



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

**Esta tesis doctoral contiene un índice que enlaza a cada uno de los capítulos de la misma.**

**Existen asimismo botones de retorno al índice al principio y final de cada uno de los capítulos.**

**[Ir directamente al índice](#)**

**Para una correcta visualización del texto es necesaria la versión de [Adobe Acrobat Reader 7.0](#) o posteriores**

**Aquesta tesi doctoral conté un índex que enllaça a cadascun dels capítols. Existeixen així mateix botons de retorn a l'índex al principi i final de cadascun dels capítols .**

**[Anar directament a l'índex](#)**

**Per a una correcta visualització del text és necessària la versió d' [Adobe Acrobat Reader 7.0](#) o posteriors.**

UNIVERSIDAD DE ALICANTE



Universitat d'Alacant

Universidad de Alicante

**Estudio de la pradera de *Posidonia oceanica* (L.) Delile  
de la Reserva Marina de Tabarca (Alicante): Fenología y  
producción primaria.**

José Luis Sánchez Lizaso

Septiembre, 1993





Departament de Ciències Ambientals i Recursos Naturals

UNIVERSITAT D'ALACANT

Ap. Correus 99. E-03080 ALACANT (Spain)

Tel. (96) 590 34 00 • FAX.: 34 - 6 - 590 34 64



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

Dr. ALFONSO A. RAMOS ESPLÁ, profesor titular de Biología Animal de la Universidad de Alicante.

**CERTIFICA:**

Que la memoria de tesis doctoral titulada "Estudio de la pradera de *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la Reserva Marina de Tabarca (Alicante): Fenología y producción primaria", presentada por JOSÉ LUIS SÁNCHEZ LIZASO ha sido realizada bajo su dirección en los laboratorios del Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales y del Institut d'Ecologia Litoral.

Y para que conste a los efectos oportunos, firma en Alicante a día diez de Septiembre de mil novecientos noventa y tres.

Dr. Alfonso A.Ramos Esplá.

# **Estudio de la pradera de *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la Reserva Marina de Tabarca (Alicante): Fenología y producción primaria.**

Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

Memoria presentada para aspirar al grado de doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Alicante por:

José Luis Sánchez Lizaso

1993

VºBº

Director de la Tesis

Alfonso A. Ramos Espla

Profesor titular de Biología Animal

Facultad de Ciencias

Universidad de Alicante.

## AGRADECIMIENTOS:

Cuando se está a punto de finalizar un trabajo que, como éste, ha durado varios años y se mira hacia atrás, se nota la intervención de un gran número de personas sin las cuales no hubiera sido posible realizarlo.

Mis padres que me inculcaron el amor a la naturaleza, en general, y al mar en particular, más tarde me han apoyado en todo momento, llegando ser una de las "fuentes" de financiación de este trabajo, cuando han fallado las otras.

Ya en tiempos más recientes tengo que agradecer la paciencia que tuvo Fernando Boisset con un estudiante de zoología al que le gustaba perder horas aprendiendo a determinar algas. Él me presentó científicamente a la *Posidonia* y puso a mi disposición sin ningún tipo de reservas toda su bibliografía, que no era poca.

Alfonso Ramos ha sido algo más que el director de esta tesis, ha sido un amigo. Él confió en mi y me "rescató" de mi exilio gallego para que me encargase del proyecto de estudio de las praderas de *Posidonia* de Tabarca. Durante todo este tiempo ha conseguido hacer posible lo imposible, a costa de tener que sudar sangre en más de una ocasión.

Una de las personas más transcendentales durante la realización de las campañas de esta tesis ha sido Carlos Candela, el entonces guardapescas de la reserva marina. No sé lo que debió pensar cuando un desconocido ocupó su casa, cogió su barca para los muestreos y tantas otras pequeñas cosas. Lo cierto es que en todo momento me ayudó, tanto dentro como fuera del agua y nunca le observé el menor signo de descontento. Él fue mi sombra en todas las inmersiones como compañero o como sufrido "barquero". Por supuesto también hay que recordar a Juan, a José Domingo y a Pepón que, aunque el destino ha querido que en menos ocasiones requiriese su ayuda, siempre se han mostrado bien dispuestos.

Just ha sido el responsable de la desepifitación de muchos haces de *Posidonia* además de compañero en muchas y a veces largas, campañas en la isla.

Muchos colegas me han enviado sus trabajos sin los cuales esta tesis hubiera sido más pobre. A algunos de ellos los he conocido personalmente y, además, me han estimulado y aconsejado. Por no hacer la lista interminable solo citaré a Javier Romero, Charles François Boudouresque, Gerard y Christine Pergent, aunque soy consciente que debiera mencionar a muchos más.

Esta tesis empezó a tomar forma en el Laboratorio di Ecologia del Benthos de la Estación Zoológica de Nápoles, en la isla de Ischia. Sin el aislamiento del mundanal ruido que aquello supuso, las facilidades para mi trabajo y la amabilidad de todo el equipo del laboratorio, este momento aún no habría llegado. Además, la colaboración de Lucia Mazzella, Valerio Zupo y Cristina Buia han contribuido a enriquecer este trabajo. Durante la estancia en el "Acuario" tuve la enorme suerte de participar en un curso que me ha llenado la cabeza de ideas para plantear nuevos proyectos y que espero se puedan plasmar en un futuro próximo.

Un apartado mas frío pero no menos importante es el económico. Esta tesis se inició con un proyecto financiado por el ayuntamiento de Alicante. El principal motor en el Ayuntamiento, no solo de la financiación de este proyecto si no también de la cuestión de la reserva marina fue Alfonso Arenas, entonces primer teniente alcalde. La marcha de Alfonso a otros menesteres impidió que el proyecto tuviese la continuidad que en un principio se había previsto, desde sus otras ocupaciones su actividad en favor de las reservas marinas y por la protección de las praderas de Posidonia ha sido meritoria y efectiva. Además hay que agradecerle al Ayuntamiento de Alicante la infraestructura con la que ha ido dotando a lo largo de estos años a la Reserva Marina.

Durante dos años disfruté de una beca del Institut d'Ecologia Litoral, entidad creada por el empeño de Vicente Baeza, alcalde de Campello a consejos del Rector de la Universidad de Alicante.

Como he comentado esta tesis se empezó a redactar durante la estancia de tres meses en el L.E.B. de la S.Z.N que fue financiada por BANCAIXA.

Trabajar en el Institut d'Ecologia Litoral con Aurelio, Tili y Suni y el resto de colaboradores ha sido un auténtico placer, y ahora, en parte, lo hecho de menos. Además Aurelio ha sido el dibujante de las figuras 3.1 y 3.2 de la tesis.

También quiero recordar a otros compañeros de campañas en la(s) isla(s) que han sido Teresa, Miguel Ángel, Marta, Oscar, Beltrán y Javier; así como a los "murcianos" Juanma, Jorge, Charton, Guti y Paqui.

A Elsa le debo una cena.

El inventario de floraciones no hubiera sido posible sin las informaciones facilitadas por Javier, Iñaki, Juan Carlos, Pep, Catalina y José Luis, si existe algún mérito en este apartado es, en parte, por su culpa.

Natividad LLorca colaboró desinteresadamente en el tratamiento matemático y siempre estuvo dispuesta a solucionar cualquier consulta sobre estadística.

Mis alumnos de biología marina han sido un estímulo y particular el grupo de "posidonios", Marco Antonio, Marcos y Ernesto, junto con Yoli, Leles, Sandra y Laura.

Y a Dori, aunque, de lo mucho que tengo que agradecerle, no es lo más importante lo relacionado con esta tesis.



Universitat d'Alacant  
*Als meus pares*  
Universidad de Alicante



## SUMARIO

1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1.- Las fanerógamas marinas	1
1.2.- <i>Posidonia oceanica</i>	2
1.3.- Evolución de los conocimientos sobre <i>Posidonia oceanica</i>	4
2.- JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS:	7
2.1.- Justificación	7
2.2.- Objetivos	9
3.- MATERIAL Y MÉTODOS	11
3.1.- Zona de estudio	11
3.1.1.- Características físicas	11
3.1.2.- La pradera de <i>Posidonia</i> de la Reserva Marina de Tabarca	12
3.1.3.- Estaciones de muestreo	12
3.2.- Densidad y cobertura	15
3.2.1.- Densidad	15
3.2.2.- Cobertura	15
3.3.- Producción primaria	16
3.3.1.- Estrato foliar	16
a) métodos para estimar la producción primaria de hojas	16
b) protocolo del estudio	19
c) cálculo de la producción primaria	20
* método marcaje	20
* correcciones en el método de marcaje	21
d) producción de peciols	22
3.3.2.- Muestreo de las partes hipogreas	23
a) biomasa	23
b) lepidocronología	23
c) estimación de la producción primaria mediante lepidocronología.	23
3.3.3.- Otros parámetros	24
a) floración	24
b) producción de epífitos	24
3.4.- Métodos generales y tratamiento de datos	25
3.4.1. Peso seco y cenizas	25
3.4.2. Transformación a gramos de carbono	25
3.4.3. Soporte informático y tratamiento de datos	26





4.-RESULTADOS	27
4.1.- Temperatura	27
4.2.- Densidad y cobertura	28
4.3.- Fenología	29
4.3.1.- Ciclo de aparición y caída de hojas	29
4.3.2.- Número de hojas	29
4.3.3.- Longitud	32
4.3.4.- Anchura	32
4.3.5.- Superficie por haz e índice foliar	32
4.3.6.- Estado del ápice	36
a) factores	36
b) sobrepastoreo	38
4.3.7.- Enanismo de <i>Posidonia</i> superficial	39
4.3.8.- Crecimiento de hojas	42
4.3.9.- Curvas de crecimiento	42
4.4.- Biomasa y producción	48
4.4.1.- Biomasa y densidad de hojas	48
4.4.2.- Producción de hojas	52
a) limbos: método de Zieman	52
b) corrección de los valores de producción	52
* comparación con las correcciones hechas por otros autores	52
c) método de Pergent	53
* correlaciones escama-longitud de la hoja	53
* cálculo de la producción primaria	54
* comparación del método de marcaje	55
* peciolo	56
4.4.3.- Biomasa y producción de rizomas y raíces	56
4.4.4.- Producción de flores	57
4.4.5.- Epífitos	58
4.4.6.- Contenido en cenizas	58
4.4.7.- Producción de la comunidad	59
4.4.8.- Productividad y tasa de renovación	60
4.5.- Floraciones	61
4.5.1.- Inventario de las floraciones	61
4.5.2.- Intensidades de floración	62



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

5.- DISCUSIÓN	69
5.1.- Densidad y cobertura	69
5.2.- Número de hojas	70
5.3.- Longitud de las hojas	73
5.4.- Anchura	75
5.5.- Índice foliar	76
5.6.- Estado del ápice	76
5.7.- Enanismo en la <i>Posidonia</i> superficial	77
5.8.- Longevidad de las hojas	78
5.9.- Biomasa y producción de hojas	79
5.9.1.- Comparación entre los métodos de producción	79
5.9.2.- Producción de limbos foliares	80
5.9.3.- Factores que controlan la producción primaria	82
a) luz	82
b) temperatura	83
c) nutrientes	83
5.9.4.- Ciclo de producción de limbos foliares	84
5.9.5.- Biomasa y producción de peciolo	85
5.10.- Biomasa, crecimiento y producción de rizomas y raíces.	85
5.11.- Producción de la comunidad	86
5.12.- Comparación entre las praderas de Ischia y Tabarca	89
5.13.- Reproducción sexual	93
5.14.- ¿Existe una regresión climática de <i>Posidonia oceanica</i> ?	94
6.- CONCLUSIONES	97
7.- BIBLIOGRAFÍA	99

## 1.- INTRODUCCIÓN.

### 1.1.- LAS FANERÓGAMAS MARINAS.

Solamente un número reducido de fanerógamas se han adaptado secundariamente a la vida en el mar (58 especies según KUO & McCOMB, 1989). Sin embargo, a pesar de su escaso número conforman una parte importante del paisaje submarino del litoral de los mares tanto templados como tropicales. Este éxito evolutivo hay que buscarlo en la "revolución" que supuso la introducción de una serie de "innovaciones tecnológicas" que se habían desarrollado para permitir la vida en el medio terrestre como la presencia de órganos de fijación, de transporte de sustancias, de sostén, etc. La capacidad de colonizar sustratos arenosos y fangosos les permitió colonizar amplias zonas de las aguas costeras que, con algunas excepciones, les habían estado vedadas a la mayor parte de las algas. La presencia de raíces les permite obtener nutrientes de las aguas intersticiales, además de la columna de agua y la capacidad de almacenar sustancias de reserva les confiere la posibilidad de mantener una cierta independencia respecto a las fluctuaciones ambientales. Por otra parte, la composición de sus tejidos no es del agrado de la mayor parte de los organismos marinos y se conocen pocos consumidores directos de fanerógamas marinas entre los que se pueden citar las tortugas (*Chelonia midas*), los manatís y algunos peces y erizos (RANDAY, 1965; GREENWAY, 1976; ODGEN, 1976; KLUMPP *et al*, 1989; LANYON *et al*, 1989).

Las praderas de fanerógamas marinas diversifican el espacio y ofrecen la posibilidad de colonización a gran número de especies de animales y plantas (HARLIN, 1975; KIKUCHI, 1980; ODGEN, 1980; DEN HARTOG, 1983; STONER & GRAHAM, 1985; HOWARD *et al*, 1989; ANSARI *et al*, 1991). Entre ellas, se encuentran especies de interés comercial que utilizan las praderas como zona de puesta, de alimentación o de protección de juveniles (POLLARD, 1984; LEBER, 1985; MAIN, 1987; BELL & POLLARD, 1989). Se trata además de sistemas con una elevada producción primaria (McROY & McMILLAN, 1977; ZIEMAN & WETZEL, 1980; HILLMAN *et al*, 1989) que, ante la escasez de consumidores directos, se canaliza, principalmente, a través de las cadenas de detritívoros (KLUG, 1980; KLUMP *et al*, 1989). También estabilizan los sedimentos y modifican el hidrodinamismo alterando las tasas de sedimentación (WILSON; 1949; ROMANIS *et al*, 1979; FONSECA, 1989). Todo ello hace que sean comunidades claves en el funcionamiento del sistema litoral.

Por otra parte, son comunidades muy sensibles a determinadas actuaciones humanas, particularmente aquellas que alteran la transparencia de las aguas como el vertido de aguas residuales o los cambios en el equilibrio sedimentario del litoral (CAMBRIDGE, 1975; KEMP *et al*, 1983; CAMBRIDGE *et al*, 1986; NEVERAUSKAS, 1987; CLARKE & KIRKMAN, 1989; SHEPHERD *et al*, 1989; BURKHOLDER *et al*, 1992). Otra causa de la alteración de las praderas es el desenraizamiento por motivos físicos de origen antrópico como la pesca de arrastre o el anclaje de embarcaciones (ZIEMAN, 1976; JONES, 1992; WALKER *et al*, 1989; PORCHER, 1984; ARDIZZONE & PELUSI, 1983, 1984); o natural (ROBERTSON & MANN, 1984; WILLIAMS, 1988).

El interés de la comunidad científica por las praderas de fanerógamas marinas ha ido en aumento en los últimos años, aunque la mayor parte de los trabajos se han realizado sobre dos especies *Thalassia testudinum*, en aguas tropicales, y *Zostera marina*, en aguas

templadas. Se puede seguir la evolución de los conocimientos sobre fanerógamas marinas a partir de la publicación de una serie de monografías especializadas (Den HARTOG, 1970; McROY & HELFFERICH, 1977; PHILLIPS & McROY, 1980; BOUDOURESQUE *et al*, 1984, 1989; LARKUM *et al*, 1989; PHILLIPS & MEÑEZ, 1988; PHILLIPS & McROY, 1990).

En el Mediterráneo existen en la actualidad 5 especies de fanerógamas marinas: *Zostera marina*, *Zostera noltii*, *Cymodocea nodosa*, *Posidonia oceanica* y *Halophila stipulacea*. *Zostera marina*, a pesar de estar ampliamente distribuida en todo el hemisferio norte, en el Mediterráneo es muy escasa y está limitada su distribución a algunas lagunas costeras y a la zona del Estrecho de Gibraltar; *Zostera noltii*, aunque más abundante que la anterior en el Mediterráneo, también se encuentra muy limitada en su distribución a lagunas costeras, zonas estuáricas y aguas muy poco profundas (PÉREZ, 1989; PÉREZ-LLORENS, 1991); *Cymodocea nodosa* es una especie relativamente abundante en todo el Mediterráneo bien formando praderas uniespecíficas o mixtas con otras especies (PÉREZ, 1989); *Posidonia oceanica* es la especie más ampliamente distribuida y cuyas praderas alcanzan un mayor grado de complejidad; *Halophila stipulacea* es la incorporación más reciente al conjunto de fanerógamas marinas mediterráneas proveniente del mar Rojo a través del Canal de Suez y se ha expandido hacia el oeste por la parte Norte de la cuenca oriental habiéndose detectado ya en Malta y Sicilia (LIPKIN, 1975a, 1975b; BILIOTI & ABDELAHAD, 1990; Den HARTOG & Van Der VELDE, 1993, ZIBROWIUS, 1993).

### 1.2.- *Posidonia oceanica* (L.) Delile

El género *Posidonia* presenta una distribución peculiar, desde el punto de vista biogeográfico, con 8 especies australianas y una mediterránea (CAMBRIDGE & KUO, 1979; KUO & McCOMB, 1989; LARKUM & DEN HARTOG, 1989). *Posidonia oceanica* es una especie endémica del mar Mediterráneo que forma extensas praderas entre la superficie y los 30-40 m de profundidad dependiendo de la transparencia de las aguas (DEN HARTOG, 1970; BOUDOURESQUE & MEINESZ, 1982), aunque ocasionalmente se ha recolectado a mayor profundidad (BOUDOURESQUE & BIANCONI, 1986).

Como las otras fanerógamas presenta raíces, tallos o rizomas, hojas y flores. Las hojas son rectangulares con una anchura relativamente constante (en torno a 1 cm) y longitud variable a lo largo del año. Las hojas de mayor edad diferencian una base o peciolo que permanece unida al rizoma después de la caída del limbo foliar. Las hojas se agrupan en ramilletes o haces en el extremo de los rizomas. Las hojas nuevas aparecen en el centro de cada haz y son alternas. De este modo las hojas más externas del haz son las de mayor edad.

La planta presenta dos tipos de rizomas en función de su eje de crecimiento: plagiotropos, de crecimiento horizontal; y ortotropos, de crecimiento vertical (CAYE, 1982). Los rizomas plagiotropos son los responsables de la colonización de espacios libres mientras que los ortotropos evitan que la planta quede enterrada por la sedimentación (BOUDOURESQUE *et al*, 1984). Aunque ambos tipos de rizomas presentan características muy diferentes (en la velocidad de crecimiento o el número de hojas producidas cada año por ejemplo) su diferenciación no es definitiva y los rizomas plagiotropos se pueden convertir en ortotropos y viceversa.

Las raíces salen de los rizomas y su distribución es altamente irregular siendo más abundantes en los rizomas plagiotropos y en los rizomas ortotropos ramificados. Las raíces se lignifican rápidamente en el caso de *Posidonia oceanica* y además de contribuir a la fijación de la planta es posible que participen en la absorción de nutrientes (FRESI & SAGGIONO, 1981).

La acumulación de restos de la planta (principalmente escamas, rizomas y raíces), de descomposición enormemente lenta, y sedimento produce estructuras características que han sido llamadas "matas" (del francés "matte") o "timbres" (palabra valenciana de uso común entre los pescadores). La formación de las matas es el resultado de procesos constructivos (colonización, crecimiento de rizomas y deposición de sedimento) y destructivos (muerte de los haces, erosión de la mata). De este modo, el proceso de elevación de la mata es mucho más lento del que se podría desprender a partir de medidas sobre la velocidad de crecimiento de los rizomas. Algunas de estas estructuras alcanzan varios metros de espesor con una edad de siglos o incluso milenios (BOUDOURESQUE *et al*, 1980). En zonas abrigadas la mata se acerca a la superficie del agua formando estructuras conocidas como arrecifes barrera de *Posidonia* (AUGIER & BOUDOURESQUE, 1970b; BOUDOURESQUE *et al*, 1975, 1984, 1985; CALVO & FRADA ORESTANO, 1984).

La pradera de *P. oceanica* estructura el espacio y ofrece posibilidades de vida a una comunidad sumamente compleja. Entre las algas que viven en la pradera se puede diferenciar un estrato fotófilo, asociado a las hojas y constituido por especies características, y un estrato esciáfilo, asociado a los rizomas y con grandes afinidades a la biocenosis de algas esciáfilas infralitorales en modo calmo (ANTOLIC, 1985; BALLESTEROS, 1987; BATTIATO *et al*, 1983; BEN, 1969, 1971; BOUDOURESQUE, 1968; BOUDOURESQUE *et al*, 1981; CASOLA *et al*, 1987; CINELLI *et al*, 1984; PAYANOTIDIS, 1980). Entre la fauna, se puede distinguir también la epifauna de hojas y rizomas, la fauna vágil, la infauna así como otras especies no residentes que visitan la pradera determinadas etapas de su ciclo vital (COLOGNOLA *et al*, 1984; FRESI *et al*, 1983; GAMBI *et al*, 1989, 1992; KERNEIS, 1960; LORENTI & FRESI, 1983; NOVAK, 1982; PANSINI & PRONZATO, 1982; RUSSO *et al*, 1983, 1984, 1985, 1991; SCIPIONE *et al*, 1983; ZEI, 1962). Se ha atribuido a la pradera de *Posidonia* un papel importante en el reclutamiento de especies de interés comercial, sin embargo, aunque existen estudios sobre la ictiofauna asociada a las praderas (BELL & HARMELIN-VIVIEN, 1982, 1983; HARMELIN-VIVIEN, 1982, 1983, 1984; HARMELIN-VIVIEN & FRANCOUR, 1992; KHOURY, 1984; SELOUDRE, 1989), no existe hasta el momento una evidencia experimental de esta hipótesis en *P. oceanica* como la demostrada para otras fanerógamas marinas (KIKUCHI, 1974; BELL & WESTOBY, 1986a, 1986b, 1986c, 1987; STONER, 1983; SOGARD, 1991; KINGSFORD, 1992; EDGAR, 1991, 1992; WORTHINGTON *et al*, 1992) y es necesario una mayor investigación al respecto.

Además, la pradera de *Posidonia oceanica* contribuye a estabilizar los fondos, atenua el hidrodinamismo y protege las playas de la erosión (BLANC, 1974; BLANC & JEUDY DE GRISSAC, 1978; BOUDOURESQUE & JEUDY DE GRISSAC, 1983; JEUDY DE GRISSAC, 1984; JEUDY DE GRISSAC & BOUDOURESQUE, 1985; GAMBI, 1987; GAMBI *et al*, 1989).

En base a lo anterior, la protección de la especie y del ecosistema asociado ha sido propuesta por los científicos participantes en el coloquio "*Les espèces marines a protéger en Méditerranée*" (Carry le Rouet, 1989; BOUDOURESQUE *et al*, 1991) y en el "*Livre rouge Gérard Vuignier des végétaux, peuplements et paysages marines menacés de Méditerranée*". Así mismo, los países participantes en la Conferencia de Cooperación y Seguridad en el Mediterráneo celebrada en Palma de Mallorca en 1990 acordaron adoptar medidas legales para la protección de esta comunidad. Actualmente la especie está protegida en Francia (Arrête du 19 juillet 1988), Cataluña (Orden de 31 de julio de 1991 de la Conselleria d'Agricultura, Ramaderia i Pesca) y Comunidad Valenciana (Orden de 23 de Enero de 1992 de la Conselleria d'Agricultura i Pesca).

### 1.3.- EVOLUCIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS SOBRE *Posidonia oceanica*.

Los primeros trabajos sobre *Posidonia oceanica* son muy antiguos (GERMAIN De SAINT-PIERRE, 1857, 1860; GRENIER, 1860; OSTENFELD, 1918). Los conocimientos existentes en la primera mitad del siglo XX, junto con numerosas observaciones personales y una gran intuición, fueron recopilados por MOLINIER & PICARD (1952). Se puede decir que este trabajo ha marcado enormemente las investigaciones posteriores.

BOUDOURESQUE *et al* (1977) recopilaron 386 trabajos relativos, en mayor o menor medida, a las praderas de *Posidonia oceanica*. Hasta esa fecha la mayor parte de los trabajos se habían centrado en la descripción de la morfología planta (42) y de las praderas (51), cartografía (50), estudio de la fauna y flora asociada (131) y a los problemas de regresión (60). Hay que destacar que en esa recopilación solamente aparecen 5 trabajos españoles (GADEA, 1967; De HARO, 1966 y 1967; MARGALEF, 1961; MASSUTI, 1965) lo que pone de manifiesto el retraso que por esas fechas llevaba la investigación sobre esta comunidad en nuestro país en comparación otros países mediterráneos, principalmente Francia e Italia.

El final de los setenta y la década de los 80 supone un aumento del interés de la comunidad científica por el estudio de las praderas de *Posidonia oceanica* que se refleja en el número de trabajos publicados. Por otra parte se observa una inflexión en los contenidos de las investigaciones cobrando una mayor importancia los aspectos funcionales de la comunidad, aunque no se abandonan los trabajos de carácter más descriptivo (cartografía, faunística y florística, regresión, etc.) particularmente en aquellas zonas en las que no existían estudios previos. Esta inflexión viene puesta de manifiesto por la realización de una serie de tesis doctorales (GIRAUD, 1977; BAY, 1978; EUGENE, 1978; VADON, 1981; PANAYOTIDIS, 1980; TEMPLADO, 1983; LIBES, 1984; ROMERO, 1985; PERGENT, 1987; FRANCOUR, 1990; MOSTAFA, 1991; SEMROUD, 1992) así como otros trabajos de investigación (BEDHOME *et al*, 1983; BUIA *et al*, 1989, 1992; CALMET *et al*, 1986; 1988, CAYE, 1982; COULON *et al*, 1992; DAUBY, 1989; DELGADO, 1986; DELGADO & VIDAL, 1989; JEUDY DE GRISSAC & BOUDOURESQUE, 1985; JORGENSEN *et al*, 1981; LAWRENCE *et al*, 1989; LIBES & BOUDOURESQUE, 1987; MAZZELLA & OTT, 1984; MAZZELLA *et al*, 1992; OTT, 1981, PERGENT, 1990; PERGENT & PERGENT-MARTINI, 1991; PIRC, 1985, 1986, 1989; ROMERO *et al*, 1992; VELIMIROV, 1984, 1987; VIDAL, 1988; WITTMANN, 1984; ...).

Un momento de gran importancia en la investigación sobre las praderas de *Posidonia oceanica* es la incorporación de la misma a programas de la Comunidad Europea que se inicia con la extensión del COST 647/2 al Mediterráneo que representa una primera posibilidad de coordinación entre diversos laboratorios interesados en el tema (BOUDOURESQUE *et al*, 1990) y que, a pesar de su falta de concreción, dio pie a dos proyectos subvencionados, uno en el marco "Protection de l'Environnement" *A functional approach to Posidonia oceanica ecosystem of the Mediterranean* y otro en el marco del STEP *Elements, stocks and fluxes in the Posidonia oceanica ecosystem of the Mediterranean*, en los que participan laboratorios de cuatro países europeos, entre ellos España. Como puede comprobarse, se avanza decididamente hacia una cuantificación de los procesos ecológicos a nivel de estos ecosistemas (producción primaria, ciclo de nutrientes, exportación, bioenergética de los organismos, balances tróficos, etc.). Por supuesto estos avances no se circunscriben a los laboratorios que intervienen en los proyectos mencionados sino que se hace extensivo a otros laboratorios que están trabajando en el tema.



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



## 2.- JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL PRESENTE TRABAJO.

### 2.1.- JUSTIFICACIÓN.

Hasta la fecha la mayor parte de los trabajos sobre producción primaria de *Posidonia oceanica* se han realizado en el sector norte del Mediterráneo, particularmente en las costas francesas (BEDHOME *et al*, 1983; GIORGI & THELIN, 1983; LIBES, 1983, 1984, 1986; LIBES & BOUDOURESQUE, 1987; THELIN & GIORGI, 1984), Córcega (BAY, 1978, 1984; FRANKIGNOULLE & DISTECHE, 1987; FRANKIGNOULLE *et al*, 1984), la isla de Ischia en Italia (BUIA *et al*, 1992; OTT, 1980; PIRC, 1983; WITTMANN, 1984; WITTMANN & OTT, 1982) y las islas Medes (Girona) (ROMERO, 1984, 1985, 1988, 1989a, 1989b, 1989c).

Se ha supuesto que una de las causas de la regresión de las praderas de *Posidonia oceanica* en la parte Norte del Mediterráneo Occidental podría deberse a una desadaptación de la planta a las condiciones climáticas actuales (PÉRÈS & PICARD, 1975; PÉRÈS, 1984). De acuerdo con esta hipótesis, *Posidonia oceanica* sería una especie de afinidades subtropicales que toleraría mal las bajas temperaturas invernales que se dan en la parte Norte del Mediterráneo Occidental. El origen de esta hipótesis se remonta al trabajo de MOLINIER y PICARD (1952) y se basa, principalmente, en la suposición de que las floraciones de esta especie eran muy raras en esta parte del Mediterráneo y coincidían con años "cálidos", mientras que en las costas africanas serían muy frecuentes. Hoy en día se empieza a conocer que las floraciones de *P. oceanica* son menos raras de lo que inicialmente se pensaba en la parte Norte del Mediterráneo y no tan habituales en la Sur (que, por cierto, no es la parte más cálida del Mediterráneo debido a la influencia de las aguas superficiales atlánticas). Sin embargo, esta hipótesis ha permanecido sin comprobar durante muchos años debido a la ausencia de datos de la parte más cálida del Mediterráneo.

Por otro lado, la mayor parte de los datos sobre *Posidonia oceanica* proceden de puntos con una influencia antártica elevada (para una revisión se pueden consultar los trabajos de BOUDOURESQUE *et al*, 1977, 1979 y 1980). En este sentido, el programa COST 647/2 hacía hincapié en obtener datos sobre la especie en zonas no alteradas del Mediterráneo para poder discernir sobre la posible regresión de carácter climático frente a la regresión, ampliamente documentada, causada por las actividades humanas.

Por último, la importancia de *Posidonia oceanica* en el mantenimiento de los procesos biológicos en el litoral Mediterráneo hace que en los últimos años se adopten determinadas medidas de ordenación del litoral como los arrecifes artificiales antiarrastrero o las áreas marinas protegidas, entre cuyos objetivos ocupa frecuentemente un papel destacado la protección de estas comunidades (GUILLÉN *et al*, en prensa; RAMOS, 1985; RAMOS *et al*, 1990, 1991). Sin embargo, se observa que a pesar de la protección pueden existir problemas debidos a la sobrefrecuentación de embarcaciones deportivas (AUGIER & BOUDOURESQUE, 1970; ROBERT, 1983; GARCÍA CHARTÓN *et al*, en prensa) o al desarrollo de las poblaciones de herbívoros (VERLAQUE & NEDELEC, 1983; NEDELEC & VERLAQUE, 1984; VELIMIROV, 1984b).

En el SE de la Península Ibérica las praderas de *P. oceanica* alcanzan su mayor desarrollo. Sin embargo, los estudios sobre las mismas, anteriores al inicio de este trabajo, han sido escasos limitándose a cartografía y tipificación (RAMOS, 1983, 1984, 1985; RAMOS & FERRANDIS, 1983a, 1983b) y faunística (TEMPLADO, 1983, 1984; SAN MARTIN & VIEITEZ, 1984). Con posterioridad al inicio de este trabajo hay que señalar el trabajo de ESTEBAN (1989) y ESTEBAN *et al* (1990) que estudia la producción primaria de 5 praderas superficiales de la Comunidad Valenciana, así como otros trabajos relacionados con la cartografía, faunística y evaluación de las praderas de *Posidonia* (RAMOS & RAMOS, 1989; SÁNCHEZ LIZASO *et al*, 1990; BENEDITO *et al*, 1990; GINER *et al*, 1990; PÉREZ RUZAFÁ *et al*, 1991; RUIZ, 1992; TORRES & ROLDAN, 1990; CALVIN *et al*, 1989, 1991).

La elección de la Reserva Marina de Tabarca para la realización del presente estudio queda sobradamente justificada puesto que es una área marina protegida en la que las praderas de *Posidonia* se encuentran ampliamente distribuidas, con ausencia de focos de contaminación de importancia y situada en uno de los sectores de aguas más cálidas de la Península Ibérica.

## 2.2.- OBJETIVOS.

El principal objetivo del presente estudio es realizar una aportación al conocimiento de las praderas de *Posidonia oceanica* en el Sudeste Ibérico, particularmente en lo referente a la fenología, crecimiento y producción primaria de la especie en la Reserva Marina de Tabarca. Además, los datos obtenidos en Tabarca se espera que puedan servir como base de partida para cubrir el vacío existente en el conocimiento de las praderas de *P. oceanica* en las partes más cálidas del Mediterráneo Occidental. Se hace especial incapié, por tanto, en la comparación con los datos existentes en otros puntos del Mediterráneo.

En este sentido, la originalidad de este trabajo no radica únicamente en la metodología o el enfoque utilizados, sino en la ausencia de datos previos en la zona estudiada. Por este motivo, se emplean métodos ampliamente extendidos y los datos se presentan de manera similar a la empleada por otros autores. El contraste de metodologías existentes se orienta a una simplificación de las mismas y para, además, que pueda servir de estandarización en posteriores estudios. De cualquier modo, se hace un considerable esfuerzo en comparar dichas metodologías, más que como un objetivo en sí mismo, como un modo de interpretar con mayor exactitud los resultados obtenidos por otros autores.

Por consiguiente los objetivos pueden resumirse en:

1.- Conocimiento de la fenología, biomasa y producción de la pradera de *Posidonia oceanica* de un espacio natural protegido (la Reserva Marina de Tabarca). Ejemplo de las praderas del sector del Sudeste ibérico poco estudiado hasta el presente.

2.- Comparación, evaluación y contraste de la metodología actualmente existente en el estudio de la cobertura y producción primaria de las praderas de *Posidonia oceanica*.

3.- Estudio base que sirva para la evaluación de medidas de ordenación litoral encaminadas a la protección de los recursos vivos marinos (áreas marinas protegidas, arrecifes artificiales antiarrastre), dado que *P. oceanica* representa una especie objetivo en dichos estudios.



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



### 3.- MATERIAL Y MÉTODOS.

#### 3.1.- ZONA DE ESTUDIO.

##### 3.1.1.- Características físicas.

La isla Plana o Nueva Tabarca se encuentra situada a 3 Km del Cabo de Santa Pola y a unos 18 Km del puerto de Alicante. La isla, como uno de sus nombres indica, presenta un relieve poco acusado con una altura máxima de 14 m sobre el nivel del mar. En realidad, se trata de un pequeño archipiélago con una isla principal y varios islotes. La isla mayor tiene una longitud de 1800 m y una anchura máxima de 400 m. El substrato geológico y la tectónica de la isla ha sido estudiado por ESTEVEZ *et al* (1985) y está constituido principalmente por rocas básicas, también existe una parte, principalmente en la zona occidental con rocas de naturaleza sedimentaria (dolomías, areniscas).

El clima está caracterizado por la escasez de precipitaciones, que se concentran en los meses de octubre y noviembre, la suavidad de las temperaturas invernales y la elevada humedad (BARTOLOMÉ, 1985). Los vientos presentan una fluctuación estacional, predominando los de componente Este en primavera y verano y los de componente Oeste y Noroeste en otoño e invierno (FERRANDIS & BARTOLOMÉ, 1985).

Las características físico-químicas de las aguas que rodean la isla de Tabarca han sido estudiadas por ZOFFMAN *et al* (1985) y PRATS & MARTIN (1991). La salinidad del agua del mar es relativamente constante oscilando entre el 37,5 y el 38 por mil y la temperatura sigue la fluctuación típica en el Mediterráneo con un mínimo en febrero en torno a los 14° C y un máximo en julio-agosto que puede superar los 27° C. Las corrientes son en general débiles aunque en determinadas épocas y zonas se han llegado a registrar corrientes de hasta 1.96 m/s (PRATS & MARTIN, 1991).

Las aguas son oligotróficas al presentar valores relativamente bajos de nutrientes (ZOFFMAN *et al*, 1985; PRATS & MARTIN, 1991). Los valores de nitrógeno orgánico y amoniacal oscilan entre 0.04 y 0.28 mg/l y los valores de nitrógeno en forma de nitratos entre 0.15 y 0.23 mg/l. El fósforo en forma de fosfatos oscila entre <0.01 y 0.03 mg/l y el fósforo total entre 0.01 y 0.10 mg/l. El oxígeno disuelto es sensiblemente inferior en verano (4.1-6.1 mg/l) que en invierno (8.2-8.9 mg/l).

Ligado a lo anterior, la transparencia del agua es elevada, habiéndose llegado a detectar valores de disco de Secchi superiores a los 26 m, aunque la media se sitúa en 18 m (PRATS & MARTÍN, 1991).

### 3.1.2.- La pradera de *Posidonia* de la reserva marina de Tabarca.

La pradera de *Posidonia oceanica* es la comunidad más abundante de los fondos infralitorales que rodean la isla de Tabarca. De las 770 Ha cartografiadas por RAMOS (1985) 645 Ha, lo que equivale a más del 80%, corresponden esta comunidad (Figura 3.1, se han empleado los símbolos propuestos por MEINESZ *et al*, 1983). Hay que señalar que la cartografía realizada por este autor está limitada, principalmente, a los fondos entre 0 y 20 m y que, particularmente en el sector occidental de la Reserva, no se alcanza el límite inferior de la pradera; por lo tanto, la superficie realmente ocupada por la pradera es mayor. La gran extensión ocupada por la pradera de *Posidonia* viene favorecida por la batimetría suave de los alrededores de la isla, a diferencia de lo que sucede en otras islas del Mediterráneo occidental (Benidorm, Medes, Cabrera, etc.).

En la parte más somera la pradera se alterna frecuentemente con bloques rocosos (Escull Negre, Escull Roig, la Nao, la Cantera, etc.). Al norte del islote de la Cantera aparece un arrecife barrera de características bastante particulares. En profundidad la pradera aparece alterada por efecto de la pesca de arrastre ilegal debido a la vecindad del puerto de Santa Pola, que presenta una de las mayores flotas de arrastre del Mediterráneo Occidental (OLIVER, 1983). Aunque estas actividades han desaparecido con la creación de la reserva marina y la instalación de un arrecife antiarrastre en la parte sur de la isla (RAMOS & BAYLE, 1990; RAMOS *et al*, 1991), han afectado sustancialmente a la pradera profunda (SÁNCHEZ LIZASO, 1991). La pradera de *Posidonia oceanica* alcanza en Tabarca los 24 m de profundidad aunque se han observado plantas aisladas a 33 m entre bloques rocosos.

### 3.1.3.- Estaciones de muestreo

La parte fundamental de este estudio se ha realizado en 3 estaciones situadas a 4, 12.5 y 19 metros de profundidad en la cara sur de la isla. La estación superficial se situó entre los islotes de la Galera y el Escull Negre y las otras dos frente al Escull Roig. Además de los muestreos realizados en estas estaciones se realizaron otros en puntos concretos, particularmente en el arrecife barrera y en el sector del cementerio, donde se instaló un transecto permanente. Las figuras 3.1 y 3.2 representan, respectivamente, la localización de los puntos de muestreo y el perfil del transecto permanente.

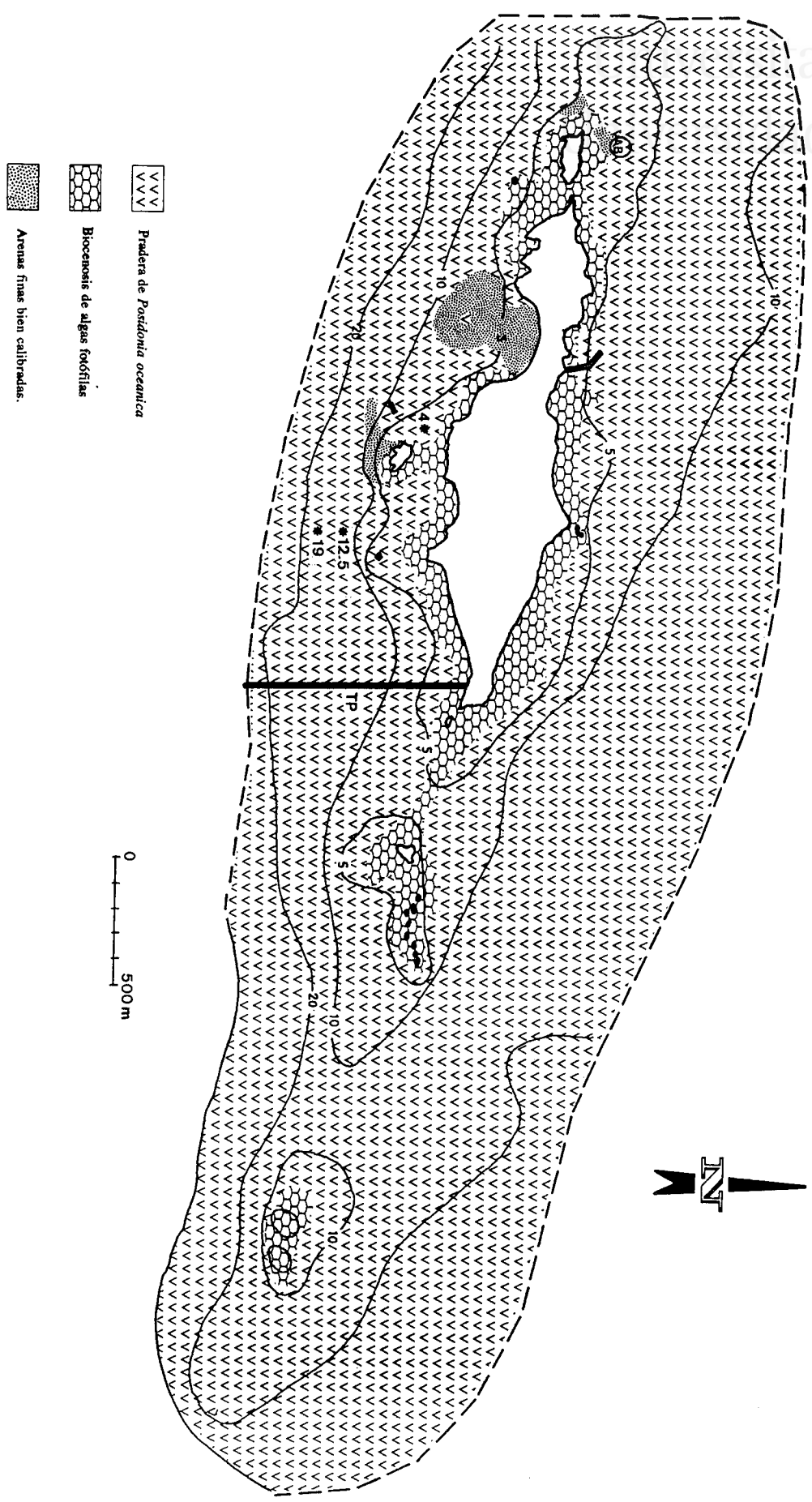
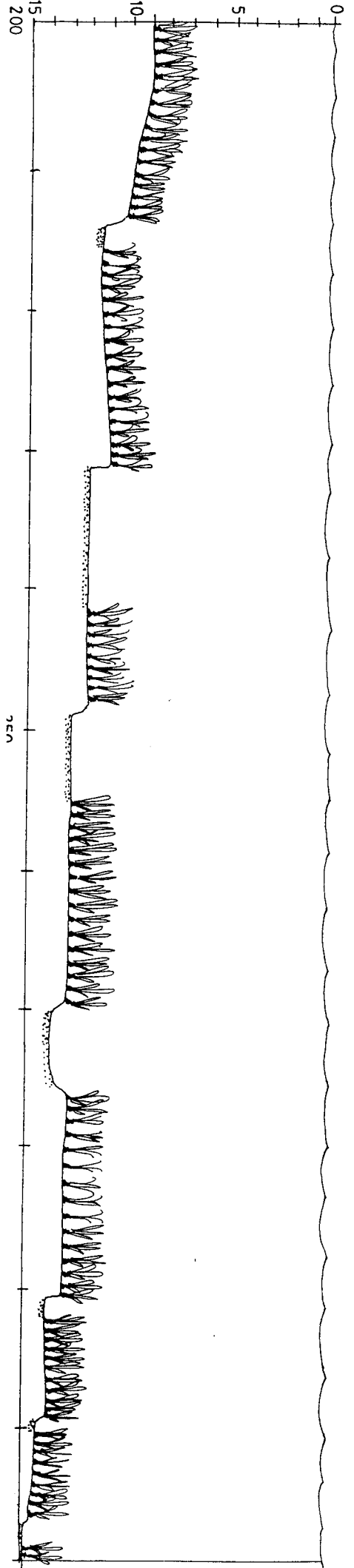
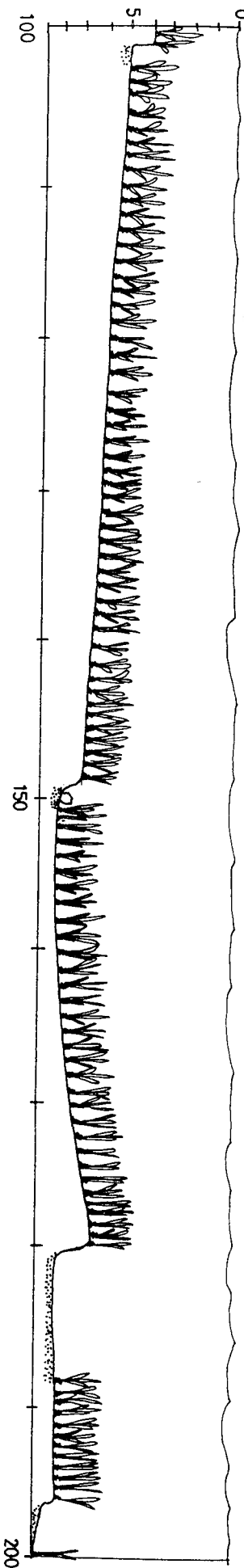
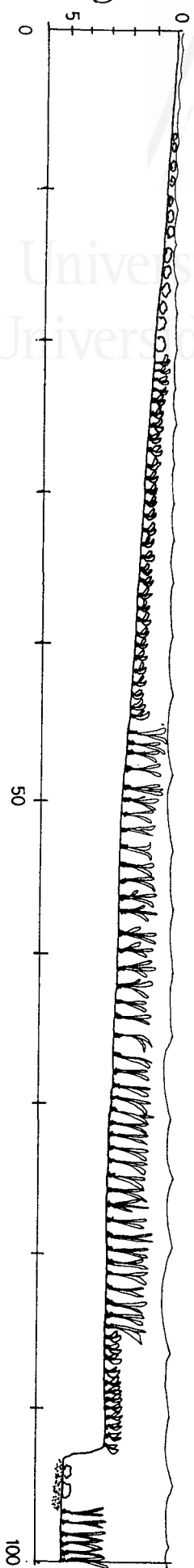
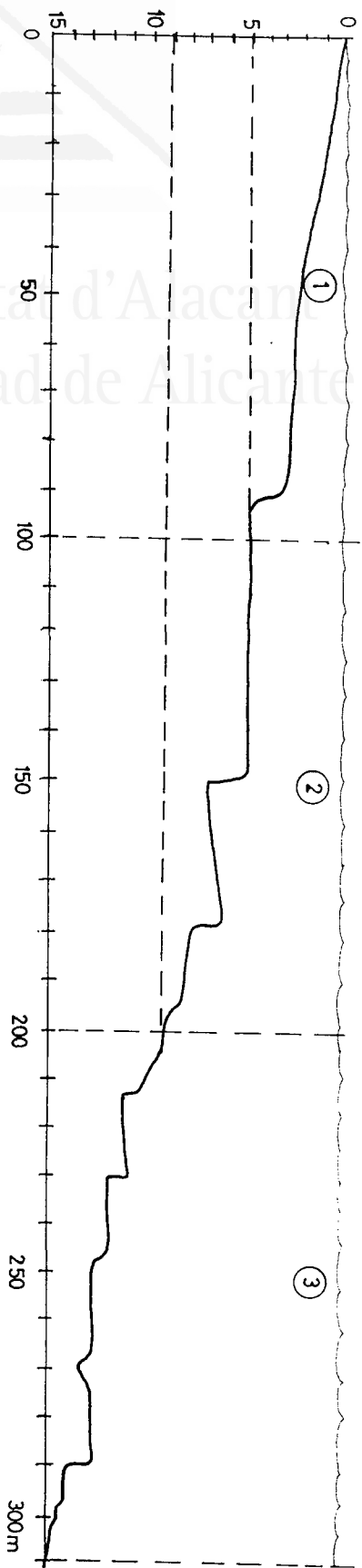


FIGURA 3.1: Cartografía de la pradera de *Posidonia oceanica* de la Reserva Marina de Tabarca a partir de RAMOS (1985). Se indica además la localización de las estaciones de muestreo (\*), el transecto permanente (TP) y el arrecife barrera (AB). La línea sólida representa el límite inferior de la pradera y la línea discontinua el límite de la zona cartografiada.





### 3.2.- DENSIDAD Y COBERTURA.

En este trabajo, como en la mayor parte de los trabajos realizados sobre *Posidonia oceanica*, la unidad básica de estudio es el haz. Por tanto resulta imprescindible la evaluación de la cantidad de haces en una superficie dada para poder extrapolar las medidas por haz a medidas por unidad de superficie.

La evaluación de la cantidad de haces por unidad de superficie plantea ciertos problemas, derivados de la distribución de la especie que es altamente contagiosa, que han sido abordados de manera bastante rigurosa por ROMERO (1985). El planteamiento de este autor, y que se sigue en este trabajo, es diferenciar densidad, definida como cantidad de haces por m<sup>2</sup> de pradera, y cobertura, definida como tanto por ciento del sustrato cubierto por la pradera. A partir de la combinación de estos dos parámetros se puede calcular la densidad global (ROMERO, 1985) entendida como haces por m<sup>2</sup> de lecho marino. De cualquier modo, como la mayor parte de los trabajos existentes no ofrecen datos de cobertura, se ha preferido expresar, a efectos de comparación con otros autores, los resultados por haz o por m<sup>2</sup> de pradera. Para obtener los resultados por m<sup>2</sup> de sustrato solamente es necesario multiplicar por la cobertura.

#### 3.2.1.- Densidad.

La densidad se calculó utilizando un cuadrado metálico de 25 cm de lado y bordes finos que era arrojado desde una cierta altura sobre manchas de pradera. Se siguió el criterio de GIRAUD (1977) para los haces en división: se consideran dos haces siempre que se puedan ser distinguidos como tales a simple vista por el buceador. En cada estación se efectuaron 30 réplicas de densidad concentradas en los meses de otoño de 1988 y otros tantos en otoño-invierno de 1992-1993, cuando las hojas son más cortas, con el fin de disminuir el error en el conteo de haces dentro de los cuadrados.

#### 3.2.2.- Cobertura.

Para estimación de la cobertura de la pradera se han empleado diversos métodos. ROMERO (1985) ha estimado la cobertura mediante el uso fotografía submarina. Las fotografías se tomaban a una altura constante y se repetían a intervalos prefijados mediante un cabo lastrado. FRESI (*com pers.*) ha utilizado un método subjetivo de estima de la cobertura. Dos buceadores se situaban en un punto prefijado y nadaban 50 m en cada uno de los puntos cardinales tras lo cual anotaban el tanto por ciento de recubrimiento de la pradera estimado visualmente. Las limitaciones del primer método radican en que se necesita un equipo de fotografía submarina, condición que no se cumplía al inicio del presente estudio, y la del segundo que depende bastante del grado de entrenamiento del buceador y sus resultados pueden ser difícilmente comparables con los de otros autores.

Ante estos condicionantes, se ideó un nuevo método para estimar la cobertura basado en criterios objetivos de rapidez y precisión y de bajo coste. El fundamento se basa en que si se extiende un cabo sobre el fondo la longitud del mismo que se encuentre sobre la pradera será proporcional a la cobertura de la misma. Inicialmente se eligió un cabo lastrado de 100 m de longitud marcado cada 0,5 m que se extendía paralelo a la línea de costa con la ayuda de una brújula y un profundímetro (para evitar la variabilidad introducida con la

profundidad). El buceador puede fácilmente anotar la longitud del transecto que queda dentro de manchas de pradera, claros de arena, roca, mata muerta, etc. La experiencia ha aconsejado reducir la longitud del transecto, entre 25 y 35 metros, lo cual permite efectuar mayor número de replicas a igual esfuerzo.

Quedaba por saber si los resultados de este método son comparables con otros. Una primera experiencia se realizó en Port-Cros (Francia) y los resultados de la evaluación de cobertura por el método fotográfico y el del transecto fueron notoriamente similares (GARCÍA CHARTON *et al*, en prensa). Las pequeñas diferencias observadas entre ambos (valores ligeramente más altos de cobertura por el método fotográfico) pueden atribuirse a la gran cantidad de haces sueltos por efecto de las anclas de las embarcaciones que en las fotografías no siempre se apreciaban con claridad. También en Tabarca se realizó la comparación del método de transectos con el método fotográfico en otoño de 1992 y los resultados no ofrecen diferencias significativas entre ambos métodos (ver apartado 4.1).

Con posterioridad, el mismo método ha sido utilizado por RUIZ (1992) para la estima de la cobertura de la pradera de *Posidonia oceanica* en Águilas (Murcia).

### 3.3.- PRODUCCIÓN PRIMARIA

#### 3.3.1.- Estrato foliar

##### a) Métodos para la estima de la producción primaria de hojas:

Los métodos que han sido utilizados para la evaluación de la producción primaria de las fanerógamas marinas son diversos y cada uno de ellos plantea ventajas e inconvenientes que han sido ampliamente discutidos por PLANTÉ-CUNY & LIBES (1984) y KEMP *et al* (1990). Básicamente, los métodos se pueden clasificar en métodos metabólicos ( $O_2$ ,  $^{14}C$ ) y métodos de biomasa (siegas periódicas y marcaje). Los problemas de los primeros radican principalmente en el reciclado interno de gases en las fanerógamas marinas y la dificultad de extrapolar los datos temporal y espacialmente, además el método del  $^{14}C$  requiere un material sofisticado y costoso.

El método de incrementos de biomasa entre siegas periódicas, aunque sencillo y fácil de aplicar no parece el más adecuado para especies que tienen una renovación casi continua del material foliar como ha sido puesto de manifiesto por otros autores (PLANTÉ-CUNY y LIBES, 1984; ROMERO, 1985). Por otra parte, las siegas sucesivas pueden afectar al crecimiento de la planta (WITTMAN & OTT, 1982).

El método de marcaje, frecuentemente llamado método de ZIEMAN, fue introducido por PARKE (1948) para estudiar el crecimiento de *Laminaria saccharina* y aplicado por ZIEMAN (1968, 1974) por primera vez a fanerógamas marinas (concretamente a *Thalassia testudinum*) y constituye una técnica muy adecuada para el estudio del crecimiento y producción de hojas de aquellas especies de fanerógamas marinas con hojas acintadas y meristemo basal.

El método, tal y como fue aplicado por ZIEMAN (1974), consiste en colocar un cuadrado metálico en el sedimento dentro de la pradera de *Thalassia* y grapar individualmente todas las hojas utilizando el cuadrado como nivel de referencia. Un cierto tiempo después (de 2 a 4 semanas) cortaba todas las hojas al nivel del cuadrado y en el laboratorio las separaba en tres partes: hojas no marcadas (de nueva aparición), partes situadas por debajo de la grapa (nuevo tejido formado) y partes situadas por encima de la grapa (tejido preexistente). Cada una de las partes era decalcificada con ácido fosfórico al 50 %, desepifitada, secada y pesada. La producción se calculaba como la suma de los pesos de las hojas nuevas y las partes nuevas de las hojas marcadas dividido por número de días entre el marcaje y la recogida.

Otros autores que han usado el método han intentado simplificar el proceso de marcaje. BAY (1978, 1984) utilizaba marcas de plástico. Varios autores han ideado sistemas para marcar todas las hojas de un haz de una sola vez bien utilizando cortes laterales (CAYE, 1979; CAYE & ROSSIGNOL, 1983; BEDHOME *et al*, 1983; THELIN & GIORGI, 1984); taladros (KIRMAN & RIED, 1979) o pequeñas perforaciones (ROMERO, 1989b; BUIA *et al*, 1992). Algunos autores lo han empleado en combinación con el intervalo plastocrónico (tiempo entre la aparición de dos hojas sucesivas) en particular en especies tropicales (SAND-JENSEN, 1975; BROUNS, 1985a,b, 1987a,b; HERBERT, 1986). En *Posidonia oceanica* se ha empleado tradicionalmente como nivel de referencia para el marcaje la altura del peciolo de la hoja más vieja de cada haz.

El método de marcaje, con sus variaciones, ha sido aplicado a un gran número de especies como ilustra la siguiente lista, aunque sin ánimo de ser exhaustiva:

*Anphibolis antartica* (Labill.) Sonder & Aschers. *ex* Aschers. (WALKER, 1985; WALKER & McCOMB, 1988)

*Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers. (PÉREZ, 1989; PÉREZ & ROMERO, 1992; PÉREZ *et al*, 1991; TERRADOS, 1992; TERRADOS & ROS, 1992)

*Cymodocea rotundata* Ehrenb. & Hempr. *ex* Aschers (BROUNS, 1987a, 1987b, 1987c)

*Cymodocea serrulata* (R. Br.) Aschers & Magnus (BROUNS, 1987a, 1987b, 1987c)

*Enhalus acoroides* (L. f) Royle (ESTACION & FORTES, 1988)

*Halodule uninervis* (Forks.) Aschers. *in* Boissier (BROUNS, 1987a, 1987b, 1987c)

*Halodule wrightii* Aschers. (HOWARD & SHORT, 1986; DUNTON, 1990)

*Halophila decipiens* Ostenfeld (KENWORTHY *et al*, 1989)

*Halophila stipulacea* (Forsk.) Aschers (WAHBEH, 1984)

*Heterozostera tasmanica* (Martens *ex* Aschers.) den Hartog (BULTHUIS & WOELKERLING, 1983a)

*Posidonia australis* Hook f. (KIRKMAN & REID, 1979; WEST & LARKUM, 1979; CAMBRIDGE, 1980; SILBERSTEIN *et al*, 1986)

*Posidonia oceanica* (L.) Delile (BAY, 1978, 1984; CAYE, 1979, 1982; OTT, 1980; WITTMANN & OTT, 1982; CAYE & ROSSIGNOL, 1983; BEDHOME *et al*, 1983; GIORGI & THELIN, 1983; WITTMANN, 1984; THELIN & GIORGI, 1984; ROMERO, 1985, 1989b, 1989c; ESTEBAN, 1989; BUIA *et al*, 1992)

*Posidonia sinuosa* Cambridge & Kuo (CAMBRIDGE, 1980)

*Syringodium isoetifolium* (Aschers.) Dandy (BROUNS, 1987a, 1987b, 1987c)

*Thalassia hemprichii* (Ehremb.) Aschers. in Peterman. (BROUNS, 1985a, 1985b, 1987b, 1987c)

*Thalassia testudinum* Banks ex König (ZIEMAN, 1968 y 1974; PARTRIQUIN, 1973, BITTAKER & IVERSON, 1976)

*Thalassodendron ciliatum* (Forsk.) den Hartog (JOHNSTONE, 1984)

*Zostera capricorni* Aschers. (KIRKMAN *et al*, 1982; LARKUM *et al*, 1984)

*Zostera marina* L. (SAND-JENSEN, 1975; JACOBS, 1979; IBARRA-OBANDO & HUERTA-TAMAYO, 1987; MUKAI *et al*, 1979; NIENHUIS & DE BREE, 1980; DENNISON, 1987; KEMP *et al*, 1989)

Como ha quedado de manifiesto, el método de marcaje ha sido ampliamente utilizado para la estimación de la producción primaria de fanerógamas marinas. Esto ha venido motivado porque se trata de un método relativamente sencillo de aplicar y permite un registro continuo de la producción entre la fecha de marcaje y de recogida (y por tanto refleja mejor la contribución de la planta durante el período estudiado que las técnicas basadas en períodos de incubación cortos).

Para que el crecimiento obtenido por el método de marcaje refleje fielmente la producción primaria es necesario que se cumplan una serie de requisitos:

- 1.- Todo el alargamiento de las hojas debe de producirse a partir del meristemo basal.
- 2.- La marca no debe afectar al crecimiento de la hoja
- 3.- No debe producirse incremento de tejido en la hoja después del alargamiento inicial
- 4.- Toda la producción (excluidos los gastos de respiración) debe de invertirse en crecimiento de las hojas.

A tal efecto y en función de los requisitos anteriores se ha observado lo siguiente:

1.- En el caso de *Posidonia oceanica* el primer requisito se cumple como demostró ROMERO (1985) marcando a intervalos de 2 cm toda la longitud de las hojas de una serie de haces y comprobando 20 días después que no había aumentado la distancia entre las marcas y todo el crecimiento se había producido en la parte basal.

2.- El segundo requisito depende del tipo de marca utilizado. El uso de grapas, cortes laterales o taladros puede provocar más fácilmente roturas que la realización de pequeños pinchazos. De cualquier modo, de los datos de BEDHOME *et al* (1983) se deduce que el método de marcaje (en este caso cortes laterales) no afecta significativamente al crecimiento de las hojas.

3.- El tercero no se cumple porque, con la edad de la hoja, existe un incremento de la densidad (entendida como relación peso/longitud), como han puesto de manifiesto BEDHOME *et al* (1983) y ROMERO (1985) y como se desprende de los resultados de esta memoria. En cada uno de estos trabajos se propone un método diferente para corregir los datos de producción y evitar la subestimación debida al incremento de densidad de las hojas. Dichos métodos se discutirán más adelante.

4.- Respecto al punto cuarto de los requisitos, hay que considerar que *Posidonia oceanica*, como otras fanerógamas marinas, es capaz de transportar sustancias entre distintas partes de la planta (LIBES & BOUDOURESQUE, 1987). Parte de estas sustancias se invierten en crecimiento de peciolas, rizomas y raíces (estas fracciones de la producción primaria se estimarán por separado con otros métodos) y otra parte se almacena temporalmente en los rizomas para ser removilizada e invertida en crecimiento foliar en un momento diferente (PIRC, 1985; ROMERO, 1985). Aunque a nivel anual este ciclo de acumulación y removilización de reservas se compensa, en escalas de tiempo más cortas puede haber un sesgo entre la producción calculada como tasas de fijación de carbono y de crecimiento. En otras palabras, el método de marcaje no estima la producción de peciolas, rizomas y raíces, que debe de ser calculado por otros métodos y el patrón anual de crecimiento puede ser distinto (de hecho lo es como ha sido demostrado por ROMERO, 1985) al de actividad fotosintética.

#### b) Protocolo del estudio

Los haces se marcaban con dos finas perforaciones realizadas con una aguja hipodérmica 3 cm por encima de la lígula de la hoja más externa con la ayuda de una plantilla de plástico. En cada estación se marcaban 30 haces por campaña para asegurar la recuperación de, al menos, 20 de ellos. Los haces eran señalizados individualmente con una etiqueta críptica de alambre y plástico que se situaba rodeando al rizoma correspondiente. Los autores que han aplicado el método de marcaje normalmente marcaban los haces en el interior de cuadrados de pequeña dimensión. Por una parte la existencia de una microestructura en las características de los haces (PAYANOTIDIS, 1980; PAYANOTIDIS *et al*, 1981) aconseja una separación suficiente entre los mismos para incluir esta variabilidad en el muestreo, por otra parte, para la localización posterior de los haces es conveniente que se encuentren lo más cerca posible unos de otros. Como compromiso entre ambos criterios

se optó marcar los haces en una hilera de tal modo que la separación entre los extremos es mayor que si se hubiesen marcado dentro de un mismo cuadrado pero no se pierde eficacia en su localización posterior.

El marcaje y la recogida de haces se inició el 1 de mayo de 1988 y se repitió mensualmente hasta el 1 de mayo de 1989. En el caso de las estaciones de 12.5 y 19 m se dispone de datos adicionales de abril de 1988.

Se intentó que, en la medida de lo posible, las fechas de marcaje y recogida coincidiesen con los meses naturales, con una cierta variabilidad introducida por el estado del mar. La desviación más importante a este plan, sucedió a finales de octubre y principios de noviembre cuando por efecto de los temporales no fue posible realizar la recogida y el marcaje en las estaciones de 12.5 y 19 m. Los datos de producción para estas estaciones y meses corresponden por tanto a valores medios y faltan los datos de fenología de finales de octubre.

Los haces recogidos se conservaban en formaldehído al 4% en agua de mar y eran trasladados al laboratorio para su posterior estudio. En el laboratorio los haces eran parcialmente descalcificados con ácido acético al 2 % durante una hora, puesto que, aunque las hojas de *P. oceanica* se encuentran poco calcificadas (THELIN *et al*, 1982), se facilita el proceso de desepifitación. Posteriormente se enjugaban en agua dulce para evitar el depósito de sales, se diseccionaban y eran cuidadosamente desepifitados con la ayuda de una cuchilla bajo una lupa binocular. De cada hoja se anotaba el tipo (juvenil, intermedia o adulta de acuerdo con la clasificación de GIRAUD, 1977), el rango de inserción (a partir de la hoja intermedia más joven, GIRAUD, *op cit*), la longitud total, de la parte neoformada y la escama, la anchura en la parte media de la hoja y el estado del ápice (entero, roto o mordido por *Sarpa salpa*, *Paracentrotus lividus* o isópodos). Cuando el extremo no estaba entero se anotaba además la superficie que le faltaba a la hoja, particularmente si habían roturas o mordiscos laterales. Esta superficie era sustraída al resultado de multiplicar la longitud total por la anchura media para evitar sobrevalorar la superficie de las hojas, también se consideraba en las estimaciones de densidad de la hoja.

Cada parte de cada hoja (peciolo, parte neoformada y tejido preexistente), así como la totalidad de los epífitos de cada haz eran secados a peso constante (48 h a 70° C) y pesados en una balanza analítica (con una precisión de décima de miligramo). Para cada fracción de cada muestra (hojas, peciolos vivos y muertos, rizomas, raíces y epífitos) se estimaba el contenido en cenizas mediante el uso de una mufla a 450° C durante 12 horas.

### c) Cálculo de la producción primaria.

#### \* Método de marcaje:

Como se ha comentado anteriormente, el cálculo de la producción primaria, en g PS haz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> consiste en sumar el peso de las hojas nuevas al peso de las partes neoformadas y dividirlo por el número de días entre marcaje y recogida. La producción anual se calcula como la media, ponderada por el número de días entre marcaje y recogida, de los valores mensuales (ZIEMAN, 1974).

Aplicando estrictamente el método, una hoja no existe hasta que no supera el nivel del marcaje, en nuestro caso 3 cm más la longitud de la última escama (un altura que puede variar entre 6 y 9 cm). Para considerar el peso de las hojas por debajo de la marca se introdujo una ligera modificación. El nuevo tejido producido ( $B_p$ ) era igual al peso de las partes neoformadas ( $B_n$ ), más el peso de la totalidad de las hojas nuevas ( $B_j$ ), más el peso de las hojas por debajo de la marca ( $B_{m_t}$ ) (juveniles en el sentido de ROMERO, 1985) menos el peso de las hojas por debajo de la marca el mes anterior ( $B_{m_{t-1}}$ ), es decir:

$$B_p = B_n + B_j + B_{m_t} - B_{m_{t-1}}$$

Esta corrección es insignificante excepto en otoño donde, debido al ritmo de formación de hojas, el peso de las hojas por debajo del nivel de marcaje tiene una cierta significación.

\* Correcciones al método de marcaje para incluir los cambios en densidad de las hojas.

BEDHOME *et al* (1983) idearon una modificación del método de ZIEMAN que básicamente consiste en considerar los cambios de densidad entre fragmentos de hoja de igual edad entre dos recogidas consecutivas. Estos cambios pueden ser de signo positivo, si ha habido un aumento de densidad entre  $t_0$  y  $t_1$ , o de signo negativo, si la densidad disminuye entre  $t_0$  y  $t_1$ . El conjunto de todos los cambios, ponderados por la longitud de cada fragmento, constituye la producción para el intervalo de tiempo considerado. Aunque conceptualmente este método debe dar valores muy exactos de la producción de hojas, en la práctica, aparecen resultados difíciles de explicar mediante transferencias entre distintas partes de la planta y sus epífitos o excreción de materia orgánica disuelta (BEDHOME *et al*, 1983) como la existencia de valores negativos de producción o cambios muy importantes en las tasas de producción entre un mes y el siguiente que THELIN & GIORGI (1984) atribuyen a la heterogeneidad espacial de la pradera, optando por calcular la media de producción entre un mes y el siguiente.

Por su parte, ROMERO (1985) propuso un método mucho más sencillo que consistía en multiplicar el crecimiento medio por la relación peso superficie del conjunto del haz.

Si se considera que el "engrosamiento" de las hojas es más o menos continuo con la edad, la producción real de hojas será la longitud que haya crecido cada hoja por su peso en el momento de desprenderse. Parece más conveniente, por tanto, multiplicar el crecimiento medio por la densidad, en g PS/cm, de las hojas más viejas de cada haz. Se puede criticar que este método por una parte, no considera las pérdidas, en forma de Carbono Orgánico Disuelto (DOC), de las hojas y por otra que el "engrosamiento" de las hojas se produce en un tiempo posterior a su elongación y, por tanto, el ciclo de producción obtenido puede resultar distorsionado.

En cuanto a la primera de las críticas, experimentos de laboratorio realizados sobre *Thalassia testudinum* y *Zostera marina* (BRYLINSKY en HILLMAN *et al*, 1989; PENHALE & SMITH, 1977) estiman que la cantidad de DOC perdido es el 1.5% o inferior del carbono fijado, aunque esta cantidad puede aumentar si las plantas están sometidas a desecación (PENHALE & SMITH, 1977) lo que, evidentemente, no es el caso de *Posidonia oceanica*.

En cuanto a la segunda objeción, será tanto más importante cuanto la tasa de incremento de densidad de las hojas sufra cambios importantes a lo largo del ciclo anual. En este sentido no existen evidencias directas, aunque se ha intentado hacer una estimación basándonos en el modelo de crecimiento de hojas individuales. De cualquier modo, como ya se ha comentado anteriormente, la posibilidad de transferencia y almacenamiento de productos de fotosíntesis (LIBES & BOUDOURESQUE, 1987) hace que el ciclo de crecimiento obtenido mediante el método de marcaje no se corresponda con el de fotosíntesis (medida por métodos metabólicos) aunque estos cambios tienden a compensarse al considerar el ciclo anual completo (ROMERO, 1985).

Por otra parte, puede haber un transporte de sustancias, previo a la caída de las hojas, de las más viejas a las más jóvenes que provoque una disminución de la densidad de las hojas de mayor rango (y por tanto una subestimación de la producción con el método aquí propuesto. De cualquier modo, se considera que este transporte de sustancias es más cualitativo que cuantitativo. Es decir, aunque se produzca reciclado interno de nutrientes previo a la caída de las hojas (ROMERO *et al*, en prensa) se considera que este no debe de ser importante en términos de biomasa.

Una última reflexión es que, si se consideran las densidades de las últimas hojas de cada haz, se están teniendo en cuenta hojas de edad distinta. Para eliminar esta variabilidad se consideró, para cada muestra, la densidad media de los limbos de las hojas de rango mayor que se hallaban presentes en, al menos, la mitad de los haces estudiados, puesto que por encima de este valor se considera, a fines estadísticos, que las hojas han caído.

#### d) Producción de peciolos.

ROMERO (1989c) ha calculado la producción de peciolos en *Posidonia oceanica*. Las cifras obtenidas (en torno al 15% de la producción total de la planta) no son en absoluto despreciables. Este autor calculaba la longitud media de las dos últimas hojas de cada haz y la multiplicaba por la relación peso/longitud de los peciolos y el número de hojas (peciolos) producidos por año. Para el cálculo de la producción de los mismos se ha seguido un método básicamente similar al de este autor consistente en multiplicar el número de hojas por año en cada estación (calculado mediante lepidocronología) por el peso medio anual del peciolo de la última hoja de cada haz (calculado también para cada estación). Los resultados obtenidos, en principio, no deben diferir significativamente de los obtenidos por ROMERO (1989c).



### 3.3.2.- Muestreo de partes hipogeas:

#### a) Biomasa

Para la estimación de la biomasa de las partes hipogeas (rizomas y raíces) se cortaban pedazos cúbicos de mata de 25 cm de lado con una sierra (tres replicas a cada profundidad). En el laboratorio se quitaban las escamas que permanecían adheridas a los rizomas, se eliminaba cuidadosamente el sedimento y los epífitos y se separaban las distintas fracciones de acuerdo a los criterios de FRANCOUR (1990) para diferenciar las partes vivas y muertas. Para calcular la biomasa de rizomas se eliminaban las escamas adheridas al mismo (OTT, 1990). La profundidad elegida incluye la mayor parte de la biomasa hipogea (FRANCOUR, 1990) pero se puede producir una subestimación de la biomasa total, particularmente de la biomasa de raíces en la estación superficial. De cualquier modo, los resultados son comparables a los obtenidos por otros autores (PIRC, 1983; FRANCOUR, 1985, 1990; BOUDOURESQUE & JEUDY DE GRISSAC, 1986; ROMERO, 1989c; ROMERO *et al*, 1992) con la excepción que algunos de ellos expresan la biomasa de rizomas incluyendo el peso de las escamas.

#### b) Lepidocronología

Los peciolos quedan adheridos al rizoma después del desprendimiento del limbo foliar (muchos autores los llaman entonces escamas). Se ha demostrado que existe un ciclo de espesor en las escamas y que este ciclo tiene carácter anual (CROUZET, 1981; CROUZET *et al*, 1983; MOSSE, 1983, etc.). Esta técnica ha sido llamada lepidocronología (BOUDOURESQUE *et al*, 1983) y permite datar cada pedazo de rizoma. De este modo resulta fácil calcular el número de escamas (hojas) que han aparecido en un ciclo anual, el crecimiento de los rizomas (midiendo la separación entre dos mínimos de espesor) y la producción de rizomas (pesando los fragmentos de rizomas correspondientes a cada año, PERGENT *et al*, 1989). Además permite reconocer los restos de antiguas floraciones y asignarles una fecha exacta (PERGENT, *et al* 1989; SÁNCHEZ LIZASO & RUIZ, en prensa). En cada estación se muestrearon entre 40 y 50 rizomas ortotropos para realizar la lepidocronología siguiendo el protocolo de ROMERO (1985).

#### c) Estimación de la producción de hojas mediante la lepidocronología

Recientemente se ha propuesto un método para calcular la producción de hojas mediante la lepidocronología (PERGENT & PERGENT-MARTINI, 1991). El método se basa en la correlación existente entre la longitud de los peciolos y la longitud total de las hojas (GIRAUD, 1977; PERGENT & PERGENT-MARTINI, 1991) que puede ser calculada a partir de los datos de fenología (considerando solamente las hojas más viejas con el ápice entero), el número de hojas por año (fácilmente calculado por lepidocronología) y la densidad media de las hojas más viejas (que también se puede calcular a partir de la fenología). El atractivo del método radica en su relativa sencillez y en la posibilidad de evaluar la producción primaria de manera retrospectiva. Sin embargo, por tratarse de un método reciente, solamente ha sido contrastado con otros métodos en un número muy reducido de ocasiones.

### 3.3.3.- Otros parámetros

#### a) Floración:

La reproducción sexual en las fanerógamas marinas, y en concreto en *Posidonia oceanica*, es uno de los temas en los que la tradicional escasez de datos ha permitido la pervivencia de hipótesis que en la actualidad se están empezando a reconsiderar. La floración se inicia en otoño y los frutos se liberan en primavera. Se observa, como en otros parámetros fenológicos un desfase temporal con la profundidad (MAZZELLA *et al*, 1984).

Para el estudio de la floración en *Posidonia oceanica* se han realizado tres aproximaciones diferentes: i) Seguimiento de la floración de la pradera de Tabarca durante la realización de este estudio; ii) se ha realizado un inventario de floraciones ocurridas en la Península Ibérica utilizando los datos de la bibliografía, las observaciones del autor y los resultados de una encuesta realizada entre especialistas; y iii) una última aproximación se ha realizado mediante el uso de la lepidocronología que, como se ha comentado anteriormente, permite reconocer los restos de floraciones y asignarles una fecha exacta, aportando información además sobre la intensidad relativa del fenómeno.

Los rizomas se recogieron en inmersión con una separación mínima entre ellos de un metro. En el laboratorio se realizó la lepidocronología de acuerdo con el protocolo de ROMERO (1985). La datación de las floraciones se ha efectuado de acuerdo con el año lepidocronológico, es decir, una floración datada en 1989 corresponde a una floración que apareció entre el otoño de 1988 y el invierno de 1989. La intensidad de floración se expresa como el tanto por ciento del número de rizomas que presentan restos de floraciones frente al total de haces estudiados para cada año y estación. Los valores de intensidad media de floración por localidad y profundidad se han calculado mediante la media de las intensidades de aquellos años en los que se han estudiado un mínimo de 9 rizomas (SÁNCHEZ LIZASO & RUIZ, en prensa).

#### b) Producción de epífitos

El aumento de la biomasa de epífitos en un intervalo de tiempo se ha utilizado como una aproximación a la producción primaria. Esta estimación supone una infravaloración de la producción real debido a que no considera las pérdidas por consumo o por caída de hojas (KEMP *et al*, 1990).

Para corregir el efecto de la pérdida de material foliar se ha supuesto que los epífitos se distribuyen uniformemente sobre la superficie de las hojas (lo cual no es cierto) y que la pérdida de material foliar entre las fechas de marcaje y recogida llevaba aparejada una disminución proporcional de la biomasa de epífitos en el momento de marcaje. Con esta corrección se obtienen valores de producción ligeramente más altos de los que se obtendrían considerando simplemente los incrementos de biomasa pero que son, en cualquier caso, una subestimación puesto que los epífitos se concentran principalmente en los extremos distales de las hojas más viejas, que son los que tienen mayores probabilidades de caída. Además no se considera la pérdida de biomasa de epífitos debido al ramoneo de los herbívoros.

Otra crítica al método es que los valores de biomasa de epífitos que se poseen incluyen tanto a los epífitos vegetales como a los animales y, si bien dominan en términos de biomasa los epífitos vegetales, la contribución de la fracción animal de los epífitos no se conoce.

Los valores que se presentan como producción de epífitos en este trabajo deben de entenderse dentro de sus limitaciones como una aproximación al orden de magnitud en el que puede encontrarse la producción de epífitos de las hojas (no se han estudiado los epífitos de los rizomas) más que como un intento de realizar un cálculo exacto de la misma.

### 3.4.- MÉTODOS GENERALES Y ESTADÍSTICA

#### 3.4.1.- PESO SECO Y CENIZAS

Para el cálculo de los pesos secos las muestras se introducían en una estufa durante 48 h a 70° C que, en condiciones normales, se considera un tiempo suficiente para que las muestras alcancen peso constante (FRANCOUR, 1985, 1990). Determinadas muestras muy voluminosas, particularmente las procedentes de los muestreos de biomasa hipogea, se han mantenido durante tiempos mayores (hasta una semana) para asegurar su completo secado. En todos los casos las muestras se dejaban enfriar en un desecador con gel de sílice antes de ser pesadas. Hay que recordar que todas las muestras de hojas y epífitos han sido previamente decalcificadas durante una hora en ácido acético al 2 % lo que, indudablemente provoca una disminución del peso de las mismas.

El contenido en cenizas se calculó mediante la combustión de fracciones de peso conocido de cada muestra en una mufla a 450° C durante 12 h. El contenido en cenizas obtenido se ha utilizado para la obtención de las biomásas en peso "libre de cenizas".

#### 3.4.2.- TRANSFORMACIÓN A GRAMOS DE CARBONO

Como recomienda MARGALEF (1974), se ha utilizado un factor de 0.4 para transformar los pesos de materia orgánica, entendidos como peso seco sin cenizas, a gramos de carbono. La adecuación de esta transformación ha sido discutida por ROMERO (1985). En el caso de los trabajos que presentan los resultados en gramos de peso seco, se han transformado a gramos de carbono con un factor de conversión de 0.36 lo que implica suponer que el contenido de cenizas es un 10% del peso seco.

Otros autores han propuesto factores de conversión distintos. OTT (1990) propone un factor de 0.38 para transformar gramos de peso seco a gramos de carbono, mientras que HILLMAN *et al* (1989) proponen un factor de 0.50 para transformar gramos de peso orgánico (sin cenizas) a gramos de carbono.

### **3.4.3.- SOPORTE INFORMÁTICO Y TRATAMIENTO DE DATOS**

Los datos se almacenaron en la hoja de cálculo Lotus (versiones 2.2 y 3.0). La mayor parte de los análisis estadísticos (ANOVA, MANOVA, regresiones) se realizaron con el programa STATGRAF (versión 4.2) y, en menor medida, con el CSS. Para el análisis multivariante se han utilizado los programas STAT-ITCF y SPSS.

## 4.-RESULTADOS

### 4.1.- TEMPERATURA

La figura 4.1 muestra los cambios mensuales en la temperatura de agua en la superficie y en la estación de 19 m entre marzo de 1988 y octubre de 1989. No se han representado las temperaturas a 4 y 12.5 m porque siguen, en líneas generales, la temperatura superficial. Se observa la termoclina estival, que se sitúa entre los 15 y 17 m, que es la responsable de una diferencia entre las estaciones más someras y la profunda que puede llegar a superar los 8° C. Los mínimos anuales se alcanzan a mediados de febrero o principios de marzo y se puede constatar que 1988 fue un año más frío (13.5°-27.7° C) que 1989 (14.2°-28.4° C).

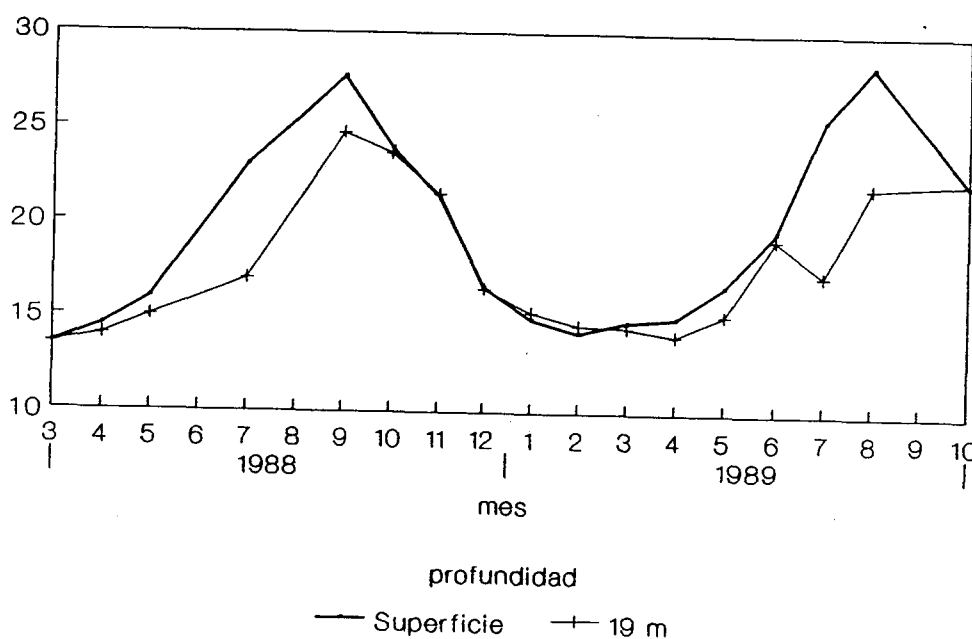


Figura 4.1: Evolución de la temperatura en superficie y a -19m entre 1988 y 1989.

El sector SE español es uno de los puntos más cálidos de la Península Ibérica, en cuanto a temperatura del agua de mar puesto que más al sur se empieza a notar la influencia de las aguas superficiales atlánticas (ZOFFMAN *et al*, 1985). Esto viene confirmado por la distribución de algunos organismos estenoicos característicos de aguas menos cálidas como *Corallium rubrum* o *Paramunicea clavata* ausentes en la provincia de Alicante y presentes tanto en al Norte como en al Sur de la misma; o la presencia en la zona de especies de afinidades tropicales como los verméticos, *Dendropoma petreum*, o el falso abadejo, *Epinephelus alexandrinus*, muy bien representados en la Reserva Marina de Tabarca (RAMOS, 1985) y que están ausentes, o son muy raros, en la parte Norte del Mediterráneo.

#### 4.2.- DENSIDAD Y COBERTURA

La densidad de la pradera de *Posidonia oceanica* de Tabarca disminuye con la profundidad con valores máximos en la pradera superficial y mínimos en la profunda (Tabla 4.1). A pesar de que se observan valores inferiores de densidad, particularmente en la estación profunda en 1992, las diferencias no son significativas.

Prof.	1988	1992
4	1074 ± 38	1006 ± 45
12.5	450 ± 33	457 ± 16
19	378 ± 24	322 ± 19

**TABLA 4.1:** Densidad, en haces/m<sup>2</sup>, con sus correspondientes errores típicos, para las estaciones consideradas. Las diferencias entre 1988 y 1992 no son significativas.

Prof.	1988 (t)	1992 (t)	1992 (f)
4	77.5 ± 4.3	80.3 ± 5.5	83.4 ± 3.1
12.5	50.0 ± 4.7	53.0 ± 3.7	53.4 ± 5.8
19	51.0 ± 3.8	64.5 ± 2.7	68.4 ± 7.4

**TABLA 4.2:** Valores de cobertura expresados en tanto por ciento obtenidos por el método del transecto (t) y el fotográfico (f) en las tres estaciones consideradas. Se indica además el error típico de la estimación.

La cobertura también es mayor en la estación superficial que en las dos más profundas (tabla 4.2). Destaca en la estación de 12.5 m la presencia de bloques rocosos (casi un 20% de la superficie del fondo). No se observan diferencias significativas entre las coberturas obtenidas por el método del transecto y el método fotográfico en otoño de 1992. En cuanto a la evolución de la cobertura durante el período de realización de este estudio se observa un incremento significativo de la cobertura de la pradera profunda entre 1988 (51%) y 1992 (64.5 %).

### 4.3.- FENOLOGIA

#### 4.3.1.- Ciclo de aparición y caída

La aparición y caída de hojas es un proceso continuo a lo largo de año, pero la intensidad del mismo sufre fuertes variaciones estacionales (figura 4.2a). La aparición de hojas se concentra principalmente entre agosto y enero con un máximo en el mes de septiembre a 4 y 19 m. No obstante, a 12.5 m se observan valores altos entre agosto y noviembre sin un máximo marcado.

El número de hojas que aparecen en un año es menor en la estación superficial que el las dos estaciones mas profundas (Tabla 4.3). Hay que destacar la coincidencia de las estimaciones realizadas mediante el método de marcaje y mediante la lepidocronología.

Profundidad (m)	4	12.5	19
Lepidocronología	7.74	8.50	8.54
Fenología	7.69	8.57	8.66

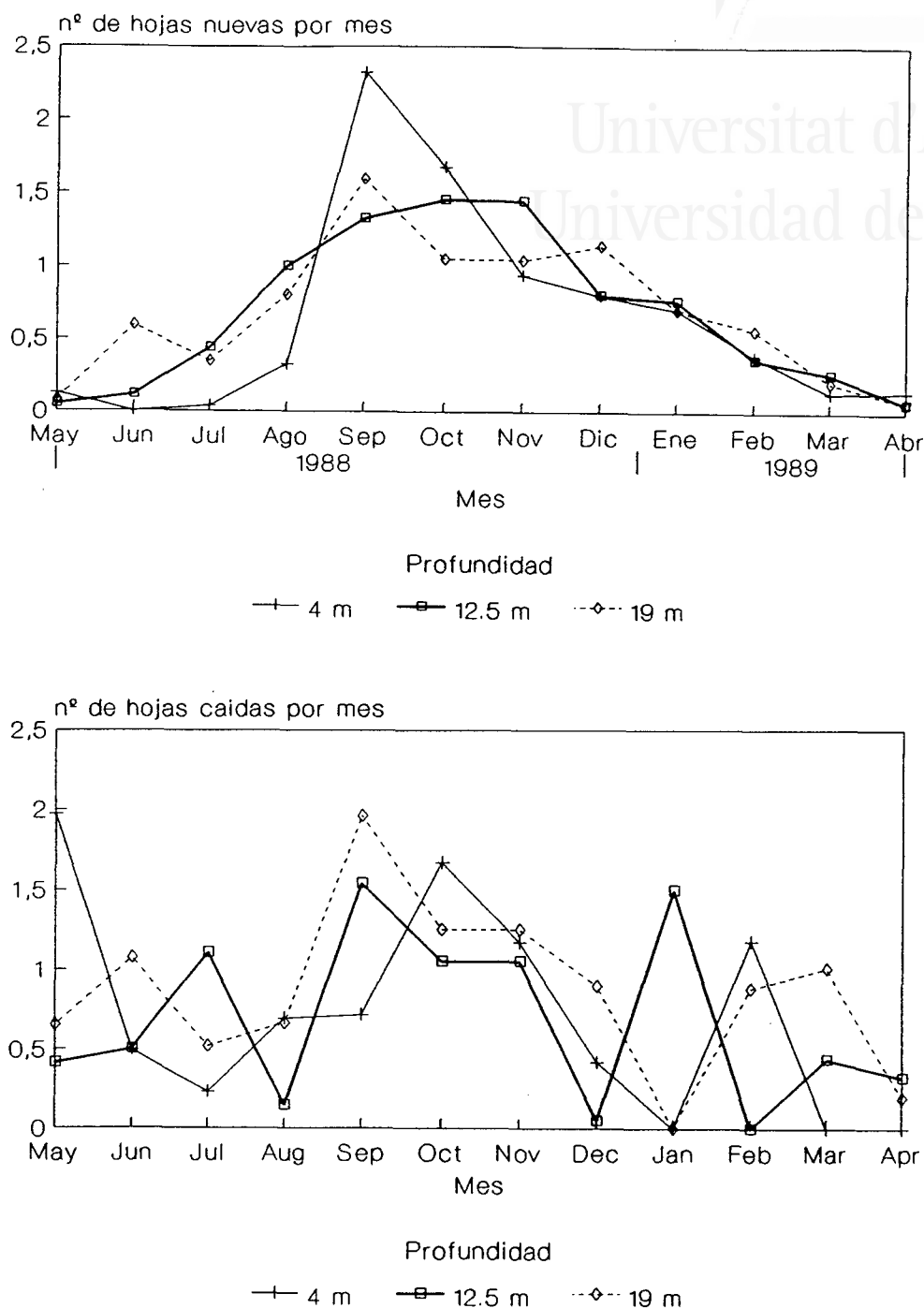
TABLA 4.3: Número de hojas producidas por año obtenidas por lepidocronología y fenología.

El ritmo de caída de hojas es similar al de aparición de hojas en la estación más profunda (figura 4.2b). A medida que disminuye la profundidad la caída de hojas adquiere un trazado más irregular. Esto puede explicarse por el efecto aleatorio introducido por los temporales que es más notorio en las estaciones más superficiales.

#### 4.3.2.- Número de hojas

El número total de hojas es relativamente constante a lo largo del año (figura 4.3) aunque se observan valores significativamente más bajos en primavera y más altos en invierno (nivel de significación del 95%). También se observa un efecto significativo de la profundidad con un menor número de hojas en la estación superficial (al 99%). Si se excluyen las hojas juveniles de los cálculos el mínimo se observa en verano (julio) y el máximo en invierno (enero).

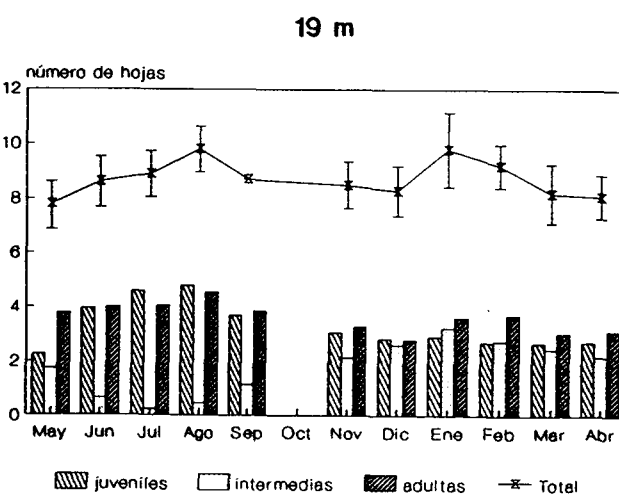
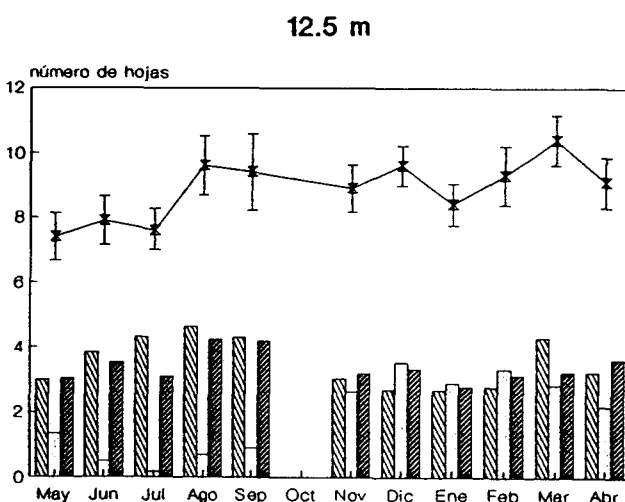
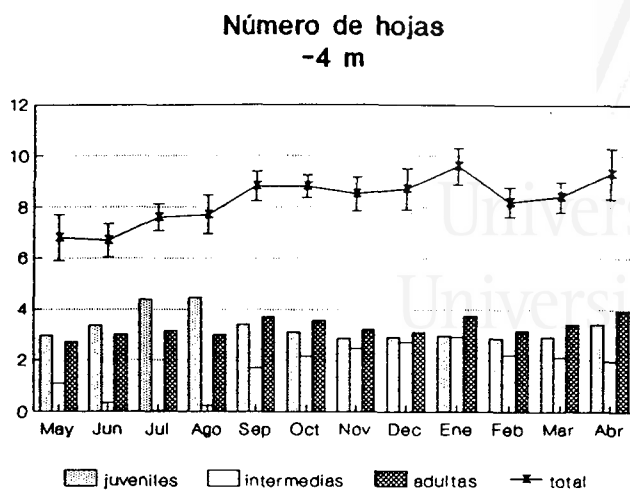
Si se analizan los cambios en el número de hojas de cada clase de edad se observa que las hojas juveniles e intermedias siguen distribuciones opuestas. En el caso de las hojas juveniles el máximo se alcanza en verano (agosto) en todas las estaciones y se mantiene relativamente constante el resto del año aunque con un mínimo en mayo. Se observa un ligero efecto de la profundidad con valores significativamente más altos a 12.5 m. No aparecen diferencias significativas entre las otras dos estaciones. Las hojas intermedias, por el contrario, presentan valores mínimos en verano (julio) y máximos en diciembre y enero. En la estación superficial se observa un número menor de hojas intermedias que en las otras dos.



**Figuras 4.2:** Tasas mensuales de aparición (a) y caída (b) de hojas.

Las hojas adultas a 12.5 y 19 m siguen un patrón similar al de las hojas juveniles con máximos a final de verano (agosto-septiembre) y números relativamente constantes el resto del año. En la estación superficial este patrón estacional no se observa, probablemente debido a que los factores aleatorios que provocan la caída de hojas (temporales) se hacen sentir con mayor intensidad. Se observa un incremento significativo (al 99%) del número de hojas adultas con la profundidad lo que podría estar relacionado con la menor incidencia del hidrodinamismo y su relación con la caída de hojas que se ha comentado anteriormente.





**Figura 4.3:** Número de hojas de los distintos tipos (juveniles, intermedias, adultas y total de hojas), para las tres profundidades del estudio (a) -4m, (b) -12.5m y (c) -19m. Las líneas verticales indican las desviaciones típicas del número total de hojas.

#### 4.3.3.- Longitud

La longitud media de las hojas adultas sigue un patrón similar para las tres estaciones con máximos en julio (115, 104 y 95 cm/hoja a 4, 12.5 y 19 m, respectivamente) y un mínimo en noviembre (figura 4.4). La longitud media de las hojas intermedias tiene un máximo en mayo a 12.5 m y en junio a 4 y 19 m. Los mínimos se encuentran en julio a 4 m y en agosto-septiembre a 12.5 y 19 m. Después de este mínimo se observa un incremento gradual de la longitud durante el otoño y el invierno.

#### 4.3.4.- Anchura

Se observa un claro incremento de la anchura de la hoja con su edad (rango de inserción) en todas las profundidades. Si se descomponen los datos por meses (figura 4.5) se observa que este incremento de la anchura con el rango se mantiene la mayor parte del año exceptuando los meses de agosto, septiembre y octubre (para este último mes sólo se dispone de datos en la estación superficial). Hay que señalar que este período coincide con el inicio del ciclo de renovación de hojas y las hojas de menor rango son muy jóvenes y cortas.

#### 4.3.5.- Superficie por haz e índice foliar

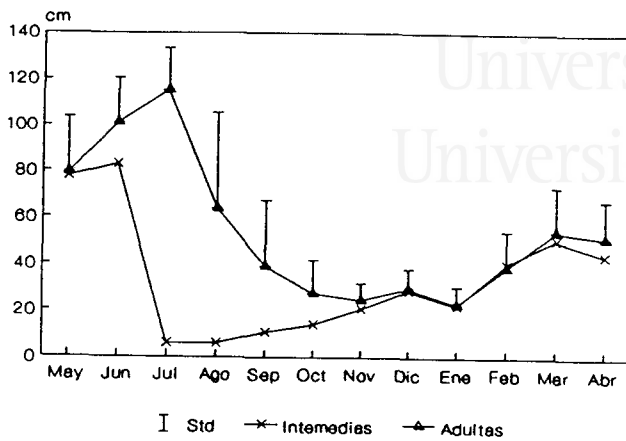
La superficie foliar sigue una marcada tendencia estacional con altos valores en primavera-verano y mínimos en otoño (figura 4.6a). A 4 m y 19 m los valores más altos se observan en julio (327 y 320 cm<sup>2</sup>/haz, respectivamente) y al final de marzo en la estación de 12.5 m (377 cm<sup>2</sup>/haz). Los mínimos valores se encuentran en octubre a 4 m (115 cm<sup>2</sup>/haz) y en noviembre a 12.5 y 19 m (152 y 82 cm<sup>2</sup>/haz, respectivamente).

El índice foliar (figura 4.6b), expresado en m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> de pradera, alcanza valores muy altos en la estación superficial con un máximo de 35 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. A 12.5 y 19 m, como consecuencia de la menor densidad de la pradera, los valores son, lógicamente, más bajos (en torno a los 14 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> en ambas estaciones).

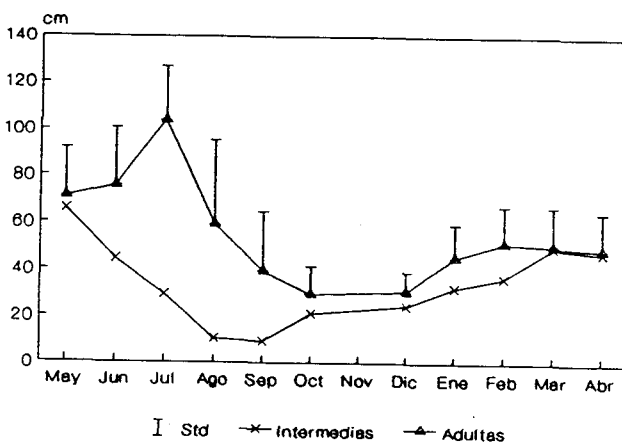


Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

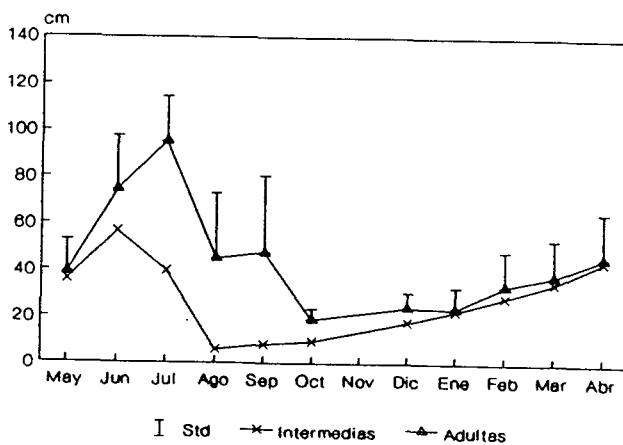
4 m



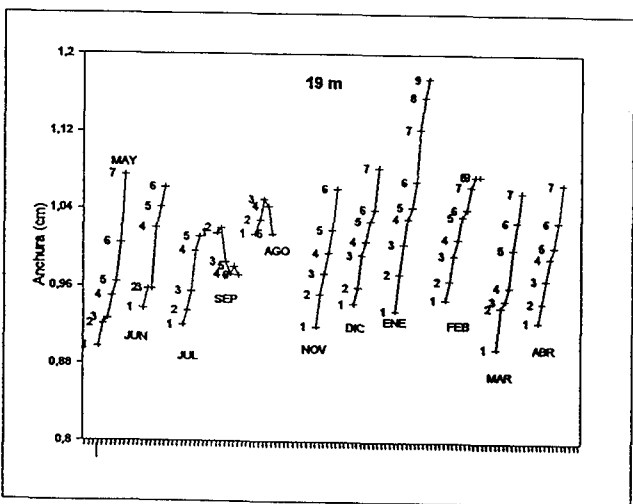
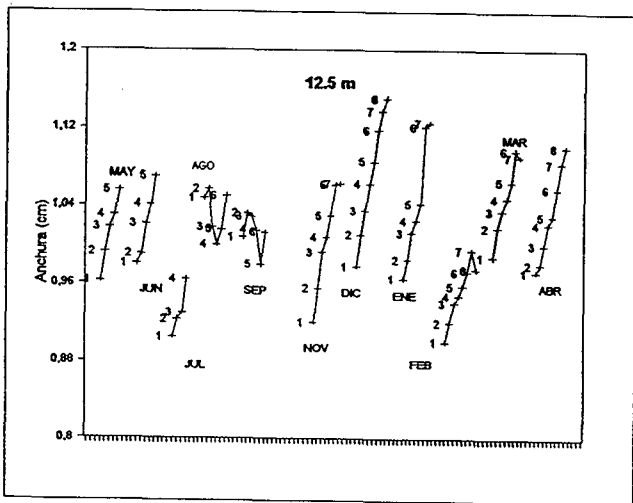
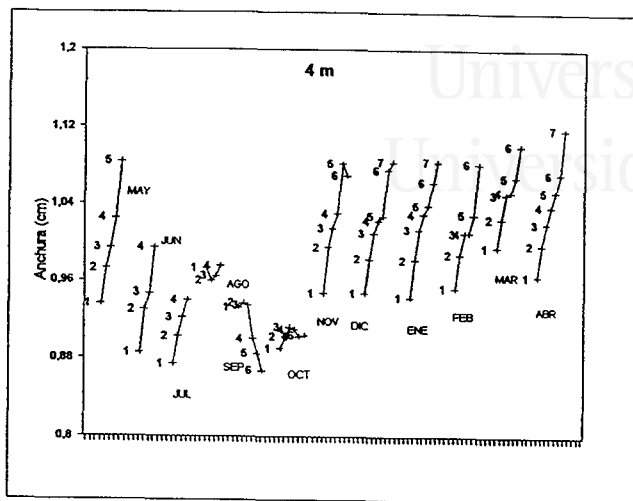
12.5 m



19 m



**Figura 4.4:** Longitud media de la hojas intermedias y adultas en las tres estaciones, (a) -4m, (b) -12.5m y (c) -19m. Las barras representan la desviación típica de las hojas adultas.



**Figura 4.5:** Cambios en la anchura media de las hojas de acuerdo a su rango de inserción para las tres profundidades del estudio (a) -4m, (b)- 12.5m y (c) -19m.

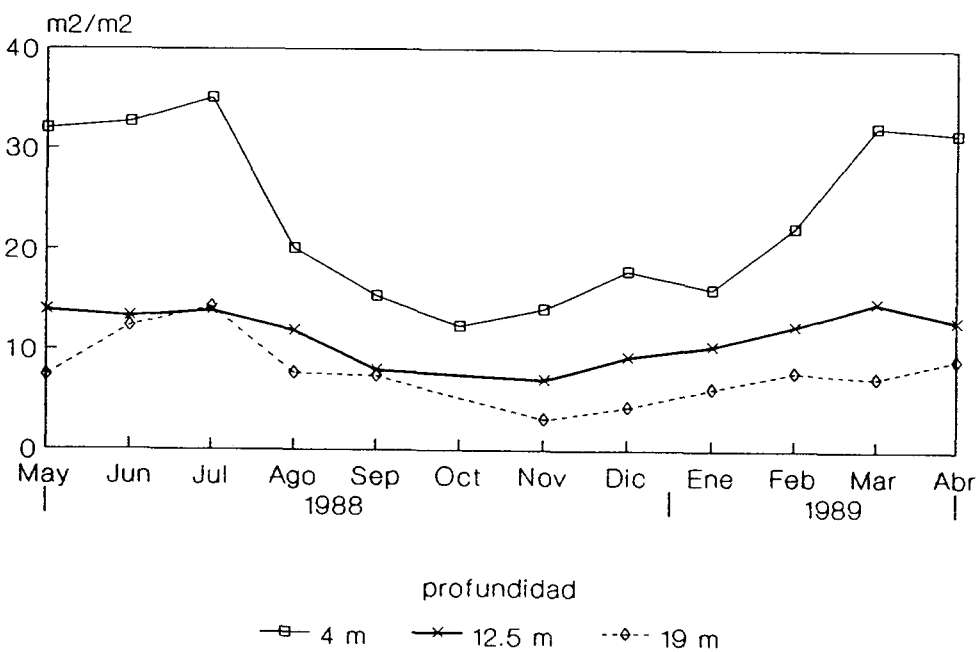
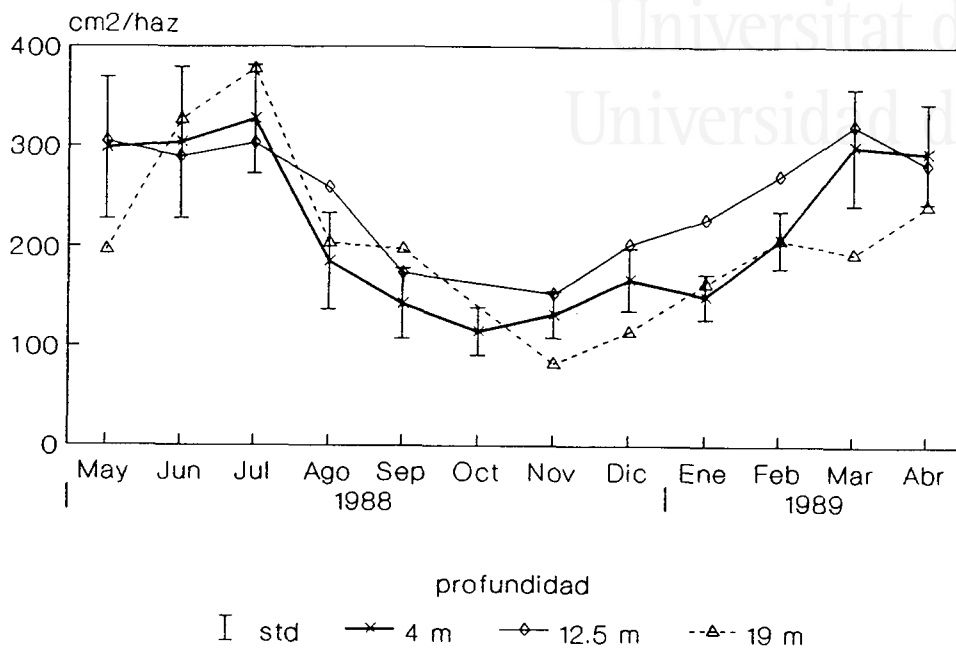


Figura 4.6: Cambios estacionales en la superficie por haz (a) y el índice foliar (b).

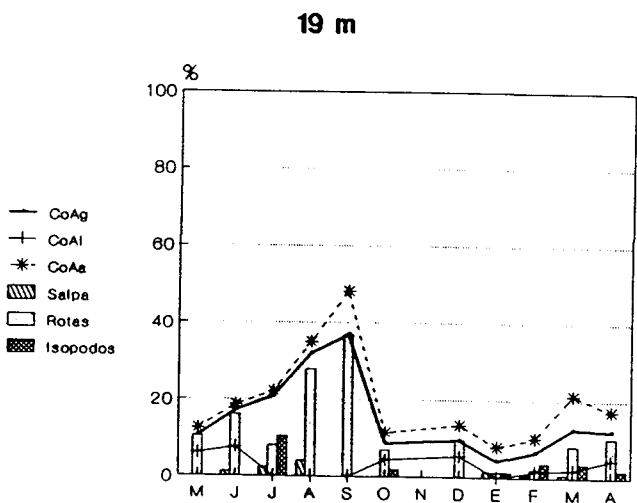
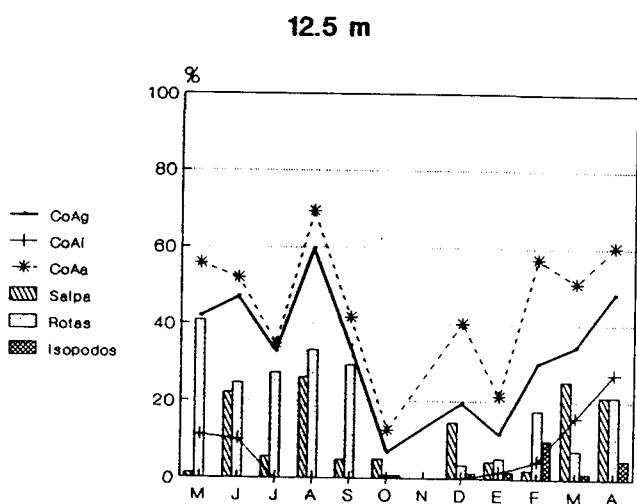
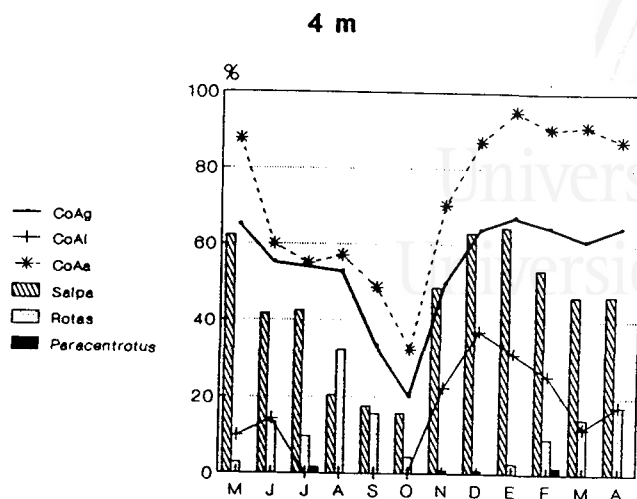
#### 4.3.6.- Estado del ápice

Como es de esperar, la posibilidad de pérdida del ápice está influida por la edad de las hojas (figura 4.7). Se observa a todas las profundidades un mayor tanto por ciento de extremos rotos en las hojas adultas que en las intermedias. También se observa que el tanto por ciento de hojas no enteras (coeficiente A *sensu* GIRAUD, 1977), disminuye al aumentar la profundidad. En la estación superficial de diciembre a agosto en torno al 60 % de las hojas (considerando intermedias y adultas) están rotas y más del 90 % de las hojas adultas entre diciembre y mayo). Los valores más bajos de Co A se observan en octubre (20%). En la estación intermedia el máximo Co A se observa en agosto (60%) y el mínimo en noviembre (8%). A 19 m el máximo se observa en septiembre y el mínimo en enero (37% y 5%, respectivamente).

Respecto a las causas de la pérdida del ápice se ha observado que i) a 4 m la causa más importante de pérdida del ápice es la presión de los herbívoros y más concretamente de *Sarpa salpa*. ii) Con la profundidad la influencia de *S. salpa* disminuye. iii) También se encuentran mordiscos de otros herbívoros aunque en proporción muy baja o casi insignificante como el erizo *Paracentrotus lividus* en la estación superficial e isópodos a 12.5 y 19 m.

##### a) Factores

Existen tres factores que controlan la evolución anual del estado del ápice de las hojas. El ritmo de formación de hojas que aporta nuevas hojas con ápices enteros, el tiempo de exposición de las mismas que incrementa la probabilidad de la actuación de los herbívoros, el hidrodinamismo y en último extremo la simple senescencia de la hoja y el ritmo de caída que elimina del haz las hojas que mayor probabilidades han tenido de ser rotas por alguno de estos tres factores. De este modo los valores más altos de hojas con el ápice intacto se observan después del rejuvenecimiento otoñal del haz en las tres estaciones y los más bajos a final de verano. La excepción la constituye la estación de 4 m con valores más altos de CoA en invierno-primavera que en verano. Para comprenderlo hay que considerar que, en esta estación, el ciclo caída de hojas es mucho más irregular por efecto de factores aleatorios externos (temporales) observándose un pico en la caída de hojas en primavera. La disminución observada a principios de verano en el CoA de esta estación se puede explicar, al menos parcialmente, por desaparición de las hojas más viejas (y rotas). Otra posible causa es que el comportamiento alimentario de las salpas, principal factor de pérdida del ápice en esta estación, sigue, basándonos en nuestras propias observaciones, una distribución altamente contagiosa lo cual puede introducir una cierta heterogeneidad espacial que después se refleje en el muestreo.



**Figura 4.7:** Cambio en el coeficiente A global, (CoAg) y de las hojas adultas (CoAa), Asi mismo se indica la causa de la rotura de las hojas.

### b) Sobrepastoreo:

Después de observar que en la estación de 4 m aparecían pequeñas superficies (100-200 cm<sup>2</sup>) de haces muertos se decidió realizar un programa de seguimiento con el fin de averiguar la causa y velocidad del fenómeno. El seguimiento consistió en marcar todos los haces alrededor de una de esas manchas y realizar su observación periódica. El marcaje se realizó el 24 de octubre de 1988 y en total se marcaron 71 haces. El 3 de noviembre se observó que la mayor parte de los haces presentaban señales de un intenso pastoreo por *S. salpa* y que 4 de ellos habían sido completamente comidos hasta el nivel de los peciolos. El seguimiento posterior demostró que algunos de los haces sometidos a estas intensas "siegas" moría. La figura 4.8 representa la evolución del número de haces "supervivientes", expresados como tanto por ciento del número inicial de haces marcados respecto al tiempo transcurrido desde el marcaje.

Se ha supuesto que *S. salpa* come, principalmente, las partes terminales y epifitadas de las hojas de *Posidonia* (VERLAQUE, 1981; VELIMIROV, 1984b) y no existen referencias previas de comportamientos alimentarios como el observado. Probablemente lo que pueda explicar este comportamiento sea la accesibilidad de las hojas. Las hojas largas y epifitadas son más accesibles (y probablemente de mayor interés nutricional para la especie por la presencia de los epífitos) que las partes más bajas de las mismas. En el caso de zonas de límite de la pradera las hojas pueden ser accesibles fácilmente hasta la base. Como han demostrado WITTMAN y OTT (1982) siegas repetidas de material foliar hasta el nivel de los peciolos se traducen en una reducción del crecimiento y un incremento de la mortalidad de los haces.

El fenómeno descrito no se considera, de momento, preocupante para la "salud" de la pradera en función de la extensión y densidad de la misma y por lo localizadas que son estas manchas de sobrepastoreo y su velocidad de evolución. Sin embargo, plantea una cuestión que debe ser seguida con atención, particularmente en la isla de Tabarca por tratarse de una reserva marina en la que las poblaciones de herbívoros (salpa y erizos) pueden aumentar considerablemente en un futuro con posible impacto sobre la pradera.

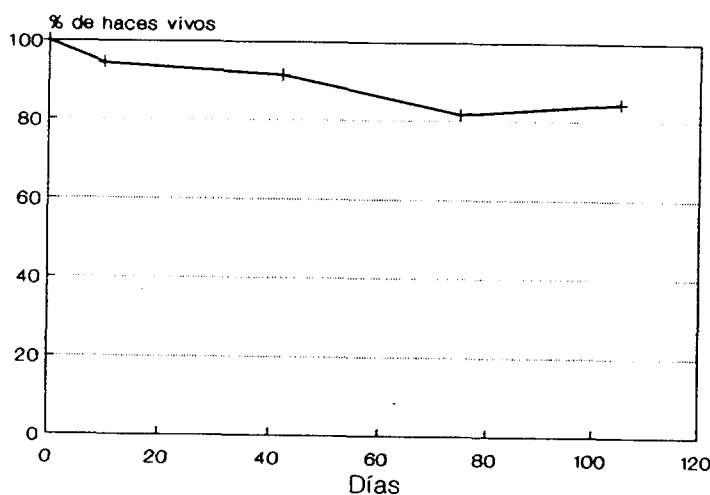


Figura 4.8: Evolución de número de haces "supervivientes" respecto del número de haces marcados inicialmente en función de los días transcurridos desde el marcaje. Una mayor explicación en el texto.



#### 4.3.7.- Enanismo en posidonia superficial

*Posidonia oceanica* representa una especie con una elevada plasticidad morfológica. CAYE (1980, 1982) ha estudiado los cambios morfológicos a nivel de los rizomas. No obstante, durante la realización de este estudio se observó también que se pueden producir modificaciones importantes en la morfología de las hojas (SANCHEZ LIZASO, en prensa). Se comprobó que en diversos puntos, siempre en praderas superficiales, aparecían plantas con hojas de dimensiones sensiblemente reducidas formando manchas de dimensiones variables.

Para realizar un seguimiento del fenómeno se seleccionaron dos puntos de muestreo, uno sobre el arrecife barrera de Tabarca a 0.5 m y el segundo sobre un frente erosivo situado a 3 m de profundidad en el transecto permanente. Como referencia se utilizó la estación de 4 metros. En estos puntos se realizó un muestreo trimestral de 20 haces para llevar a cabo estudios biométricos y, paralelamente, se muestrearon haces ortotopos para realizar la lepidocronología.

La tabla 4.4 muestra los valores de anchura de las hojas en las tres estaciones consideradas en diferentes épocas del año. Se observa claramente una diferencia importante (a un nivel de significación del 99 % en la anchura de las hojas entre las estaciones de 0.5 y 3 m (en torno a los 7 mm de anchura) y la estación de referencia (entre 9 y 10 mm).

meses	0.5 m	3 m	4 m
Octubre	0.77 (0.01)	0.71 (0.01)	0.91 (0.01)
Enero	0.75 (0.01)	0.66 (0.01)	1.01 (0.01)
Abril	0.72 (0.01)	0.67 (0.01)	1.04 (0.01)
Agosto	0.72 (0.01)	0.70 (0.01)	0.90 (0.01)

TABLA 4.4: Anchura media de las hojas en cm. Los números entre paréntesis representan el error típico.

Del mismo modo se observa que la longitud media (Tabla 4.5) de las hojas es sensiblemente inferior (a un nivel de significación del 99%) en las estaciones de 0.5 y 3 m (entre 5.8 y 12.9 cm) que en la estación de 4 m (entre 26.5 cm en octubre y 102.2 cm en agosto). Esta reducción de la longitud de las hojas en las estaciones más superficiales no es debida a una mayor proporción de hojas rotas ya que, aunque existen diferencias significativas en el coeficiente A, son debidas, principalmente a la época del año y no a las diferencias entre puntos de muestreo (Tabla 4.6).

meses	0.5 m	3 m	4 m
Octubre	5.8 (0.2)	8.2 (0.4)	30.0 (2.6)
Enero	8.7 (0.3)	6.6 (0.3)	29.0 (0.9)
Abril	8.1 (0.4)	7.8 (0.3)	52.9 (1.8)
Agosto	10.2 (0.5)	12.9 (0.5)	113.5 (2.9)

**TABLA 4.5:** Longitud media de las hojas en cm. Los números entre paréntesis representan el error típico.

meses	0.5 m	3 m	4 m
Octubre	26 [69]	31 [52]	33 [72]
Enero	26 [100]	58 [90]	63 [99]
Abril	73 [97]	75 [96]	58 [83]
Agosto	48 [79]	63 [77]	52 [88]

**TABLA 4.6:** Variación del coeficiente A en las tres estaciones estudiadas. Los números entre corchetes indican el porcentaje de las hojas rotas que están comidas por salpas (*Sarpa salpa*).

La tabla 4.7 representa el número de hojas por haz, considerando solamente las intermedias y adultas, se observa una disminución en verano (a un nivel de significación del 99%) pero no está tan clara la diferencia entre estaciones aunque se observa un menor número en la estación de 3 m (a un nivel de significación del 95%).

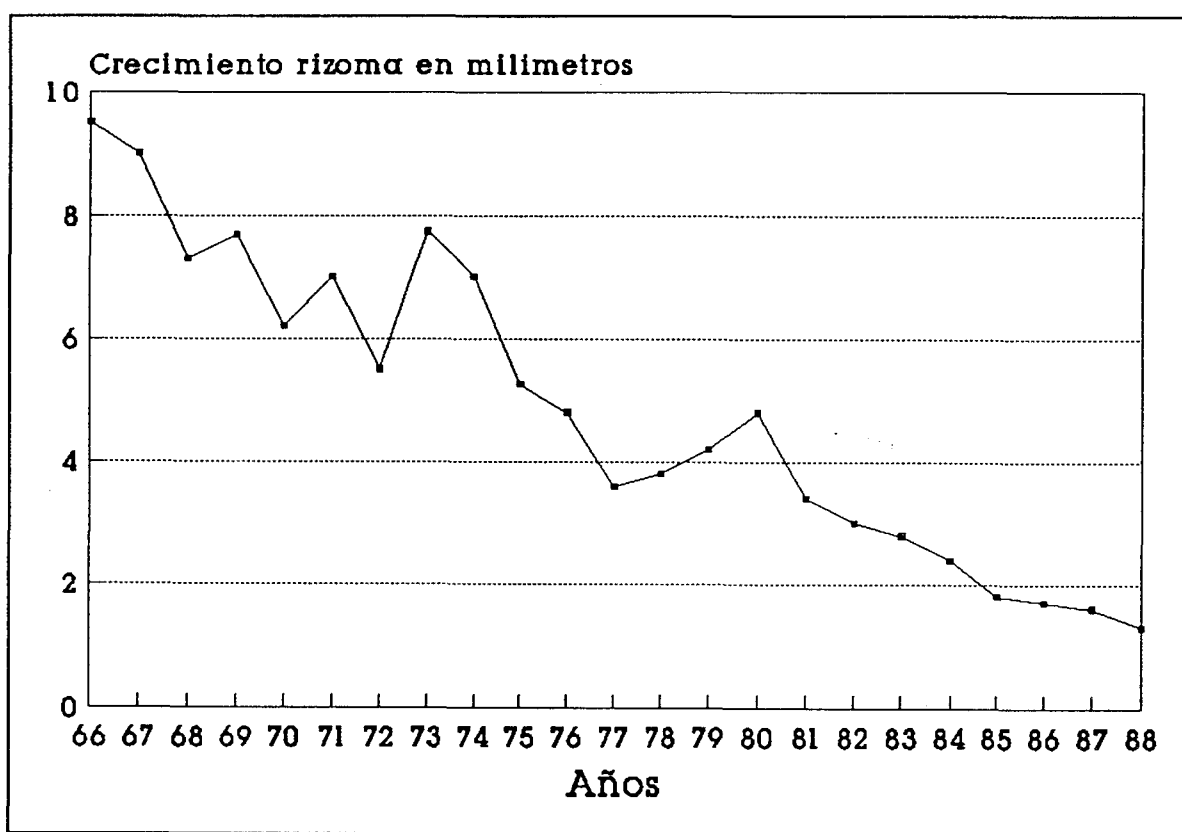
meses	0.5 m	3 m	4 m
Octubre	4.95 (0.21)	4.19 (0.20)	5.40 (0.13)
Enero	5.45 (0.22)	4.25 (0.25)	4.85 (0.20)
Abril	4.80 (0.29)	4.57 (0.16)	5.50 (0.14)
Agosto	4.15 (0.21)	4.45 (0.21)	3.20 (0.12)

**TABLA 4.7:** Número de hojas por haz, considerando solamente intermedias y adultas. Los números entre paréntesis representan el error típico.

Paralelamente a estos cambios, se observa que la longitud media del peciolo de la última hoja de cada haz no supera los 2 cm para las estaciones superficiales y que es significativamente mayor, en torno a los 5 cm, para la estación de referencia (Tabla 4.8).

meses	0.5 m	3 m	4 m
Octubre	1.42 (0.04)	1.52 (0.04)	5.08 (0.07)
Enero	1.96 (0.03)	1.36 (0.05)	4.64 (0.06)
Abril	1.55 (0.06)	1.57 (0.03)	5.29 (0.10)
Agosto	1.60 (0.07)	1.66 (0.05)	5.74 (0.11)

**TABLA 4.8:** Longitud media del último peciolo de cada haz en cm. Los números entre paréntesis representan el error típico.



**Figura 4.9:** Crecimiento anual de rizomas ortotropos en el arrecife barrera de Tabarca. Resultados similares se obtienen en la estación de 3 m.

Las plantas con hojas de tamaño reducido se encuentran siempre en el límite superior de la pradera o en lugares muy batidos formando manchas de dimensiones variables en las que predominan rizomas plagiotropos colonizando mata muerta de *Posidonia oceanica*. Dentro de estas manchas las densidades de haces son muy altas (1900 y 1600 haces/m<sup>2</sup> respectivamente) frente a las que aparecen en la estación de referencia (1100 haces/m<sup>2</sup>). Se ha observado que estos rizomas plagiotropos proceden de la transformación de rizomas ortotropos que crecen desde el interior de la "mata". El estudio de algunos de estos rizomas ortotropos mediante la lepidocronología ha permitido demostrar que estos cambios morfológicos se producen de una manera gradual a lo largo del rizoma desde una *Posidonia*

con características "normales" (longitud de las escamas  $> 3$  cm) a *Posidonia* de dimensiones reducidas (longitud de las escamas de 1.6 cm). Paralelamente se reduce la anchura del rizoma de 1.2 cm a 0.6 cm. Estos cambios van unidos a una disminución progresiva del crecimiento anual de los rizomas (figura 4.9) que puede estar ligado a condiciones de menor sedimentación e hidrodinamismo creciente (BOUDOURESQUE *et al*, 1984).

#### 4.3.8.- Crecimiento de hojas

El crecimiento por haz presenta una curva bimodal en todas las estaciones (figura 4.10) con valores mínimos en verano (en julio a 12.5 m y en agosto a 4 y 19 m con 0.712, 0.267 y 0.581 cm haz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, respectivamente) un máximo en noviembre a 4 y 12.5 m y en febrero a 19 m (1.63, 1.82, 1.64 cm haz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), una depresión en enero a 4 y 12.5 m y en marzo a 19 m (1.00, 1.56 y 0.98 cm haz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, respectivamente) y un segundo pico en febrero en la estación intermedia (1.78 cm haz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), en marzo en la estación somera (1.20 cm haz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) y en junio en la profunda (1.34 cm haz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>).

La contribución de cada hoja al crecimiento del haz muestra también una marcada tendencia estacional (figura 4.11). En julio casi toda la elongación del haz es debido al crecimiento de las dos hojas más jóvenes (superando el 95% de la elongación total en todas las profundidades) sin embargo en el período de octubre a enero se sitúa entre el 32 y el 52 % de la elongación total del haz debido a un incremento relativo del crecimiento de las hojas 3 y 4. La contribución de estas hojas disminuye gradualmente de febrero a julio. No se observan diferencias en esta tendencia a lo largo del gradiente batimétrico.

#### 4.3.9.- Curvas de crecimiento

A partir de las tasas de crecimiento mensuales de las hojas según su rango de inserción y del ciclo de aparición y caída de las mismas se han construido curvas del crecimiento teórico de cada hoja en función del momento de aparición en el haz. En las figuras 4.12, 4.13 y 4.14 se ha representado la longitud teórica de cada hoja según su momento de aparición, la longitud observada a partir de los datos de fenología y la evolución del rango de las hojas. Se ha supuesto en todos los casos que aparecen 8 hojas por haz y año.

Se observa que las primeras hojas que aparecen después del verano cambian de rango rápidamente, crecen poco y perduran poco tiempo en el haz (entre 4 y 5 meses). En cambio las que aparecen a final del otoño y principios del invierno mantienen su rango mucho más tiempo, alcanzan longitudes mucho mayores y perduran más tiempo en el haz (hasta 11 meses).

La forma de las curvas de crecimiento concuerda con lo que ROMERO (1985, 1989b) ha llamado hojas de tipo I y hojas de Tipo II. Las primeras corresponden a las hojas de vida corta con una curva de crecimiento de forma rectangular y longitud teórica final corta (20-40 cm) mientras que las segundas corresponden a hojas de vida larga con curvas de crecimiento diagonales y longitudes finales altas (70-100 cm).

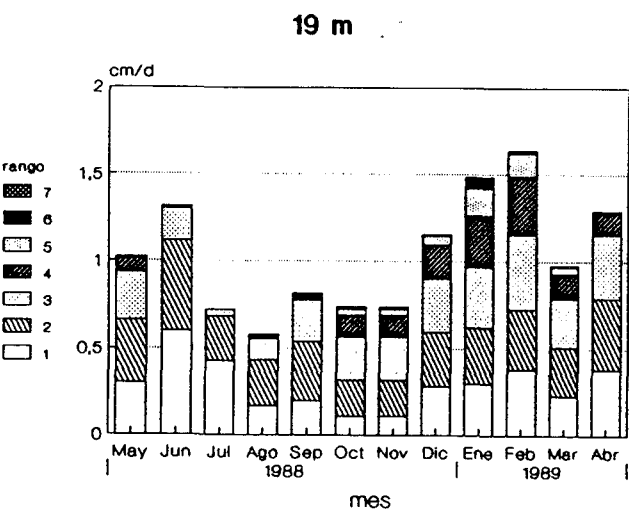
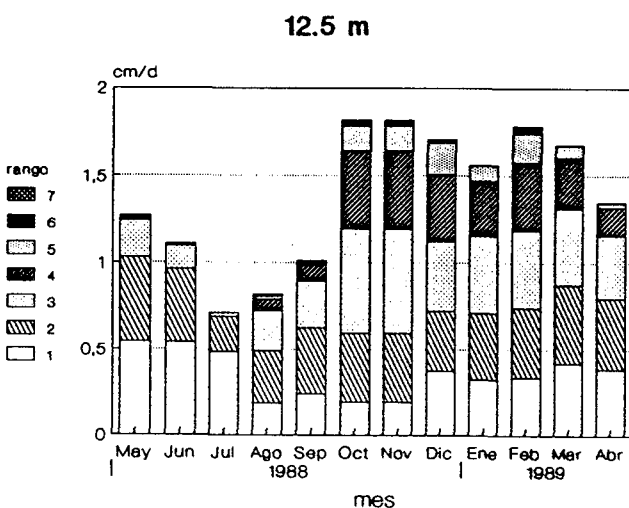
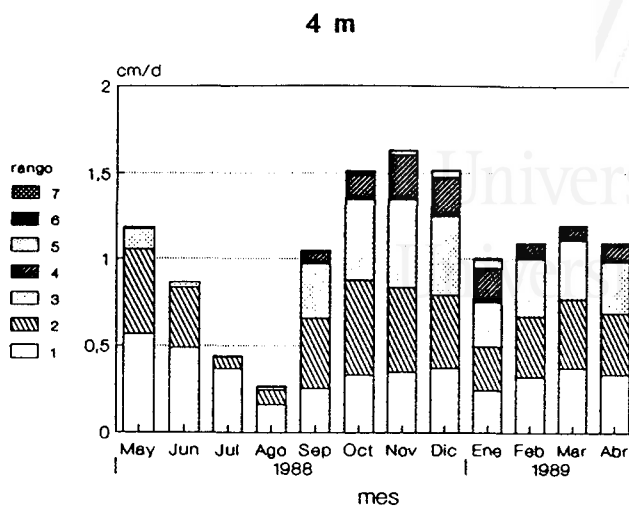
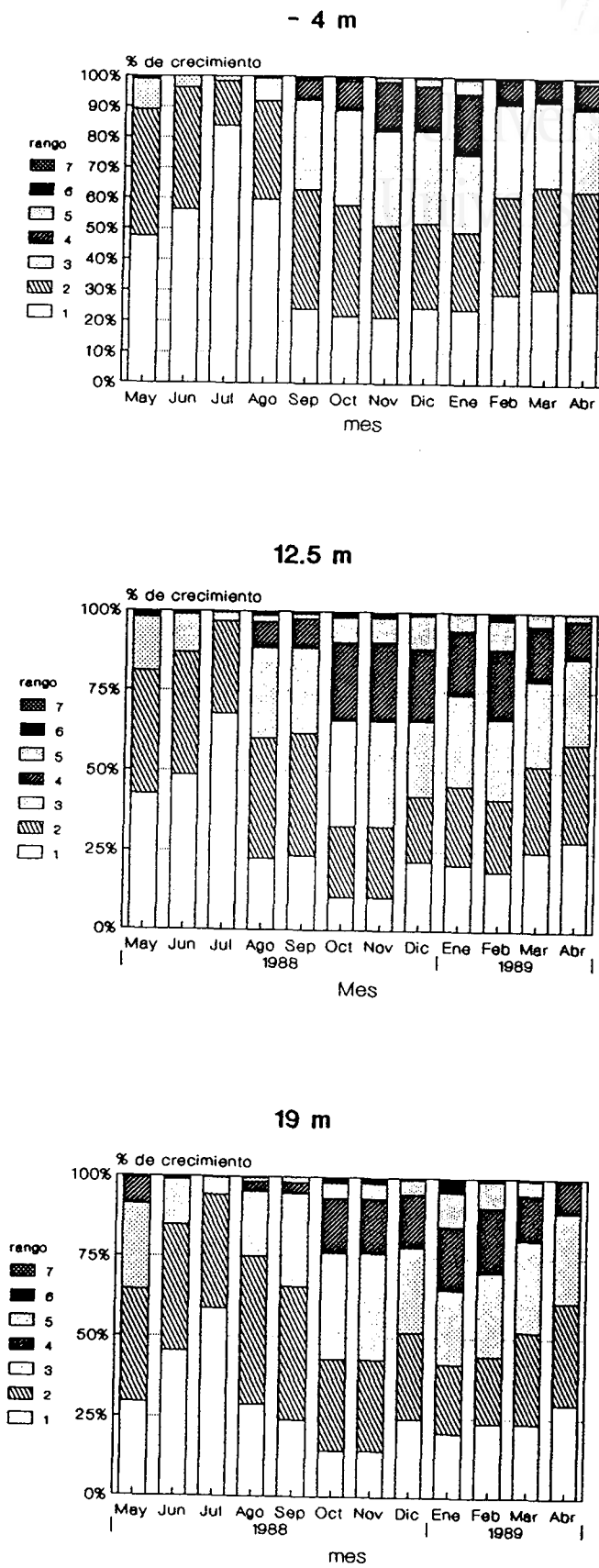


Figura 4.10: Evolución de las tasas de crecimiento a lo largo del año.



**Figura 4.11:** Cambios en la contribución relativa de cada hoja al crecimiento total del haz.

*Posidonia oceanica* de Tabarca.

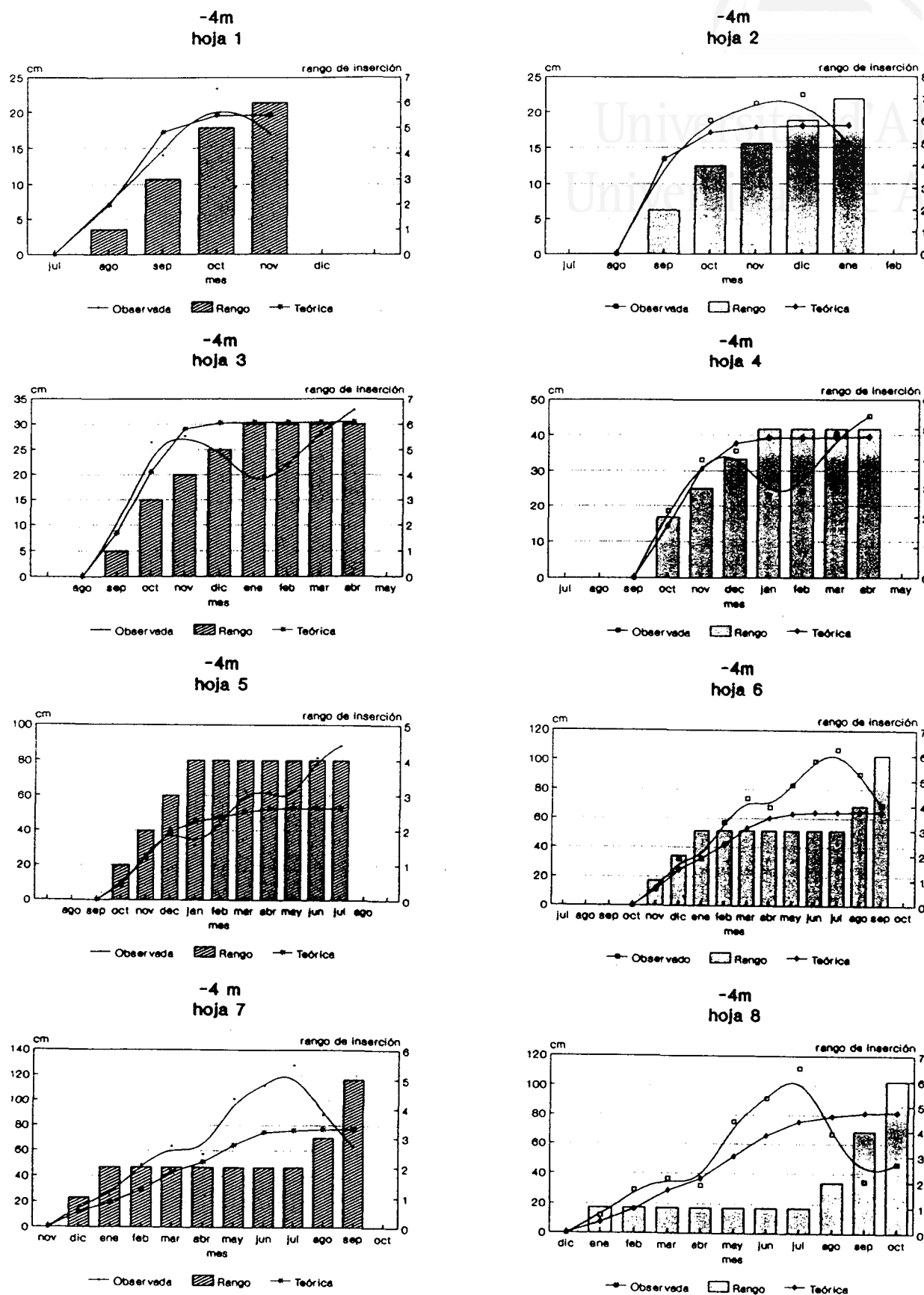


Figura 4.12: Evolución del rango de inserción y de la longitud teórica y observada de las hojas en función de su momento de aparición para la estación de 4 m.

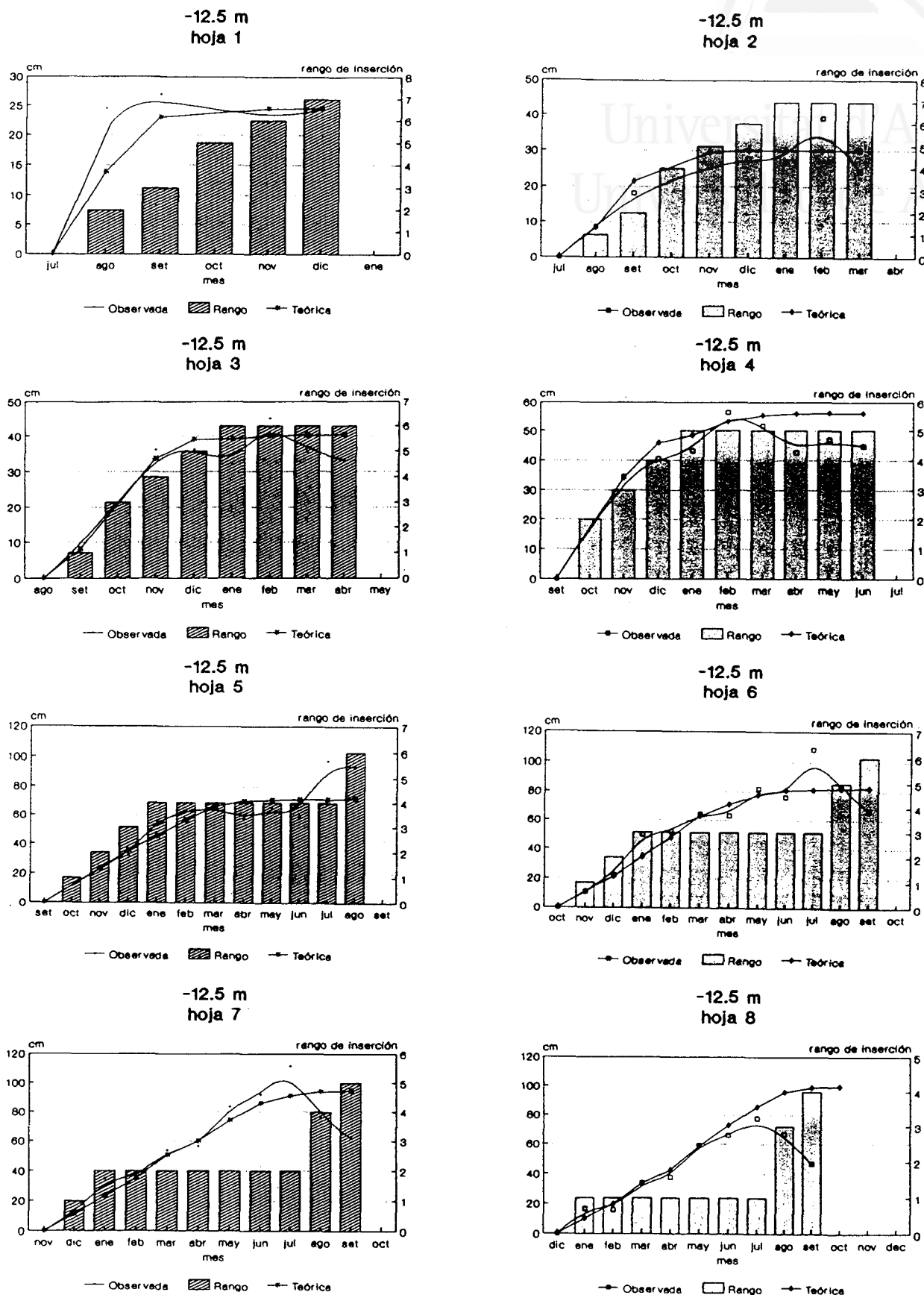


Figura 4.13: Evolución del rango de inserción y de la longitud teórica y observada de las hojas en función de su momento de aparición para la estación de 12.5 m.



*Posidonia oceanica* de Tabarca.

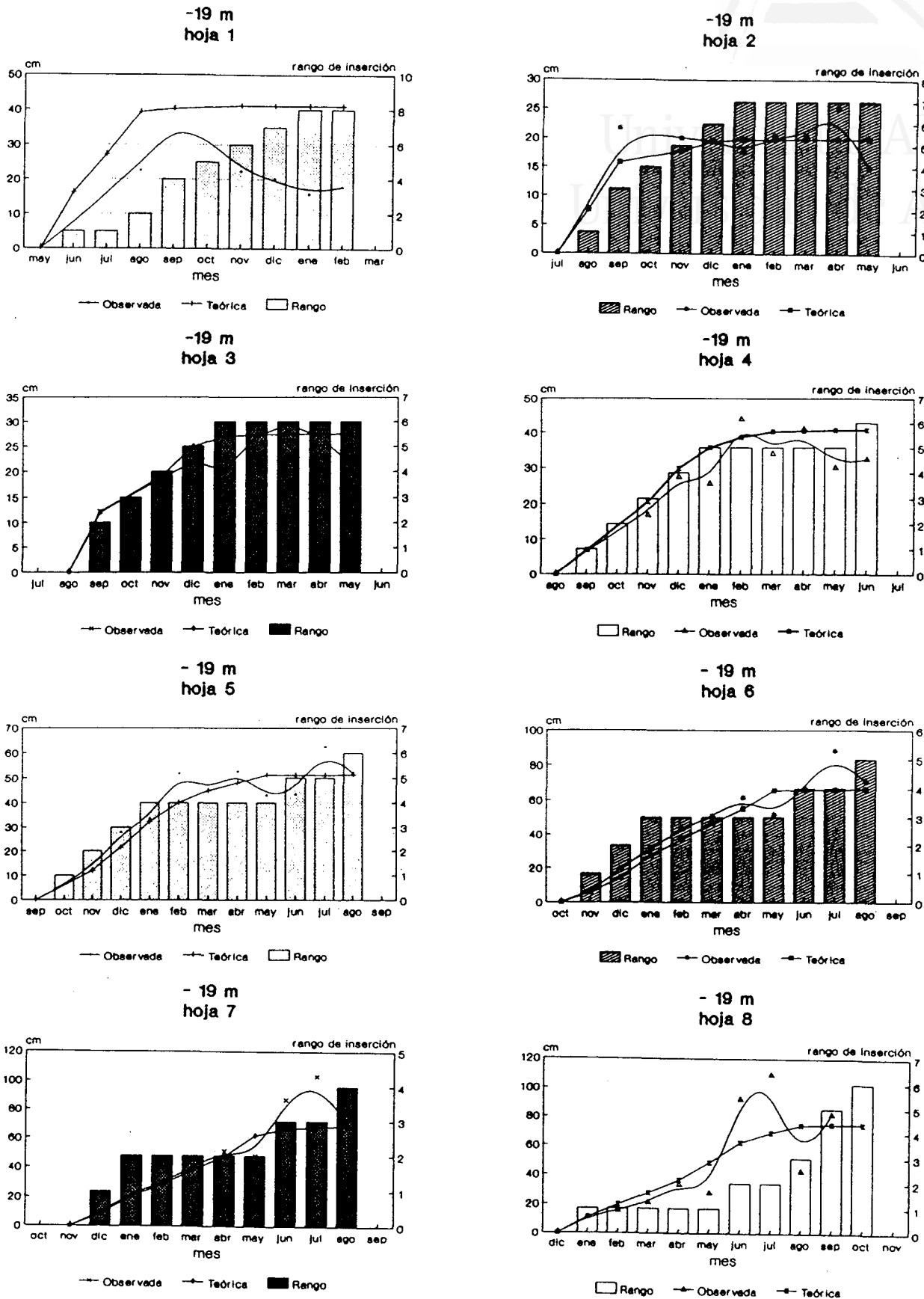


Figura 4.14: Evolución del rango de inserción y de la longitud teórica y observada de las hojas en función de su momento de aparición para la estación de 19 m.

Sería de esperar que la longitud observada para cada hoja fuese igual o menor a la longitud teórica calculada pero en algunos casos no es así. Particularmente en verano se observa que las hojas alcanzan longitudes mayores de lo que cabría esperar sumando sus crecimientos durante los meses anteriores. Se puede argumentar que las curvas de crecimiento teóricas son una extrapolación basada en un número constante de hojas en todos los haces, lo que no refleja la variabilidad existente en la pradera o que el método de marcaje subestima el crecimiento de las hojas. Otra posible explicación podría deberse al error introducido al considerar el ciclo de crecimiento de modo continuo cuando existen variaciones interanuales, esto significaría que el crecimiento en invierno y primavera de 1988 habría sido mayor al del mismo período de 1989, lo cual viene avalado por los resultados del método de PERGENT & PERGENT (véase el capítulo 4.4.2 c).

#### 4.4.- BIOMASA Y PRODUCCIÓN

##### 4.4.1.- Biomasa y densidad de hojas

La biomasa de hojas presenta valores elevados en primavera-verano y los mínimos en otoño (figura 4.15). A 4 m los valores más altos se observan en julio de 1988 y abril de 1989 (1.40 y 1.42 g PS/haz), a 12.5 m en Mayo de 1988 y marzo de 1989 (1.24 y 1.23 g PS/haz) y a 19 en julio de 1988 (1.32 g PS/haz).

Las biomasa de peciolos (figura 4.16) alcanza los valores máximos en primavera en la estación superficial con 171 mgr PS/haz y en verano a 12.5 y 19 m con 197 y 131 mgr PS/haz, respectivamente, mientras que los mínimos se observan a final del otoño en todas las estaciones (70, 69 y 41 mgr PS/haz)

Resulta particularmente útil, para los objetivos de este trabajo, observar los cambios en la relación peso/longitud de las hojas de acuerdo con su rango de inserción. Esta relación ha sido denominada por algunos autores densidad (aunque el término no sea adecuado puesto que estrictamente, densidad, debería referirse a la relación peso/volumen). Se puede observar que existe un incremento gradual de la "densidad" al aumentar el rango de inserción de las hojas tanto si consideramos las hojas completas (incluyendo las bases) como si consideramos solamente los limbos foliares (figura 4.17). En el primer caso resulta evidente puesto que las bases son más pesadas que el limbo y sólo se desarrollan en las hojas de mayor edad. En el segundo caso debe de atribuirse en parte al incremento de anchura de las hojas y en parte al incremento de espesor de las mismas. En este sentido, como han señalado otros autores (BEDHOME *et al*, 1983; THELIN & GIORGI, 1984; ROMERO, 1985, 1989; ESTEBAN, 1989) y se ha comentado anteriormente, el método de marcaje, tal y como fue aplicado por ZIEMAN (1974) en *Thalassia testudinum*, representa una subestimación de la producción en *Posidonia oceanica*.

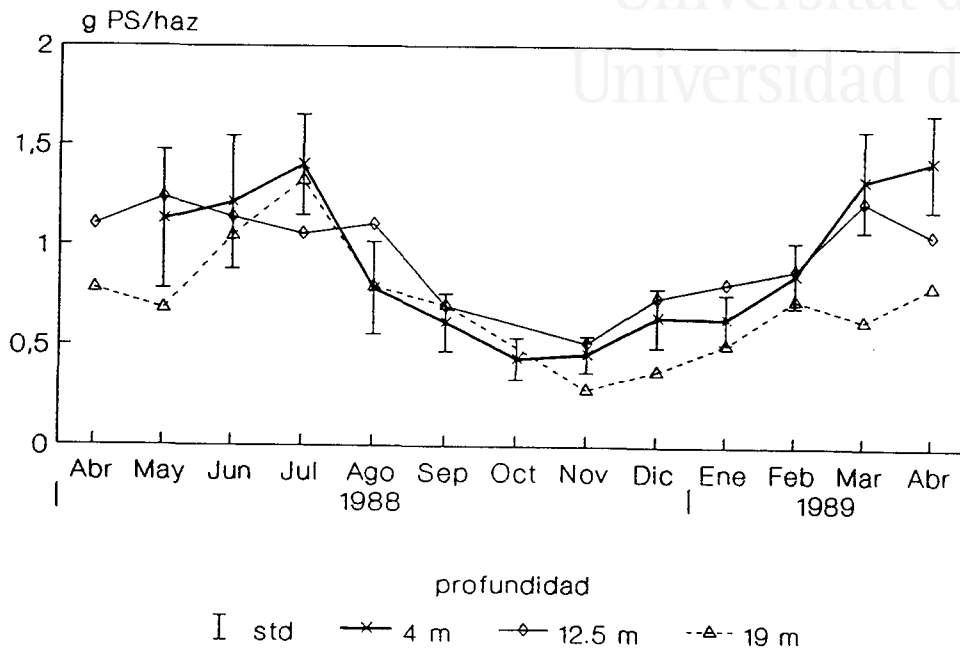


Figura 4.15: Cambios en la biomasa de hojas a lo largo del año.

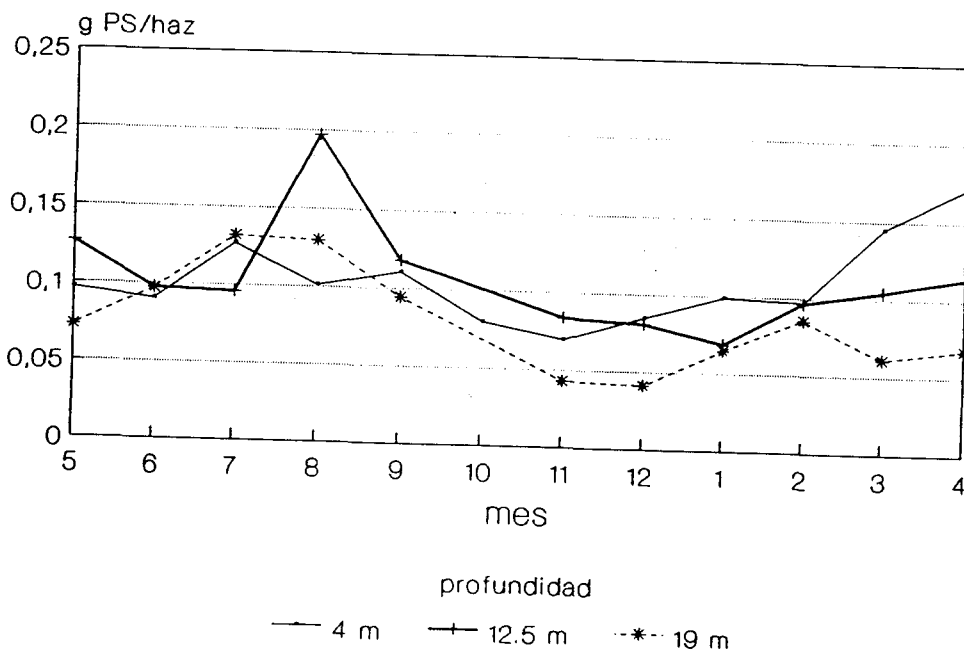


Figura 4.16: Cambios en la biomasa de peciolas a lo largo del año.

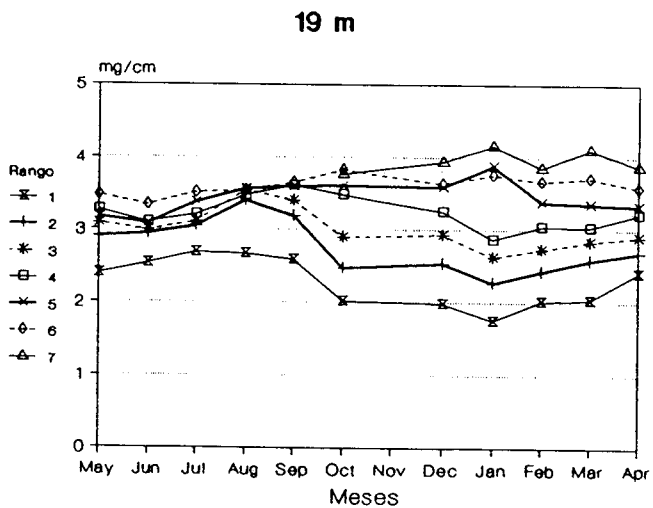
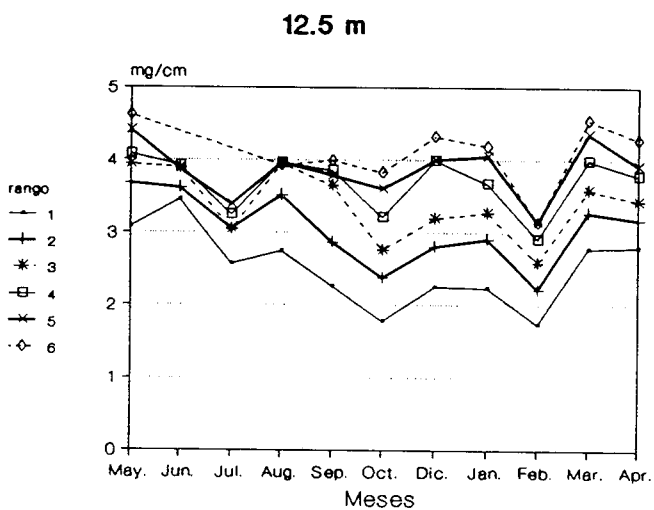
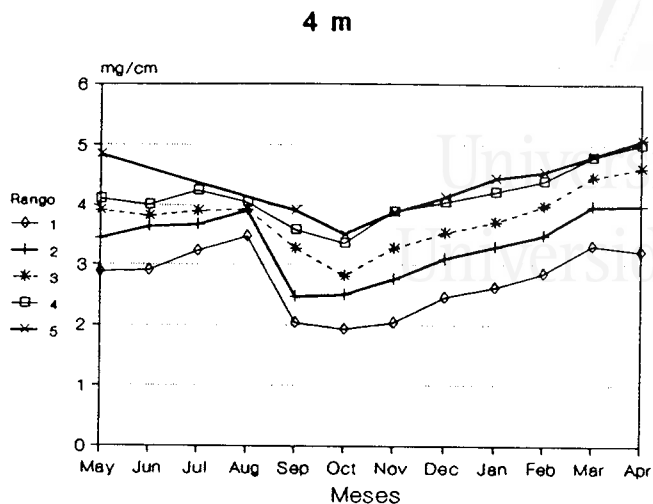


Figura 4.17: Evolución de la relación peso/longitud según la edad de las hojas.

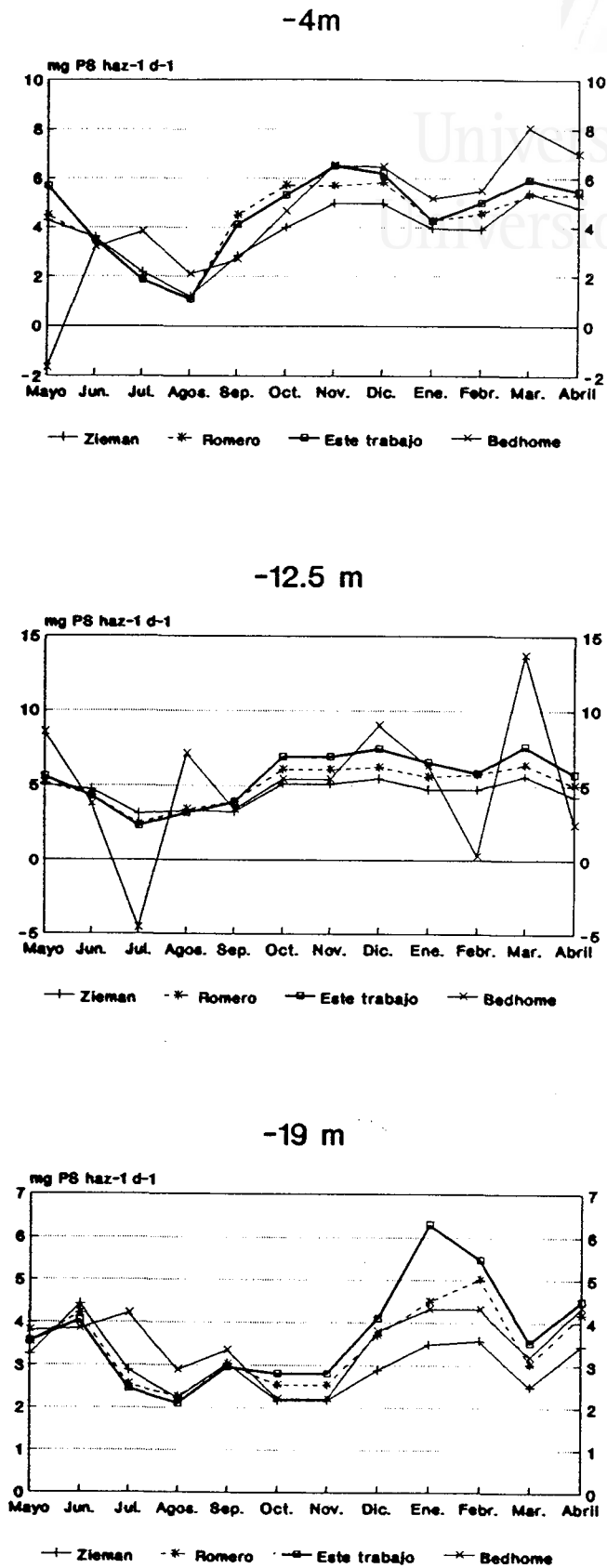


Figura 4.18: Comparación entre los distintos métodos en la estima de las tasas mensuales de producción de hojas.

#### 4.4.2.- Producción de hojas

##### a) LIMBOS: El método de Zieman (1974)

El peso de partes neoformadas de hojas sigue a 4 y 12.5 m una curva bimodal con valores mínimos en verano (1.24 y 3.144 mg PS h<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> en agosto a 4 m y en julio a 12.5 m, respectivamente), valores altos en otoño (4.974 mg PS h<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> en diciembre a 4m y 5.208 mg PS h<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> en octubre-noviembre a 12.5 m. Un ralentizamiento invernal (3.588 mg PS h<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> en enero a 4 m y 4.528 mg PS h<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> en febrero a 12.5 m) y un máximo en marzo (5.393 y 5.627 mg PS h<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> a 4 y 12.5 m respectivamente. A 19 m el ciclo es similar pero se observa un retraso respecto a las otras estaciones con valores muy bajos en agosto, octubre y noviembre (en torno a los 2.2 mg PS h<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), el pico "otoñal" en enero (4.147 mg PS h<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), la depresión invernal en marzo (2.608 mg PS h<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) y el máximo en junio (4.439 mg PS h<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>). Además se observa un tercer pico en el mes de septiembre (3.043 mg PS h<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>).

La contribución de las distintas hojas a la producción del haz es similar a lo que se observa en cuanto al crecimiento. En julio la mayor parte de la producción se debe a las dos hojas más jóvenes de cada haz mientras que en otoño se observa una mayor participación de las hojas de mayor rango.

##### b) Corrección de los valores de producción:

Como se ha comentado anteriormente, el método de marcaje subestima la producción de limbos foliares al no considerar el incremento de densidad (entendida como relación peso/longitud) de las hojas con la edad. Para corregir los valores obtenidos por el método de marcaje y conseguir unos valores más aproximados de producción se han multiplicado los valores de crecimiento por la densidad media de las hojas de mayor rango de cada muestreo. La producción anual de limbos foliares es por este método de 1.626, 1.992 y 1.336 gr PS haz<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> a 4, 12.5 y 19 m respectivamente (1.746, 0.896 y 0.505 Kgr PS m<sup>2</sup> a<sup>-1</sup>). La distribución estacional de la producción se presenta en la figura 4.18 y se observa que sigue un ciclo similar al del crecimiento.

##### \* Comparación con las correcciones introducidas por otros autores:

Se ha realizado la comparación de los resultados obtenidos en este trabajo con los que se hubiesen obtenido por otros métodos. Los resultados se representan en las figuras 4.18 y 4.19. Se observa que la corrección de ROMERO (1985) ofrece resultados similares a los datos sin corregir mientras que con la corrección de BEDHOME *et al* (1983) se obtienen valores absolutos comparables a los obtenidos por nuestro método. Las diferencias más importantes entre estos dos últimos métodos aparecen en la distribución estacional de la producción puesto que el método de BEDHOME y colaboradores presenta valores negativos que resultan difíciles de explicar, incluso considerando la posibilidad de transferencia de sustancias entre distintas partes de la planta o la excreción de carbono. La misma situación fue observada por GIORGI & THELIN (1983) que la han atribuido a la heterogeneidad espacial de la pradera proponiendo la realización de medias entre los valores de producción en meses consecutivos para "suavizar" los datos y evitar los valores negativos. Incluso con esta nueva corrección no desaparecen, con los datos obtenidos en este trabajo, la totalidad de valores negativos.

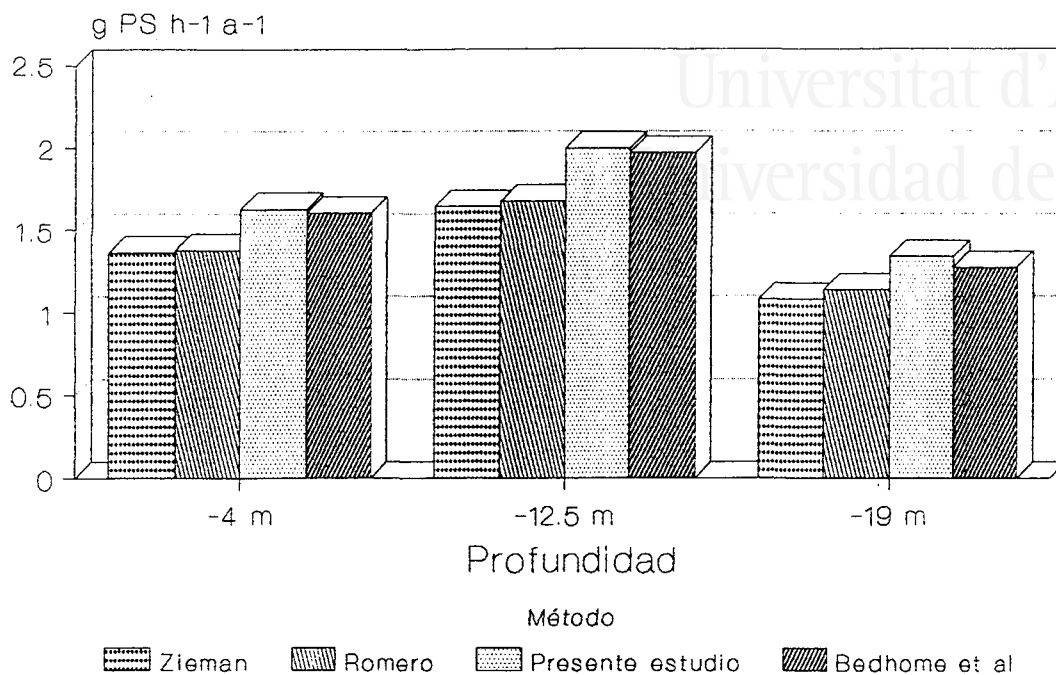


Figura 4.19: Comparación de métodos. Valores medios anuales.

c) El método de PERGENT & PERGENT-MARTINI (1991).

\* Correlaciones longitud escama-longitud hoja

La longitud media de las escamas presenta correlaciones significativas con la longitud media de los limbos foliares en cada una de las profundidades estudiadas, aunque la varianza explicada es baja, particularmente en la estación profunda (TABLA 4.9).

	intercep.	pendiente	r	r <sup>2</sup>	Prob
4	-172.7	47.68	0.83	0.69	<0.001
12.5	-171.7	49.31	0.85	0.72	<0.001
19	-81.2	28.75	0.62	0.39	<0.05

TABLA 4.9: Principales parámetros de las rectas de regresión entre la longitud de las escamas y la longitud de los limbos foliares para las tres profundidades.

Es posible incluir la variable profundidad (Z) para obtener una expresión general de la forma  $y = (a_1 + a_2 Z) + (b_1 + b_2 Z) x$  (PERGENT & PERGENT-MARTINI, 1991). La expresión obtenida es

$$L_{lim} = -197.24 + 5.12 Z + 51.23 L_{esc} - 0.976 Z L_{esc}$$

con una varianza explicada del 55 % ( $p < 0.0001$ ).

A partir de la lepidocronología se ha podido calcular la longitud media de las escamas en el período 1988-1991 para las tres estaciones y, por tanto estimar la longitud media de las hojas para cada año y profundidad. Por una parte se han realizado los cálculos con la ecuación obtenida a cada profundidad y por otra parte con la ecuación general obtenida para el conjunto de los datos. Los resultados se presentan en las tablas 4.10 y 4.11.

	prof.	1991	1990	1989	1988
a L escama	4	5.15	5.04	4.93	5.08
	12.5	5.18	5.00	4.93	5.27
	19	5.11	4.74	4.57	4.80
b nº hojas	4	7.82	7.57	7.25	7.16
	12.5	8.77	8.3	8.4	8.18
	19	8.37	7.53	8.46	8.82

TABLA 4.10: Longitud media de las escamas y número medio de hojas por año obtenidos por lepidocronología.

	prof	1991	1990	1989	1988	media
a	4	65.4	60.5	55.3	62.1	60.8
	12.5	78.7	69.7	66.7	82.8	74.5
	19	60.5	50.3	45.5	52.0	52.0
b	4	67.0	62	56.6	63.6	62.3
	12.5	69.1	61.9	59.5	72.4	65.7
	19	67.0	54.9	49.3	56.9	57.0

TABLA 4.11: Longitud media de los limbos foliares calculada a partir de las rectas de regresión para cada profundidad (parte superior) y con la expresión general (parte inferior).

#### \* Cálculo de la producción primaria.

La densidad media de los limbos foliares, entendida como relación peso- longitud se



ha calculado a partir de los datos de fenología. Se observa una disminución de la densidad con la profundidad siendo de 4.149 mgr/cm a 4 m, 4.01 mgr/cm a 13 m y 3.6 mgr/cm a 19 m. Esto concuerda con lo observado por MARIANI-COLOMBO *et al* (1983) de una disminución en el espesor de las hojas con la profundidad.

La producción de limbos foliares se ha calculado por dos métodos diferentes. Por una parte, considerando las longitudes obtenidas con las expresiones ajustadas a cada profundidad y, por otra parte, con la expresión general. Así mismo, se ha calculado la producción primaria para cada uno de los años comprendidos entre 1988 y 1991 y la producción media para dicho período. Los resultados se presentan en la TABLA 4.12. Los cambios interanuales en la producción son importantes, de acuerdo con los resultados obtenidos por este método. Se observa que la producción de limbos foliares calculada por lepidocronología es mayor durante los años 1988 y 1991 y ligeramente más baja en los dos años intermedios.

	prof	1991	1990	1989	1988	media
a	4	2.123	1.901	1.664	1.845	1.883
	12.5	2.768	2.319	2.246	2.717	2.512
	19	1.823	1.362	1.384	1.650	1.555
b	4	2.173	1.946	1.703	1.888	1.927
	12.5	2.429	2.059	2.004	2.374	2.217
	19	2.018	1.488	1.500	1.808	1.703

TABLA 4.12: Producción de limbos foliares en g PS h<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> por el método de PERGENT & PERGENT-MARTINI (1991). En la parte superior con las longitudes calculadas con las ecuaciones de cada profundidad (a) y en la parte inferior con las calculadas con la expresión general (b).

#### \* Comparación con el método de marcaje:

Los valores de producción de limbos foliares obtenidos por lepidocronología siguen la misma tendencia que los obtenidos por el método de marcaje con valores más altos en la estación intermedia y más bajos en la profunda. Si bien se observa que los valores medios de producción obtenidos por lepidocronología son más altos que los obtenidos por el método de marcaje las diferencias son muy pequeñas si se considera el período en el que se realizó en marcaje que viene a coincidir, aproximadamente, con el año lepidocronológico de 1989.

#### \* Peciolos

La producción de peciolos se ha calculado ha partir del número de hojas por año, obtenidas mediante lepidocronología, y el peso medio del peciolo de la hoja más externa de cada haz. Los valores se resumen en la tabla 4.13. Se observa que, al igual que en la

producción de limbos foliares, los valores más altos (si se expresan por haz) se obtienen en la estación intermedia. La producción de peciolos representa una fracción significativa de la producción total de las hojas como ya señalara ROMERO (1989).

prof	PUE(mg)	H/año	cen.	gPS h <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	gPS m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup>	gPLC m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup>
4	48.5	7.74	25.9	0.376	403	299
12.5	47.4	8.50	24.7	0.403	181	137
19	32.7	8.54	27.4	0.279	106	77

**TABLA 4.13:** Producción de peciolos de hojas de *Posidonia oceanica* en Tabarca. Los valores se expresan en g PS haz<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, g PS m<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup> y g Peso libre de cenizas (PLC) m<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>. PUE Peso medio de la última escama en mg P. S. cen = contenido medio en cenizas en porcentaje respecto al peso seco.

#### 4.4.3.- Biomasa y producción de rizomas y raíces

La biomasa de rizomas (tabla 4.14) varía entre 1663 gr PS m<sup>-2</sup> en la estación superficial 4 m y 520 gr PS m<sup>-2</sup> en la profunda y la de raíces entre 1236 y 85 gr PS m<sup>-2</sup> a 4 y 12.5 m respectivamente. Hay que destacar la acumulación de materia muerta que llega a alcanzar los 9 Kr PS m<sup>-2</sup> en la estación más superficial (considerando solamente los 20 primeros cm de "mata").

	4		12.5		19	
	1	2	1	2	1	2
rizomas	1663-220	1453-162	609-21	555-21	520-63	481-59
raíces	1236-480	1054-418	85-33	74-29	111-55	97-46
escamas	2147-54	1650-45	513-127	421-4	533-178	410-39
necromasa	6803-1303	4817-920	2347-726	1661-500	2437-1208	1706-845

**TABLA 4.14:** Valores de biomasa y necromasa de partes hipogeas con sus correspondientes desviaciones típicas en g PS m<sup>-2</sup> (1) y g PLC m<sup>-2</sup> (2).

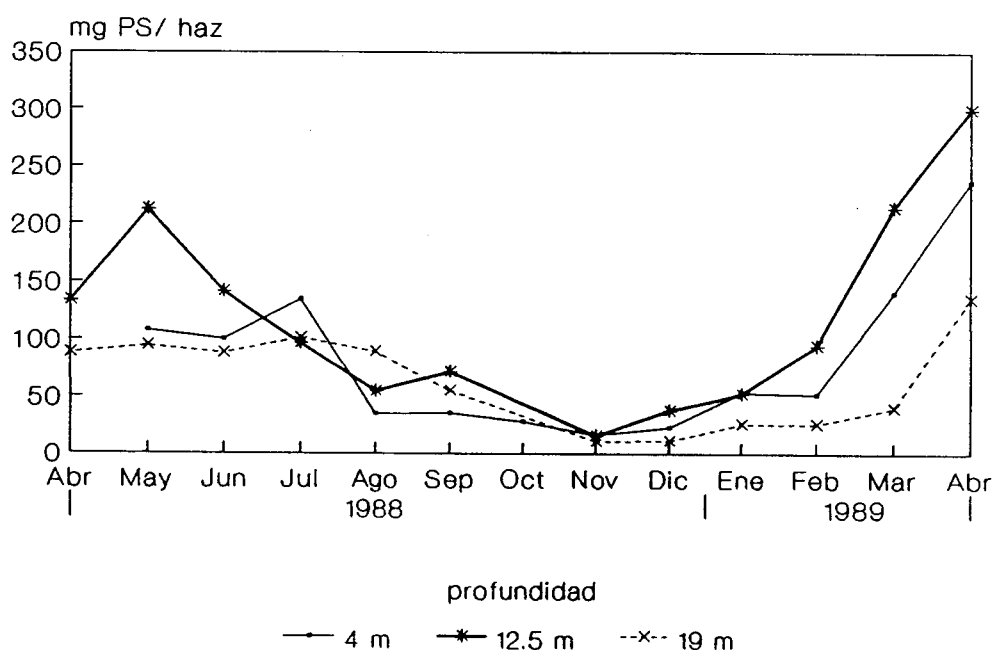
El crecimiento de los rizomas ortotropos disminuye al aumentar la profundidad (1.20 cm/año, 1.09 cm/año y 1.02 cm/año a 4, 12.5 y 19 m) así como su producción (173, 66 y 42 g PS m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>, respectivamente). La producción mínima de raíces se ha estimado en 130 g PS m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> a 4 m, 9 g PS m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> a 12.5 m y 19 m.

#### 4.4.4.- Producción de flores

Durante la realización de este estudio se observaron flores en la pradera de *Posidonia oceanica* de Tabarca. Las flores se encontraron entre 1 y 22 m aunque eran muy raras en la pradera superficial. La máxima densidad se localizó entre 17 y 21 m. La densidad estimada en la estación de 19 m fue de unas 70 inflorescencias/m<sup>2</sup>, aunque la variabilidad era muy alta debido a la naturaleza contagiosa de la distribución de flores en la pradera que ya ha sido señalada por otros autores (ROMERO, 1989c; PERGENT, 1985; MAZZELLA *et al*, 1983, 1984). Las flores se observaron por primera vez el 24/10/1988 en la estación de 19 m durante el contaje de densidad y hay que destacar su rápido desarrollo puesto que en una inmersión realizada 15 días antes, en la misma estación, no se observó rastro de ellas.

Para estimar la evolución de la floración se marcaron 25 haces con flores. A principios de diciembre solamente el 50% de las mismas eran viables mientras que a principios de febrero todas las flores marcadas estaban muertas. En enero se observó un haz en cuya inflorescencia aparecían dos frutos fecundados. Con posterioridad a esta fecha solamente se observaron restos de inflorescencias muertas.

La estimación de la biomasa, y producción, de flores se realizó el 4/12/88 a partir de flores intactas. La biomasa media de las inflorescencias era de 247 mg PS h<sup>-1</sup>. La producción primaria se ha estimado en 19 gr PS m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>. Las tasas diarias mínimas de producción, calculadas entre sobre la base de los 56 días transcurridos entre el 9 de octubre y el 4 de diciembre, fueron de 4.4 mg P S d<sup>-1</sup> por haz con flores. Si consideramos que la mayor parte del crecimiento de las flores se puede producir en 15 días (ROMERO, 1985) las tasas obtenidas son mucho más importantes. Estos datos representan una fracción muy considerable de la producción en otoño y, como señaló ROMERO (1985), probablemente requieran la removilización de reservas.



**Figura 4.20:** Cambios en la biomasa de epifitos a lo largo del año, se observa que en las tres estaciones los valores más altos se obtienen en Abril de 1989.

#### 4.4.5.- Biomasa y producción de epífitos

La biomasa de epífitos muestra una elevada variabilidad a lo largo del año (fig 4.20). Los valores más altos se observan, en todas las estaciones, en abril de 1989 con 236, 299 y 135 mgr PS Decalcificado  $\text{haz}^{-1}$ . Otro pico se observa en julio de 1988 a 4 y 19 m (135 y 101 mgr PSD  $\text{haz}^{-1}$ ).

La producción de epífitos, calculada por el método de incremento de biomasa es de 339 mg PS  $\text{haz}^{-1} \text{a}^{-1}$  a 4m, 520 mg PS  $\text{h}^{-1} \text{a}^{-1}$  a 13m y 250 mg PS  $\text{haz}^{-1} \text{a}^{-1}$  a 19 m. Como se ha explicado en el apartado 3.3.3 b estos valores corresponden a una subestimación de la producción y deben considerarse solamente a título orientativo.

	4 m			12.5 m			19 m		
	lim.	pec.	epi.	lim.	pec.	epi.	lim.	pec.	epi.
may	9.25	25.03	28.65	9.61	19.64	21.78	9.29	23.95	31.82
jun	10.44	29.48	25.38	10.12	22.64	22.94	10.01	27.75	34.00
jul	9.45	29.64	25.41	10.10	26.11	24.75	9.19	25.03	31.02
ago	9.80	29.70	24.90	9.60	23.30	27.7	9.10	24.60	28.30
sep	9.40	29.40	30.1	8.50	26.70	50.7	9.20	29.40	28.50
oct	9.00	28.30	23.8						
nov	10.66	31.61	24.18	10.95	27.71	30.57	9.85	29.65	30.27
dec	10.15	25.67	23.15	9.53	26.67	21.52	10.28	30.12	31.93
ene	9.92	20.59	27.63	11.04	28.89	25.14	7.13	28.01	34.98
feb	11.69	21.55	37.37	10.86	23.02	26.12	11.25	27.81	40.36
mar	10.55	21.97	32.49	10.56	24.70	24.43	11.26	26.61	36.02
abr	10.52	27.65	29.96	11.37	22.19	28.63	11.23	29.15	32.20
x	10.07	25.88	27.75	10.22	24.68	27.66	9.80	27.46	32.67

**TABLA 4.15:** Contenidos en cenizas de los limbos (lim), peciolos (pec) y epífitos (epi) en porcentaje respecto al peso seco.

#### 4.4.6.- Contenidos en cenizas

La tabla 4.15 resume los contenidos en cenizas de los epífitos, limbos y peciolos de las hojas en las tres estaciones a lo largo del período de estudio. Se observa que los limbos presentan un contenido en cenizas mucho menor (en torno al 10% del peso seco) que los

peciolos y los epífitos (entre el 25 y el 30%). El mayor contenido en cenizas aparece en el mes de septiembre a 12.5 m (51%) debido a que los epífitos se encontraban dominados en esta muestras por especies calcificadas. Se observa, también una tendencia a aumentar el contenido en cenizas de los epífitos con la profundidad, lo que indica un cambio en la composición específica de los mismos con una mayor participación de las especies incrustantes frente a las erectas.

#### 4.4.7.- Producción de la comunidad

La producción de *Posidonia oceanica* en Tabarca (Tabla 4.16) oscila entre 2.5 Kg P.S. m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> a 4 m y 0.7 Kg P.S. m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> a 19 m (2.8 y 0.8 Kg P.S. m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> considerando la producción de epífitos). La parte más importante de la producción corresponde a los limbos foliares (entre el 71 y el 78 % de la producción de la planta) aunque no se puede despreciar la producción de otras partes de la planta, particularmente los peciolos que representan en torno al 15 % de la producción de la misma. La producción de rizomas y raíces es más importante en la estación superficial (12.4 %) que en las otras dos (6.5-7.5).

Pr	4 m	12.5 m	19 m	4%	12.5%	19%
limbos	1746	896	505	71.2	77.8	74.2
peciolos	403	181	106	16.4	15.7	15.5
rizomas	173	66	42	7.1	5.7	6.2
raíces	130	9	9	5.3	0.8	1.3
flores			19			2.8
planta	2452	1152	681	100	100	100
epífitos	364	234	94	12.8	16.8	12.1
total	2816	1386	775			

**TABLA 4.16:** Producción de las distintas partes de la planta y los epífitos en Tabarca en g P. S. m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> referidos a m<sup>2</sup> de pradera, para obtener los valores globales (*sensu* ROMERO, 1985) se debe de multiplicar por la cobertura. Se expresa además el tanto por ciento de la producción de las distintas partes de la planta referido a la producción total de la misma. El tanto por ciento de los epífitos corresponde, por el contrario, a la producción total de la planta más los epífitos.

#### 4.4.8.- Productividad y tasa de renovación

Por productividad se entiende en este trabajo el cociente entre producción y biomasa (MARGALEF, 1974). Representa, por tanto, una medida de la tasa de renovación de dimensión  $t^{-1}$ . Su inverso (B/P) es el tiempo de renovación. En este trabajo se ha calculado la productividad de las distintas partes de la planta (limbos, peciolo, rizomas) como el cociente entre la biomasa máxima y la producción media anual. Además, en el caso de los limbos foliares se ha calculado el cociente entre la producción en cada intervalo de marcaje y la biomasa al inicio del mismo.

Se observa una periodicidad anual muy marcada en los valores del cociente P/B (y por tanto de su inverso B/P) en las tres estaciones, con valores máximos en otoño o principios de invierno coincidiendo con los momentos de altas tasas de crecimiento y baja biomasa, y mínimos en verano cuando el crecimiento alcanza los valores mínimos y la biomasa acumulada se encuentra los valores más altos (fig 4.21). Se observa, en el máximo de productividad, un desfase con la profundidad alcanzándose en noviembre a 4 m, en diciembre a 12.5 m y en enero a 19 m.

En cuanto a la productividad anual entre las distintas partes de la planta (tabla 4.17) se observa que el estrato hipogeo (rizomas) presenta una tasa de renovación mucho más baja que el epigeo (peciolo y limbos). Entre profundidades se observa que el P/B más bajo (y consecuentemente el tiempo de renovación más alto) se obtiene en la estación más profunda.

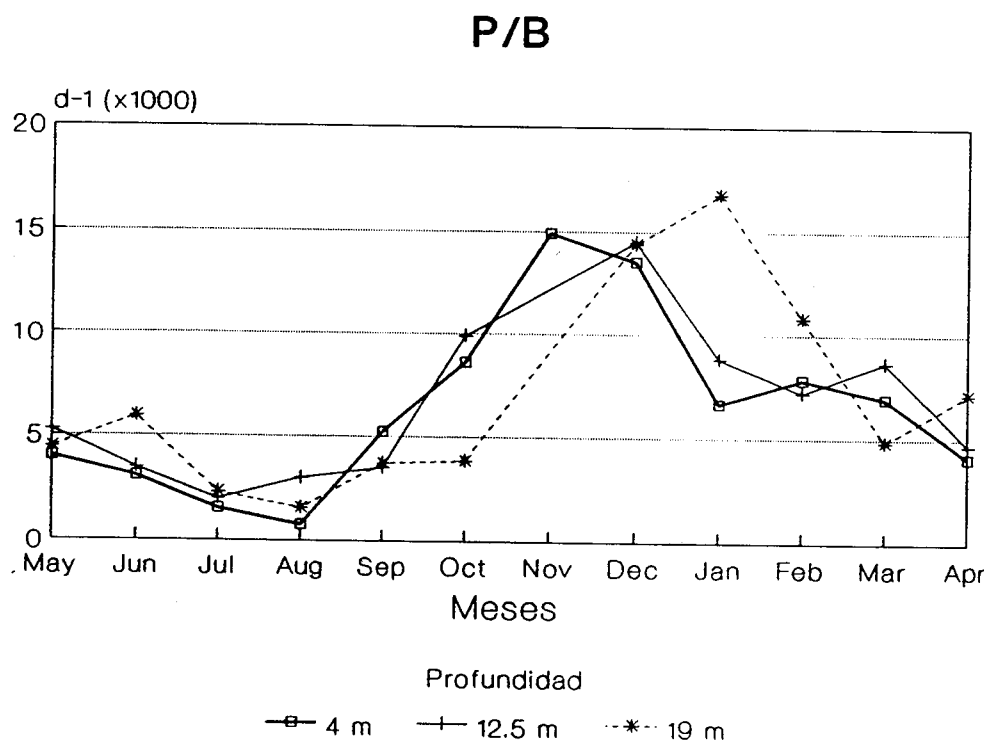


Figura 4.21: Evolución del cociente P/B de hojas a lo largo del año.

	4 m				12.5 m				19 m			
	B	P	P/B	B/P	B	P	P/B	B/P	B	P	P/B	B/T
Li	1369	1746	1.28	0.78	503	896	1.78	0.56	451	505	1.12	0.89
Pe	184	403	2.19	0.46	89	181	2.03	0.49	50	106	2.12	0.47
Ri	1663	173	0.10	9.61	609	66	0.11	9.22	520	42	0.08	12.4
Ra	1236	130			85	9			111	9		

**TABLA 4.17:** Productividad (P/B) y tiempo de renovación (B/P) en  $a^{-1}$  y a, respectivamente, para limbos (Li), peciolo (Pe), rizomas (Ri) y raíces (Ra). La biomasa (B) y la producción (P) se expresan en  $gr\ PS\ m^{-2}$  y  $gr\ PS\ m^{-2}\ a^{-1}$ . En el caso de la biomasa de peciolo y limbo foliares los valores representan los máximos anuales.

#### 4.5.- LAS FLORACIONES

La aparición de flores en *Posidonia oceanica* representa uno de los ejemplos en los que la ausencia de datos ha permitido la persistencia de hipótesis erróneas que hoy en día empiezan a ser reconsiderados.

Para intentar aportar algunos datos más a este problema se han realizado dos aproximaciones diferentes. Por una parte un inventario de las observaciones de flores y/o frutos de *P. oceanica* y por otra parte la detección mediante la lepidocronología de floraciones producidas en Tabarca y Cabrera en los últimos años.

##### 4.5.1.- Inventario de floraciones

Se han considerado tres fuentes de información: las referencias que aparecen en la bibliografía, las observaciones inéditas confirmadas y las observaciones del propio autor.

En la medida de lo posible se han obtenido de cada una de ellas los siguientes datos: tipo de material fértil observado, fecha, profundidad, lugar, densidad aproximada y observador.

#### ANDALUCÍA

1851/52

1.- Almería, diciembre de 1851 flores (Lange en GIRAUD, 1977).

#### MURCIA

1982/83

2.- Mazarrón, mayo-junio de 1983 frutos muy abundantes en las playas (Jiménez Montesinos en THELIN & BOUDOURESQUE, 1985)

1988/89

- 3.- La Manga del Mar Menor, octubre, flores 15-17 m poco abundantes (Calvín y Franco *com. pers.*)
- 4.- La Azohía, octubre, flores muy abundantes a 1 m de profundidad, hasta 8 m (Calvín y Franco *com. pers.*)
- 5.- Cabo Cope, octubre, flores 4 m poco abundantes (Calvín y Franco *com. pers.*)
- 6.- 3 Km N Cabo Cope, marzo, de 1989 frutos muy abundantes a 4 m y en las playas, germinación en acuario (Sánchez Lizaso)

#### PAIS VALENCIANO:

1979/80

- 7.- Playa del Postiguet (Alacant), febrero, frutos en la playa (Ramos en THELIN & BOUDOURESQUE, 1985)
- 8.- Playa del Albir (Altea), abril, frutos en la playa (Tolón en THELIN & BOUDOURESQUE, 1985)
- 9.- La Vila Joiosa, diciembre, flores 10 m (Ruiz *com. pers.*)

1982/83

- 10.- Torrevieja, abril, frutos en la playa (Jiménez Montesinos en THELIN & BOUDOURESQUE, 1985)
- 11.- Alcocebre, febrero, 3 m algunos frutos, muy abundantes en las playas (Romero en THELIN & BOUDOURESQUE, 1985)

1988/89

- 12.- Tabarca 24, octubre, flores de 1 a 21 m máxima densidad (70 fl/m<sup>2</sup>) entre 17 y 19 m. No se produjo fructificación (Sánchez Lizaso).

1989/90

- 13.- El Campello, febrero, 20-22 m frutos dispersos en una pradera muy alterada por el arrastre (Sánchez Lizaso).
- 14.- Postiguet, febrero, 4 m frutos en una pradera en regresión (Sánchez Lizaso)

1990/91

- 15.- Playa de San Joan (Alacant-El Campello), mayo, frutos abundantes en la playa. No se observaron frutos en inmersión (Tolón y Sánchez Lizaso).

1991/92

- 16.- Tabarca, 3 m, Noviembre, flores poco abundantes (Ruiz *com. pers.*).
- 17.- Cap de l'Horta. frutos abundantes en las playas. (Aranda *com. pers.*).

#### CATALUÑA

1982/83

- 18.- Norte del Delta del Ebro, febrero, frutos en la playa, no se observaron inflorescencias en inmersión (Romero en THELIN & BOUDOURESQUE, 1985)



19.- Tossa de Mar, febrero, 10-20 m restos de fructificación (Ballesteros en THELIN & BOUDOURESQUE, 1985)

1983/84

20.- Medes, 19 de septiembre, 5-13 m flores densidad entre 73 fl/m<sup>2</sup> (5m) y 10 fl/m<sup>2</sup> (13 m). No se produjo fructificación (ROMERO, 1989).

1989/90

21.- Medes, otoño, flores, densidad muy baja (Romero, *com. pers.*)

1990/91

22.- Medes, otoño, flores, densidad baja (Romero, *com. pers.*)

23.- Port Lligat, otoño, restos de floración (Romero, *com. pers.*)

## BALEARES

1981/1982

24.- Bahía de Palma, septiembre de 1982, 16 m frutos libres (Gómez Garreta & Ribera Siguan en THELIN & BOUDOURESQUE, 1985).

1989/1990

25.- Son Cervera, mayo, frutos muy abundantes en las playas del este de Mallorca (Massuti y Coll, *com. pers.*)

1990/91

26.- Calvià 26 m octubre flores poco abundantes (Sánchez Lizaso)

1991/92

27.- Cabrera 1-4 m Diciembre, 74 a 282 inflorescencias/m<sup>2</sup> (SÁNCHEZ LIZASO & ARANDA, 1992).

La aparición de material fértil de *Posidonia oceanica* es menos infrecuente de lo que se podría suponer de las observaciones realizadas hasta la fecha. Parece claro que el número de observaciones está ligado a la intensidad de estudio de las praderas de *Posidonia*, como ya han constatado algunos autores (GIRAUD, 1977b; THELIN & BOUDOURESQUE, 1985). En este sentido, de las 5 observaciones de floraciones en Murcia 3 se realizaron durante la campaña de cartografía de las praderas (CALVIN *et al.*, 1989).

Se han encontrado flores y frutos tanto en praderas superficiales como profundas (1-26 m) y a lo largo de toda la zona de distribución de *Posidonia* en el Mediterráneo Ibérico, aunque el mayor número de observaciones se concentra en las costas de Alicante y Murcia. Destaca la escasez de observaciones en Andalucía y Baleares.

La intensidad del fenómeno es muy variable. En ciertos casos sólo se encuentran unas pocas flores y en otras se han medido hasta 280 inflorescencias por m<sup>2</sup>. La variabilidad es grande incluso en el interior de una misma pradera, puesto que la distribución de flores es muy contagiosa.

En algunos casos (Medes, Tabarca) la aparición de flores no ha ido seguida de fructificación.

A partir de los inventarios de floraciones no es posible determinar si la planta florece con mayor frecuencia en unas zonas geográficas que en otras o si este fenómeno es más frecuente en praderas superficiales o profundas debido a que existe un sesgo en las frecuencias observadas, muy difícil de cuantificar, introducido por las diferencias en el grado de conocimiento de las distintas praderas.

#### 4.5.2.- Intensidades de floración

Como ya se ha comentado, los inventarios que existen actualmente de observaciones de flores y frutos de *Posidonia oceanica* (GIRAUD, 1977a y b; THELIN & BOUDOURESQUE, 1985; SÁNCHEZ LIZASO, 1992) son incompletos y presentan sesgos al grado de conocimiento de las distintas praderas, la accesibilidad de las estaciones, la presencia de observadores experimentados que puedan dejar constancia del fenómeno, etc.

La lepidocronología permite reconocer y datar los restos de las flores y ofrece la ventaja de poder calcular las intensidades de floración al relacionar el número de flores encontradas para cada año con el número de haces estudiados, aunque presenta la desventaja de no permitir diferenciar si las floraciones han ido o no seguidas de fructificación. Además de los datos de Tabarca se disponen de datos de otras praderas del Mediterráneo ibérico procedentes de trabajos anteriores que son de Águilas (SÁNCHEZ LIZASO & RUIZ, en prensa) y de Cabrera (SÁNCHEZ LIZASO & ARANDA, 1992).

La tabla 4.18 resume los resultados obtenidos para estas tres praderas en función del número de haces estudiados para cada año y profundidad. Se observa que la pradera de *Posidonia oceanica* de Águilas floreció en 1987 y 1989, la de Tabarca en 1976, 1979, 1983, 1986, 1987 y 1989 y la de Cabrera en 1980, 1981, 1983, 1987, 1988, 1990 y 1991. De todas estas floraciones solamente la de 1989 había sido registrada en Tabarca y en varias localidades de la costa murciana (SÁNCHEZ LIZASO, 1992).

La observación de restos de flores en Águilas, así como las observaciones directas de frutos maduros en El Campello y el Postiguet en 1990, todas ellas praderas en regresión, indican que *Posidonia oceanica* puede florecer aunque las condiciones no sean óptimas, al contrario de lo que se había supuesto para la especie (PÉRÈS & PICARD, 1975; PÉRÈS, 1984). Con los datos que se dispone en la actualidad no se puede conocer si la intensidad de floración está afectada por el grado de regresión de las praderas.

Actualmente, se sabe que las praderas de *Posidonia oceanica* pueden florecer en años consecutivos, aunque con intensidades diferentes (BUJA & MAZELLA, 1991) sin embargo no existe constancia de que sean las mismas plantas las que florezcan en años consecutivos. Mediante análisis lepidocronológico, PERGENT (1987) encuentra varias floraciones en un mismo rizoma pero con intervalos de más de diez años entre ellas.

año	TABARCA				CABRERA			ÁGUILAS				
	19m	13m	4 m	0.5m	5 m	15 m	31.5 m	1m(A)	1m(B)	1.5m	3m	15m
1991	0/30	0/30	0/22		1/28	0/20	0/21					
1990	0/30	0/30	0/37		9/28	0/20	0/21					
1989	6/39	0/35	0/36		0/27	0/19	0/21	2/20	0/18	2/14	1/16	0/23
1988	0/34	0/33	0/32	0/5	4/25	0/16	0/20	0/20	0/18	0/14	0/16	0/23
1987	1/40	0/38	0/40	0/5	10/23	0/15	0/17	1/14	0/18	0/14	0/14	0/21
1986	9/40	1/34	0/38	0/5	0/22	0/14	0/14	0/12	0/15	0/11	0/12	0/16
1985	0/36	0/31	0/34	0/5	0/22	0/11	0/12	0/7	0/12	0/8	0/9	0/15
1984	0/32	0/26	0/32	0/5	0/19	0/9	0/10	0/6	0/7	0/6	0/7	0/13
1983	1/24	1/22	0/29	0/5	4/17	0/9	0/9	0/6	0/6	0/6	0/5	0/11
1982	0/17	0/14	0/25	0/5	0/13	0/9	0/8	0/6	0/4	0/2	0/2	0/6
1981	0/14	0/12	0/23	0/5	1/10	0/9	0/8	0/5	0/3	0/2		0/3
1980	0/14	0/8	0/21	0/5	3/10	0/9	0/6	0/3		0/2		
1979	0/12	1/7	0/21	0/5	0/10	0/9	0/6	0/3		0/2		
1978	0/9	0/7	0/19	0/5	0/9	0/9	0/3	0/3				
1977	0/9	0/3	0/19	0/5	0/7	0/8	0/3	0/3				
1976	0/7	1/3	1/16	0/5	0/5	0/8	0/3	0/2				
1975	0/6	0/3	0/15	0/4	0/2	0/8	0/3					
1974	0/1	0/3	0/14	0/4	0/1	0/8	0/2					
1973		0/2	0/12	0/4	0/1	0/7						
1972		0/2	0/10	0/4	0/1	0/5						
1971		0/2	0/10	0/3	0/1	0/3						
1970		0/2	0/10	0/3	0/1	0/3						
1969		0/2	0/10	0/3	0/1	0/3						
1968		0/2	0/8	0/2	0/1	0/2						
1967		0/1	0/7	0/2	0/1	0/1						
1966		0/1	0/7	0/2		0/1						
1965		0/1	0/7	0/2		0/1						
1964		0/1	0/7	0/1		0/1						
1963		0/1	0/7	0/1		0/1						
1962		0/1	0/6	0/1								
1961			0/2	0/1								
1960-1953			0/1									

**TABLA 4.18:** Datos de floración obtenidos en Tabarca, Cabrera y Águilas a distintas profundidades en función del número de rizomas estudiados. El numerador representa el número de haces con flores y el denominador el total de haces estudiado para cada año, profundidad y estación.

En Tabarca y en Cabrera se han encontrado restos de varias floraciones en un mismo rizoma con intervalos mínimos de tres años. En particular el rizoma Ta19/90/9 floreció en 1983, 1986 y 1989 y el rizoma Ta13/88/5 en 1976 y 1979. En Cabrera dos rizomas florecieron en 1987 y 1990. En otros casos los intervalos entre floraciones en un mismo rizoma es mayor (4, 5, 7 o 10 años). De cualquier manera se observa también que pueden transcurrir muchos años sin que florezcan algunos haces (hasta 36 años).

La intensidad máxima de floración considerando el total de rizomas estudiados en Tabarca ha sido del 22.5 % en 1986 a 19 m. Si lo comparamos con los datos que se poseen en otros puntos del Mediterráneo (Tabla 4.19) se observa que en los años con mayores intensidades de floración presentan flores entre 1/5 y 1/4 de los haces. Solamente en Cabrera se superó este rango en 1986 donde florecieron un 43% de los haces de la pradera superficial.

LOCALIDAD	RANGO DE PROFUNDIDAD	RANGO DE INTENSIDADES DE FLORACION	REFERENCIA
TUNEZ	0.5-11 m	0-25 %	PERGENT 1986 y 1987
IZMIR (Turquía)	0.4-5 m	0-12 %	PERGENT, 1987
CORCEGA (Fr.)	9-17 m	0-12 %	PERGENT <i>et al.</i> 1989
BANYULS (Fr.)	0.5-19 m	0-18 %	PERGENT, 1987
PORT-CROS (Fr.)	0.5-32 m	0-20 %	PERGENT, 1987
CABRERA (Es.)	0-31.5 m	0-43 %	SÁNCHEZ LIZASO & ARANDA 1992
TABARCA (Es.)	0.5-19 m	0-22.5 %	Este trabajo
ÁGUILAS (Es.)	1-15 m	0-14 %	SÁNCHEZ LIZASO & RUIZ, en prensa

TABLA 4.19: Rango de intensidades de floración de *Posidonia oceanica* en diversos puntos del Mediterráneo.

Sin embargo, la aparición de flores es un fenómeno irregular en el tiempo observándose años en los que la floración es particularmente intensa (1986 y 1989 en Tabarca; 1980, 1983, 1987 y 1990 en Cabrera) y años en los que no se han detectado flores (1982, 1984 y 1985). Además, se ha observado que la intensidad de las floraciones cambia con la profundidad (Tabla 4.20). En Águilas y Cabrera las floraciones se han observado en las estaciones más someras con un máximo a 1.5 m coincidiendo con los resultados obtenidos en otros puntos del Mediterráneo (PERGENT, 1987). Por el contrario en Tabarca la intensidad media de floración más elevada se obtiene en la estación más profunda, 19 m. Además de los resultados obtenidos en Tabarca, solamente en Ischia (MAZELLA *et al.*, 1983, 1984; BUIA & MAZELLA, 1991) son, aparentemente más frecuentes las floraciones en la pradera profunda, si bien en este caso se trata de observaciones directas y no son comparables ambos métodos. Evidentemente, muchos parámetros tanto físicos como biológicos que podrían estar relacionados con la reproducción sexual cambian con la

profundidad (iluminación, hidrodinamismo, ciclo anual de la temperatura, sedimentación, disponibilidad de nutrientes, densidad, cobertura, etc.) pero con los datos que se dispone hasta el momento, las praderas profundas de Tabarca e Ischia presentan la misma tendencia general que la observada en otros puntos del Mediterráneo y no se puede explicar a que se debe el distinto comportamiento reproductivo.

<b>KERKENNAH (TUNEZ)</b>				<b>IZMIR (TURQUIA)</b>			
PROF.	I. F.	AÑOS	REF.	PROF.	I. F.	AÑOS	REF.
0.5	1.32%	1981-1984	(1)	0.4	0	1981-1984	(1)
1	0.49%	1979-1984	(1)	0.8	2.42%	1980-1984	(1)
2	6.75%	1978-1984	(1)	2	0.42%	1982-1984	(1)
5	0	1978-1984	(1)	5	0	1981-1984	(1)
<b>PORT-CROS (FRANCIA)</b>				<b>BANYULS (FRANCIA)</b>			
PROF.	I. F.	AÑOS	REF.	PROF.	I. F.	AÑOS	REF.
0.5	0.05%	1978-1985	(1)	0.5	1.98%	1963-1985	(1)
2	1.43%	1971-1986	(1)	2	1.21%	1967-1985	(1)
11	0.17%	1973-1985	(1)	12	0	1975-1985	(1)
24	0.03%	1974-1985	(1)	19	0	1970-1985	(1)
32	0	1973-1985	(1)				
<b>CABRERA</b>				<b>ÁGUILAS</b>			
PROF.	I. F.	AÑOS	REF.	PROF.	I. F.	AÑOS	REF.
5	12.21%	1979-1991	(2)	1	1.68%	1985-1989	(3)
15	0	1985-1991	(2)	1.5	3.57%	1986-1989	(3)
31.5	0	1984-1991	(2)	3	1.25	1985-1989	(3)
				15	0	1983-1989	(3)
<b>TABARCA</b>							
PROF.	I. F.	AÑOS	REF.				
4	0.58%	1969-1987	(4)				
12.5	0.68%	1981-1987	(4)				
19	3.43%	1977-1989	(4)				

**TABLA 4.20:** Intensidades medias de floración a distintas profundidades en varias localidades del Mediterráneo con indicación del período de años considerado en los cálculos. Referencias: 1) Calculado a partir de PERGENT (1987), 2) SANCHEZ LIZASO & ARANDA, 1992 3) SANCHEZ LIZASO & RUIZ, en prensa, 4) Presente estudio.

Hay que considerar además que la lepidocronología, aunque aporta una información no sesgada sobre la aparición de flores en *Posidonia oceanica*, tiene el inconveniente de no servir para diferenciar floraciones que han ido seguidas de fructificación de aquellas en que las flores abortaron. Por otra parte, la elevada variabilidad espacial y temporal observada en la aparición de flores pone de manifiesto la necesidad de estudiar un número significativamente elevado de ciclos para la interpretación de las variaciones observadas.



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

## 5.- DISCUSIÓN

### 5.1.- DENSIDAD Y COBERTURA.

El único intento de tipificación de las praderas de *Posidonia oceanica* de acuerdo con su densidad fue realizado por GIRAUD (1977). Esta clasificación ha sido utilizada frecuentemente para describir las praderas de *Posidonia*. De cualquier modo este método presenta la desventaja de no tener en cuenta el efecto de la profundidad sobre la densidad de la pradera.

Localidad	K	$d_0$	$r^2$	p	L.I.	$\lambda$	referencias
Porto Conte	0.075	653	0.81	<0.05	25		CHESSA <i>et al</i> , 1989
Banyuls	0.076	1335	0.99	<0.01	19	0.159	PERGENT, 1987
Port-Cross	0.043	737	0.85	<0.05	32		
Chevres	0.104	1855	0.55	0.05	27		GIRAUD, 1977
CapBrun	0.067	490	0.88	<0.01	22		
Elbo	0.047	1164	0.40	0.05	33	0.085	
Ischia	0.072	692	0.85	<0.001	32	0.085	BUIA <i>et al</i> , 1992
Medes	0.183	795	0.57	<0.001	14	0.171	ROMERO, 1985
Calvi	0.060	907	0.87	<0.01	38	0.085	BAY, 1984
Capo Pasero	0.044	836	0.98	<0.01	25		BUIA <i>et al</i> , 1985
Malta	0.031	718	0.50	<0.01	38	0.068	DREW & JUMP, 1976
Aguilas 1	0.085	718	0.94	<0.05		0.1	RUIZ, 1992
Aguilas 2	0.210	517	0.93	<0.05	18	0.2	RUIZ, 1992
Coveta	0.081	699	0.64	<0.001	27*	0.139	Datos propios no publicados
Carritxal	0.074	552	0.57	<0.01	22*	0.139	
Vila Joiosa	0.071	626	0.61	<0.001	22*		
Benidorm	0.097	909	0.74	<0.001	22*		
Tabarca	0.089	1799	0.96	<0.001	24*	0.094	Presente trabajo

TABLA 5.1: Influencia de la profundidad en las densidades de distintas praderas del Mediterráneo. La explicación de la tabla se encuentra en el texto. L. I. = Profundidad del límite inferior  $\lambda$  = Coeficiente de atenuación de la luz. Las praderas marcadas con un asterisco están afectadas en su límite inferior por la pesca de arrastre.

Una aproximación para introducir el efecto de la profundidad en la densidad de la pradera ha sido realizada por ROMERO (1985) y consiste en ajustar una exponencial negativa del tipo  $d = d_0 e^{-kp}$  siendo  $d$  la densidad,  $p$  la profundidad y  $d_0$  y  $k$  parámetros que se pueden calcular fácilmente. Esta expresión es similar a las ecuaciones de mortalidad que se

emplean en dinámica de poblaciones. Desde este punto de vista  $k$  sería equivalente a la tasa de mortalidad, o más correctamente, la tasa de disminución de haces con la profundidad. Como sugirió ROMERO (1985), se ha demostrado que la constante  $k$  está relacionada con el coeficiente de atenuación de la luz  $\lambda$  ( $p < 0.01$ , varianza explicada 69 %). Además  $k$  esta relacionada con la profundidad del límite inferior de la pradera ( $p < 0.01$ , varianza explicada 53 %). Estos resultados resultan lógicos considerando que en las fanerógamas marinas la profundidad del límite inferior y  $\lambda$  están relacionadas (DUARTE, 1991).

Por otra parte  $d_0$  correspondería a la densidad máxima de la pradera (en teoría la densidad a profundidad 0) y puede ser útil para comparar las densidades de distintas praderas, siempre que se disponga de datos a lo largo de un gradiente batimétrico. Teóricamente sería posible realizar una tipificación de las praderas basada en estos dos parámetros. Valores bajos de  $d_0$  indicarían perturbaciones que afectan a la pradera superficial mientras que valores altos de  $k$  indicarían elevada turbidez y/o perturbaciones de la pradera profunda (como la pesca de arrastre, por ejemplo).

Sería interesante poder realizar la misma comparación considerando la densidad global (*sensu* ROMERO, 1985) puesto que es un parámetro que integra los valores de densidad en manchas de pradera y la cobertura de las mismas. Sin embargo los valores de cobertura de *Posidonia oceanica* son muy escasos. Tanto en Tabarca como en Medes (ROMERO, 1985) y Águilas (RUIZ, 1992) los valores de cobertura disminuyen con la profundidad (probablemente sea posible generalizar este aspecto) y, por tanto la disminución del número de haces con la profundidad es más acusada de lo que se desprende a partir de los datos de densidad en manchas de pradera.

En comparación con otras praderas la de Tabarca presenta una de las mayores densidades con más de 1000 haces/m<sup>2</sup> en la pradera superficial y un valor de  $d_0$  de 1800. El valor de  $k$  es, sin embargo, intermedio de acuerdo con la transparencia de las aguas en la isla.

Otro aspecto importante es que, en un panorama de regresión casi generalizada de las praderas de *Posidonia oceanica* en el Mediterráneo Occidental, no se constatan diferencias significativas en la densidad entre 1988 y 1992 lo que indica una situación en equilibrio de la pradera. Además se observa un incremento de la cobertura en la estación más profunda que podría atribuirse a una recuperación de la pradera profunda al impedirse la pesca de arrastre en la Reserva Marina, por medio de módulos disuasorios de un arrecife artificial (RAMOS & BAYLE, 1990).

## 5.2.- NÚMERO DE HOJAS.

El número de hojas que aparecen cada año en *Posidonia oceanica* es mayor en los rizomas plagiotropos que en los ortotropos (CAYE & ROSSIGNOL, 1983). En los rizomas ortotropos el número de hojas oscila entre 5.9 (THELIN & BOUDOURESQUE, 1983) y 10 (OTT, 1980; CAYE, 1982) aunque normalmente los valores se sitúan entre 7 y 8 (TABLA 5.2). Existen pocas referencias relativas al efecto de la profundidad sobre el número de hojas. PERGENT (1987) sugiere que el número de hojas que aparecen cada año es menor al aumentar la profundidad al contrario de lo que se observa en Tabarca y Medes (ROMERO, 1985).



LOCALIDAD	Pr	hojas/año	máximo	mínimo	REFERENCIAS
Port-Cros	0.5	7.5	6.0 Nov	3.1 Jul	GIORGI & THELIN, 1983
	0.7	6.7	6.2 Nov	4.1 Jun	
	2.2	5.9	7.5 Nov	3.8 Ago	
Port-Cros	1	7.63	6.7 Dic	3.5 Ago	PERGENT, 1987
	2	7.87	7.4 Nov	4.0 Ago	
	11	7.08	6.2 Dic	4.2 Ago	
	23	6.51	5.2 Ene-Feb	3.4 Ago	
	32		6.2 Feb	4.5 Jul	
Banyuls	1	7.36	5.4 Mar	4.0 Ago	PERGENT, 1987
	2	7.56	5.9 Mar	4.6 Jun	
	12		6.3 Ene-Abr	3.9 Sep	
	19		7.0 Abr	4.5 Ago	
Urla (Turquía)	0.4	6.56	5.9 Ene	4.6 Ago	PERGENT, 1987
	1	6.29	6.6 Dic	4.6 Ago	
	2	6.98	7.3 Dic	5.6 Ago	
	5	6.48	6.1 Ene	4.6 Ago	
Santa Pola	1	6.6	5.7 Feb-Abr	3.4 Ago-Sep	ESTEBAN, 1989
Vergel	1	7.8	5.5 May-Jun	3.8 Ago-Sep	
Cabo S. Antonio	3	7.8	6.3 Feb-Abr	4.8 Ago-Sep	
Altea	2	6.6	5.7 Feb-Abr	3.6 Ago-Sep	
Cabanes	4	7.3	6.2 Oct-Ene	3.5 Ago-Sep	
Medes	5	7.6	7.6 Feb	3.7 Sep	ROMERO, 1985
	13	8.4	6.8 Feb	3.7 Sep	
Ischia	5	9.02	6.8 Oct	5.5 Feb	BUIA <i>et al</i> , 1992
	22	7.28	5.3 May	3.5 Oct	
Tabarca	4	7.79	6.5 Ene	3.2 Jul-Ago	Presente trabajo
	12.5	8.50	6.9 Dic	3.3 Jul	
	19	8.54	6.8 Ene	4.3 Jul	

**TABLA 5.2:** Número de hojas por año y límites de oscilación del número de hojas por haz (intermedias y adultas) a lo largo del ciclo anual. Pr indica la profundidad en metros.

La estacionalidad de la aparición de hojas ha sido puesta de manifiesto por numerosos autores (BAY, 1984; BUIA *et al*, 1992; OTT, 1980; ROMERO, 1989a; WITTMANN, 1984; CAYE, 1982). En todos los casos las nuevas hojas aparecen principalmente entre el final del verano y el principio del invierno.

El ciclo de caída de hojas es similar al de aparición de las mismas aunque mucho más irregular debido a que está influido por factores externos de naturaleza aleatoria (temporales) cuyo efecto se hace sentir con mayor intensidad en las estaciones más superficiales.

El número de hojas de cada clase de edad sufre en Tabarca variaciones similares a las observadas en Ischia por BUIA *et al* (1992) y está relacionado con el ciclo de aparición y caída de las hojas. En este sentido el máximo de hojas juveniles se observa en verano, antes de iniciarse el ciclo de renovación de hojas y coincide con el mínimo de hojas intermedias debido al envejecimiento del haz.

LOCALIDAD	Pr	intermedias		adultas		REFERENCIAS
		maximo	mínimo	máximo	mínimo	
Port-Cros	1	62.4 May	5.4 Ago	66.2 Jun	17.2 Dic	PERGENT & PERGENT, 1988
	2	65.3 Jun	8.1 Sep	68.6 Jul	26.1 Dic	
	11	58.8 Jul	6.5 Sep	62.2 Jul	23.4 Ene	
	23	39.8 Jun	6.5 Sep	50.1 Ago	19.8 Feb	
	32	44.6 Jun	6.7 Dic	53.4 Ago	21.2 Ene	
Banyuls	1	17.1 Jun	6.0 Sep	17.4 Ago	8.6 Dic	PERGENT & PERGENT, 1988
	2	17.7 Jun	6.4 Ago	18.1 Jul	8.5 Ene	
	12	47.8 Jul	5.5 Sep	50.0 Jul	16.4 Dic	
	19	53.4 Jun	7.3 Oct	58.7 Ago	16.3 Dic	
Urla (Turquía)	0.4	22.7 May	10.8 Dic	32.2 Ago	14.4 Dic	PERGENT & PERGENT, 1988
	1	35.3 May	14.2 Sep	62.7 Ago	33.0 Ene	
	2	38.4 Abr	11.3 Sep	53.0 Jul	26.3 Feb	
	5	28.0 May	11.6 Oct	38.2 Jul	18.7 Ene	
ISCHIA	5	52.4 Abr	7.6 Sep	67.4 Jul	21.1 Sep	BUIA <i>et al</i> , 1992
	22	58.4 Jul	8.2 Nov	62.6 Jun	18.3 Ene	
TABARCA	4	82.9 Jun	5.8 Ago	115 Jul	22.7 Ene	Este trabajo
	12.5	65.5 May	9.2 Sep	104 Jul	29.7 Nov	
	19	56.8 Jun	5.9 Ago	95 Jul	19 Nov	

**TABLA 5.3:** Valores máximos y mínimos de longitud de las hojas intermedias y adultas en cm con indicación del momento del ciclo anual en el que se producen.

Varios autores han puesto de manifiesto que el número de hojas, excluidas las juveniles, presentes en el haz en un momento dado oscila a lo largo del año con valores mínimos en Agosto-Septiembre y máximos en Diciembre-Enero (Tabla 5.2).

### 5.3.- LONGITUD DE LAS HOJAS.

Las diferencias que se observan en la longitud de hojas a lo largo del ciclo anual también pueden ser explicadas por los ritmos de formación y caída de hojas y la sucesión de los distintos tipos de hojas (BUIA *et al*, 1992; PERGENT & PERGENT-MARTINI, 1988) con un máximo para las hojas intermedias en mayo-junio seguido de un máximo en las hojas adultas en julio (TABLA 5.3) y un descenso posterior debido a la aparición de nuevas hojas y caída de las viejas. Las longitudes medias que alcanzan las hojas en Tabarca, particularmente a menor profundidad, es significativamente superior a la que se obtiene en otras praderas (PERGENT & PERGENT-MARTINI, 1988; BUIA *et al*, 1992); habiéndose llegado a medir hojas de más de 140 cm.

LOCALIDAD	PROF	global	int.	adult	REFERENCIAS
Port-Cros	1	9.2	9.0	9.4	PERGENT & PERGENT-MARTINI, 1988
	2	9.8	9.6	10.0	
	11	10.4	10.2	10.5	
	23	10.3	10.1	10.4	
	32	10.3	10.1	10.5	
Banyuls	1	8.7	8.4	8.9	PERGENT & PERGENT-MARTINI, 1988
	2	8.3	8.0	8.6	
	12	9.8	9.6	9.9	
	19	10.1	9.8	10.3	
Urla (Turquía)	0.4	8.6	8.4	8.7	PERGENT & PERGENT-MARTINI, 1988
	1	9.6	9.4	9.8	
	2	9.7	9.4	9.9	
	5	8.8	8.6	8.9	
Ischia	5	10.3	10.1	10.4	BUIA <i>et al</i> ,1992
	22	9.1	9.1	9.1	
Tabarca	4	9.8	9.6	9.9	Este trabajo
	12.5	10.0	9.8	10.1	
	19	9.8	9.5	10	

TABLA 5.4: Anchura de la media de las hojas de *Posidonia oceanica* en mm. Valores medios anuales.

TABLA 5.5:(Pagina siguiente). Valores extremos de superficie por haz e Índice foliar en distintas praderas de *Posidonia oceanica* a diferentes profundidades (Pr).

LOCALIDAD	Pr.	MÁXIMO		MÍNIMO		REFERENCIAS
		cm <sup>2</sup> /haz	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup> /haz	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	
Port-Cros	0.5-2.2	233	20.4	43	3.9	GIORGI & THELIN, 1983
Elbo	5-30	480	51.6	330	19.8	GIRAUD <i>et al</i> , 1977
Marsella	10-25	413	18.6	187	5.6	"
Ischia	4	192	21.8	50	1.1	OTT, 1980
Medes	5	189	11.9	79	5.0	ROMERO, 1985
	6.5	160	8.6	81	4.4	
	8.7	229	10.4	102	4.6	
	13	233	7.9	80	2.7	
Port-Cros	1	234	22	87	8.2	PERGENT, 1987
	2	287	18.5	153	9.9	
	11	297	9.4	133	4.2	
	23	211	6	79	2.2	
	32	253	5.2	95	2	
Banyuls	1	71	9.1	38	4.8	PERGENT, 1987
	2	73	8.5	37	4.3	
	12	251	13.4	72	3.9	
	19	265	9.7	72	2.6	
Urla (Turquía)	0.4	122	6.4	52	2	PERGENT, 1987
	1	229	25.9	160	18.1	
	2	262	13.4	130	6.7	
	5	162	7.3	71	3.2	
Santa Pola	1	129	5.5	67	2.9	ESTEBAN, 1989
Vergel	1	89	10.4	50	5.8	
Cabo S. Antonio	3	148	7.1	64	3.1	
Altea	2	108	6.5	49	2.9	
Cabanes	4	137	7.7	76	4.3	
Ischia	5	248	9.9	128	2.9	BUIA <i>et al</i> , 1992
	22	236	3.9	92	1.1	
Tabarca	4	327	35.1	115	12.4	Presente trabajo
	12.5	321	14.4	152	7	
	19	377	14.3	82	3.1	

ESPECIE	Indice Foliar	REFERENCIAS
<i>Amphibolis antarctica</i>	4.3	McCOMB <i>et al</i> , 1981
<i>Amphibolis antarctica</i>	18.4	Walker en LARKUM <i>et al</i> , 1989
<i>Amphibolis antarctica</i>	7.4	"
<i>Amphibolis griffithii</i>	5.4	"
<i>Amphibolis griffithii</i>	3.3	McCOMB <i>et al</i> , 1981
<i>Enhalus acoroides</i>	2.3	McCOMB <i>et al</i> , 1981
<i>Heterozostera tasmanica</i>	5.9	BULTHUIS & WOELKERLING, 1983
<i>Posidonia australis</i>	4.9	CAMBRIDGE, 1980
<i>Posidonia australis</i>	5.7	WEST & LARKUM, 1979
<i>Posidonia sinuosa</i>	6.5	CAMBRIDGE, 1980
<i>Thalassia hemprichii</i>	5.1	McCOMB <i>et al</i> , 1981
Algunos ejemplos para plantas terrestres		
Óptimo para el arroz	4	MARGALEF, 1974
Bosques templados	6-8	"
Bosques tropicales	6.5-16.6	"
Bosques de coníferas	16	"
Óptimo para hierbas	9-10	MEYERS, 1972
Óptimo para tréboles	5	"
Árboles de hoja ancha	4-6	EVANS, 1972

TABLA 5.6: Valores de índice foliar, en  $m^2/m^2$ , para algunas especies de fanerógamas marinas y otros ecosistemas terrestres.

#### 5.4.- ANCHURA.

La anchura de las hojas se ha considerado tradicionalmente uno de los parámetros más conservativos de *Posidonia oceanica*, hasta el punto de que ha sido propuesto como carácter diferenciador de poblaciones (SEMROUD *et al*, 1992). Sin embargo, hay que considerar que la anchura aumenta según la edad de la hoja (Tabla 5.4). Además de los datos presentados en este trabajo, otros autores han encontrado que la anchura de las hojas intermedias es menor que la de las hojas adultas (GIORGI & THELIN, 1983; PERGENT & PERGENT, 1988). También se deben de considerar los importantes cambios morfológicos, incluyendo la anchura, que se pueden producir a lo largo de un mismo rizoma y que han sido descritos en el apartado 4.3.7. En este sentido hay que considerar que WITTMANN (1984) señala que la anchura de las hojas esta relacionada con el crecimiento de los haces y otros parámetros relacionados con la vitalidad de los mismos (longitud, número y producción de hojas).

### 5.5.- INDICE FOLIAR.

La superficie foliar sigue un marcado ritmo estacional, con valores máximos en verano y mínimos en otoño. En general, las fanerógamas marinas presentan valores de índice foliar mucho más elevados que las plantas terrestres (Tabla 5.6). Según MARGALEF (1974), la mayor parte de los índices foliares se aproximan a 4 que es el índice foliar más común. Más allá de esta relación aumenta la respiración y la utilización de la luz es ineficiente. En condiciones de luz difusa se pueden observar valores mayores. De acuerdo con McROY (1977) los altos valores de índice foliar de las fanerógamas marinas solamente son posibles cuando existe una cierta agitación en el medio de modo que permita que la luz llegue a las distintas partes de las hojas aunque de modo intermitente. Hay que considerar también que un hidrodinamismo muy alto resultaría negativo para el índice foliar puesto que favorecería la rotura de las hojas y su caída prematura.

Hasta la fecha los valores de índice foliar obtenidos para *Posidonia oceanica* en Tabarca a 4 m ( $35 \text{ m}^2/\text{m}^2$ ) son de los más altos en la literatura sólo superados por los  $50 \text{ m}^2/\text{m}^2$  obtenidos por GIRAUD (1977) en Corcega. Hay que considerar que la superficie disponible para la captación de luz, los intercambios con el medio y la fijación de organismos epibiontes es realmente el doble.

### 5.6.- ESTADO DEL ÁPICE.

De los resultados que se presentan en la Tabla 5.7 se puede observar que en praderas superficiales el coeficiente A global se sitúa entre el 50 y el 60 %, aunque ocasionalmente se pueden observar valores más altos (hasta el 80 %), mientras que en las praderas profundas el porcentaje de ápices no enteros se sitúa entre el 10 y el 20 %. GIRAUD (1977) ha sugerido que ello era debido al hidrodinamismo. Aunque resulta evidente que una mayor agitación de las aguas puede favorecer la rotura de las hojas, no hay que olvidar que los principales herbívoros de *Posidonia* (*Sarpa salpa* y *Paracentrotus lividus*) se encuentran principalmente en las praderas superficiales. Con los datos obtenidos en el presente trabajo se demuestra que la mayor frecuencia de ápices rotos en la estación superficial es debida a la incidencia de las poblaciones de salpas. Por otra parte, a partir de las fluctuaciones anuales en el tanto por ciento de ápices no enteros se puede deducir que otro factor que influye en el estado del ápice es la edad de las hojas, cuanto más vieja sea una hoja mayor probabilidad tendrá de haber sido rota (bien por senescencia, por el hidrodinamismo o por los herbívoros).

El estado del ápice es, por tanto, un proceso en el que influye el ciclo de renovación y envejecimiento de las hojas, el hidrodinamismo y el efecto de los herbívoros. Las diferencias observadas a lo largo del gradiente batimétrico se pueden comprender por la diferente incidencia de cada uno de estos factores.

LOCALIDAD	Pr (m)	CoAg	CoAi	CoAa	REFERENCIAS
Port-Cros	1	57.5	29.3	73.7	PERGENT, 1987
	2	51.2	27.0	64.6	
	11	19.2	3.8	27.5	
	23	19	0.8	27.2	
	32	17.1	1.6	24.8	
Banyuls	1	75.6	42.2	90.8	PERGENT, 1987
	2	79.4	41.7	94.9	
	12	44.4	14.4	56.8	
	19	34.3	9.1	44.2	
Urla (Turquía)	0.4	54.1	13.4	81.7	PERGENT, 1987
	1	51.4	11.2	78.6	
	2	48.1	11.2	74.0	
	5	50.5	12.0	77.4	
Marsa	2	76.5	51.1	98.7	SEMROUD <i>et al</i> , 1990
	8	67.7	34.5	96.9	
Tamentfoust	2	70.4	38.3	99.9	SEMROUD <i>et al</i> , 1990
	8	59.7	26.7	91.0	
Ischia	5	34.5	3.4	46.4	BUIA <i>et al</i> , 1992
	22	23.9	6.2	30.7	
Tabarca	4	54.3	14.5	71.9	Presente estudio
	12.5	30.5	6.4	45.1	
	19	15.6	2.9	19.9	

TABLA 5.7: Coeficiente A global (CoAg), de hojas intermedias (CoAi) y de hojas adultas (CoAa) de *Posidonia oceanica* en tanto por ciento. Valores medios anuales.

### 5.7.- ENANISMO EN POSIDONIA SUPERFICIAL.

La presencia de *Posidonia* de dimensiones reducidas cerca del límite superior es un fenómeno habitual en las praderas del Sudeste de la Península ibérica, sin embargo no existe referencia previa del fenómeno en el Mediterráneo. Solamente a partir de los datos de PERGENT y PERGENT-MARTINI (1988) se puede intuir un fenómeno similar en las estaciones superficiales de Banyuls. Estos autores además señalan que la anchura de las hojas de *Posidonia oceanica* es menor a poca profundidad. Lo mismo ocurre con otras fanerógamas marinas (*Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii* y *Syringodium filiforme*) que poseen hojas más estrechas en aguas someras (McMILLAN, 1978). Por su parte, PHILLIPS

& LEWIS (1983) señalan que en *Zostera marina* y *Thalassia testudinum* se presentan formas de hojas estrechas como consecuencia de "estres" ambiental en zonas intertidales o en el subtidal superior.

A pesar de las importantes diferencias morfológicas, no se observan cambios en la fenología de las plantas que presentan las hojas más largas en verano y más cortas en otoño invierno.

Las altas densidades que se dan en las estaciones 1 y 2 pueden ser consecuencia de la elevada proporción de rizomas plagiotropos, cuya tasa de división es mayor, o ser un resultado de la menor competencia entre haces (por la luz por ejemplo). También se podría pensar en un modo de compensar la reducción de la superficie foliar.

Las diferencias observadas no pueden tener una base genética puesto se demuestra que se producen sobre los mismos individuos y sólo pueden ser explicadas como una respuesta de la planta ante la influencia de factores ambientales.

La elevación de la mata de *Posidonia* en aguas someras somete a las plantas a un hidrodinamismo creciente. En estas condiciones una reducción de las partes epigeas y un anclaje más fuerte de la planta presenta ventajas. Se podría suponer que las diferencias morfológicas observadas en las plantas de las estaciones más someras son una respuesta al hidrodinamismo. Esta suposición viene avalada porque el fenómeno de enanismo se observa a mayor profundidad en lugares muy batidos (hasta 3 m), mientras que en lugares más tranquilos se manifiesta solamente hasta 0,5 m de profundidad.

También se podría pensar que los cambios morfológicos de *P. oceanica* son el resultado de un déficit de nutrientes. SHORT (1983) describe un fenómeno similar en *Zostera marina* ligado a bajas concentraciones de amonio en los sedimentos, en el mismo sentido SHORT (1987) señala que se pueden producir cambios morfológicos relacionados con la disponibilidad de nutrientes. Los resultados preliminares en Tabarca (ROMERO *et al*, 1992) no son lo suficientemente claros para confirmar esta hipótesis, aunque parece que las plantas con hojas de dimensiones reducidas presentan una menor concentración de fósforo que se podría interpretar como un síntoma de limitación por este nutriente. De cualquier modo, ambos factores están relacionados puesto que un mayor hidrodinamismo provoca una mayor exportación de nutrientes y un empobrecimiento de las praderas superficiales. En este sentido la pradera de Tabarca parece estar sometida a un proceso de exportación de mantillo muy elevado lo que podría indicar que se trata de una pradera muy expuesta (ROMERO *et al*, en prensa).

## 5.8.- LONGEVIDAD DE LAS HOJAS.

La longevidad de las hojas es bastante homogénea entre las diferentes praderas oscilando entre 4 y 13 meses (Tabla 5.8). Se observa que en las praderas menos profundas donde se obtienen los mínimos valores de duración de las hojas. La amplitud del rango entre mínima y máxima duración de las hojas así como en la longitud teórica que estas alcanzan está relacionada con los modelos de crecimiento de hojas descritos por ROMERO (1985, 1989b) y que se han comentado en el apartado 4.8. Las longitudes teóricas que alcanzan las



hojas en Tabarca a 12.5 m son ligeramente superiores al resto de praderas en las que se dispone de datos como consecuencia de las mayores tasas de crecimiento.

LOCALIDAD	Pr.	Lmax	MAX	MIN	REFERENCIAS
Port-Cros	0.5		10	5	THELIN & BOUDOURESQUE, 1983
	2.2		13	7	
Ischia	4	25-70	7-8	4-5	OTT, 1980
Medes	5	18-82	10.9	4.9	ROMERO, 1985
	6.5	21-79	10.8	5.9	
	8.7	36-83	11.2	8.6	
	13	14-81	10.8	6.1	
Cannes	4	20-70	9	3-4	CAYE & ROSSIGNOL, 1983
Port-Cros	1		13	9	PERGENT & PERGENT-MARTINI, 1990
	2		13	8	
	11		14	10	
	23		12	8	
	32		11	8	
Banyuls	1		10	7	PERGENT & PERGENT-MARTINI, 1990
	2		11	7	
	12		11	7	
	19		13	9	
Tabarca	4	18-81	11	4	Presente estudio
	12.5	25-100	11	5	
	19	20-75	11	9	

**TABLA 5.8:** Longevidad máxima (MAX) y mínima (MIN) en meses de las hojas en distintas praderas de *Posidonia oceanica* a diferentes profundidades, así como el rango de logitud máxima teórica que alcanzan las hojas a partir de los datos de crecimiento y renovación (Lmax).

## 5.9.- BIOMASA Y PRODUCCIÓN.

### 5.9.1.- Comparación entre los métodos de producción.

La subestimación introducida en los valores de producción por el método de Zieman se sitúa entre el 15 y el 20%, debido al engrosamiento de las hojas con la edad (TABLA 5.9). La corrección introducida por ROMERO (1985), al ser aplicada a los datos de Tabarca, produce una subestimación algo menor que se sitúa también en torno al 15%. Esto se puede explicar por la influencia de las hojas más jóvenes del haz (1 y 2), mucho menos densas, en el valor medio de la densidad del haz.

Con el método de BEDHOME *et al* (1983) se obtienen valores anuales prácticamente coincidentes con el método empleado en este trabajo. El problema de este método radica en para las tasas mensuales se obtienen valores negativos (de hasta  $-4.58 \text{ mg PS haz}^{-1}\text{d}^{-1}$ ) o excesivamente altos ( $13.69 \text{ mg PS haz}^{-1}\text{d}^{-1}$ ) que resultan muy difíciles de explicar como ya han señalado GIORGI & THELIN (1983) y que podrían ser artificios introducidos por la heterogeneidad espacial de la pradera.

En cuanto al método de PERGENT & PERGENT (1991) se obtienen en general valores bastante coincidentes con el método de marcaje aunque ligeramente altos, hasta un 13% si se considera el año lepidocronológico de 1989). Sin embargo, la discrepancia existente entre los valores obtenidos entre las distintas ecuaciones y la magnitud de los cambios interanuales en la producción, aconsejan una cierta prudencia a la hora de interpretar los resultados.

El método de corrección de los valores de marcaje propuesto en este trabajo parece adecuado, a la luz de lo anterior, por su sencillez y por los resultados obtenidos, al no presentar los problemas que aparecen con la corrección de BEDHOME *et al* (1983).

MÉTODO	4 m		-12.5 m		-19 m	
	P	%	P	%	P	%
Presente estudio	1.626	-	1.992	-	1.336	-
ZIEMAN, 1974	1.365	-16	1.644	-17.5	1.077	-19.4
ROMERO, 1985, 1989c	1.376	-15	1.673	-16	1.137	-14.9
BEDHOME <i>et al</i> , 1983	1.605	-1.3	1.969	-1.2	1.274	-4.6
PERGENT & PERGENT, 1991 (a)	1.664	2.3	2.246	12.8	1.384	3.4
PERGENT & PERGENT, 1991 (b)	1.703	4.7	2.004	0.6	1.500	12.3

**TABLA 5.9:** Comparación entre los resultados obtenidos con el método propuesto en este trabajo con los que se obtienen con los métodos empleados por otros autores. PERGENT & PERGENT (a) ecuaciones de cada profundidad; PERGENT & PERGENT (b) ecuación general.

### 5.9.2.- Producción de limbos foliares.

La tabla 5.10 resume los datos existentes sobre producción primaria *Posidonia oceanica* aunque se han excluido algunos trabajos que sólo presentan resultados parciales (DREW & JUMP, 1976; DREW, 1978; CRISTIANI, 1980). La comparación de los resultados de la citada tabla es complicada porque los métodos empleados son muy heterogéneos y las diferencias de densidad son muy altas (entre praderas y dentro de una misma pradera en función de la profundidad). Los rangos de producción oscilan entre 37 y  $1200 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ . En cambio si se observan los valores referidos a haces el rango de oscilación es bastante menor ( $0.57\text{-}2.99 \text{ mg C haz}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ). Los valores de producción obtenidos en Tabarca son relativamente altos, a igualdad de profundidad, en comparación con los obtenidos por otros autores para la misma especie. De hecho, solamente son superados por los valores de OTT (1980) y LIBES (1984), aunque en este último caso los métodos no son

comparables.

LOCALIDAD	Pr (m)	gC m <sup>-2</sup>	mgC h <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	gC m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup>	P/B a <sup>-1</sup>	T R d	REFERENCIAS
Santa Pola	1 (M*)	91	1.09	170	1.86	196	ESTEBAN, 1989
Vergel	1 (M*)	167	0.98	419	2.51	145	
C. S. Antonio	3 (M*)	91	1.15	201	2.20	166	
Altea	2 (M*)	108	0.79	172	1.60	228	
Cabanes	4 (M*)	113	1.17	240	2.12	172	
Medes	5 (M*)	150	1.18	270	1.80	203	ROMERO, 1985
	6.5 (M*)	120	1.17	230	1.92	190	
	8.7 (M*)	126	1.32	219	1.74	210	
	13 (M*)	92	1.15	142	1.54	237	
Ischia	4 (M)	489	2.99	1241	2.54	144	OTT, 1980
Ischia	4 (M)	91	1.29	237	2.40	152	WITTMANN, 1984
Ischia	5 (M)	118	1.16	144	1.22	299	BUJA <i>et al</i> , 1992
	22 (M)	52	0.74	44	0.85	431	
Ischia	5 (L)		1.4-1.5	242-255			PERGENT & PERGENT-MARTINI, 1991
	10 (L)		1.1-1.6	133-207			
	20 (L)		0.8-0.9	73-83			
Calvi	10 (M)	182	1.54	230	1.26	290	BAY, 1978, 1984
	30 (B)	34	0.57	37	1.07	341	
Port-Cros	2.5 (C)	366	3.01-4.38	704-1008	1.92-2.75	133-190	LIBES, 1984; 1986
Calvi	8 (Ph)			697			FRANKIGNOULE & DISTECHE, 1984
Port-Cros	0.5 (M*)	188	0.95	307	1.63	224	GIORGI & THELIN, 1983; THELIN & GIORGI, 1984
	0.7 (M*)	264	1.16	423	1.60	228	
	2.2 (M*)	274	1.27	463	1.69	216	
Tabarca	4 (M*)	491	1.60	628	1.28	285	Este trabajo
	12.5 (M*)	181	1.96	322	1.78	204	
	19 (M*)	162	1.32	182	1.12	325	

**TABLA 5.10:** Comparación de los valores de biomasa y producción de hojas *Posidonia oceanica*, sin considerar los peciolos, obtenidos por diferentes autores. Los trabajos de FRANKIGNOULE & DISTECHE (1984) y LIBES (1984) se refieren a toda la planta. Se indican, además, los métodos empleados. M= marcaje, M\*= marcaje modificado, C= <sup>14</sup>C, Ph= cambios en el Ph, B= biomasa, L = Lepidocronología.

ESPECIE	P	B	P/B	T R	REFERENCIAS
<i>Cymodocea nodosa</i>	132-159	53-71	2.2-2.5	146-166	PERÉZ, 1989
<i>Cymodocea nodosa</i>	48-49	19.1-20.3	2.4-2.6	142-155	TERRADOS & ROS, 1992
<i>Cymodocea rotundata</i>	306.6	38	8.1	45.1	BROUNS, 1987a
<i>Cymodocea serrulata</i>	576	49	11.8	31.4	BROUNS, 1987a
<i>Halodule uninervis</i>	409-686	30-50	8-23	16-45	BROUNS, 1987a
<i>Halodule wrightii</i>	256	66.4	3.86	94.7	MONCREIF <i>et al</i> (1992)
<i>Heterozostera tasmanica</i>	133-191	37.8-62.3	3.1-4.1	88.8-119	BULTHUIS & WOELKERLING, 1983
<i>Posidonia australis</i>	192-620	49-221	2.8-4.5	81-130	WEST & LARKUM, 1979
<i>Syringodium isoetifolium</i>	748	82	9.6	37.9	BROUNS, 1987a
<i>Thalassia testudinum</i>	150	19.4	7.5	47.1	ZIEMAN, 1989
<i>Thalassia testudinum</i>	644	147	4.38	83.3	BUESA, 1974
<i>Zostera capricorni</i>	686	104.4	6.6	55	LARKUM <i>et al</i> , 1984
<i>Zostera marina</i>	389	46	8.45	43	JACOBS, 1979
<i>Zostera noltii</i>	136.4	59.4	-	-	PERÉZ, 1989
<i>Zostera noltii</i>	118.4	36	3.28	111	VERMAT <i>et al</i> , 1987
<i>Zostera noltii</i>	146.2	72	2.3	159	PERÉZ-LLORENS & NIELL, 1993

**TABLA 5.11:** Valores de producción primaria, P (en g C m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>); biomasa, B (en g C m<sup>-2</sup>); productividad, P/B (en a<sup>-1</sup>); y tiempo de renovación, T R (en días) para varias especies de fanerógamas marinas. Los valores para *Posidonia oceanica* se indican en la tabla 5.10.

Si comparamos los resultados obtenidos en *Posidonia oceanica* con los obtenidos para otras fanerógamas marinas (Tabla 5.11) se puede observar que esta especie es la que posee valores de productividad más bajos (y por tanto tiempos de renovación más altos) debido a que la elevada biomasa de hojas. Se puede afirmar, además, que *P. oceanica* se sitúa entre las especies de fanerógamas con una mayor producción primaria (*Cymodocea serrulata*, *Syringodium isoetifolium*, *Thalassia testudinum* y *Zostera capricorni*).

### 5.9.3.- Factores que controlan la producción primaria.

#### a) Luz.

La iluminación es uno de los factores necesarios para la fotosíntesis. Está claro que en profundidad la atenuación de la luz puede llegar a ser un factor limitante de la producción primaria. Existen evidencias de que la profundidad a la que se observa el límite inferior de *Posidonia oceanica* y otras fanerógamas marinas está relacionada con el coeficiente de

atenuación de la luz (DUARTE, 1991). De hecho el límite inferior de *P. oceanica* se ha considerado tradicionalmente como la separación entre los pisos infralitoral y circalitoral en el Mediterráneo (PÉRES & PICARD, 1964). Además, la disminución de la densidad y cobertura de la pradera con la profundidad se puede explicar como una adaptación a la disminución de la irradianza (PIRC, 1984).

A pesar de lo anterior, el ciclo anual de producción foliar no parece estar relacionado con los cambios en la iluminación a lo largo del año. La producción es más alta en primavera y otoño y mínima en verano, cuando la irradianza es máxima. LIBES (1984) ha sugerido que en verano se produce fotoinhibición. Sin embargo, si el descenso estival de la producción estuviese relacionado con este fenómeno cabría pensar que se produciría solamente en la pradera superficial y por el contrario se observa también en la pradera profunda. Por ello el descenso estival de la producción necesita ser explicado por otras causas.

#### b) Temperatura.

La temperatura es uno de los factores que poseen importancia en muchos procesos fisiológicos puesto que, entre otros, afecta a la velocidad de las reacciones enzimáticas. Se ha intentado explicar en función de la temperatura los máximos y mínimos de la producción foliar. Por una parte se ha sugerido que temperaturas inferiores a 13° C detienen el proceso de formación de nuevas hojas y disminuyen el crecimiento foliar (CAYE, 1982; CAYE & ROSSIGNOL, 1983). Aunque el ciclo de crecimiento y aparición de hojas observado en Tabarca es similar al descrito por estos autores en Cannes, en nuestro caso la temperatura del agua no alcanza valores tan bajos.

Por otra parte, como ha indicado ROMERO (1985) se podría pensar que las altas temperaturas estivales incrementan los gastos en respiración hasta el punto de afectar de modo significativo a la producción neta de la planta. En este sentido hay que considerar que en verano los valores de índice foliar y biomasa son altos lo que vendría a apoyar esta hipótesis. Sin embargo, de acuerdo con la experiencia de DREW (1978) este efecto se produce a temperaturas superiores a 30° C que no se alcanzan en condiciones naturales.

#### c) Nutrientes.

Los nutrientes son sustancias que actúan de factores limitantes de la producción primaria en muchos sistemas tanto terrestres como marinos. Se puede pensar que a lo largo de un gradiente batimétrico en superficie, el factor limitante serían los nutrientes, mientras que en profundidad el factor limitante sería la iluminación. Las experiencias realizadas en Tabarca para comprobar esta hipótesis (ROMERO *et al*, en prensa) han puesto de manifiesto que: i) existen evidencias indirectas de una cierta limitación por nutrientes en la pradera superficial (1-5 m) como son bajas concentraciones de nitrógeno y fósforo en los tejidos (0.7-1.8% N; 0.05-0.1% P) y un elevado ratio N/P (30-40); ii) en los experimentos de fertilización se observa que en todas las parcelas fertilizadas con fósforo, independientemente de la profundidad, las concentraciones de este elemento alcanzan valores relativamente constantes (0.12%) que son las mismas que se detectan en las plantas no tratadas de profundidad; iii) no se produce una respuesta de incremento del crecimiento en las parcelas fertilizadas, aunque se observan ciertas respuestas en función de la edad de las hojas; iv)

entre las causas de empobrecimiento de la pradera superficial se sugieren, además de la mayor iluminación, la elevada tasa de exportación de hojarasca, que impide el reciclado de nutrientes *in situ*, y la presión de los herbívoros que limitaría el reciclado interno de nutrientes de las hojas más viejas a las más jóvenes.

Todo lo anterior parece sugerir una cierta limitación por fósforo en la pradera superficial de Tabarca. La complejidad de *Posidonia oceanica* evitaría que en un experimento de corta duración como el anterior (1 mes) se manifestase la respuesta a nivel de crecimiento.

#### 5.9.4.- Ciclo de producción de limbos foliares.

Los patrones bimodales de crecimiento y producción que se obtienen en Tabarca a todas las profundidades estudiadas coinciden con los que han sido descritos en por otros autores (OTT, 1980; BAY, 1984; ROMERO, 1989; BUIA *et al*, 1992) con un mínimo en verano, altas tasas de producción en otoño y primavera y una depresión invernal. La persistencia de un ritmo similar de crecimiento y producción en praderas sometidas a condiciones ambientales distintas es consistente con la observación de OTT (1979) de la persistencia del ritmo de crecimiento de hojas en acuario a condiciones constantes de iluminación y temperatura que sugiere la existencia de un mecanismo de regulación interno del crecimiento como respuesta integrada a los cambios ambientales.

De cualquier modo, la comparación con otros autores revela algunas diferencias en el ciclo de crecimiento. La estación intermedia, 12.5 m, presenta mayores tasas de crecimiento y producción, si se expresan por haz, que la estación más somera. ROMERO (1985) no encuentra diferencias en estos parámetros entre 5 y 13 m en las islas Medes. El pico de crecimiento primaveral en Tabarca a 4 y 12.5 m aparece antes (marzo) que en otras praderas de la parte Norte del Mediterráneo (junio en Medes, ROMERO, 1985; abril en Calvi, BAY, 1984; abril-junio en Port-Cros, THELIN & GIORGI, 1984). BUIA *et al* (1992) no encuentran el pico de crecimiento otoñal a 22 m, y el pico de crecimiento primaveral a 5 m es muy bajo comparado con el de otoño. Por otra parte LIBES (1984), usando el método del  $^{14}\text{C}$ , encuentra las tasas de producción más altas en verano en Port-Cros.

Otro factor que ha sido propuesto para explicar el descenso estival de la producción es el descenso en verano de la concentración de clorofila en las hojas que puede estar relacionado con la senescencia de las mismas (DREW, 1978; PIRC, 1986).

El ciclo de producción obtenido en Tabarca es consistente con el modelo propuesto por OTT (1980) y ROMERO (1985, 1989). Durante el verano la planta estaría almacenando carbohidratos (principalmente almidón) para mantener el crecimiento de otoño e invierno. La depresión invernal se explicaría por el agotamiento de las reservas de almidón (PIRC, 1985). Este modelo también explicaría las diferencias en el ciclo anual de producción que se observan entre los métodos metabólicos (LIBES, 1984) y los de marcaje (ROMERO, 1989). El desfase existente en la dinámica de crecimiento entre praderas superficiales y profundas se podría explicar también mediante este modelo porque se ha demostrado que existe un desfase similar en el ciclo de almacenamiento de almidón en las praderas profundas (PIRC, 1984).

### 5.9.5.- Biomasa y producción de peciolo.

La máxima biomasa de peciolo oscila entre 112 mg PS h<sup>-1</sup> y 197 mg PS h<sup>-1</sup> y la producción entre 107 mg PS h<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> y 403 mg PS h<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Los valores más altos en ambos casos se observan en la estación de 12.5 m de Tabarca. Así mismo la productividad en Tabarca es ligeramente superior a la obtenida por ROMERO (1989c) en Medes (2.04-2.2 frente a 1.45-1.93).

LOCALIDAD	Pr	B	P	P/B	REFERENCIAS
Medes	5	0.129	0.249	1.93	ROMERO, 1985
	6.5	0.141	0.230	1.63	
	8.7	0.180	0.261	1.45	
	13	0.164	0.242	1.48	
Ischia	4		0.107		WITTMANN, 1984
Calvi	10		0.240		BAY, 1984
Ischia	5	0.130			BUIA <i>et al</i> , 1992
	22	0.112			
Tabarca	4	0.171	0.376	2.20	Presente estudio
	12.5	0.197	0.403	2.04	
	19	0.131	0.279	2.11	

TABLA 5.12: Biomasa y producción de peciolo en gr PS h<sup>-1</sup> y gr PS h<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Se indica, además, el cociente P/B en a<sup>-1</sup>.

### 5.10.- CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE RIZOMAS Y RAÍCES.

La biomasa hipogea representa una parte considerable de la biomasa total de *Posidonia oceanica* lo que se manifiesta en el cociente biomasa epigea/biomasa hipogea (Tabla 5.13). Si exceptuamos los valores de BOUDOURESQUE & JEUDY DE GRISSAC (1986) y FRANCOUR (1990) cuyos resultados no son comparables puesto que consideran dentro de la biomasa de rizomas el peso de las escamas, los valores oscilan entre 500 y 1700 g m<sup>-2</sup>. Estas diferencias son, en buena parte, debidas a las diferencias de densidad entre las distintas praderas puesto que el rango de oscilación de los valores expresados por haz es menor (entre 1 y 1.7 g PS h<sup>-1</sup>). La biomasa de raíces es más variable y oscila entre 85 g PS m<sup>-2</sup> y los 1133 g PS m<sup>-2</sup> (0.19-2.1 g PS h<sup>-1</sup>). La cantidad de necromasa que se acumula en la mata es considerable (hasta 9 Kg PS m<sup>-2</sup> en los primeros 25 cm).

Loc.	Pr	Biomasa Riz.		Biomasa raices		Necr. Kg/m <sup>2</sup>	Be/Bhi	Referencias
		g/m <sup>2</sup>	g/haz	g/m <sup>2</sup>	g/h			
Ischia	4	895	1.7	1133+	2.1+	1.8	0.41	PIRC, 1983
Medes	5	751	1.20	308	0.49		0.16	ROMERO, 1985; 1989C
	6.5	586	1.09	227	0.42		0.19	
	8.7	541	1.20	755	1.66		0.17	
	13	519	1.53	204	0.60		0.19	
Elbo	17	3317*	6.8*	668	1.4	1.0	0.21	Boudouresque & Jeudy De Grissac, 1986
Port-Cros	3	2713*	6.5*	1096	2.8	6.1	0.40	FRANCOUR, 1990
	24	902*	6.1*	442	3.0	2.4	0.22	
Tabarca	4	1663	1.55	1236	1.15	8.9	0.47	Presente estudio
	12.5	609	1.35	85	0.19	2.7	0.72	
	19	520	1.38	111	0.29	3.0	0.71	

**TABLA 5.13:** Biomasa de rizomas y raices. Los valores marcados con el signo + corresponden a la suma de raices vivas y muertas mientras que los marcados con un asterisco (\*) consideran la biomasa de los rizomas más las escamas que llevan unidas. Se indican también los valores de necromasa en los primeros 25 cm y el cociente biomasa epigea/biomasa hipogea (Be/Bhi).

El crecimiento de rizomas ortotropos (Tabla 5.14) alcanza su máximo en praderas situadas entre 4 y 10 m de profundidad y disminuye tanto a mayor como a menor profundidad. El crecimiento es bastante variable oscilando entre 2 mm/año (arrecife barrera de Tabarca) y 15 mm/año (THELIN *et al*, 1985). Estas diferencias en las tasas de crecimiento están relacionadas con las tasas de sedimentación (BOUDOURESQUE *et al*, 1984). Por su parte, la producción de rizomas (Tabla 5.14) oscila entre 24 y 161 mg PS h<sup>-1</sup>. Los valores más altos se obtienen en Tabarca.

### 5.11.- PRODUCCION DE LA COMUNIDAD.

La parte más importante de la producción primaria de *Posidonia oceanica* son los limbos foliares que representan entre el 70 y el 80% de la producción total (Tabla 5.15). De cualquier modo no es en absoluto despreciable la contribución de otras partes de la planta, particularmente los peciolos que representan entre el 14 y el 16 %, y los rizomas (5-7%). La contribución de las raices es muy irregular (0.8-8%) mientras que la producción de inflorescencias, aunque poco importante respecto a la producción anual de la planta (2-3%) representa una fracción considerable de la producción otoñal, en las plantas que florecen, que, probablemente, requiera la removilización de reservas.



LOCALIDAD	Prof.	crec	mgPS h <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	gPS m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup>	REFERENCIAS
Port-Cros	1	0.69	46	42.9	PERGENT, 1987
	2	0.67	59	38.3	
	11	0.76	80	25.4	
	23	0.44	33	9.3	
	32	0.47	60	12.2	
Banyuls	1	0.83	51	65.6	PERGENT, 1987
	2	0.86	51	59.7	
	12	0.64	58	30.9	
	19	0.65	46	16.8	
Urla (Turquía)	0.4-5	0.34-0.75			PERGENT, 1987
Galeria	8			42	BOUDOURESQUE <i>et al</i> , 1983
Cannes	4	0.6-1.1			CAYE, 1980
Medes	5	1.13	88	55	ROMERO, 1985
	6.5	1.11	94	51	
	8.7	1.17	112	51	
	13	0.92	106	36	
Calvi	10	1.15	83	34	BAY, 1978, 1984
	20	0.85	33	13	
	30	0.61	25	4	
	38	0.52	24	2	
Ischia	4		50	27	PIRC, 1983
Marsa	2	0.72	63	30	SEMROUD <i>et al</i> , 1990
	8	1.27	123	21	
Tamentfoust	2	0.68	89	24	
	8	0.70	72	8.2	
Egipto	18-24	1.4-1.5			THELIN, <i>et al</i> , 1985
Tabarca	4	1.20	161	173	Presente trabajo
	12.5	1.09	147	66	
	19	1.02	111	42	

**TABLA 5.14:** Velocidad de crecimiento (en cm/año) y producción de rizomas ortotropos de *Posidonia oceanica* a diferentes profundidades. Los valores de producción se expresan por haz y por m<sup>2</sup> de pradera.

Loc.	Pr	Prod.	% Li	% Pe	% Ri	% Ra	% Fl	REFERENCIAS
Calvi	10	735	82	13	5	-	-	BAY, 1978, 1984
Medes	5	1000	75	16	5	2	2	ROMERO, 1985, 1989c
	6.5	850	77	15	6	2	-	
	8.7	869	72	14	6	8	-	
	13	540	75	15	7	2.5	0.5	
Ischia	4	694	88	8	4	-	-	WITTMANN, 1984
Ischia	4	3225	96.5	-	1	2.5	-	OTT, 1980
Tabarca	4	2452	71.2	16.4	7.1	5.3	-	Presente trabajo
	12.5	1152	77.8	15.7	5.7	0.8	-	
	19	681	74.2	15.5	6.2	1.3	2.8	

TABLA 5.15: Contribución de las distintas parte de la planta a la producción total. Los valores de producción se expresan en g PS m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>. Li= limbos, Pe= peciolos, Ri= rizomas, Ra= raíces, Fl= inflorescencias

Loc.	Pr.	B.	P.	P/B	Ref.
Medes	5	0.225	0.62	2.76	ROMERO, 1985
	6.5	0.292	0.80	2.74	
	8.7	0.597	1.64	2.75	
	13	0.465	1.27	2.73	
Port-Cros	2.5	0.75	1.76-2.60	2.34-3.47	LIBES, 1984
Ischia	5 (1988)	0.193			BUJA <i>et al</i> , 1992
	5 (1989)	0.087			
	22 (1988)	0.087			
	22 (1989)	0.036			
Port-Cros	0.5	0.143			GIORGI & THELIN, 1983
	0.7	0.375			
	0.7	0.116			
	2.2	0.495			
	2.5	0.395			
Ischia	5	0.190	0.562	2.96	MAZZELLA & OTT, 1984
Tabarca	4	0.236	0.340	1.44	Este trabajo
	12.5	0.299	0.52	1.74	
	19	0.135	0.25	1.85	

TABLA 5.16: Biomasa (en mg PS h<sup>-1</sup>) y producción (mg PS h<sup>-1</sup>) de epífitos de *Posidonia oceanica*. Los números entre parentesis indican años diferentes.

La biomasa de epífitos presenta fluctuaciones interanuales muy grandes (BUIA *et al*, 1992). La amplitud de tales fluctuaciones se puede observar en la Tabla 5.16. La biomasa de epífitos en Tabarca fue mayor en 1989 que en 1988, estos cambios pueden estar relacionados con la temperatura puesto que 1989 fue un año más cálido, en Tabarca, que 1988.

Como se ha comentado con anterioridad (apartado 3.3.3b), el cálculo de producción de epífitos realizado en este trabajo representa una clara subestimación de la producción real. Esto se puede observar comparando los valores del cociente P/B entre Tabarca (1.4-1.8) y con el resto de localidades (2.43-3.47).

## 5.12.- COMPARACION ENTRE LAS PRADERAS DE ISCHIA Y TABARCA.<sup>1</sup>

Se ha considerado de interés realizar, además de la comparación general con otros autores, una comparación más en detalle con la pradera de Lacco Ameno en la isla de Ischia (Golfo de Nápoles, Italia), puesto que se disponen de datos obtenidos en el mismo periodo (Junio 1988-Agosto 1989), a profundidades comparables (5 y 22 m) y con el mismo método (BUIA *et al*, 1992).

La comparación se ha realizado mediante un análisis de componentes principales con 28 variables de producción y fenología (la lista completa se encuentra en la tabla 5.17). Para evitar introducir un sesgo debido a las diferencias de densidad con la profundidad y entre estaciones (en Ischia la pradera se encuentra en regresión, MAZZELLA & BUIA, 1989; y la densidad es muy baja, 341 h/m<sup>2</sup> a 5 m y 163 h/m<sup>2</sup>) todas las variables referidas a la planta se han expresado en valores "por haz" y no por m<sup>2</sup>. Se han considerado un total de 62 observaciones repartidas entre 5 estaciones (Tabarca a 4, 12.5 y 19m; Ischia a 5 y 22 m).

La tabla 5.17 representa la tabla de correlaciones obtenida entre las distintas variables así como sus niveles de significación.

Los dos primeros ejes explican el 50 % de la varianza. El primer eje (27.4 % de la varianza) se encuentra fuertemente relacionado con el número de hojas intermedias, el crecimiento de las hojas 3 y 4, el crecimiento total del haz y la productividad. Por su parte, el segundo eje (22 % de la varianza) se encuentra relacionado principalmente con la biomasa y la superficie por haz (figura 5.1).

Uniendo correlativamente los resultados para cada estación se observa un ordenamiento cíclico de los mismos (figura 5.2, 5.3 y 5.4). Se puede decir que los dos primeros ejes describen la estacionalidad en la pradera. A la derecha del primer eje se agrupan las muestras de final del otoño (valores altos de productividad, crecimiento de las hojas de mayor rango y elevado número de hojas intermedias) mientras que a la izquierda se agrupan las muestras estivales. En la parte superior del primer eje se agrupan los valores

<sup>1</sup> Para la realización de este apartado se han utilizado los datos de BUIA *et al* (1992). Se ha contado, además con la importante colaboración de L. MAZZELLA, V. ZUPO y M. C. BUIA.

de primavera y principios del verano (alta biomasa y superficie por haz). Se puede observar además el desfase que existe con la profundidad respecto al ciclo vegetativo. Además se observa que en las estaciones profundas de ambas localidades la amplitud de los ciclos es menor.

Entre estaciones se observa que las diferencias más importantes son debidas a que las muestras de Tabarca alcanzan valores más altos en el segundo eje, en primavera y verano, que las de Ischia lo que indica que se alcanzan valores mas altos de biomasa y superficie por haz.

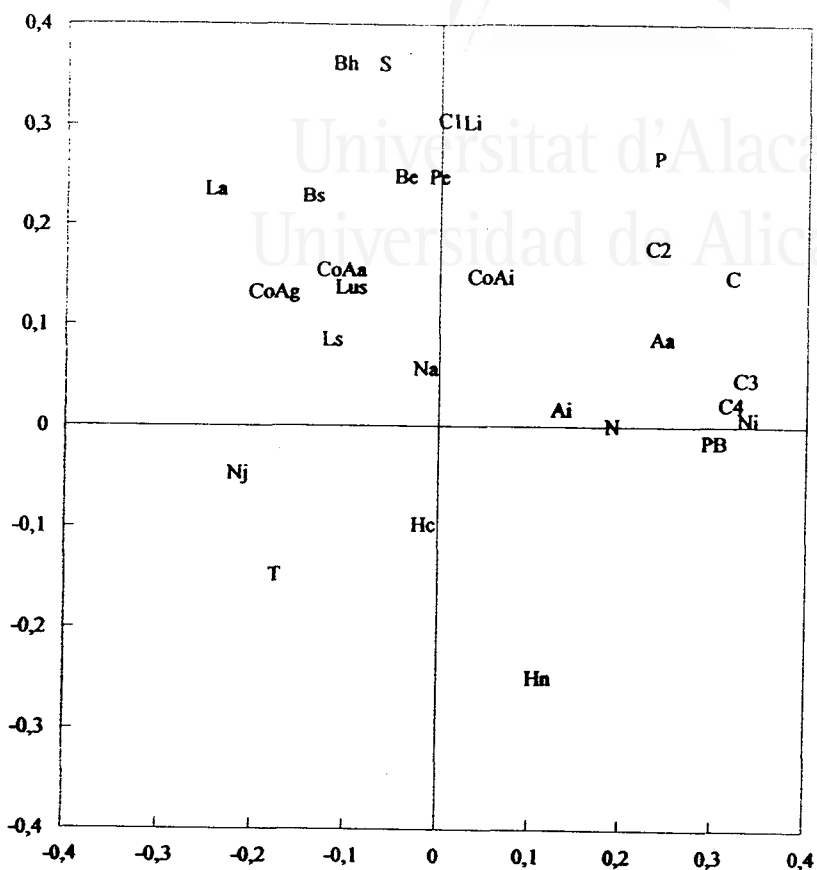
	N	Nj	Ni	Na	Li	La	Ls	Lus	Aa	Ai	S	CoAg	CoAi	CoAa
N	1,00													
Nj	0,24	1,00												
Ni	0,41	-0,71	1,00											
Na	0,63	0,41	-0,22	1,00										
Li	-0,39	-0,47	0,11	-0,25	1,00									
La	-0,41	0,37	-0,66	0,04	0,40	1,00								
Ls	-0,29	0,09	-0,23	-0,19	0,11	0,40	1,00							
Lus	-0,13	0,12	-0,22	0,04	0,16	0,48	0,58	1,00						
Aa	0,53	-0,20	0,56	0,13	0,06	-0,31	-0,18	-0,20	1,00					
Ai	0,61	0,25	0,22	0,31	-0,28	-0,22	-0,19	-0,14	0,67	1,00				
S	-0,02	0,07	-0,16	0,19	0,64	0,77	0,28	0,40	0,15	0,04	1,00			
CoAg	-0,06	0,44	-0,45	0,16	-0,01	0,37	0,07	0,13	-0,11	0,11	0,21	1,00		
CoAi	0,05	-0,17	0,20	-0,08	0,32	-0,05	-0,09	-0,10	0,10	-0,05	0,11	0,41	1,00	
CoAa	0,02	0,26	-0,22	0,10	0,06	0,25	0,01	0,10	0,03	0,20	0,23	0,95	0,46	1,00
Bh	-0,01	0,15	-0,26	0,29	0,56	0,77	0,27	0,45	0,06	0,02	0,94	0,41	0,15	0,40
Bc	0,22	0,26	-0,13	0,29	0,29	0,33	-0,05	0,05	0,10	0,25	0,52	0,33	0,22	0,32
Bs	0,11	0,31	-0,38	0,53	0,19	0,49	0,20	0,40	-0,04	0,04	0,57	0,48	0,08	0,44
Hn	0,41	0,19	0,15	0,16	-0,64	-0,54	-0,34	-0,13	0,20	0,40	-0,60	-0,19	-0,24	-0,15
Hc	-0,17	0,05	-0,16	-0,07	-0,06	-0,01	-0,16	-0,05	-0,09	-0,01	-0,18	-0,08	-0,09	-0,10
P	0,42	-0,38	0,56	0,19	0,46	-0,04	-0,13	0,06	0,61	0,34	0,47	-0,02	0,31	0,14
C	0,46	-0,53	0,79	0,02	0,31	-0,32	-0,15	-0,02	0,63	0,33	0,20	-0,34	0,20	-0,15
C1	-0,23	-0,18	-0,05	-0,07	0,74	0,53	0,13	0,21	0,06	-0,14	0,66	0,07	0,26	0,09
C2	0,23	-0,48	0,51	0,10	0,49	-0,19	-0,14	0,04	0,47	0,21	0,24	-0,24	0,20	-0,08
C3	0,58	-0,52	0,86	0,08	0,04	-0,58	-0,21	-0,07	0,60	0,37	-0,07	-0,36	0,18	-0,17
C4	0,61	-0,42	0,85	0,00	-0,04	-0,49	-0,20	-0,13	0,66	0,42	-0,05	-0,37	0,09	-0,21
Pe	0,01	-0,02	0,01	0,04	0,40	0,26	-0,01	-0,03	0,16	0,09	0,45	0,24	0,17	0,27
PB	0,40	-0,47	0,75	-0,09	-0,01	-0,56	-0,13	-0,10	0,48	0,23	-0,23	-0,39	0,18	-0,27
T	0,03	0,67	-0,61	0,32	-0,57	0,17	-0,00	0,09	-0,23	0,15	-0,24	0,32	-0,35	0,17

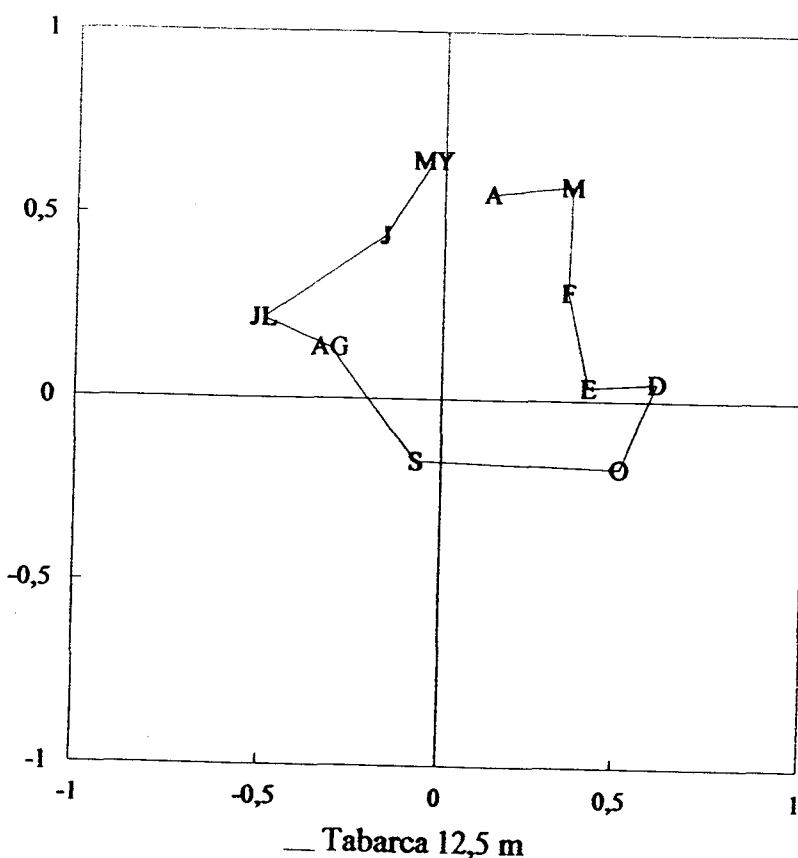
	Bh	Bc	Bs	Hn	Hc	P	C	C1	C2	C3	C4	Pe	P/B	T
Bh	1,00													
Bc	0,59	1,00												
Bs	0,72	0,36	1,00											
Hn	-0,59	-0,25	-0,28	1,00										
Hc	-0,22	-0,22	-0,20	0,33	1,00									
P	0,43	0,31	0,22	-0,10	-0,08	1,00								
C	0,07	0,08	-0,13	0,13	-0,03	0,87	1,00							
C1	0,57	0,35	0,19	-0,48	-0,04	0,51	0,36	1,00						
C2	0,14	0,15	0,04	0,09	0,13	0,76	0,82	0,50	1,00					
C3	-0,13	-0,01	-0,20	0,29	-0,02	0,73	0,90	0,02	0,70	1,00				
C4	-0,15	-0,08	-0,25	0,23	-0,10	0,66	0,83	-0,04	0,43	0,84	1,00			
Pe	0,50	0,68	0,32	-0,36	-0,08	0,38	0,17	0,38	0,21	0,05	0,02	1,00		
PB	-0,30	-0,18	-0,38	0,24	-0,16	0,51	0,72	0,10	0,51	0,75	0,72	-0,08	1,00	
T	-0,14	-0,09	0,21	0,43	0,31	-0,40	-0,44	-0,32	-0,31	-0,37	-0,38	-0,14	-0,38	1,00

**TABLA 5.17:** Tabla de correlaciones obtenidas en el análisis de componentes principales. Las correlaciones superiores a 0.39 son significativas al 99.9 %, mientras que las superiores a 0.22 son significativas al 95 %. N= número total de hojas; Nj= número de hojas juveniles; Ni= número de hojas intermedias, Na= número de hojas adultas; Li= longitud de las hojas intermedias; La= Longitud de las hojas adultas, Ls= longitud total de peciolos; Lus= longitud del último peciolo; Aa= Anchura de las hojas adultas; Ai= anchura de las hojas intermedias; CoAg= Coeficiente A global; CoAi= coeficiente A de las hojas intermedias; CoAa= Coeficiente A de las hojas adultas; Bh= Biomasa de hojas; S= superficie por haz; Bs= Biomasa peciolos; Be= Biomasa epífitos; Hn= Frecuencia de aparición de hojas, Hc= frecuencia de caída de hojas, P= producción del haz, C= crecimiento del haz, Cn= crecimiento de la hoja número n, Pe= Producción de epífitos, P/B= productividad, T= Temperatura

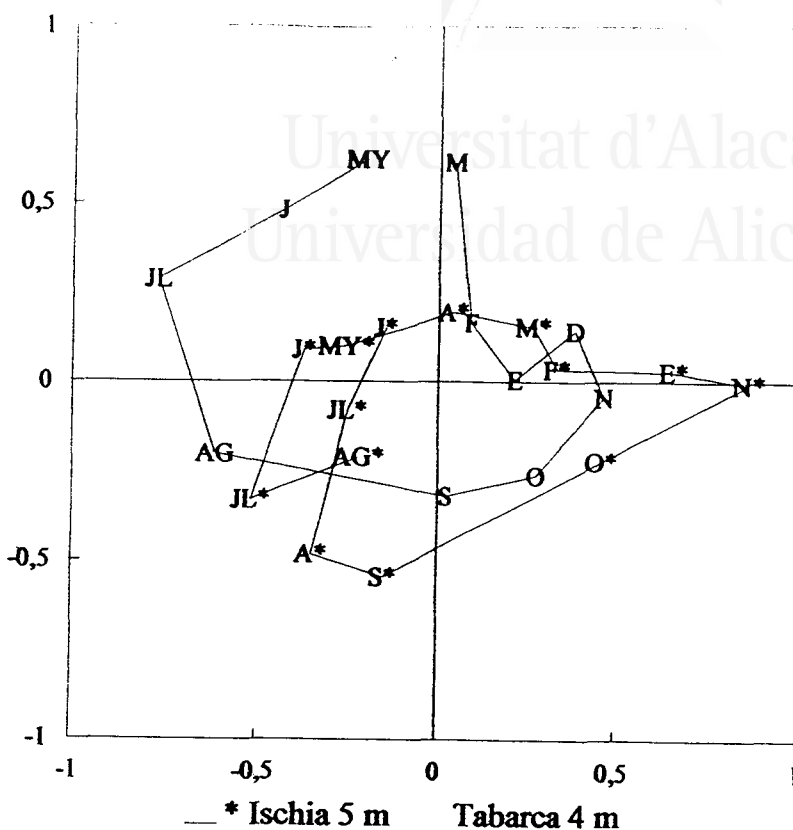
**FIGURA 5.1:** Proyección de las variables sobre los dos primeros ejes. Eje I en horizontal y Eje II en vertical. El significado de las iniciales es el mismo que en la Tabla 5.17



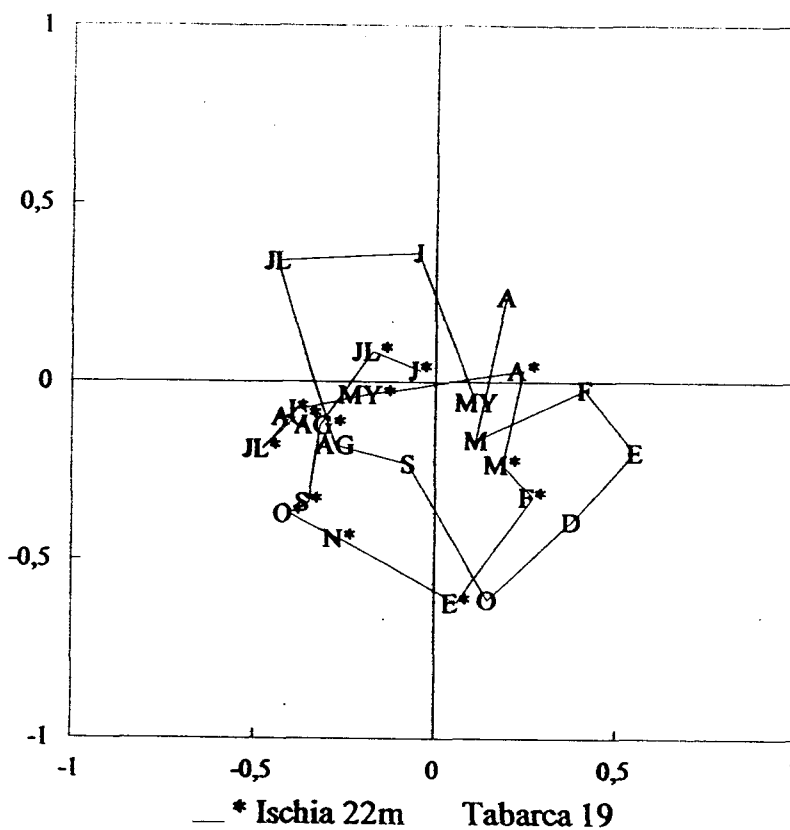
**FIGURA 5.2:** Resultados de la representación sobre los ejes I y II de las observaciones correspondientes a la estación de Tabarca 12.5 m. Se puede ver el comportamiento que representa la estacionalidad en la biomasa y la producción. Se han descompuesto los resultados del análisis de componentes principales en 3 graficas para una mayor claridad.



**FIGURA 5.3:** Resultados de la representación sobre los ejes I y II de las observaciones correspondientes a las estaciones superficiales de Ischia y Tabarca



**FIGURA 5.4:** Resultados de la representación sobre los ejes I y II de las observaciones correspondientes a las estaciones profundas de Ischia y Tabarca



### 5.13.- REPRODUCCION SEXUAL.

La aparición de flores es un fenómeno irregular pero no infrecuente. Praderas cercanas pueden tener frecuencias de floración muy diferentes. Dentro de una misma pradera las inflorescencias se distribuyen de manera contagiosa formando manchas de dimensiones variables (PERGENT, 1985). Florecen tanto praderas superficiales como profundas aunque, según la pradera, las floraciones pueden ser más frecuentes en la pradera superficial o, por el contrario, en la profunda. Se observa que la aparición de flores presenta un desfase temporal con la profundidad del mismo modo que el ciclo de crecimiento y producción (MAZZELLA *et al*, 1984). Las flores se pueden observar en septiembre en praderas superficiales y a finales de octubre en las profundas.

Una misma pradera puede florecer en años consecutivos. En un mismo haz, el intervalo mínimo observado entre floraciones es de tres años. Sin embargo, también se ha observado por lepidocronología que algunos haces pueden pasar más de 30 años sin florecer. Sería posible pensar que por tratarse de una monocotiledonea leñosa las plantas floreciesen después de un periodo de latencia más o menos largo (CAYE & MEINESZ, 1992).

No siempre las floraciones van seguidas de fructificación. Las semillas germinan fácilmente en acuario pero son muy escasas las observaciones de semillas germinadas en condiciones naturales (BUJA & PIRAINO, 1989). Ello puede ser debido a que se produzcan muy raramente o a la dificultad de observación *in situ*.

Aunque se ha sugerido una relación de la temperatura con la floración, particularmente en la parte noroccidental del Mediterráneo (GIRAUD, 1977), no hay evidencias directas de la misma. En la Península Ibérica las floraciones son aparentemente más frecuentes en Baleares y el Sudeste Ibérico (Alicante, Murcia) donde, por otra parte, el desarrollo de las praderas es mayor.

La floración, cuando se produce, representa una parte importante de la producción de la planta en otoño que, probablemente, requiera la removilización de las reservas de almidón de los rizomas. Si se considera que estas reservas se utilizan, además, para la formación de nuevas hojas y para su crecimiento, es posible suponer que el nivel de reservas puede actuar como factor limitante de la aparición de flores. En este sentido resulta sugerente que las floraciones observadas en Tabarca coincidan con los años en los que la producción obtenida por el método de PERGENT & PERGENT-MARTINI (1991) es mayor. A pesar de ello esta hipótesis requiere la realización de una comprobación experimental rigurosa.

La reproducción sexual supone una serie de ventajas evolutivas sobre la reproducción asexual: mayor recombinación genética y por tanto mayor variabilidad en la población, mayores posibilidades de dispersión, etc. Sin embargo en *Posidonia oceanica* domina claramente la reproducción asexual (división de rizomas, implantación de esquejes). De hecho aun está por demostrar que la reproducción sexual representa algo más que un papel vestigial en esta especie. El desarrollo de nuevas técnicas genéticas (JEFFREYS *et al*, 1985; GOFF & COLEMAN, 1988; BURKE, 1989; FAIN *et al*, 1992; NEUHAUS *et al*, 1993) podrán aportar información al respecto.

#### 5.14 ¿EXISTE UNA REGRESIÓN CLIMÁTICA DE *Posidonia oceanica*?

Como se comentó anteriormente, desde el trabajo de MOLINIER & PICARD (1952) se ha supuesto que *Posidonia oceanica* es una especie que podría tener su óptimo desarrollo a temperaturas más altas de las que se dan en la parte Noroccidental del Mediterráneo. Se ha sugerido una posible regresión natural de carácter climático en las partes frías del Mediterráneo (PERES & PICARD, 1975; PERES, 1984). Los argumentos a favor de esta hipótesis son débiles y se han discutido con anterioridad (escasez de floraciones, interrupción invernal del crecimiento).

Los resultados de este trabajo, realizado en uno de los puntos más cálidos de la Península Ibérica, pueden aportar algunos argumentos más a esta discusión. A primera vista se puede suponer que algunos de los resultados obtenidos podrían venir a apoyar esta hipótesis:

i) Amplia distribución de *Posidonia oceanica* en las costas de Alicante y Murcia en las que forma una franja prácticamente continua, interrumpida solamente en la desembocadura del río Segura y en la zona de Portman-Cartagena donde se han producido vertidos industriales importantes (residuos de minería y petroquímica).

ii) Número relativamente alto de floraciones y/o fructificaciones observadas en comparación con otras zonas del Mediterráneo español.

iii) Intensidades de floración altas en la pradera profunda de Tabarca.

iv) Valores de biomasa, índice foliar y producción altos en comparación con los obtenidos en otras localidades.

Estos argumentos indican que en Tabarca *Posidonia oceanica* se encuentra en un posible óptimo biológico (o por lo menos más cerca de él que otras praderas estudiadas en la parte Norte del Mediterráneo). Sería posible suponer que ello es debido a las aguas en Tabarca son relativamente cálidas. Sin embargo esta interpretación es excesivamente simplista y se pueden discutir los argumentos anteriores:

i) Las observaciones de flores y frutos, como se ha comentado con anterioridad están muy sesgadas por la cantidad de observadores que puedan dejar constancia del fenómeno que resulta cuanto menos aventurado extraer alguna conclusión de las mismas. De cualquier modo, se puede afirmar que en las praderas estudiadas en la costa de Alicante no se producen floraciones generalizadas todos los años, a pesar de ser una zona de aguas cálidas.

ii) Las intensidades de floración calculadas en el interior de una misma pradera pueden variar en función de la naturaleza contagiosa de presencia de flores. En la pradera superficial de Tabarca las floraciones son muy raras y no se puede argumentar en este caso una influencia de la temperatura. Del mismo modo, en praderas cercanas a la de Tabarca las intensidades de floración son menores. Por otra parte, en esta localidad se produjo una



floración importante en 1988 (un año más frío) y no en 1989 (un año más cálido).

iii) Los valores de biomasa y producción calculados por ESTEBAN (1989) para otras praderas de la provincia de Alicante son mucho más bajos que los de Tabarca, aunque se trate, en este caso, de praderas superficiales que pueden estar sometidas a un cierto estrés debido al hidrodinamismo y/o contaminación.

iv) En las costas de Siria, con un rango de temperaturas similar a la de Tabarca, la distribución de *Posidonia oceanica* está muy reducida, solamente se han señalado dos praderas y con problemas de regresión (MAYHOUB, 1976).

v) Existen numerosos trabajos en los que se pone de manifiesto la sensibilidad de la especie a las alteraciones de origen antrópico (ARDIZZONE & MIGLIANOLO, 1982; BLANC & JEUDY DE GRISSAC, 1989; ASTIER, 1984; BOURCIER, 1980, 1982; MAGGI, 1973; MAGGI *et al*, 1977; MEINESZ & LEFEVRE, 1978; MEINESZ *et al*, 1982, 1984; SANCHEZ LIZASO *et al*, 1990). La dificultad de la especie para recolonizar las superficies destruidas provoca que los síntomas de regresión se puedan mantener mucho tiempo después de que haya desaparecido la alteración que los provocó (MEINESZ & LEFEVRE, 1984).

Por todo lo anterior, no parece lógico mantener la hipótesis de una regresión debida a las bajas temperaturas en la parte norte del Mediterráneo Occidental. La única regresión de carácter climático documentada es la descrita por BOURCIER (1989) en la que la ausencia de los vientos dominantes durante un prolongado periodo de tiempo provocó la acumulación de contaminantes, cambios en la transparencia del agua y en las tasas de sedimentación que, lógicamente afectan a la pradera. La especie se comporta como un típico estratega de la *k* que necesita ambientes muy estables para desarrollarse. La inadaptación de la especie a las condiciones actuales sólo puede interpretarse como la incapacidad de soportar las introducciones de materia y energía provocadas por las actividades humanas que inestabilizan el sistema litoral y provocan una regresión casi generalizada de las praderas de *Posidonia oceanica*.



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

## 6.- CONCLUSIONES.

1.- La pradera de *Posidonia oceanica* de Tabarca presenta una elevada densidad a 4 m (1074 haces/m<sup>2</sup>) y disminuye gradualmente con la profundidad (450 haces/m<sup>2</sup> a 12.5 m y 378 haces/m<sup>2</sup> a 19 m). La disminución de la densidad con la profundidad está relacionada con el coeficiente de atenuación de la luz. La cobertura es del 78 % a 4 metros y del 50 % en las otras dos estaciones. No se observan cambios significativos en la densidad entre 1988 y 1992 mientras que en el mismo periodo se produce un ligero incremento de la cobertura en la estación profunda (del 51 al 64 %). El método de estima de la cobertura de la pradera a base de transectos ofrece resultados comparables con el método fotográfico.

2.- La aparición de hojas se concentra entre los meses de agosto y enero. El número de hojas que aparece al año es menor en la estación superficial (7.74) que en las otras dos (8.5 y 8.54 a 12.5 y 19 m, respectivamente). El número de hojas, excluidas las juveniles, es menor en verano y mayor en invierno. El número de hojas juveniles tiene el máximo en verano coincidiendo con el mínimo de hojas intermedias y el inicio del ciclo de renovación de hojas.

3.- La longitud media de las hojas adultas alcanza valores muy altos (115, 104 y 95 cm a 4, 12.5 y 19 m, respectivamente), habiéndose llegado a medir hojas de más de 140 cm. Así mismo son altos los valores de índice foliar (hasta 35 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> en la estación superficial) y biomasa de hojas (entre 1.4, 0.5 y 0.45 Kg PS m<sup>-2</sup> a 4, 12.5 y 19 m, respectivamente). La biomasa hipogea, rizomas y raíces, supera la biomasa máxima de hojas en todas las estaciones (2.9, 0.7 y 0.6 Kg PS m<sup>-2</sup> a 4, 12.5 y 19 m, respectivamente). Destaca la importancia de las raíces en la estación superficial (1.2 Kg PS m<sup>-2</sup>).

4.- La anchura media de las hojas aumenta con su rango de inserción. Esta relación se mantiene en todas las estaciones y todos los meses excepto a final del verano. Como consecuencia de incremento de la anchura y del espesor de los limbos foliares con la edad se produce un incremento de la relación peso/longitud que hace aconsejable corregir los resultados del método de marcaje para evitar subestimar la producción foliar. La corrección utilizada en este trabajo, consistente en multiplicar el crecimiento por la relación peso/longitud del limbo de la hoja de mayor rango, parece adecuada para evitar la subestimación de la producción.

5.- El porcentaje de hojas enteras disminuye con la edad y aumenta con la profundidad. La principal causa de pérdida del ápice de las hojas en Tabarca es la acción de *Sarpa salpa*, en la pradera superficial. Se ha llegado a observar que el sobrepastoreo de esta especie provoca la muerte de algunos haces en la estación de 4 m. La incidencia de otros herbívoros, *Paracentrotus lividus* e isópodos, también está influida por la profundidad pero, durante la realización de este estudio, fue muy baja.

6.- En el límite superior de la pradera y en el borde de estructuras erosivas aparecen manchas de *Posidonia* de dimensiones reducidas con densidades altísimas (1600-1900 haces/m<sup>2</sup>) y que se caracterizan por presentar hojas con una anchura en torno a los 7 mm, una longitud media que apenas supera los 10 cm y unos peciolo de entre 1.5 y 2 cm. Se ha demostrado, además, que estos cambios se producen gradualmente a lo largo de un mismo rizoma y no pueden atribuirse a diferencias genéticas.

- 7.- La longevidad de las hojas de *Posidonia oceanica* en Tabarca oscila entre 4 y 11 meses. Se pueden distinguir dos patrones básicos en la forma de crecimiento de las hojas. Las hojas que aparecen a final del verano cambian de rango rápidamente, alcanzan longitudes finales cortas y viven poco tiempo. Las hojas que aparecen a finales de Otoño mantienen su rango durante primavera, alcanzan longitudes finales largas y perduran mucho tiempo en el haz.
- 8.- La producción primaria de *Posidonia oceanica* en Tabarca entre el 1 de Mayo de 1988 y el 1 de Mayo de 1989 ha resultado ser de 2452 g PS m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> a 4 m, 1152 g PS m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> a 12.5 m, y 681 g PS m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> a 19 m. La parte más importante de esta producción es debida al crecimiento de los limbos foliares (entre el 70 y el 78 % de la producción), sin embargo, no es despreciable la contribución de otras partes de la planta, particularmente los peciolo (15-16%) y los rizomas (6-7%). Las estimaciones de la producción de raíces son muy variables (1-5 %) mientras que la producción de inflorescencias (3 % en la estación profunda) si bien es poco importante a nivel anual, representa una parte considerable de la producción otoñal que, probablemente, requiera removilización de reservas.
- 9.- El ciclo de crecimiento y producción de hojas en Tabarca sigue un patrón bimodal con valores altos en primavera y otoño, un mínimo estival y una depresión invernal. Este ciclo no está directamente relacionado con parámetros ambientales y aparenta ser el resultado de un ciclo interno donde el almacenamiento y removilización de glúcidos en los rizomas puede jugar un papel fundamental.
- 10.- La biomasa de epífitos sufre cambios interanuales muy marcados que pueden estar influidos, entre otros factores, por la temperatura del agua. Los valores más altos de biomasa de epífitos se obtuvieron en todas las estaciones en abril de 1989 (236, 299 y 135 mgr PS h<sup>-1</sup> a 4, 12.5 y 19 m, respectivamente). La producción mínima de epífitos es de 339 mgr PS h<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> a 4 m, 520 mgr PS h<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> a 12.5 m, 250 mgr PS h<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> lo que representa entre el 12 y el 17 % de la producción de la planta más los epífitos.
- 11.- Hasta el momento se han confirmado 27 observaciones de flores o frutos de *Posidonia oceanica* en la Península Ibérica y Baleares. En Tabarca la pradera floreció en 1976, 1979, 1983, 1986, 1987, 1989 y 1992. La intensidad máxima de floración se detectó en 1986 cuando florecieron el 22.5 % de los haces a 19 m. La intensidad media de floración en Tabarca aumenta con la profundidad (0.6 % a 4 m, 0.7 % a 12.5 m y 3.4 % a 19 m). Se han observado floraciones en un mismo rizoma con un intervalo mínimo de 3 años aunque otros han estado más de 30 años sin florecer. La aparición de flores es un fenómeno más frecuente de lo que se pensaba pero altamente irregular en el espacio y en el tiempo. Con los datos se que se dispone hasta el momento parece que en *Posidonia oceanica* domina la reproducción asexual aunque existen muchos interrogantes abiertos. El estudio de los cambios en las intensidades de floración a nivel de microescala y en un amplio gradiente geográfico así como la aplicación de nuevas técnicas genéticas son necesarios para aclarar las numerosas incógnitas aún existentes sobre el papel de la reproducción sexual en esta especie.
- 12.- En la comparación de praderas los parámetros que se revelan como más interesantes son la densidad y cobertura, y sus cambios con la profundidad, así como los máximos de biomasa y superficie por haz.

## 7.- BIBLIOGRAFÍA.

- ANSARI, Z. A.; C. V. RIVONKER; P. RAMANI & A. H. PARALECAR, 1991, Seagrass habitat complexity and macroinvertebrate abundance in Lakshadweep coral reef lagoons, Arabian Sea. *Coral Reefs* 10: 127-131.
- ANTOLIC, B., 1985, Distribution of epiphytic flora on *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves (National Park Kornati-Central Adriatic). *Acta Adriat.* 26 (2): 135-143.
- ARDIZZONE, G. D. & MIGLIANOLO, A., 1982. Modificazioni di una prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile del Medio Tirreno sottoposta ad attività di pesca a strascio. *Naturalista sicil.* S. IV, VI (Suppl.) 3: 509-515.
- ARDIZZONE, G. D. & PELUSI, P., 1983. Regression of a Tyrrhenian *Posidonia oceanica* prairie exposed to nearshore trawling. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 28 (3): 175-177.
- ARDIZZONE, G. D. & PELUSI, P., 1984. Yield and damage evaluation of bottom trawling on *Posidonia oceanica* meadows. In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 63-72.
- ASTIER, J. A., 1984. Impacts des aménagements littoraux de la Rade de Toulon, liés aux techniques d'endiguage, sur les herbiers a *Posidonia oceanica*. In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 255-259
- AUGIER, H. & C. F. BOUDOURESQUE, 1970a. Vegetation marine de l'île de Port-Cros V: La baie de Port-Man et le problème de la régression de l'herbier de Posidonies. *Bull Mus. Hist. Nat. Marseille.* 30: 145-164.
- AUGIER, H. & C. F. BOUDOURESQUE, 1970b. Vegetation marine de l'île de Port-Cros VI: Le récif barrière de Posidonies. *Bull Mus. Hist. Nat. Marseille.* 30: 221-228.
- BALLESTEROS, E., 1987. Estructura i dinàmica del poblament algal de les fulles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile als herbeis de Tossa de Mar. Girona. *Bull. inst. Cat. Hist. nat.* 54 (Sec. Bot. 6): 13-30.
- BARTOLOMÉ, F., 1985. Aproximación al clima de la isla plana o Nueva Tabarca (Alicante). In: *La Reserva Marina de la Isla Plana o Nueva Tabarca (Alicante)*. RAMOS, A. A. (ed.), Publ. Univ.-Ayunt. Alicante: 37-50.
- BATTIATO, A.; CINELLI; CORMACI; FUNARI & L. MAZZELLA, 1983. Studio preliminare della macroflora epifita della *Posidonia oceanica* (L.) Delile di una prateria di Ischia (Golfo di Napoli). *Naturalista Sicil.* S IV VI (Suppl.) 1: 15-27.
- BAY, D. 1978. Etude "in situ" de la production primaire d'un herbier de Posidonies (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) de la Baie de Calvi (Corse). Tesis Doc Univer. Lieja 251 pp.
- BAY, D. 1984. A field study of the growth dynamics and productivity of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in Calvi Bay, Corsica. *Aquat. Bot.*, 20: 33-42.
- BEDHOME, A. L.; THELIN, I. & BOUDOURESQUE, C. F. 1983. Mesure de la production primaire des feuilles de *Posidonia oceanica*: Modifications de la methode de ZIEMAN. *Bot. Mar.* 26: 35-43.
- BELL, J. D. & M. L. HARMELIN-VIVIEN, 1982. Fish fauna of French Mediterranean *Posidonia oceanica* meadows. 1 Community structure. *Tethys* 10 (4): 337-347.
- BELL J. D. & M. L. HARMELIN-VIVIEN, 1983. Fish fauna of French Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. 2 Feeding Habits. *Téthys* 11 (1): 1-14.

- BELL, S. S. & G. R. F. HICKS, 1991. Marine landscapes and faunal recruitment: a field test with seagrasses and copepods. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 73: 61-68.
- BELL, J. D. & POLLARD, D.A. Ecology of fish assemblages and fisheries associated with seagrasses. *Biology of seagrasses*. Aquatic Plant Studies 2. LARKUM, A. W. D.; McCOMB, A. J. & SHEPHERD, S. A. (Edits.). Elsevier Nth. 565-597.
- BELL, J. D. & M. WESTOBY, 1986a. Importance of local changes in leaf height and density to fish and decapods associated with seagrasses. *J. Exp. Mar Biol. Ecol.* 104: 249-274.
- BELL J. D. & M. WESTOBY, 1986b. Variation in seagrass height and density over a wide spatial scale: effects on common fish and decapods. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 104: 275-295.
- BELL, J. D. & M. WESTOBY, 1986c. Abundance of macrofauna in dense seagrass is due to habitat preference, not predation. *Ecologia* (Berlin) 68: 205-209.
- BELL, J. D. & WESTOBY, M., 1987. Effects of an epiphytic alga on abundance of fish and decapods associated with the seagrass *Zostera capricorni*. *Australian J. Ecol.* 12: 333-337.
- BELL, J. D.; M. WESTOBY & A. S. STEFFE, 1987. Fish larvae settling in seagrass: Do they discriminate between beds of different leaf density?. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 111: 133-144.
- BEN, D. Van Der, 1969. Les épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Proc. Int. Seaweed Symp.* 6: 79-84.
- BEN, D. Van Der, 1971. Les épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Mem. Inst. Roy. scien. Nat. Belgique* 168: 1-101 pp.
- BENEDITO, V.; J. TORRES; I. M. GINER; J. L. ESTEBAN; R. CAPACCIONI, & M. GARCIA CARRASCOSA, 1990. Distribution and preliminar evaluation of the state of the *Posidonia oceanica* on the Coast of th Gulf of Valencia (Spain, Western Mediterranean). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* B-I 12: 8.
- BILIOTTI, M. & N. ABELAJAD, 1990. *Halophila stipulacea* (Forsk.) Ascher. (Hydrocharitaceae): espèce nouvelle pour l'Italie. *Posidonia Newsletter* 3 (2): 23-26.
- BITTAKER, H. F. & R. L. IVERSON, 1976. *Thalassia testudinum* productivity: A field comparison of measurement Methods. *Mar. Biol.* 37: 39-46.
- BLANC, J. J., 1974. Phenomenes d'erosions sous-marines a la presqu'île de Giens (Var). *C. R. Acad. Sc. Paris* 278: 1821-1823.
- BLANC, J. J. & JEUDY DE GRISSAC, A., 1978. *Recherches de Geologie sédimentaire sur les herbiers a posidonies du littoral de la Provence*. Contrat CNEXO 76/4043 y 77/4074 Centre d'Océanologie d'Endoume-Luminy, 185 pp.
- BLANC, J. J. & JEUDY DE GRISSAC, A., 1989. Réflexions géologiques sur la régression des herbiers à Posidonies (départements du Var et des Bouches-du-Rhône). In *Internat. Workshop on Posidonia Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. MEINESZ, E. FRESI & V. GRAVEZ (Eds.) GIS Posidonie Publ., Fr. 2: 273-285.
- BOUDOURESQUE, C. F., 1968. Contribution a l'étude du peuplement epiphyte des rhizomes des Posidonies. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume* 43 (59): 45-64.
- BOUDOURESQUE, C. F. & C. H. BIANCONI, 1986. Posidonies profondes dans le coralligene de Sulana. *Trav. Parc nat. Res. nat. Corse* 2: 36-39.
- BOUDOURESQUE C. F. & A. JEUDY DE GRISSAC, 1983. L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée:

les interactions entre la plante et le sediment. *Journ. Recherch. Oceanor., Fr.*, 8(2-3): 99-122.

BOUDOURESQUE, C. F. & A. JEUDY DE GRISSAC, 1986. Biomasse dans l'herbier a *Posidonia oceanica*. *Trav. Parc nat. Res. nat. Corse* 2: 14-15.

BOUDOURESQUE, C. F. & A. MEINESZ, 1982. Decouverte de l'herbier de posidonie. *Cahier Parc Nation. Port-Cros* 4: 79 pp.

BOUDOURESQUE C.F., AUGIER H., BELSHER T., COPPEJANS E. & PERRET, M., 1975. Vegetation marine de l'île de Port-Cros (Parc national) X La régression du récif barrière de *Posidonia oceanica* (L) Delile. *Trav. sci Parc national Port-Cros* 1: 41-46.

BOUDOURESQUE, C. F., G. GIRAUD & M. PERRET, 1977. *Posidonia oceanica: Bibliografie*. Contrat CNEXO et Univ. D'Aix-Marseille, 191 pp.

BOUDOURESQUE, C. F., G. GIRAUD & M. PERRET-BOUDOURESQUE, 1979. Bibliography on vegetation and ecosystems of *Posidonia oceanica* Part. I. *Excerpta Botanica Sec B* 19: 145-161.

BOUDOURESQUE, C. F., GIRAUD, G. & M. PERRET-BOUDOURESQUE, 1980. Bibliography on vegetation and ecosystems of *Posidonia oceanica* Part. I. *Excerpta Botanica Sec B* 20: 125-135.

BOUDOURESQUE, C.F.; GIRAUD, G. J. THOMMERET & Y. THOMMERET, 1980. First attempt at dating by C<sup>14</sup> the under sea beds of dead *Posidonia oceanica* in the bay of Portman (Port- Cross, Var, France). *Trav. Sci. Parc Nation. Port-Cros*, 6: 239-242.

BOUDOURESQUE, C.F.; J. THOMMERET & Y. THOMMERET, 1980. Sur la découverte d'un bioconcretionnement fossile intercalé dans l'herbier a *Posidonia oceanica* de la Baie de Calvi (Corse). *Journées Etud. System et Biogéogr. Médit. Cagliari CIESM*, 139-142.

BOUDOURESQUE, C. F.; F. CINELLI; E. FRESI; L. MAZZELLA; & M. RICHARD, 1981. Algal undergrowth of *Posidonia oceanica* beds in the gulf of Naples: Floristic study. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 27 (2): 195-196.

BOUDOURESQUE, C.F.; A. MEINESZ & G. PERGENT., 1983. Mesure de la production annuelle de rhizomes dans l'herbier á *Posidonia oceanica* a Port-Cros (Var) et Galeria (Corse). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 28 (3): 135-136.

BOUDOURESQUE, C. F., A. CROUZET & G. PERGENT, 1983. Un nouvel outil au service de l'étude des herbiers a *Posidonia oceanica*: la lepidochronologie. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 28 (3): 111-112.

BOUDOURESQUE, C. F.; A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.) 1984. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 454 pp.

BOUDOURESQUE, C. F., A. JEUDY DE GRISSAC & A. MEINESZ, 1984. Relations entre la sedimentation et l'allongement des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans le baie d'Elbu (Corse). In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 185-191.

BOUDOURESQUE, C. F., A. MEINESZ & J. R. LEFEVRE., 1984. *Etude et cartographie du recif de posidonies de Saint-Florent (Haute Corse)*. Lab. Ecol. Benthos Univ. Aix. Marseille 2- Lab. Biol. Ecol. Mar. Unir. Nice. 21 pp.

BOUDOURESQUE, C.F.; MEINESZ, A. & LEFEVRE, J.R., 1985. Cartographie des peuplements benthiques marins de Corse : I La formation recifale a *Posidonia oceanica* de Saint-Florent. *Ann. Inst. océanogr.* Paris 61 (1): 27-38.

- BOUDOURESQUE, C. F.; D. CALMET; A. JEUDY DE GRISSAC; J. R. LEFEVRE & A. MEINESZ, 1986. Données sur les floraisons anciennes de *Posidonia oceanica*. *Trav. Scien. Parc Nat. Reg. Reserv. Nat. Corse*, 2: 39-41.
- BOUDOURESQUE, C. F., MEINESZ, A., FRESI, E. & GRAVEZ, V. (Eds.), 1989. *International Workshop on Posidonia Beds*. GIS Posidonie Publ., Fr. 2: 321 pp.
- BOUDOURESQUE, C. F., G. PERGENT, P. FRANCOUR, M. HARMELIN-VIVIEN, M. JANGOUX, L. MAZZELLA, P. PAYANOTIDIS, C. PERGENT-MARTINI, A. A. RAMOS, J. ROMERO & M. B. SCIPIONE, 1990. Le COST 647: *Posidonia* Project. *Posidonia Newsletter*, Fr 3 (2): 27-34.
- BOUDOURESQUE, C. F.; M. AVON & V. GRAVEZ, (Eds.) 1991. *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*. GIS Posidonie Publ. Fr.: 448 pp.
- BOURCIER, M., 1980. Régression d'un herbier à *Posidonia oceanica* en une quinzaine d'années dans une baie soumise à l'action lointaine de deux émissaires urbains. *V Jour Etud Poll. Caglaiari CIESM*. 735-738.
- BOURCIER, M., 1982. Evolution au cours des quinze dernières années des biocoenoses benthiques et de leurs facies dans une baie Méditerranéenne soumise à l'action de deux émissaires urbains. *Tethys* 10 (4): 303-313.
- BOURCIER, M. 1989. Régression des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile, à l'Est de Marseille, sous l'action conjuguée des activités humaines et des modifications climatiques. In *International Workshop on Posidonia Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. MEINESZ, E. FRESI & V. GRAVEZ (Eds.) GIS Posidonie Publ., Fr. 2: 287-292.
- BROUNS, J. W. M., 1985a. The plastochrone interval method for the study of productivity of seagrasses: possibilities and limitations. *Aquat. Bot.* 21: 71-88.
- BROUNS, J. W. M., 1985b. A comparison of the annual production and biomass in tree monospecific stands of the seagrass *Thalassia hemprichii*. *Aquat. Bot.* 23: 149-175.
- BROUNS, J. W. M., 1987a. Aspects of production and biomass of four seagrass species (Cymodoceaideae) from Papua New Guinea. *Aquat. Bot.* 27: 333-362.
- BROUNS, J.J.W.M., 1987b. Growth patterns in some Indo-West-Pacific seagrasses *Aquat. Bot.* 28: 39-61.
- BROUNS, J.J.W.M., 1987c. Quantitative and dynamic aspects of a mixed seagrass meadow in Papua New Guinea. *Aquat. Bot.* 29: 33-47.
- BROUNS J.J.W.M. & F.M.L. HEIJS, 1986. Production and biomass of the seagrass *Enhalus acoroides* (L.f.) Royle and its epiphytes. *Aquat. Bot.* 25: 21-45.
- BUESA, R. J., 1974. Population and biological data on turtle grass on the Northwestern Cuban shelf. *Aquaculture* 4: 207-226.
- BUIA, M. C. & MAZZELLA, L., 1991. Reproductive phenology of the Mediterranean seagrasses *Posidonia oceanica* (L.) Delile, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers., and *Zostera noltii* Hornem. *Aquatic Bot.* 40(4), 333-342.
- BUIA, M. C. & S. PIRAINO, 1989. Record of a *Posidonia oceanica* (L) Delile seedling in the Egadi Islands (Sicily, Italy). *Posidonia Newsletter* 2 (2): 19-22.
- BUIA, M. L.; CORMACI, M.; FURNARI, G. & MAZZELLA L., 1985. Osservazioni sulla struttura delle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile di Capo Passero (Siracusa) e studio della macroflora epifita delle foglie. *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.* 18 (326): 463-484.



BUIA, M. C., CORMACI, M., FURNARI, G. & MAZZELLA, L., 1989. *Posidonia oceanica* off Capo Passero (Sicily, Italy): leaf phenology and leaf algal epiphytic community. In *International Workshop on Posidonia Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. MEINESZ, E. FRESI & V. GRAVEZ (Eds.) GIS Posidonie Publ., Fr. 2: 127-143.

BUIA, M. C.; ZUPO, V. & MAZZELLA, L. 1992. Primary production and growth dynamics in *Posidonia oceanica*. *P.S.Z.N.I: Mar. Ecol.* 13 (1): 2-16.

BULTHUIS, D. A. & W. M. J. WOELKERLING, 1983a. Seasonal variation in standing crop, density and leaf growth rate of the seagrass, *Heterozostera tasmanica*, in Western Port and Port Phillip Bay, Victoria, Australia. *Aquat. Bot.* 16, 111-136.

BULTHUIS, D. A. & W. M. J. WOELKERLING, 1983b. Biomass accumulation and shading effects of epiphytes on leaves of the seagrass, *Heterozostera tasmanica* in Victoria, Australia. *Aquat. Bot.* 16: 137-148.

BURKE, T., 1989. DNA Fingerprints and other methods for the study of mating success. *Tree*, 4(5), 139-144.

BURKHOLDER, J. M.; K. M. MASON & H. B. GLASGOW Jr, 1992. Water-column nitrate enrichment promotes decline of eelgrass *Zostera marina*: evidence from mesocosm experiments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 81: 163-178.

CALMET, D.; C. F. BOUDOURESQUE; J. R. LEFEVRE & A. MEINESZ, 1986. Memorisation des explosions nucléaires des années 60 par les rhizomes de *Posidonia oceanica*. *Trav. Scien. Parc Nat. Reg. Reserv. Nat. Corse*, 2: 19-24.

CALMET, D.; J. R. LEFEVRE & A. MEINESZ, 1986. Evolution chimique des rhizomes de *Posidonia oceanica* en fonction de leur age. *Trav. Scien. Parc Nat. Reg. Reserv. Nat. Corse*, 2: 15-19.

CALMET, D.; C. F. BOUDOURESQUE & A. MEINESZ, 1988. Memorization of nuclear atmospheric test by rhizomes and scales of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Aquat. Bot.* 30: 279-294.

CALVIN, J. C.; A. M. MARTINEZ; I. FRANCO & A. MARIN, 1989. *Caracterización, valoración ecológica y determinación de las áreas a proteger en el litoral sumergido de la Región de Murcia*. Inf. Tec. Agencia del Medio Ambiente de Murcia.

CALVIN, J. C.; A. M. MARTINEZ; I. FRANCO & A. MARIN, 1991. Cartografías bionómica y de valoración del litoral sumergido de la región de Murcia. VII Simposio Ibérico de estudios del bentos marino.

CALVO, S. & FRADA-ORESTANO, C., 1984. L'herbier a *Posidonia oceanica* des cotes siliciennes: les formations recifales du Stagnone. In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 29-37.

CAMBRIDGE, M. L., 1975. Seagrasses of Southwestern Australia with special reference to the ecology of *Posidonia australis* Hook F. in a polluted environment. *Aquat. Bot.* 1: 149-161.

CAMBRIDGE, M. L., 1980. *Ecological studies on seagrasses of southwestern Australia with particular reference to Cockburn Sound*. Ph D. Thesis, Univ. Western Australia 326 pp.

CAMBRIDGE, M. L. & J. KUO, 1979. Two new species of seagrasses from Australia *Posidonia sinuosa* and *P. angustifolia* (Posidoniaceae). *Aquat. Bot.* 6: 307-328.

CAMBRIDGE, M. L.; A. W. CHIFFINGS; C. BRITTAN; L. MOORE & A. J. McCOMB, 1986. The loss of seagrass in Cockburn Sound, Western Australia II Possible causes of seagrass decline. *Aquat. Bot.* 24: 269-285.

CASOLA, E.; M. SCARDI; L. MAZELLA & E. FRESI, 1987. Structure of the Epiphytic Community of

- Posidonia oceanica* leaves in a shallow meadow. *P.S.I.N.I. Marine Ecology* 8 (4): 285-296.
- CAYE, G., 1979. Technique de marquage pour l'étude in situ de la croissance et du développement de *Posidonia oceanica*. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 25/26 (4): 291-292.
- CAYE, G., 1980. Analyse du polymorphisme caulinaire chez *Posidonia oceanica*. *Bull. Soc. Bot. Fr.* 127. *Lettres Bot.* (3): 257-262.
- CAYE, G., 1982. Etude sur la croissance de la posidonie, formation des feuilles et croissance des tiges au cours d'une année. *Téthys* 10 (3): 229-235.
- CAYE, G. & MEINESZ, A., 1984. Observations sur la floraison et la fructification de *Posidonia oceanica* dans la baie de Villefranche et en Corse du Sud. In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 193-201.
- CAYE, G. & MEINESZ, A., 1992. Analyse des modalités de la multiplication végétative et de la reproduction sexuée de *Posidonia oceanica* et de ses conséquences sur la constitution génétique des herbiers. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.* 33
- CAYE, G. & ROSSIGNOL, M. 1983. Etude des variations saisonnières de la croissance des feuilles et des racines de *Posidonia oceanica*. *Mar. Biol.* 75: 79-88.
- CINELLI, F., M. CORMACI, G. FURNARI & L. MAZZELLA, 1984. Epiphytic macroflora of *Posidonia oceanica* leaves around the island of Ischia (Gulf of Naples). In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 91-99.
- CLARKE, S. M. & H. KIRKMAN, 1989. Seagrass dynamics. En *Biology of seagrasses*. Aquatic Plant Studies 2. LARKUM, A. W. D.; McCOMB, A. J. & SHEPHERD, S. A. (Edits.) Elsevier Nth. 304-344.
- COLOGNOLA, R.; GAMBI, M. C. & CHESSA, L. A., 1984. Polychaetes of the *Posidonia oceanica* foliar stratum: Comparative observations. In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 101-108.
- COULON, P.; M. JANGOUX & P. BULTEEL, 1992. Respiratory rate and assesment of secondary production in the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) from Mediterranean seagrass beds. *P.S.Z.N.I Mar. Ecol.* 13 (1): 63-68.
- CRISTIANI, G. 1980. *Biomasse et repartition de l'herbier de Posidonia oceanica de la Côte Bleue (Bouches du Rhône, France) et pollution marine par les métaux lourds*. Thèse Doct. Univ. Aix-Marseille III: 150 pp.
- CROUZET, A., 1981. Mise en evidence de variations cycliques dans les ecailles des rhizomes de *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros* 7: 129-135.
- CROUZET, A.; C. F. BOUDOURESQUE, A. MEINESZ & G. PERGENT, 1983. Evidence of the annual character of cyclic changes of *Posidonia oceanica* scale thickness (erect rhizomes). *Rapp. comm. int. Mer Médit.* 28 (3): 113-114.
- CHESSA, L. A.; E. FRESI & L. SOGGIU, 1983. Preliminary data on consumers food web in a *Posidonia oceanica* bed. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 28 (3): 159-160.
- CHESSA, L. A.; G. BIONDA; M. C. BUIA; M. C. GAMBI; M. LORENTI; R. MAJ; R. MANCONI; M. MARTINELLI; M. G. PINTUS; G. F. RUSSO; M. B. SCIPIONE & E. TARAMELLI, 1989. Indagine su *Posidonia oceanica* nella rada de Porto-Conte (Sardegna Nord-Occidentale) Caratteristiche della prateria e fauna vagile. *Oebalia* 15 (1): N. S.: 99-107.

- DAUBY, P., 1989. The stable carbon isotope ratios in benthic food webs of the Gulf of Calvi, Corsica. *Continental Shelf Research* 9 (2): 181-195.
- DELGADO, O., 1986. Contenido en fósforo de los tejidos de fanerógamas marinas del Mediterráneo Occidental y su relación con la dinámica de cada especie. *Oecologia aquatica* 8: 139-151.
- DELGADO, O. & VIDAL, M., 1989. Phosphorus cycling in Mediterranean seagrass ecosystems: phosphorus content of vegetal tissues and sediments. In *International Workshop on Posidonia Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. MEINESZ, E. FRESI & V. GRAVEZ (Eds.) GIS Posidonie Publ., Fr. 2: 93-100.
- DENNISON, W. C., 1987. Effects of light on seagrass photosynthesis, growth and depth distribution. *Aquat. Bot.* 27: 15-26.
- DREW, E. A., 1978. Factors affecting photosynthesis and its seasonal variation in the seagrasses *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers. and *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Mediterranean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 31: 173-194.
- DREW, E. A., 1979. Physiological aspect of primary production in seagrasses *Aquat. Bot.* 7: 139-150.
- DREW, E. A. & B. P. JUMPP, 1976. Some aspects of the growth of *Posidonia oceanica* in Malta. In *Under-Water Research* Ed. DREW LYTHGOE & WOOD Academic Press London, 357-367.
- DUARTE, C. M., 1989. Temporal biomass variability and production/biomass relationships of seagrass communities. *Mar. Ecol. Progress Ser* 51: 269-276.
- DUARTE, C. M., 1991. Seagrass depth limits. *Aquatic Botany* 40 (4): 363-362.
- DUARTE, C. M., 1991. Allometric scaling of seagrass form and productivity. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 77: 289-300.
- DUNTON, K. H., 1990. Production ecology of *Ruppia maritima* L. s. l. and *Halodule wrightii* Aschers. in two subtropical estuaries. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 143: 147-164.
- EDGAR, G.J. (1991): Artificial algae as habitats for mobile epifauna: factors affecting colonization in a Japanese *Sargassum* bed. *Hydrobiologia*, 226: 111-118.
- EDGAR, G.J. (1992): Patterns of mobile epifauna in a Western Australian seagrass bed. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 157: 225-246.
- ESTACIÓN, J. S. & M. D. FORTES, 1988. Growth rates and primary production of *Enhalus acoroides* (Lf) Royle from Lag-It Noth Bais Bay, The Phillipines *Aquat. Bot.* 29: 347-356.
- ESTEBAN, J. L. 1989. *Dinámica, ciclo de hojas y producción foliar en praderas de Posidonia oceanica del litoral de la Comunidad Valenciana*. Tesis de licenciatura. Universidad de Valencia. 142 pp.
- ESTEBAN, J. L.; I. M. GINER; V. BENEDITO; J. TORRES; R. CAPACCIONI & A. M. GARCÍA CARRASCOSA, 1990. Leaf biomass and production of *Posidonia oceanica* at Spanish Eastern Coast. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* B-I 11: 8.
- ESTEVEZ, A., PINA, J. A. CÁLIZ, F. & HERVÁS, J.L. 1985. Significación geológica y evolución tectónica reciente en el contexto del sector oriental de las cordilleras béticas. En: *La Reserva Marina de la Isla Plana o Nueva Tabarca (Alicante)*. RAMOS, A. A. (ed.), Publ. Univ.-Ayunt. Alicante: 37-50.
- EUGENE, C., 1978. Etude de l'epifaune des herbiers de *Posidonie oceanique* (L.) Delile du litoral Provençal. *Tesis doctoral*. Univ. Aix-Marseille II. 129pp.

- FAIN, S. R.; A. De TOMASO & R. S. ALBERTE, 1992. Characterization of disjunct populations of *Zostera marina* (eelgrass) from California: genetic differences resolved by restriction fragment length polymorphisms. *Mar. Biol.* 112: 683-689.
- FERRANDIS, E. & BARTOLOMÉ, F., 1985. Dulces bárbaros del Este y del Oeste (Análisis estadístico de los vientos en la bahía de Alicante). En: *La Reserva Marina de la Isla Plana o Nueva Tabarca (Alicante)*. RAMOS, A. A. (ed.), Publ. Univ.-Ayunt. Alicante: 51-94.
- FONSECA, M. S., 1989. Sediment Stabilization by *Halophila decipiens* in comparison to other seagrasses. *Estuarine Coast. & Shelf Scien.* 29: 501-507.
- FRANCOUR, P., 1985a. *Biomasse de l'herbier a Posidonia oceanica: Donnes preliminaires pour les compartiments matte, echinodermes et poissons*. DEA Oceanographie Biologique, Univ. Pierre et Marie Curie. 72 pp
- FRANCOUR, P., 1985b. Root and rizhome biomass of *Posidonia oceanica* bed. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 29 (5): 183-185.
- FRANCOUR, P. 1990. *Dynamique de l'écosystème à Posidonia oceanica dans le Park National de Port-Cros. Analyse des compartiments matte, litière, fauna vagile, échinodermes et poissons*. Thèse Troisième Cycle. Univ Aix-Marseille II; 278 pp.
- FRANKIGNOULLE, M. & A. DISTECHE, 1984. CO<sub>2</sub> chemistry in the water column above a *Posidonia* seagrass bed and related air-sea exchanges. *Oceanol. Acta* 7 (2): 209-219.
- FRANKIGNOULLE, M. & A. DISTECHE, 1987. Study of the transmission of the diurnal CO<sub>2</sub> concentration changes observed above a *Posidonia* seagrass bed: a method to determine the turbulent diffusion coefficient in an 8 m. water column. *Cont. Shelf Res.* 7 (1): 67-76.
- FRANKIGNOULLE, M.; BOUQUENAU J. M.; ERNST, E.; BIONDO, R.; RIGO, M. & BAY, D., 1984. Contribution de l'activite de l'herbier de posidonies au metabolisme global de la baie de Calvi. Premiers Resultats. In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 277-282.
- FRESI, E. & SAGGIONO, V., 1981. Phosphorus uptake and transfer in *Posidonia oceanica*. *Rapp. Com. int. Mer Médit.* 27 (2): 187-188.
- FRESI, E; CHIMENZ, C. & G. MARCHIO, 1983. Zonazione di briozoi ed idroidi epifiti in una prateria di *Posidonia oceanica* (L) Delile. *Naturalista sicil. S.IV (Suppl)* 3: 499-508.
- GADEA, E., 1967. La fauna de las praderas de fanerógamas marinas. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Biol)* 65: 283-289.
- GAMBI, M. C., 1987. The field method of plaster balls for water movement estimates applied to *Posidonia oceanica* beds. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 30 (2): 89-90.
- GAMBI, M. C., BUIA, M. C., CASOLA, E. & SCARDI, M., 1989. Estimates of water movement in *Posidonia oceanica* beds: a first approach. In *International Workshop on Posidonia Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. MEINESZ, E. FRESI & V. GRAVEZ (Eds.) GIS Posidonie Publ., Fr. 2: 101-112.
- GAMBI, M. C., GIANGRANDE, A., CHESSA, L. A., MANCONI, R. & SCARDI, M., 1989. Distribution and ecology of polychaetes in the foliar stratum of a *Posidonia oceanica* bed in the bay of Porto Conte (N.W. Sardinia). In *International Workshop on Posidonia Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. MEINESZ, E. FRESI & V. GRAVEZ (Eds.) GIS Posidonie Publ., Fr. 2: 175-187.
- GAMBI, M. C., M. LORENTI; C. F. RUSSO; M. B. SCIPIONE & V. ZUPPO, 1992. Depth and seasonal

distribution of some groups of the vagile fauna on the *Posidonia oceanica* leaf stratum: Structural and trophic analyses. *P.S.Z.N.I Mar. Ecol.* 13 (1): 17-39.

GARCIA CHARTON, J. A.; J. T. BAYLE; J. L. SÁNCHEZ LIZASO; P. CHIESA; F. LLAURADO; C. PÉREZ & H. DJIAN, en prensa. Respuesta de la pradera de *Posidonia oceanica* y su ictiofauna asociada al anclaje de embarcaciones en el parque nacional de Port-Cros (Francia). En *Estudios del bentos marino*. Instituto Español de Oceanografía.

GERMAIN De SAINT-PIERRE, 1857. Sur la germination et le mode de développement du *Posidonia caulini*. *Bull. Soc. bot. Fr.* 4: 575-577.

GERMAIN De SAINT-PIERRE, 1860. Nouvelles observations sur le *Posidonia caulini*. *Bull. Soc. bot. Fr.* 7: 474-479.

GIESEN, W. B. J. T.; M. M Van KATWIJK & C. Den HARTOG, 1990. Eelgrass condition and turbidity in the Dutch Wadden Sea. *Aquat. Bot.* 37 (1): 27-72.

GUILLEN, J. E.; A. A. RAMOS, L. MARTINEZ & J. L. SÁNCHEZ LIZASO, en prensa. Antitrawling reefs and the protection of *Posidonia oceanica* meadows in the western Mediterranean Sea: Demand and aims. *Bull. Mar. Scien.*

GINER, I.; A. MARTÍ; V. BENEDITO; J. L. ESTEBAN; J. TORRES; A. M. GARCÍA-CARRASCOSA & R. CAPACCIONI, 1990. Amphipods and molluscs of the circalittoral enclaves onto dead terraces of degraded *Posidonia oceanica* meadows on the Coast of Alboraya (Spain, Gulf of Valencia, Eastern Mediterranean). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 32 (1): B-III 1: 15.

GIORGI, J. & THELIN, I. 1983. *Phénologie, biomasse et production primaire de Posidonia oceanica (feuilles et épiphytes) dans la baie de Port-Cros*. D.E.A. d'Ecologie Méditerranée. Univ. Aix-Marseille II: 126 pp.

GIRAUD, G. 1977a. *Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers de Posidonia oceanica (L.) Delile*. Thèse en Oceanologie. Univ. Aix-Marseille II, Fr.: 150 pp.

GIRAUD, G. 1977b. Recensement des floraisons de *Posidonia oceanica* en Méditerranée. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 24 (4): 127-129.

GIRAUD, G.; C. F. BOUDOURESQUE, MARCOT, A. MEINESZ, VERLAQUE., 1977. Indices foliaires de *Posidonia oceanica* en Corse et dans la région Marseillaise. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 24 (4): 129-130.

GOFF, L. J. & COLEMAN, A. W., 1988. The use of plastid DNA restriction endonuclease patterns in delineating red algal species and populations. *Phycol.* 24, 357-368.

GREENWAY, M., 1976. The grazing of *Thalassia testudinum* in Kingston Harbour Jamaica. *Aquat. Bot.* 2: 117-126.

GRENIER, 1860. Recherches sur le *Posidonia caulini* König. *Bull. Soc. bot. Fr.* 7 (5-6): 362-367.

HARLIN, M. N., 1975. Epiphyte-host relations in seagrass communities. *Aquat. Bot.* 1: 125-131.

HARME LIN-VIVIEN, M. L., 1982. Ichtyofaune des herbiers de posidonies du Parc National de Port-Cros I: Composition et variations spatio-temporelles. *Trav. sci. Parc natio. Port-Cros* 8: 69-92.

HARME LIN-VIVIEN, M. L., 1983. Etude comparative de l'ichtyofaune des herbiers de phanerogames marines en milieux tropical et tempéré. *Rev. Ecol. (Terre Vie)* 38: 179-210.

HARME LIN-VIVIEN, M., 1984. Ichtyofaune des herbiers de Posidonies du Parc Natural Regional de Corse. In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC &

- J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 291-301.
- HARMELIN-VIVIEN, M. & P. FRANCOUR, 1992. Trawling or visual censuses? Methodological bias in the assesment of fish populations in seagrass beds. *P.S.Z.N.I Mar. Ecol.* 13 (1): 41-51.
- DE HARO, A. 1966. Distribución ecológica de los picnogónidos entre algas y posidonias mediterráneas. *Inv. Pesq.* 30: 661-667.
- DE HARO, A. 1967. Relaciones entre Picnogonidos e Hidroideos con medio posidonicola. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* 65: 301-303.
- DEN HARTOG, C. 1970. *Seagrasses of the world*. North Holland Publ. Company Amsterdam. 275 pp.
- DEN HARTOG, C. 1983. Structural uniformity and diversity in *Zostera*-dominated communities in Western Europe. *Marine Technology Society Journal* 17 (2): 6-14.
- DEN HARTOG, C. & G. Van Der VELDE, 1993. Occurrence of the seagrass *Halophila stipulacea* (Hydrocharitaceae) along the mediterranean coast of turkey. *Posidonia Newsletter* 4 (2): 5-6.
- HERBERT, D. A. 1986. The growth dynamics of *Halophila hawaiiiana*. *Aquat. Bot.* 23, 351-360.
- HILLMAN, K., WALKER, D.I., LARKUM, A. W. D., & McCOMB, A. J., 1989. Productivity and nutrient limitation. *Biology of seagrasses*. Aquatic Plant Studies 2. LARKUM, A. W. D.; McCOMB, A. J. & SHEPHERD, S. A. (Edits.). Elsevier Nth. 635-685.
- HOWARD, R.K. EDGAR, G. J. & HUTCHINGS, P. A., 1989. Faunal assemblages of seagrasses beds. *Biology of seagrasses*. Aquatic Plant Studies 2. LARKUM, A. W. D.; McCOMB, A. J. & SHEPHERD, S. A. (Edits.). Elsevier Nth. 536-558.
- HOWARD, R. K. & SHORT, F. T., 1986. Seagrass growth and survivorship under the influence of epiphyte grazers. *Aquat. Bot.* 24: 287-302.
- IBARRA-OBANDO, S. & HUERTA-TAMAYO, R., 1987. Blade production of *Zostera marina* L. during the summer-autum period on the Pacific coast of México. *Aquat. Bot.* 28: 301-315.
- JACOBS, R. P. W. M., 1979. Distribution and aspects of the production, and biomass of eelgrass, *Zostera marina* L., at Roscoff, France. *Aquat. Bot.* 7: 151-172.
- JEFFREYS, A. J. WILSON, V. & THEIN, S.L., 1985. Hyprvariable "minisatellite" regions in human DNA. *Nature* 314,7,67-73.
- JEUDY DE CRISSAC, A., 1984. Effects des herbiers a *Posidonia oceanica* sur la dynamique marine et la sedimentologie littorale. In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 437-443.
- JEUDY DE GRISSAC, A. & C. F. BOUDOURESQUE, 1985. Rôles des herbiers de phanérogames marines dans les mouvements des sédiments côtiers: les herbiers a *Posidonia oceanica*. *Colleque Franco- Japonais d'Océanographie* 1: 143-151.
- JOHNSTONE, I. M., 1984. The Ecology and leaf dynamics of the Seagrass *Thalassodrendron ciliatum* (Forsk) den Hartog. *Aust. J. Bot.* 32: 233-238.
- JONES, J.B., 1992. Enviromental impact of trawling on the seabed: a review. *New Zealand J. Mar. Freshwat. Res.*, 26 (1): 59-67.
- JORGENSEN, N. O. G.; T. H. BLACKBURN; K. HENRIKSEN & D. BAY, 1981. The importance of

*Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa* as contributors of free Amino Acids in water column and sediment of seagrass beds. *P.S.Z.N.I Mar. Ecol.* 2 (2): 97-112.

KEMP, W. M.; TWILLEY R. R.; STEVENSON J. C.; BOUNTON W. R. & MEANS, J. C., 1983. The decline of submerged vascular plants in upper Chesapeake Bay: Summary of results concerning possible causes. *Mar. Tech. Soc. J.* 17 (2): 78-89.

KEMP, W. M.; L. MURRAY; J. BORUM; K. SAND-JENSEN, 1987. Diel growth in eelgrass *Zostera marina*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 41: 79-86.

KEMP, M., MURRAY, L. & McROY, C. P., 1990. Primary productivity. *Seagrass research methods*. PHILLIPS, R. C. & McROY, P. (Eds.). UNESCO Monographs on oceanographic methodology 9, 153-160.

KENWORTHY, W. J. ; C. A. CURRIN; M. S. FONSECA & G. SMITH., 1989. Production, decomposition, and heterotrophic utilization of the seagrass *Halophila decipiens* in a submarine canyon. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 51: 277-290.

KERNEIS, 1960. Contribution a l'étude faunistique et ecologique des herbiers de Posidonies de la region de Banyuls. *Vie Milieu* 11 (2): 145-187.

KHOURY, C., 1984. Ethologies alimentaires de quelques especes de poissons de l'herbier de Posidonies du Parc National de Port-Cros. In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 335-347.

KIKUCHI, T., 1974. Japanese contributions on consumer ecology in eelgrass beds, with special reference to trophic relationships and resources in inshore fisheries. *Aquaculture* 4: 145-160.

KIKUCHI, T. 1980. Faunal relationships in temperate seagrass beds. En *Handbook of seagrass biology: an ecosystem perspective* PHILLIPS & McROY (Eds.). Garland STPM Press N. Y. 153-172.

KINGSFORD, M.J. (1992): Dried algae and small fish in coastal waters of northeastern New Zealand. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 80: 41-55.

KIRKMAN, H. & D. D. REID, 1979. A study of the role of the seagrass *Posidonia australis* in the carbon budget of an estuary. *Aquat. Bot.* 7: 173-183.

KIRKMAN, H.; D. D. REID & I. H. COOK, 1982. Biomass and growth of *Zostera capricorni* Aschers. in Port Hacking, N.S.W., Australia. *Aquat. Bot.* 12: 57-67.

KLUG, M. J., 1980. Detritus-Decomposition Relationships. En *Handbook of seagrass biology: an ecosystem perspective* PHILLIPS & McROY (Eds.). Garland STPM Press N. Y. 225-245.

KLUMPP, D. W., HOWARD, R.K. & POLLARD, D. A., 1989. Trophodynamics and nutritional ecology of seagrasses communities. *Biology of seagrasses*. Aquatic Plant Studies 2. LARKUM, A. W. D.; McCOMB, A. J. & SHEPHERD, S. A. (Edits.). Elsevier Nth. 394-597.

KUO, J. & A. J. McCOMB, 1989. Seagrass taxonomy, structure and development. *Biology of seagrasses*. Aquatic Plant Studies 2. LARKUM, A. W. D.; McCOMB, A. J. & SHEPHERD, S. A. (Edits.) 1989. Elsevier Nth. 6-67.

LANYON, J., LIMPUS, C. J. & MARSH, H., 1989. Dugons and turtles; grazers in the seagrass system. *Biology of seagrasses*. Aquatic Plant Studies 2. LARKUM, A. W. D.; McCOMB, A. J. & SHEPHERD, S. A. (Edits.). Elsevier Nth. 610-627.

LARKUM, A. W. D. & DEN HARTOG C., 1989. Evolution and biogeography of seagrasses. *Biology of seagrasses*. Aquatic Plant Studies 2. LARKUM, A. W. D.; McCOMB, A. J. & SHEPHERD, S. A. (Edits.)

Elsevier Nth. 112-145.

LARKUM, A. W. D. & R. J. WEST, 1983. Stability, depletion and restoration of seagrass beds. *Proc. Linn. Soc. N. S. W.* 106 (3): 201-212.

LARKUM, A. W. D.; COLLETT, L. C. & R. S. WILLIAMS., 1984. The standing stock, growth and shoot production of *Zostera capricorni* Aschers in Botany Bay. New South Wales. Australia. *Aquat. Bot.* 19, 307-327.

LARKUM, A. W. D.; McCOMB, A. J. & SHEPHERD, S. A. (Edits.) 1989. *Biology of seagrasses*. Aquatic Plant Studies 2 Elsevier Nth. 841 pp.

LAWRENCE, J. M., C. F. BOUDOURESQUE & F. MAGGIORE, 1989. Proximate constituents, biomass and energy in *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). *P. S. Z. N. I. Marine Ecology* 10 (3): 263-270.

LEBER, K. M., 1985. Influence of predatory decapods, refuge, and microhabitat selection on seagrass communities. *Ecology* 66 (6): 1951-1964.

LIBES, M., 1983. Photosynthate transfer in *Posidonia oceanica*. *Rapp Comm. int Mer Médit* 28 (3): 131-132.

LIBES, M. 1984a. *Production primaire d'un herbier à Posidonia oceanica mesurée in situ par la méthode du carbon 14*. Thèse 3ème cycle. Université d'Aix Marseille 188.

LIBES, M., 1984b. Teneur en pigments chlorophylliens de *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae) et de ses épiphytes. In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 261-269.

LIBES, M. 1986. Productivity-irradiance relationship of *Posidonia oceanica* and its epiphytes. *Aquat. Bot.* 26 (3-4): 285-306.

LIBES, M. & BOUDOURESQUE, C. F., 1983. Mise en évidence in situ du transport à longue distance de photosynthetats chez *Posidonia oceanica* (phanérogame marine) et ses épiphytes: note préliminaire. *Trav. sci. Parc. nation. Port-Cros*. 9: 75-88.

LIBES, M. & BOUDOURESQUE C. F., 1987. Uptake and long-distance transport of carbon in the marine phanerogam *Posidonia oceanica*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 38: 177-186.

LIBES, M.; C. F. BOUDOURESQUE & M. R. PLANTE-CUNY, 1983. Preliminary data on the production of *Posidonia oceanica* and of its epiphytes in the Bay of Port-Cros (Var, France). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 28 (3): 133-134.

LIPKIN, Y. 1975a. *Halophila stipulacea*, a review of a successful immigration. *Aquat. Bot.* 1: 203-215.

LIPKIN, Y. 1975b. *Halophila stipulacea* in Cyprus and Rhodes, 1967-1970. *Aquat. Bot.* 1: 309-320.

LIPKIN, Y.; S. BEER; E. P. H. BEST; T. KAIRESALO & K. SALONEN, 1986. Primary production of seagrasses: terminology approaches and comparison of methods. *Aquat. Bot.* 26: 129-142.

LORENTI, M. & E. FRESI, 1983. Grazing of *Idotea baltica basteri* on *Posidonia oceanica*: Preliminary observations. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 28 (3): 147-148.

LORENTI, M. & E. FRESI, 1983. Vertical zonation of vagile fauna from the foliar stratum of a *Posidonia oceanica* bed: Isopoda. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 28 (3): 143-145

MAGGI, P. 1973. Le probleme de la disparition des herbiers a posidonies dans le Golfe de Giens (Var). *Science et Pêche, Bull. Inst. Peches marit.* 221: 7-20.



- MAGGI, P.; Y. GRUET & P. LASSUS, 1977. Influence de la pollution urbaine sur la vitalite des herbiers a posidonie dans le Golfe de Giens (Var). *Science et Pêche, Bull. Inst. Peches marit.* 269: 5-13.
- MAIN, K. L., 1987. Predator avoidance in seagrass meadows: Prey behavior, microhabitat selection and cryptic coloration. *Ecology* 68 (1): 170-180.
- MARIANI-COLOMBO, P. N. RASCIO & F. CINELLI, 1983. *Posidonia oceanica* (L.) Delile: a structural study of the photosynthetic apparatus. *P.S.Z.N.I. Mar. Ecol.* 4 (2): 133-145.
- MARGALEF, R. 1961. Variaciones intraspecificas de los pigmentos asimiladores en clorofíceas y fanerógamas acuáticas. *Invest. Pesq.* 19: 111-118.
- MARGALEF, R. 1974. *Ecologia Omega*, Barcelona: 851 pp.
- MASSUTI OLIVER, M. 1965. Ciclo anual de los peces de las praderas de *Caulerpa* y *Posidonia* capturados por un pequeño arte de arrastre en la bahía de Palma de Mallorca. *Bol. Inst. Español oceanogr.* 119: 1-57.
- MAYHOUB, H. 1976. *Recherches sur la vegetation marine de la côte syriene. Étude experimentale sur la morphogénèse et le development de quelques espèces peu connues.* Thèse Doct. Univ. Caen. 286 pp.
- MAZZELLA, L. & M. C. BUIA, 1989. Variazioni a lungo termini in alcuni parametri strutturali di una prateria a *Posidonia oceanica*. *Nova Thalassia* 10 (1): 533-542.
- MAZZELLA, L. & OTT, J. A., 1984. Seasonal changes in some features of *Posidonia oceanica* leaves and epiphytes at different depths. In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 119-127.
- MAZZELLA, L.; M. C. GAMBI; G. F. RUSSO & K. J. WITTMANN, 1983. Flowering in *Posidonia oceanica* praires around the island of Ischia (Gulf of Naples). *Rapp. Comm.int. Mer Médit.* 28 (3): 117-119.
- MAZZELLA, L.; M. C. GAMBI; G. F. RUSSO & M. C. BUIA, 1984. Deep flowering and fruiting of *Posidonia oceanica* beds around the island of Ischia (Gulf of Naples, Italy). En *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 203-209.
- MAZZELLA, L.; M. C. BUIA; M. C. GAMBI; M. LORENTI; G. F. RUSSO; M. B. SCIPIONE & V. ZUPO, 1992. Plant-animal relationships in the *Posidonia oceanica* ecosystem of the Mediterranean Sea: a review. En *Plant-animal interactions in the marine bentos* D. M. JOHN, S. J. HAWKINS & J. H. PRICE. Systematics Ass. Special Vol 46: 165-187.
- McCOMB A. J., CAMBRIGE, M. L, KIRDAMAN, H. & KUO, J., 1981, The Biology of Australian Seagrasses. En PATE J. S. & MCCOMB Eds. *The biology of Australian Plants* Univ Western Australia Press: 258-293.
- McMILLAN, C. 1978. Morphogeographic variation under controled conditions in five seagrasses *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii*, *Syringodium filiforme*, *Halophila engelmani* and *Zostera marina*. *Aquat. Bot.* 4: 169-189.
- McROY, C. P. & C. HELFFERICH (Eds.) 1977. *Seagrass ecosystems: a scientific perspective*. Marcel Dekker, N.Y: 314 pp.
- McROY, C. P. & McMILLAN, C. 1977. Production ecology and physiology of seagrasses. En C. P. McROY & C. HELFFERICH (Eds.) *Seagrass ecosystems: a scientific perspective*. Marcel Dekker, N.Y: 53-87.
- MEINESZ, A. & J. R. LEFEVRE, 1978. Destruction de l'etage infralitoral des Alpes-Maritimes (France) et de Monaco par les restructurations du rivage. *Bull. Ecol.* 9 (3): 259-276.

MEINESZ, A. & J. R. LEFEVRE, 1984. Regeneration d'un herbier de *Posidonia oceanica* quarante années après sa destruction par une bombe dans la Rade de Villefranche (Alpes-Maritimes, Fr.). En *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 39-44.

MEINESZ, A.; J. M. ASTIER; BODOY; G. CRISTIANI & J. R. LEFEVRE, 1982. Impact de l'aménagement du domaine maritime sur l'étage infralittoral des Bouches-du Rhône. *Vie milieu* 32 (2): 115-124.

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

MEINESZ, A.; J. M. ASTIER & J. R. LEFEVRE, 1984. Impact de l'aménagement du domaine maritime sur l'étage infralittoral du Var. *Ann. Inst. océanogr. Paris* 57 (2): 65-77.

MEINESZ, A.; H. MOLENAR; E. BELLONE & F. LOQUES, 1992. Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica* I Effects of rhizome length and transplantation season in ortotropic shoot. *P.S.Z.N.I Mar. Ecol.* 13 (2): 163-174.

MOLENAR, H. & A. MEINESZ, 1992. Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica* II Effects of depth changes on transplanted orthotropic shoots. *P.S.Z.N.I Mar. Ecol.* 13 (2): 175-185.

MOLINIER, R. & PICARD, J. 1952. Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral Méditerranéen Français. *Ann. Inst. océanogr. Fr.* 27 (3): 157-234.

MONCREIFF, C. A; M. J. SULLIVAN & A. E. DAEHNICK, 1992. Primary production dynamics in seagrass beds of Mississippi Sound: the contribution of seagrass, epiphytic algae, sand microflora and phytoplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 87: 167-171.

MEYERS, L. F., 1972. Effect of grazing and grazing systems. En *Plants for sheep in Australia*. J. H. Leigh & J. C. Novel. Angus and Robertson, Sydney.

MOSSE, R. A. 1983. *Variations cycliques dans les écailles de Posidonia oceanica: rhizomes plagiotropes et ortotropes*. Lab. Ecol. Benthos Univ Aix-Marseille II Parc National Port-Cros. 276 pp.

MOSSE, R. A. 1984a. Recherches lepidochronologiques sur *Posidonia oceanica: rhizomes plagiotropes et ortotropes* des herbiers profonds de Port-Cros (Méditerranée, France). *Trav. Sci. Parc nation Port-Cros*. 10: 87-107.

MOSSE, R. A. 1984b. Les écailles des rhizomes plagiotropes de *Posidonia oceanica: étude des variations cycliques*. En *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 217-226.

MOSTAFA, H. H. M. 1991. *Ecological study of the marine phanerogam Posidonia oceanica and some of the associated communities in the Mediterranean Sea off Alexandria*. Tesis Doc. Univ. Alexandria. 288 pp.

MUKAI, H.; K. AIOI; I. KOIKE; H. IIZUMI; M. OHTSU & A. HATTORI, 1979. Growth and organic production of eelgrass (*Zostera marina* L.) in temperate waters of Pacific coast of Japan. I: Growth analysis in spring-summer. *Aquat. Bot.* 7: 47-56.

NEDELEC, H. & M. VERLAQUE, 1984. Alimentation de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) dans un herbier a *Posidonia oceanica* en Corse (Méditerranée, France). En *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 349-364.

- NEDELEC, H.; M. VERLAQUE & A. DIAPOULIS, 1981. Preliminary data *Posidonia* consumption du *Paracentrotus lividus* in Corsica. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.* 27 (2): 203-204.
- NEDELEC, H.; M. VERLAQUE & S. DALLOT, 1983. Note préliminaire sur les fluctuations de l'activité trophique de *Paracentrotus lividus* dans l'herbier de Posidonies. *Rapp. Comm.int. Mer Médit.* 28 (3): 153-155.
- NEUHAUS, H. KÜHL, J. G., KOHL, P., DÖRFEL, P. & BÖRNER, 1993. Investigation on the genetic diversity of *Phragmites* stands using genomic fingerprinting. *Aquatic Botany*, 45 (4): 357-364.
- NEVERAUSKAS, V. P. 1987. Monitoring Seagrass Beds around a Sewage Sludge Outfall in South Australia. *Mar. Poll. Bull* 18 (4): 158-164.
- NIENHUIS, P. H. & B. H. H. DEE BREE, 1980. Production and growth dynamics of eelgrass (*Zostera marina*) in brakish Lake Grevelingen (The Netherlands). *Neth. J. Sea Res.* 14 (1): 102-118.
- NOVAK, R. 1982. Spatial and seasonal distribution of the meiofauna in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Netherlands J. Sea Res.* 16: 380-388.
- OGDEN, J. C., 1976. Some aspects of herbivore-plant relationships on Caribbean reefs and seagrass beds. *Aquat. Bot.* 2: 103-166.
- OGDEN, J. C., 1980. Faunal Relationships in Caribbean Seagrass Beds. En PHILLIPS & MC ROY (edits) *Handbook of seagrass biology: An ecosystem perspective* Gardlan STPM Press: 173-198
- OLIVER, P. 1983. Los recursos pesqueros del Mediterráneo. Primera parte: El Mediterráneo Occidental. *Etud. Rev. Cons. Gén Pêches Méditerr* 59: 1-139.
- OSTENFELD, C. H. 1918. *Sea-grasses*. Rep. danish oceanogr. Exped. Mediterranean and adjacent seas 2: 1-18.
- OTT, J. A. 1979. Persistence of a seasonal growth rhythm in *Posidonia oceanica* (L.) Delile under constant conditions of temperature and illumination. *Marine Biology Letters* 1: 99-104.
- OTT, J. A. 1980. Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *P.S.Z.N.I: Mar. Ecol.* 1: 47-64.
- OTT, J. A. 1981. Adaptative strategies at the ecosystem level: examples from two bentic marine ecosystems. *P.S.Z.N.I Mar. Ecol.* 2 (2): 113-158.
- OTT, J. & MAURER, 1977. Strategies of energy transfer from marine macrophytes to consumer levels: the *Posidonia oceanica* example. En: KEEGAN & al *Biology of benthic organisms* Pergamon Press Oxford: 493-502.
- OTT, J., 1990. Biomass. *Seagrass research methods*. PHILLIPS, R. C. & McROY, P. (Eds.). UNESCO Monographs on oceanographic methodology 9, 55-60.
- PANAYOTIDIS, P. 1980. *Contribution a l'etude qualitative et quantitative de l'association Posidionetum oceanicae Funk 1927*, Thésé Doc. Université Marseille II: 213
- PANAYOTIDIS, P.; C. F. BOUDORESQUE & MARCOT, 1981, Microstructure de l'herbier de *Posidonia oceanica* (L) Delile. *Botanica Marina* XXIV: 115-124.
- PANSINI, M. & R. PRONZATO, 1982. Distribuzione della epifauna di a una prateria di *Posidonia* dell'isola d'Ischia (Napoli): Poriferi. *Naturalista sicil S. IV (Suppl.)* 3: 517-522.
- PARKE, M. 1945. Studies on British Laminariaceae I: Growth in *Laminaria saccharina* (L.) Lamouroux. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 27: 651-709.

- PATRIQUIN, D. 1973. Estimation of growth rate, production and age of the marine angiosperm *Thalassia testudinum* Konig. *Carib. J. Sci.* 13 (1-2): 111-123.
- PENHALE, P. A. & W. D. SMITH, 1977. Excretion of dissolved organic carbon by eelgrass (*Zostera marina*) and its epiphytes. *Limnol. Ocean.* 22: 400-407.
- PÉRÈS, J. M. 1984. La regression of des herbiers a *Posidonia oceanica*. In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 445-454.
- PÉRÈS, J. M. & PICARD, J, 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Méditerranée. *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume Fr.* 31 (47): 1-137.
- PÉRÈS, J. M. & PICARD, J, 1975. Causes de la raréfaction et de la disparition des herbiers de *Posidonia oceanica* sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Aquat. Bot., Netherl.*, 1 (2): 133-139.
- PÉREZ-RUZAFÁ, A.; J. C. CALVÍN; C. MARCOS; I. M. PÉREZ-RUZAFÁ; J. TERRADOS & J. ROS, 1991. Contribución al estudio de las comunidades bentónicas del Cabo de Palos (Murcia, S. E. España) y su cartografía bionómica. *Actas V Simp. Iber. Estud. Bentos Mar.* J. J. BACALLADO & J. BARQUÍN (Eds.) 1: 385-420.
- PÉREZ, M. 1989. *Fanerógamas marinas en sistemas estuáricos: Producción, factores limitantes y algunos aspectos del ciclo de nutrientes*. Tesis Doctoral Univ. Barcelona 244 pp.
- PÉREZ, M. & J. ROMERO, 1992. Photosynthetic response to light and temperature of the seagrass *Cymodocea nodosa* and the prediction of its seasonality. *Aquat. Bot.* 43: 51-62.
- PÉREZ, M.; J. ROMERO; C. M. DUARTE & K. SAND-JENSEN, 1991. Phosphorus limitation of *Cymodocea nodosa* growth. *Mar. Biol.* 109: 129-133.
- PÉREZ LLORENS, J. L. 1991. *Estimaciones de biomasa y contenido interno de nutrientes, ecofisiología de incorporación de carbono y fosfato en Zostera noltii Hornem*. Tesis Doctoral Univ. Málaga 168 pp.
- PÉREZ LLORENS, J. L. & F. X. NIELL, 1993. Seasonal dynamics of biomass and nutrient content in the intertidal seagrass *Zostera noltii* Hornem. from Palomares River estuary, Spain. *Aquat. Bot.* 46 (1): 49-66.
- PERGENT, G. 1985. Floraison des herbiers a *Posidonia oceanica* dans la région d'Izmir (Turquie). *Posidonia Newsletter* 1 (1): 15-21.
- PERGENT, G. 1987. *Recherches lépidochronologiques chez Posidonia oceanica (Potamogetonaceae). Fluctuations des paramètres anatomiques et morphologiques des écailles des rhizomes*. Thèse Doct. Oceanol. Université Aix-Marseille II, 853 pp.
- PERGENT, G. 1990. Lepidochronological analysis of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: a standartized approach. *Aquat. Bot.* 37 (1): 39-54.
- PERGENT, G. & C. PERGENT-MARTINI, 1988. Phénologie de *Posidonia oceanica* (L.). Delile dans le bassin Meditteranee. *Ann. Inst. Oceanogr. Fr.* 64 (2): 79-100.
- PERGENT, G. & C. PERGENT-MARTINI, 1991. Leaf renewal cycle and primary production of *Posidonia oceanica* (L.). Delile in the bay of Lacco Ameno (Ischia, Italy) using Lepidochronological analysis. *Aquat. bot.* 42: 49-66.
- PERGENT, G. & C. PERGENT-MARTINI, 1993. Leaf renewal cycle of *Posidonia oceanica* (L.). Delile in the bay of Lacco Ameno (Ischia, Italy) using Lepidochronological method. *Posidonia Newsletter*, 4(2): 11-20.

PERGENT, G.; C. F. BOUDOURESQUE & A. CROUZET. 1983. Variations cycliques dans les écailles des rhizomes de *Posidonia oceanica*. *Trav. Sci. Parc. nation. Port-Cros* (9): 107-148.

PERGENT, G.; BOUDOURESQUE, C. F.; CROUZET, A. & MEINESZ, A. 1989. Cyclic changes along *Posidonia oceanica* rhizomes (Lepidochronology): Presente state and prespectives. *P.S.Z.N.I Marine Ecology*, 10: 221-230.

PERGENT, G.; N. BEN-MAIZ; C. F. BOUDOURESQUE & A. MEINESZ, 1989. The flowering of *Posidonia oceanica* over the past fifty years: a lepidochronological study. In *International Workshop on Posidonia Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. MEINESZ, E. FRESI & V. GRAVEZ (Eds.). GIS Posidonie Publ., Fr. 2: 69-76.

PHILLIPS, R. C. & LEWIS, R. L., 1983, Influence of Envirommental Gradients on Variations in leaf widths and transplant success in North American Seagrasses. *Mar. tech. Soc. J.* 17 (2): 59-68.

PHILLIPS, R. C. & C. P. MC ROY (Eds.), 1980, *Handbook of seagrass biology: An ecosystem perspective.*, Garland STPM Press. Nueva York: 353 p.p.

PHILLIPS, R. C. & C. P. MC ROY (Eds), 1990. *Seagrass research methods*. UNESCO Monographs on oceanographic methodology 9: 210 pp.

PHILLIPS, R. C. & MEÑEZ, 1988. *Seagrasses*. Smithsonian Contributions to the Marine Sciences 34: 104 pp.

PIRC, H. 1983. Belowground biomass of *Posidonia oceanica* (L.) Delile and its importance to the growth dynamics. *Proceed. Intern. Symp. Aquat. Macrophytes*. 177-181.

PIRC, H. 1984. Depth adaptation in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 227-234.

PIRC, H. 1985. Growth dynamics in *Posidonia oceanica* (L.) Delile I: Seasonal changes in soluble carbohydrates, starch, free amino acids, nitrogen, and organic anions in different parts of the plant. *P.S.Z.N.I Marine Ecology*, 6 (2): 141-165.

PIRC, H. 1986. Seasonal aspects of photosynthesis in *Posidonia oceanica*: influence of depth, temperature and light intensity. *Aquat. Bot.* 26 (3-4): 203-212.

PIRC, H., 1989. Seasonal changes in soluble carbohydrates, starch and energy content in Mediterranean seagrasses. *P.S.Z.N.I: Marine Ecology* 10 (2): 97-105.

PLANTE-CUNY, M. R. & LIBES, M. 1984. Revue critique des problèmes posés par l'estimation de la production primaire chez les phanérogames marines. En *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 235-243

POLLARD, D. A., 1984. A review of ecological studies on seagrass-fish communities, with particular reference to recent studies in Australia., *Aquat. Bot.* 18: 3-42.

PORCHER, M. 1984. Impact des moullages forains sur les herbiers a *Posidonia oceanica*. En *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 145-148.

PRATS, D. & MARTÍN, A., 1991. Parametros oceanogáficos químicos y biológicos en la zona litoral de la isla de Tabarca. *Estudios sobre la reserva marina de la isla de Tabarca*. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN, Secretaría de pesca marítima, Madrid, 37-48.

- RAMOS, A. A. 1983. Cartografiado y estado de la pradera de *Posidonia oceanica* (algueros) en el litoral de la Bahía de Alicante. En *El hombre y el medio natural en Alicante*. Universidad de Alicante: 73-84.
- RAMOS, A. A. 1984. Cartografía de pradera superficial de *Posidonia oceanica* en la bahía de Alicante (SE España). En *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 57-61.
- RAMOS, A. A. 1985a. Contribución al conocimiento de las biocenosis bentónicas litorales de la Isla Plana o Nueva Tabarca (Alicante). In: RAMOS, A. A. (ed.) *La Reserva Marina de la Isla Plana o Nueva Tabarca (Alicante)*. Publ. Univ.-Ayunt. Alicante: 111-147.
- RAMOS, A. A. (ed.) 1985b. *La Reserva Marina de la Isla Plana o Nueva Tabarca (Alicante)*. Publ. Univ.-Ayunt. Alicante: 195pp
- RAMOS, A. A. & BAYLE-SEMPERE, J., 1990, Management of living resources in the marine reserve of Tabarca Island (Alicante, Spain). *Bull. Soc. Zool. France* 114 (4): 41-48.
- RAMOS, A. A. & E. FERRANDIS, 1983a. Valoración de la calidad ambiental de la franja costero-marina de la comarca de Alicante. En *El hombre y el medio natural en Alicante*. Universidad de Alicante: 93-104.
- RAMOS, A. A. & E. FERRANDIS, 1983b. Criterios medio-ambientales en la ordenación del litoral de la comarca de Alicante. Ubicación de un puerto deportivo., *2ª Reun. Nac. de Geol. Amb. y Ord. del Ter., Lerida*: 1-1/1-21.
- RAMOS MARTOS, A. & A. A. RAMOS, 1989. Utilization of acoustic methods in the Cartography of the *Posidonia oceanica* bed in the Bay of Alicante (SE España). *Posidonia Newsletter* 2 (1): 17-19.
- RAMOS, A. A.; J. T. BAYLE SEMPERE & J. L. SÁNCHEZ LIZASO (1990) Litoral resources management: An example, the marine reserve of Tabarca (Alicante, SE Spain). En *Litoral 90* R. E. Quélenec, E. Ercolani & G. Michon (ed.). Eurocoast Marsella 395-400.
- RAMOS, A. A.; J. T. BAYLE SEMPERE & J. L. SÁNCHEZ LIZASO 1991 La reserva marina de la isla de Tabarca. Balance de cinco años de protección. En: *Estudios sobre la Reserva Marina de la isla de Tabarca*. Publ. Ministerio Agricultura y Pesca. 165-180.
- RANDAY, J. E. 1965. Grazing effect on seagrasses by herbivorous reef fishes in the West Indies. *Ecology* 46 (3): 255-260.
- ROBERT, P., 1983. Degradation de l'herbier de Posidonies dans la zone de mouillage organisé de la baie de Port- Cros. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros* 9: 195-198.
- ROBERTSON, A. I. & MANN, K. M., 1984, Disturbance by ice and life-history adaptations of the seagrass *Zostera marina*. *Mar. Biol.* 80: 131-141.
- ROMANIS, FERNÁNDEZ, CERVIÑO & PAZÓ., 1979. Evolución del sustrato que sustituyó a una pradera de *Zostera marina* y dinámica de la población de *Cerastoderma edule* asentada sobre este. *1º Simposio Estudios del Bentos Marino, San Sebastian* 9-11-IV:
- ROMERO, J. 1983. Premières donnes sur la production primaire d'un herbier de *Posidonia oceanica* en Mediterranée Occidentale. *Rapp. Comm. int. Mer. Medit.* 28 (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.

- ROMERO, J. 1988. Epífitos de las hojas de *Posidonia oceanica*: variaciones estacionales y batimétricas de biomasa en la pradera de las islas Medas (Gerona). *Oecologia aquatica*. Spain. 9: 19-25.
- ROMERO, J. 1989a. Note sur la floraison de posidonia oceanica (L.) Delile dans les illes Medas (Gerona, Espagne). *Posidonia Newsletter* 2(2), 15-18.
- ROMERO, J. 1989b. Seasonal pattern of *Posidonia oceanica* production: growth, age and renewal of leaves. In *International Workshop on Posidonia Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. MEINESZ, E. FRESI & V. GRAVEZ (Eds.). GIS Posidonie Publ., Fr. 2: 63-67.
- ROMERO, J., 1989c. Primary production of *Posidonia oceanica* beds in the Medas Islands (Girona, N.E. Spain). In *International Workshop on Posidonia Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. MEINESZ, E. FRESI & V. GRAVEZ (Eds.). GIS Posidonie Publ., Fr. 2: 85-91.
- ROMERO, J., PERGENT, G. & PERGENT-MARTINI, C., 1992. The detritic compartment in a *Posidonia oceanica* meadow: litter features, decomposition rates and mineral stocks. *PSZNI Marine Ecology* 13 (1): 69-83.
- ROMERO, J.; J. L. SÁNCHEZ LIZASO, M. PÉREZ, M. A. MATEO & T. ALCOVERRO, 1992. *Dinámica de nutrientes en las praderas de Posidonia oceanica de la Reserva Marina de Tabarca: mineralomasas y status nutricional a lo largo de un gradiente batimétrico*. Inf. Tec. Universidad de Barcelona- Universidad de Alicante. 80 pp
- ROMERO, J.; M. PÉREZ, T. ALCOVERRO, M. A. MATEO & J. L. SÁNCHEZ LIZASO, en prensa. *Dinámica de nutrientes en las praderas de Posidonia oceanica de la Reserva Marina de Tabarca: mineralomasas y status nutricional a lo largo de un gradiente batimétrico. Ayudas a la investigación*. Instituto Juan Gil Albert Diputación de Alicante.
- RUIZ, J. M. 1992. *Influencia de los efectos de las obras costeras sobre la regresión de las praderas de Posidonia oceanica (L.) Delile*. Tesis de licenciatura. Univ. Murcia 110 pp.
- RUSSO, G., FRESI, E. & VINCI, D., 1983, Distribution and diel variations of mollusk syntaxon in a *Posidonia oceanica* (L.) Del meadow. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.* 28 (3): 139-140.
- RUSSO, G. F., FRESI, E., VINCI, D. & CHESSA, L. A., 1983, Malacofauna di strato foliase delle praterie di *Posidonia oceanica* L. Delile intorno all'isole d' Ischia (Golfo di Napoli): analisi struttunale del popolamento estivo in rapporto alla profundita ed al, *Nova Thalassia* 6 (suppl.): 655-661.
- RUSSO, G. F., FRESI, E., VINCI, D. & CHESSA, L. A., 1984, Mollusk syntaxon of foliar stratum along a depth gradient in a *Posidonia oceanica* meadow: Diel variability. En *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 303-310.
- RUSSO, G., FRESI, E., VINCI, D. & CHESSA, L. A., 1984, Mollusk syntaxon of foliar stratum along a depth gradient in a *Posidonia oceanica* meadow. Seasonal variability., Intern. Workshop *Posidonia oceanica* beds. GIS Posidonia Publ. Fr. 1: 311-318
- RUSSO, C. F., FRESI, E., BUIA, M. C. & VINCI, D., 1985. Malacofauna delle praterie a *Posidonia oceanica* (L.) Delile della zona di capo Passero (Sicilia sud-orientale). analisi comparativa con i popolamenti dell'isola d'Ischia. *Oebalia* XI: 319-324.
- RUSSO, G. F., CHESSA, L. A., VINCI, D. & FRESI, E., 1991. Molluscs of *Posidonia oceanica* beds in the bay of Porto Conte (North- Western Sardinia): Zonation pattern, seasonal variability and geographical comparison. *Posidonia Newsletter* 4(1), 5-14.
- RUSSO, G. F., VINCI, D., SCARDI, M. & FRESI, E., 1991. Molluscs sintaxon of foliar stratum along a

- depth gradient in a *Posidonia oceanica* beds: 3. A year's cycle at Ischia Island. *Posidonia Newsletter* 4(1), 15-25.
- SAN MARTIN, G. & VIEITEZ, J. M., 1984, Anélidos poliquetos de los rizomas de *Posidonia oceanica* en las costas del Cabo de Palos (Murcia, España)., Intern. Workshop *Posidonia oceanica* beds. GIS Posidonia Publ. Fr. 1: 149-157.
- SÁNCHEZ LIZASO, J. L. 1991 Contribución al conocimiento de la pradera de *Posidonia oceanica* de la reserva marina de Tabarca. En *Estudios sobre la Reserva Marina de la isla de Tabarca*. Publ. Ministerio Agricultura y Pesca: 165-180.
- SÁNCHEZ LIZASO, J. L. 1992. Inventario de las observaciones de floraciones y fructificaciones de *Posidonia oceanica* en el Mediterráneo Ibérico. En *Historia Natural 91*. A. ALEMANY (Ed.): 291-296.
- SÁNCHEZ LIZASO, J. L., en prensa. Enanismo de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en praderas superficiales. En *Estudios del Bentos marino*. Inst. Esp. Oceanogr.
- SÁNCHEZ LIZASO, J. L. & A. ARANDA, 1992. Cartografía y evaluación de la pradera de *Posidonia oceanica* del puerto natural de Parque Nacional Marítimo-Terrestre de Cabrera. *Infor. Tec. Inst. Ecol. Lit.*: 1-18 + 3 planos.
- SÁNCHEZ LIZASO, J. L. & J. M. RUIZ, en prensa. Floraciones recientes de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en el Sudeste de la Península Ibérica. En *Estudios del Bentos marino*. Inst. Esp. Oceanogr.
- SÁNCHEZ LIZASO, J. L.; J. E. GUILLEN NIETO & A. A. RAMOS ESPLA (1990) The regression of *Posidonia oceanica* meadow in El Campello (Spain). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* 32, 1, B-I 10: 7
- 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.
- SCIPIONE, M. B., FRESI, E. & WITTMANN, 1983, The vagile fauna of *Posidonia oceanica* foliar stratum: A community approach. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 28 (3): 141-142.
- SELOUDRE, P., 1989. Ichtyofaune associée à un herbier de Posidonies dans la baie du Racou (Golfe du Lion). *Posidonia Newsletter* 2 (1): 21-27.
- SEMROUD, R., 1992. *Contribution a la connaissance de l'écosysteme a Posidonia oceanica (L.) Delile dans la Region d'Alger (Algeria): Etude de quelques compartiments*. These Doc. Univ. Scien. Technol. Houari Boumediene Alger: 219 pp.
- SEMROUD, R., 1993. Données sur les floraisons anciennes de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile dans la region d'Alger (Algérie). *Posidonia Newsletter* 4 (2), 31-35.
- SEMROUD, R.; S. MEZEGRANE & L. SOLTANE, 1990. Etude lépidochronologique de *Posidonia oceanica* dans la Region d'Alger (Algérie): Données préliminaires. *Rapp Comm int Mer Médit.* 32 (1) B-I 15: 10.
- SEMROUD, R.; S. MEZEGRANE & L. SOLTANE, 1990. Phenologie de *Posidonia oceanica* dans la Region d'Alger (Algérie): Données préliminaires sur la biométrie foliaire. *Rapp Comm int Mer Médit.* 32 (1) B-I 16: 10.
- SEMROUD, R.; R. VERLAQUE; A. CROUZET & C. F. BOUDOURESQUE, 1992. On a broad-leaved form of the seagrass *Posidonia oceanica* (Posidoniaceae) from Algiers (Algeria). *Aquat. Bot.* 43: 181-198.
- SHEPHERD, S.A., MCCOMB, A. J., BULTHUIS, D. A., NEVERAUSKAS, V., STEFFENSEN D. A. & WEST, R., 1989. *Decline of seagrasses. Biology of seagrasses*. Aquatic Plant Studies 2. LARKUM, A. W. D.; MCCOMB, A. J. & SHEPHERD, S. A. (Edits.). Elsevier Nth. 346-387.



SHORT, F. T., 1983, The response of interstitial ammonium in eelgrass (*Zostera marina* L.) Beds to environmental perturbations. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 68: 195-208.

SHORT, F. T., 1987, Effects of sediment nutrients on seagrasses: Literature review and mesocosm experiment. *Aquat. Bot.* 27: 41-57.

SILBERSTEIN, K., CHIFFINGS, A. W. & MC COMB, A. J., 1986, The loss of seagrass in Cockburn Sound, Western Australia: III The effect of epiphytes on productivity of *Posidonia australis* Hook F., *Aquat. Bot.* 24: 355-371.

SOGARD, S. M. 1991. A comparison of eelgrass, sea lettuce macroalgae and marsh creeks as habitats for epibenthic fishes and decapods. *Estuar., Coast. and Shelf Sci.*, 33: 501-519.

STONER, A. W., 1983, Distribution of fishes in seagrass meadows: role of macrophyte biomass and species composition. *Fish. Bull.* 81 (4): 837-846.

STONER, A. W. & GRAHAM LEWIS III, F., 1985, The influence of quantitative and qualitative aspects of habitat complexity in tropical sea-grass meadows. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 94: 19-40.

TEMPLADO, J., 1983. Moluscos en las formaciones de fanerogamas en las costas de Cabo de Palos (Murcia). Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 3351pp.

TEMPLADO, J. 1984a. Moluscos de las praderas de *Posidonia oceanica* en las costas del cabo de Palos. *Inv. Pesq.* 48 (3): 509-526.

TEMPLADO, J. 1984b, Las praderas de *Posidonia oceanica* en el Sureste español y su biocenosis. In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 159-172.

TERRADOS, J. 1992. *Crecimiento y producción de las praderas de macrófitos del Mar Menor (Murcia)*. Tesis Doct. Univ de Murcia. 225 pp.

TERRADOS, J. & J. D. ROS, 1992. Growth and primary production of *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson in a Mediterranean coastal lagoon: the Mar Menor (SE Spain). *Aquat. Bot.* 43: 63-74.

THELIN, I. & BEDHOMME, A. L. 1983. Biomasse des epiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* dans un herbier superficiel. *Rapp. Comm. int. Mer Medit.* 28 (3): 125-126.

THELIN, I. & C. F. BOUDOURESQUE, 1983. Longevite des feuilles de *Posidonia oceanica* dans un herbier superficiel de la baie de Port-Cros. *Rapp. Comm. int. Mer Medit.* 28 (3): 115-116.

THELIN, I. & C. F. BOUDOURESQUE, 1985. *Posidonia oceanica* flowering and fruting recent data from an international inquiry. *Posidonia Newsletter*, 1(1), 5-14.

THELIN, I. & GIORGI, J. 1984. Production de feuilles dans un herbier superficiel a *Posidonia oceanica*, evaluee par une méthode derivée de la méthode de Zieman. In *International Workshop Posidonia oceanica Beds*. C. F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC & J. OLIVIER (Eds.). GIS Posidonie Publ, Fr. 1: 271-276.

THELIN; I., BEDHOMME, A. L., BOUDOURESQUE, C. F. & JEUDY DE GRISSAC, A. 1982. Sur la calcification des feuilles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Thalassographica* 5 (1): 27-32.

TOMASKO, D. A. & DAWES, C. J. 1989, Evidence for physiological integration between shaded and unshaded short shoot of *Thalassia testudinum*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 54: 299-305.

TORRES, P. & ROLDÁN, A., 1990, Catálogo florístico de los hongos marinos en las costas de la provincia

de Alicante. *Ayudas a la Investigación 86/87 Vol. 1. Ciencias Naturales*. Instituto Juan Gil Albert. Diputación de Alicante: 27-44.

VADON, C. 1981. *Les Brachyoures des herbiers de Posidonies dans la region de Villefranche-sur-Mer: biology, écologie et variations quantitatives des populations*. Tesis Doct. Univ. Pierre et Marie Curie: 235 p.

VELIMIROV, B. 1984a. D. O. C. in the water column above *Posidonia* Meadows., Int. Workshop *Posidonia oceanica* beds. Jeudy de Grissac & Olivier Edits. GIS *Posidonia* Publ. 1: 179-184.

VELIMIROV, B. 1984b. Grazing of *Sarpa salpa* L. on *Posidonia oceanica* and utilization of soluble compounds. Int. Workshop *Posidonia oceanica* beds. Jeudy de Grissac & Olivier Edits. GIS *Posidonia* Publ. 1: 381-387.

VELIMIROV, B. 1987. Organic Matter Derived from a Seagrass Meadow: Origin, Properties and Quality of Peptides. *P.S.Z.N.I Marine Ecology* 8 (2): 143-173.

VERLAQUE, M. 1981. Preliminary data on some *Posidonia* feeders. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* 27 (2): 201-202.

VERLAQUE, M. & H. NEDELEC, 1983. Note preliminaire sur les relations biotiques *Paracentrotus lividus* et herbier de posidonies. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 28 (3): 157-158

VERMAAT, J. E.; M. J. M. HOOTSMANS & P. M. NIENHUIS, 1987. Seasonal dynamics and leaf growth of *Zostera noltii* Hornem, a perennial intertidal seagrass. *Aquat. Bot.* 28: 287-299.

VIDAL, M. 1988. Contenido y dinámica del fósforo en el sedimento de praderas de fanerógamas marinas. *Oecologia Aquatica* 9: 41-59.

WAHBEH, M. I. 1984. The growth and production of the leaves of the seagrass *Halophila stipulacea* (Forsk). Aschers. From Aqaba, Jordan. *Aquat. Bot.* 20: 33-41.

WALKER D.I., 1985. Correlations between salinity and growth of the seagrass *Amphibolis antarctica* in Shark Bay, Western Australia, using a new method for measuring production rate. *Aquat. Bot.* 12: 209-218.

WALKER, D. I. & MC COMB, A. J., 1988. Seasonal variation in the productivity, biomass and nutrient status of *Amphibolis antarctica* and *Posidonia australis* in Shark Bay, Western Australia. *Aquat. Bot.* 31: 259-275.

WALKER, D. I., LUKATELICH, R. J., BASTYAN, G. & MC COMB, A. J., 1989, Effect of boat moorings on seagrass beds near Perth, Western Australia. *Aquat. Bot.* 36 (1): 69-78.

WEST, R. J., 1990. Depth-related structural and morphological variations in an Australian *Posidonia* seagrass bed. *Aquat. Bot.* 36 (2): 153-166.

WEST, R. J. & LARKUM, A. W. D., 1979. Leaf productivity of the seagrass, *Posidonia australis*, in coastal Australian Waters. *Aquat. Bot.* 7: 57-65.

WETZEL, R. G. & PENHALE, P. A., 1979. Transport of carbon and excretion of dissolved organic carbon by leaves and roots/rhizomes in seagrass and their epiphytes. *Aquat. Bot.* 6: 149-158.

WILLIAMS, S. L., 1988. Disturbance and recovery of a deep-water Caribbean seagrass bed. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 42: 63-71.

WILSON, D. P., 1949. The decline of *Zostera marina* at Salcombe and its effects on the shore. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, XXVIII: 395-412.

WITTMAN, K. J. 1984. Temporal and morphological variations of growth in a natural stand of *Posidonia*

*oceanica* (L.) Delile. *P.S.Z.N.I Mar. Ecol.* 5 (4): 301-316.

WITTMAN, K. J. & J. OTT, 1982. Effects of cropping on growth in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *P.S.Z.N.I Mar. Ecol.* 3 (2): 151-159.

WITTMAN, K. J.; L. MAZZELLA & E. FRESI, 1981, Age specific patterns of leaf growth: their determination and importance for epiphytic colonization in *Posidonia oceanica*. *Rapp. Comm. int. Mer Medit.* 27 (2): 189-191.

WORTHINGTON, D.G., FERRELL, D.J., McNEILL, S.E., BELL, J.D., 1992. Effects of the shoot density of seagrass on fish and decapods: are the correlation evident over larger spatial scales? *Marine Biology*, 112: 139-146.

ZEI, M., 1962. Preliminary observations on the life in *Posidonia* beds. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli* 32 suppl: 86-90.

ZIBROWIUS, H., 1993. Records of *Halophila stipulacea* from "Calypso" cruises in Greek and Turkish waters. *Posidonia Newsletter*, 4(2), 7-10.

ZIEMAN, J. C., 1968. *A study of the growth and decomposition of the seagrass Thalassia testudinum*. M. Sc. Thesis Univ. Miami, Florida. 50 pp.

ZIEMAN, J. C., 1974. Methods for the study of the growth and production of turtle grass, *Thalassia testudinum*. *Aquaculture* 4: 139-143.

ZIEMAN, J. C., 1976. The ecological effects of physical damage from motor boats on turtle grass beds in southern Florida. *Aquat. Bot.* 2: 127-139.

ZIEMAN, J. C. & WETZEL, R. G. 1980. Productivity in Seagrasses: Methods and Rates. PHILLIPS & MC ROY (ed.) *Handbook of seagrass biology: An ecosystem perspective* Garland STPM Press N: 87-116.

ZIEMAN, J. C., FOURQUREAN, J. W. & IVERSON, R. L., 1989, Distribution, abundance and productivity of seagrasses and macroalgae in Florida Bay. *Bull. Mar. Scienc.* 44 (1): 292-311.

ZOFFMAN, C.; RODRIGUEZ-VARELA, F. & RAMOS, A. A. 1985. Datos preliminares oceanográficos y de contaminación marina en la Isla Plana o Nueva Tabarca. In: RAMOS, A. A. (ed.) *La Reserva Marina de la Isla Plana o Nueva Tabarca (Alicante)*. Publ. Univ.-Ayunt. Alicante: 95-110.