






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

SEGUIMIENTO DEL ARRECIFE ARTIFICIAL DE MAZARRÓN CARACTERIZACIÓN DE LA PRADERA DE *POSIDONIA OCEANICA*



ALICANTE, OCTUBRE DE 2002

DIRECCIÓN DEL TRABAJO:	EMPRESA CONSULTORA:
SERVICIO DE PESCA Y ACUICULTURA	MEDITERRANEO SERVICIOS MARINOS   

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



CONSEJERÍA DE AGRICULTURA,
AGUA Y MEDIO AMBIENTE
REGIÓN DE MURCIA

**SEGUIMIENTO DEL ARRECIFE DE
MAZARRÓN
CARACTERIZACIÓN DE LA PRADERA DE
*POSIDONIA OCEANICA***

Autores:

Marcos Sánchez Poveda
Daniel Devesa Sánchez
Jordi Escihuela Corella
Emilio Pérez Blaya
Carmen Galleo Balboa
Juan Francisco Alemán Larrosa
Manuel Marhuenda Irastorza

MEDITERRANEO
SERVICIOS MARINOS 

Octubre de 2002

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. PROSPECCIÓN CON SONAR DE BARRIDO LATERAL	5
3. INSPECCIONES VISUALES	23
4. CARACTERIZACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA PRADERA DE <i>Posidonia oceanica</i>	24

ANEXOS

ANEXO I. Cartografía	60
ANEXO II. Imágenes de SSS	64
ANEXO III. Imágenes de vídeo	68
ANEXO IV. Listado de módulos	80

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge la información obtenida durante la realización de los trabajos de seguimiento del arrecife artificial de Mazarrón en el año 2002 tras la solicitud de asistencia técnica por parte del Servicio de Pesca y Acuicultura a la empresa MEDITERRÁNEO SERVICIOS MARINOS S.L.

Los trabajos realizados a tales efectos, han consistido en:

- Una prospección acústica mediante sonar de barrido lateral sobre una extensión aproximada de 1200 Ha a lo largo de toda la bahía de Mazarrón.
- Realización de inspecciones visuales y filmación en vídeo de diversas estructuras que componen el arrecife artificial como módulos y pecios.
- Marcado mediante bridas de las estaciones de seguimiento permanente de *Posidonia oceanica* y posterior recuento de haces.
- Caracterización del estado de conservación y estudio de la evolución temporal de la pradera de *Posidonia oceanica* mediante estudios lepidocronológicos y seguimiento de la estación permanente.

La totalidad de las labores desempeñadas se encuentran encaminadas hacia la obtención de la máxima información posible acerca del estado y efectividad del arrecife de Mazarrón.

Dicho arrecife se compone, según el proyecto, de 12 polígonos arrecifales distribuidos a lo largo de toda la bahía que abarcan profundidades comprendidas entre los 10 y los 40 m dando protección frente al arrastre de fondo a la pradera de *Posidonia oceanica*.

El conjunto de módulos que componen el arrecife pertenecen a un mismo tipo antiarrastre que presenta forma cúbica, con dos perfiles de hierro que lo atraviesan, ascendiendo el peso seco del módulo a unas 5 Tm.

2. PROSPECCIÓN CON SONAR DE BARRIDO LATERAL

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

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

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

Mediante técnicas de prospección con sonar de barrido lateral se ha podido establecer la apertura real entre las dos puertas de un arte de arrastre a partir de la medida de la separación entre las dos marcas que dejan sobre el fondo mientras faena. Se ha calculado una separación media de unos 40 m aproximadamente de lo que se deduce que el intento de cruzar el arrecife con el arte calado supone un riesgo demasiado alto de enganche con alguno de los elementos modulares. Por otro lado la disposición al tresbolillo en el interior de las barreras, si se ha realizado correctamente, reduce el espacio real entre módulos a aproximadamente la mitad (20 m) debido al desplazamiento diferencial de los módulos entre líneas adyacentes.

Para la evaluación de la eficacia del arrecife artificial como instrumento de ordenación pesquera encaminado a disuadir a la flota de arrastre de faenar a profundidades no permitidas, se ha utilizado, tal y como se comenta con anterioridad una prospección

acústica mediante sonar de barrido lateral cuya metodología y resultados obtenidos se describen a continuación.

2.1. Metodología

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

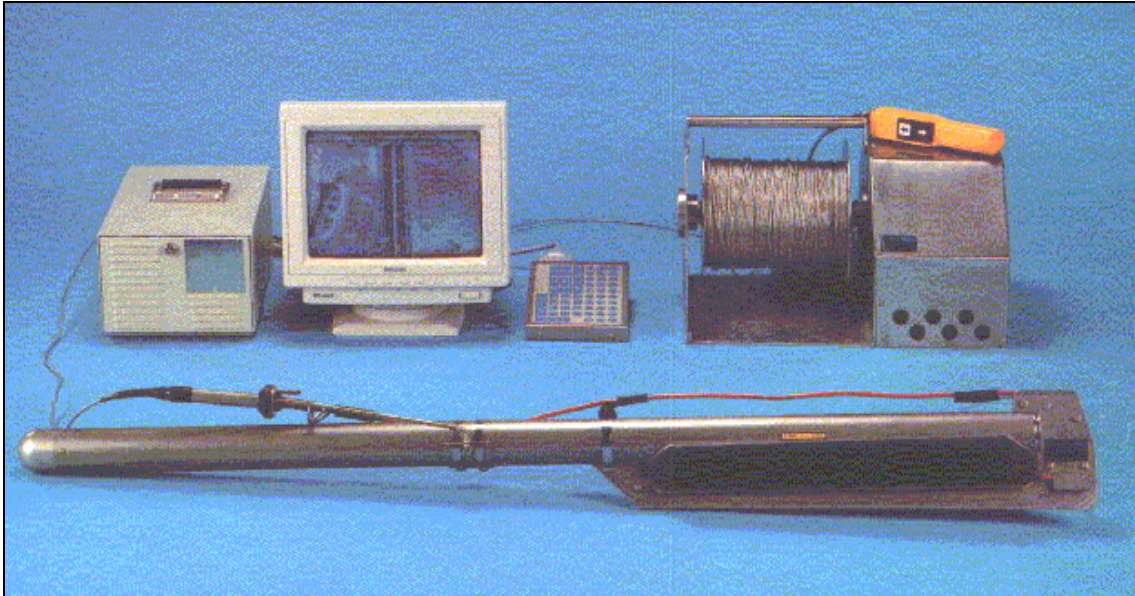


Figura 2.1.1. Sonar de barrido lateral (C-Max 800/S)

recibe ondas acústicas. El transductor se encuentra unido a la CPU mediante un cable de fibra óptica (ver figuras 2.1.1 y 2.1.2).

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

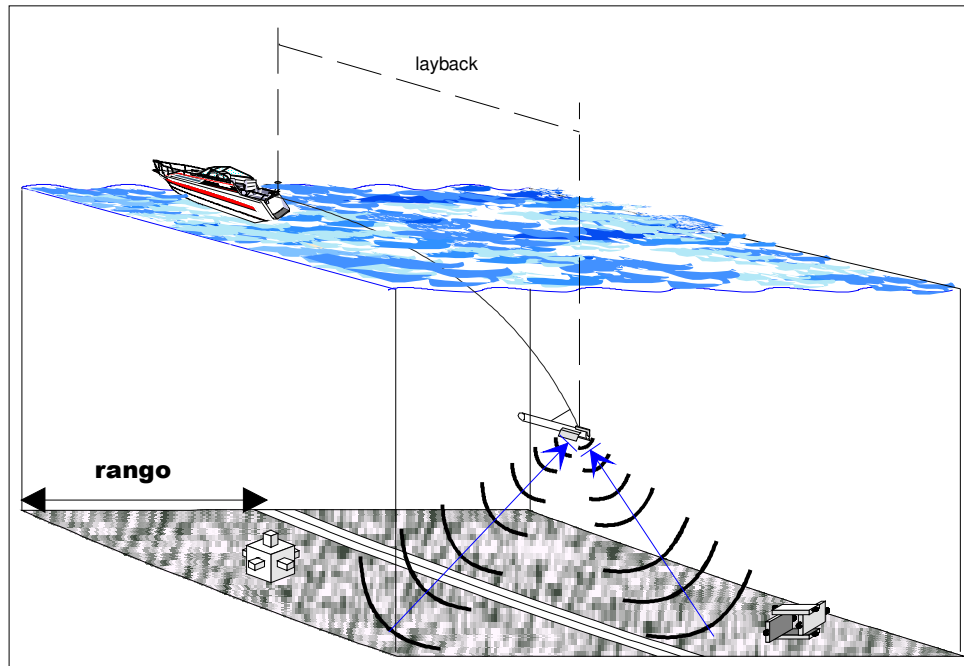


Figura 2.1.2. Modelo de prospección con sonar de barrido lateral (SSS)

Este aparato permite seleccionar el rango entre 50, 75, 100 y 150 m de amplitud a cada lado de la embarcación. Esto quiere decir que se puede grabar información en una franja de fondo comprendida entre 100, 150, 200 o 300 m de amplitud respectivamente.

Con el fin de que el registro tenga la calidad suficiente, la velocidad de trabajo debe oscilar entre 2 y 5 nudos dependiendo de las condiciones meteorológicas.

Para el posicionamiento del registro de fondo se utiliza un dGPS del sistema Omnistar modelo 3000 RL que ofrece señal diferencial en todo momento. Esta posición tiene un error máximo en las coordenadas suministradas que oscila en torno a un metro y una frecuencia de recepción de datos de 1 Hz.

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. Tan pronto se recibe esta señal el SSS vuelve a calcular la posición en donde se encuentra el transductor que puede estar hasta 200 m por detrás de la embarcación denominándose *layback* a esta distancia horizontal. Debido a este hecho, el error final en el posicionamiento de un objeto puede llegar a ser de varios metros.

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 diseñar con antelación 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 un modo muy visual, indicándose la distancia y la dirección del error cometido con el fin de evitar desplazamientos excesivos con respecto a la trayectoria prefijada.

Así mismo, es muy importante que los transectos se realicen tan rectos como sea posible y lo más perpendiculares que se pueda a la pendiente del fondo para evitar errores en el posicionamiento del transductor y que queden áreas de terreno sin cubrir. Esto último se evita en parte con una separación entre recorridos que genere un área de solapamiento.

En la presente campaña se ha establecido como rango de prospección 75 m ya que ofrece una óptima resolución tanto para la localización de las estructuras que componen el arrecife como las huellas dejadas por los lances de arrastre, al mismo tiempo que se maximiza el área cubierta.

Con posterioridad 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 y posicionando los módulos, objetos detectados y las marcas de arrastre, diferenciando en su caso la presencia de arrastre recientes y antiguos. Después de un proceso informático se genera un archivo de intercambio de datos que permite la transferencia de toda la información a un fichero de AUTOCAD, que se utiliza como base para la realización de los planos.

2.2. Resultados obtenidos

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

2.2.1. Localización de estructuras

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.

Previamente a la prospección realizada para el presente informe, se realizó en 1998 por el mismo equipo investigador otra prospección que cubría la mayor parte de la zona de concesión correspondiente a este arrecife y por consiguiente gran parte de la pradera de *Posidonia oceanica* presente a lo largo de la bahía de Mazarrón. Esta primera prospección resultó incompleta debido a que no se cubrió la totalidad de la zona de concesión del arrecife, circunstancia que se ha tratado subsanar con la realización de esta segunda prospección. Por otra parte, la utilización de una metodología de muestreo 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.

En la prospección realizada en 2002 se han cubierto unas 1000 Ha de fondo de forma continuada desde una profundidad comprendida entre 7 y 10 m hasta 40 m aproximadamente con lo que nos aseguramos la cobertura de la totalidad de las barreras arrecifales y el posicionamiento de los módulos pertenecientes al arrecife. Se han posicionado más módulos en comparación con la primera prospección localizando parte de los que no fueron localizados en su momento por no ser el motivo de aquella prospección, que era la cartografía de *Posidonia*.

Tras el análisis de todos los registros obtenidos se ha localizado un total de 253 módulos antiarrastre de los 303 de que debería constar la instalación según el proyecto. Este resultado nos indica que se habría obtenido una eficacia de localización del 83.5%.

Asumiendo como cierto la colocación de la totalidad de los módulos proyectados, podemos decir que la no localización puede ser consecuencia de inconvenientes inherentes a la propia metodología de trabajo, a situaciones de mala mar que complican la interpretación de los registros o a un exceso de celo en el filtrado de módulos duplicados.

En el proceso de filtrado de los módulos localizados en las zonas de solapamiento donde puede producirse duplicación de módulos, a pesar de que los criterios para discernir entre módulos duplicados son precisos, el exceso de celo en el filtrado puede llevar a eliminar módulos que en realidad no están duplicados. No obstante, bajo condiciones normales de trabajo, el efecto de esta serie de factores suele tener una repercusión muy baja en el resultado final.

Tal y como se puede apreciar en el plano nº 2 de resultados, la distribución de las barreras dentro del área arrecifal difiere sensiblemente de la distribución que se refleja en el proyecto de instalación. El número de barreras no coincide con la proyectada y su distribución relativa ha cambiado considerablemente. A tenor de estos resultados parece deducirse que el proyecto sufrió modificaciones de última hora antes de la instalación del arrecife, muy probablemente en un intento de reforzar más su eficacia antiarrastre. La diferencia más notable es la ausencia de la barrera 11.

Como se desprende de la tabla 2.2.1.1. únicamente en la barrera P6 se ha localizado la totalidad de los módulos proyectados. En cuanto a las barreras P3, P4, P7 y P10, el número de módulos localizados excede notablemente del número de módulos que consta en el proyecto de arrecife. En el resto de los casos se ha obtenido un porcentaje de localización con respecto a lo establecido en el proyecto superior al 70% salvo los casos de la barreras P9 y P12 donde se han localizado 21 y 1 módulos frente a los 41 y 9 que constan, respectivamente, en el diseño previo del proyecto consultado (no se conoce con exactitud si corresponde con la versión definitiva ejecutada).

<i>Módulos</i>	<i>Proyectados</i>	<i>Localizados</i>	
		<i>nº</i>	<i>%</i>
Totales	303	253	83.50
P1	14	10	71.43
P2	25	22	88
P3	31	33	106.45
P4	25	31	124
P5	40	28	70
P6	12	12	100
P7	23	35	152.17
P8	27	24	88.89
P9	41	21	51.22
P10	30	36	120
P11	26		
P12	9	1	11.11

En la tabla 2.2.1.1. 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.

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. La distribución guarda cierta homogeneidad interna en lo referentes a la separación entre los módulos y a su alineación, conservando cierta similitud con la disposición establecida en el proyecto, con alineaciones de dos o tres hileras de módulos por barrera y dispuestas al tresbolillo. La mayor diferencia con las especificaciones del proyecto estriba precisamente en el número de líneas que presenta cada barrera.

La relativa homogeneidad que presenta la distribución de módulos en nuestros resultados, unida a la ausencia de surcos de grandes dimensiones originados por posibles módulos arrastrados, parece confirmar que hasta el momento no se han producido lances de arrastre en el interior de la zona protegida y que 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.

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

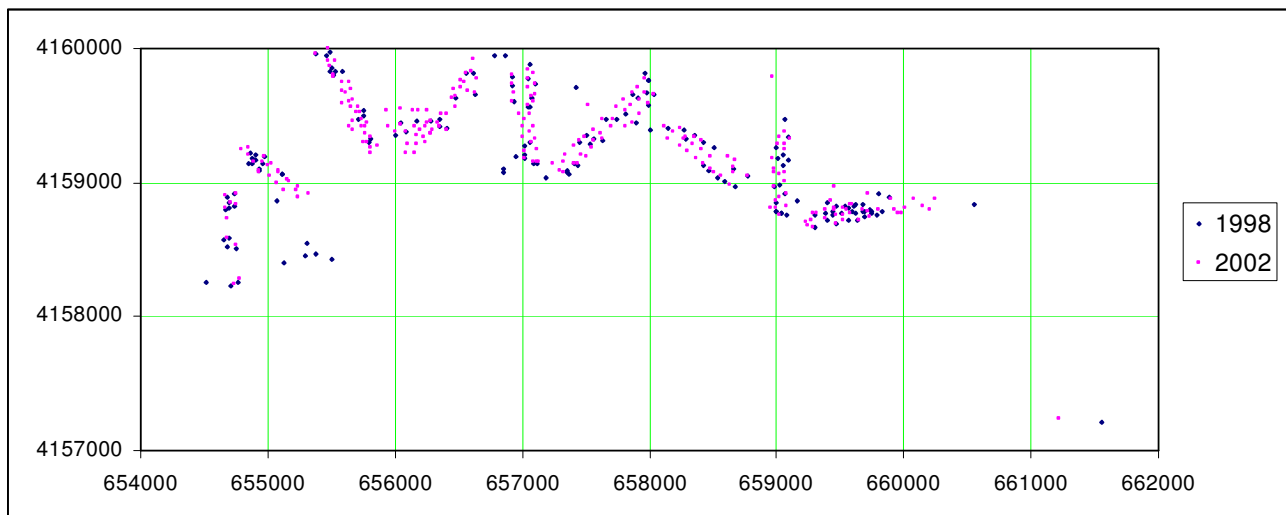


Figura 2.2.1.1. Comparación entre la disposición de los módulos en 1998 y 2002

A continuación se ofrece en las figuras 2.2.1.2. y 2.2.1.3. una serie de información complementaria a cerca de la distribución de los módulos dependiendo del tipo de fondo y con respecto a distintos aspectos dentro de la pradera de *Posidonia oceanica*.

Como se desprende de la figura 2.2.1.2. la mayor parte de los módulos se encuentran ubicados en fondos blandos o sobre pradera de *Posidonia oceanica* en un número de 123 y 120 módulos respectivamente. La mayor parte de los módulos ubicados sobre fondos blandos se encuentran colocados sobre los fondos situados por fuera del límite inferior de la pradera reforzando la protección de la pradera. En cuanto a los módulos colocados sobre la pradera hay que decir que originan cierta degradación sobre la pradera que se limita a la superficie ocupada directamente por ellos y sobre las zonas adyacentes en un radio de pocos centímetros desde el módulo. Por consiguiente, la degradación infringida por los módulos sobre la pradera se considera mínima y perfectamente asumible teniendo en cuenta la protección que confieren a la pradera como elemento antiarrastre y la diversificación del ecosistema que acarrearán.

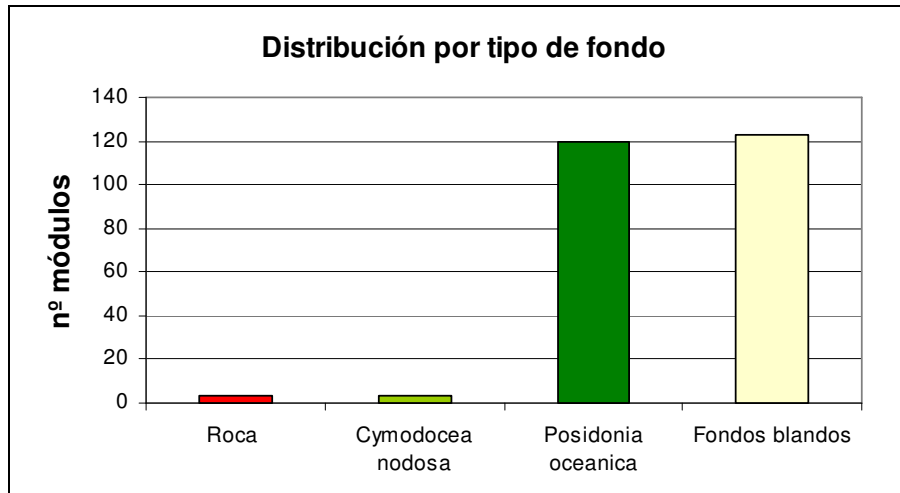


Figura 2.2.1.2. Número de módulos dependiendo del tipo de sustrato sobre el que se asientan.

En cuanto al resto de módulos que completan nuestra prospección, 3 de ellos se distribuyen sobre los fondos duros localizados en las proximidades del puerto de Mazarrón y otros tres sobre la pradera de *Cymodocea nodosa* localizada en la mitad *Este* de la bahía en las zonas más someras.

En lo referente a los módulos localizados sobre pradera de *Posidonia*, se ha podido constatar que el 72% de los mismos se encuentran sobre zonas con diversos grados de degradación mientras que el 28% restante están ubicados sobre pradera en buen estado de conservación.

Distribución por aspectos de pradera de *Posidonia*

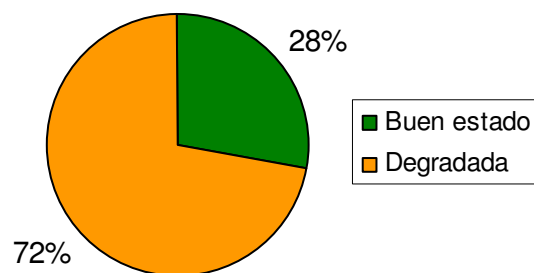


Figura 2.2.2.3. Proporción de módulos en virtud del estado de conservación de la pradera de *Posidonia*.

2.2.2. Localización de marcas de arrastre

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

Estas marcas son originadas sobre el fondo por 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.

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

La zona donde se ha detectado mayor densidad de lances es la zona central de la bahía, disminuyendo progresivamente hacia ambos extremos. En virtud del fuerte registro de algunos lances, podemos afirmar que se trata de marcas relativamente recientes lo que nos indica que actualmente continua desarrollándose este tipo de actividad pesquera en

la zona aunque sobre caladeros más profundos que los que acostumbraban con anterioridad a la colocación del arrecife.

Distancias (m)	<i>Media</i>	<i>d.t.</i>	<i>Max.</i>	<i>Min.</i>
Al arrecife	123	42	211	61
A la pradera	439	93	587	272

Tabla 2.2.2.1. Distancia entre las marcas de arrastre y el arrecife y respecto al límite inferior de la pradera.

Aunque la tendencia a evitar la zona arrecifal ha quedado patente, los arrastreros frecuentan las zonas adyacentes, probablemente en un intento de beneficiarse de los recursos pesqueros asociados al arrecife, aunque manteniendo una distancia mínima por miedo a poder perder las redes por enganches con los módulos. Se ha calculado una distancia media de aproximación al arrecife a partir de diversas medidas sobre la cartografía realizada, de 123 m aunque se han detectado aproximaciones en torno a 60 m de los módulos más profundos del arrecife.

La presencia del arrecife artificial en el entorno de la bahía ha originado un alejamiento de los lances de arrastre con respecto al límite inferior de la pradera que oscila entre 272 m y 587 m con un valor medio de 439 m evitando de esta manera el deterioro directo de la pradera por el arrancamiento de los haces. 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.

Con respecto a la situación detectada en la prospección realizada en 1998, se ha podido comprobar un descenso generalizado de la densidad de marcas de arrastre a lo largo de toda la bahía, lo cual nos indicaría un descenso de la actividad arrastrera en esta zona. Es probable un cambio de uso en el desarrollo de esta actividad que se refleja principalmente en la búsqueda de caladeros más profundos o localizados en zonas más alejadas

Tras haber constatado la ausencia de evidencias de que se estén realizando lances de arrastre en la zona protegida, se puede afirmar que el arrecife artificial de Mazarrón

cumple perfectamente su objetivo, constituyendo un eficaz elemento disuasorio de la pesca de arrastre.

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 tras 7 años del cese de la actividad.

No obstante, en virtud de los registros de sonar se ha detectado un cambio significativo entre las dos prospecciones realizadas que se traduce en un proceso de recuperación de la pradera como se puede apreciar en las imágenes 3 y 4 del anexo de sonar. Como se puede apreciar, las marcas originadas sobre la pradera se han difuminado más con respecto a la primera prospección debido al incremento de la densidad de haces y la cobertura de la pradera. En apartados siguientes ahondaremos con mayor profundidad sobre el análisis y valoración del estado de la pradera de *Posidonia* y sobre su evolución en el transcurso de los últimos años.

A pesar de esta circunstancia sería muy conveniente continuar evaluando en los sucesivos años la posible repercusión de esta instalación sobre los hábitos de la pesca de arrastre y su posible incursión en la zona de concesión del arrecife.

2.2.3. Bionomía bentónica

Como complemento a la inspección del arrecife artificial, se ha utilizado la información procedente de los registros de sonar para elaborar una cartografía bionómica de los fondos prospectados. En el trabajo de postproceso, personal especializado en la interpretación de registros de SSS ha delimitado las diferentes unidades bionómicas diferenciables que tras un proceso 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.

Las posibilidades y la precisión inherente a nuestra metodología de trabajo nos ha permitido también profundizar en el conocimiento cualitativo de la estructura, naturaleza del sustrato e incluso estado de conservación de algunas comunidades con un alto valor ecológico como es el caso de la pradera de *Posidonia oceanica*. En este último caso se ha intentado también hacer una diferenciación entre las diversas tipologías que presenta la pradera en función de su adaptación a diferentes factores ambientales.

Como resultado principal, se ha obtenido el plano nº 3 del anexo cartográfico donde se recoge la distribución espacial de cada uno de los aspectos bionómicos identificados.

A continuación se ofrece una relación de las comunidades bionómicas identificadas en la zona de estudio así como una descripción de las diferentes tipologías que presentan.

- Pradera de *Posidonia oceanica*
 - Pradera continua
 - Pradera en buen estado
 - Pradera degradada
 - Matas aisladas o timbas

- Pradera de *Cymodocea nodosa*

- Fondos blandos
 - Arenas fangosas
 - Arenas gruesas con *ripple marks*

- Fondos duros

En virtud de los resultados obtenidos en la cartografía podemos decir que la comunidad bionómica mayormente representada en nuestra prospección es la pradera de *Posidonia oceanica*.

La pradera se distribuye de forma más o menos continua a lo largo de toda la bahía interrumpida únicamente en las proximidades del puerto de Mazarrón por una estrecha franja de arenas finas. Aunque el límite somero de nuestra prospección (7-10 m) nos ha impedido delimitar la totalidad del límite superior de la pradera, sobre todo en la mitad de poniente de la bahía, de nuestros resultados se desprende que se sitúa en torno a -10 m en la mitad de levante de la bahía y entre -7 y -10 m en el extremo de poniente. El rango batimétrico de distribución de la pradera se extiende hasta una profundidad entorno a 23 o 24 m donde se sitúa el límite inferior de la pradera. Es probable que el límite potencial originario de la pradera se situase a mayor profundidad aunque debido al alto grado de degradación que presenta la pradera profunda no se ha podido determinar con claridad.

En lo referente a su estado de conservación, podemos decir que se trata de una pradera en buen estado de conservación desde su límite superior hasta una profundidad variable entre -15 y -18 m, a partir de donde se empiezan a evidenciar síntomas de degradación que se incrementan progresivamente hacia el límite inferior donde se sitúan zonas con abundante presencia de mata muerta.

La degradación que experimenta la pradera ha sido originada principalmente por el efecto de la actividad arrastrera que hasta 1995, fecha de colocación del arrecife artificial, frecuentaba con asiduidad las superficies ocupadas por esta fanerógama.

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

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

Es consecuencia de unas condiciones de estrés hidrodinámico por los aportes sedimentarios de la costa. Debido a estos movimientos sedimentarios, la pradera se encuentra en una situación desfavorable para poder colonizar nuevos sustratos, por lo que su distribución queda reducida a zonas muy concretas y de escasa superficie. El sustrato localizado entre estas manchas está compuesto por arenas o arenas fangosas sin presencia de mata muerta de *Posidonia*, por lo tanto no se considera un estado de degradación de la pradera, sino la respuesta natural de adaptación de la planta a estas condiciones sedimentarias e hidrodinámicas particulares. Esta circunstancia impide que la pradera se desarrolle bajo sus patrones normales de crecimiento quedando reducida a la presencia de zonas aisladas en un entorno eminentemente sedimentario. Esta situación se ha detectado principalmente en la mitad de poniente de la bahía donde queda patente el influjo de la rambla de la Azohía.

A partir de cierta profundidad la pradera se torna más homogénea y continua gracias a la presencia de unas condiciones hidrodinámicas más moderadas que permiten una colonización más homogénea del sustrato. La protección que confiere la bahía permite que la mayor parte de la pradera se distribuya de manera uniforme y sin apenas evidencias de procesos erosivos sobre la misma. Este aspecto de la pradera se distribuye de forma continuada hasta el límite inferior de la pradera.

En las zonas donde la incidencia de los factores hidrodinámicos se muestra más acusada, la pradera se descubre algo más heterogénea con la aparición de canales y cubetas intermata cuya génesis se basa en procesos erosivos sobre la mata. Más adelante se incidirá sobre este aspecto.

Otra de las comunidades detectadas en la zona es la constituida por la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* que coloniza principalmente fondos blandos, en los que predomina la deposición de materiales. Esta fanerógama marina ofrece una cobertura muy inferior a la observada en *P. oceanica*, Se distribuye conformando una estructura

de pradera con una densidad de haces variable que se incrementa desde la periferia de las manchas hacia el centro de las mismas.

Esta pradera se desarrolla principalmente en las proximidades de la Azohía donde ocupa una amplia extensión. Esta mitad de la bahía reúne las condiciones hidrodinámicas más estables y aptas para el desarrollo de esta fanerógama. La distribución de esta pradera ocupa el rango batimétrico comprendido entre escasos metros de profundidad y el límite superior de la pradera de *Posidonia oceanica*.

Como se puede apreciar en la cartografía, esta pradera estaría sentada sobre los fondos de arenas finas que debido a las condiciones de estrés hidrodinámico y sedimentario, están vedados a la colonización de *Posidonia oceanica*.

En lo referente a la presencia de fondos blandos, podemos decir que ocupa una distribución más bien profunda a lo largo de nuestra prospección a partir del límite inferior de la pradera de *Posidonia oceanica*. El sedimento se caracteriza por la presencia de una fracción importante de materiales lutíticos mezclados con arenas finas.

En la zona más somera de la prospección los fondos blandos se caracterizan por una mayor proporción de arenas finas gracias a las características de la costa donde predominan los procesos sedimentarios frente al transporte y erosión.

La morfología de la bahía de Mazarrón permite un cierto grado de deposición de sedimentos finos, principalmente en la mitad de levante. La deposición de estas fracciones granulométricas también está influenciada por la calidad de los aportes terrígenos procedentes de las ramblas como la de la Azohía. Sobre estos sustratos se asienta parcialmente la pradera de *Cymodocea nodosa* aunque la composición de la infauna difiere en uno y otro caso por la estructuración que confiere el entramado de rizomas de *Cymodocea*.

En algunas zonas muy concretas se ha detectado la presencia arenas gruesas sometidas a la acción de corrientes de fondo pero con una distribución inferior a una hectárea en total. Estas zonas son la consecuencia de unas condiciones de inestabilidad sedimentaria, en este caso con una incidencia muy localizada que originan el lavado de

las fracciones más finas por efecto del hidrodinamismo y la acumulación de materiales biodetríticos procedentes de la propia pradera de *Posidonia* o transportados por las corrientes desde enclaves más lejanos.

En la tabla siguiente se ofrecen las superficies ocupadas por cada una de las comunidades bionómicas identificadas, expresadas en hectáreas. Hay que dejar claro que estos datos no son representativos de la totalidad de la bahía ya que provienen únicamente de nuestra zona prospectada aunque suponen de forma relativa una buena aproximación cuantitativa.

Fondo	Superficie (Ha)
<i>Cymodocea nodosa</i>	23.0
Fondos duros	0.2
Fondos duros dispersos	30.1
<i>Posidonia</i> en buen estado	181.1
<i>Posidonia</i> degradada	187.1
Manchas aisladas de <i>Posidonia</i>	6.0
<i>Ripples</i>	0.9
Fondos blandos	570.7
TOTAL	999.1

Tabla 2.2.3.1. Superficie ocupada por cada una de las unidades bionómicas cartografiadas en la prospección.

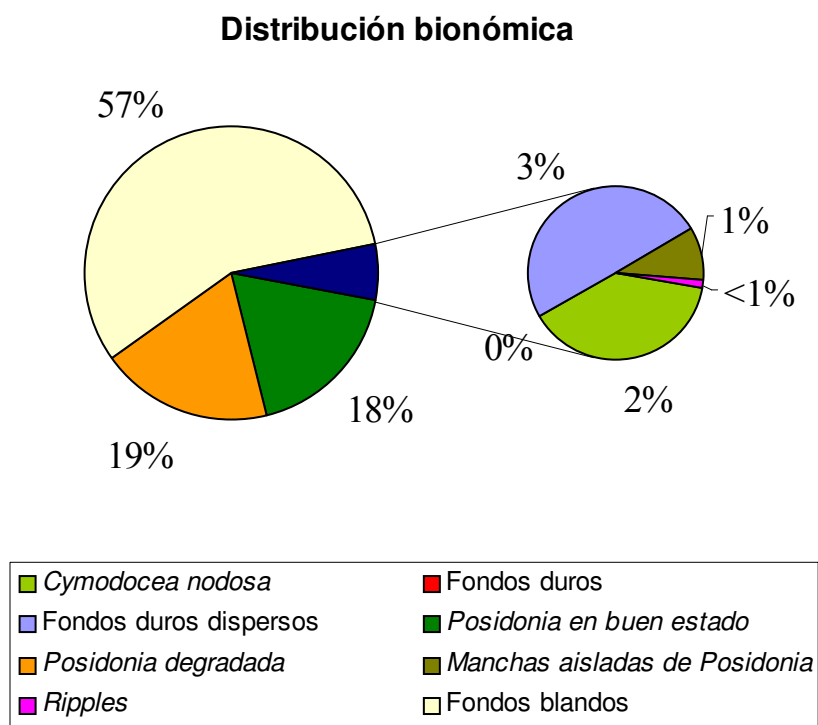


Figura 2.2.3.2. Proporción correspondiente a cada unidad bionómica

Como se desprende de estos resultados, la mayor parte de la zona prospectada corresponde a la comunidad de fondos blandos con una superficie total de unas 570 Ha, el 57% del total de la zona prospectada.

La siguiente comunidad mayormente representada sería la correspondiente a la pradera de *Posidonia* con una superficie total de 374 Ha que suponen el 37%. Dentro de la superficie ocupada por esta fanerógama el 50% presentaría síntomas de degradación.

3. INSPECCIONES VISUALES Y FILMACIÓN EN VÍDEO

Como complemento al presente trabajo y a petición de expresa del Servicio de Pesca de la Consejería de Agricultura, Agua y Medioambiente, se ha realizado una inspección visual y filmación mediante videocámara de diversos elementos modulares pertenecientes al arrecife artificial de Mazarrón y de algunos de los pecios que se encuentran a lo largo de la bahía. Se ha prestado especial atención tanto a las estructuras propiamente dichas como a los poblamientos biológicos asociados a las mismas.

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

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

Con las imágenes resultantes se ha elaborado el dossier del anexo III del presente informe, donde, como se podrá apreciar se han diferenciado las fotografías dependiendo de la estructura que se trate y se ha incluido un breve comentario de cada imagen. Paralelamente, se ha suministrado en formato informático la totalidad de los archivos correspondientes a estas imágenes.

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

4.1. Introducción

Posidonia oceanica es una fanerógama marina endémica del Mediterráneo. Su patrón de crecimiento da lugar a extensas praderas a lo largo de los fondos del infralitoral, configurando la base de un ecosistema altamente productivo y diverso, considerado como el más maduro de los fondos del infralitoral Mediterráneo.

La importancia de estas praderas radica principalmente en la elevada producción primaria de esta planta y de las algas epífitas, que se canaliza principalmente por mediación de organismos herbívoros y detritívoros hacia otros estratos de la cadena trófica tanto en el propio ecosistema como en zonas más alejadas.

Por otro lado, la pradera estructura y diversifica el hábitat que es utilizado por multitud de organismos para su asentamiento, como lugar de refugio, alimento y como área de cría de gran cantidad de especies, muchas de ellas de interés comercial.

La pradera de *Posidonia* también juega un papel importante sobre la protección y estabilización de la línea de costa por la atenuación del hidrodinamismo entre su entramado de hojas y rizomas.

Sin embargo, debido a su fragilidad, inherente a su alto grado de madurez y su sensibilidad frente a las modificaciones en el medio marino, se está produciendo una regresión de las praderas en todo el Mediterráneo haciendo peligrar el futuro de este ecosistema. Esta regresión generalizada en el litoral español está originada en parte por la incidencia de una serie factores de origen natural, muchos de ellos atribuibles a cambios climáticos como es el incremento de las temperaturas o los cambios en el nivel del mar.

No obstante, las modificaciones sobre la línea de costa y los fondos marinos derivadas del desarrollo de la actividad humana, se están convirtiendo en las principales causas de

la desaparición de las praderas de *Posidonia oceanica*, de sus recursos marinos asociados y del origen de una serie de alteraciones sobre la línea de costa que ocurre de manera indirecta.

De todos los impactos antrópicos que se originan sobre las praderas de *Posidonia*, son los derivados del desarrollo de la actividad arrastrera los que acontecen de forma más agresiva y con una amplitud más extensa. Hay que recordar que actualmente la actividad arrastrera se encuentra limitada legalmente por diversas normativas que establecen una profundidad mínima para su desarrollo y que en todos los casos contribuye a preservar las superficies ocupadas por esta fanerógama. No obstante, a pesar de estas restricciones de índole legal, la pesca de arrastre, en algunos casos, sigue desarrollándose de forma ilegal sobre fondos de *Posidonia* arrancando gran cantidad de rizomas y por consiguiente reduciendo las superficies ocupadas por las mismas.

Además, el desarrollo de la actividad arrastrera origina otra serie de efectos de manera secundaria y que contribuyen a acrecentar la degradación sobre las praderas. Unido al efecto de la degradación de tipo mecánico, se origina resuspensión de sedimentos que al volver a depositarse, a veces a grandes distancias transportados por corrientes, hacen disminuir notablemente la tasa fotosintética de la planta y provocan el enterramiento de gran cantidad de rizomas o alteraciones en crecimiento.

La alarmante regresión de estas praderas y la ineficacia en muchos casos de la adopción de medidas proteccionistas únicamente de índole legal ha dado lugar a la búsqueda de nuevos enfoques para poder determinar el verdadero alcance de las perturbaciones de origen antrópico y el desarrollo de una serie de medidas que contribuyan a la preservación de estos ecosistemas. Entre estas medidas complementarias, las autoridades competentes han optado por la instalación de arrecifes artificiales, como el de la Bahía de Mazarrón, y que se han revelado como estructuras más que eficientes a la hora de disuadir y controlar 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 estos ecosistemas de la intervención, entre otros casos, de la actividad arrastrera sobre estas zonas.

En la aplicación de las directrices europeas en este sentido, las autoridades españolas, tanto a nivel estatal como autonómico como en nuestro caso, han adoptado el uso de estas instalaciones dentro de un sistema de gestión y ordenación integrado compatibilizando su uso, con el acogimiento de otra serie de medidas como la creación de reservas marinas, establecimiento de periodos de veda, etc, con el fin de alcanzar un equilibrio entre la explotación sostenible de los recursos y la protección de estos ecosistemas de gran importancia ecológica. En esta línea se enmarcaría la gestión de las autoridades de la comunidad de Murcia entre cuyas medidas está la creación del arrecife artificial de la bahía de Mazarrón.

4.2.Objetivos

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. Desde este punto de vista, para el estudio se han establecido tres objetivos:

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

4.3. Metodología

4.3.1. Seguimiento de la estación permanente de *Posidonia*

En 1999 fue instalada la estación por esta empresa sobre la pradera con el fin de evaluar la posible repercusión de la presencia de los arrecifes sobre el proceso de recuperación de la pradera degradada. Para ello se ha escogido como descriptor más adecuado en este proceso, la medida de densidad de haces. Este descriptor ha sido utilizado tradicionalmente como una herramienta muy eficaz para caracterizar las praderas y establecer una valoración sobre su estado de conservación. Este parámetro se muestra extremadamente sensible a perturbaciones que afecten a la pradera y/o a la calidad del agua.

El patrón de recolonización de esta fanerógama es muy lento y basado principalmente en su crecimiento vegetativo por mediación de estolones denominados rizomas que por otro lado experimentan tasas de crecimiento muy bajas y que oscilan entre 1 y 6 cm/año. En base a esta circunstancia, los efectos de una posible recolonización de la pradera degradada requieren un periodo de tiempo amplio por lo que se ha decidido espaciar más en el tiempo los muestreos. Hasta el momento el seguimiento se ha realizado anualmente aunque sin aportar datos demasiado concluyentes sobre un posible incremento de la densidad como respuesta al cese de los arrastres.

Estas instalaciones cuentan con una serie de marcos de 30 x 30 centímetros de superficie unidos entre sí por medio de un cabo para facilitar su localización en los muestreos. La totalidad de la instalación está unida directamente o por mediación de otro cabo a uno de los módulos pertenecientes al arrecife y cuya posición se ofrece a continuación. 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 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

(1999 - 2001). Estos resultados fueron obtenidos por esta empresa durante los años que lleva realizando este trabajo para esta misma Consejería.

Ante la dificultad que entrañaba el muestreo hasta el momento a la hora de localizar la totalidad de los marcos instalados o de identificarlos correctamente, se ha decidido en la presente campaña realizar un marcaje de los marcos mediante la utilización de una serie de bridas que por sus dimensiones son perfectamente identificables entremezcladas entre el estrato foliar de la pradera. El número de bridas colocadas por marco será la marca identificativa de cada uno para facilitar su localización en posteriores campañas de muestreo.

A continuación se ofrece la posición correspondiente al módulo que conforma la instalación, expresadas en coordenadas UTM (huso 30N) y en *Datum* Europeo 1950.

657742 4159470

4.3.2. 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 peciolos que se denominan *escamas*.

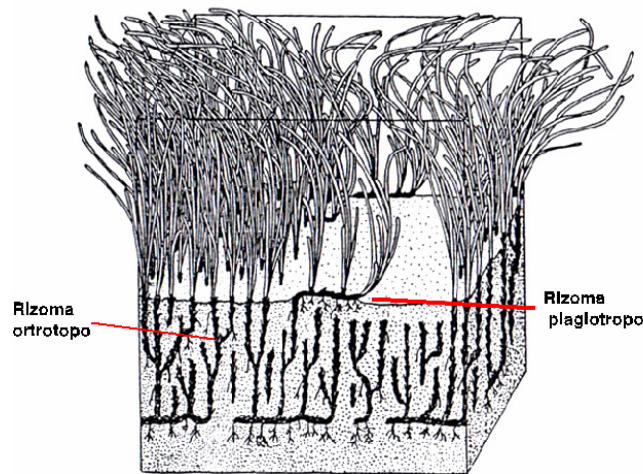


Figura 4.3.2.1. Esquema de una mata de *Posidonia oceanica*, donde se aprecia el entramado de rizomas tanto plagiotropos como ortotropos. Imagen extraída de Pergent, 1987.

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.

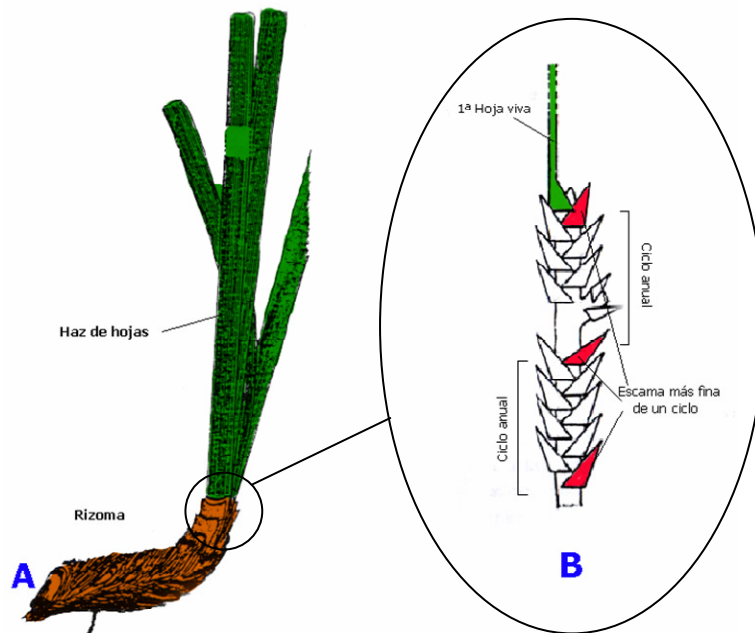


Figura 4.3.2.2. Rizoma y haz de *Posidonia oceanica* (A). Esquema de dos ciclos anuales de espesor de escamas (B). Imagen obtenida de PERGENT, 1987.

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.

4.3.2.1. Estaciones de muestreo

En el presente trabajo un total de 2 estaciones han sido estudiadas a lo largo del tramo de costa comprendido entre la punta de la Azohía y Puerto de Mazarrón y en torno a 20 m de profundidad en ambos casos. La posición así como el código correspondiente de cada estación de muestreo se muestra en la siguiente tabla.

Estación	X	Y
<i>Pos 2</i>	660951	4157882
<i>Pos 3</i>	655023	4159159

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

La estación Pos 2 se encuentra situada en las proximidades de la playa de la Azohía y se caracteriza principalmente por encontrarse en buen estado de conservación, sin apenas evidencias de degradación por parte de la pesca de arrastre. La protección conferida por la punta de la Azohía, unido a la presencia de fondos duros a mayor profundidad y una pendiente acentuada, ha impedido que esta parte de la pradera se viese afectada por este tipo de actividad pesquera.

La estación Pos 3 se encuentra ubicada en las proximidades del Puerto de Mazarrón y como ya hemos dicho a una profundidad similar que la estación anterior. La elección de una misma profundidad de muestreo se ha tenido en cuenta para evitar diferencias condicionadas por la profundidad. A diferencia de la estación anterior, la pradera en este punto presenta importantes síntomas de degradación por efecto de la pesca de arrastre.

Ambas zonas se encuentran actualmente protegidas frente a la pesca de arrastre gracias a la protección ofrecida por el arrecife artificial ubicado en esta bahía desde 1995 y que ha originado el cese desde ese año de este tipo de actividad pesquera en el interior de la bahía de Mazarrón. Por tal circunstancia, es previsible que el crecimiento de los rizomas en los últimos años no se haya visto influenciado por este factor exógeno.

4.3.2.2. 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 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.

4.3.2.3. 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.

4.3.3. Estructura demográfica de la pradera de *Posidonia oceanica*

A partir de la aplicación de las técnicas lepidocronológicas que permiten la datación de cada uno de los rizomas de una muestra, podemos desarrollar estudios de dinámica de poblaciones sobre la población de haces de la pradera de *Posidonia* basadas en la distribución de edades de los haces. Esta aproximación poblacional de la pradera nos permitirá cuantificar el balance de demográfico entre el reclutamiento de nuevos haces y la tasa de mortalidad permitiendo evaluar si la pradera se encuentra en estado de regresión o de expansión. (MARBÁ et al 1996).

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.

Se han seleccionado tres estaciones de muestreo de las cuales dos coinciden con las estaciones establecidas para el análisis lepidocronológico y una tercera localizada en las proximidades de la estación permanente de seguimiento de *Posidonia*. En los tres casos la profundidad de muestreo ha sido -20 m. Las estaciones de muestreo se han establecido previamente a partir de la cartografía realizada por esta misma empresa en años anteriores. Se ha intentado que los muestreos sean representativos de diversos aspectos de la pradera en lo concerniente a su estado de conservación.

En la estación Pos1, localizada más o menos hacia el centro de la bahía la pradera de *Posidonia* se encuentra muy deteriorada a consecuencia de la pesca de arrastre, situación que se repite en la estación Pos 3 aunque en menor medida. La pradera localizada en torno a la estación Pos 2 se encuentra en buen estado de conservación sin apenas evidencia de degradación en la zona más profunda. Las posiciones correspondientes a cada una de estas estaciones aparecen reflejadas en la siguiente tabla y expresadas en coordenadas UTM (huso 30N) y *Datum* Europeo 1950.

En cada una de las estaciones de muestreo se ha recolectado una muestra al azar de un mínimo de 100 rizomas, sobre los cuales se obtendrá la distribución de edades

correspondiente. 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. 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 $\ln \sum_{t=0}^{\infty} N_t$ es el número de haces vivos y $\ln \sum_{t=1}^{\infty} N_t$ 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 talla igual a la media, N_t sería el número de haces con una edad mayor a la media y M la tasa de mortalidad estimada.

A partir de estas dos tasas 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 $R/M=1$.

4.4. Resultados

A continuación se recogen los resultados correspondientes a los tres enfoques establecidos con anterioridad en el apartado de metodología para la caracterización y seguimiento de la pradera de *Posidonia oceanica* ubicada en la bahía de Mazarrón. Recordamos someramente que los aspectos analizados han sido la densidad de haces y su seguimiento a lo largo del tiempo, un estudio demográfico sobre la población de haces de la pradera en el momento actual que sirva como punto de partida para el posterior seguimiento de este aspecto en años sucesivos, y por último, un análisis histórico de una serie de parámetros de crecimiento y producción de los rizomas gracias a la aplicación de técnicas de reconstrucción que nos permiten obtener una visión retrospectiva de la pradera.

4.4.1. Seguimiento de la estación permanente de *Posidonia*

En este apartado se recogen todos los resultados obtenidos correspondientes al seguimiento de la estación permanente de *Posidonia* (ESP) instalada en las inmediaciones de la pradera de *Posidonia* de la bahía de Mazarrón. 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 esta estación en 1999.

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.

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

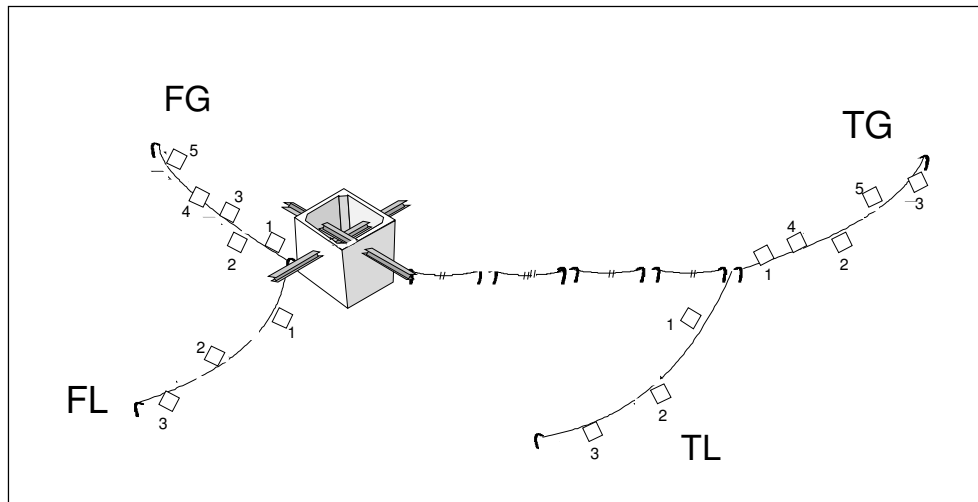


Figura 4.4.1.1. Esquema de la estación de seguimiento permanente en pradera de *Posidonia oceanica*

Esta estación de seguimiento permanente se encuentra dispuesta junto a un módulo antiarrastre a una profundidad de 21 m. Se ha seguido el mismo modelo de instalación utilizado en el resto de las estaciones de la región de Murcia, con un total de 20 marcos dispuestos en grupo de cinco a lo largo de 4 cabos. A diferencia de otras estaciones de seguimiento, en ésta, la disposición de los marcos se efectuó en todos los casos de manera aleatoria sobre pradera viva. Hay que recordar que en algunas instalaciones ubicadas en otras praderas, ciertos marcos se colocaron coincidiendo con bordes de marcas de arrastre.

Las estaciones profundas, FG (fuera, garbí) y FL (fuera, levante), se encuentran instaladas en cabos divergentes desde el módulo antiarrastre. Desde el módulo y hacia tierra se dispone un cabo guía y perpendicular a éste se disponen las estaciones someras, TG (tierra, garbí) y TL (tierra, levante). El cabo guía se alargó lo suficiente para que las estaciones someras presenten una profundidad entorno a -19 m.

Al finalizar el muestreo se localizaron 16 marcos de los 20 instalados obteniéndose los resultados que se ofrecen en la tabla 4.4.1.1. El número con el que se indica cada marco hace referencia al número de bridas con el que se ha marcado.

Subestación	Marco	Número de haces			
		1999	2000	2001	2002
TG	1	10	11	11	10
	2	18	17	17	17
	3		11	11	11
	4		11	11	7
	5		21	20	20
	Media	14	14.2	14	13
d.t.	5.7	4.6	4.2	5.3	
TL	1	14	16	17	18
	2	7	6	7	9
	3	4	4	4	4
	Media	8.3	8.7	9.3	10.3
	d.t.	5.1	6.4	6.8	7.1
FG	1	9	9	9	7
	2	12	12	12	9
	3	10	12	11	14
	4	11	13	14	19
	5	16	15	15	15
	Media	11.6	12.2	12.2	12.8
	d.t.	2.7	2.2	2.4	4.8
FL	1	12	12	12	11
	2	7	6	7	7
	3	6	7	15	15
	4	11			
	5	17			
	Media	10.6	8.3	11.3	11.0
	d.t.	4.4	3.2	4.0	4.0

Tabla 4.4.1.1. Recuentos de haces en la estación de seguimiento permanente.

Como se desprende de la presente tabla no se aprecia ninguna tendencia general en la evolución del número de haces por marco entre 1999 y 2002 en la mayoría de los casos con situaciones de estabilización u oscilaciones de 1 haz. Únicamente y de forma puntual se han apreciado diferencias notables entre el inicio y final del muestreo en tres marcos. En el marco FG2 se ha observado un decremento de 4 haces entre 1999 y 2002 mientras que por el contrario en FG4 y FL3 se ha experimentado un incremento de 8 y 9 haces respectivamente.

Estas variaciones experimentadas no son atribuibles a condiciones que afecten de forma genérica a la pradera sino a factores con una incidencia local posiblemente con un carácter endógeno (división generalizada del número de haces con carácter local) en el caso de los incrementos y con un carácter exógeno en el caso de los decrementos. La proximidad del marco FG2 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.

Proporción del número de haces

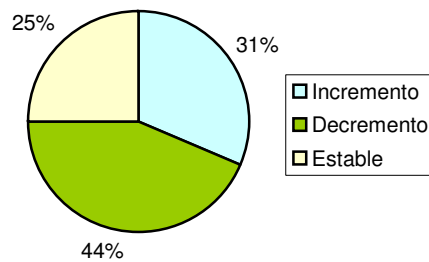


Figura 4.4.1.2. Evolución del número de haces.

De forma resumida podemos decir, comparando los resultados obtenidos entre la primera y la última campaña de muestreo, que se ha producido un incremento del número de haces en el 31% de los marcos que componen la instalación, un decremento en el 44% y una situación de estabilización en el 25% de los casos. Aparentemente la lectura de estos resultados parece indicarnos una situación de cierta regresión en la pradera y que por otra parte no es atribuible a los efectos del arrastre debido al cese de esta actividad desde la colocación del arrecife.

El proceso de regeneración de las praderas tras el cese de la fuente de impacto es extremadamente lento debido a su baja productividad y por consiguiente a su elevado tiempo de regeneración. Los mecanismos por lo que la pradera se recupera son dos: una vía vegetativa mediante la expansión de la pradera por el crecimiento horizontal de los rizomas y otra vía mediante la propia reproducción sexual de esta planta. En ambos casos el proceso es muy lento e inestable. En primer lugar el crecimiento de los rizomas es muy lento con velocidades que oscilan entre 1 y 6 cm/año con una tasa de división de haces también baja, y por otra parte la colonización por parte de nuevos propágulos también es muy limitada por el escaso potencial reproductivo de esta fanerógama con floraciones inestable y poco frecuentes.

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

Para poder aplicarle una significación estadística a esta posible regresión de la pradera se ha decidido realizar un análisis de la varianza de los recuentos de haces por años. Como se deduce de los resultados que se muestran en 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 entre los muestreos procedentes entre los distintos años.

Test de homogeneidad de la varianza			
HACES			
Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
.592	3	59	.623

ANOVA					
HACES					
	Suma de cuadrados	df	Cuadrados medios	F	Sig.
Entre grupos	13.857	3	4.619	.236	.871
Dentro de grupos	1154.746	59	19.572		
Total	1168.603	62			

Tabla 4.4.1.2. Resultado del análisis de la varianza entre años.

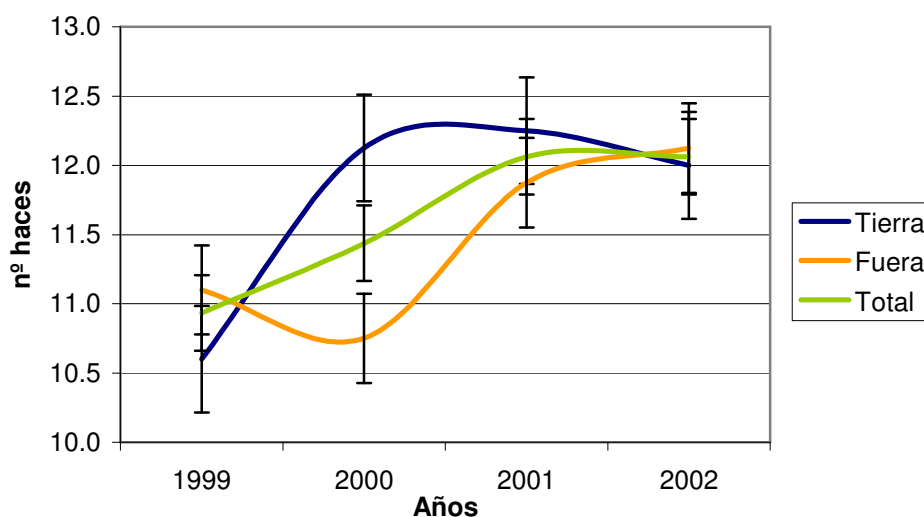


Figura 4.4.1.3. Evolución temporal del número de haces/marco por estaciones de muestreo.

Si agrupamos los resultados por subestaciones de muestreo considerando por una parte las localizadas por fuera del módulo (-21 m) y por otra las localizadas por tierra (-19 m) tampoco se han encontrado diferencias significativas tanto sobre los resultados procedentes de un mismo año como comparando los resultados entre años.

Como se puede apreciar en la figura 4.4.1.3. donde se representa gráficamente la evolución temporal del número de haces en su totalidad y por subestaciones, se produce un incremento en los tres casos de un valor próximo a 11 haces/marco en 1999 a un valor entorno a 12 en 2001 y con una ligera estabilización en el transcurso del último año. Esta circunstancia, en principio, parece contrastar con la mayor proporción de marcos con síntomas de regresión identificados en la última campaña aunque como hemos apuntado con anterioridad estas diferencias no son significativas.

		Años	1999	2000	2001	2002
Estaciones	Tierra	Media	10.6	12.1	12.3	12.0
		d.t.	5.5	5.7	5.4	5.7
	Fuera	Media	11.1	10.8	11.9	12.1
		d.t.	3.5	3.1	2.9	4.3
ANOVA		Significación	0.832	0.557	0.865	0.961
		R ²	0.04	0.025	0.002	0.000
		Grados libertad	1	1	1	1

Tabla 4.4.1.3. Resultado del análisis de la varianza entre estaciones (tierra/fuera) por años.

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

		HACES	AÑO
HACES	Correlación de Pearson	1	.103
	Sig. (2-colas)	.	.422
	Nº casos	63	63
AÑO	Correlación de Pearson	.103	1
	Sig. (2-colas)	.422	.
	Nº casos	63	63

Tabla 4.4.1.4. Coeficiente de correlación entre el número de haces y el tiempo.

Teniendo en cuenta el lento proceso de recuperación de la pradera en función de las limitaciones inherentes a los propios mecanismos de recolonización de esta fanerógama que nos han impedido encontrar una diferencia significativa en el transcurso de 3 años, aconsejamos espaciar más en el tiempo los muestreos de densidad de haces para poder constatar una posible recuperación de la pradera.

4.4.2. Estudio lepidocronológico

En el estudio Lepidocronológico se han analizado un total de 15 rizomas para la estación POS 2 y 27 rizomas para la estación POS 3. Tras la datación de las secciones de los rizomas para ambas estaciones se han obtenido datos desde 1975 hasta el 2001 aunque no todos los años se han considerado en el estudio.

En primer lugar no se han tenido en cuenta los años 2001 y 2000 por considerarse incompletos; aunque el ciclo anual se ha completado, esta sección del rizoma continúa todavía en crecimiento y acumulando biomasa. Por otra parte, datos correspondientes al periodo comprendido entre 1975 y 1988 solo se han obtenido en la estación POS 2 y en un número pequeño de rizomas.

De las muestras obtenidas se ha medido las siguientes variables:

- Crecimiento (mm)
- Nº de hojas producidas por año
- Biomasa o producción (cg)
- Densidad (mg/mm)

La densidad se ha calculado dividiendo la biomasa por el crecimiento para cada año y nos ofrece una medida del engrosamiento de los rizomas.

Con la finalidad de que los datos estén equilibrados al menos desde el punto de vista temporal se han incluido en el estudio únicamente 8 años (desde 1992 hasta 1999 ambos incluidos) divididos en dos intervalos para poder ver la influencia de la instalación del arrecife de Mazarrón (instalado en 1995).

Los intervalos de estudio corresponden a los siguientes periodos:

- 1992-1995 (antes del arrecife)
- 1996-1999 (después del arrecife)

4.4.2.1. Crecimiento

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.

En una primera aproximación a nuestro estudio se ha calculado el crecimiento medio obtenido a partir de los datos obtenidos para ambas estaciones de estudio. Con ello obtenemos una visión más amplia de la situación de la pradera durante los últimos años y ver si hay diferencias de crecimiento entre dos situaciones alejadas de la misma pradera

Como se puede observar en la figura 4.4.2.1.1. no se observa ninguna diferencia apreciable, en cuanto al crecimiento medio, entre las dos estaciones.

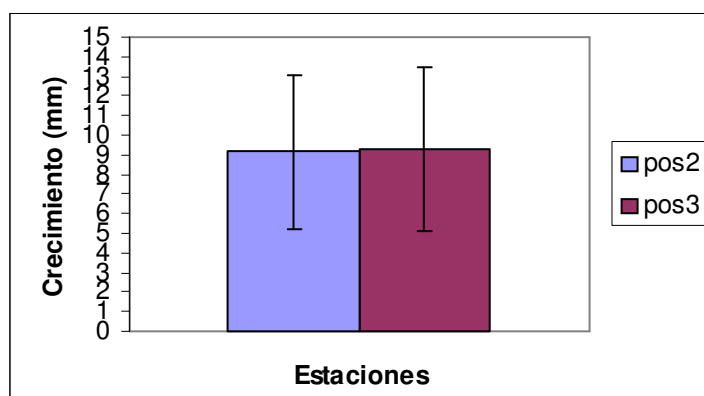


Figura 4.4.2.1.1. Crecimiento medio por estaciones en el periodo 1992-1999. Media y desviación típica

Con estos resultados no se pueden observar si existe influencia de la instalación del arrecife sobre el crecimiento, por tanto se han comparado los dos periodos de tiempo

(cuatro años antes y cuatro años después de la instalación del arrecife) para evidenciar si hay influencias.

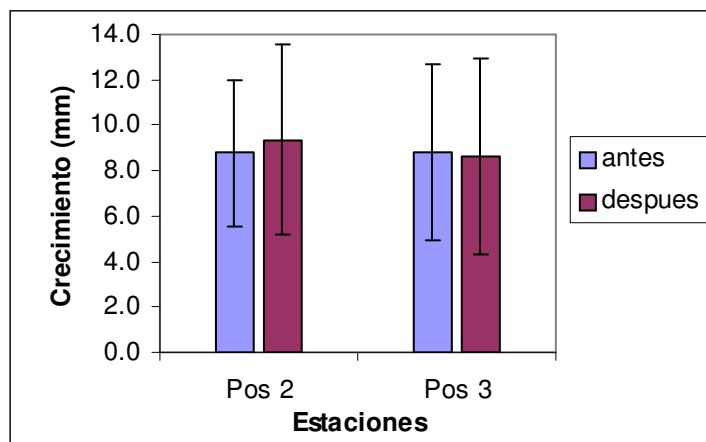


Figura 4.4.2.1.2. Crecimiento de rizoma (mm/ año) por periodos; antes (1992-1995) y después (1996-1999)

Como primera aproximación observando la gráfica 4.4.2.1.2. no hay casi diferencias en cuanto a los valores de crecimiento, aunque cabe destacar que en la estación POS 2 ha habido un aumento de crecimiento tras la instalación del arrecife, mientras que en la estación POS 3 ocurre lo contrario, habiendo un decremento del crecimiento.

Los valores obtenidos se pueden ver en la siguiente tabla, donde además cabe destacar que no existe apenas diferencias en las medias.

		POS 2			POS 3		
		Total	antes	después	Total	antes	después
Crecimiento (mm)	media	9.1	8.8	9.4	9.3	8.8	8.6
	d.t.	3.9	3.2	4.2	4.2	3.9	4.3

Tabla 4.4.2.1.1. Resultado del cálculo de la media y desviación típica del crecimiento periodos y el global.

El crecimiento está relacionado con la sedimentación, y por tanto una disminución de la tasa de sedimentación provocaría una disminución del crecimiento. Así cabría esperar que tras la instalación del arrecife hubiesen menor número de lances de arrastre y por consiguiente menor sedimentación y, así, una disminución del crecimiento de los rizomas. Esto es lo que parece haber ocurrido en la estación POS 3 en donde la pradera se encontraba más degradada y al cesar el arrastre, ha disminuido el enterramiento y por tanto ha habido un decremento del crecimiento.

Únicamente con estos datos no podemos demostrar la influencia de la instalación del arrecife sobre la pradera y más aun viendo la variabilidad de los datos, influyendo además factores endógenos de los rizomas, asociados a causas morfogénicas.

4.4.2.2. N° de hojas

El número de hojas producidas por año se ve influenciada sobre todo por factores biogeográficos, por lo que en este estudio no cabe obtener grandes diferencias entre las dos estaciones de muestreo al situarse en la misma zona (se encuentran en la pradera de Posidonia de la bahía de Mazarrón).

En la siguiente figura se muestran los resultados del número medio de hojas producido por año para cada una de las estaciones. En ella se observa que no existen diferencias en cuanto al número medio de hojas por año entre las dos estaciones.

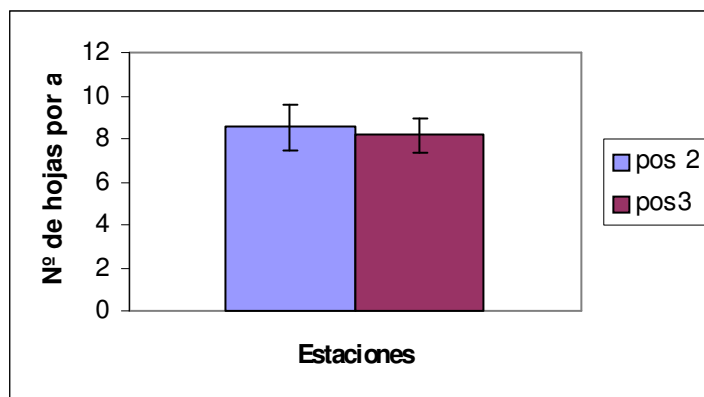


Figura 4.4.2.2.1. N° medio de hojas producidas por año para cada estación en el periodo 1992-1999. Media y desviación típica

Si comparamos el intervalo antes y después de la instalación del arrecife también se observa que no hay diferencias entre estaciones y tampoco entre periodos.

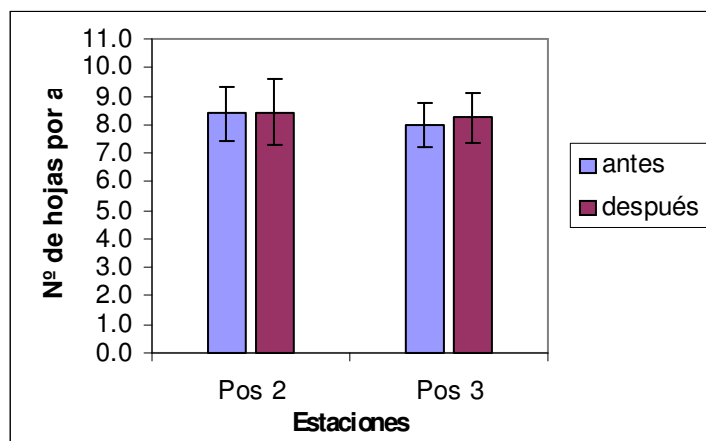


Figura 4.4.2.2.2. Nº de hojas producidas por año en cada estación por periodos; antes (1992-1995) y después (1996-1999).

Los valores obtenidos se pueden ver en la siguiente tabla, donde además cabe destacar que no existe apenas variabilidad de datos como corroboran los datos de desviación típica. Según comentábamos anteriormente, es lo que cabía esperar, ya que este factor responde más a caracteres biogeográficos.

		POS 2			POS 3		
		Total	antes	Despues	Total	Antes	despues
nº Hojas	media	8.5	8.4	8.4	8.1	8.0	8.2
	d.t.	1.1	1.0	1.2	0.8	0.8	0.8

Tabla 4.4.2.2.1. Resultado del cálculo de la media y desviación típica del nº de hojas por año para cada estación.

4.4.2.3. Producción de rizoma

Paralelamente a la obtención de los datos de crecimiento hemos calculado la producción de los rizomas por año para cada una de las estaciones de muestreo. Entendemos por producción al peso seco obtenido al pesar cada una de las secciones de rizoma correspondiente a cada uno de los años datados.

Así podemos saber la biomasa que se produce en cada una de las estaciones de muestreo y poder así caracterizar mejor la pradera de *Posidonia*.

Viendo los resultados de la figura 4.4.2.3.1. se observan diferencias apreciables entre las dos estaciones. En la estación POS 2 hay una mayor producción media de biomasa que

en la estación POS 3 (considerando la totalidad de la serie temporal 8 años), por tanto hay una mayor producción en la zona de la pradera situada la estación POS 2. y cabe pensar que se encontrará en mejor estado que la zona de pradera donde se ubica la estación POS 3.

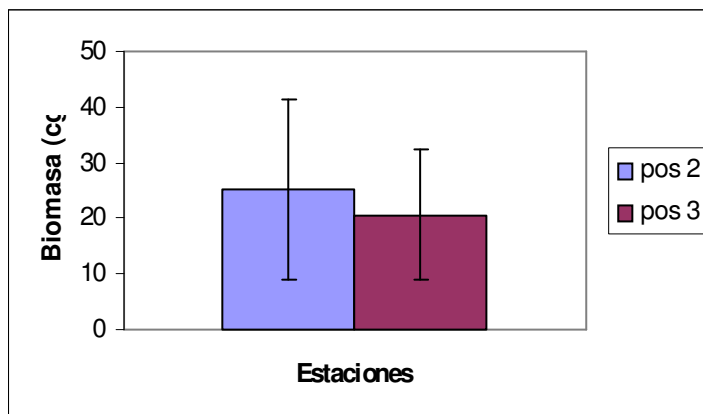


Figura 4.4.2.3.1. Producción de biomasa por estaciones en el periodo 1992-1999. Media y desviación típica.

Además hay que ver si ha influido la ubicación de arrecife en la producción, por tanto también hemos comparados los datos medios de los diferentes intervalos de tiempo comentados anteriormente, así obtenemos el siguiente gráfico.

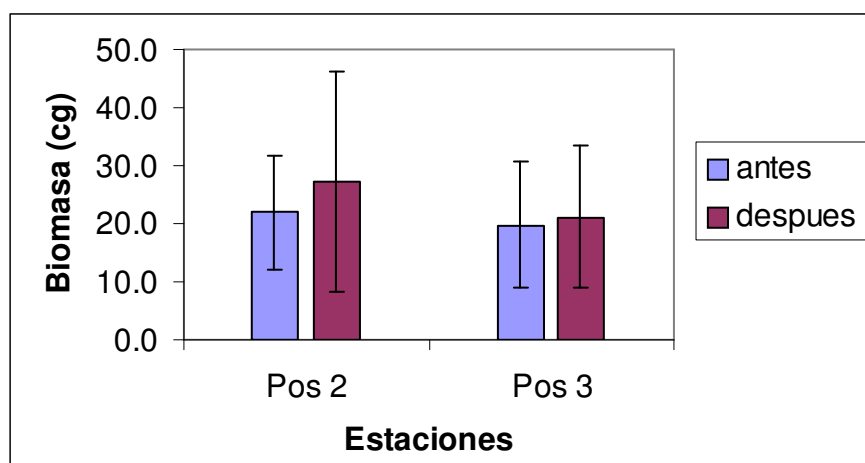


Figura 4.4.2.3.2. Biomasa o producción (cg) por periodos; antes (1992-1995) y después (1996-1999).

Como se puede apreciar, el valor de producción siempre ha sido mayor en la estación POS 2, tanto antes como después de la instalación del arrecife. Tras la instalación del arrecife ambas estaciones han aumentado su biomasa producida por año, con ello cabe pensar que utilizan más energía en producción supuestamente debido a que han cesado los lances de arrastre y por tanto la tasa de sedimentación.

Los valores obtenidos se pueden ver en la siguiente tabla,

		POS 2			POS 3		
		Total	antes	Después	Total	antes	después
Biomasa (cg)	media	25.1	21.9	27.2	20.6	19.7	21.1
	d.t.	16.2	9.7	19.0	11.7	10.8	12.3

Tabla 4.4.2.3.1. Resultado del cálculo de la media y desviación típica de la biomasa o producción por año para cada estación.

4.4.2.4. Densidad

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

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 la producción de rizoma respectivamente, pero no siempre manteniendo la misma proporción.

En situaciones de estrés, en donde la tasa de sedimentación se ha visto incrementada, los rizomas invierten más energía en su alargamiento que en su engrosamiento, lo que se traduce en un descenso en la densidad de rizoma

Si observamos la figura 4.4.2.4.1. vemos que en la estación POS 2 tenemos un valor mayor de densidad de rizoma que en la estación POS 3 por lo que la relación entre la biomasa y el crecimiento es mayor, aunque lo realmente importante en este caso es la evolución temporal para cada una de las estaciones, sobre todo comparando los resultados antes y después de la instalación del arrecife.

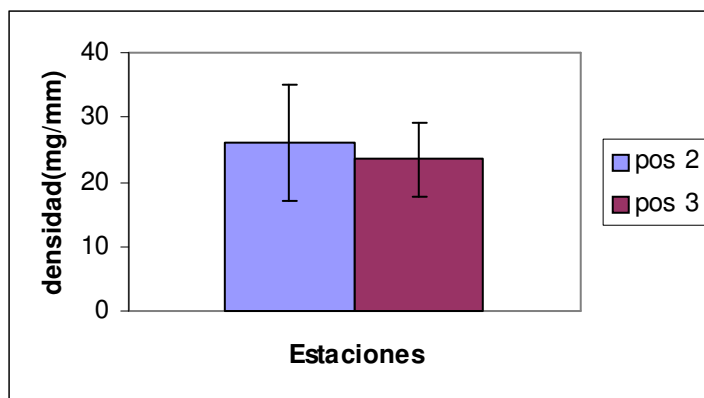


Figura 4.4.2.4.1. Densidad de rizoma por estaciones en el periodo 1992-1999. Media y desviación típica.

En la figura 4.4.2.4.1. se ve un aumento de la densidad en las dos estaciones tras la instalación del arrecife, aunque este aumento es apenas apreciable (ver tabla de resultados 4.4.2.4.1).

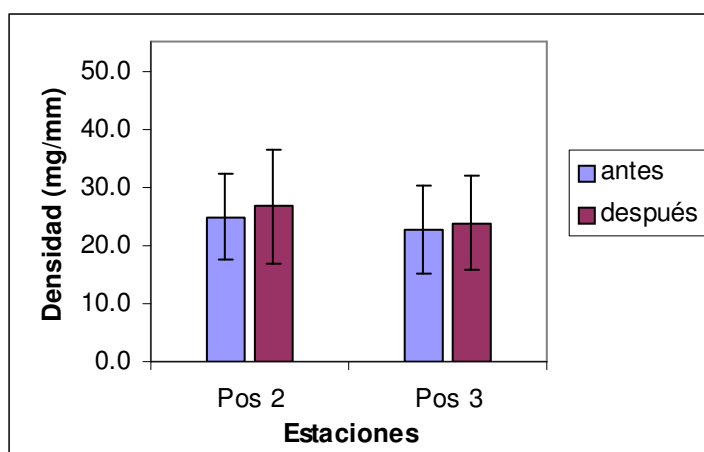


Figura 4.4.2.4.2. Densidad de rizoma por periodos; antes (1992-1995) y después (1996-1999) de la instalación del arrecife artificial.

Como hemos dicho anteriormente la producción de biomasa está correlacionada positivamente con la velocidad de crecimiento pero no siempre manteniendo la misma proporción, así observando los datos anteriores de crecimiento en la estación POS 2 habría un aumento del crecimiento y por el contrario en la estación POS 3 habría un decremento tras la instalación del arrecife, sin embargo, en ambas estaciones se ha producido un aumento de biomasa, y en ambas estaciones han aumentado su densidad de rizoma pero de forma poco apreciable.

Los resultados de densidad se pueden observar en la siguiente tabla:

		POS 2			POS 3		
		Total	antes	después	Total	antes	Después
Densidad (mg/mm)	media	26.0	24.9	26.7	23.4	22.8	23.8
	d.t.	8.9	7.5	9.7	23.1	7.6	28.2

Tabla 4.4.2.4.1. Resultado del cálculo de la media y desviación típica de la densidad de rizoma por año para cada estación

Hasta ahora hemos visto las variaciones de densidad de rizoma agrupadas por periodos pero estas variaciones en muchos casos tienen un carácter puntual por lo que dentro de un mismo periodo pueden ocurrir incrementos de densidad que evidencien modificaciones sedimentológicas, alternados con decrementos. Estos decrementos son ocasionados cuando se estabilizan los procesos sedimentológicos y van asociados con un descenso de la velocidad de crecimiento

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 4.4.2.4.3. y 4.4.2.4.4.

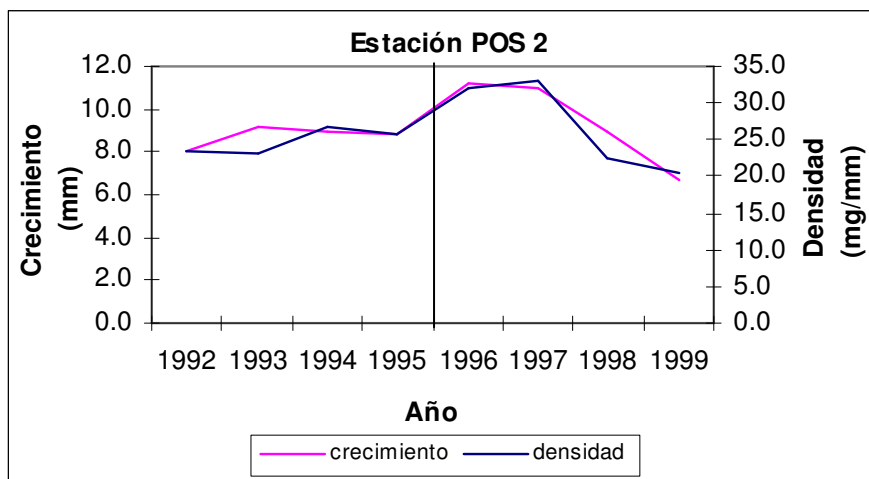


Figura 4.4.2.4.3. Serie temporal de crecimiento y densidad para la estación Pos 2

Si se observan las gráficas, se puede comprobar que el crecimiento y la densidad están correlacionadas en todo momento.

Cabe destacar que tanto en la estación POS 2 como en la POS 3 en el año 1995 (año de instalación del arrecife) y 1996 se produce un aumento tanto del crecimiento como de la densidad, alcanzándose los valores máximos para posteriormente decrecer, llegando a valores incluso más bajos que en el período anterior a la instalación del arrecife.

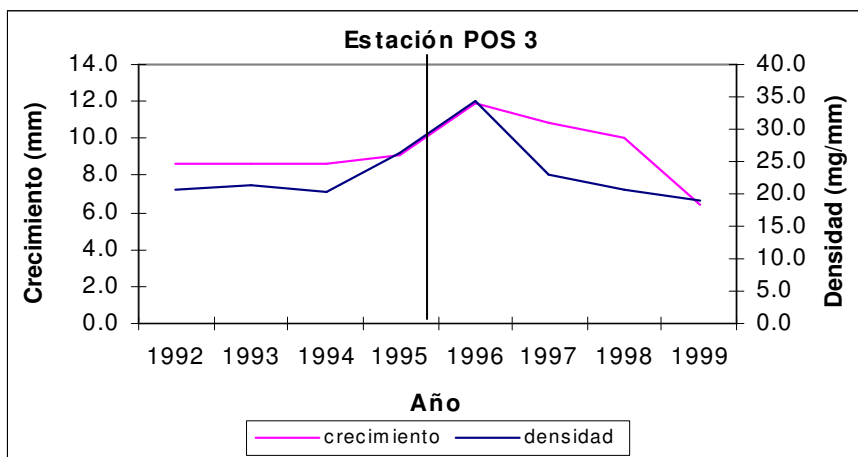


Figura 4.4.2.4.4. Serie temporal de crecimiento y densidad para la estación Pos 3

4.4.3. Estudio demográfico de la pradera de *Posidonia*

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

El resultado de este análisis es la distribución de la población por clases de edad y que caracteriza la dinámica poblacional de la pradera en cada estación. Los resultados se muestran en las figuras 4.4.3.1., 4.4.3.2. y 4.4.3.3. que se ofrecen a continuación.

Pos 1
distribución de clases de edad

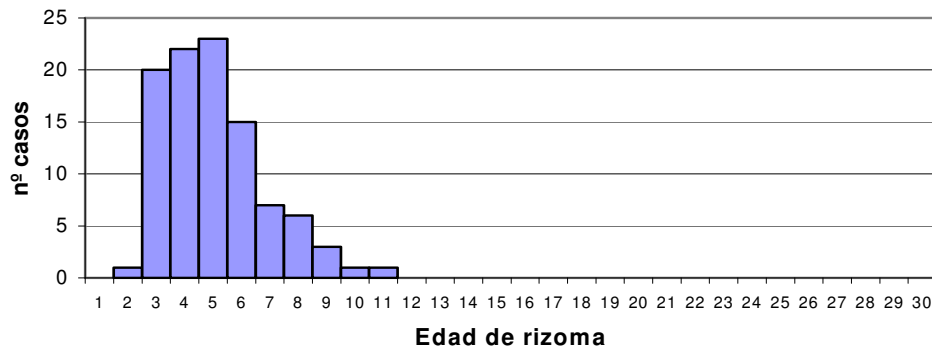


Figura 4.4.3.1. Distribución de clases de edad para la estación Pos 1. Edad expresada en años.

Pos 2
distribución de clases de edad

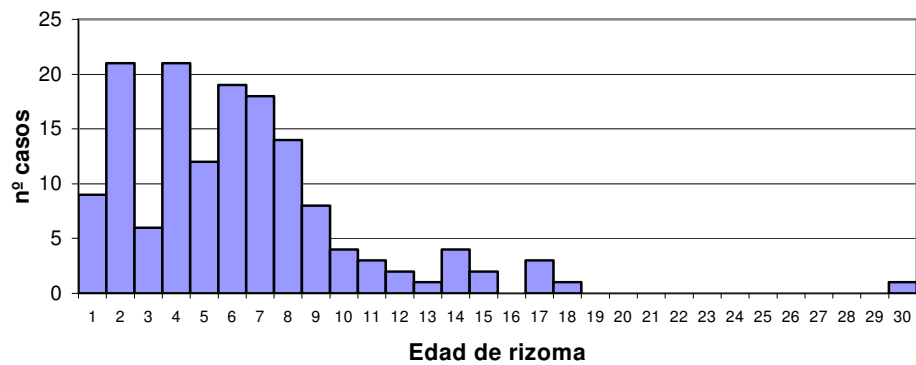


Figura 4.4.3.2. Distribución de clases de edad la estación Pos 2. Edad expresada en años.

Pos 3
distribución de clases de edad

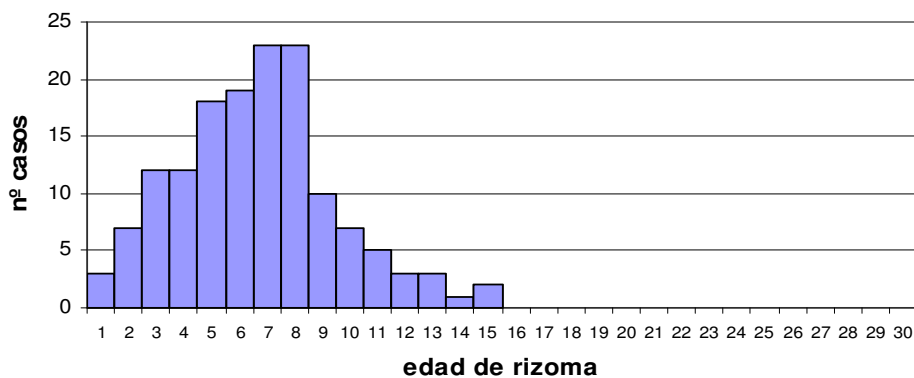


Figura 4.4.3.3. Distribución de clases de edad para la estación Pos 3. Edad expresada en años.

En los tres casos la distribución de edades presenta una disposición en forma de campana, con un incremento inicial en el número de individuos en las primeras tallas y un decremento progresivo a continuación asociado a la mortalidad de los haces con la edad. 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 distribución en cada caso. A pesar de esta similitud las tres distribuciones de edades presentan diferencias notables en cuanto a los diferentes parámetros que se derivan de ella y que se muestran en la tabla 4.4.3.1.

Como se desprende de los resultados la edad máxima obtenida oscila entre 11 y 30 años estimados para las estaciones Pos 1 y Pos 2 respectivamente. Como caso intermedio contaríamos con la estación Pos 3 con una edad máxima estimada de rizomas de 15 años. Como se desprende de estos datos, existe una diferencia muy evidente entre la estación Pos 2 y las otras dos. Hay que recordar que la pradera asociada a esta estación de muestreo se encuentra en buen estado de conservación sin evidencia alguna de degradación por la pesca de arrastre, al contrario de las otras dos estaciones donde la degradación, aunque no de manera reciente, es muy evidente, principalmente en la estación Pos 1 donde la pradera presenta coberturas inferiores al 20% y extensas superficies de mata muerta.

Asumiendo la inexistencia de cualquier otro impacto que estuviese condicionando la dinámica poblacional en el entorno de la estación Pos 2, podemos decir que tanto la distribución de edades como la edad máxima que se ha estimado, son representativas de una población bajo condiciones normales de desarrollo sin la incidencia de factores externos que diezmen la población. Si observamos con detenimiento la distribución de edades en esta estación de muestreo podemos apreciar que la población cuenta con una frecuencia de tallas muy similar dentro de las tallas de mayor edad y a lo largo de un rango bastante amplio. Esta circunstancia denota que en la mortalidad de esta población, en ausencia de perturbaciones externas, no influye tan decisivamente la edad del rizoma

sino la incidencia de otros tipos de factores como pueden ser la frecuencia de temporales.

La consecuencia directa del desarrollo de una actividad arrastrera intensa como la que tenía lugar sobre la pradera en el entorno de las estaciones Pos 1 y Pos 3, es el arrancamiento generalizado de rizomas con la consiguiente reducción de clases de edad avanzada y de la talla máxima.

En lo referente a la edad media de la población los resultados son muy similares, con una media que oscila entre 5.25 años en Pos 1 y 6.64 en Pos 2. Por su parte las diferencias son más ostensibles en cuanto a la edad *moda* donde su valor oscila entre 2 años en la estación Pos 2 y 7 años en la estación Pos 3. La existencia de una moda tan pequeña en la estación mejor conservada 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. Esta circunstancia queda confirmada con el cálculo de la tasa de reclutamiento correspondiente para cada estación de muestreo que oscila entre 0.06 (ln unidades/año) en la estación Pos 2 y 0 en la estación Pos 1 con una situación intermedia en la estación Pos 3 con una tasa de reclutamiento de 0.02.

El valor nulo de la estación Pos 1 no quiere decir que no exista reclutamiento en esta parte de la pradera sino que es tan bajo que requiere de un tamaño muestral más elevado para poder estimarlo. Como se puede deducir, el reclutamiento es más elevado en la pradera que goza del mejor estado de conservación y es mínimo en la pradera más degradada. Los datos de reclutamiento en porcentajes se traducen en un 6% de la población en la estación Pos 2, en un 2% en Pos 3 y en un 0% en la estación Pos1.

	Estaciones de muestreo		
	Pos 1	Pos 2	Pos 3
Edad media de haces	5.25	6.25	6.64
Edad moda de haces	5	2	7
Edad máxima de haces	15	30	15
Tasa de reclutamiento	0	0.06	0.02
Tasa de mortalidad	0.44	0.08	0.35
Tasa neta de reclutamiento	-0.44	-0.02	-0.33
Balance demográfico	0	0.78	0.06

Tabla 4.4.3.1. Parámetros demográficos por estaciones de muestreo.

En lo concerniente a la tasa de mortalidad, que como se apuntó con anterioridad se extrae del decremento exponencial de la población de haces vivos, las diferencias son mucho más acusadas entre la pradera sin alterar y las praderas alteradas. Como se puede apreciar en la tabla 4.4.3.1. la tasa de mortalidad estimada para la población de Pos 2 es de 0.06 mientras que en zonas degradadas la tasa se incrementa hasta 0.35 (Pos 3) y 0.44 (Pos 1). 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 Pos 2, la mortalidad decrece con presencia importante de individuos de edad avanzada.

No hay que olvidar que la actividad arrastrera ya no se desarrolla sobre las zonas de pradera degradada gracias a la colocación del arrecife artificial, por lo que es esperable un descenso progresivo de la tasa de mortalidad si se mantienen las condiciones actuales de crecimiento. No obstante, ha transcurrido poco tiempo desde el cese de esta actividad arrastrera en la zona, apenas 6 o 7 años por lo que la tasa de mortalidad sigue siendo elevada. También hay que tener presente, que la dinámica de estas poblaciones está sujeta a la incidencia de factores ambientales como la ocurrencia de temporales que pueden modificar el equilibrio existente en la pradera.

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

Atendiendo a estos criterios se han obtenido los balances que se muestran en la tabla 4.4.3.1. Como se puede apreciar en dicha tabla, en los tres casos el balance es inferior a 1 lo cual nos indica que la pradera de la Bahía de Mazarrón se encuentra en un estado de regresión generalizada aunque con una incidencia desigual dependiendo de la zona en cuestión. El balance más pequeño lo encontramos en la zona central de la pradera que por otra parte fue la que en su momento se vio mayormente afectada por el efecto de la pesca de arrastre. Hacia el extremo Oeste de la pradera, el balance demográfico sigue

siendo muy bajo (0.06) aunque superior que en el caso anterior. Como ya hemos apuntado con anterioridad, en esta zona de la pradera se está asegurando un mínimo reclutamiento de nuevos haces que contribuyen a incrementar levemente el balance demográfico.

Por el contrario, en el extremo Oeste de la pradera el balance demográfico estimado aunque inferior a 1 (0.78) es bastante elevado debido al incremento del reclutamiento unido al decremento de la mortalidad. Según estos resultados, la población correspondiente a esta zona de la pradera experimentaría una ligera regresión que se traduciría, en un futuro, en un descenso de la densidad de haces. Ante la ausencia de perturbaciones inducidas por el hombre, principalmente en el caso de la pesca de arrastre, podemos decir que la regresión observada en esta parte de la pradera puede responder a una regresión de tipo climático.

No obstante, hay que hacer notar que en esta parte del mediterráneo el balance demográfico presenta cierta estacionalidad anual con un incremento del balance hacia primavera cuando se incrementan las condiciones de temperatura e irradiación, favoreciendo el incremento de la densidad de haces con nuevos reclutamientos hasta que se produzca el agotamiento de los nutrientes. (Bigely & Harrison 1986). Por el contrario, el balance demográfico decrece en invierno debido a las limitaciones de luz y temperatura.

Para poder predecir y comparar el futuro desarrollo de la pradera se ha calculado la tasa neta de reclutamiento que responde a la diferencia entre el reclutamiento y la mortalidad. En respuesta a las consideraciones anteriores, en este caso un balance negativo indicaría una situación de regresión en la pradera con una previsión de descenso de la densidad de haces en el futuro y por el contrario un balance positivo nos apuntaría un estado de expansión que se traduciría en el futuro en un incremento de la densidad de haces. La estimación de esta tasa neta en futuros muestreos nos indicará si la situación poblacional de la pradera ha sufrido variaciones con el tiempo, repercutiendo en una mejora o empeoramiento de la situación actual.

En función de los resultados podemos decir que en las tres praderas se ha detectado un balance negativo de la tasa neta de reclutamiento pero con valores netamente diferentes.

Las estaciones Pos 1 y Pos 3 que hacen referencia a la zona central y Oeste de la pradera presentan unas tasas de -0.44 y -0.33 respectivamente que evidencian un estado de regresión elevado mientras que en la estación Pos 2 la tasa correspondiente ha sido -0.02 muy cercana a cero que constituiría la situación de estabilidad en la pradera. Tal y como se ha dicho con antelación existe cierta variabilidad estacional por lo que la tasa neta anual podría resultar positiva.

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

Estación	Rnet	Años
<i>pos 1</i>	-0.44	1.6
<i>pos 2</i>	-0.02	34.5
<i>pos 3</i>	-0.33	2.1

Tabla 4.4.3.2. Previsión de tiempo para una reducción de la densidad del 50%.

Los resultados nos indican que en la estación Pos 2, que presenta el estado de conservación más óptimo, bajo las condiciones en las que se encuentra actualmente la pradera, la densidad de haces tardaría algo más de 34 años en reducirse a la mitad, y más de 200 años en reducirse al 1% de la superficie actual, mientras que en el caso de las estaciones ubicadas en el centro y Oeste de la pradera el tiempo se reduciría alarmantemente a 1.6 y 2.1 años respectivamente.

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

tiempos de supervivencia de la pradera. En futuros muestreos se podrá comprobar cual será la evolución que adoptará esta pradera.

No obstante, estas apreciaciones responden a una situación puntual en el tiempo, por lo que una sucesión de buenos años en lo sucesivo sin la incidencia de factores externos que diezmen la población puede repercutir positivamente sobre las características poblacionales incrementando los tiempos de reducción de la pradera.

Por otra parte, hay que decir, que nuestros resultados responden a la situación poblacional de la pradera en torno a -20 m donde el estado de conservación es peor que en zonas someras por lo que no se pueden generalizar al total de la pradera. Previsiblemente, a profundidades más someras, las expectativas sobre el futuro de la pradera deben ser mucho más prometedoras.

Hemos encontrado datos bibliográficos que hacen referencia a estudios demográficos efectuados en la pradera ubicada en la bahía de Mazarrón, aplicando la misma metodología de muestreo establecida para este trabajo. En concreto se trata de unos resultados extraídos de Marbá *et al* 1996 de un muestreo realizado en La Azohía y que corresponde aproximadamente con la ubicación de la estación Pos 2 del presente estudio. A continuación ofrecemos una tabla comparativa entre los parámetros demográficos correspondientes a ambos trabajos.

	Estudios	
	Marbá <i>et al</i> (1995)	Pos 2 (2002)
Edad moda de haces	2	2
Edad máxima de haces	27.2	30
Tasa de reclutamiento	0.09	0.06
Tasa de mortalidad	0.17	0.08
Tasa neta de reclutamiento	-0.08	-0.02
Balance demográfico	0.53	0.78

Tabla 4.4.3.3. Parámetros demográficos por estaciones de muestreo.

Aparentemente la zona de pradera de ubicación de ambas estaciones no debe haber sufrido variaciones importantes entre su estado de conservación y las condiciones ambientales presentes en 1995 y en 2002. Como se ha repetido en varias ocasiones, esta zona no se ha visto degradada por el efecto de la pesca de arrastre, al menos de forma mecánica, por efecto directo de los lances aunque no se descarta la posible incidencia

indirecta por el incremento de la turbidez y la sedimentación de las partículas resuspendidas por el arrastre en zonas adyacentes. No obstante, la presencia del arrecife desde 1995 puede haber contribuido a minimizar este segundo efecto al asegurar un alejamiento de los arrastres con respecto al límite inferior de la pradera en torno a una media de 273 m.

Los resultados procedentes de ambos trabajos son muy similares principalmente en lo concerniente a la edad máxima de haces y la edad moda. En lo referente a la tasa de reclutamiento se aprecia un ligero decremento entre 1995 y 2002 de 0.09 a 0.06 aunque apenas resulta representativa. Resulta más sugerente el decremento experimentado por la tasa de mortalidad que se ha reducido a la mitad aproximadamente con relación al valor obtenido en 1995. Desconocemos si esta circunstancia responde a una evolución natural de la pradera aunque no se descarta que el descenso de la mortalidad se deba en parte al cese del arrastre en las zonas aledañas.

Como consecuencia de todo ello se ha producido un incremento del balance demográfico aproximando la dinámica poblacional de la pradera hacia una situación de estabilización.

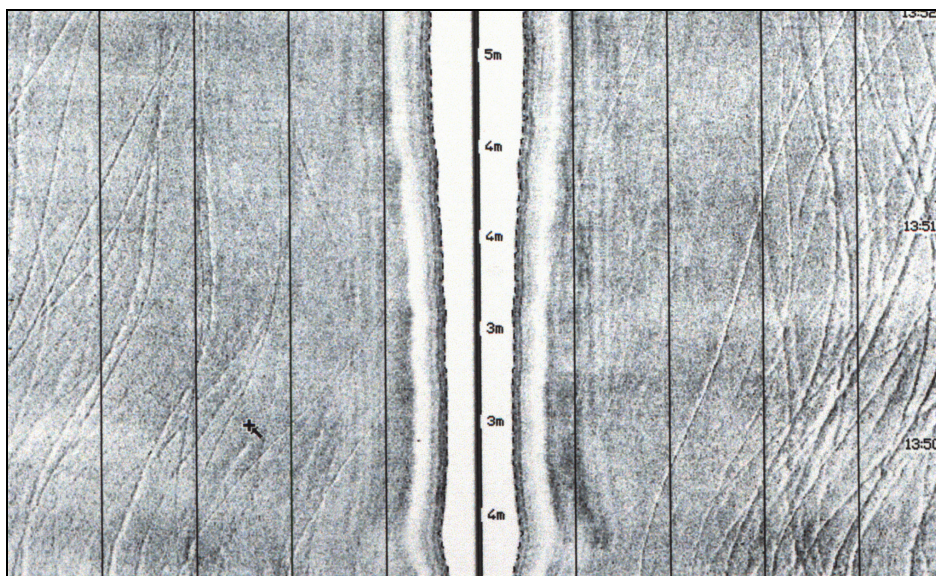
ANEXOS

ANEXO I. Cartografía

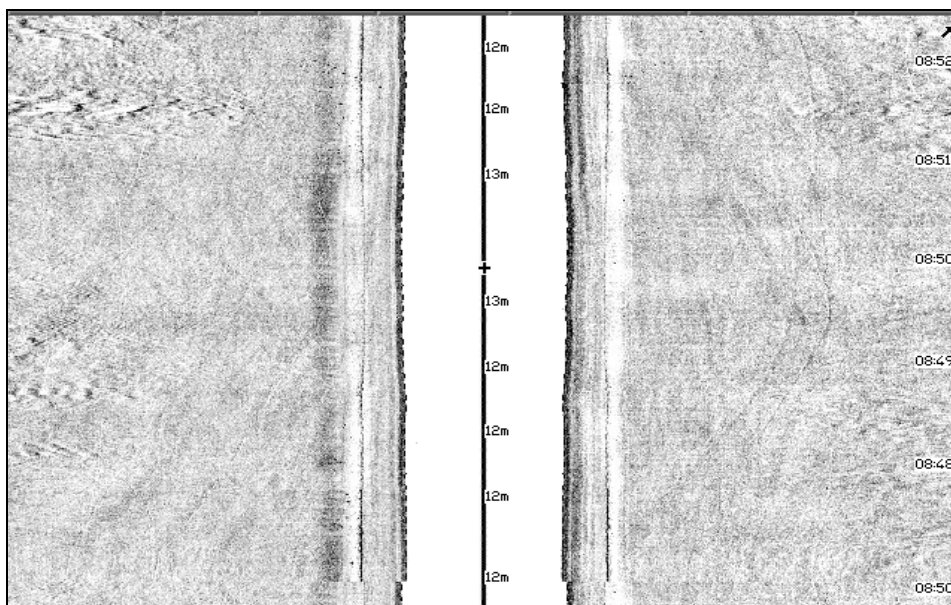
ANEXO II. Imágenes de SSS
(Coordenadas UTM huso 30N, *datum* Europeo 1950)

Imágenes 1 y 2. Seguimiento de la eficacia antiarrastre.

Posición del cursor: X Y
657686 4158848



1998



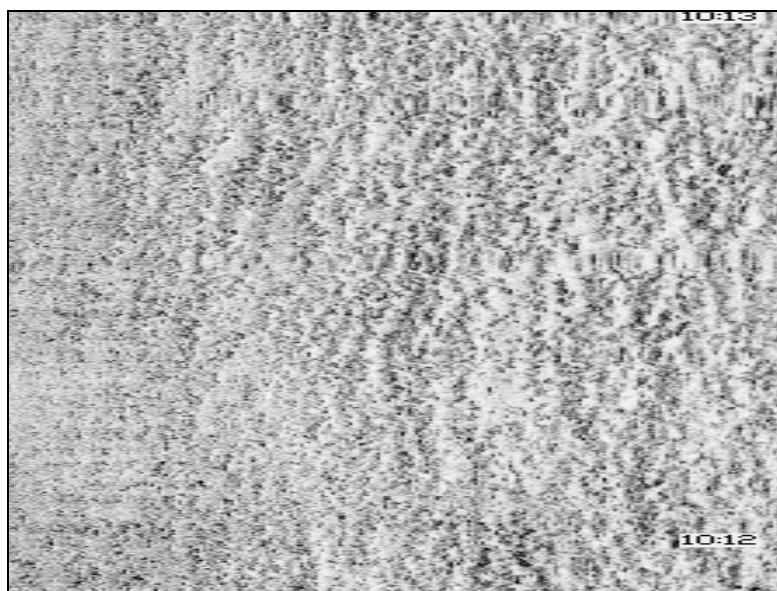
2002

Imágenes 3 y 4. Seguimiento de la eficacia antiarrastre.

Posición del cursor: X Y
 657475 4159506



1998



2002

Imágenes 5, 6 y 7. Registros de sonar correspondientes a los pecios inspeccionados.

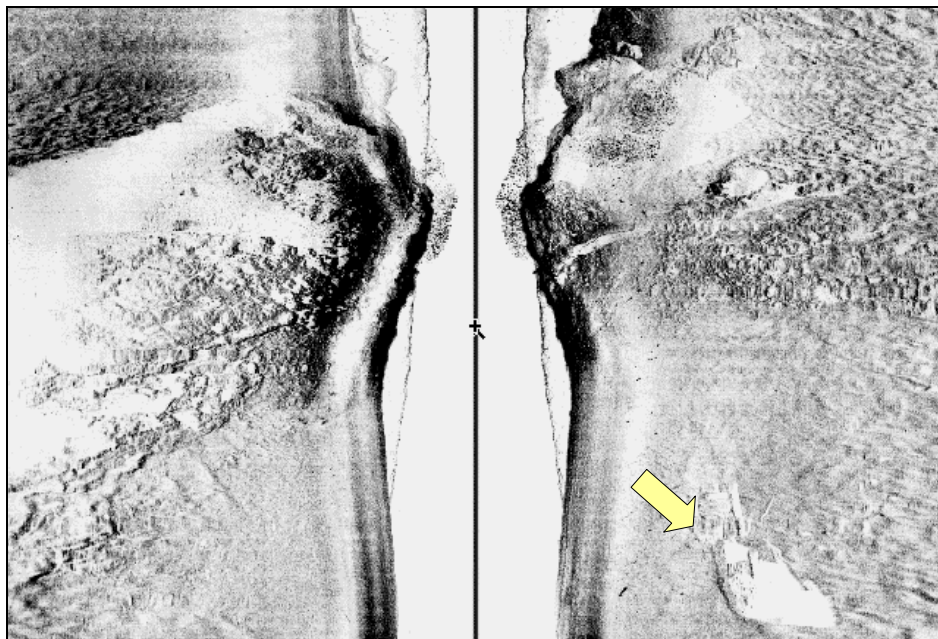


Imagen 5. Pecio 1

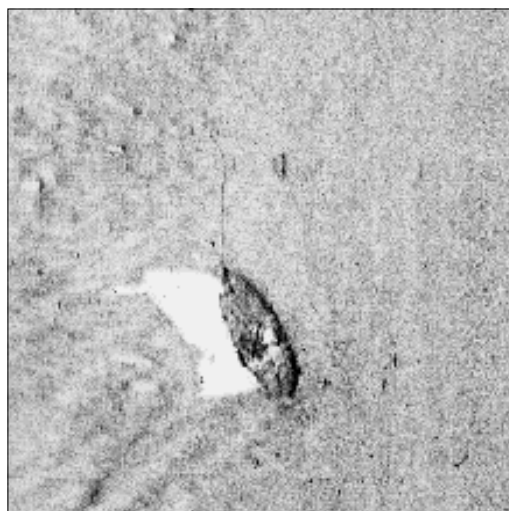


Imagen 6. Pecio 2

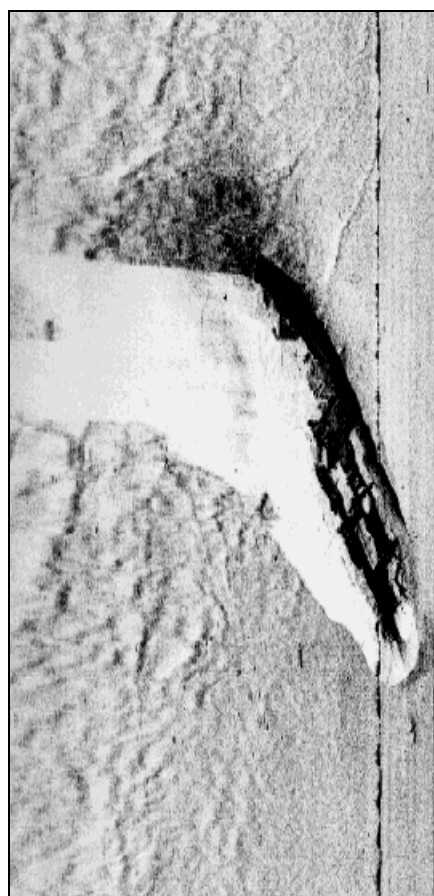


Imagen 7. Pecio 3 (dragaminas)

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

MÓDULOS

MOD 1

Posición: 659506/4158773



Foto 1. Ejemplares de *Chomis chromis* en las proximidades del módulo



Foto 2. Individuos de *Diplodus sargus* en la base del módulo.

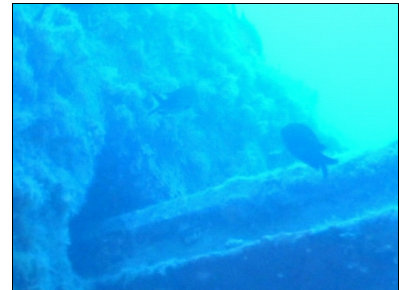


Foto 3. Detalle de una de las vigas transversales.



Foto 4. Ejemplar de *Diplodus vulgaris* medrando en el interior del módulo.



Foto 5. Ejemplar de *Muraena helena* al abrigo de una oquedad del módulo.



Foto 6. *Idem.*



Foto 7. Ejemplares de *Coris julis* y *Diplodus vulgaris*.



Foto 8. *Diplodus sargus* alimentándose de restos en la base del interior del módulo.



Foto 9. *Idem.*



Foto 10. Aspecto general del módulo.



Foto 11. *Idem.*



Foto 12. Detalle de una de las vigas.



Foto 13. Ejemplar de *Diplodus sargus*.



Foto 14. Aspecto del poblamiento ictiológico del módulo. Ejemplares de *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Chromis chromis* y *Apogon imberbis*.



Foto 15. Ejemplar de *Diplodus sargus*.



Foto 16. Ejemplares de *Chromis chromis* en torno a una de las vigas transversales.



Foto 17. *Diplodus vulgaris* en la base del módulo. Obsérvese el basculamiento que experimenta el módulo respecto al sustrato.



Foto 18. *Diplodus sargus* frecuentando la base del módulo.

MÓDULOS

MOD 2

Posición: 659506/4158773

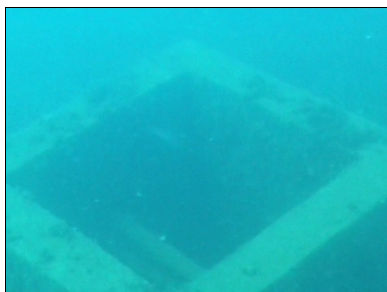


Foto 19. Visión general del módulo.

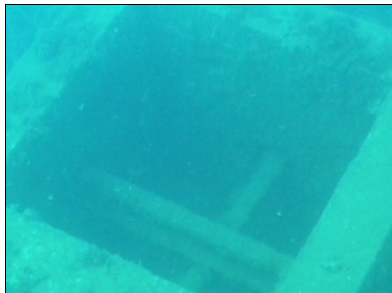
Foto 20. *Holoturia tubulosa* en la base del módulo.Foto 21. Restos de una colonia de *Pentapora foliacea*.Foto 22. Macho adulto de *Symphodus cinereus* alimentándose de algas.

Foto 23. Detalle del interior del módulo.



Foto 24. Aspecto del poblamiento bentónico de una de las caras verticales del módulo.

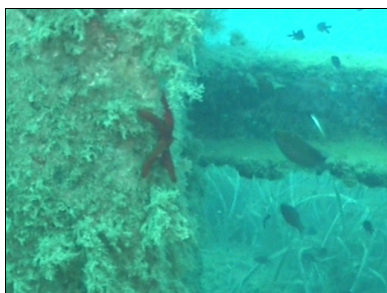
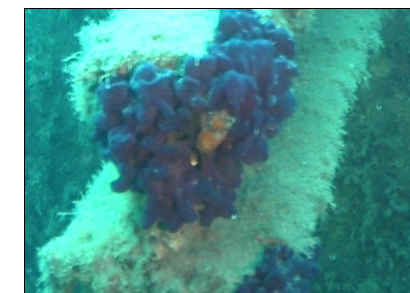
Foto 25. Grupo de *Chromis chromis* y la estrella *Echinaster sepositus*Foto 26. Detalle del poblamiento bentónico. En primer plano la esponja *Oscarella lobularis*.

Foto 27. Otro aspecto de la colonia anterior.

Foto 28. Macho adulto de la especie *Symphodus tinca*. Apréciase en el entorno inmediato del módulo la desaparición de cobertura de *Posidonia*.Foto 29. Ejemplar de *Apogon imberbis* en el interior del módulo donde encuentra las condiciones esciáfilas más óptimas para sus hábitos de vida

Foto 30. Detalle del interior del módulo.

MÓDULOS

MOD 3

Posición: 655511/4159793



Foto 31. Visión general del módulo. Se puede apreciar el buen estado de conservación que presenta la pradera de *Posidonia*.

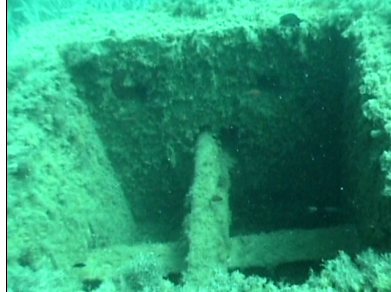


Foto 32. Detalle del interior del módulo.



Foto 33. Aspecto general del módulo.



Foto 34. Aspecto de la parte superior del módulo.



Foto 35. Detalle de la base del módulo y del poblamiento bentónico de una de las caras verticales.



Foto 36. Grupo de *Chromis chromis* en torno al módulo. Se pueden apreciar algunos individuos juveniles.



Foto 37. Poblamiento bentónico de otras de las caras verticales del módulo. Obsérvese la menor densidad de organismos que en el caso anterior.



Foto 38. Grupo de *Apogon imberbis* en el interior del módulo.



Foto 39. Ejemplares de *Apogon imberbis* en primer plano y una colonia del briozoo *Schizobrachiella sanguinea* sobre la cara del módulo.

PECIOS

PECIO 3 (DRAGAMINAS)

Posición: 655343/4158584



Foto 40. Ejemplares de *Diplodus vulgaris* en las proximidades del dragaminas.



Foto 41. Grupo de espáridos junto a restos dispersos de la cubierta principal del barco.

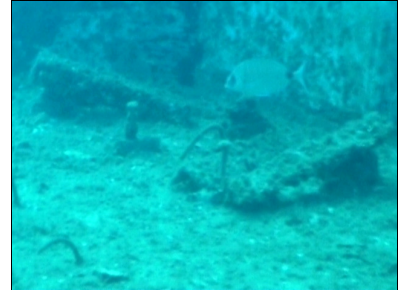


Foto 42. *Diplodus sargus* junto a una de las bandas del barco.



Foto 43. *Idem.*

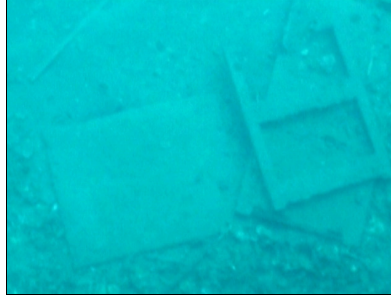


Foto 44. Restos de la cubierta depositados sobre el fondo.

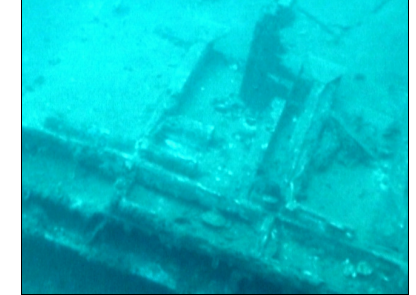


Foto 45. Detalle de una de las bordas.



Foto 46. Detalle de la borda de estribor.

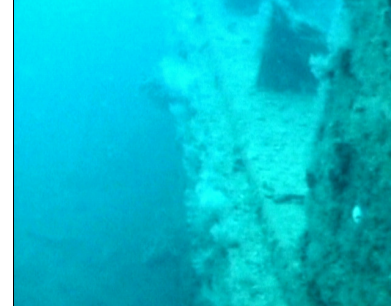


Foto 47. Detalle de la borda de estribor a la altura del comienzo del puente.

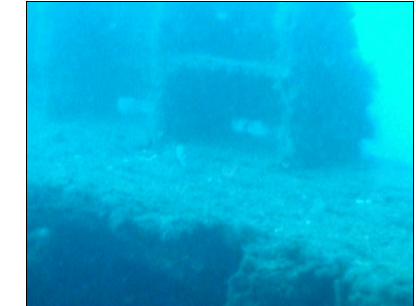


Foto 48. Aspecto que presenta parte del puente.



Foto 49. *Diplodus vulgaris* sobre la cubierta principal del barco.



Foto 50. Accesos a las sobreestructuras.



Foto 51. Detalle del lastre utilizado para facilitar el hundimiento del barco.



Foto 52. Detalle del interior de uno de los camarotes.



Foto 53. Toma de agua del sistema contraincendios.



Foto 54. Grupo de espáridos en torno a diversas estructuras localizadas sobre la cubierta principal.



Foto 55. Ejemplares de *Diplodus vulgaris* sobre la cubierta del barco, donde se aprecian los listones de madera.



Foto 56. Diversas estructuras depositadas sobre el fondo.



Foto 57. Ejemplar de *Scorpaena porcus* localizado en el interior de unos de los huecos de la cubierta.

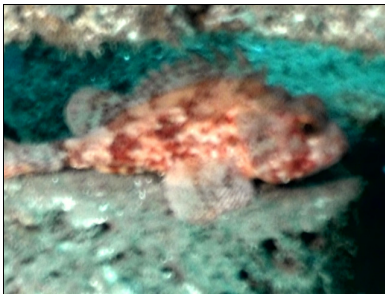


Foto 58. Detalle del escorpénido de la imagen anterior.



Foto 59. Detalle de la proa del barco.



Foto 60. Aspecto de una de las bordas en perfecto estado de conservación.



Foto 61. Otro aspecto de la proa del barco.

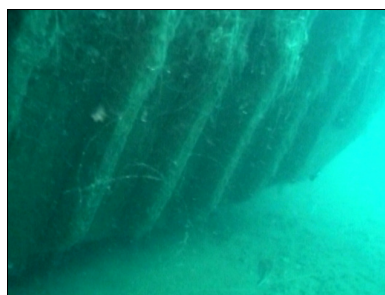


Foto 62. Detalle de las cuadernas.

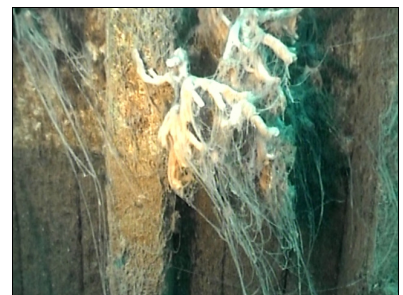


Foto 63. Puestas de calamar sobre la superficie del barco.



Foto 64. Aspecto que presenta parte de la quilla del barco.



Foto 65. Poblamiento ictiológico del interior del barco. Ejemplar de *Diplodus vulgaris* y dos escorpenidos.



Foto 66. En el costado de estribor todavía se aprecian restos del código identificativo de este dragaminas.



Foto 67. Ejemplar de *Echinaster sepositus*.



Foto 68. Aspecto del interior de uno de los compartimentos.



Foto 69. Otro detalle del interior del barco.

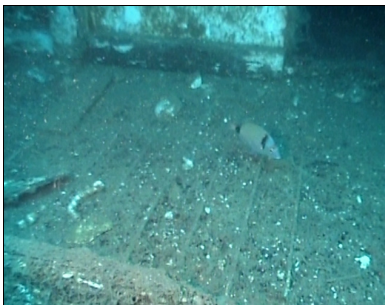


Foto 70. Detalle del interior de uno de los compartimentos interiores.



Foto 71. Detalle de uno de los mamparos de dicho compartimento. Se aprecian todavía restos de pintura.



Foto 72. Otro aspecto del interior del compartimento.



Foto 73. Escotilla de acceso al interior del barco.



Foto 74. Dos ejemplares de *Diplodus sargus* nadando frente al puente.

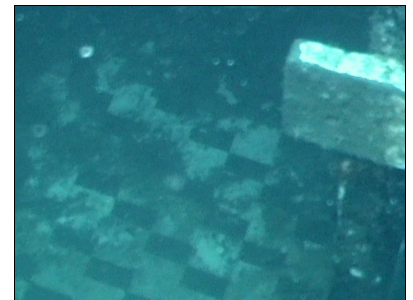


Foto 75. En la imagen se puede apreciar el pavimento de uno de los compartimentos interiores.

PECIOS

PECIO 1

Posición: 654867/4158265

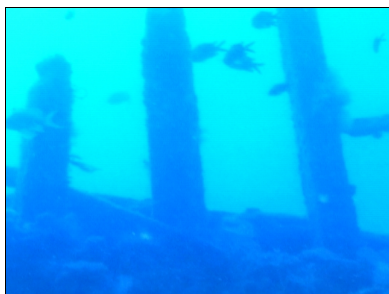


Foto 76. Aspecto de la parte de las cuadernas que conformaban una de las bordas.



Foto 77. Aspecto del poblamiento ictológico. Varios *Diplodus vulgaris* y en primer plano un *Diplodus cervinus*.



Foto 78. Varios ejemplares de *Sciaena umbra* en las inmediaciones del costado de estribor del barco.

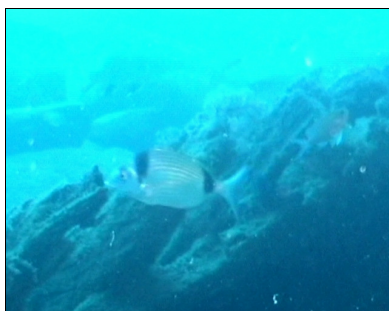


Foto 79. Ejemplar de *Diplodus vulgaris* sobre los restos de la cubierta.



Foto 80. Restos de la borda de estribor.



Foto 81. Banco de *Anthias anthias*.



Foto 82. Ejemplares de *Apogon imberbis* en la parte más interna del barco.



Foto 83. *Idem*.



Foto 84. Pequeño grupo de *Diplodus vulgaris* moviéndose entre los restos de las cuadernas.



Foto 85. Ejemplar de gran talla de la especie *Diplodus cervinus*.

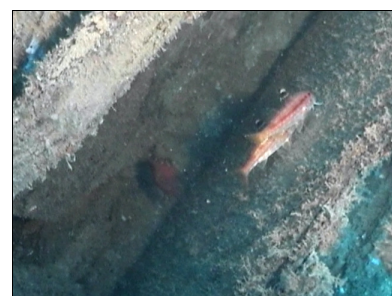


Foto 86. Varios salmonetes (*Mullus surmuletus*) frecuentando el interior del barco en busca de refugio y alimento.



Foto 87. Ejemplar de *Diplodus sargus* en el interior de los restos del barco.



Foto 88. *Idem.*

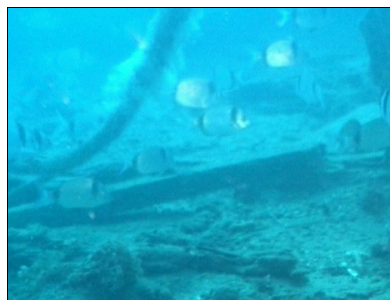


Foto 89. Poblamiento ictiológico asociado a los restos de la proa del barco. Se observa un predominio de espáridos.

PECIOS

PECIO 2

Posición: 654867/4158265



Foto 90. Aspecto de uno de los costados del barco.



Foto 91. Banco de *Diplodus vulgaris* en torno a los restos del barco.

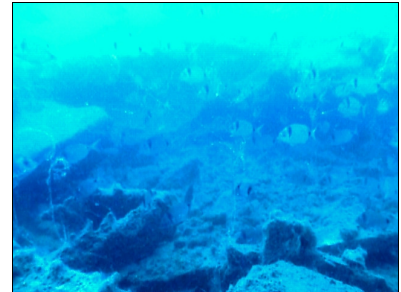


Foto 92. *Idem.*



Foto 93. Restos correspondientes a una de las bordas del barco.

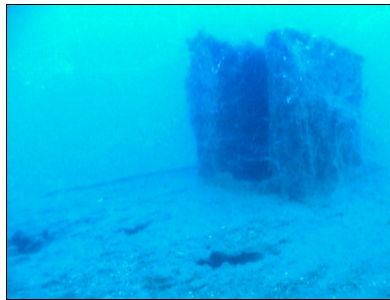


Foto 94. Restos pertenecientes a la superestructura del barco.



Foto 95. Detalle de las cuadernas del casco.



Foto 96. Restos de la proa.

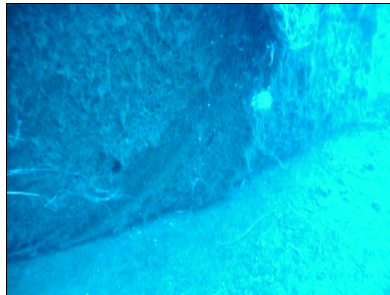


Foto 97. Detalle de la base del casco.

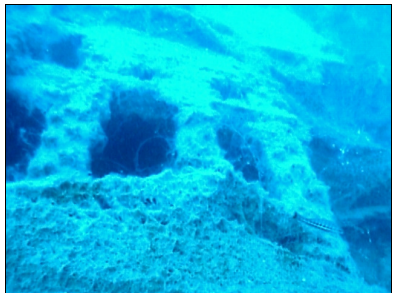


Foto 98. Detalle de las cuadernas del casco.



Foto 99. Diversos restos del barco.



Foto 100. Detalle del lastre utilizado para el hundimiento del barco.



Foto 101. En la base del casco se aprecian restos de una red de pesca.



Foto 102. Detalle de los restos de la cubierta.

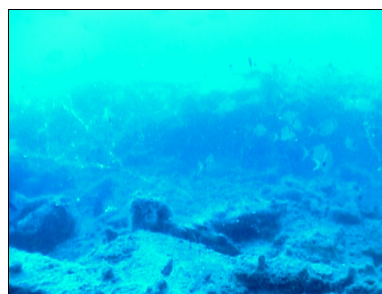


Foto 103. Diversos restos pertenecientes al barco.

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

MÓDULOS ANTIARRASTRE						
Código	X	Y		Código	X	Y
MAZ 001	654688	4158728		MAZ 051	655608	4159670
MAZ 002	654661	4158810		MAZ 052	655659	4159699
MAZ 003	654705	4158856		MAZ 053	656447	4159626
MAZ 004	654748	4158831		MAZ 054	656478	4159637
MAZ 005	654750	4158921		MAZ 055	656466	4159692
MAZ 006	654886	4159148		MAZ 056	656519	4159704
MAZ 007	654938	4159084		MAZ 057	656572	4159683
MAZ 008	654938	4159075		MAZ 058	656628	4159665
MAZ 009	655000	4159123		MAZ 059	656934	4159665
MAZ 010	654969	4159189		MAZ 060	656928	4159605
MAZ 011	655470	4159912		MAZ 061	657053	4159575
MAZ 012	655511	4159793		MAZ 062	657088	4159598
MAZ 013	655525	4159909		MAZ 063	657100	4159659
MAZ 014	655511	4159804		MAZ 064	657075	4159638
MAZ 015	655492	4159866		MAZ 065	657522	4159576
MAZ 016	656522	4159760		MAZ 066	657738	4159563
MAZ 017	656565	4159818		MAZ 067	657803	4159614
MAZ 018	656608	4159831		MAZ 068	657814	4159532
MAZ 019	656640	4159770		MAZ 069	657859	4159578
MAZ 020	656925	4159797		MAZ 070	657922	4159621
MAZ 021	656918	4159737		MAZ 071	659060	4159375
MAZ 022	657043	4159775		MAZ 072	659019	4159343
MAZ 023	657048	4159847		MAZ 073	659110	4159330
MAZ 024	657084	4159813		MAZ 074	659903	4158883
MAZ 025	657096	4159735		MAZ 075	659725	4158913
MAZ 026	657051	4159707		MAZ 076	659926	4158802
MAZ 027	656547	4159748		MAZ 077	659948	4158772
MAZ 028	657863	4159666		MAZ 078	660007	4158804
MAZ 029	657905	4159707		MAZ 079	659986	4158771
MAZ 030	657965	4159769		MAZ 080	659670	4158796
MAZ 031	657962	4159672		MAZ 081	659725	4158783
MAZ 032	658031	4159656		MAZ 082	659808	4158799
MAZ 033	660202	4158803		MAZ 083	659576	4158839
MAZ 034	660155	4158822		MAZ 084	659588	4158843
MAZ 035	660244	4158879		MAZ 085	659451	4158975
MAZ 036	660078	4158883		MAZ 086	659065	4159281
MAZ 037	655479	4159995		MAZ 087	659059	4159241
MAZ 038	655376	4159955		MAZ 088	659014	4159290
MAZ 039	654853	4159259		MAZ 089	658240	4159402
MAZ 040	654851	4159210		MAZ 090	658184	4159374
MAZ 041	654793	4159244		MAZ 091	658125	4159423
MAZ 042	654666	4158908		MAZ 092	657923	4159510
MAZ 043	655014	4159047		MAZ 093	657865	4159446
MAZ 044	655068	4158999		MAZ 094	657812	4159418
MAZ 045	655087	4159080		MAZ 095	657699	4159418
MAZ 046	655089	4159088		MAZ 096	657717	4159472
MAZ 047	655034	4159137		MAZ 097	657637	4159473
MAZ 048	655587	4159743		MAZ 098	657025	4159473
MAZ 049	655589	4159677		MAZ 099	657061	4159512
MAZ 050	655635	4159751		MAZ 100	656982	4159506

MÓDULOS ANTIARRASTRE						
Código	X	Y		Código	X	Y
MAZ 101	655580	4159594		MAZ 151	657098	4159320
MAZ 102	655642	4159599		MAZ 152	657449	4159311
MAZ 103	655692	4159522		MAZ 153	657499	4159342
MAZ 104	655726	4159526		MAZ 154	657414	4159268
MAZ 105	655937	4159539		MAZ 155	657559	4159393
MAZ 106	656249	4159534		MAZ 156	657616	4159365
MAZ 107	656040	4159550		MAZ 157	657630	4159321
MAZ 108	656472	4159559		MAZ 158	657556	4159312
MAZ 109	656404	4159510		MAZ 159	657554	4159263
MAZ 110	656363	4159510		MAZ 160	658150	4159327
MAZ 111	655153	4159018		MAZ 161	658238	4159277
MAZ 112	655165	4159003		MAZ 162	658278	4159330
MAZ 113	655243	4158967		MAZ 163	658282	4159338
MAZ 114	655219	4158945		MAZ 164	658295	4159239
MAZ 115	655124	4158938		MAZ 165	658346	4159284
MAZ 116	654738	4158239		MAZ 166	658416	4159319
MAZ 117	654773	4158282		MAZ 167	658414	4159247
MAZ 118	655238	4158892		MAZ 168	658985	4159104
MAZ 119	655235	4158896		MAZ 169	658985	4159071
MAZ 120	655327	4158921		MAZ 170	659028	4159058
MAZ 121	655647	4159424		MAZ 171	659062	4159072
MAZ 122	655674	4159456		MAZ 172	659069	4159012
MAZ 123	655742	4159467		MAZ 173	659424	4158861
MAZ 124	655744	4159419		MAZ 174	659389	4158797
MAZ 125	655785	4159446		MAZ 175	659456	4158814
MAZ 126	655772	4159370		MAZ 176	659462	4158755
MAZ 127	655772	4159424		MAZ 177	659448	4158803
MAZ 128	655944	4159425		MAZ 178	659524	4158816
MAZ 129	656002	4159373		MAZ 179	659555	4158798
MAZ 130	656040	4159435		MAZ 180	659522	4158764
MAZ 131	656088	4159380		MAZ 181	659526	4158719
MAZ 132	656158	4159422		MAZ 182	659575	4158768
MAZ 133	656171	4159355		MAZ 183	659642	4158724
MAZ 134	656195	4159386		MAZ 184	659735	4158742
MAZ 135	656237	4159416		MAZ 185	659466	4158696
MAZ 136	656233	4159344		MAZ 186	659389	4158726
MAZ 137	656260	4159440		MAZ 187	659318	4158774
MAZ 138	656279	4159452		MAZ 188	659292	4158765
MAZ 139	656283	4159372		MAZ 189	659278	4158722
MAZ 140	656286	4159365		MAZ 190	659080	4158820
MAZ 141	656299	4159398		MAZ 191	659072	4158912
MAZ 142	656338	4159448		MAZ 192	658996	4158866
MAZ 143	656356	4159424		MAZ 193	659021	4158893
MAZ 144	656354	4159413		MAZ 194	658987	4158970
MAZ 145	656407	4159394		MAZ 195	658779	4159051
MAZ 146	657007	4159422		MAZ 196	658370	4159180
MAZ 147	657000	4159343		MAZ 197	658474	4159104
MAZ 148	657055	4159378		MAZ 198	658427	4159141
MAZ 149	657083	4159414		MAZ 199	658485	4159190
MAZ 150	657071	4159293		MAZ 200	658666	4159110

MÓDULOS ANTIARRASTRE						
Código	X	Y		Código	X	Y
MAZ 201	658677	4159163		MAZ 228	657304	4159083
MAZ 202	658615	4159194		MAZ 229	657328	4159074
MAZ 203	657509	4159198		MAZ 230	658504	4159077
MAZ 204	657461	4159213		MAZ 231	658564	4159045
MAZ 205	657431	4159138		MAZ 232	658635	4158987
MAZ 206	657405	4159146		MAZ 233	658951	4158816
MAZ 207	657344	4159204		MAZ 234	658992	4158806
MAZ 208	657327	4159154		MAZ 235	659028	4158764
MAZ 209	657246	4159141		MAZ 236	659248	4158675
MAZ 210	657114	4159243		MAZ 237	654962	4159155
MAZ 211	657112	4159157		MAZ 238	658968	4159795
MAZ 212	657083	4159156		MAZ 239	656621	4159918
MAZ 213	657014	4159183		MAZ 240	654685	4158591
MAZ 214	657016	4159240		MAZ 241	654747	4158528
MAZ 215	656238	4159299		MAZ 242	658971	4159186
MAZ 216	656166	4159291		MAZ 243	655672	4159623
MAZ 217	656156	4159221		MAZ 244	655713	4159565
MAZ 218	657129	4159152		MAZ 245	656183	4159542
MAZ 219	659286	4158662		MAZ 246	656148	4159543
MAZ 220	656106	4159284		MAZ 247	655660	4159569
MAZ 221	656084	4159218		MAZ 248	659229	4158703
MAZ 222	655862	4159278		MAZ 249	658667	4159071
MAZ 223	655786	4159306		MAZ 250	661216	4157242
MAZ 224	655810	4159264		MAZ 251	658353	4159342
MAZ 225	655804	4159333		MAZ 252	657993	4159587
MAZ 226	655752	4159295		MAZ 253	655668	4159388
MAZ 227	655803	4159217				