

Inv. Pesq.	50 (4)	págs. 519-530	diciembre 1986
------------	--------	---------------	----------------

## Distribución espacial y biomasa de las fanerógamas marinas de las bahías del delta del Ebro \*

MARTA PÉREZ

Dpto. de Ecología Facultad de Biología. Diagonal, 645. 08028 Barcelona

JORDI CAMP

Instituto de Ciencias del Mar. Paseo Nacional, s/n 08003 Barcelona.

*Palabras clave:* Biomasa, fanerógamas marinas, delta del Ebro, bahías de los Alfaques y del Fangar

*Key words:* Biomass, seagrasses, Ebro Delta, Alfaques and Fangar Bays

**RESUMEN:** Tres especies de fanerógamas marinas: *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii* y *Ruppia cirrhosa*, recubren casi el 100 por ciento de las plataformas someras de la bahía del Fangar y el 26 por ciento de las de los Alfaques. Mediante fotografías aéreas y observaciones sobre el terreno, se ha evaluado la extensión, la distribución y el ciclo de biomasa de las tres especies. Los resultados obtenidos permiten valorar la contribución de las fanerógamas a la producción global de las bahías, siendo dicha contribución mayor en la bahía del Fangar que en la de los Alfaques.

**SUMMARY:** SPATIAL DISTRIBUTION AND BIOMASS OF SEAGRASSES IN THE BAYS OF EBRO DELTA — Three seagrasses (*Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii* and *Ruppia cirrhosa*) cover almost 100 % of the surface of shallow sediments of Fangar Bay and 26 % of Alfaques Bay. Vegetation cover, distribution of communities, and the annual cycle of biomass were estimated using aerial photography, and in situ measurements allow estimation of the contribution of seagrasses to the production of the bay. The contribution of seagrasses is greater in Fangar Bay than in the Alfaques Bay.

### INTRODUCCIÓN

Las bahías del delta del Ebro constituyen sistemas semicerrados comunicados con el mar, que reciben considerables aportes de agua dulce. Presentan una elevada producción natural, por lo que son explotadas comercialmente desde el punto de vista pesquero y marisquero. Debido a su escasa profundidad, la producción primaria bentónica es relativamente importante y, en su mayor parte, debida a los macrófitos.

Entre los macrófitos presentes en las bahías destacan las fanerógamas marinas, que forman extensas praderas en las zonas más someras de las mismas. La importancia de las fanerógamas en ambientes costeros y estuáricos ha sido resaltada en numerosos trabajos (McROY y HELFFERICH, 1977; PHILLIPS

\* Recibido el 25 de abril de 1985. Aceptado el 22 de septiembre de 1986.

y McRoy, 1980), comparándose, en algunos casos, sus niveles de producción con los de los campos de cultivo (ZIEMAN y WEITZEL, 1980). Esta producción no es aprovechada directamente por los consumidores, ya que existen pocos animales que pueden alimentarse directamente de las fanerógamas, por lo que entran en forma de detritos en los ciclos de descomposición (MANN, 1972; ODUM *et al.*, 1973). También es importante su contribución a la fijación y estabilización de los sedimentos (PHILLIPS, 1974).

Para el estudio de la producción total del sistema deltaico es preciso estimar la contribución de las fanerógamas. En el presente trabajo, se exponen los resultados de un estudio preliminar sobre la distribución de las fanerógamas en las bahías, así como de su abundancia en términos de biomasa y sus variaciones espacio-temporales, datos que constituyen una base de referencia para la valoración de la producción primaria de las mismas.

### DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

La bahía del Fangar, situada al norte del Delta, tiene una extensión aproximada de 12 km<sup>2</sup>, una boca de comunicación con el mar de 1 km, y contiene unos  $16 \times 10^6$  m<sup>3</sup> de agua. La bahía de los Alfaques, al sur del Delta, tiene alrededor de 50 km<sup>2</sup>, con una boca de comunicación con el mar de 3 km y un contenido de  $200 \times 10^6$  m<sup>3</sup> de agua (fig. 1).

La estructura batimétrica de ambas bahías es similar, con anchas plataformas arenosas en los bordes, que descienden suavemente desde 0 a -1,5 m, seguidas de un talud pronunciado que conecta con la cubeta central de naturaleza fangosa y profundidad uniforme (3-4 m en el Fangar y 5-6 m en los Alfaques) (CAMP *et al.*, 1985).

Las dos bahías reciben agua dulce procedente, en su mayor parte, de los canales a izquierda y derecha del río, el cual, tras regar arrozales y huertas, penetra, a través de multitud de desagües, por el borde sur del Fangar y norte de los Alfaques. Los volúmenes de agua recibidos son de  $228 \times 10^6$  m<sup>3</sup> el Fangar y  $365 \times 10^6$  m<sup>3</sup> los Alfaques, distribuidos irregularmente, a lo largo del año, con valores máximos desde abril a noviembre y mínimos o nulos de diciembre a marzo (época de cierre de los canales) (CAMP *et al.*, 1985).

Con esta agua dulce llegan buena parte de los nutrientes disueltos y particulados que fertilizan las bahías. Los valores de estos nutrientes suelen ser de un orden de magnitud superior a los del agua marina, pero, tras la dilución en la bahía, resultan unas cantidades medias 2 o 3 veces superiores a las propias del agua mediterránea típica. No obstante, la gran variabilidad espacial y temporal invalida cualquier intento de generalización.

El perfil vertical de la masa de agua de las bahías muestra, la mayor parte del año, una estratificación determinada por la salinidad. Suele existir una capa superficial, de 2 a 3 m de espesor, de salinidad variable con una media

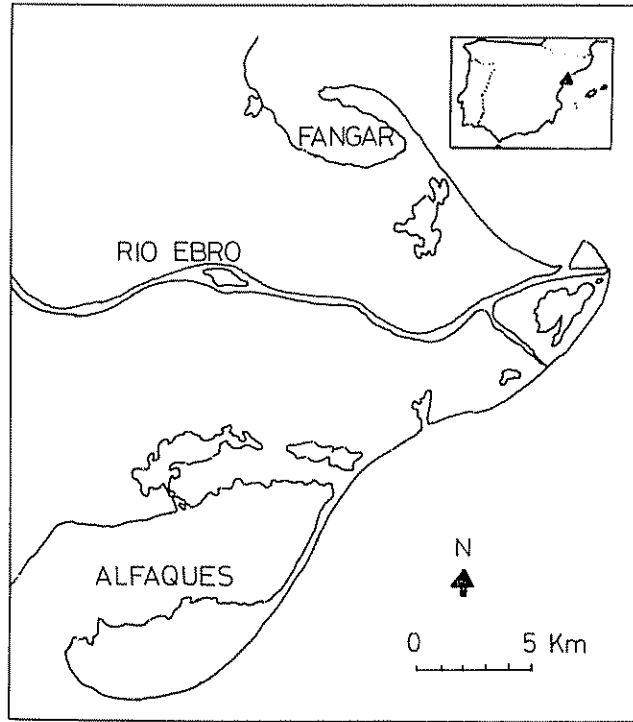


FIG. 1. — Mapa del delta del Ebro con la situación de las bahías estudiadas.

de 33-34 por mil, y una lengua profunda, que se extiende hasta el fondo, con una salinidad de 36 por mil o más, aunque, localmente, en época de apertura de los canales, pueden darse salinidades superficiales del orden del 20-30 por mil en la capa más superficial (0-20 cm). En invierno es frecuente, debido a la escasez de agua dulce, una atenuación o incluso desaparición de esta estratificación, alcanzándose valores claramente marinos (del orden del 37 por mil) en ambas bahías.

La temperatura de la capa superficial presenta, a lo largo de todo el año, un cierto desfase con respecto a la de la capa profunda, más relacionada con la típica del agua marina. En las plataformas someras, en días calmados, estas diferencias pueden ser de hasta 4°C en primavera-verano, y de más de 5°C en invierno, dándose variaciones locales día-noche de más de 6°C.

La zona del Fangar elegida para controlar el ciclo de biomasa se situó en un punto representativo de las condiciones medias de las bahías, es decir no muy próximo a los desagües ni tampoco tan lejano como para minimizar su influencia (fig. 2). En dicha zona, de 0,5 a 1 m de profundidad, nunca se midieron valores de salinidad inferiores al 30 por mil. La temperatura osciló

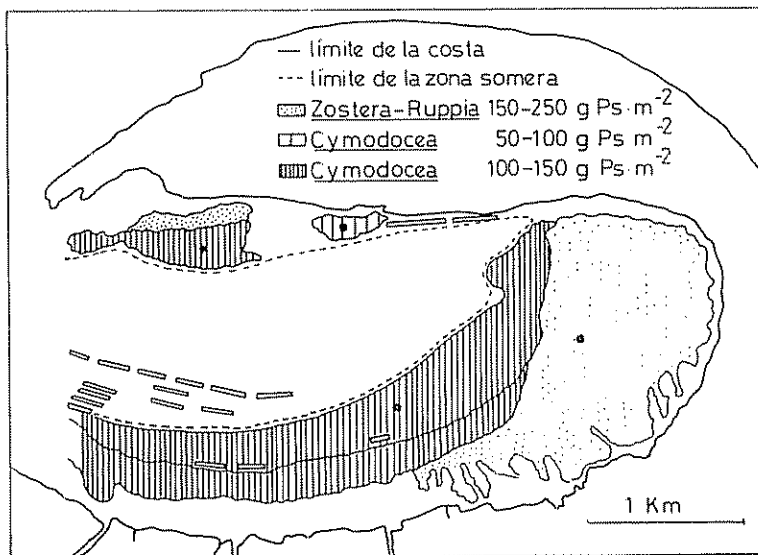


FIG. 2 — Bahía del Fangar. Mapa de vegetación. Zona de muestreo del ciclo anual de biomasa (estrella). Puntos de muestreo de las manchas de vegetación (asteriscos).

entre un máximo de  $25,5^{\circ}\text{C}$  en agosto y un mínimo de  $8,5^{\circ}\text{C}$  en febrero (fig. 3). Los nutrientes no presentaron unas concentraciones muy elevadas, oscilando los fosfatos entre  $0,2$  y  $0,8 \mu\text{g at P/litro}$  y los nitratos entre  $0,02$  y  $1,53 \mu\text{g at N/l}$ .

## METODOLOGÍA

### CARIOGRAFÍA

La distribución de las fanerógamas marinas se ha estudiado mediante fotografías aéreas. Este método, empleado y recomendado por algunos autores (KELLY, 1980), constituye una manera simple y directa de obtener una visión global de las bahías, ya que en ellas aparecen claramente delimitadas las manchas de vegetación. Se disponía de una serie de fotografías del delta del Ebro realizadas, en el mes de junio de 1982, desde un avión a  $2200 \text{ m}$  de altitud. Las fotografías se tomaron en película Valca F22 en blanco y negro con una cámara RC-10. La escala de reproducción sobre el negativo resulta de  $1:13\,000$ .

Los mapas de vegetación se dibujaron trasladando las manchas que aparecían en las fotografías sobre un mapa cartográfico de la misma escala. La identificación específica de las manchas se realizó posteriormente mediante observaciones sobre el terreno, operación relativamente sencilla ya que las tres especies de fanerógamas presentes en las bahías se distinguen fácilmente a simple vista. La superficie ocupada por las distintas praderas se calculó mediante la relación entre peso y superficie de recortes de papel.

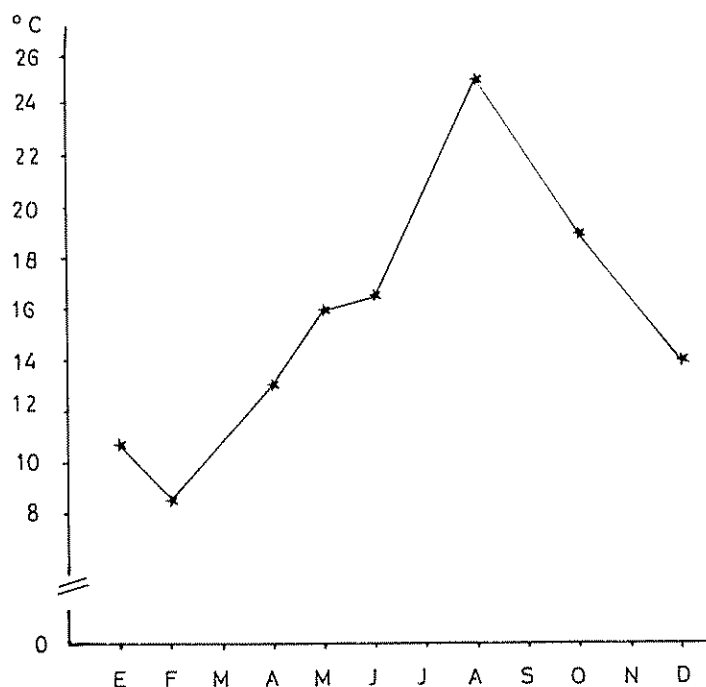


Fig. 3.— Variación anual de la temperatura del agua en la zona de muestreo de la bahía del Fangar.

#### TOMA DE MUESTRAS Y TRATAMIENTO

Las muestras cuantitativas de vegetación se recogieron en inmersión con ayuda de un marco de hierro de  $40 \times 40$  cm de tamaño. El marco se clavaba en el sedimento y se recogía la vegetación que quedaba en su interior. Primero se recogían las hojas cortándolas con unas tijeras a nivel de su inserción en los rizomas. Después se recogían los rizomas junto con las raíces. Ambas fracciones se lavaban, se fijaban con formol y se guardaban en bolsas de plástico por separado. En el laboratorio se volvían a limpiar y se calculaba su biomasa en forma de peso seco después de 24 h en la estufa a  $100^{\circ}\text{C}$  (SAND-JENSEN, 1975).

#### CICLO ANUAL DE BIOMASA

Para el estudio de la variación anual de la biomasa de las fanerógamas presentes en las bahías se señaló una zona en el Fangar donde existían manchas homogéneas de las tres especies y que, como antes hemos señalado, representa bien las condiciones medias de las bahías. El muestreo consistió en la recogida mensual de tres réplicas de vegetación en cada tipo de pradera, mediante el procedimiento descrito.

## CUANTIFICACIÓN DE LAS MANCHAS DE VEGETACIÓN

Con el fin de cuantificar las diferencias entre las praderas de distintas zonas de las bahías se realizó un muestreo intensivo durante la época de máxima biomasa (julio). Se recogieron al azar cinco muestras de vegetación en tres zonas del Fangar y en cuatro de los Alfaques (figs. 2 y 4) por el método antes descrito.

## RESULTADOS

## DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

Las fanerógamas marinas que se encuentran en las bahías del delta del Ebro son *Cymodocea nodosa* (Ucria) Acherson, *Zostera noltii* Hornem y *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande. Ocasionalmente se han localizado manchas de *Zostera marina* L.

La distribución de las tres especies es similar en ambas bahías (figs. 2 y 4). En general, las fanerógamas se encuentran restringidas a las zonas someras de las mismas, entre 0 y 2 m, no hallándose en las cubetas centrales. Dentro de estas zonas, *Cymodocea nodosa* se localiza preferentemente en los sedimentos arenosos de ambos lados de las bahías, donde forma extensas praderas. *Zostera noltii* y *Ruppia cirrhosa* se encuentran en los sedimentos fangosos del final de las bahías, donde originan praderas mixtas. También se localizan manchas aisladas de estas dos especies en otros puntos (ver figs. 2 y 4).

En el cuadro I se presentan los resultados del muestreo intensivo del mes de julio. El análisis de la varianza realizado (cuadro II) prueba que, entre las praderas mixtas de *Zostera-Ruppia* del fondo de ambas bahías, no existen di-

CUADRO I

Resultados del muestreo intensivo del mes de julio.  
Medias de cinco réplicas  $\pm$  error estándar.

Bahía	Punto muestreo	Pradera	Biomasa foliar g Ps m <sup>2</sup>	Biomasa rizomas g Ps m <sup>2</sup>
Fangar	1	<i>Zostera-Ruppia</i>	229 $\pm$ 22	178 $\pm$ 33
	2	<i>Cymodocea</i>	134 $\pm$ 16	176 $\pm$ 28
	3	<i>Cymodocea</i>	72 $\pm$ 18	135 $\pm$ 36
Alfaques	1	<i>Zostera-Ruppia</i>	206 $\pm$ 27	57 $\pm$ 9
	2	<i>Cymodocea</i>	199 $\pm$ 7	360 $\pm$ 27
	3	<i>Cymodocea</i>	53 $\pm$ 8	246 $\pm$ 40
	4	<i>Cymodocea</i>	56 $\pm$ 5	93 $\pm$ 20

CUADRO II

Resultados del análisis de la varianza efectuado con los datos de biomasa del muestreo intensivo del mes de julio

Fuente variación	Suma cuadrados	g d l	Cuadrados medios	F
Pradera: <i>Zostera-Ruppia</i>	1 451	1	1 451	0,63 Nul
Procedencia: Fangar-Alfaques				
Error	18 469	8	2 308	
Pradera: <i>Cymodocea</i>	68 051	2	34 025	145,9 Alt
Procedencia: Alfaques				
Error	2 797	12	2 428	
Pradera: <i>Cymodocea</i>	9 548	1	9 548	6,2 Alt.
Procedencia: Fangar				
Error	12 305	8	2 428	
Pradera: <i>Cymodocea</i>	17 662	4	19 400	25,69 Alt.
Procedencia: Fangar-Alfaques				
Error	15 103	26	55	

ferencias significativas de biomasa. No ocurre lo mismo con las praderas de *Cymodocea*, que presentan considerables diferencias tanto entre un lado y otro de una misma bahía como entre las dos bahías. El análisis realizado ha permitido distinguir tres tipos de praderas de *Cymodocea* en función de su biomasa:

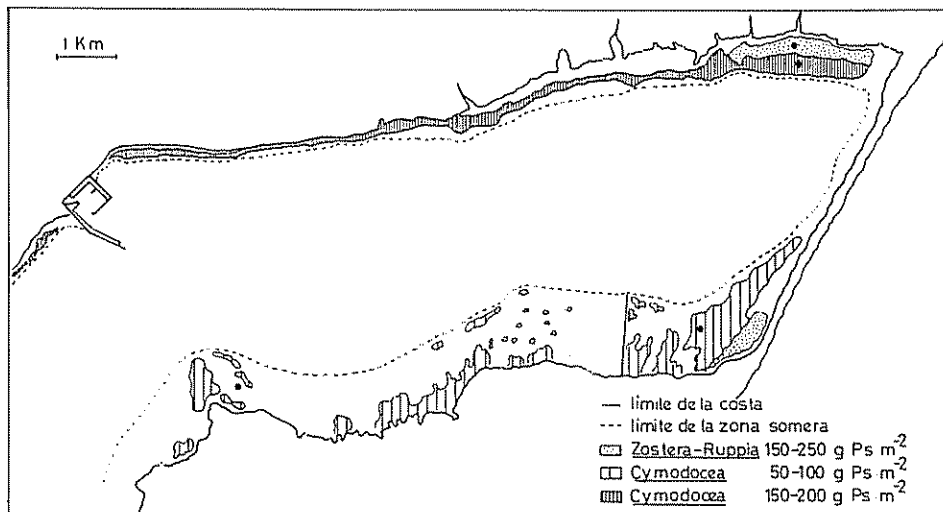


FIG. 4. — Bahía de los Alfaques. Mapa de vegetación. Puntos de muestreo de las manchas de vegetación (asteriscos).

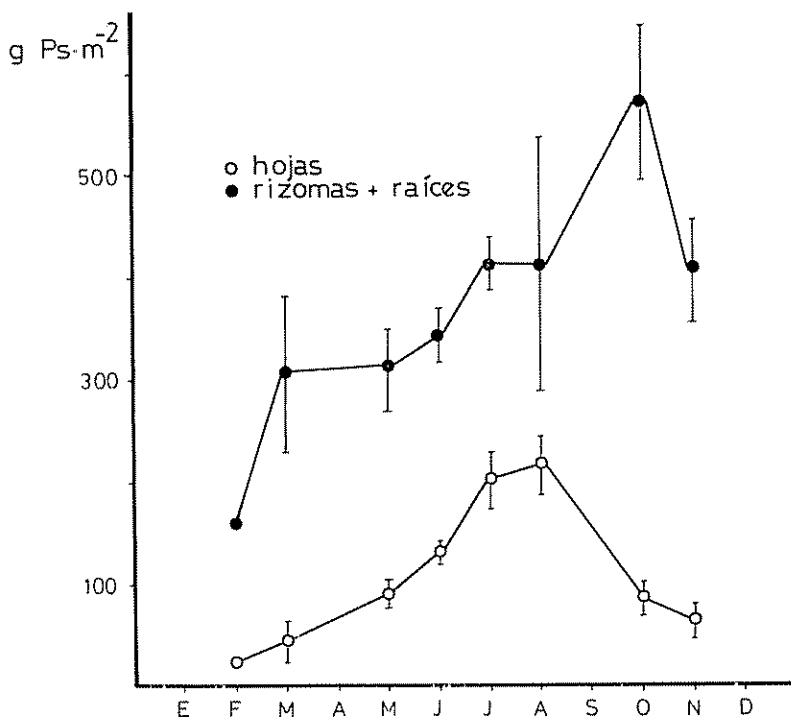


FIG 5 — Ciclo anual de biomasa de *Cymodocea nodosa*.

— Praderas poco densas, con una biomasa foliar máxima entre 50 y 100 g PS·m<sup>-2</sup>. Este tipo de praderas se localizan en el lado del mar de la bahía de los Alfaques (fig. 4) y en una zona del lado del mar de la bahía del Fangar (fig. 2).

— Praderas densas, con una biomasa foliar máxima comprendida entre 100 y 150 g Ps·m<sup>-2</sup>. Se localizan en el resto de la bahía del Fangar (fig. 2).

— Praderas muy densas, con una biomasa foliar máxima entre 150 y 200 g Ps·m<sup>-2</sup>. Se localizan en el resto de la bahía de los Alfaques (fig. 4).

#### CICLO ANUAL DE BIOMASA

La variación anual de la biomasa foliar de las tres especies estudiadas: *Cymodocea nodosa* (fig. 5), *Zostera noltii* (fig. 6) y *Ruppia cirrhosa* (fig. 7) refleja una misma pauta estacional con valores máximos en los meses de julio y agosto y una disminución durante el otoño hasta los valores mínimos del mes de febrero. Entre marzo y julio-agosto, se produce un aumento considerable de la biomasa, lo que sugiere una elevada producción durante dicha



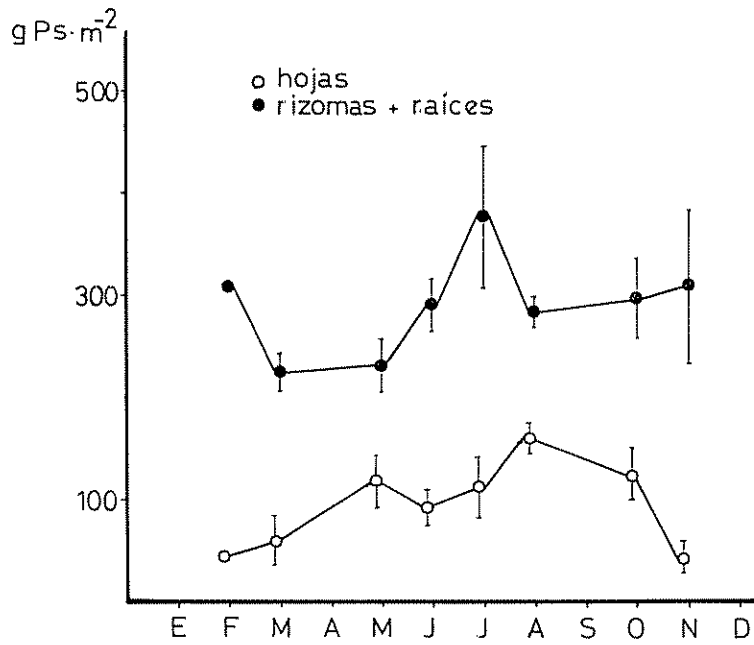


FIG 6 — Ciclo anual de biomasa de *Zostera noltii*

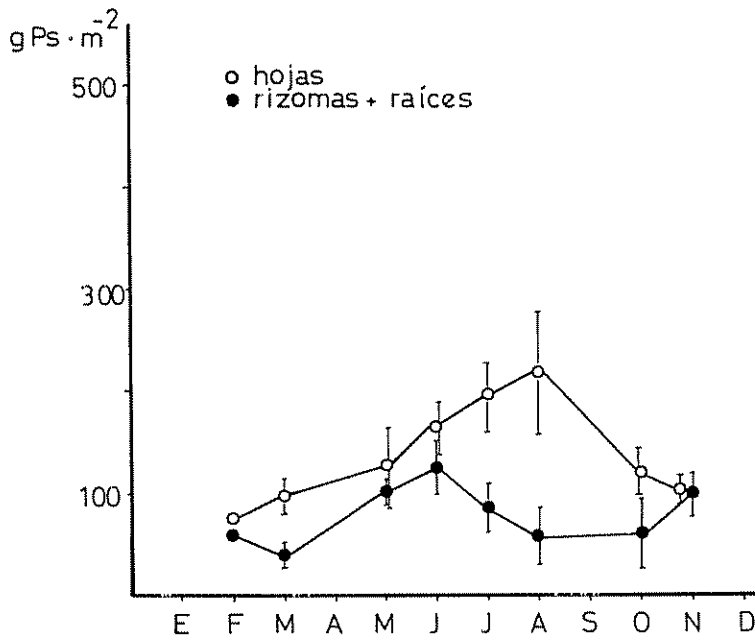


FIG 7 — Ciclo anual de biomasa de *Ruppia cirrhosa*.

época. Los valores de los meses de julio y agosto no presentan diferencias significativas (test *t* de pares de medias). A partir del mes de agosto se produce una disminución gradual de la biomasa hasta alcanzar el mínimo de febrero.

La biomasa de la fracción hipogea (rizomas + raíces) de las tres especies estudiadas (figs. 5, 6 y 7) no presenta una variación estacional tan marcada como la de las hojas. Además, el tamaño de muestreo, adecuado para la biomasa foliar, no parece tan adecuado para la de esta fracción, ya que no absorbe toda la varianza generada en el muestreo. Sin embargo, en las tres especies se observan máximos coincidentes con los de biomasa foliar, lo que indica que también existe un crecimiento estacional de los rizomas, fenómeno ya descrito en la bibliografía (SAND-JENSEN, 1985). Como era de esperar, la disminución de la biomasa hipogea es menos acusada en invierno, ya que no existen pérdidas tan drásticas.

## DISCUSIÓN

Las bahías del delta del Ebro constituyen ambientes adecuados para el establecimiento y desarrollo de las fanerógamas marinas. Éstas se localizan principalmente en las zonas someras (0-2 m) de las bahías, con un recubrimiento de casi el 100 por ciento de la plataforma del Fangar y de un 26 por ciento en la de los Alfaques. Referido a la superficie total de las bahías, las fanerógamas recubren un 65 por ciento del Fangar y un 8 por ciento de los Alfaques.

Las fanerógamas constituyen una importante entrada de materia orgánica. Si extrapolamos los datos puntuales de biomasa al total de las bahías, teniendo en cuenta la superficie ocupada por cada tipo de pradera, obtenemos los siguientes valores: 991 Tm (peso seco) de biomasa foliar (*standing crop*) y 1028 Tm (Ps) de rizomas y raíces, durante la época de biomasa máxima en la bahía del Fangar, y de 597 Tm (Ps) de biomasa foliar y 1003 Tm (Ps) de biomasa de rizomas y raíces en la de los Alfaques (cuadro III).

Los factores que controlan la distribución de las diferentes especies todavía no están claros. La concentración de nutrientes, la salinidad y el tipo de sedimento pueden tener un papel importante en la segregación de las distintas especies. También pueden existir fenómenos de competencia entre especies. Hacen falta trabajos experimentales para conocer con exactitud la influencia de dichos factores.

La variación anual de la biomasa de las tres especies estudiadas muestra la misma pauta unimodal, con un pico en agosto. Esto concuerda con los modelos estudiados en otras fanerógamas como *Zostera marina* (McROY, 1966; PHILLIPS, 1972; SAND-JENSEN, 1975).

Tampoco se conoce con exactitud la influencia de los distintos parámetros ambientales sobre el ciclo de crecimiento de las fanerógamas. Según SEICHELL

## CUADRO III

Extensión de las bahías, cobertura de las fanerógamas y biomasa que representan en la época de máxima biomasa.

Bahía	Extensión total (Ha)	Extensión plataforma (Ha)	Pradera	Cobertura (Ha)	Biomasa (Tm)	
					Hojas	Rizomas
Fangar	986	643	<i>Cymodocea</i>	387	479	580
			<i>Zostera-Ruppia</i>	256	512	448
Alfaques	5600	1645	<i>Cymodocea</i>	343	425	939
			<i>Zostera-Ruppia</i>	86	172	64

(1929), la temperatura es el factor fundamental en el control del ciclo estacional de crecimiento de las fanerógamas. Por otro lado, SAND-JENSEN (1975) demuestra que la producción de hojas está controlada, en primer lugar, por la insolación. En trabajos experimentales más recientes (OIT, 1979; ROMERO, 1985), se ha visto que el ritmo anual de crecimiento de *Posidonia oceanica* no puede explicarse por ninguno de los factores limitantes de la producción. Parece ser que las fanerógamas marinas presentan un ritmo endógeno que puede estar modulado por los factores externos.

A pesar de carecer todavía de datos de producción primaria, los resultados aquí expuestos permiten afirmar que la contribución de las fanerógamas marinas a la producción global de las bahías debe ser importante cuando no mayoritaria, especialmente en la bahía del Fangar.

## BIBLIOGRAFIA

- CAMP, J., M. DELGADO, O. DELGADO, M. PÉREZ y M. VIDAL. — 1985. Algunes idees sobre el model de producció a les badies del Delta de l'Ebre. *Treb. Soc. Cat. Biol.*, 37: 65-68.
- KELLY, M. G. — 1980. Remote sensing of seagrass beds. In: *Handbook of seagrass beds: An ecosystem perspective*. Phillips & McRoy (Eds), Garland STPM, Nueva York.
- MANN, K. H. — 1972. Macrophyte production and detritus food chains in coastal waters. *Memorie Ist. Ital. Idrobiol.*, 29 (suppl.): 353-383.
- MCRROY, C. P. — 1966. *The standing stock and ecology of eelgrass (Zostera marina L.) in Izembek Lagoon, Alaska*. MS Thesis. Univ. Wash., Seattle: 138 pp.
- MCRROY, C. P. y C. HELFFERICH. — 1977. *Seagrass ecosystem: A scientific perspective*. Marcel Dekker, Nueva York.
- ODUM, W. E., J. C. ZIEMAN y E. J. HEALD. — 1973. The importance of vascular plant detritus to estuaries. In: *Proc. 2nd Coastal Marsh Est. Manage. Symp.* Baton Rouge, LA: 91-114.
- OTT, J. A. — 1979. Persistence of a seasonal growth rhythm in *Posidonia oceanica* (L.) Delile under constant conditions of temperature and illumination. *Mar. Biol. Letters*, 1: 99-104.
- PHILLIPS, R. C. — 1972. *Ecological life history of Zostera marina L. (eelgrass) in Puget Sound, Washington*. Ph.D. Thesis. Univ. Wash.: 154 pp.
- PHILLIPS, R. C. — 1974. Transplantation of seagrasses, with special emphasis on eelgrass *Zostera marina L.* *Aquaculture*, 4: 161-176.
- PHILLIPS, R. C. y C. P. MCRROY. — 1980. *Handbook of seagrass biology: An ecosystem perspective*. Garland STPM, Nueva York.
- 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 doctoral. Univ. Barcelona: 261 pp.
- SAND-JENSEN, K. — 1975. Biomass, net production and growth dynamics in an eelgrass (*Zostera marina L.*) population in Vellerup Vig, Denmark. *Ophelia*, 14: 185-201.
- SETCHELL, W. A. — 1929. Morphological and phenological notes on *Zostera marina L.* *Univ. Calif. Publs. Bot.*, 14: 389-425.
- ZIEMAN, J. C. y R. G. WEITZEL. — 1980. Productivity of seagrasses: Methods and rates. In: *Handbook of seagrass biology: An ecosystem perspective*. Phillips & McRoy (Eds), Garland STPM, Nueva York.