación del arrecife puede haber contribuido a estabilizar esta situación. Otra característica es que ambas curvas están más separadas entre sí debido a que en proporción en las zonas profundas se incrementa la densidad de rizoma a iguales tasa de crecimiento de rizoma con respecto a las zonas someras.



6.2.4. Análisis demográfico de la población de haces

En el presente apartado se ofrecen los resultados correspondientes al estudio demográfico de la población de haces de *Posidonia* para las dos praderas de *Posidonia* analizadas en este trabajo.

6.2.4.1. 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.

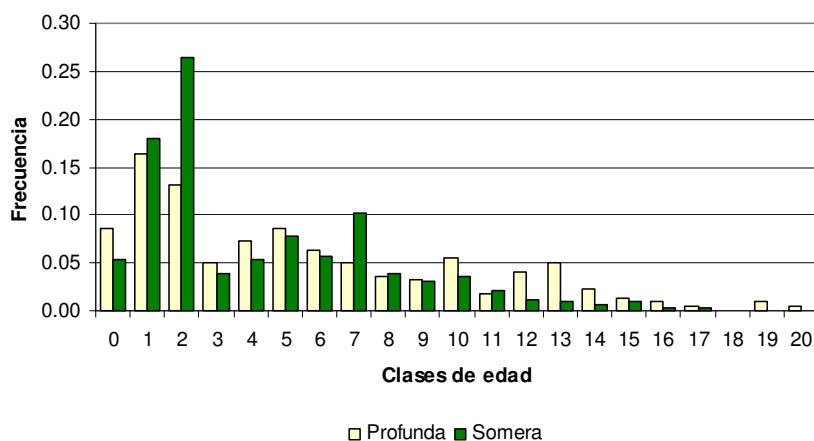
En primer lugar se ha representado el histograma de frecuencia de edades para cada una de las praderas segregando los resultados por profundidades. En el caso de los resultados de Portús – isla de las Palomas la diferencia entre las profundidades es muy escasa (entre 5 y 10 m las someras y entre 10 y 15 las profundas) por que la posible diferenciación puede estar relacionada con otros factores como por ejemplo el mayor o menor grado de exposición hidrodinámica. Como se puede apreciar en la figura 6.2.4.1.1. el histograma de frecuencias por clases de edad para las dos praderas presenta una distribución en forma de campana desplazada hacia la izquierda o lo que es lo mismo compensada hacia las clases de edad más recientes y con dos modas perceptibles. Esta diferencia bimodal es incluso más aparente en la pradera de Águilas tanto en la zona somera como en la profunda. En condiciones normales, sin grandes perturbaciones sobre una pradera la distribución presentaría una única moda por lo que la existencia de las dos modas de edad indica una perturbación en la pradera y además con un claro componente climático dado que se ha detectado tanto en zona someras como profundas y en praderas tan distantes geográficamente hablando. Esta disposición

respondería a una dinámica poblacional característica 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, t el tiempo, N_0 la población de haces a la edad moda y N_t la población de haces al tiempo t .

Portús - Isla de las Palomas



Águilas - Punta Parda

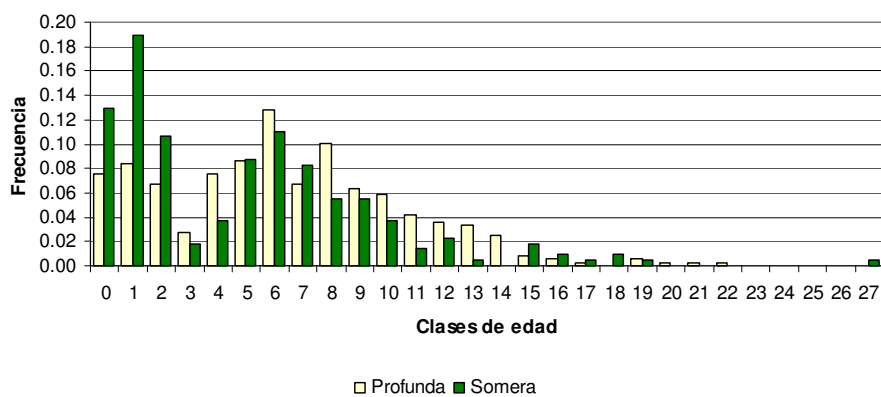


Figura 6.2.4.1.1. Distribución de clases de edad por profundidades y por praderas. Edad expresada en años.



Sobre la frecuencia de edad anormalmente baja para la clase de edad 3 y en menor medida para la clase 4 (reclutamiento de los años 2000 y 1999 respectivamente) descartamos la posibilidad de que 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 un déficit en el reclutamiento de nuevos haces en los años 2000 y 1999 derivado de un decremento irregular de la tasa de división de nuevos haces o de una tasa de mortalidad muy alta sobre la totalidad de la 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 de Águilas – Punta Parda y además con un componente batimétrico importante ya que es más acusada la anomalía en la zona somera. Es muy probablemente que su causa se derive de acontecimientos hidrodinámicos singulares que suelen afectar en mayor medida a las zonas someras. Esta diferenciación no es patente en la pradera del Portús ya que como hemos comentado antes las diferencias batimétricas no son significativas.

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. Esta circunstancia responde a una respuesta normal y generalizada al resto de pradera y que tiene su base en la mayor disponibilidad lumínica de las zonas someras como factor principal a la hora de estimular la división de haces. Con respecto a las clases de edad media las frecuencias son muy similares mientras que para las clases de edad más avanzada vuelve a ser más importante la representabilidad en las zonas más someras. Hay que tener presente que la mayoría de las praderas profundas se han visto en mayor o menor medida degradadas por la pesca de arrastre por lo que la población de haces más envejecida es más escasa en las zonas más profundas. Esta diferenciación en las clases de edad avanzada no es patente en la pradera del Portús por lo comentado con anterioridad.

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 cuanto a la dinámica poblacional y a su adaptabilidad a la incidencia de diferentes factores y al grado de conservación que presenta la pradera. Hay que tener presente, sobre todo en el caso de la pradera de Águilas – Punta Parda que la zona somera ha sufrido una importante degradación por parte de la pesca de arrastre.

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 6.2.4.1.2.

Si comparamos los gráficos correspondientes a las figuras 6.2.4.1.3. y 6.2.4.1.4. donde se muestran las distribuciones de edades por estaciones de muestreo con el análisis jerárquico realizado, podemos justificar las diferentes agrupaciones que nos muestra el análisis.

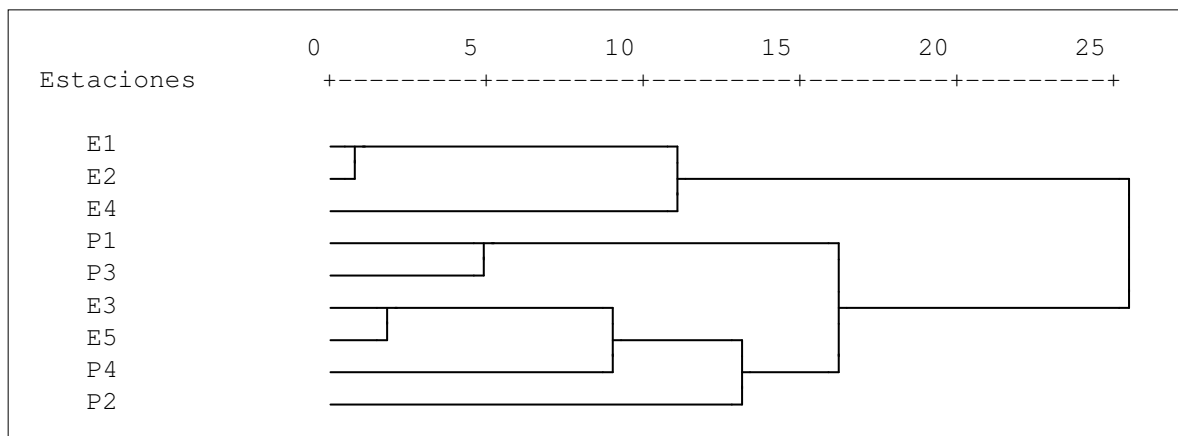


Figura 6.2.4.1.3. Resultado del análisis jerárquico por frecuencia de clases de edad entre las diferentes estaciones.

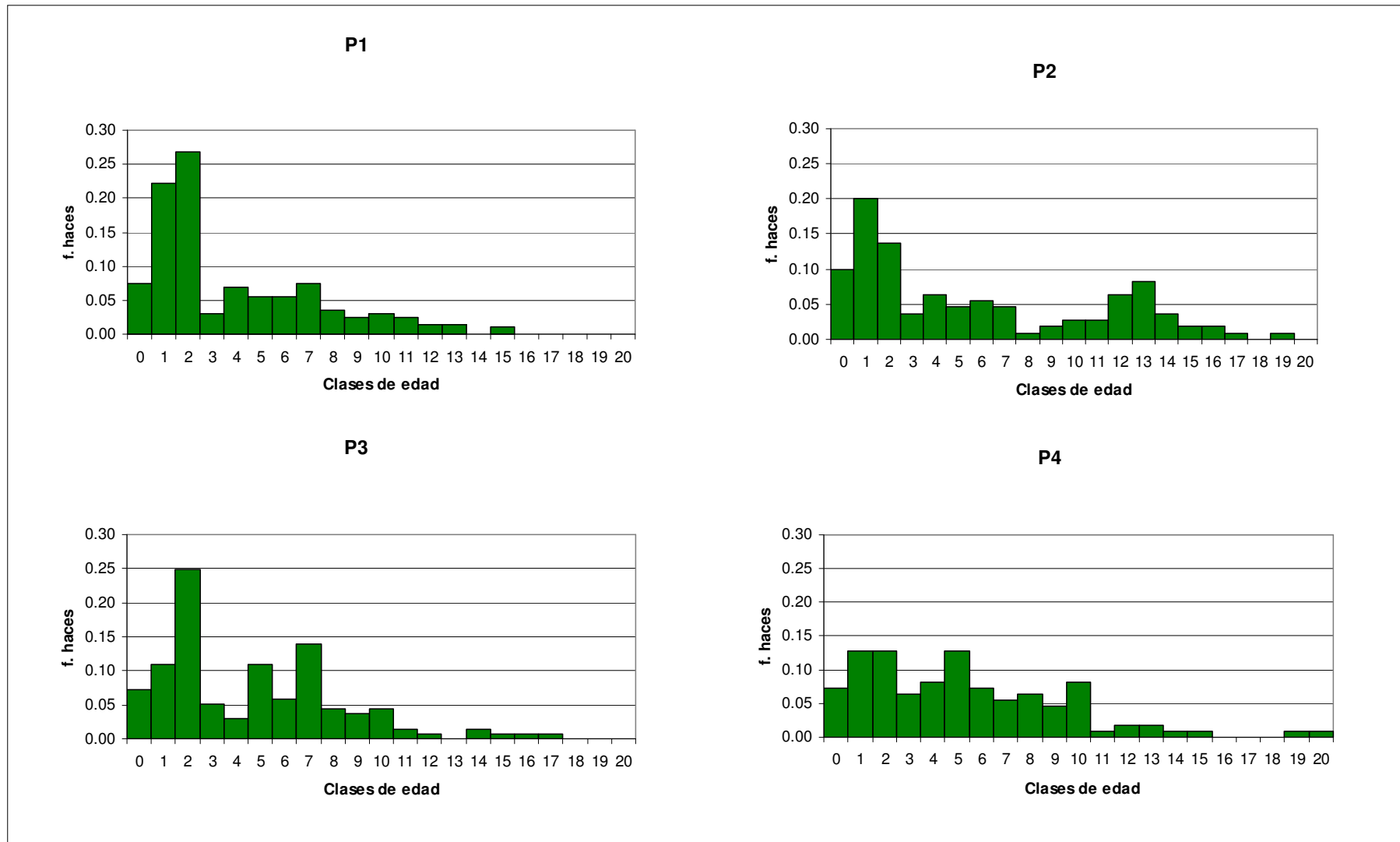


Figura 6.2.4.1.3. Distribución de clases de edad obtenida para las estaciones de la pradera del Portús – Isla de las Palomas. Edad expresada en años.

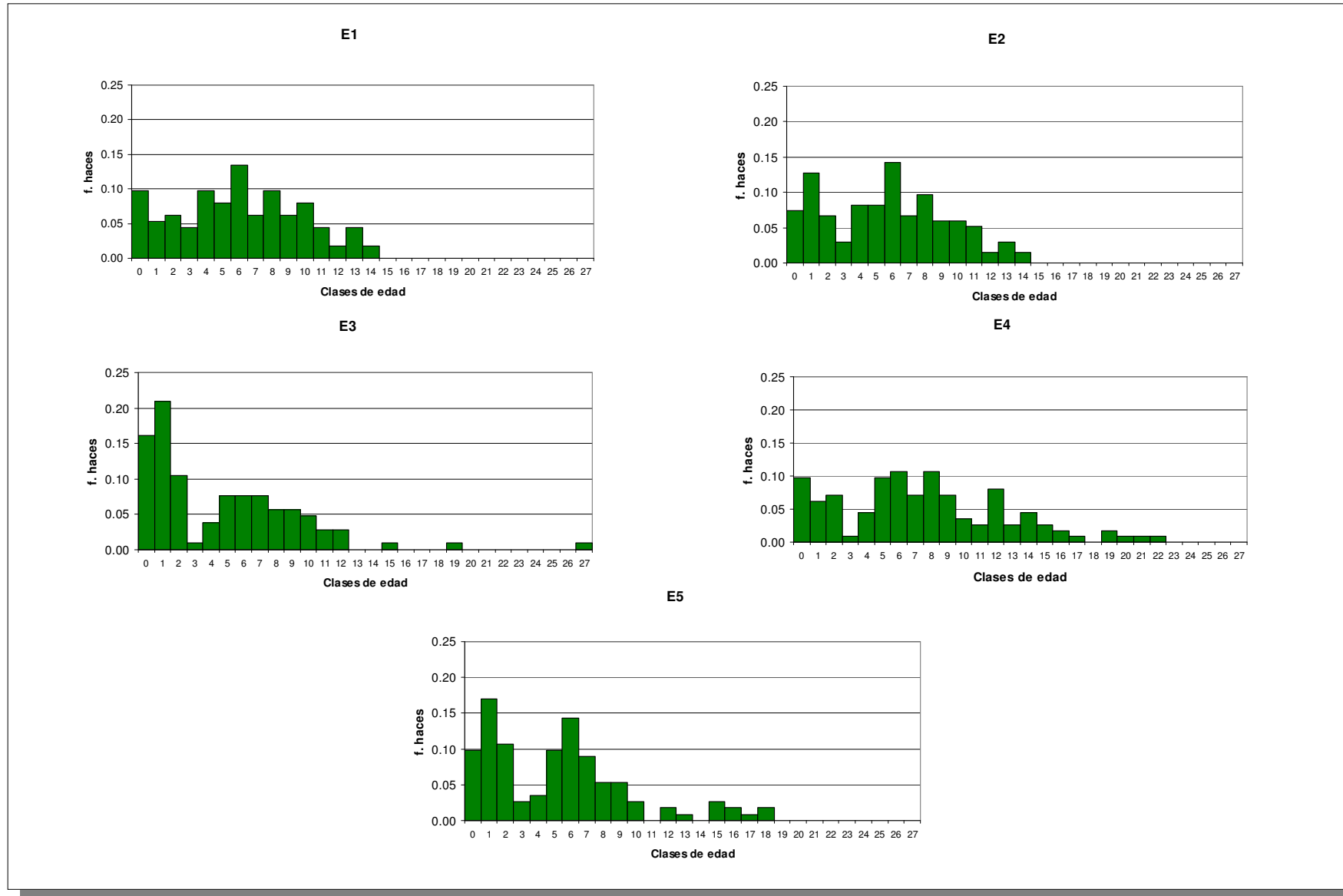


Figura 6.2.4.1.4. Distribución de clases de edad obtenida para las estaciones de la pradera de Águilas – Punta Parda. Edad expresada en años.



Como se desprende del análisis jerárquico entre estaciones de muestreo podemos apreciar una primera discriminación que segregaría las estaciones profundas de la pradera de Águilas – Punta Parda del resto de las estaciones. En líneas generales podríamos justificar de esta segregación en función de la profundidad porque recordamos que las estaciones del Portús estarían más o menos dentro del mismo rango batimétrico que las someras de águilas – Punta Parda y en función del estado de conservación ya que son las zonas más degradadas. La semejanza entre estas tres estaciones radica en una distribución de edades más simétrica que el resto con la moda centrada en las clases entre 6 y 8 años. Aparentemente se aprecia la anomalía detectada en las clases de 3 y 4 años, sobre todo la primera. Esta anomalía es aún más marcada en la estación E4. Probablemente los factores que hayan influido en este déficit de reclutamiento afectaron por igual a todas las estaciones pero en el caso de las estaciones E1 y E2, donde existió sinergia entre varios factores como la alta mortalidad por arrastre ha enmascarado esta anomalía.

En el gráfico también se puede apreciar una subagrupación que agruparía por un lado las dos estaciones degradadas y a parte la mejor conservada (E4).

En cuanto al resto de las estaciones el gráfico separa de manera significativa las estaciones P1 y P3 del resto. Estas estaciones corresponderían a las dos más someras del Portús y que además se encuentran situadas en el límite somero de la pradera donde el estrés sedimentario es particularmente importante sobre estas praderas. El perfil definido por las clases de edad en estas estaciones es muy similar, con abundancias muy significativas correspondientes a las clases de edad 1 y 2 con respecto a frecuencias similares al resto de clases. Teniendo en cuenta que el factor hidrodinámico es el principal en esta zona, esta circunstancia puede ser debida a la ocurrencia de algún temporal de gran envergadura en el 2000 que originó una muerte generalizada de haces a lo largo de todas las clases de edad.

La siguiente segregación agruparía por un lado a las estaciones someras de Punta Parda y por otro lado el resto. Estas dos estaciones que caracterizarían zonas de pradera sometidas a las mismas condiciones ambientales presenta una distribución de clases de edad muy similar con una primera moda en la clase 1 seguido de la anomalía de los años 3 y 4 aunque es este caso especialmente marcada, demostrando que la

circunstancia que motiva este hecho actúa con más incidencia en la zona somera o que por otra parte, al existir menos mortalidad es más evidente.

6.2.4.2. 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 muestra en las siguientes tablas:

Parámetros	Estaciones de muestreo				Profundidad	
	P1	P2	P3	P4	Somera	Profunda
Edad media de haces	3.83	5.75	4.92	5.26	4.25	5.50
Edad moda de haces	2	1	2	1,2	2	1
Edad máxima de haces	15	19	17	20	17	20
Tasa de reclutamiento	0.08	0.11	0.08	0.08	0.08	0.09
Tasa de mortalidad	0.18	0.11	0.21	0.17	0.19	0.16
Tasa neta de reclutamiento	-0.10	-0.01	-0.13	-0.09	-0.12	-0.07
Balance demográfico	0.43	0.94	0.37	0.45	0.40	0.55

Tabla 6.2.4.2.1. Parámetros demográficos por estaciones de muestreo para la pradera del Portús.

Parámetros	Estaciones de muestreo					Profundidad	
	E1	E2	E3	E4	E5	Somera	Profunda
Edad media de haces	6.04	5.67	4.66	7.81	5.25	4.96	6.45
Edad moda de haces	6	6	1	6	1	1	6
Edad máxima de haces	14	14	27	22	18	27	22
Tasa de reclutamiento	0.10	0.08	0.18	0.10	0.10	0.14	0.09
Tasa de mortalidad	0.21	0.26	0.10	0.16	0.13	0.15	0.27
Tasa neta de reclutamiento	-0.11	-0.18	0.08	-0.06	-0.03	-0.01	-0.18
Balance demográfico	0.48	0.30	1.78	0.63	0.78	0.92	0.34

Tabla 6.2.4.2.2. Parámetros demográficos por estaciones de muestreo para la pradera de Águilas.



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.

En lo referente a la pradera del Portús las edades máximas se ha detectado en la subpradera localizada frente a la playa de Fatares con una edad máxima de 20 años y sin apenas diferencias entre las dos estaciones ubicadas en esta zona. Por el contrario, en la zona localizada más al Este, los haces más longevos no superan los 17 años, presentando incluso el valor más pequeño sobre la zona más somera. Las praderas donde se sitúan las estaciones P3 y P4 están sujetas a un mayor grado de inestabilidad hidrodinámica y/o sedimentaria por lo que la incidencia de grandes temporales pueden impulsar la regresión de la pradera de forma sensible pese a gozar de buen estado de conservación. Bajo esta situación uno de los parámetros que se verían reducidos sería entre otros la edad máxima de rizomas. La estación P3 se sitúa en el límite superior de la pradera y por lo tanto la más sujeta a posibles alteraciones de naturaleza sedimentológica.

En lo concerniente a la pradera de Águilas, con una diferencia batimétrica entre estaciones someras y profundas más acentuada que en la pradera anterior la diferencia entre las edades máximas es más acusada con un valor de 27 para la somera y 22 para la profunda. Hay que tener presente que incluso el valor de 22 años corresponde a la estación que no ha sufrido el impacto de la pesca de arrastre. En las que sí se encuentran degradadas, la edad máxima es de 14 años.

Edad media de haces

Para la pradera de Águilas se ha estimado un valor inferior en las zonas someras de la pradera de 4.96 años frente a los 6.45 estimados para las zonas más profundas. Esta



circunstancia se fundamenta en la predominancia de las subpoblaciones más jóvenes gracias a una mayor tasa de reclutamiento en las zonas someras con respecto a las zonas profundas unido a la mayor tasa de mortalidad que se cierne sobre todo en las subpoblaciones más longevas.

Por estaciones de muestreo se han detectado los valores máximos en las estaciones E4 y con un valor de 7.81 años debido a la presencia de gran cantidad de haces de edad alta que contribuyen a minimizar la estimación de la tasa de mortalidad. Por su parte, el valor mínimo se ha detectado en la estación E3 donde es particularmente relevante la elevada tasa de reclutamiento, circunstancia que contribuye a minimizar la edad media de haces.

Para la pradera del Portús, la mayor edad media también se registra en la zona más profunda aunque con valores más similares entre sí. Por estaciones, el mínimo correspondería a la estación P1 con un valor de 3.83 debido a que la mayor parte de la población se concentra entre las tres primeras clases de edad. Esta circunstancia ha sido motivada por una alta mortalidad de haces en el 2000, probablemente por la incidencia de algún temporal de grandes magnitudes. Situación análoga a la correspondiente a la estación P3 aunque con una media algo superior. (4.92)

Edad moda

La edad moda de la población también es un parámetro relevante a la hora de valorar las características de su dinámica poblacional. En situaciones normales con una población de haces en equilibrio poblacional, la moda se centraría sobre las primeras clases de edad mientras que una moda desplazada hacia clases de edad más altas evidenciaría un déficit en los reclutamientos de nuevos haces en los últimos años. En situaciones de gran mortalidad reciente de haces también aparecería una moda centrada en las primeras clases aunque en este caso con unas diferencias en la frecuencia de haces con las clases siguientes muy acentuada.

En el entorno de la pradera del Portús – Isla de las Palomas las tres poblaciones seguirían un mismo patrón con modas centradas en torno a las clases de edad 1 y 2 y



por lo tanto sobre las poblaciones de haces reclutadas en el 2002 y 2001 respectivamente. No obstante, en función de la frecuencia de haces que presenta moda en cada caso se aprecian diferencias. En el caso de las estaciones P1 y P3 la frecuencia de haces es notablemente superior a la de las clases siguientes como consecuencia de una mortalidad acentuada en torno al 2000 mientras que en el resto la diferencia no es tan acentuada. En el caso concreto de la estación P4 la edad moda no está muy bien definida con diferentes clases presentando la misma frecuencia.

En el caso de la pradera de Águilas se ha identificado una diferencia notable entre las estaciones someras con una moda significativa en la clase 1 de edad mientras que en las profundas se centraría en los tres casos sobre la clase 6 aunque con diferencias menos aparentes con las clases de edad adyacentes. En el primero caso esta circunstancia responde más a un incremento de los reclutamientos del año anterior, probablemente por una situación de mayor estabilidad ambiental, mientras que en el segundo caso la moda en la edad 6 nos indicaría un déficit en los reclutamientos de los 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 permitirá definir esta diferenciación.

Tal y como se recoge en las tablas anteriores, la tasa de reclutamiento de nuevos haces en la pradera de Águilas es notablemente superior en la pradera somera (0.14) que en la profunda (0.08). 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 E3 con un valor de 0.18. Esta estación se encuentra localizada en una zona de la bahía donde las condiciones de estabilidad ambiental (hidrodinámicas, sedimentarias, lumínicas) son más propicias y moderadas 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 pequeña con valores que oscila entre 0.08 y 0.1. Aparentemente esta homogeneidad en los reclutamientos nos indicaría de manera genérica que la pradera profunda se rige en la actualidad por unos mismos factores ambientales que condicionan la cantidad de los nuevos reclutamientos. Hay que tener en cuenta que en la actualidad la actividad arrastrera se desarrolla a una distancia considerable de la pradera de *Posidonia* gracias a la protección que confiere el arrecife, por lo que en ausencia de impactos de antropogénicos podemos decir que las causas que favorecen la homogeneidad en los reclutamientos son exclusivamente de origen climático.

En el caso de la pradera del Portús no se ha identificado diferencias en función de la tasa de reclutamiento con valores que oscila entre 0.08 y 0.11. Esto significa que tanto en función de la localización de cada una de las praderas como en profundidad, las praderas se regirían por los mismos condicionantes ambientales. Hay que tener presente, que apenas existen diferencias batimétricas entre las estaciones y que en la actualidad



ninguna de las zonas estaría sometida a impactos de origen antropogénicos por lo que los factores que homogenizan las tasas de reclutamiento son también exclusivamente de tipo climático.

Tasa de mortalidad

Para la pradera de Águilas se han apreciado diferencias tanto en función de la profundidad como según su estado de conservación. Como se puede apreciar en los resultados la tasa de mortalidad es más elevada en la zona profunda que en la somera de manera significativa con un valor para la zona profunda de 0.27 y de 0.15 para la zona somera al contrario de lo que ocurría con los reclutamientos.

Si analizamos los resultados con más detenimiento, podemos apreciar que la diferenciación por profundidades estaría más relacionada con el grado de conservación que presenta la pradera, que con diferencias propiamente batimétricas. En este sentido se ha detectado una variabilidad importante entre las tasas de mortalidad estimadas para las tres estaciones profundas con valores que oscilan entre 0.16 en la estación E4 y 0.26 en la estación E2. Como podemos comprobar los valores son notablemente más altos en las dos estaciones que antiguamente se vieron afectadas por la pesca de arrastre mientras que en el caso de la estación E4 donde no ha existido de gradación por este tipo de actividad pesquera, el valor estimado es similar a los de las estaciones someras.

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 E4, la mortalidad decrece en presencia de una población de haces más estructurada con individuos de clases de edad avanzada.

Hay que tener en cuenta que la actividad arrastrera cesó sobre la propia pradera desde el momento que se colocó el arrecife artificial en 1998 pero sin embargo la tasa de mortalidad sigue siendo elevada en las estaciones afectadas por este impacto. En este sentido hay que apuntar 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. Para que exista una tasa de mortalidad baja hace falta una población importante de individuos/haces de elevada edad por lo que al tratarse de una población sésil esto se consigue lentamente con el envejecimiento progresivo de la población ya existente. Por ello, este no es un parámetro que experimente variaciones inmediatas a corto plazo tras el cese de la principal fuente de degradación (la pesca de arrastre).

En la pradera del Portús se han estimado tasas de mortalidad que oscilan entre 0.11 en la estación P2 y 0.21 en la estación P3. Aparentemente no existen diferencias con respecto a la profundidad entre otras cosas porque la diferencia batimétrica entre las zonas someras y profundas es muy pequeña. No obstante, se ha detectado una tasa de mortalidad algo superior sobre las estaciones ubicadas en el entorno inmediato del límite superior de la pradera.

Como hemos comentado reiteradamente a lo largo de este informe, las características estructurales y poblacionales de esta pradera están determinadas en gran medida por las fuertes condiciones hidrodinámicas, en especial las zonas más someras como sería el caso de las zonas donde se ubican las estaciones P1 y P3. En estas zonas el estrés sedimentario es muy elevado con episodios de acreción sedimentaria importantes sobre la propia pradera y asociados a grandes temporales. En este sentido, bajo estos acontecimientos se produciría una elevada mortalidad de haces por enterramiento principalmente sobre la población de haces asociada al límite somero de la pradera y que justificaría estas tasas más elevadas.

Si observamos los histogramas de frecuencia de clases de edad para estas dos estaciones se puede apreciar una diferencia muy grande entre las clases 1 y 2 con las siguientes que guardan una distribución de frecuencias muy similares entre sí. Esta circunstancia nos apunta sobre la posibilidad de un episodio de gran mortalidad de haces en el año 2000 que afectó a la totalidad de la población de haces existente en ese momento en esa zona de la pradera.



Balance demográfico (R/M)

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 las tablas 6.2.4.2.1. y 6.2.4.2.2. Como se desprende de estos resultados, para la pradera del Portús se ha obtenido resultados muy similares por profundidades con un valor de 0.40 para la pradera somera y de 0.55 para la pradera profunda. En ambos casos el resultado sería representativo de un estadio de regresión media.

No obstante si analizamos los resultados por estaciones de muestreo se ha detectado una variabilidad muy alta entre unas estaciones y otras con valores comprendidos entre 0.94 en P2 y 0.37 en P3. El primer caso sería representativo de una pradera en situación de estabilidad demográfica, mientras que el segundo sería indicativo de un estadio de regresión media-baja. En ausencia de impactos de origen antrópico que puedan estar motivando esta situación regresiva, podemos afirmar que esta tendencia se rige exclusivamente por factores climáticos como ya se ha comentado con anterioridad.

En lo concerniente a la pradera de águilas – Punta Parda la diferenciación es mucho más acusada entre profundidades con un valor de balance demográfico de 0.92 para la pradera somera y de 0.34 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. La valoración de estos resultados nos indicaría que la pradera somera, en líneas generales, se encuentra en una situación de estabilidad demográfica mientras que la pradera profunda presentaría una situación de regresión media-alta.



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, principalmente asociada a las zonas profundas de la pradera.

En este sentido se ha detectado algunas zonas de la pradera donde el balance demográfico es superior a 1 lo que se explica en un contexto de expansión de la pradera. Esta situación la hemos localizado en el entorno de la estación E3, mientras que en el entorno de la estación E5 se ha detectado una situación ligeramente regresiva. Esto sería la situación predominante de la zona somera mientras que en lo concerniente a las estaciones profundas predominaría la situación regresiva aunque con una variabilidad relativamente alta.

En este sentido el balance demográfico más bajo se ha detectado en las estaciones E1 y E2 con valores de 0.48 y 0.30 respectivamente coincidiendo con la zona de pradera degradada por efecto de la pesca de arrastre. En estas zonas, la principal contribución a estos valores es la alta tasa de mortalidad estimada y que como hemos comentado estaría relacionada con una población muy rejuvenecida a consecuencia de la mortalidad por arrastre.

Sin embargo, en la estación E4 localizada en el mismo rango batimétrico que las anteriores, el balance demográfico estimado es de 0.65 y por lo tanto indicativo de una situación de regresión baja. Como se ha comentado con anterioridad, esta estación se sitúa sobre una superficie de pradera que se ha visto protegida del arrastre por la proximidad de afloramientos rocosos y por lo tanto su estado de conservación es más apropiado.



No hay que alarmarse en cuanto a las estimaciones obtenidas del balance demográfico para las zonas profundas de la pradera de Águilas que denotan una situación de regresión generalizada, especialmente importante en el ámbito de las estaciones de muestreo E1 y E2. Hay que incidir en que esta situación de regresión en la pradera no es el reflejo de un estado regresivo actual que repercutiría en el futuro en una reducción drástica de la densidad de haces, sino que es la consecuencia de la mortalidad acaecida en la pradera en las últimas décadas.

Hay que tener en cuenta que es especialmente importante la contribución de la tasa de mortalidad de haces en el balance por lo que en ausencia de impactos considerables que contribuyan a incrementar la mortalidad de haces sobre todo en lo concerniente a la subpoblación de haces más longevos, la población actual de haces experimentará un envejecimiento que aportará un incremento progresivo del balance demográfico.

En este sentido, lo realmente importante es la forma en la que varía el balance demográfico con el tiempo más que en su propia estimación puntual por lo que muy probable que en próximos muestreos en la pradera y en ausencia de perturbaciones externas que desestabilicen la situación demográfica de la pradera, se habrá incrementado.



ANEXOS

Anexo I.

Planos del arrecife de Portús – Isla de las Palomas

















Anexo II.

Planos del arrecife de Águilas – Punta Parda

















Anexo III.
Listado de módulos. Coordenadas UTM Huso 30 y
Datum ED-50



ARRECIFE ARTIFICIAL DE PORTÚS – ISLA DE LAS PALOMAS

Posiciones	
X	Y
670578	4161058
668838	4160484
668888	4160512
672191	4161011
672318	4160984
672397	4160955
670228	4161286
670298	4161211
670466	4161148
669126	4160503
669066	4160575
668940	4160373
668732	4160258
673201	4160753
673214	4160799
673293	4160789
673287	4160726
673126	4160681
669209	4160729
669150	4160665
669097	4160656
673214	4160439
673195	4160414
673216	4160511
673245	4160341
673233	4160269
673187	4160307
670595	4161157
670527	4161144
670525	4161125
670548	4161082
670569	4161078
670534	4161049
670471	4161188
670465	4161184
670445	4161198
670441	4161225
670423	4161201
670411	4161223
670301	4161237
670366	4161246
670363	4161234
670257	4161290
670265	4161186
670160	4161302
673240	4160747
672286	4161025
672036	4161130



Posiciones	
X	Y
672005	4161125
672196	4161020
672196	4161020
672168	4161014
672157	4161039
672089	4161030
672022	4161058
672006	4161026
672281	4161014
672432	4160903
672341	4160927
672541	4160874
672501	4160891
668992	4160642
668960	4160603
668946	4160540
668879	4160552
669247	4160781
669140	4160751
669140	4160723
669146	4160699
669073	4160647
668999	4160647
673271	4160401
673245	4160416
673265	4160504
673149	4160526
671862	4161014
670223	4161225
670206	4161269
670132	4161283



ARRECIFE ARTIFICIAL DE ÁGUILAS – PUNTA PARDA

BARRERA P1	
X	Y
622447	4137447
622586	4137451
622303	4137455
622769	4137456
622348	4137459
622674	4137460
622845	4137468
622543	4137469
622207	4137470
622574	4137480
622807	4137485
622879	4137488
622485	4137493
622421	4137501
622642	4137504
622244	4137512
622321	4137517
622532	4137527
622436	4137530
622844	4137540
622577	4137540
622288	4137543
622688	4137549
622214	4137552
622766	4137553
622364	4137566

BARRERA P2	
X	Y
623373	4137985
623122	4137985
623619	4137987
623037	4137989
623445	4137995
623545	4137995
623207	4138010
623651	4138024
623487	4138034
623578	4138039
623236	4138051
623160	4138059

623428	4138064
623102	4138072
623284	4138075
623214	4138081
623134	4138089
623462	4138094
623537	4138096
623059	4138104
623628	4138105

BARRERA P3	
X	Y
623777	4138747
623876	4138754
623963	4138769
624029	4138772
623812	4138776
623988	4138800
623908	4138804
623772	4138813
624059	4138815
623841	4138817
623943	4138829
624047	4138851

BARRERA P4	
X	Y
624469	4138935
624548	4138953
624608	4138997
624515	4139008
624573	4139036
624630	4139057
624542	4139089
624595	4139108
624647	4139136
624579	4139180
624627	4139193
624715	4139220
624621	4139259
624679	4139289
624754	4139307
624657	4139319
624714	4139370
624791	4139382
624696	4139424



BARRERA P5	
X	Y
625053	4139400
624973	4139421
625040	4139431
625077	4139451
625008	4139489
625076	4139498
625127	4139526
625057	4139575
625123	4139575
625170	4139595
625095	4139649
625164	4139650
625230	4139681
625140	4139719
625207	4139725
625240	4139745
625231	4139787
625178	4139795
625305	4139815
625235	4139849
625271	4139866
625318	4139884
625238	4139908

Anexo IV.

Estaciones de muestreo de *Posidonia oceanica*

ARRECIFE ARTIFICIAL DE EL PORTÚS – ISLA DE LAS PALOMAS

Muestreo

P1

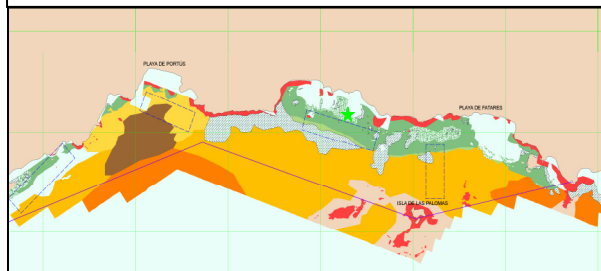
Posición

X: 672349

Y: 4161120

Profundidad: 8 m.

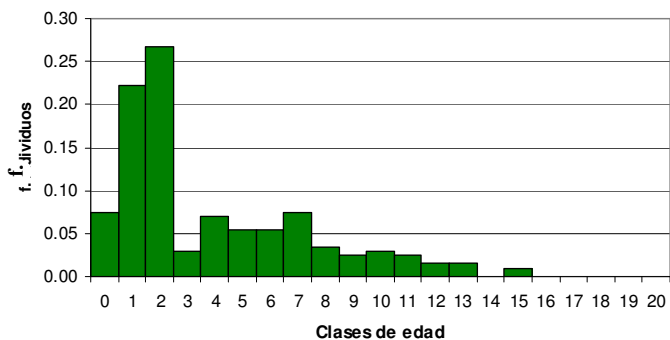
Plano de situación



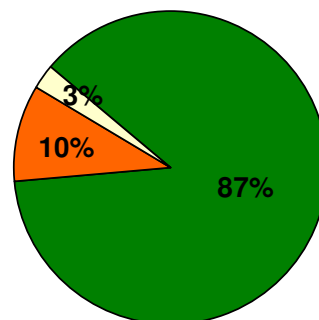
Descripción

- **Localización:** Playa de Fatares.
- Zona de pradera con abundantes matas aisladas o timbas.
- Importantes alteraciones sedimentológicas por el hidrodinamismo.
- Densidad de haces elevada.

HISTOGRAMA DEMOGRÁFICO DE LA PRADERA

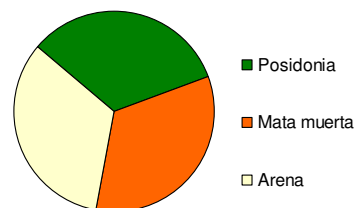


Cobertura del fondo



Otros parámetros de interés

Densidad de pradera: 352 haces/m²
Densidad global: 329 haces/m²
Índice de conservación: 0.9 (alto)



Muestreo

P2

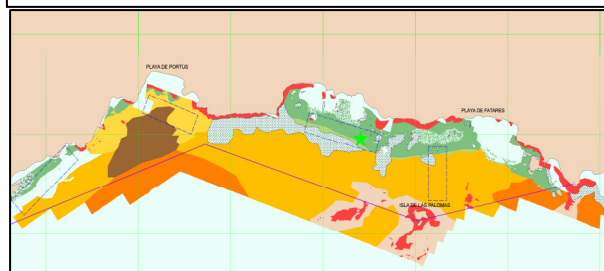
Posición

X: 672322

Y: 4160995

Profundidad: 16 m.

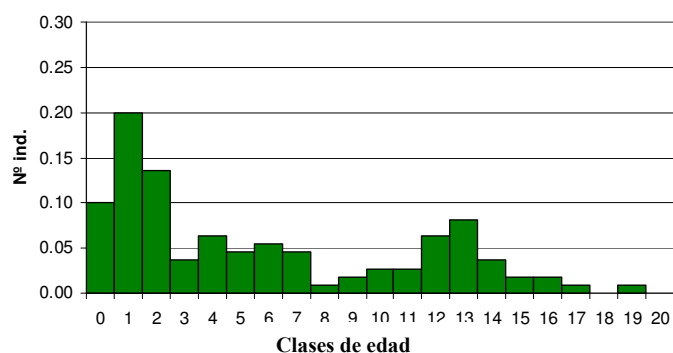
Plano de situación



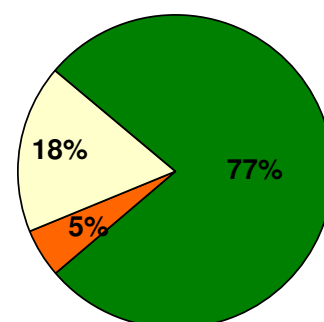
Descripción

- **Localización:** Playa de Fatares.
- Pradera continua en las proximidades de la zona afectada por la pesca de arrastre.
- Índice de conservación muy elevado y gran densidad de haces.

P2



Cobertura de fondo

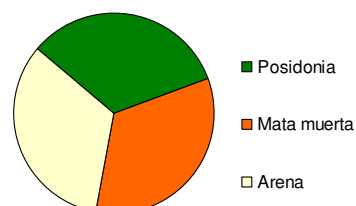


Otros parámetros de interés

Densidad de pradera: 623 haces/m²

Densidad global: 586 haces/m²

Índice de conservación: 0.94 (alto)



Muestreo

P3

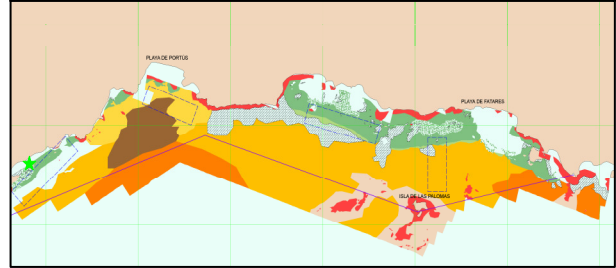
Posición

X: 668868

Y: 4160634

Profundidad: 10 m.

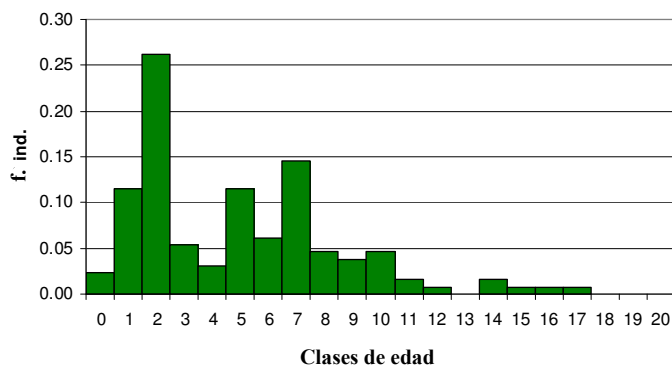
Plano de situación



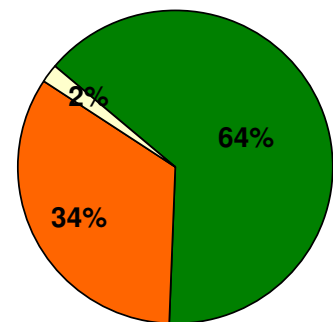
Descripción

- **Localización:** Proximidades Punta de la Aguja.
- Pradera continua en las proximidades de su límite somero.

HISTOGRAMA DEMOGRÁFICO DE LA PRADERA



Cobertura de fondo

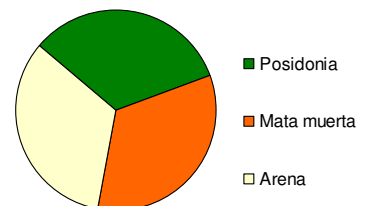


Otros parámetros de interés

Densidad de pradera: 452 haces/m²

Densidad global: 306 haces/m²

Índice de conservación: 0.66 (medio)



Muestreo

P4

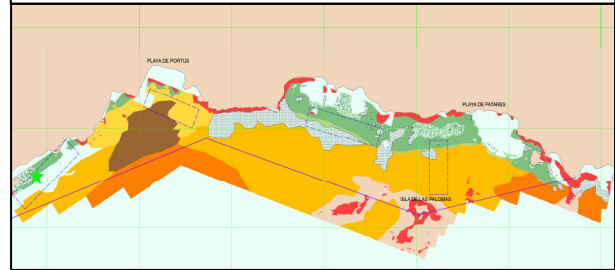
Posición

X: 672349

Y: 4161120

Profundidad: 17 m.

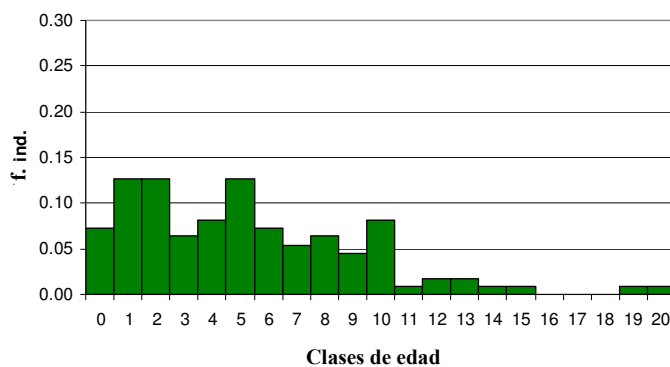
Plano de situación



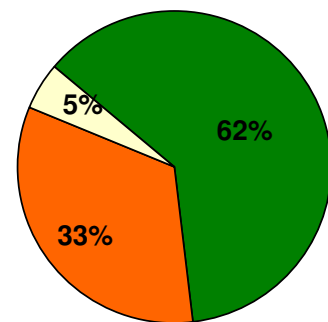
Descripción

- **Localización:** Proximidades punta de la Aguja.
- Zona profunda de la pradera.
- Pradera continua con zonas de mata muerta.

HISTOGRAMA DEMOGRÁFICO DE LA PRADERA

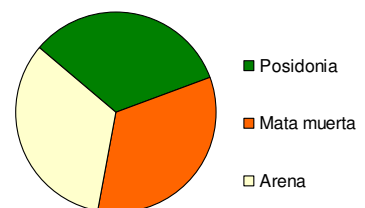


Cobertura de fondo



Otros parámetros de interés

Densidad de pradera: 575 haces/m²
Densidad global: 381 haces/m²
Índice de conservación: 0.65 (**medio**)



ARRECIFE ARTIFICIAL DE ÁGUILAS – PUNTA PARDA

Muestreo

E1

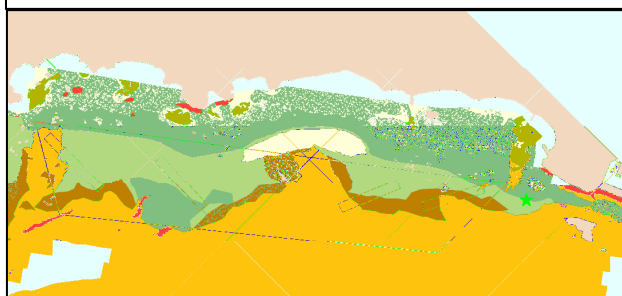
Posición

X: 625647

Y: 4140079

Profundidad: 23 m.

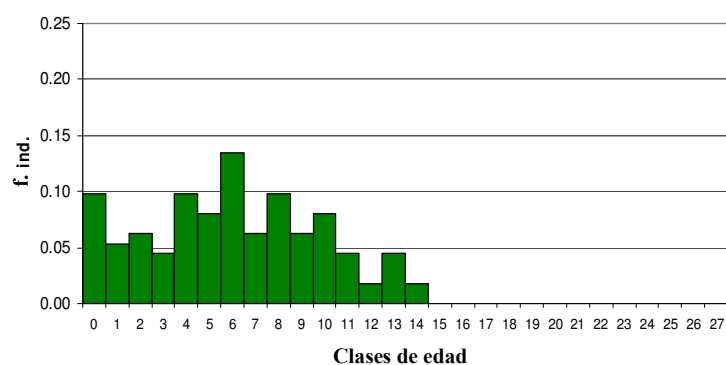
Plano de situación



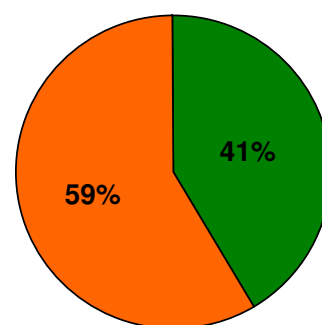
Descripción

- **Localización:** Frente puerto de Águilas.
- Zona de pradera degradada por la pesca de arrastre.
- Esto junto con una densidad muy baja de haces y un índice de conservación bajo nos indica un estado importante de degradación.

HISTOGRAMA DEMOGRÁFICO DE LA PRADERA

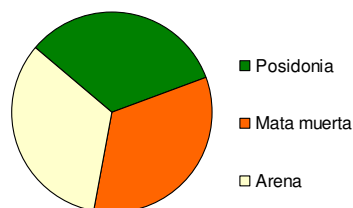


Cobertura de fondo



Otros parámetros de interés

Densidad de pradera: 75 haces/m²
Densidad global: 31 haces/m²
Índice de conservación: 0.41 (**bajo**)



Muestreo

E2

Posición

X: 672349

Y: 4161120

Profundidad: 24 m.

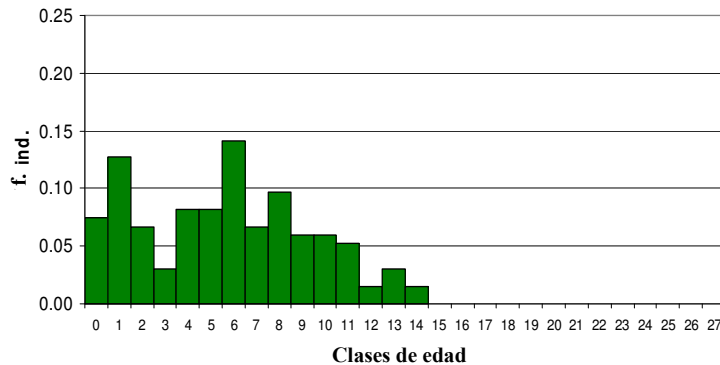
Plano de situación



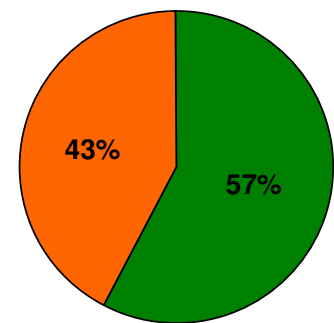
Descripción

- **Localización:** Frente a la playa de Matalentisco.
- Pradera degradada de *Posidonia oceanica* con abundantes manchas de mata muerta.
- Estado con síntomas de degradación.

HISTOGRAMA DEMOGRÁFICO DE LA PRADERA

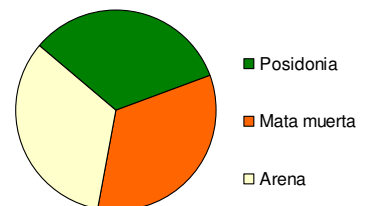


Cobertura de fondo



Otros parámetros de interés

Densidad de pradera: 106 haces/m²
Densidad global: 55 haces/m²
Índice de conservación: 0.58 (**medio**)



Muestreo

E3

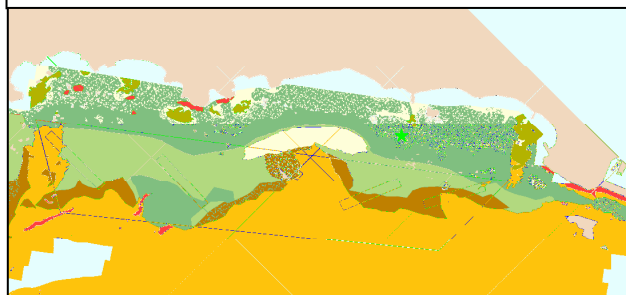
Posición

X: 624387

Y: 4139722

Profundidad: 10 m.

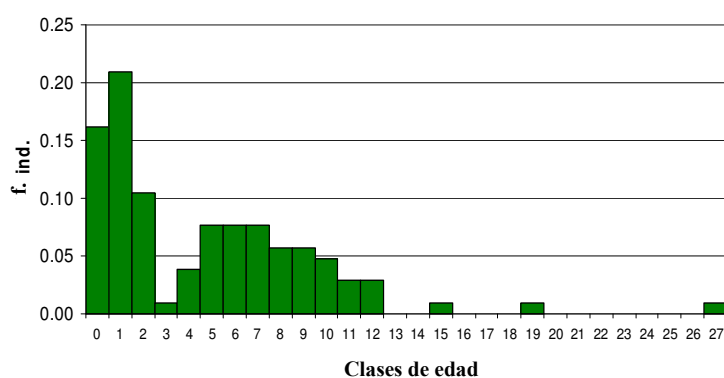
Plano de situación



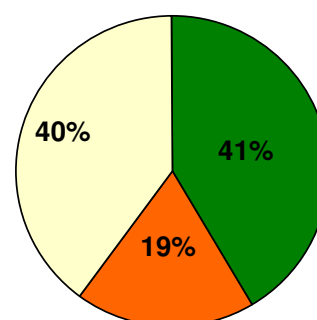
Descripción

- **Localización:** Frente playa de Matalentisco.
- Pradera de *Posidonia* más o menos continua, con numerosos claros arenosos.

HISTOGRAMA DEMOGRÁFICO DE LA PRADERA

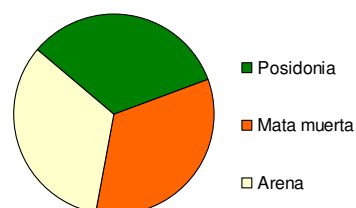


Cobertura de fondo



Otros parámetros de interés

Densidad de pradera: 490 haces/m²
Densidad global: 347 haces/m²
Índice de conservación: 0.69 (**medio**)



Muestreo

E4

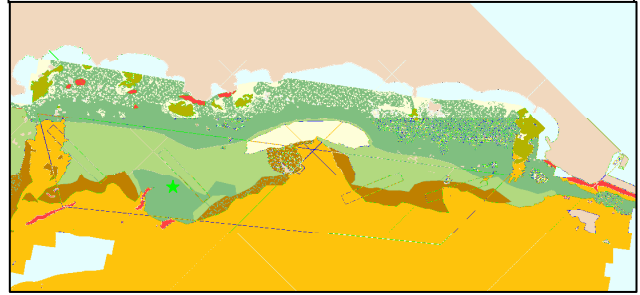
Posición

X: 623366

Y: 4137745

Profundidad: 26 m.

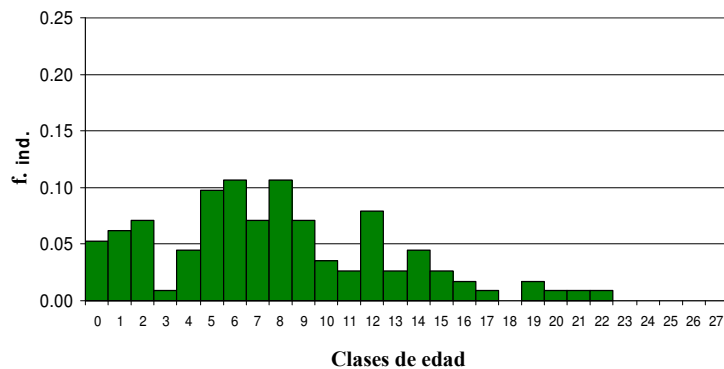
Plano de situación



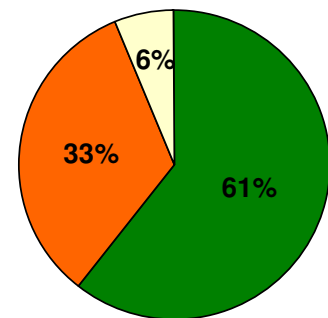
Descripción

- **Localización:** Frente Calareona.
- Pradera profunda de *Posidonia* en buen estado de conservación.
- Zona protegida por la presencia de formaciones rocosas adyacentes.

HISTOGRAMA DEMOGRÁFICO DE LA PRADERA

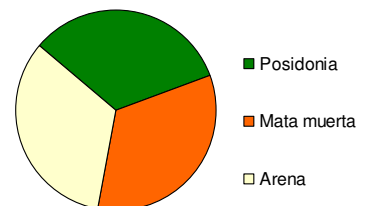


Cobertura de fondo



Otros parámetros de interés

Densidad de pradera: 129 haces/m²
Densidad global: 83 haces/m²
Índice de conservación: 0.65 (**medio**)



Muestreo

E5

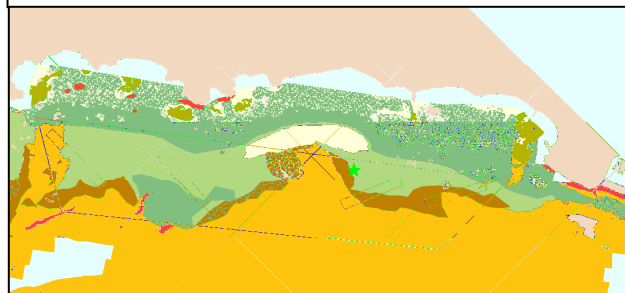
Posición

X: 622529

Y: 4138150

Profundidad: 13 m.

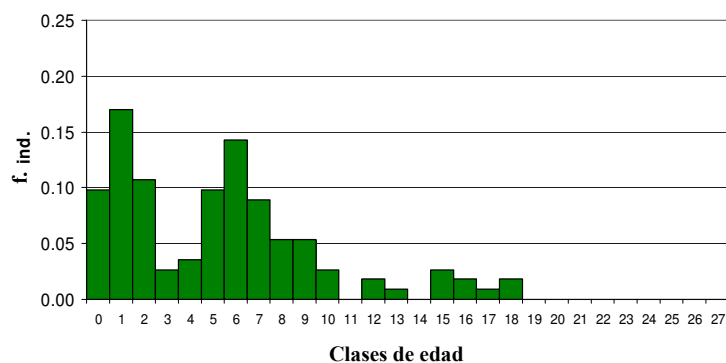
Plano de situación



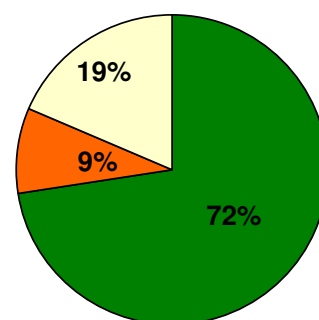
Descripción

- **Localización:** Frente Calareona.
- Pradera de *Posidonia* con numerosos claros sedimentarios.
- Elevada densidad de haces y alto índice de conservación.

HISTOGRAMA DEMOGRÁFICO DE LA PRADERA



Cobertura de fondo



Otros parámetros de interés

Densidad de pradera: 406 haces/m²

Densidad global: 373 haces/m²

Índice de conservación: 0.91 (alto)

