

VALORACIÓN DEL IMPACTO DE LOS VERTIDOS HÍDRICOS INDUSTRIALES EN EL LITORAL: APROXIMACIÓN METODOLÓGICA AL ESTUDIO DE LA PRADERA DE *POSIDONIA OCEANICA* (L.) DELILE



D. Moreno ⁽¹⁾, P. A. Aguilera ⁽²⁾, H. Castro ⁽²⁾, J. L. Martínez Vidal ⁽³⁾, F. Martínez Sola ⁽⁴⁾ y F. Sanz ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ *el Araña, Apartamentos Las Dunas 2, 04150. Cabo de Gata. (Almería).*

⁽²⁾ *Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Almería. 04120 Almería.*

⁽³⁾ *Departamento de Hidrogeología y Química Analítica. Universidad de Almería. 04120 Almería.*

⁽⁴⁾ *DSM-Deretil, Villaricos (Cuevas del Almanzora). Almería.*

⁽⁵⁾ *Consejería de Medio Ambiente. Delegación Provincial de Almería. Almería.*

RESUMEN

El estudio del efecto de los vertidos hídricos industriales en el litoral admite diversas aproximaciones metodológicas. Una de las más utilizadas es el control y seguimiento de organismos bentónicos, seleccionados atendiendo a sus características como bioindicadores. En el presente trabajo se emplea la fanerógama marina *Posidonia oceanica* (L.) Delile como indicador puesto que es muy sensible a modificaciones antrópicas, tales como vertidos de contaminantes, obras litorales, regeneración de playas y pesca de arrastre ilegal. En la zona de estudio, la costa norte del levante almeriense, *P. oceanica* forma extensas praderas submarinas desde la misma orilla hasta 20 ó 30 m de profundidad.

Durante tres años se ha realizado el control y seguimiento de la pradera de *P. oceanica* en el entorno de la factoría de DSM Deretil (Villaricos, Almería), tanto frente al vertido como en zonas de referencia lejos de su influencia. La metodología se ha basado en la realización de transectos submarinos con escafandra autónoma, obteniendo datos sobre la topografía del fondo, sobre la cobertura y densidad de la pradera, y sobre la longitud y anchura de las hojas. Por último, a partir de los datos de cobertura, se ha obtenido el índice de alteración de la pradera en cada una de las localidades estudiadas.

La comparación de los valores de las distintas estaciones de muestreo y distintas batimetrías nos permite conocer con precisión el estado de alteración del fondo marino y sus comunidades, el grado de regresión de la pradera de *P. oceanica* y el área de influencia del vertido de la factoría de DSM Deretil, así como elaborar una cartografía bionómica detallada de la zona de estudio.

Palabras clave: Vertidos industriales. Polución. *Posidonia*. Cartografía Bionómica.

INTRODUCCIÓN

Posidonia oceanica es una fanerógama marina endémica del Mediterráneo que forma extensas praderas submarinas en nuestro litoral (García Raso *et al.*, 1992; Mas *et al.*, 1993). Esta especie posee un grueso estrato de rizomas (tallos leñosos) que crecen tanto en horizontal como en vertical (Pérès, 1967), lo que permite a la planta evitar el enterramiento por sedimentación (siempre que esta no sea excesiva). Las hojas de *P. oceanica* son numerosas y muy largas (hasta un metro de longitud en periodo estival en praderas medias o profundas), lo que favorece la fijación de numerosos organismos epífitos. *P. oceanica* es una planta con flores, aunque las floraciones son escasas y la reproducción suele ser asexual, por medio de división de rizomas o implantación de esquejes (Sánchez Lizaso, 1992; Sánchez Lizaso 1993; Sánchez Lizaso y Ruiz, 1993).

El papel de *P. oceanica* en el ecosistema marino es de gran trascendencia; Bellan-Santini *et al.* (1994) consideran las praderas de *P. oceanica* como el ecosistema marino más importante del Mediterráneo. Para afirmar esto, dichos autores se basan en los siguientes aspectos que caracterizan a las praderas de *P. oceanica*:

- Una producción primaria elevada (Romero, 1983, 1984, 1985; Sánchez Lizaso, 1993).
- La gran riqueza de la fauna y flora que albergan (Pérès, 1967; Ledoyer, 1968; Templado, 1983; Templado, 1984; García Raso, 1990).
- Favorecen el equilibrio en la sedimentación litoral (Boudouresque y Jeudy de Grissac, 1983).
- Ofrecen protección a numerosas especies de interés comercial (peces y crustáceos), especialmente en sus fases de reclutamiento de larvas y juveniles (Harmelin-Vivien, 1982 y 1983; García Raso, 1990; Jiménez *et al.*, 1996).

Además de todo lo expuesto anteriormente, la biocenosis constituida por *P. oceanica* es considerada como el estado final (clímax) de la sucesión ecológica en fondos donde se ha podido formar el «suelo» que la planta necesita (Pérès, 1967).

Las extensas praderas de *P. oceanica* se encuentran en regresión en toda la cuenca mediterránea debido a la actividad humana. *P. oceanica*, dado que necesita para vivir aguas transparentes y bien oxigenadas, es muy sensible a las alteraciones del medio: vertido de aguas residuales urbanas o industriales, pesca de arrastre ilegal, obras litorales como puertos y «regeneración» de playas (Pérès y Picard, 1975; Pérès *et al.*, 1980), por lo que es considerada como un excelente bioindicador (Bellan-Santini *et al.*, 1994; Pérez-Ruzafa, 1994).

P. oceanica ha sido utilizada en numerosas ocasiones como indicador del estado de conservación del litoral. En algunas zonas del litoral mediterráneo se han realizado cartografías detalladas (mapas bionómicos) del fondo marino, incluyendo las praderas de *P. oceanica* (Meinez *et al.*, 1981; Meinez y Laurent, 1982; Ramos, 1985; Ruiz *et al.*, 1993; Luque *et al.*, 1996; entre otros). Generalmente se efectúan transectos submarinos para evaluar la cobertura de las praderas, tomando también medidas de la densidad de las mismas (Sánchez Lizaso, 1993; García Charton *et al.*, 1993).

En el litoral de levante de Almería se encuentran extensas praderas de *P. oceanica*, desde el límite con Murcia (zona de Terreros y sierra Almagrera) hasta el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (García Raso *et al.*, 1992). En la zona de Terreros, las praderas se extienden desde la misma orilla hasta 25 ó 30 m de profundidad, formando una banda paralela a la costa que puede superar en ocasiones el kilómetro de anchura (Luque *et al.*, 1996). Dicha banda se va haciendo más estrecha según avanzamos hacia el sur, alcanzando sólo 20 m de profundidad en las proximidades de Villaricos, para desaparecer por completo frente a la desembocadura del río Almanzora, de carácter torrencial (el segundo de la provincia de Almería tras el río Andarax). *P. oceanica* no suele encontrarse en desembocaduras de ríos o ramblas,

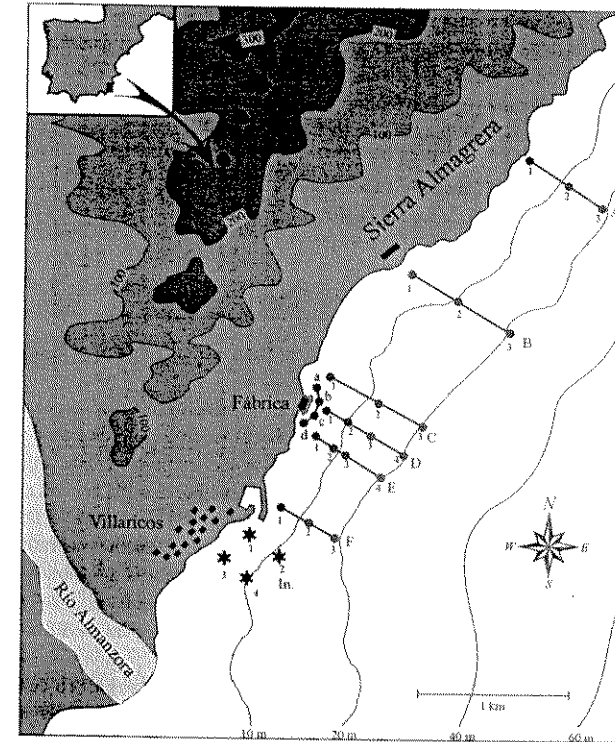
puesto que se ve afectada por la erosión que producen las avenidas, y por la turbidez de las aguas generada por el aporte, aunque sea temporal, de sedimentos finos de origen terrestre (Ruiz *et al.*, 1993).

La factoría DSM Deretil (Villaricos, Almería), que está en funcionamiento desde hace varios decenios, posee un vertido (de agua de mar) en el mismo litoral.

En el presente trabajo se emplea el índice de alteración (I.A.) de las praderas de *P. oceanica* (Sánchez Poveda *et al.*, 1996), por primera vez desde su propuesta, para evaluar el estado de conservación del fondo marino del entorno de la factoría, y poder compararlo con otras áreas cercanas del litoral norte de la provincia.

MATERIAL Y MÉTODOS

La zona de estudio se encuentra situada junto a Villaricos, al sur de la sierra Almagrera (NE de la provincia de Almería) (Mapa 1). La duración del presente estudio ha sido de tres años (a partir de 1996). La metodología utilizada, en la que se realizan transectos submarinos para medir la cobertura y la densidad de la pradera de *P. oceanica*, se basa en la descrita por Sánchez Lizaso (1993) y García Charton *et al.* (1993).



MAPA 1.- Área de trabajo mostrando las localidades de estudio, con los macrotransectos submarinos realizados (letras mayúsculas A-F), las estaciones de muestreo de cada uno de ellos (puntos negros numerados), y las inmersiones puntuales (asteriscos numerados).

En cada localidad se ha realizado un «macrotransecto» perpendicular a la costa, generalmente con tres estaciones de muestreo distintas, cada una de ellas a una profundidad diferente: 5-9 m (pradera superficial), 10-15 m (pradera media) y 18-21 m (pradera profunda) (Mapa 1). El estudio de las tres zonas de la pradera es necesario puesto que algunos parámetros de la misma varían con la profundidad: la densidad de matas es mucho mayor en la pradera superficial, y la longitud de las mismas es mucho mayor en la pradera profunda (Sánchez Lizaso, 1993). Las comparaciones entre distintas localidades generalmente deben realizarse entre estaciones de muestreo que se encuentren en el mismo rango batimétrico.

El área estudiada en mayor detalle ha sido la situada frente al vertido (Mapa 1), con tres macrotransectos (C, D y E). La pradera superficial próxima al vertido se ha inspeccionado en más detalle al realizar un macrotransecto adicional, paralelo a la costa (Mapa 1, con letras minúsculas).

Para poder evaluar correctamente el estado de la pradera de *P. oceanica* próxima al vertido se han estudiado también dos localidades de referencia en la costa cercana a Villaricos, a 2 y 1 km, respectivamente, al noreste de la fábrica (Mapa 1, A y B), procurando que las condiciones y topografía de los fondos fueran lo más semejante posible con respecto a las estaciones del frente costero de la fábrica.

También se han estudiado los fondos situados al sureste del vertido, frente al puerto y pueblo de Villaricos (Mapa 1, F e inmersiones puntuales).

En cada estación de muestreo estudiada se han obtenido los siguientes parámetros (3 réplicas de cada uno):

- Cobertura de los distintos tipos de fondos, mediante transectos de 25 m de longitud.
- Densidad de la pradera, con un marquito de 20 x 20 cm.
- Longitud de las hojas de *P. oceanica* (en cm).
- Anchura de las hojas de *P. oceanica* (en mm).

Además, a partir de los datos de cobertura se ha obtenido el índice de alteración (I.A.) de Sánchez Poveda et al. (1996) para cada estación de muestreo:

$$I.A. = (\%MM) / ((\%P) + (\%MM))$$

donde %P es la cobertura de *P. oceanica* (matas vivas, en buen estado) y %MM es la cobertura de mata muerta (de *P. oceanica*).

En este sentido hay que considerar que *P. oceanica* es una fanerógama marina que posee un estrato de rizomas leñosos muy grueso, que suele permanecer sobre el fondo marino después de la muerte de la planta, o de la pradera en su conjunto, durante muchos años, si es que el motivo de la degradación de la misma no lleva asociado una erosión mecánica importante, como por ejemplo la pesca de arrastre ilegal, que no es el caso que nos ocupa.

El índice oscila entre 0 (ausencia de alteración) y 1 (pradera totalmente muerta); por tanto, nos informa del estado de regresión de la pradera, pero no de las causas que la motivan.

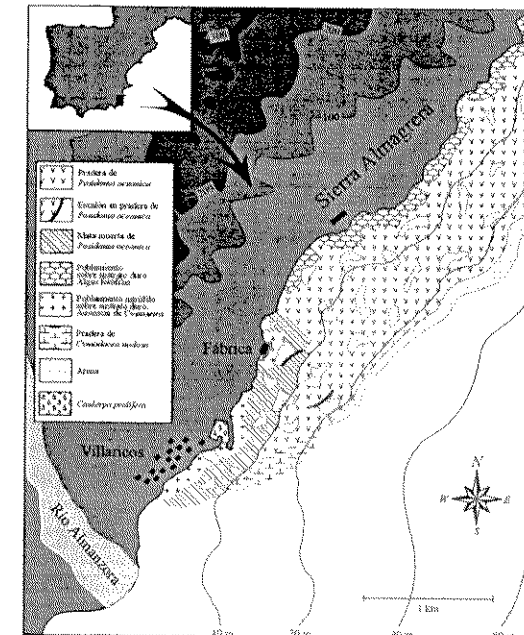
El índice de alteración se caracteriza por ser fácil de obtener y de utilizar:

- Se obtiene con la metodología habitual de transectos submarinos para medir la cobertura de la pradera.
- Permite la comparación fiable del estado de las praderas de *P. oceanica* en cualquier punto y batimetría, ya que no está influida por la profundidad (como en el caso de la densidad), ni por otros tipos de sustrato, puesto que se basa solamente en cobertura de *P. oceanica* y de mata muerta.

Por último, se han realizado inmersiones puntuales de reconocimiento de la pradera, para comprobar el límite inferior de la misma, para la toma de fotografías, para obtener muestras biológicas, etc.

También se ha realizado una filmación en vídeo del estado de los fondos en el área de estudio (de 20 minutos de duración).

Para la cartografía bionómica de los fondos de la zona (Mapa 2), se han utilizado los símbolos normalizados, propuestos por Meinesz et al. (1983).



MAPA 2.- Cartografía bionómica de los fondos marinos del área de estudio. Se emplean los símbolos normalizados propuestos por Meinesz et al. (1983).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores obtenidos en las distintas estaciones de muestreo de los «macrotransectos» efectuados perpendicularmente a la costa se muestran en las tablas siguientes: cobertura (%) de *P. oceanica* (Tabla 1), % de mata muerta de *P. oceanica* (Tabla 2), índice de alteración (I.A.) (Tabla 3), densidad (Tabla 4), longitud de la hoja (Tabla 5), y anchura de la hoja (Tabla 6). Los valores de todos estos parámetros obtenidos en el transecto paralelo a la costa, en la pradera superficial del área de vertido, se muestran en la Tabla 7.

Por lo que respecta a la cobertura de *P. oceanica* y % de mata muerta (Tablas 1 y 2), se observa que según nos alejamos del vertido hacia el norte *P. oceanica* cubre la mayor parte del fondo marino, llegando al 100% en la pradera profunda de la localidad A, mientras que la presencia de mata muerta es nula. Hacia el sur el % de *P. oceanica* disminuye, en parte por la presencia de rodales de arena, pero en las proximidades del vertido, y en concreto desde la orilla hasta 10 m de profundidad, prácticamente la totalidad de las matas de *P. oceanica* están muertas, con una cobertura siempre mayor de 50%.

Macro-transecto	Distancia: m	Fecha	Pradera superficial		Pradera media		Pradera profunda
			5-6 m	7-9 m	10-12 m	13-15 m	
N	A (1, 2, 3)	2000	19/09/97	84,0 ± 3,3	...	86,7 ± 7,5	100 ± 0,0
	B (1, 2, 3)	1000	07/10/96	76,7 ± 5,2	...	86,9 ± 5,1	86,7 ± 26,9
	C (1, 2, 3)	200	09/04/98	2,7 ± 0,9	...	74,0 ± 9,0	63,3 ± 17,0
VERTIDO	D (1, 2, 3, 4)	0	07/10/96	0,0	0,0 ± 0,3	33,3 ± 20,2	36,6 ± 9,2
	E (1, 2, 3, 4)	200	19/01/99	0,0	0,0*	18,0*	94,7 ± 7,2
	F (1, 2, 3)	700	25/08/98	0,3 ± 0,5	...	76,0 ± 8,6	Cymodocea ***
	In. (1, 2)	800	18/09/98	0,0	...	1,5 ± 1,8	...
S	In. (3, 4)	1000	18/01/99	0,0	poca

TABLA 1.- Medidas de cobertura (%) de *Posidonia oceanica* viva.

Macro-transecto	Distancia: m	Fecha	Pradera superficial		Pradera media		Pradera profunda
			5-6 m	7-9 m	10-12 m	13-15 m	
N	A (1, 2, 3)	2000	10/09/97	0,0	0,0	0,0	0,0
	B (1, 2, 3)	1000	07/10/96	5,7 ± 2,9	...	0,0	1,1 ± 1,9
	C (1, 2, 3)	200	09/04/98	56,0 ± 21,4	...	1,3 ± 1,9	2,3 ± 1,9
VERTIDO	D (1, 2, 3, 4)	0	07/10/96	0,0	0,0 ± 0,3	32,0 ± 11,2	34,0 ± 9,2
	E (1, 2, 3, 4)	200	19/01/99	72,0 ± 6,8	64,0 ± 16,2**	9,0*	1,3 ± 1,9
	F (1, 2, 3)	700	25/08/98	69,2 ± 11,1	...	1,0 ± 1,9	Cymodocea ***
	In. (1, 2)	800	18/09/98	0,0	...	67,2 ± 17,3	...
S	In. (3, 4)	1000	18/01/99	0,0	0,0	0,0	...

TABLA 2.- Medidas de cobertura (%) de mata muerta de *P. oceanica*.

Macro-transecto	Distancia: m	Fecha	Pradera superficial		Pradera media		Pradera profunda
			5-6 m	7-9 m	10-12 m	13-15 m	
N	A (1, 2, 3)	2000	10/09/97	0,000	...	0,000	0,000
	B (1, 2, 3)	1000	07/10/96	0,074 ± 0,018	...	0,000	0,017 ± 0,024
	C (1, 2, 3)	200	09/04/98	0,061 ± 0,020	...	0,019 ± 0,027	0,034 ± 0,024
VERTIDO	D (1, 2, 3, 4)	0	07/10/96	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000**	0,000	0,000
	E (1, 2, 3, 4)	200	19/01/99	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000**	0,000	0,015 ± 0,021
	F (1, 2, 3)	700	25/08/98	0,998 ± 0,006	...	0,070 ± 0,028	Cymodocea ***
	In. (1, 2)	800	18/09/98	1,000 ± 0,000	...	0,879 ± 0,027	...
S	In. (3, 4)	1000	18/01/99	1,000 ± 0,000	0,0	0,0	...

TABLA 3.- Valores del índice de alteración (I.A.) de la pradera de *P. oceanica* en el área de estudio.

Si observamos los resultados del I.A. (Tabla 3), comprobamos que el vertido ha alterado totalmente la pradera superficial (menos de 10 m de profundidad) desde la localidad C hasta la localidad F y las inmersiones puntuales frente al pueblo de Villaricos (es decir desde unos 200 m al norte de la fábrica hasta unos 1.000 m al sur de la misma). La alteración es nula o casi inexistente en los macrotransectos de control (A y B) situados hacia el norte. En las praderas media y profunda, sobre todo a partir de 13 a 15 m de profundidad, se observan valores muy bajos o nulos de alteración, excepto justo frente al vertido (I.A.= 0,253), aunque en esta estación de muestreo la alteración no es muy grande. El límite entre la zona afectada y la que no lo está se encuentra en la isóbata de 10-12 m, y en ciertas ocasiones es muy nítido (localidad E). A menor profundidad, desde el vertido hacia el sur, la pradera se encuentra muerta.

Estos datos confirman que el vertido no se desplaza hacia aguas abiertas en perpendicular a la costa (aunque ha alterado en parte la pradera profunda), sino que se desplaza hacia el sur siguiendo la isóbata de 10-12 m, hasta alcanzar y sobrepasar el puerto de Villaricos.

La pradera por fuera de la isóbata de 10-12 m se encuentra bastante bien conservada y en ocasiones en excelente estado, incluso frente a la fábrica. La presencia de una pradera de *Cymodocea nodosa* a partir de 15 m de profundidad frente al puerto de Villaricos se explica por la presencia cercana de la desembocadura del río Almanzora, y nos impide comparar la pradera profunda de *P. oceanica* en la localidad F y frente al pueblo de Villaricos (por ello en esta zona sólo se han realizado inmersiones puntuales a menor profundidad).

Sánchez Poveda et al.(1996), en el trabajo en el que proponen el I.A., estudian ocho localidades de la costa alicantina, comparando la pradera superficial (5 m) y la profunda (20 m), obteniendo valores siempre menores de 0,500. Estos autores comentan que en la mayor parte de las localidades la pradera profunda se encuentra más degradada que la superficial, debido a la pesca de arrastre y al aumento de turbidez. En el presente estudio se obtienen datos opuestos, ya que la pradera alterada es la superficial, debido a que el vertido se produce en la misma orilla.

Macro-transecto	Distancia: m	Fecha	Pradera superficial		Pradera media		Pradera profunda
			5-6 m	7-9 m	10-12 m	13-15 m	
N	A (1, 2, 3)	2000	19/09/97	1208 ± 312	...	450 ± 38	758 ± 131
	B (1, 2, 3)	1000	07/10/96	833 ± 101	...	498 ± 31	781 ± 59
	C (1, 2, 3)	200	09/04/98	217 ± 92	...	183 ± 82	158 ± 31
VERTIDO	D (1, 2, 3, 4)	0	07/10/96	0,0	0,0	0,0	0,0
	E (1, 2, 3, 4)	200	19/01/99	0	0**	163 ± 82	225 ± 35
	F (1, 2, 3)	700	25/08/98	0	...	238 ± 43	Cymodocea ***
	In. (1, 2)	800	18/09/98	0	...	200*	...
S	In. (3, 4)	1000	18/01/99	0	0,0*

TABLA 4.- Valores de la densidad de la pradera de *P. oceanica* (en haces/m²).

Por lo que respecta a las medidas de densidad, hay que tener en cuenta que en zonas donde la pradera está degradada sólo hacen referencia a las matas vivas de *P. oceanica*, puesto que no es posible contar los haces muertos puesto que han desaparecido (sólo quedan rizomas leñosos). Por ello, en áreas alteradas esta medida no nos indica la densidad de la pradera original (antes de la degradación), y por tanto no es directamente comparable con los macrotransectos de referencia (sin degradar), pero es informativo, ya que nos indica la cantidad de matas que todavía viven en la zona.

En cuanto a la longitud de la hoja de *P. oceanica* hay que considerar que, de forma natural, es siempre menor cerca de la orilla que en matas situadas a más profundidad, lo que se ha llamado «enanismo» de la pradera superficial (Sánchez Lizaso, 1993). También hay que comentar que la longitud de hoja de *P. oceanica* varía a lo largo del año, siendo más corta en invierno y más larga en verano, con una caída masiva (pero no total) en otoño (Sánchez Lizaso, 1993), por lo que poseer una única medida de cada localidad es poco informativo. Sin embargo, comparando unas estaciones con otras, siempre de misma profundidad, de los macrotransectos A, B, C y D, se observa que la longitud de la hoja disminuye según nos acercamos a la fábrica (Tabla 5).

Macro-transecto	Distancia: m	Fecha	Pradera superficial		Pradera media		Pradera profunda
			5-6 m	7-9 m	10-12 m	13-15 m	
N	A (1, 2, 3)	2000	19/09/97	79,0 ± 12,0	...	81,0 ± 4,5	88,2 ± 1,2
	B (1, 2, 3)	1000	07/10/96	15,3 ± 1,2	...	50,0 ± 1,5	41,3 ± 1,6
	C (1, 2, 3)	200	09/04/98	11,7 ± 1,7	...	47,0 ± 10,5	50,2 ± 5,2
VERTIDO	D (1, 2, 3, 4)	0	07/10/96	0,0	0,0	0,0	0,0
	E (1, 2, 3, 4)	200	19/01/99	0,0	0,0**	22,2 ± 1,8	39,7 ± 4,5
	F (1, 2, 3)	700	25/08/98	0,0	...	52,3 ± 5,5	Cymodocea ***
	In. (1, 2)	800	18/09/98	0,0	...	19,0*	...
S	In. (3, 4)	1000	18/01/99	0,0	0,0*

TABLA 5.- Medidas de la longitud de la hoja de *P. oceanica* (en cm).

Por lo que respecta a la anchura de la hoja (Tabla 6) no se han observado diferencias significativas en las distintas estaciones estudiadas.

En la Tabla 7 se muestran los resultados, obtenidos en el macrotransecto paralelo a la costa, justo frente al perímetro de la fábrica, de los siguientes parámetros: cobertura de *Posidonia* (%), cobertura de Mata Muerta de *Posidonia* (%), el índice de alteración (I.A.), la densidad en haces/m², la longitud de hoja

y la anchura de la misma. Si consideramos el índice de alteración comprobamos que se comporta de la misma manera a esta «microescala» (100 m a la redonda del vertido) que considerando todo el área de estudio, disminuyendo hacia el noreste rápidamente y siendo muy elevado hacia el suroeste.

Macrotransecto	Distancia (m)	Fecha	Pradera superficial		Pradera media		Pradera profunda	
			5-6 m	7-9 m	10-12 m	13-15 m	18-21 m	
N ↑	A (1, 2, 3)	2000	10,69±0,7	10,3±0,6	---	9,3±0,5	10,3±0,5	---
	B (1, 2, 3)	1000	07,50±0,6	11,3±0,5	---	10,0±0,6	11,0±0,0	---
	C (1, 2, 3)	500	09,66±0,6	9,0±0,2	---	10,0±0,0	10,5±0,2	---
	D (1, 2, 3, 4)	200	07,00±0,4	0,0	0,0	10,0±0,0	10,0±0,0	---
VERTIDO ↓	E (1, 2, 3, 4)	200	19,61±0,9	0,0	0,0	8,7±0,2	10,3±0,5	---
	F (1, 2, 3)	100	29,06±0,8	0,0	---	11,0±0,0	Cymodocea	---
	G (1, 2, 3)	50	16,00±0,8	0,0	---	10,0*	---	---
	H (1, 2, 3)	1000	19,61±0,9	0,0	---	---	---	---

TABLA 6.- Medidas de la anchura de la hoja de *P. oceanica* (en mm).

Fecha	Retación	Distancia	Prof.	<i>Posidonia</i>	Mata Muerta	I.A.	Haces/m ²	Longitud hoja	Ancho hoja
07/03/97		m	m	%	%			cm	mm
N ↑	a	100	5-6	26,3±9,2	21,3±13,6	0,410±0,127	533±95	23,0±5,9	10,0±0,0
	b	50	3-5	3,3±3,4	52,7±22,9	0,950±0,037	717±136	11,0±2,4	9,3±0,5
VERTIDO ↓	c	50	5-6	0,0	30,7±11,5	1,000	0	0,0	0,0
	d	100	5-6	0,0	64,0±24,7	1,000	0	0,0	0,0

TABLA 7.- Valores obtenidos en el macrotransecto paralelo a la costa frente el vertido de los siguientes parámetros de la pradera de *P. oceanica*: cobertura (%) de *Posidonia* viva, cobertura (%) de mata muerta, índice de alteración (I.A.), densidad (en haces/m²), longitud de la hoja, y anchura de la hoja.

Por último, se ha realizado una cartografía bionómica (Mapa 2) en la que se representan los distintos tipos de fondos y comunidades marinas. En ella, se observa cómo la pradera de *P. oceanica*, de forma natural es más estrecha según nos acercamos a la desembocadura del río Almanzora, quedando por fuera de la misma una pradera de *Cymodocea nodosa* sobre arenas fangosas.

Con el presente estudio se ha comprobado el grado de alteración del fondo marino en el entorno del vertido y se ha delimitado el área más afectada. Según los datos obtenidos sobre las praderas de *P. oceanica*, el vertido se concentra en una franja paralela a la costa hasta la cota batimétrica de 10 m, y se desplaza hacia el suroeste. Dado que el vertido se realiza en la línea de costa está muy influenciado por las corrientes costeras y el oleaje.

En el área de estudio la corriente superficial predominante tiene dirección SO-NE, e introduce agua de origen atlántico en el Mediterráneo, desde el mar de Alborán en dirección a las Baleares y que discurre alejada de la costa (Castillo Requena, 1981). Según este autor, se forma una contracorriente litoral en dirección contraria (de NE a SO), que es la que afecta al área estudio. Por tanto, esta corriente litoral que tiene dirección SO empuja el vertido de la fábrica hacia el puerto de Villaricos. Además, dado que el vertido se produce en la misma orilla, la acción del oleaje concentra el vertido en el litoral e impide su dispersión hacia mar abierto.

Dado que *P. oceanica* es un vegetal bentónico, que no puede desplazarse y huir, y que vive muchos años (varias décadas), se ha visto afectada por la acumulación de agua de vertido desde que este se produce. En la zona situada frente al puerto y pueblo de Villaricos (macrotransecto F e inmersiones 1 a 4 del Mapa 1) se encontraba *P. oceanica* viva en 1995 donde ahora está muerta (datos propios). La muerte reciente de la pradera superficial frente al pueblo podría deberse al desgaste de las matas después de muchos años de sufrir la acumulación del agua de vertido en la columna de agua que tienen encima, o a un aumento de determinados contaminantes.

Parece más posible la primera hipótesis, puesto que la fábrica en los últimos años ha invertido en depurar las aguas del vertido. La pradera media de *P. oceanica* (a partir de 10 m de profundidad) y la profunda parece que no han sufrido tanto la acumulación de contaminantes como la pradera superficial, debido a la mayor profundidad y a la renovación más frecuente de las aguas.

BIBLIOGRAFÍA

BELLAN-SANTINI, D.; LACAZE, J. C. Y POIZAT, C., (1994). *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives*. Secrétariat de la faune et de la flore, Muséum National d'Histoire Naturelle, 246 pp.

BOUDOURESQUE, C. F. Y JEUDY DE GRISAC, A., (1983). *L'herbier à Posidonia oceanica en Méditerranée: les interactions entre plante et le sédiment*. J. Rech. océanogr., 8 (2-3): 99-122.

GARCÍA RASO, E., 1990. *Study of a Crustacea Decapoda taxocoenosis of Posidonia oceanica beds from the southeast of Spain*. Marine Ecology, 11 (4): 309-326.

GARCÍA RASO, J. E.; LUQUE, A. A.; TEMPLADO, J.; SALAS, C.; HERGUETA, E.; MORENO, D. Y CALVO, M., (1992). *Fauna y flora marinas del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar*. Madrid, 288 pp.

GARCÍA CHARTON, J. A.; BAYLE SEMPERE, J. T.; SÁNCHEZ LIZASO, J. L.; CHIESA, P.; LLAURADO, F.; PÉREZ, C. Y DJIAN, H., (1993). *Respuesta de la pradera de Posidonia oceanica y su ictiofauna asociada al anclaje de embarcaciones en el parque nacional de Port-Cros (Francia)*. Publicaciones Especiales del Instituto Español de Oceanografía, 11: 423-430.

HARMELIN-VIVIEN, M. L., (1982). *Ichtyofaune des herbiers de Posidonies du Parc National de Port-Cros: I. Composition et variations spatio-temporelles*. Trav. sci. Parc nation. Port-Cros, Fr., 8: 69-92.

JIMÉNEZ, S.; CANO, R.; BAYLE, J.; RAMOS, A. Y SÁNCHEZ LIZASO, J. L., (1996). *Las praderas de Posidonia oceanica (L.) Delile como zona de protección de juveniles de especies de interés comercial*. Tomo Extraordinario, 125 Aniversario de la RSEHN, : 375-378.

LEDOYER, M., 1968. *Ecologie de la faune vagile des biotopes méditerranéens accessibles en scaphandre autonome*. IV: Synthèse de l'étude écologique. Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume, 44 (60): 125-295.

LUQUE, A.A.; TEMPLADO, J.; BARRAJÓN, A.; CUESTA, S.; GONZÁLEZ, M.; LARRAD, A. Y LÓPEZ, E., (1996). *Informe del proyecto «Inventario, evaluación y programa de mantenimiento-conservación de hábitats de interés prioritario del litoral de Almería: praderas de Posidonia oceanica»*. Consejería de Medio Ambiente, Delegación de Almería (inédito).

MAS, J.; FRANCO, I. Y BARCALA, E., (1993). *Primera aproximación a la cartografía de las praderas de Posidonia oceanica en las costas mediterráneas españolas. Factores de alteración y de regresión*. Legislación. Publicaciones Especiales del Instituto Español de Oceanografía, 11: 111-122.

MEINESZ, A.; BOUDOURESQUE, C. F.; FALCONETTI, C.; ASTIER, J. M.; BAY, D.; BLANC, J. J.; BOURCIER, M.; CINELLI, F.; CIRIK, S.; CRISTIANI, G.; DI GERONIMO, I.; GIACCONE, G.; HARMELIN, J. G.; LAUBIER, L.; LOVRIC, A. Z.; MOLINIER, R.; SOYER, J. Y VAMVAKAS, C., (1983). *Normalisation des symboles pour la représentation et la cartographie des biocénoses benthiques littorales de Méditerranée*. Annales de l'Institut Oceanographique, Paris, 59 (2): 155-172.

MEINESZ, A.; CUVÉLIER, M. Y LAURENT, R., (1981). *Méthodes récentes de cartographie et de surveillance des herbiers de phanérogames marines. Leur applications sur les côtes françaises de la Méditerranée*. Vie et Milieu, 31 (1): 27-34.

- MEINESZ, A. Y LAURENT, R., (1982). *Cartes de la végétation sous-marine des Alpes Maritimes (cotes françaises de la Méditerranée). I.- Limite inférieure de l'herbier de Posidonia oceanica dans le golfe Juan et à l'est des îles de Lérins*. Ann.Inst.oceanogr., Paris, 58 (1): 103-112.
- PÉRÈS, J. M., (1967). *The mediterranean benthos*. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 5: 449-533.
- PÉRÈS, J. M. (Dir.); BELLAN, G.; RAMADE, F.; ANCELLIN, J.; LE LOURD, PH; MICHEL, P.; GAUTHIER, M.; SOUDAN, F. Y BELLAN-SANTINI, D., 1980. *La polución de las aguas marinas*. Omega, Barcelona, 250 pp.
- PÉRÈS, J. M. Y PICARD, J., (1975). *Causes de la rarefaction et de la disparition des herbiers de Posidonia oceanica sur les côtes françaises de la Méditerranée*. Aquatic Botany, 1: 133-139.
- PÉREZ-RUZAFÁ, I. M., (1994). *La vegetación submarina y la contaminación del mar: importancia como agentes causantes y su valor como indicador*. En: Zamora, S.; Lucena, J. y Pérez-Ruzafa, A. (ed.). Contaminación marina. Aulas del Mar. Universidad de Murcia: 317-333.
- RAMOS, A. A., (1985). *Contribución al conocimiento de las biocenosis bentónicas litorales de la isla Plana o Nueva Tabarca (Alicante)*. En: Ramos, A. A. Editor (ed.). La reserva marina de la isla Plana o Nueva Tabarca (Alicante). Universidad de Alicante: 111-147.
- ROMERO, J., (1983). *Premières donnes sur la production primaire d'un herbier de Posidonia oceanica en Méditerranée Occidentale*. Rapp. Comm. int. Mer. Médit., 3: 129-130.
- ROMERO, J., (1984). *Producción primaria en Posidonia oceanica: Metodología y primeros resultados*. Cuad. Marisq. Publ. Téc., 7: 223-231.
- ROMERO, J., (1985). *Estudio ecológico de las fanerógamas marinas de la Costa Catalana: Producción primaria de Posidonia oceanica (L.) Delile en las islas Medes*. Tesis de Doctorado. Universidad de Barcelona, 266 pp.
- RUIZ, J. M.; MARÍN, A.; CALVO, J. F. Y RAMÍREZ-DÍAZ, L., (1993). *Interactions between a floodway and coastal constructions in Aguilas bay (Southeastern Spain)*. Ocean & Coastal Management, 19: 241-262.
- SÁNCHEZ LIZASO, J. L., (1992). *Inventario de las observaciones de floraciones y fructificaciones de Posidonia oceanica en el Mediterráneo ibérico*. Historia Natural'91, Alemany, A. (Ed.), : 291-296.
- SÁNCHEZ LIZASO, J. L., (1993). *Estudio de la pradera de Posidonia oceanica (L.) Delile de la Reserva Marina de Tabarca (Alicante): Fenología y producción primaria*. Tesis Doctoral, Universidad de Alicante, 121 pp.
- SÁNCHEZ LIZASO, J. L. Y RUIZ FERNÁNDEZ, J. M., (1993). *Floraciones recientes de Posidonia oceanica (L.) Delile en el sudeste de la península Ibérica*. Publicaciones Especiales del Instituto Español de Oceanografía, 11: 105-109.
- SÁNCHEZ POVEDA, M.; MARTÍN PATO, M. A. Y SÁNCHEZ LIZASO, J. L., (1996). *Un nuevo índice para caracterizar el estado de conservación de las praderas de Posidonia oceanica (L.) Delile*. Tomo Extraordinario, 125 Aniversario de la RSEHN, : 448-450.
- TEMPLADO, J., (1983). *Moluscos de las formaciones de fanerógamas marinas en las costas del Cabo de Palos (Murcia)*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 351 pp.
- TEMPLADO, J., (1984). *Las praderas de Posidonia oceanica en el sureste español y su biocenosis*. En: (Eds.) Boudouresque, C. F.; Jeudy de Grissac, A. y Olivier, J. (ed.). International Workshop Posidonia oceanica Beds. GIS Posidonie publ., Fr: 159-172.

