

ESTADO BIOLÓGICO DE LA PRADERA DE *Posidonia oceanica* DE LAS ISLAS MEDES. INFORME DE 1995

Javier ROMERO, Marta PÉREZ, Olga INVERS, Marta MANZANERA y Xavi de PEDRO

Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona
Diagonal 645, 08028 Barcelona

OBJETIVOS

La pradera de *Posidonia oceanica* se cuenta entre los ecosistemas de mayor interés biológico del Mediterráneo, tanto por su elevada producción primaria como por su capacidad de albergar y alimentar a numerosas especies vegetales y animales, así como por su papel estabilizador de los sedimentos litorales.

A la vez, se trata de una de las comunidades marinas más seriamente amenazada por la acción humana, de forma que en numerosos puntos se ha constatado una importante regresión de la misma.

En el archipiélago de las islas Medes, la pradera de *Posidonia oceanica* ocupa una extensión aproximada de 70.000 m², lo cual hace que su importancia cuantitativa en el sistema sea grande. Así, dentro del plan de seguimiento plurianual de los ecosistemas de la reserva submarina de las islas Medes, se ha evaluado el estado biológico de la pradera de *Posidonia*, con vistas a documentar su estado biológico actual, así como sus cambios interanuales. Los datos adquiridos tienen una especial relevancia en cuanto a que son comparables no sólo con los de otros años del programa de seguimiento de las islas Medes sino también con datos existentes de años anteriores a la declaración de reserva (concretamente, 1984 y 1987).

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

Estrategia para la elaboración del informe de 1995

El presente informe propone como objetivos:

(i) Repetición de las medidas de densidad y cobertura en las cuatro estaciones fijas por el método habitual de las fotografías y por un nuevo método (transectos) que posiblemente

umentará la información obtenida por unidad de esfuerzo.

(ii) Repetición de las medidas de densidad sobre el transecto permanente; con respecto a años anteriores, se han omitido las medidas de cobertura en dicho transecto

(iii) Seguimiento del claro abierto en la pradera en 1990.

En 1995 no se llevó a cabo el seguimiento del límite inferior.

Definiciones

Entendemos por densidad de haces el número de haces por metro cuadrado de sustrato. Los haces son agrupaciones de hojas individualizables (de 3 a 7 hojas por haz) que aparecen en el extremo de ejes (rizomas) de crecimiento vertical. Dado que, según se desprende de la literatura científica disponible, la variabilidad entre praderas o entre zonas de una misma pradera se debe más al número de haces que a diferencias en las características de éstos, se comprende que el recuento de dichos haces suministre una primera aproximación a las variables cuantitativas (producción, biomasa, etc.) más interesantes ecológicamente.

Los haces de *Posidonia* pueden disponerse de manera continua, o bien pueden ir apareciendo entre ellos calveros de arena o rizoma muerto (que recibe el nombre de mata), lo que comporta una ocupación incompleta del sustrato. Entendemos como cobertura el porcentaje de sustrato recubierto por *Posidonia* viva, esto es, el cociente (como porcentaje) entre la superficie de los rodales de la planta y la superficie de rodales más calveros.

Al hablar de densidad, nos referimos, salvo indicación en contrario, a la densidad en el interior de los rodales. Por lo tanto, el parámetro "densidad" hace referencia sobre todo a una pro-

riedad intensiva de la pradera, mientras que el parámetro cobertura es de tipo más extensivo. Podemos asimismo definir la densidad global como el producto entre la densidad y la cobertura (en tanto por uno).

Métodos

Recuentos de densidad

La densidad se estima mediante el recuento en inmersión de haces en el interior de un cuadrado de 40x40 cm, subdividido en cuatro subcuadrados de 20x20. Los cuadrados se colocan al azar en el interior de rodales de Posidonia, y se anota el número de haces presentes en cada uno de los cuatro subcuadrados. El número de cuadrados en las campañas de 1995 es de 10 por estación, salvo a 5m que es de 20.

Estima de la cobertura: método fotográfico

La estima de la cobertura se realiza mediante fotografía submarina. Las fotografías se toman a 1 m del sustrato, verticalmente, con una máquina NIKONOS III, objetivo 35mm con lente frontal SUBAWIDER, e iluminación con flash SEA & SEA. Sobre cada foto se dibuja la silueta de la superficie recubierta por vegetación y se digitaliza mediante un scanner (Epson GT 8000). Posteriormente se calcula el porcentaje de superficie recubierta mediante un programa de análisis de imágenes (IMAT, Universidad de Barcelona).

Estima de la cobertura: los transectos

Por primera vez en 1995 se aplicó a la estima de la cobertura el método de los transectos, que se describe a continuación.

Para cada una de las cuatro profundidades correspondientes a las cuatro estaciones fijas, se tendía una cinta métrica graduada en centímetros y de 50 m de longitud total, procurándose que el inicio y el final del transecto estuvieran aproximadamente a la misma profundidad, lo que no siempre pudo conseguirse, en especial en la estación más profunda. Se definían tres tipos de fondo, a saber: mata (rizoma muerto), arena (sedimento no vegetado) y Posidonia (planta viva). Un buceador recorría el transecto y anotaba la situación exacta de cada cambio en el tipo de fondo. Si el tipo de fondo era mata o arena, y la distancia entre dos cambios sucesivos inferior a 10 cm, no se consideraba el cambio.

A partir de estos datos, puede calcularse el porcentaje que ocupan sobre el total cada tipo de fondo, y por lo tanto la cobertura. Siendo la mata el resultado de la muerte de la Posidonia, este método presenta como ventaja, además de su mayor precisión, el suministrar datos sobre el eventual aumento (regresión) o disminución (recolonización) de este tipo de fondo.

De manera general, este método debe dar valores de cobertura inferiores al método fotográfico, ya que mediante el mismo son perceptibles claros de pequeñas dimensiones, que pasan desapercibidos en el tratamiento de las fotografías. Obviamente, la manipulación de los datos excluyendo del cómputo de cobertura claros de dimensiones crecientes (de 10 cm, 20 cm, 30 cm etc., y que a partir de aquí denominaremos "ventana") dará valores crecientes que para un cierto valor de dicha ventana coincidirá con el valor hallado mediante el método fotográfico.

Se han tratado los datos de la manera indicada, con el fin de intercalibrar ambos métodos y validar el nuevo método de transectos en el marco del programa plurianual de seguimiento.

Balizamiento del claro

En la memoria de 1994 se describía la actualización y los objetivos que se persiguieron al balizar el claro abierto en 1990. En 1995, se siguió dicho balizamiento para comprobar la evolución temporal del mismo. Así, se han visitado las 14 piquetas instaladas, anotando el estado del límite de la pradera entre cada dos de ellas, así como otros datos relevantes (altura sobre el fondo, distancia entre piquetas sucesivas, etc.).

Distribución de las muestras: transectos y estaciones fijas

La selección de los puntos de muestreo es lógicamente un aspecto crítico para la posterior interpretación de los resultados obtenidos. La totalidad de las medidas han sido realizadas en una franja que sigue la línea de máxima pendiente y de límite superior a límite inferior de la pradera (véase Fig. 1). En dicha franja se han seguido dos estrategias complementarias:

a) Estaciones fijas: se han seleccionado cuatro puntos a lo largo del gradiente batimétrico (límite superior o 5 m, 6.5 m, 8.7 m y 14 m o límite inferior) representativos de la gama de batimetrías en las que se desarrolla esta planta en el área de estudio. En cada uno de ellos se ha estimado la

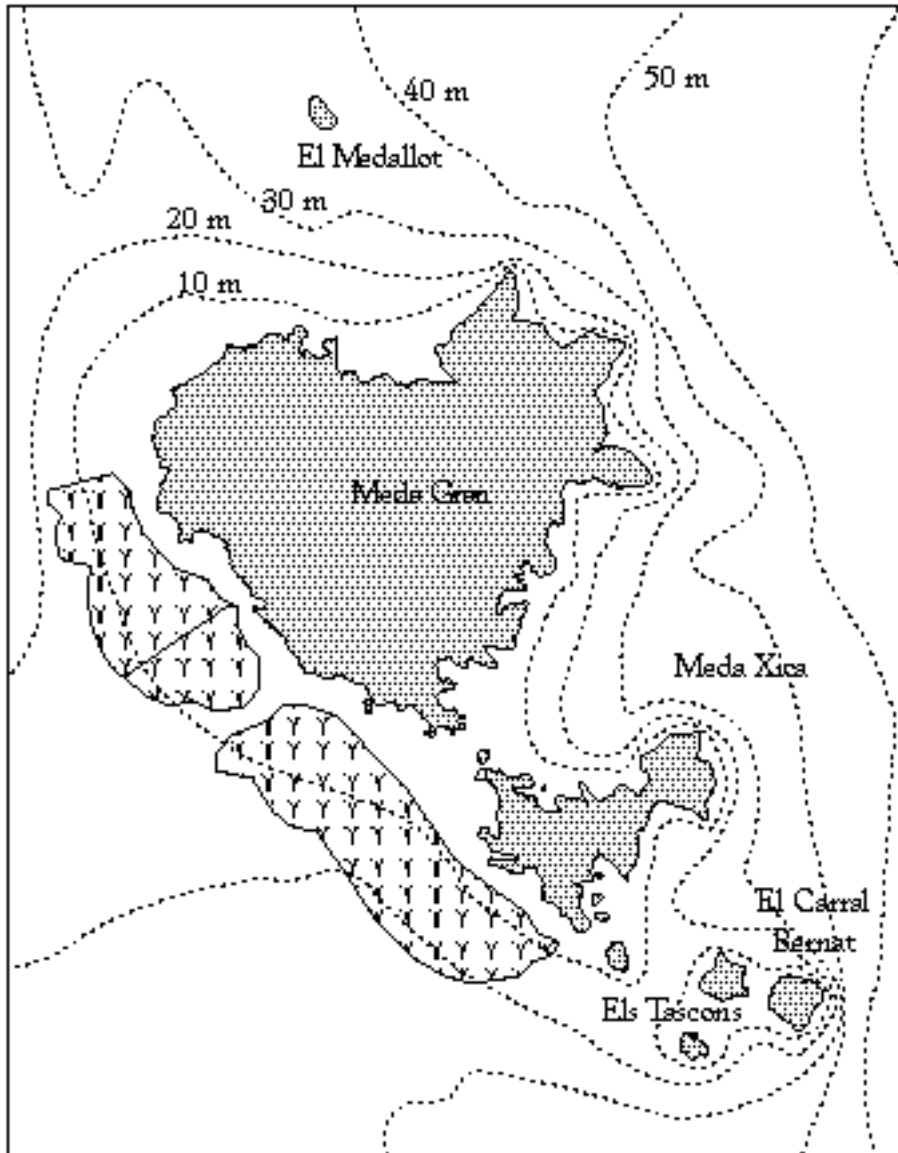


Fig. 1. Mapa esquemático de las Islas Medas, con la localización del transecto permanente. El contorno de la pradera es aproximado, y está basado en observaciones acumuladas a lo largo de los años de seguimiento. El límite superior y los límites laterales son los más imprecisos.

densidad y la cobertura mediante el recuento de 10 cuadrados, la realización de unas 8 fotografías, así como tres transectos.

b) Transecto permanente: se tendió un cabo de límite superior a límite inferior de la pradera según la línea de máxima pendiente con marcas numéricas (chapas) metro a metro (longitud total cercana a los 80 m). Sobre dicho transecto y en cada una de las chapas pares se contaron los haces presentes en un cuadrado de 40 x 40 cm, según la técnica descrita. Asimismo, se anotó la profundidad. El profundímetro se calibra, en todas las ocasiones, en relación a un punto fijo de profundidad conocida.

Ambas estrategias son complementarias, ya que las estaciones fijas suponen una inversión de esfuerzo puntual e importante, que permite un conocimiento preciso, base imprescindible para comparaciones interanuales mientras que el transecto revela sobre todo la tendencia o tendencias

generales de variación de estos descriptores con la profundidad. Hay que hacer constar también que los datos obtenidos describen adecuadamente la franja estudiada, pero son generalizables al conjunto de la pradera sólo con ciertas precauciones.

RESULTADOS

En las tablas 1 y 3 se dan los valores de densidad y cobertura obtenidos en las estaciones fijas. En las Figs. 2 y 3 se comparan los datos de densidad y cobertura (obtenida por el método fotográfico) de cada estación con las de años anteriores.

En lo que se refiere a la densidad, si bien en 1994 se observaron cambios negativos (pérdida de densidad: 19 %) en la estación de 5 m. En 1995, la densidad de dicha estación se ha recuperado ampliamente, habiendo aumentado tam-

Tabla 1. Densidad (haces.m-2) en las cuatro estaciones fijas. Se da el error standard para cada valor.

AÑO	ESTACION			
	5 m	6.5 m	8.7 m	14 m
1984	628 ± 19	540 ± 17	455 ± 11	340 ± 14
1987	746 ± 28	658 ± 25	462 ± 22	291 ± 22
1990	646 ± 22	584 ± 32	561 ± 24	193 ± 14
1991	531 ± 39	-	448 ± 13 (*)	181 ± 14
1992	537 ± 26	494 ± 19	462 ± 19	173 ± 11
1993	593 ± 16	466 ± 26	442 ± 23	158 ± 13
1994	481 ± 14	519 ± 16	555 ± 27	213 ± 18
1995	601 ± 12	583 ± 21	529 ± 26	191 ± 17

(*) corresponde a una zona comparable situada a 10 m de profundidad

Tabla 2. Comparación de densidades (haces m-2) de los transectos de 1990, 1992, 1993, 1994 y 1995.

Rango batimétrico (m)	1990	1992	1993	1994	1995
5-6	463	438	393	388	403
6-7	276	313	258	337	440
7-8	125	292	301	208	344
8-9	188	296	127	105	400
9-10	142	102	219	183	241
10-11	248	142	101	83	166
11-12	0	0	0	0	0
12-13	0	0	0	0	0
13-14	0	0	0	9.5	0
+14	48	85	70	91	61

Tabla 3. Cobertura (%) en las cuatro estaciones fijas. Se da el error standard para cada valor.

AÑO	ESTACION			
	5 m	6.5 m	8.7 m	14 m
1984	76.8 ± 2.9	49.2 ± 4.1	44.8 ± 2.9	39.3 ± 2.3
1987	82.1 ± 3.9	61.0 ± 4.8	46.1 ± 2.4	43.1 ± 3.0
1990	67.6 ± 2.3	49.1 ± 5.3	37.6 ± 3.1	6.1 ± 1.9
1991	-	-	48.1 ± 4.9*	-
1992	75.0 ± 6	48.6 ± 2.2	39.4 ± 4.4	20.7 ± 5
1993	71.2 ± 2.6	45.8 ± 2.7	31.8 ± 0.6	6.9 ± 0.4
1994	48.4 ± 3.6	26.2 ± 2.8	28.4 ± 1.7	19.1 ± 2.7
1995	64.1 ± 2.9	49.5 ± 6.3	44.3 ± 5.8	13.7 ± 2.0

(*) corresponde a una zona comparable situada, a 10 m de profundidad

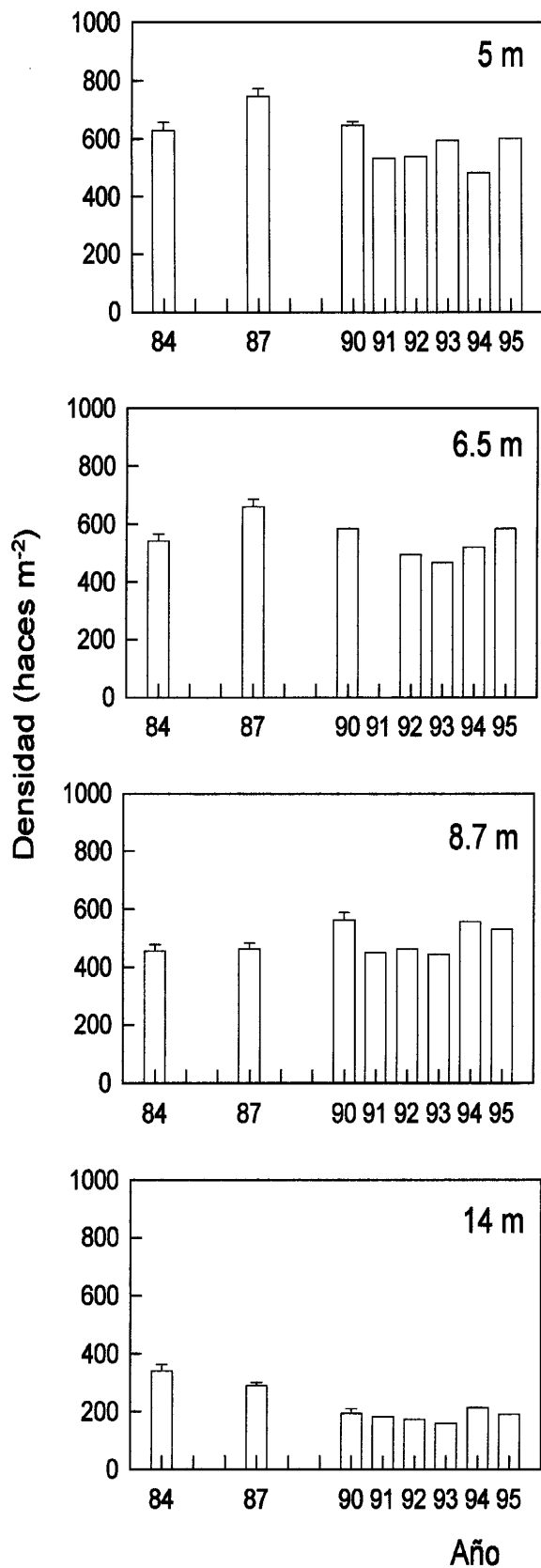


Fig. 2. Densidad (haces m⁻²) en las cuatro estaciones fijas todos los años estudiados.

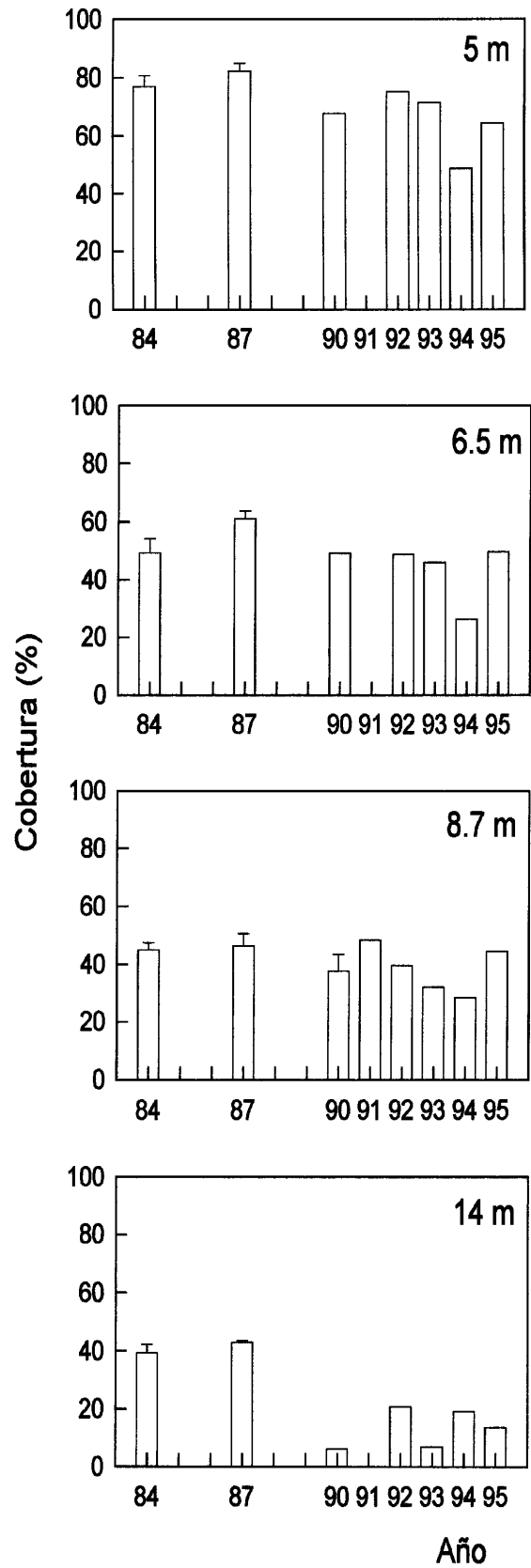


Fig. 3. Cobertura (%) en las cuatro estaciones fijas y en todos los años estudiados, por el método de la fotografía sub - marina.

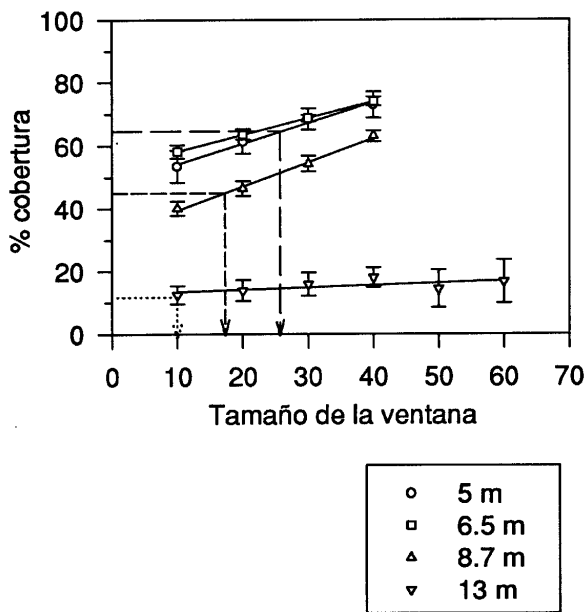


Fig. 4. Valores de cobertura (%) resultantes de la aplicación de diferentes ventanas de discriminación de datos en los transectos de cada estación fija.

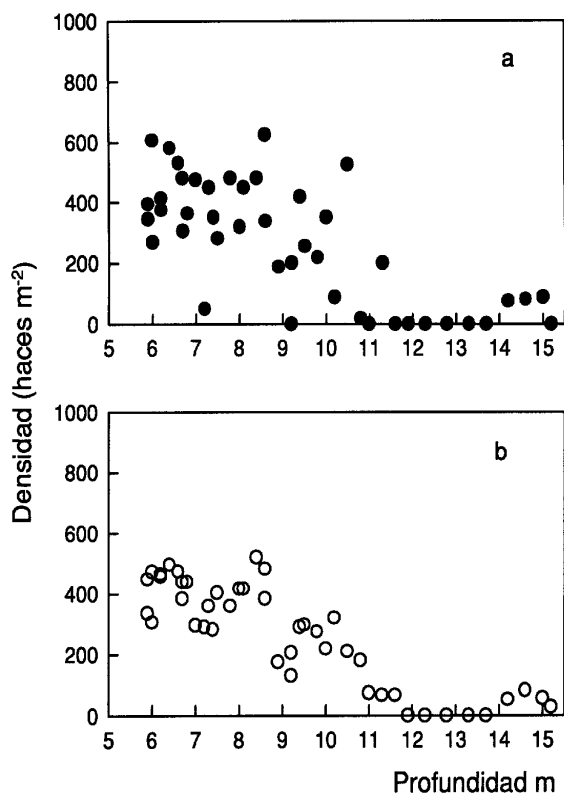


Fig. 5. Variación de la densidad (haces m^{-2}) en función de la profundidad en el transecto permanente en 1995. a) datos brutos. b) datos suavizados por el sistema de medias móviles ($n=3$).

Tabla 4. Cobertura (%) y error standard de los distintos tipos de fondo obtenida mediante el método de los transectos. Se muestran los resultados obtenidos aplicando la ventana mínima de discriminación de diferentes tipos de substratos (10 cm).

Prof. (m)	Mata	Posidonia	Arena
5	34.3 ± 4.4	53.5 ± 5.1	12.2 ± 5.7
6.5	37.4 ± 2.8	58.2 ± 2.1	4.8 ± 0.8
8.7	32.7 ± 1.3	40.1 ± 2.3	27.2 ± 3.3
14	1.8 ± 1.6	12.5 ± 2.9	85.8 ± 3.3

bién la densidad a 6.5 m. Las densidades en las dos estaciones más profundas se mantienen. Estos cambios, cuya significación estadística se ha comprobado con una *t* de student al 5 %, no parecen formar parte de ninguna tendencia clara a largo plazo (ver fig. 2). Caso de querer resumir los cambios habidos en el período 1984-1995, podemos decir que tras un primer período progresivo (1984-1987) apreció entrarse en una etapa en que, a pesar de las fluctuaciones, la tendencia era regresiva (1987-1992 o 1993), tras la cual los valores tienden a recuperarse o al menos a estabilizarse. De manera global, parecería que la única estación con cambios netos negativos para el conjunto del período considerado es la profunda (13 m). Las tendencias aquí apuntadas se confirman si consideramos los cambios en densidad a lo largo del transecto permanente (tabla 2).

En lo que se refiere a la cobertura, también 1995 parece haber sido un año "bueno", con recuperación de valores en las estaciones de 5, 6.5 y 8.7 metros (tabla 3).

El método de transectos da valores de cobertura inferiores a las obtenidas con el método fotográfico (tablas 3 y 4), salvo en un caso, aunque las discrepancias son pequeñas. En la Figura 4 puede apreciarse como cambia la cobertura en función de la ventana considerada. Del análisis de esta figura podemos concluir que para la estación superficial es necesaria una ventana de unos 30 cm para que ambos métodos coincidan, y de algo menos de 20 cm para que coincidan en 8.7 y 13 m. La estación de 6.5 m arroja un resultado inesperado (mayor cobertura con el método del transecto que con el fotográfico), que deberá ser revisado en años sucesivos antes de pasar a emplear de manera única y rutinaria el método de los transectos.

Los valores de densidad global (tabla 5) parecen confirmar lo dicho en relación a coberturas y

Tabla 5. Valores de densidad global (cobertura x densidad) para cada una de las estaciones fijas en los diferentes años muestrados.

AÑO	ESTACION			
	5 m	6.5 m	8.7 m	14 m
1984	483	264	204	132
1987	612	401	212	125
1990	433	286	213	11
1991	-	-	215*	-
1992	397	202	129	36
1993	422	240	141	11
1994	233	136	158	41
1995	385	291	233	27

(*) corresponde a una zona comparable a 10 m de profundidad

Tabla 6. Coeficientes de regresión $Y=mx+b$, donde Y es la densidad y x es la profundidad (n=35, aproximadamente). r significativamente distinto de 0 en todos los casos ($p < 0.05$).

	1984	1987	1990	1992	1993	1994	1995
Y = Den.	x = Prof						
b	477	560	589	668	205*	203*	741
m	-31.54	-32.1	-45.9	-50.4	-2.7	-2.45	-50.3
r	0.51	0.48	0.62	0.67	0.33	0.24	0.83

* calculado con los datos suavizados

densidades, así como las relaciones entre profundidad y densidad (tabla 6), cuya pendiente m ha aumentado sensiblemente tras dos años de valores muy bajos; esto es una vez más la expresión de que las diferencias entre superficie y fondo han vuelto a acentuarse, después de un año o dos en que parecían desdibujarse, por la pérdida de calidad en los indicadores de calidad biológica de la estación superficial.

En la figura 5 aparecen los valores de densidad a lo largo del transecto. Los datos en bruto muestran una gran heterogeneidad, pero mediante el suavizado por el método de medias móviles se aprecia claramente la tendencia a la disminución de densidad y cobertura por efecto de limitación por la luz. También se aprecia claramente la existencia de una zona sin vegetación (que corresponde al calvero) entre los 11 y 13 m de profundidad.

En la tabla 7 aparecen los datos tomados con el seguimiento del calvero. La comparación de las observaciones de 1994 y 1995 lleva a la conclusión de que la mancha desprovista de vegetación se ha mantenido estable en el período considerado.

DISCUSIÓN

La pradera de *Posidonia oceanica* es un sistema dotado de una gran inercia, de forma que no son esperables cambios interanuales espectaculares. Sin embargo, el hecho de disponer de datos de una relativa antigüedad empieza a hacer posible un análisis a largo plazo, cuyas conclusiones, obviamente, deberán ser tomadas con cautela.

Diagnóstico biológica

En cuanto a los parámetros de densidad y cobertura, la situación actual de la pradera (1995) puede considerarse globalmente aceptable, no estando por lo menos en peor estado que en 1984, fecha de obtención de los datos más antiguos de que se dispone. Se detecta una pérdida de calidad de estos indicadores biológicos en la estación profunda, pérdida que se produjo entre 1987 y 1990 y que parece estabilizada.

Desde un punto de vista macroscópico, en 1995 no parecen haberse producido grandes cambios. Los límites del calvero no han sufrido modificaciones, y probablemente tampoco el

Tabla 7. Datos del balizamiento del calvero. Cada una de las estacas metálicas llevaba un cierto número de bridas blancas o negras. Se da la distancia a una estaca de referencia (al), en metros, así como la altura de la estaca sobre el sedimento en cm.

Num.	Marca	Dist. al anterior	Alt.	al	Obs.
1	1N	-	40	-	Colocado en la intersección entre el calvero y la discontinuidad transversal. Colocado en una mancha densa; se observa manchita progradante
2	2N	-	43	-	Hasta 4N: pradera muy clareada, con haces dispersos. Las estacas se colocan en avanzadilas de menos de un cuarto de metro cuadrado.
3	3N	-	26.5	-	
4	4N	-	29	-	
5	1B	47.55	27.5	2NX	La barra se sitúa a 1.05 m de la planta viva más próxima, que es una mancha bastante pequeña.
6	2B	41.20	34	2NX	Barra situada en una pequeña mancha
7	3B	29.53	35	2NX	Situada en una pequeña mancha; el límite se aparta de la línea
8	4B	19.80	29	2NX	El límite se aparta de la línea en una serie de concavidades. Una pequeña manchita progradante
9	5B	11.06	31.5	2NX	Cruza algunas manchitas. La barra está a 51 y 47 cm de las manchas más próximas.
10	2NX	0	37.5	2NX	Tocando a una pequeña mancha
11	5N	9.50	34	2NX	Del lado de NX hay una pequeña progradación del límite, más algunas manchitas; del lado de 5N una regresión. La barra toca una pequeña mancha
12	6N	19.17	33.5	2NX	La distancia a la planta viva más próxima es de 50 cm.. El límite hace concavidades (regresiones), unas poquitas manchitas progradantes.
13	s/m	27.8	33	2NX	Límite con concavidades en dirección a 6N. Distancias a las manchas más próximas: 28.9, 28.6, 28.7, 28.6
14	s/m	36.6	35.5	2NX	En el límite profundo de la pradera, intersección con la prolongación teórica del calvero

límite profundo de la pradera, aunque esto último se trata de una impresión personal, ya que el límite no ha sido seguido este año de manera sistemática. Ello confirma la estabilización que apuntábamos para 1995 con respecto a los parámetros intensivos.

A partir de los datos presentados en el presente informe, puede verse que la respuesta de la

pradera no es homogénea, esto es, los indicadores biológicos presentan fluctuaciones que no son comunes a todas las estaciones de muestreo. Esto implica que no hay una causa global que afecte al conjunto de la pradera, y en estos momentos, descartados ya los efectos mecánicos (anclas, cadenas de muertos...), la única causa de preocupación con respecto a la persistencia de la prade-

ra podría residir en la calidad del agua, y en particular del enturbiamiento causado por el agua del río Ter (y eventualmente por otras causas más locales). Esto podría ser la causa de algunas de las fluctuaciones interanuales observadas, así como de la pérdida de calidad (y de extensión en años anteriores) observada en las cercanías del límite profundo de la pradera.

Conclusiones

1º) La pérdida de calidad de los indicadores biológicos observada en 1994 en las estaciones más superficiales parece haber cesado, con signos evidentes de recuperación, lo cual lleva a una cierta situación de estabilización del sistema

2º) El claro abierto en 1990 se mantiene sin cambios importantes en cuanto a su morfología o extensión

Recomendaciones y perspectivas

- La calidad del agua, a la que a menudo se atribuye muchos de los efectos de la degradación de las praderas, debe ser estudiada en profundi-

dad para evaluar correctamente las causas de las pérdidas de calidad apreciadas

- La cartografía existente de la pradera de las islas Medes está claramente anticuada y es insuficiente. Se recomienda invertir un cierto esfuerzo en actualizar esta cartografía, renovando dicha actualización en unos lapsos prudentes (por ejemplo, cada cinco años).

- Deben retirarse definitivamente de la pradera los bloques de cemento (muertos) fondeados para amarre de embarcaciones. El sistema de tubos metálicos clavados en la mata parece ser inocuo. Caso de ser imprescindible la presencia de muertos para embarcaciones de gran tonelaje, se recomienda que se coloquen fuera del límite profundo de la pradera.

AGRADECIMIENTOS

A Josep M^a Llenas por su ayuda incondicional (un año más). A quien fuera que diseñara un sistema de fondeo racional y de bajo impacto, también nuestro agradecimiento en nombre de Posidonia oceanica.