

*Nota de Investigación/Research Note*Ciclo estacional de una pradera marina de *Cymodocea nodosa* y la ictiofauna asociada en Playa Dorada (Lanzarote, Islas Canarias, Atlántico oriental)Seasonal cycle of a *Cymodocea nodosa* seagrass meadow and of the associated ichthyofauna at Playa Dorada (Lanzarote, Canary Islands, eastern Atlantic)

F Tuyá, JA Martín, A Luque*

Departamento de Biología, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017 Campus de Tafira s/n, Las Palmas de Gran Canaria, Islas Canarias. * E-mail: aluque@dbio.ulpgc.es

Resumen

Se estudió el ciclo estacional de una pradera mixta de *Cymodocea nodosa* y *Caulerpa prolifera*, así como el de la ictiofauna asociada, desde marzo de 2001 hasta abril de 2002, en Playa Dorada (Lanzarote, Islas Canarias, Atlántico oriental). Algunas variables estudiadas presentaron un claro comportamiento estacional (bimodal), con máximo en primavera-verano (abril-septiembre) y mínimos en invierno (diciembre-marzo). Así, la densidad de haces osciló entre 372 y 1014 haces m⁻², la biomasa de *C. nodosa* entre 94 y 271 g PS m⁻², la biomasa vegetal total entre 94 y 383 g PS m⁻², y la longitud de hoja entre 10 y 18 cm. La riqueza media ictiológica fluctuó entre 0.7 y 5.3 especies por censo, y la abundancia total de individuos entre 2.0 y 144.0 ind 100 m⁻². Aparece una clara correlación entre el ciclo anual de *C. nodosa* y los descriptores del poblamiento ictiológico de la pradera.

Palabras clave: praderas marinas, fanerógamas marinas, comunidades de peces, estacionalidad, Islas Canarias.

Abstract

The seasonal cycle of a mixed seagrass meadow of *Cymodocea nodosa* and *Caulerpa prolifera* and of the associated ichthyofauna was studied at Playa Dorada (Lanzarote, Canary Islands, eastern Atlantic) from March 2001 to April 2002. A seasonal (bimodal) cycle was clearly observed, with maximum values in spring and summer (April–September) and minimum in winter (December–March). Shoot densities oscillated between 372 and 1014 shoots m⁻², the biomass of *Cymodocea nodosa* between 94 and 271 g DW m⁻², total vegetal biomass between 94 and 383 g DW m⁻² and mean leaf lengths between 10 and 18 cm. Mean fish richness fluctuated between 0.7 and 5.3 species and total fish densities between 2.0 and 144.0 ind 100 m⁻². There was a clear correlation between the cycles of *C. nodosa* and the associated fish population.

Key words: seagrass meadows, marine phanerogams, fish assemblages, seasonality, Canary Islands.

Introducción

Las praderas marinas de *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson se distribuyen por todo el Mediterráneo y la costa norte de África, siendo la fanerógama marina más abundante en los alrededores de las Islas Canarias (Afonso-Carrillo y Gil-Rodríguez 1980, Reyes 1993, Reyes *et al.* 1995, Barberá *et al.* 2005). Esta planta se localiza en Canarias en fondos sedimentarios entre 2–30 m de profundidad, principalmente al sur y sureste de las islas, frecuentemente formando praderas mixtas con individuos del género *Caulerpa* particularmente *Caulerpa prolifera* (Forsskal) Lamouroux a poca profundidad (<10 m) (Pavón-Salas *et al.* 2000).

Cymodocea nodosa está declarada como especie vulnerable dentro del catálogo de especies amenazadas de Canarias (BOCAC 2001) y existen varios Lugares de Interés Comunitario (LIC) creados por su posible presencia sobre bancos de arena poco profundos (DOCE 2002).

Introduction

Seagrass meadows of *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson occur throughout the Mediterranean and northern coast of Africa. It is the most abundant marine phanerogam in the Canary Archipelago (Afonso-Carrillo and Gil-Rodríguez 1980, Reyes 1993, Reyes *et al.* 1995, Barberá *et al.* 2005), occupying sedimentary bottoms between 2 and 30 m depth, mainly to the south and southeast of the islands, and often forming mixed meadows with individuals of the genus *Caulerpa*, particularly *Caulerpa prolifera* (Forsskal) Lamouroux, at shallow (<10 m) depths (Pavón-Salas *et al.* 2000).

Cymodocea nodosa is listed as vulnerable in the Canary Catalogue of Threatened Species (BOCAC 2001) and several Sites of Community Interest (SCIs) have been established owing to its possible presence on shallow sand banks (DOCE 2002).

Los estudios realizados sobre la dinámica de las praderas de *C. nodosa* en el Mediterráneo (Pérez y Camp 1986, Peduzzi y Vukovic 1990, Terrados y Ros 1992, Mazella *et al.* 1993, Vidondo *et al.* 1997) han mostrado una clara estacionalidad anual de esta planta, al igual que lo mostró el estudio desarrollado por Reyes *et al.* (1995) en el sur de Tenerife. Sin embargo, ninguna investigación ha estudiado su estacionalidad en la isla de Lanzarote, que se encuadra en un contexto biogeográfico diferente al de Tenerife y al del Mediterráneo. Al ser la isla más oriental del Archipiélago Canario, por su cercanía al continente africano sus aguas pueden verse afectadas de forma más importante por las fluctuaciones, tanto térmicas como en disponibilidad de recursos nutritivos, asociadas al cercano afloramiento sahariano.

Si bien se ha observado una notable estacionalidad en las comunidades de macrofauna invertebrada asociadas a tres praderas marinas de *C. nodosa* de Canarias (Tuya *et al.* 2001), ningún estudio ha analizado la posible relación entre el ciclo anual de *C. nodosa* y las comunidades de peces asociadas a dichas praderas.

Consecuentemente, los objetivos de este estudio fueron: estudiar las variaciones anuales en densidad, biomasa y longitud de hoja de una pradera marina mixta de *C. nodosa* y *Caulerpa prolifera* en Playa Dorada (sur de Lanzarote, Islas Canarias, Atlántico oriental) y estudiar la posible estacionalidad del poblamiento íctico asociado a dicha pradera, a efectos de verificar si existe relación entre el ciclo anual de biomasa de *C. nodosa* y el poblamiento íctico asociado.

Material y métodos

Lugar de estudio

La pradera marina mixta de *Cymodocea nodosa* y *Caulerpa prolifera* se localiza frente a Playa Dorada (municipio de Yaiza, Lanzarote; 28°51.5' N, 15°49.4' W) entre los 4 y 8 m de profundidad, sobre un fondo de arena biogénica. El estudio se desarrolló de marzo de 2001 a abril de 2002, con toma de muestras mensual, excepto en los meses de agosto y noviembre de 2001 y enero y marzo de 2002 (diez muestreos en total). A lo largo del estudio se midieron los dos parámetros abióticos que más influyen en las fluctuaciones estacionales de las praderas marinas de *C. nodosa* (Sand-Jensen 1975, Pérez y Camp 1986), la temperatura del agua de mar en superficie, mediante sonda YSI®, y la densidad de flujo fotónico en superficie en el espectro del visible (PAR), mediante el radiómetro Li-Cor 4π®.

Muestreo de los descriptores de la pradera

En cada muestreo se recolectaron aleatoriamente, a 5 m de profundidad, nueve muestras ($n = 9$) de pradera mixta de *C. nodosa* y *C. prolifera* mediante cajas de plástico de 15 × 26 cm con ayuda de dos palas y equipos autónomos de buceo. Las muestras se conservaban en nevera hasta su posterior análisis en el laboratorio. Después de lavarse, se contaron el número de haces y se midió la longitud de treinta hojas de cada muestra

Studies on the dynamics of *C. nodosa* meadows in the Mediterranean (Pérez and Camp 1986, Peduzzi and Vukovic 1990, Terrados and Ros 1992, Mazella *et al.* 1993, Vidondo *et al.* 1997) have shown a clear annual seasonality, similar to that established for this plant by Reyes *et al.* (1995) in southern Tenerife. There is no information, however, on the seasonality of this marine phanerogam at Lanzarote, the easternmost island of the Canary Archipelago. The biogeographic situation of Lanzarote differs from that of Tenerife or the Mediterranean, since its proximity to the African continent makes its waters more susceptible to fluctuations, in both temperature and nutrient availability, associated with the Saharan upwelling.

Though marked seasonality has been reported for invertebrate macrofaunal assemblages related to three Canary Island *C. nodosa* meadows (Tuya *et al.* 2001), studies have not been conducted on the possible relationship between the annual cycle of *C. nodosa* and of the fish communities associated with these meadows.

This study therefore aims to analyze the annual variations in density, biomass and leaf length of a mixed seagrass meadow of *C. nodosa* and *Caulerpa prolifera* at Playa Dorada (southern Lanzarote, Canary Islands, eastern Atlantic), and to examine the possible seasonality of the ichthyofauna associated with this meadow in order to determine whether a relationship exists between the annual biomass cycle of *C. nodosa* and its fish population.

Material and methods

Study area

The mixed *Cymodocea nodosa* and *Caulerpa prolifera* seagrass meadow is located off Playa Dorada (municipality of Yaiza, Lanzarote, Canary Islands; 28°51.5' N, 15°49.4' W), between 4 and 8 m depth, on a biogenic sand bottom. Monthly samples were taken from March 2001 to April 2002, except in August and November 2001 and January and March 2002 (ten surveys in total). Measurements were taken throughout the study of the two abiotic parameters that most influence the seasonal fluctuations of the *C. nodosa* meadows (Sand-Jensen 1975, Pérez and Camp 1986): surface seawater temperature, using a YSI® probe, and surface photon flux density in the visible spectrum (PAR), using a 4π Li-Cor® radiometer.

Seagrass meadow descriptors

During each sampling campaign, nine samples ($n = 9$) were randomly collected from the mixed *Cymodocea nodosa* and *Caulerpa prolifera* meadow using plastic boxes of 15 × 26 cm, two shovels and Scuba gear. The samples were refrigerated until their analysis in the laboratory. After rinsing, the length of 30 randomly-selected leaves from each sample was measured, following the indications of Phillips and McRoy (1980). With these measurements it was possible to estimate two of the four meadow descriptors: (1) shoot density and (2) mean leaf length

seleccionadas aleatoriamente, siguiendo las indicaciones de Phillips y McRoy (1980). Estas medidas permitieron la estimación de dos de los cuatro descriptores de la pradera, (1) la densidad de haces y (2) la longitud media de hoja para cada periodo de muestreo. Posteriormente en el laboratorio se obtuvo (3) la biomasa en peso seco (g PS) de *C. nodosa* y (4) la biomasa total (*C. nodosa* + *C. prolifera*), tras secar las muestras 24 h a 100°C (Sand-Jensen 1975, Pérez y Camp 1986). Todos los datos obtenidos se expresaron utilizando el m² como unidad de superficie.

Ictiofauna

Se realizaron tres censos visuales ($n = 3$) mediante transectos de 25 × 4 m (100 m² de observación cada censo) en cada uno de los diez muestreos, siguiendo procedimientos estandarizados (Lincoln-Smith 1988, Kingsford y Battershill 1998, García-Charton *et al.* 2000). Para cada muestreo se obtuvieron como descriptores de la comunidad íctica: (1) la riqueza media de especies, (2) la riqueza total de especies ícticas observadas y (3) la abundancia total de individuos visualizados. Estos descriptores han mostrado ser eficaces para caracterizar las comunidades ícticas litorales en el Archipiélago Canario (Bortone *et al.* 1991, Falcón *et al.* 1996).

Análisis estadístico

Para cada uno de los descriptores de la pradera y de la comunidad íctica observada se ejecutó un ANOVA de un factor, correspondiente al factor "periodo de muestreo". Se empleó el contraste *a posteriori* SNK para detectar diferencias entre los distintos niveles de dicho factor. Detectamos una fuerte heterogeneidad de varianzas que no pudo evitarse con la transformación de los datos. Por ello, y con objeto de hacer más conservador el análisis, fijamos α en 0.01 en vez de en 0.05 (Underwood 1997).

Ejecutamos un análisis de correlación (coeficiente de Pearson) entre el ciclo anual de la biomasa de la planta *Cymodocea nodosa* y los descriptores de la comunidad ictiológica analizada. Todos los análisis los realizamos con el programa de cómputo SPSS 10.0.3[©].

Resultados

Descriptores de la pradera

Para los cuatro parámetros estudiados se observó un patrón bimodal de variación temporal, con máximos en los meses correspondientes a primavera-verano (de abril a septiembre) y mínimos en los meses de invierno (diciembre a marzo). Para la densidad de haces (fig. 1) se obtuvo un promedio máximo de 1014 haces m⁻², en abril de 2001, que se mantuvo con ligeras oscilaciones hasta septiembre y descendió paulatinamente hasta un promedio mínimo de 372 haces m⁻² en diciembre de 2001. La biomasa de *C. nodosa* muestra un comportamiento similar (fig. 2) con un promedio máximo de 271 g PS m⁻² en

for each sampling period. Subsequently, in the laboratory, the samples were dried at 100°C for 24 h to obtain the other two descriptors: (3) dry weight biomass (g DW) of *C. nodosa* and (4) total biomass (*C. nodosa* + *C. prolifera*) (Sand-Jensen 1975, Pérez and Camp 1986). All the data obtained were expressed using square meter as unit of area.

Ichthyofauna

Three visual censuses ($n = 3$) were conducted at 25 × 4 m transects (100 m² of observation per census) during each of the ten surveys, following standard procedures (Lincoln-Smith 1988, Kingsford and Battershill 1998, García-Charton *et al.* 2000). The following fish community descriptors were obtained for each survey: (1) mean species richness, (2) total richness of fish species observed and (3) total abundance of individuals observed. These parameters have proved efficient for characterizing coastal fish assemblages in the Canary Archipelago (Bortone *et al.* 1991, Falcón *et al.* 1996).

Statistical analysis

A one-factor ANOVA was applied for each one of the seagrass meadow and fish community descriptors (corresponding to the sampling period factor). The SNK *a posteriori* test was used to detect differences between the diverse levels of this factor. Significant heterogeneity of variances was found that could not be avoided by data transformations; hence, and in order to make the analysis more conservative, α was set at 0.01 instead of at 0.05 (Underwood 1997).

A correlation analysis was made (Pearson coefficient) between the annual biomass cycle of *Cymodocea nodosa* and the fish community descriptors analyzed. The SPSS 10.0.3[©] program was used in all the analyses.

Results

Seagrass meadow descriptors

The four parameters studied showed a bimodal pattern of temporal variation, the maximum values occurring during the spring and summer months (April to September) and the minimum values in winter (December to March). Shoot densities (fig. 1) had a mean maximum value of 1014 shoots m⁻² in April 2001, then oscillated slightly until September and slowly decreased to a mean minimum value of 372 shoots m⁻² in December 2001. The biomass of *C. nodosa* showed a similar behaviour (fig. 2), ranging from a mean maximum value of 271 g DW m⁻² in September to a minimum of 94 g DW m⁻² in February 2002. The maximum value of total vegetal biomass (fig. 3) was recorded in April 2001 (383 g DW m⁻²) and the minimum in December 2001 (94 g DW m⁻²). Finally, for mean leaf length (fig. 4), the mean maximum value (18 cm) was obtained in September 2001 and the minimum (10 cm) in February 2002.

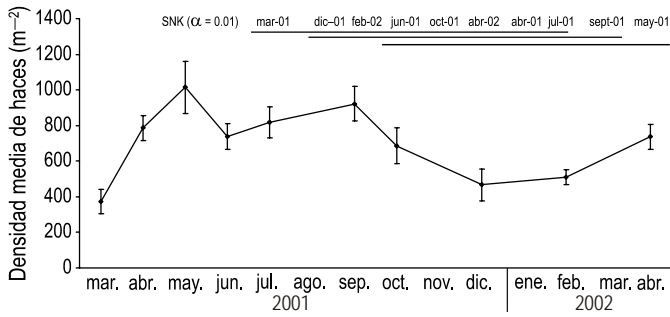


Figura 1. Ciclo estacional de la densidad de haces de *Cymodocea nodosa*. Las barras de error representan el error estándar de la media. Se muestran los contrastes *a posteriori* SNK para los distintos periodos de muestreo del estudio.

Figure 1. Seasonal cycle of *Cymodocea nodosa* shoot densities. Error bars represent the standard error of the mean. The SNK *a posteriori* contrasts for the different sampling periods are shown.

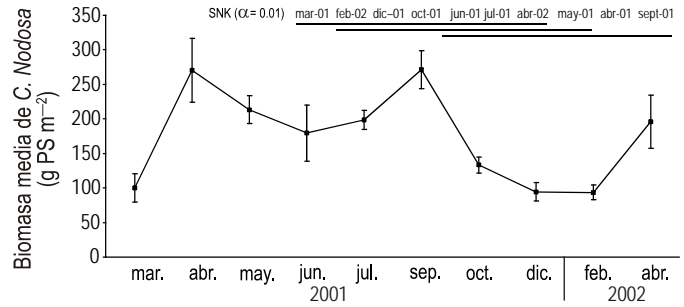


Figura 2. Ciclo estacional de la biomasa de *Cymodocea nodosa*. Las barras de error representan el error estándar de la media. Se muestran los contrastes *a posteriori* SNK para los distintos periodos de muestreo del estudio.

Figure 2. Seasonal cycle of *Cymodocea nodosa* biomass. Error bars represent the standard error of the mean. The SNK *a posteriori* contrasts for the different sampling periods are shown.

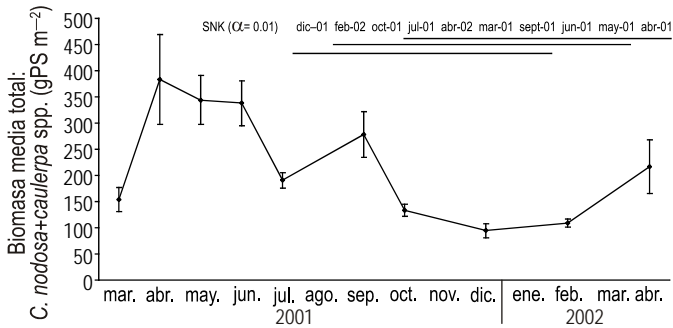


Figura 3. Ciclo estacional de la biomasa vegetal total (*Cymodocea nodosa* + *Caulerpa prolifera*). Las barras de error representan el error estándar de la media. Se muestran los contrastes *a posteriori* SNK para los distintos periodos de muestreo del estudio.

Figure 3. Seasonal cycle of the total vegetative biomass (*Cymodocea nodosa* + *Caulerpa prolifera*). Error bars represent the standard error of the mean. The SNK *a posteriori* contrasts for the different sampling periods are shown.

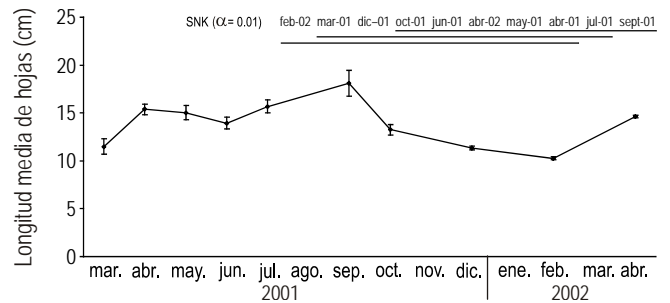


Figura 4. Ciclo estacional de la longitud media de hoja de *Cymodocea nodosa*. Las barras de error representan el error estándar de la media. Se muestran los contrastes *a posteriori* SNK para los distintos periodos de muestreo del estudio.

Figure 4. Seasonal cycle of the mean leaf length of *Cymodocea nodosa*. Error bars represent the standard error of the mean. The SNK *a posteriori* contrasts for the different sampling periods are shown.

septiembre de 2001, que bajó hasta un mínimo de 94 g PS m⁻² en febrero de 2002. Para la biomasa vegetal total (fig. 3) detectamos el máximo en abril de 2001 (383 g PS m⁻²) y el mínimo en diciembre de 2001 (94 g PS m⁻²). Finalmente, para la longitud media de hoja (fig. 4) obtuvimos un promedio máximo de 18 cm en septiembre de 2001 y un mínimo de 10 en febrero de 2002.

Para los cuatro parámetros se detectaron diferencias significativas ($P < 0.01$) debido al factor “periodo de muestreo”. En cada una de las figuras se muestran los contrastes *a posteriori* SNK que indican las diferencias significativas observadas entre periodos.

Ichthyofauna

La tabla 1 muestra la evolución del poblamiento íctico a lo largo del estudio. Se observó un total de 13 especies. Los

Significant differences were detected for the four descriptors ($P < 0.01$) because of the sampling period factor. The SNK *a posteriori* contrasts that indicate the significant differences observed among periods are shown in each figure.

Ichthyofauna

Table 1 shows how the fish population evolved throughout the study. A total of 13 species were observed. Sparidae was the most abundant family, comprising four species. The most frequent species (% frequency > 50%) were *Xyrichtys novacula* (90%) and *Sphoeroides marmoratus* (80%).

As observed for the seagrass *C. nodosa*, the statistical descriptors of the fish community also showed a clear seasonality, significant differences ($P < 0.01$) occurring due to the sampling period factor for both mean species richness and total fish abundance. The maximum value recorded of mean richness per census (fig. 5) was 5.3 species 100 m⁻² in

Tabla 1. Abundancia (\pm SD) del poblamiento icítico a lo largo del periodo de estudio (marzo de 2001 a abril de 2002).
 Table 1. Abundance (\pm SD) of the fish population throughout the study period (March 2001 to April 2002).

	03/2001	04/2001	05/2001	06/2001	07/2001	09/2001	10/2001	12/2001	02/2002	04/2002
<i>Synodus</i> spp.	-	0.33 (0.57)	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Serranus atricauda</i>	-	-	-	-	-	0.33 (0.57)	-	-	-	-
<i>Mullus surmuletus</i>	-	-	0.33 (0.57)	-	-	0.66 (0.58)	-	-	-	-
<i>Sarpa salpa</i>	-	6.66 (11.54)	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Boops boops</i>	-	144.30 (115.47)	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diplodus annularis</i>	-	-	0.33 (0.57)	-	-	0.66 (1.15)	0.33 (0.57)	-	-	2.33 (2.08)
<i>Lithognathus mormyrus</i>	-	0.33 (0.57)	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Symphodus (Crenilabrus) mediterraneus</i>	-	-	-	-	-	1.66 (0.58)	-	-	-	-
<i>Xyrichtys novacula</i>	0.66 (1.15)	-	0.66 (0.58)	1.33 (2.30)	0.66 (0.58)	1.00 (1.00)	3.00 (1.00)	2.00 (1.00)	1.66 (0.58)	3.33 (1.52)
<i>Sparisoma (Euscarus) cretense</i>	-	0.33 (0.57)	-	3.33 (5.57)	-	6.33 (1.15)	-	-	-	-
<i>Gobius</i> spp.	-	-	-	-	-	0.33 (0.57)	-	-	-	-
<i>Bothus podas maderensis</i>	-	-	-	-	0.33 (0.57)	-	-	-	-	-
<i>Sphoeroides marmoratus</i>	0.33 (0.57)	0.33 (0.57)	0.33 (0.57)	3.33 (5.57)	2.00 (2.00)	1.00 (0.00)	2.00 (0.00)	-	-	0.66 (1.15)

espáridos fueron la familia más abundante con un total de cuatro especies observadas. Las especies más frecuentes (% frecuencia > 50%) fueron *Xyrichthys novacula* (90%) y *Spherooides marmoratus* (80%).

Al igual que observamos con *C. nodosa*, este estudio mostró una clara estacionalidad en los estadísticos descriptores de la comunidad de peces, apareciendo diferencias significativas ($P < 0.01$) debido al factor "periodo de muestreo", tanto para la riqueza media de especies ícticas como para la abundancia total media de peces. Se observó un valor máximo de riqueza media por censo (fig. 5) en septiembre de 2001, equivalente a 5.3 especies 100 m⁻². El mínimo se observó en marzo de 2001 (0.7 especies 100 m⁻²). El mayor valor de riqueza total de especies observadas se obtuvo en septiembre de 2001, y fue de un total de 8 especies (fig. 6). El mínimo obtenido fue de una única especie tanto en diciembre de 2001 como en febrero de 2002. La abundancia total media de individuos (fig. 7) no mostró un patrón de estacionalidad uniforme debido a la presencia de un cardumen denso de bogas (*Boop boops*) en abril de 2001, que produjo la estimación de una densidad media de 144.0 ind 100 m⁻². El mínimo de abundancia total fue de 2 ind 100 m⁻² en diciembre de 2001. En cada una de estas figuras se muestran los contrastes *a posteriori* SNK que indican las diferencias significativas observadas.

Correlación entre los ciclos de la planta *C. nodosa* y los descriptores del poblamiento íctico

Se obtuvo una correlación significativa y positiva entre el ciclo de biomasa media mensual de *C. nodosa* y el ciclo anual de la riqueza media de especies ícticas observadas ($n = 10$, $r_s = 0.753$, $P < 0.05$). Sin embargo, no se detectó una correlación significativa con el ciclo anual de la abundancia media total de individuos observados ($n = 10$, $r_s = 0.582$, $P > 0.05$). La falta de correlación se debe a la presencia de un valor anormalmente alto en abril de 2001 que, como se comentó anteriormente, está motivado por la visualización de un cardumen denso de bogas (*B. boops*). Al eliminar este dato (abril de 2001) obtuvimos un valor significativo de correlación entre ambos ciclos ($n = 9$, $r_s = 0.703$, $P < 0.05$).

Parámetros abióticos

La temperatura del agua de mar osciló entre un máximo de 23.1°C (septiembre y octubre) y un mínimo de 18.2°C en marzo (fig. 8). La densidad de flujo fotónico varió entre un valor medio de 2650 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en julio y septiembre y 1550 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en marzo (fig. 8).

Discusión

La estacionalidad de la planta *C. nodosa* es un hecho bien conocido en el Mediterráneo (Pérez y Camp 1986, Peduzzi y Vukovic 1990, Terrados y Ros 1992, Mazella *et al.* 1993, Vidondo *et al.* 1997), así como en Canarias (Reyes *et al.*

September 2001 and the minimum was 0.7 species 100 m⁻² in March 2001. The maximum and minimum values of total species richness (fig. 6) were 8 and 1 species, respectively, the former obtained in September 2001 and the latter in both December 2001 and February 2002. The mean total number of individuals (fig. 7) did not show a uniform seasonal pattern owing to the presence of a dense shoal of bogue *Boops boops* in April 2001, which produced a mean density estimate of 144.0 ind 100 m⁻². Minimum total abundance was 2 ind 100 m⁻² in December 2001. The SNK *a posteriori* contrasts indicating the significant differences observed are shown in each of these figures.

Correlation between the cycles of *C. nodosa* and the fish community descriptors

A significant and positive correlation was found between the mean monthly biomass cycle of the seagrass *C. nodosa* and the annual cycle of mean fish species richness ($n = 10$, $r_s = 0.753$, $P < 0.05$); however, there was no significant correlation with the annual cycle of mean total abundance of individuals ($n = 10$, $r_s = 0.582$, $P > 0.05$). This lack of correlation can be attributed to the abnormally high value recorded in April 2001 as a result of the occurrence of a dense shoal of *B. boops*. When this value was eliminated, there was a significant correlation between both cycles ($n = 9$, $r_s = 0.703$, $P < 0.05$).

Abiotic parameters

Seawater temperature oscillated between a maximum of 23.1°C in September and October and a minimum of 18.2°C in March (fig. 8). Photon flux density fluctuated between a mean value of 2650 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in July and September and 1550 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in March (fig. 8).

Discussion

The seasonality of *C. nodosa* is well known in both the Mediterranean (Pérez and Camp 1986, Peduzzi and Vukovic 1990, Terrados and Ros 1992, Mazella *et al.* 1993, Vidondo *et al.* 1997) and the Canary Islands (Reyes *et al.* 1995), and these fluctuations are linked to variations in external factors (Buia *et al.* 2000). Our study has corroborated these observations, though it is important to note that the seasonal fluctuations of the parameters recorded are lower than those reported for diverse areas of the Mediterranean, possibly because of the smaller annual temperature gradient of the seawater around Lanzarote (18.2–23.1°C) in comparison to the Mediterranean (8–25°C, Pérez and Camp 1986). The biomass cycle of *C. nodosa* shows a bimodal behaviour, with a period of high production in spring and summer and another of low production in autumn and winter. In the study area, the biomass of this seagrass ranged from approximately 100 to 275 g DW m⁻², whereas greater fluctuations have been reported for areas of the Mediterranean (175–631 g DW m⁻² in the Ebro River delta, Pérez and Camp 1986; 323–1020 g DW m⁻² in the Gulf of

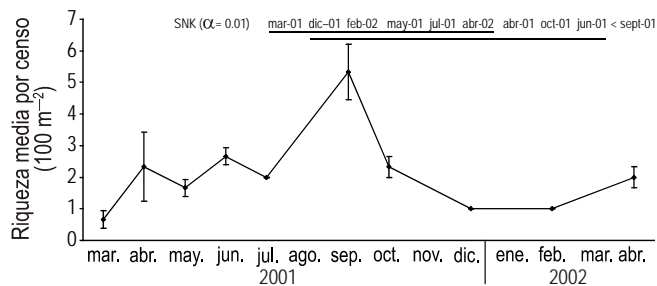


Figura 5. Ciclo estacional de la riqueza media de especies por censo. Las barras de error representan el error estándar de la media. Se muestran los contrastes *a posteriori* SNK para los distintos periodos de muestreo del estudio.

Figure 5. Seasonal cycle of mean species richness per census. Error bars represent the standard error of the mean. The SNK *a posteriori* contrasts for the different sampling periods are shown.

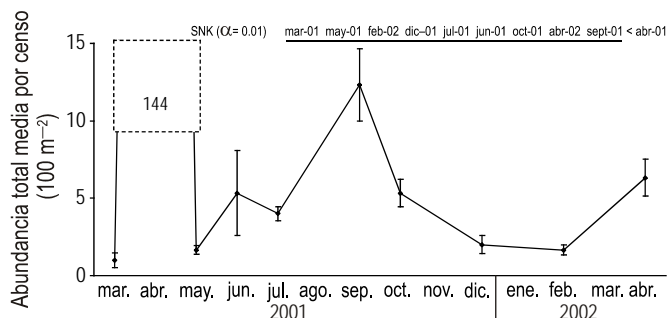


Figura 7. Ciclo estacional de la abundancia total de individuos observados. Las barras de error representan el error estándar de la media. Se muestran los contrastes *a posteriori* SNK para los distintos periodos de muestreo del estudio.

Figure 7. Seasonal cycle of the total abundance of individuals observed. Error bars represent the standard error of the mean. The SNK *a posteriori* contrasts for the different sampling periods are shown.

1995), de manera que estas fluctuaciones están ligadas a variaciones en factores externos (Buia *et al.* 2000). Nuestro estudio corroboró estas observaciones. Sin embargo, es preciso señalar que las fluctuaciones estacionales de estos parámetros son inferiores a las detectadas en algunas zonas del Mediterráneo posiblemente en respuesta al menor gradiente anual de temperatura de agua de mar en Lanzarote (18.2–23.1°C) en comparación con el Mediterráneo (8–25°C, Pérez y Camp 1986). El ciclo de producción de la planta muestra un comportamiento bimodal, con un periodo de alta producción en primavera-verano y otro de baja producción en otoño-invierno. En la zona de estudio la biomasa de *C. nodosa* fluctuó aproximadamente entre 100 y 275 g PS m⁻², mientras que en algunas áreas del Mediterráneo se han señalado fluctuaciones mucho mayores (175–631 g PS m⁻² en el delta del Ebro, Pérez y Camp 1986; 323–1020 g PS m⁻² en el golfo de Trieste, Peduzzi y Vukovic 1990). En cualquier caso, el rango de valores obtenidos en la presente investigación son inferiores a los mostrados por estos autores en el Mediterráneo y Reyes *et al.* (1995) en

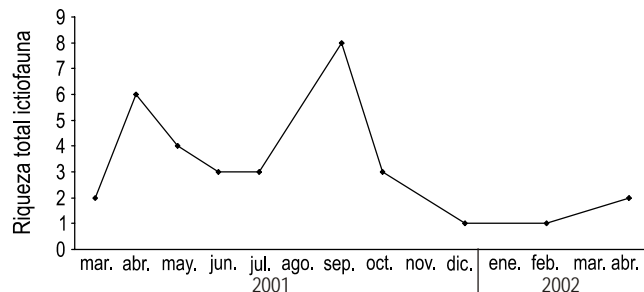


Figura 6. Ciclo estacional de la riqueza total observada por periodo de muestreo.

Figure 6. Seasonal cycle of the total species richness observed per sampling period.

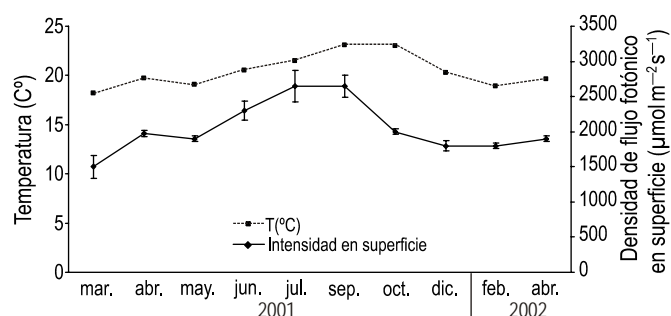


Figura 8. Ciclo estacional de la temperatura del agua de mar y el flujo luminoso en superficie. Las barras de error representan el error estándar de la media.

Figure 8. Seasonal cycle of seawater temperature and photon flux on the surface. Error bars represent the standard error of the mean.

Trieste, Peduzzi and Vukovic 1990). The shoot densities found in this study (400–1000 shoots m⁻²) are also lower than those recorded for the Mediterranean by Pérez (1989, 1000–2000 shoots m⁻²), Terrados and Ros (1992, 1000–1900 shoots m⁻²) and Mazella *et al.* (1993, 925–1925 shoots m⁻²), and for Tenerife by Reyes *et al.* (1995, 1000–2000 shoots m⁻²). In general, the range of values obtained herein are lower than those reported for the Mediterranean and Tenerife.

The absence of significant differences among many of the sampling periods is attributed to (1) the use of a significance level of 0.01 and (2) the great variability of the descriptors used for both the fish community and seagrass meadow. This is indicated by the high standard error values obtained for all of them, which reflect the great variability of the natural processes associated with them.

A clear seasonal (bimodal) trend was observed for the meadow's fish community. Even though the seasonal patterns of coastal fish species have been well documented for rocky-sandy substrates (García-Rubies 1997, Valle 2005) and seagrass meadows of the Mediterranean (Francour 1997), they have not been commonly observed in the Canary Archipelago (Falcón *et al.* 1996). The absence of seasonal patterns among coastal fishes of the Canary Islands is attributed to two factors: (1) the small annual temperature gradient compared with other

Tenerife. Asimismo, la densidad de haces detectada en el presente estudio (400–1000 haces m⁻²) es inferior a la observada por Pérez (1989, 1000–2000 haces m⁻²), Terrados y Ros (1992, 1000–1900 haces m⁻²), Mazella *et al.* (1993, 925–1925 haces m⁻²) y Reyes *et al.* (1995, 1000–2000 haces m⁻²).

Es preciso señalar que la ausencia de diferencias significativas entre muchos de los periodos de muestreo se debe a (1) el empleo de un nivel de significancia $\alpha = 0.01$ y (2) a la gran variabilidad en los descriptores analizados, tanto para el poblamiento íctico como para la propia pradera. Esto se demuestra con los elevados valores de error estándar obtenidos para todos ellos, que reflejan la gran variabilidad de los procesos naturales asociados a los mismos.

También se ha observado una clara tendencia estacional (bimodal) en el poblamiento íctico de la pradera. Si bien la detección de patrones estacionales en comunidades de peces litorales es un hecho conocido en substratos rocoso-arenosos (García-Rubies 1997, Valle 2005) y praderas marinas en el Mediterráneo (Francour 1997), su detección es un hecho poco común en Canarias (Falcón *et al.* 1996). La ausencia de patrones estacionales en comunidades en peces litorales en Canarias responde a dos factores: (1) el escaso gradiente térmico anual, en comparación con otras zonas templado-cálidas como el Mediterráneo, y (2) a la sobrexplotación de los recursos demersales, que puede llegar a enmascarar a los propios procesos naturales (productividad, reclutamiento, etc.) (Falcón *et al.* 1996). La clara estacionalidad observada se debe a que las praderas marinas son emplazamientos donde el calado de nasas, que representa el 70% del esfuerzo pesquero en el litoral del Archipiélago (Hernández-García *et al.* 1998), no se desarrolla de forma intensiva debido a su escasa profundidad, y a que no albergan poblaciones de gran interés comercial (p.e. serránidos) que desarrollan sus ciclos de vida sobre fondos duros. También es debida a que una notable parte de los individuos visualizados son reclutas de talla pequeña que escapan de las artes de pesca. Estos reclutas encuentran alimento y refugio en las praderas de *C. nodosa* de Canarias, donde desarrollan sus primeros estadios de vida (Brito 1991).

Nuestro estudio mostró una clara correlación entre el ciclo anual de biomasa de la fanerógama *C. nodosa* y el poblamiento íctico de la pradera. Este solapamiento está motivado, principalmente, por que el reclutamiento de ciertas especies de peces (p.e. *Sparisoma cretense*, *Symphodus (Crenilabrus) mediterraneus*, *Diplodus annularis*, *Mullus surmuletus*) durante primavera-verano, coincidiendo con los periodos de máximo crecimiento de la planta. Este mismo comportamiento fue obtenido por Guidetti y Bussotti (1997) para los Espáridos *Diplodus annularis* y *Spondyliosoma cantharus* en praderas marinas del Mediterráneo, mediante técnicas de censos visuales como las empleadas en el presente estudio. Posteriormente y estudiando el mismo entorno, Guidetti y Bussotti (2000) observaron que la riqueza, diversidad y densidad de especies ícticas demersales alcanzaban sus máximos entre primavera e inicio de otoño, si bien cada especie mostró un patrón particular. Asimismo y como mostraron Tuya *et al.* (2001) en tres

warm temperate areas like the Mediterranean and (2) the overexploitation of demersal resources, which could mask the actual natural processes (productivity, recruitment, etc.) (Falcón *et al.* 1996). The clear seasonality observed is explained by the fact that seagrass meadows are sites where trap fishing, which represents 70% of the fishing effort on the Canarian coasts (Hernández-García *et al.* 1998, is not intensive because of their shallow depth and because they are not inhabited by commercially important species (e.g., serranids) found on hard bottoms. Moreover, a significant part of the individuals observed are small-sized recruits that can escape from the fishing gear. These recruits find food and shelter in these *C. nodosa* meadows of the Canary Islands, where they develop their first life stages (Brito 1991).

Our study has shown a clear correlation between the annual biomass cycle of *C. nodosa* and the fish community of the seagrass meadow. This relationship is for the most part explained by the recruitment of certain fish species (e.g., *Sparisoma cretense*, *Symphodus (Crenilabrus) mediterraneus*, *Diplodus annularis*, *Mullus surmuletus*) in spring and summer, coinciding with the plant's period of maximum growth. This behaviour was also observed by Guidetti and Bussotti (1997) for the sparids *Diplodus annularis* and *Spondyliosoma cantharus* in seagrass meadows of the Mediterranean, using visual census techniques similar to those employed in this study. In another survey of the same area, Guidetti and Bussotti (2000) found that demersal fish species richness, diversity and density were maximum between spring and early autumn, though each species presented a particular pattern. Likewise, at three *C. nodosa* meadows off Gran Canaria Island, Tuya *et al.* (2001) recorded the highest richness, diversity and abundance values for the invertebrate macrofaunal assemblages associated with these meadows throughout spring and summer. This trend has also been observed by several authors in different parts of the world (Ansari *et al.* 1991, Ansari and Parulekar 1994, Conolly and Butler 1996). Consequently, the seasonal pattern of this plant regulates the seasonal fluctuations of the descriptors of the macrofaunal (vertebrate (fish) and invertebrate) populations associated with the meadows. This behaviour could be attributed to the fact that the meadows of *C. nodosa* are less structurally complex than those composed of other phanerogams (e.g., *Posidonia oceanica*). Therefore, the macrofaunal assemblages are more closely linked to the seasonal variability of the *C. nodosa* meadows because these systems are less stable and do not develop a complex network of interactions between the diverse communities found there (Buia *et al.* 2000).

Acknowledgements

We thank J Pérez and AL Luque-Sollheim for their help during the surveys and M Pérez for the use of his boat.

English translation by Christine Harris.

praderas de *C. nodosa* en Gran Canaria, es a lo largo de la primavera-verano cuando se observan los valores más altos de riqueza, diversidad y abundancia de comunidades de macrofauna invertebrada asociadas a dichas praderas. Esta misma tendencia ha sido observada por diferentes autores en distintas partes del mundo (Ansari *et al.* 1991, Ansari y Parulekar 1994, Conolly y Butler 1996). Consecuentemente, el patrón estacional de esta planta regula las fluctuaciones estacionales de los descriptores de los poblamientos de macrofauna asociados a las mismas, tanto para vertebrados (peces) como para invertebrados. Este comportamiento podría deberse a que el de *C. nodosa* es un sistema de menor complejidad estructural que las praderas constituidas por otras fanerógamas (p.e. *Posidonia oceanica*), de manera que las comunidades de macrofauna están más ligadas a la variabilidad estacional de *C. nodosa*, al ser los sistemas de esta planta menos estables, donde no se desarrolla una compleja red de interacciones entre las diferentes comunidades existentes (Buia *et al.* 2000).

Agradecimientos

Nuestras gracias a J Pérez y AL Luque-Sollheim por su ayuda en los muestreos y a M Pérez por permitirnos disponer de su embarcación.

Referencias

- Afonso-Carrillo J, Gil-Rodríguez MC. 1980. *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson y las praderas submarinas o "sebadales" en el Archipiélago Canario. *Vieraea* 8: 365–376.
- Ansari ZA, Parulekar AH. 1994. Meiobenthos in the sediments of seagrass meadows of Lakshadweep atolls, Arabian Sea. *Vie Milieu* 44: 185–190.
- Ansari ZA, Rivonker CU, Ramani P, Parulekar AH. 1991. Seagrass habitat complexity and macroinvertebrate abundance in Lakshadweep coral reef lagoons, Arabian Sea. *Coral Reefs* 10: 127–131.
- Barberá C, Tuya F, Boyra A, Sánchez-Jérez P, Blanch I, Haroun RJ. 2005. Spatial variation in the structural parameters of *Cymodocea nodosa* seagrass meadows in the Canary Islands. *Bot. Mar.* 48: 122–126.
- BOCAC. 2001. Boletín Oficial de la Comunidad Autónoma de Canarias Decreto 151/2001 de 23 de julio, por el que se crea el Catálogo de Especies Amenazadas de Canarias.
- Bortone SA, Van Tasell J, Brito A, Falcón JM, Bundrick CM. 1991. A visual assessment of the inshore fishes and fishery resources off El Hierro, Canary Islands: A baseline survey. *Sci. Mar.* 55: 529–541.
- Bruto A. 1991. Catálogo de los Peces de las Islas Canarias. Francisco Lemus Editor, La Laguna, 230 pp.
- Buia MC, Gambi MC, Zupo V. 2000. Structure and functioning of Mediterranean seagrass ecosystems: An overview. *Biol. Mar. Mediterr.* 7: 167–190.
- Conolly RM, Butler AJ. 1996. The effects of altering seagrass canopy height on small, motile invertebrates of shallow Mediterranean embayments. *PSZNI Mar. Ecol.* 17: 637–652.
- DOCE. 2002. Diario Oficial de las Comunidades Europeas de 9.1.2002 (L5/16) por el que se se crean los espacios de interés comunitario de la Macaronesia, 92/43/CEE del Consejo de Europa.
- Falcón JM, Bortone SA, Brito A, Bundrick CM. 1996. Structure and relationships within and between the littoral rock-substrate fish communities off four islands in the Canarian Archipelago. *Mar. Biol.* 125: 215–231.
- Francour P. 1997. Fish assemblages of *Posidonia oceanica* beds at Port-Cross (France). Assessment of composition and long-term fluctuations by visual census. *PSZNI Mar. Ecol.* 18: 157–173.
- García-Charton JA, Pérez Ruzafa A, Marcos-Diego C. 2000. Fish visual census methods for detecting gradients of abundance and biomass across boundaries of MPAs. In: Goñi R, Harmelin-Vivien M, Badalamenti F, Le Diréach L, Bernard G (eds.), *Introductory Guide to Methods for Selected Ecological Studies in Marine Reserves*. GIS Posidonie Publ., France, pp. 29–34.
- García-Rubies A. 1997. Estudi ecológic de les poblacions de peixes litorals sobre substrat rocós a la Mediterrània occidental: Effects de la fondària, el substrat, l'estacionalitat i la protecció. Tesis doctoral, Univ. Barcelona, 261 pp.
- Guidetti P, Bussotti S. 1997. Recruitment of *Diplodus annularis* and *Spondyliosoma cantharus* in shallow seagrass beds along the Italian coasts (Mediterranean Sea). *Mar. Life* 7: 47–52.
- Guidetti P, Bussotti S. 2000. Fish fauna of a mixed meadow composed by the seagrass *Cymodocea nodosa* and *Zostera noltii* in the western Mediterranean. *Oceanol. Acta* 23: 759–770.
- Hernández-García V, Hernández-López JL, Castro JJ. 1998. The octopus (*Octopus vulgaris*) in the small-scale trap fishery off the Canary Islands (Central East Atlantic). *Fish. Res.* 35: 183–189.
- Kingsford M, Battershill C. 1998. *Studying Marine Temperate Environments: A Handbook for Ecologists*. Canterbury Univ. Press. Christchurch, New Zealand, 335 pp.
- Lincoln-Smith MP. 1988. Effects of observer swimming speed on sample counts of temperate rocky reef fish assemblages. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 43: 223–231.
- Mazella L, Scipione MB, Gambi MC, Buia MC, Lorenti M, Zupo V, Cancemi G. 1993. The Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa*. A comparative overview. First International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, *MEDCOAST'93*, Antalya, Turkey, pp. 103–116.
- Pavón-Salas N, Herrera R, Hernández-Guerra A, Haroun R. 2000. Distributional patterns of seagrasses in the Canary Islands (Central-East Atlantic Ocean). *J. Coast. Res.* 16: 328–335.
- Peduzzi P, Vukovic A. 1990. Primary production of *Cymodocea nodosa* in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea): A comparison of methods. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 64: 197–207.
- 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, Camp J. 1986. Distribución espacial y biomasa de las fanerógamas marinas de las bahías del Delta del Ebro. *Invest. Pesq.* 50: 519–530.
- Phillips RC, McRoy CP. 1980. *Handbook of Seagrass Biology: An ecosystem perspective*. Garland STPM Press, New York, 353 pp.
- Reyes J. 1993. Estudio de las praderas marinas de *Cymodocea nodosa* (Cymodoceaceae, Magnoliophyta) y su comunidad de epifitos, en El Médano (Tenerife, Islas Canarias). Tesis doctoral. Univ. La Laguna, 424 pp.
- Reyes J, Sansón M, Afonso-Carrillo J. 1995. Leaf phonology, growth and production of the seagrass *Cymodocea nodosa* at El Médano (south of Tenerife, Canary Islands). *Bot. Mar.* 38: 457–465.
- Sand-Jensen K. 1975. Biomass, net production and growth dynamics in an eelgrass (*Zostera marina*) populations in Vellerup Vig., Denmark. *Ophelia* 14: 185–201.
- Terrados J, Ros JD. 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.

Tuya F, Pérez J, Medina L, Luque A. 2001. Variaciones estacionales de la macrofauna invertebrada de tres praderas marinas de *Cymodocea nodosa* en Gran Canaria (centro-este del Océano Atlántico). *Cienc. Mar.* 27: 223–234.

Underwood AJ. 1997. *Experiments in Ecology: Their Logical Design and Interpretation using Analysis of Variance*. Cambridge Univ. Press, 504 pp.

Valle C. 2005. Impactos antrópicos sobre la ictiofauna litoral. Tesis doctoral, Univ. Alicante, 409 pp.

Vidondo B, Duarte CM, Middelboe AL, Stefansen K, Lützen T, Nielsen SL. (1997). Dynamics of a landscape mosaic: Size and age distributions, growth and demography of seagrass *Cymodocea nodosa* patches. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 158: 131–138.

*Recibido en junio de 2005;
aceptado en agosto de 2006.*