

# Estudio de la morfología y de las estructuras reproductoras de *Mastocarpus stellatus* (Stackhouse) Guiry (Gigartinales, *Rhodophyta*) en las costas de la Península Ibérica

Gioia Lazzo (\*) & Tomás Gallardo (\*\*)

**Resumen:** Lazzo, G. & Gallardo, T. 2004. Estudio de la morfología y de las estructuras reproductoras de *Mastocarpus stellatus* (Stackhouse) Guiry (Gigartinales, *Rhodophyta*) en las costas de la Península Ibérica. *Bot. Complut.* 28: 21-26.

*Mastocarpus stellatus* (Stackhouse) Guiry es un alga abundante en el litoral atlántico de la Península Ibérica. Gametófitos y esporófitos están presentes durante todo el año formando densas poblaciones en el eulitoral; los gametófitos aparecen fértiles de junio a enero, aunque el mayor desarrollo de los talos se produce en el mes de agosto. Los esporófitos han sido encontrados fértiles sólo durante los meses de febrero, marzo, julio y octubre. La rama carpogonial y postfertilización del cigoto corresponden a los característicos del orden Gigartinales.

**Palabras clave:** *Mastocarpus stellatus*, estructuras reproductoras, Península Ibérica, España, Portugal.

**Abstract:** Lazzo, G. & Gallardo, T. 2004. Study on morphology and reproductive structures of *Mastocarpus stellatus* (Stackhouse) Guiry (Gigartinales, *Rhodophyta*) from the Iberian Peninsula coasts. *Bot. Complut.* 28: 21-26.

*Mastocarpus stellatus* (Stackhouse) Guiry is a common seaweed at the Atlantic coasts of Iberian Peninsula. Gametophytes and sporophytes are present throughout the year round in dense eulittoral populations; gametophytes are fertile from June to January, with the greatest development of thalli in August. Sporophytes have been found fertile only in February, March, July and October. Carpogonial branch and zygote development are the typical for order Gigartinales.

**Key words:** *Mastocarpus stellatus*, reproductive structures, Iberian Peninsula, Spain, Portugal.

## INTRODUCCIÓN

*Mastocarpus* Kützinger es un género de algas rojas importante comercialmente ya que de ellas se obtienen carragenatos. El género está constituido por cuatro especies: *M. jardiinii* J.A. West, *M. pacificus* (Kjellman) Perestenko, *M. papillatus* (C. Agardh) Kützinger y *M. stellatus* (Stackhouse) Guiry (Guiry *et al.*, 1984). Las tres primeras están distribuidas en el Océano Pacífico, mientras que la última sólo se encuentra presente en el Océano Atlántico. Todas están presentes en el hemisferio norte. *M. papillatus* ha sido también recolectado en el hemisferio sur en Chile (Ávila & Alveal, 1987). En la Península Ibérica sólo se encuentra *M. stellatus* y su presencia está restringida a las costas atlánticas (Gallardo & Casado, 2000).

Las especies de *Mastocarpus* son algas perennes cuyas estructuras de fijación persisten durante varios

años. La parte inferior del talo está caracterizada por tener una forma acanalada (Setchell & Gardner, 1933), mientras la parte superior es plana y se divide de manera irregularmente dicótoma; la morfología exterior es muy variable, pudiendo las frondes variar desde lineares hasta espatuladas.

Este género posee un ciclo de vida con alternancia heteromórfica de generaciones, aunque el ciclo de vida apomítico con sólo ejemplares con cistocarpos ha sido descrito como el más común (Masuda *et al.*, 1984). Las estructuras de reproducción femeninas se forman en papilas redondeadas producidas sobre la superficie del talo; los espermatangios son también superficiales y se desarrollan en papilas lineares; los gametófitos pueden ser dioicos o monoicos (Dixon & Irvine, 1977). La fase tetrasporofítica está representada por el alga conocida anteriormente como *Petrocelis* J. Agardh, alga incrustante de color rojo oscuro.

\* Departamento de Biología Vegetal I, Facultad de Biología, Universidad Complutense, 28040 Madrid. GioiaLazzo@libero.it.

\*\* tgallar@bio.ucm.es.

Recibido: 16 de febrero de 2004. Aceptado: 8 de marzo de 2004.

El género *Mastocarpus* se caracteriza por tener la rama carpogonial con células estériles simples o en cadenas sobre una o ambas células hipógenas y por no poseer un pericarpo formado por tejidos envolventes de los filamentos gonimoblásticos (Setchell & Gardner, 1933; Kim, 1976); por esos caracteres Guiry *et al.* (1984) restablecieron el género y lo segregaron de la familia *Gigartinaceae* para incluirlo en la familia *Petrocelidaceae*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se ha estudiado material fresco recolectado por los autores y ejemplares conservados en herbarios MA, MACB y SANT de *Mastocarpus stellatus* procedentes de las costas atlánticas de la Península Ibérica comprendidas entre el Norte de Portugal y Cantabria. A continuación se relaciona el material estudiado, indicándose provincia, UTM, localidad, recolector, fecha de recolección, pliego de herbario y fenología reproductiva (g.f.=gametófito fértil, g.e.=gametófito estéril, t.f.=tetrasporófito fértil, t.e.=tetrasporófito estéril).

LU, **Minho: 29TNG12:** Âncora, *T. Gallardo*, 21-07-1993, MACB 86796 (g.f.), MACB 86785 (t.f.). **29TNG11:** Viana do Castelo, Torre de Vigía, *T. Gallardo*, 23-06-1989, MACB 86801 (g.f.). Viana do Castelo, playa, *I. Bárbara* 05-10-2003, SANT-Algae 10808 (t.f.).

HS, **Pontevedra: 29TNH00:** O Grove, Playa de La Lanzada, *E. Valdés*, 02-08-1973, MACB 86806 (g.f.). Playa de la Lanzada, *J. Cremades* 16-06-1969, MA-Algae 3786 (g.f.). **29TNG17:** Cangas, Roque de Limens, Ría de Pontevedra, *L. Fernández Montero*, 18-03-1995, MACB 86794 (g.e.). Samil, Vigo, *F. X. Niell*, 09-07-1978, MA-Algae 5784 (g.f.). **29TNG16:** Baiona, *F. X. Niell*, Agosto 1969, MA-Algae 5831 (g.f.). **29TNG13:** La Guardia, Fedorento, *T. Gallardo*, 22-07-1993, MACB 86797 (g.f.), MACB 86808 (g.f.). Canido, *T. Gallardo*, 14-03-1987, MACB 86804 (g.e.). **29TNG07:** Islas Cies, *T. Gallardo*, 15-09-1994, MACB 86807 (g.f.).

HS, **Coruña: 29TNJ62:** Valdoviño, Atios (Isla de Percebeira), *T. Gallardo*, 20-07-1990, MACB 86799 (g.f.). **29TNJ40:** La Coruña, *T. Gallardo*, 15-08-1993, MACB 86795 (g.e.). Bahía de Coruña, San Amaro, *I. Bárbara*, 28-02-1990, SANT-Algae 2873 (t.f.). **29TNH59:** Playa pequeña de Bastiagueiro, Oleiros, *I. Bárbara*, 09-12-1984, MA-Algae 2535 (g.f.).

**29TNH39:** Carballo, Cayón, *J. I. Cubero*, 29-08-1995, MACB 86793 (g.f.). Cayón, *M. Horjales*, 20-07-1975, MACB 4258 (g.f.). **29TNH19:** Malpica, Playa de Barizo, *G. Lazzo & T. Gallardo*, 19-03-2003, MACB 86787 (g.e.), MACB 86786 (t.f.). Malpica, Praia Maior, *T. Gallardo* 20-08-1989, MACB 86800 (g.e.). **29TMH98:** Camelle, *J. L. Maldonado* 07-07-1981, MA-Algae 28 (g.e.). **29TMH87:** Muxía, Punta de la Barca, *T. Gallardo*, 17-07-1978, MACB 86805 (g.f.). Ría de Camariñas, *T. Gallardo*, 05-01-1976, MA-Algae 4696 (g.e.). Muxía, *T. Gallardo*, 05-01-1978, MA-Algae 4697 (g.f.), 28-07-1976, MA-Algae 4695 (g.f.). **29TMH76:** Lires, *T. Gallardo*, 22-07-1982, MA-Algae s/n (g.f.).

HS, **Lugo: 29TPJ42:** Foz, *T. Gallardo & J. L. Margalet* 09-08-1987, MACB 86803 (g.f.). **29TPJ04:** Punta Muiños (Ría do Barqueiro), *J. Seoane-Camba*, 23-10-1961, MACB 2456 (g.f.).

HS, **Asturias: 29TPJ92:** Navia, Puerto de Veiga, *T. Gallardo*, 28-03-1990, MACB 86798 (g.e.). **29TPJ82:** Navia, playa, *T. Gallardo & J. L. Margalet*, 13-07-1988, MACB 86802 (g.f.). **29TPJ52:** Ría del Eo, *M. J. Fernández Pérez*, 03-08-1979, MACB 5498 (g.f.).

HS, **Santander: 30TVP51:** Noja, Playa del Ris, *T. Gallardo* 23-11-1999, MACB 86809 (g.e.). **30TUP90:** Comillas, *E. Corral* 24-07-1978, MACB 5545 (g.f.). **30TUP70:** Pesués, Ría de Tina Menor, *L. Fernández Montero*, 02-06-1996, MACB 86810 (g.e.). Pesués, Playa de Mio, *L. Fernández Montero*, 02-06-1996, MACB 86790 (g.f.). *Idem*, 03-06-1996, MACB 86789 (g.f.). *Idem*, 02-08-1996, MACB 86788 (g.f.). Pesués, Playa de Mio, *J. I. Cubero*, 12-09-1995, MACB 86792 (g.e.). *Idem* 12-09-1995, MACB 86791 (g.f.).

Para el estudio anatómico se han realizado cortes transversales de los gametófitos y los tetrasporófitos utilizando un criomicrotomo MICROM HM340E; las fotografías han sido obtenidas con un microscopio Nikon Labophot-2 y con una cámara Nikon FX-35DX; los dibujos han sido realizados utilizando una cámara clara. Para estudiar las estructuras reproductoras las papilas han sido tratadas con ácido clorhídrico al 5%, después teñidas con una solución de azul de anilina al 1% y aplastadas sobre un portaobjetos.

## RESULTADOS

Los ejemplares de *Mastocarpus stellatus* aparecen en las costas atlánticas de la Península Ibérica

formando poblaciones muy densas sobre rocas del eulitoral medio e inferior, constituyendo, con frecuencia, una cintura de varios centímetros de anchura. Estas poblaciones, presentes todo el año, están constituidas por gametófitos y tetrasporófitos; se desarrollan en estaciones expuestas o semiexpuestas al oleaje.

Los gametófitos observados están constituidos por frondes erguidas adheridas al sustrato por medio de un disco basal que presenta un tamaño comprendido entre 0,3 y 2 mm de diámetro. Las frondes pueden medir hasta 15 cm de longitud, pero la longitud media de los ejemplares estudiados es de 6,7 cm. La porción inferior del talo está comprimida, presentando una forma acanalada. Los talos son rectos o dispuestos en espiral. En la parte superior del talo las ramificaciones son más numerosas que en la parte inferior. La ramificación es de tipo subdicótomo, aunque con frecuencia es irregular (Figs. 1, 2). El talo tiene una consistencia cartilaginosa y presenta un color rojo oscuro; a veces los ejemplares están despigmentados y presentan color verde claro.

En sección transversal los talos muestran una estructura multiaxial (Fig. 3); en la parte basal acanalada presentan una anchura de 1 a 2,5 mm y su grosor en la zona central es de alrededor de 0,45 mm, pudiendo alcanzar 0,65 mm; las zonas laterales suelen ser algo más gruesas que la parte central. En la parte superior del talo la anchura es muy variable, de 0,2 a 12 mm, mientras el grosor varía entre 0,40 y 0,50 mm. Desde el exterior hacia el interior se distinguen varios estratos de células, el más externo presenta un grosor de 50-80  $\mu\text{m}$  y está constituido por 6-9 capas de células pigmentadas de forma elipsoidal o esférica (2-[3,5]-11 x 2-[5,3]-12  $\mu\text{m}$ ); un segundo estrato con grosor de 30-60  $\mu\text{m}$  constituido por 3-4 capas de células esféricas no pigmentadas (3-[6,7]-12 x 6-[11,1]-20  $\mu\text{m}$ ) dispuestas de manera desordenada y dispersa. En la porción más interna del talo se encuentra la médula, constituida por células de cilíndricas a estrelladas con dimensiones de 1,5-[5,7]-15 x 20-[39,3]-80  $\mu\text{m}$ . El número de capas y el tamaño de las células se mantienen constantes desde la parte basal acanalada hasta los ápices.

Los gametófitos presentan sus estructuras de reproducción femeninas agrupadas en papilas más o menos esféricas, con un diámetro de aproximadamente 1 mm, que se sitúan sobre la superficie de la fronde, y con frecuencia son pedunculadas. La rama carpogonial (Figs. 4 y 9-11) está formada por tres células, el carpogonio y dos células hipógenas, y sos-

tenida por una gruesa célula de soporte de forma casi esférica y de 20-30  $\mu\text{m}$  de diámetro. Las dos células hipógenas, como también la célula de soporte, casi siempre producen células estériles cuando su desarrollo está más avanzado.

Tras la fecundación empieza a desarrollarse el gonimoblasto (Figs. 5 y 12-14) y la célula de soporte aumenta de tamaño por la producción de expansiones donde se generan los carposporangios (Fig. 7). Las carpósporas tienen una forma ovalada y un tamaño de 4-[6,7]-7 x 7-[10,7]-12,5  $\mu\text{m}$  cuando son jóvenes, alcanzando un tamaño de 8-[12,1]-25 x 12,5-[15,9]-25  $\mu\text{m}$  cuando están maduras. Durante el desarrollo del gonimoblasto las células del córtex interno de la papila cambian de forma, pasando de elipsoidales a irregularmente cuadrangulares. Ocasionalmente se han observado grupos de carpósporas envueltas en una pared común bien visible (Fig. 6).

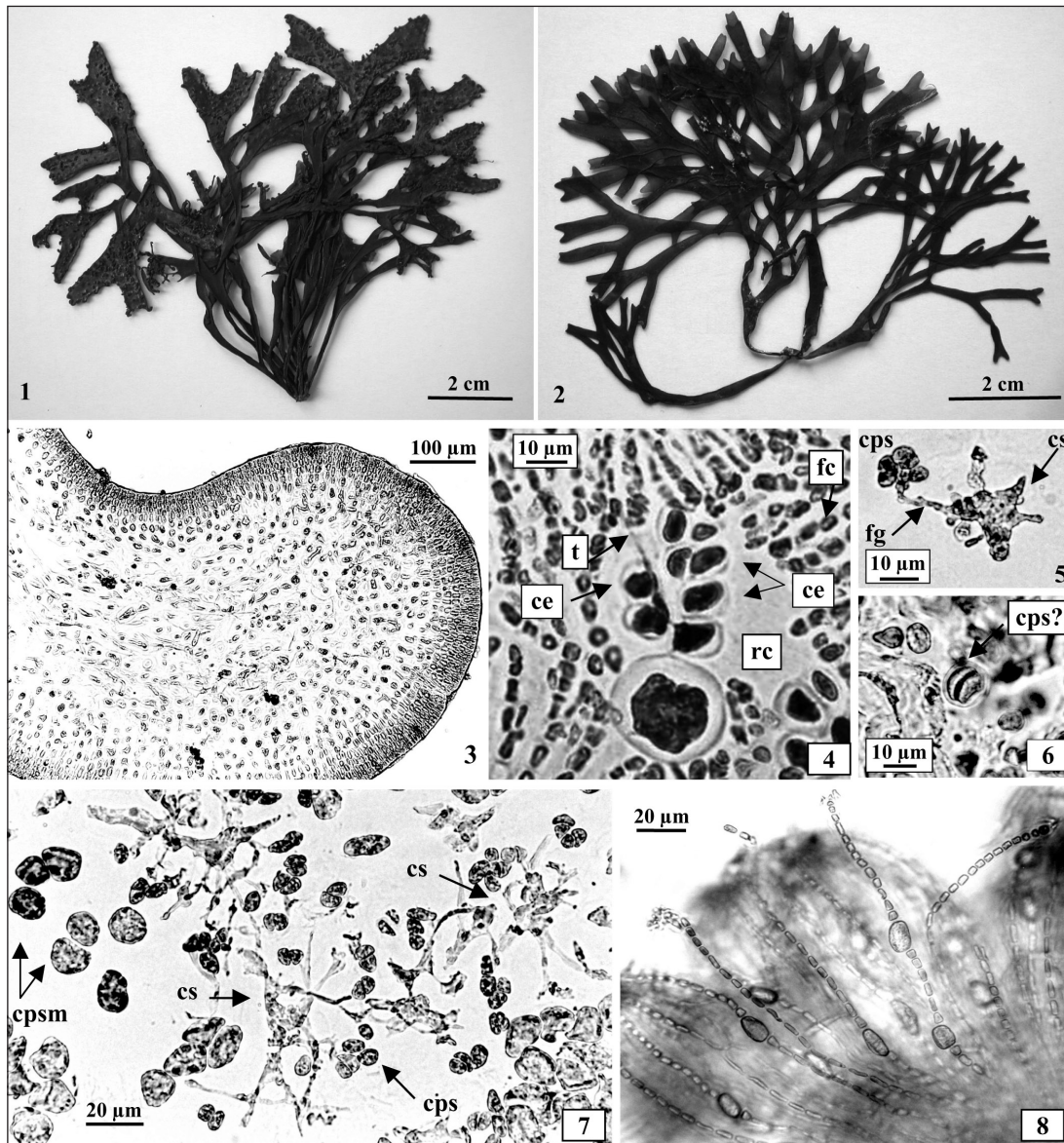
El esporófito, presente todo el año, está constituido por un talo incrustante de color rojo oscuro, que forma costras compactas de 0,30 a 1 mm de grosor sobre las rocas del eulitoral medio e inferior. Está formado por un hipotalo de 2-4 capas de filamentos postados adheridos entre ellos por numerosas conexiones; las células de los filamentos poseen una pared gruesa; el esporófito también presenta un peritalo de filamentos erguidos simples o poco ramificados, poco adheridos entre ellos. Cada filamento erguido está formado por 20-35 células elipsoidales y con un tamaño de 2,5-5 x 5-9  $\mu\text{m}$ . Las células madres de los tetrasporocistes tienen forma elipsoidal y un tamaño de 9-12 x 15-20  $\mu\text{m}$ ; están situadas en posición intercalar, normalmente una por filamento, nosotros las hemos observado entre las células 2 y 26 por debajo de la superficie del talo, siendo más frecuente que se sitúen entre las células 7 o 9 (Fig. 8).

En el material estudiado por nosotros los gametófitos se encuentran fértiles entre junio y enero; los ejemplares fructificados de mayor talla alcanzan 12 cm y la mayor abundancia de papilas se produce en el mes de julio. Los tetrasporófitos fértiles sólo se encontraron en ejemplares recolectado en febrero, marzo, julio y octubre.

## DISCUSIÓN

En las costas de la Península Ibérica los gametófitos de *Mastocarpus stellatus* alcanzan su máximo desarrollo en los meses de julio a septiembre. Diciembre es

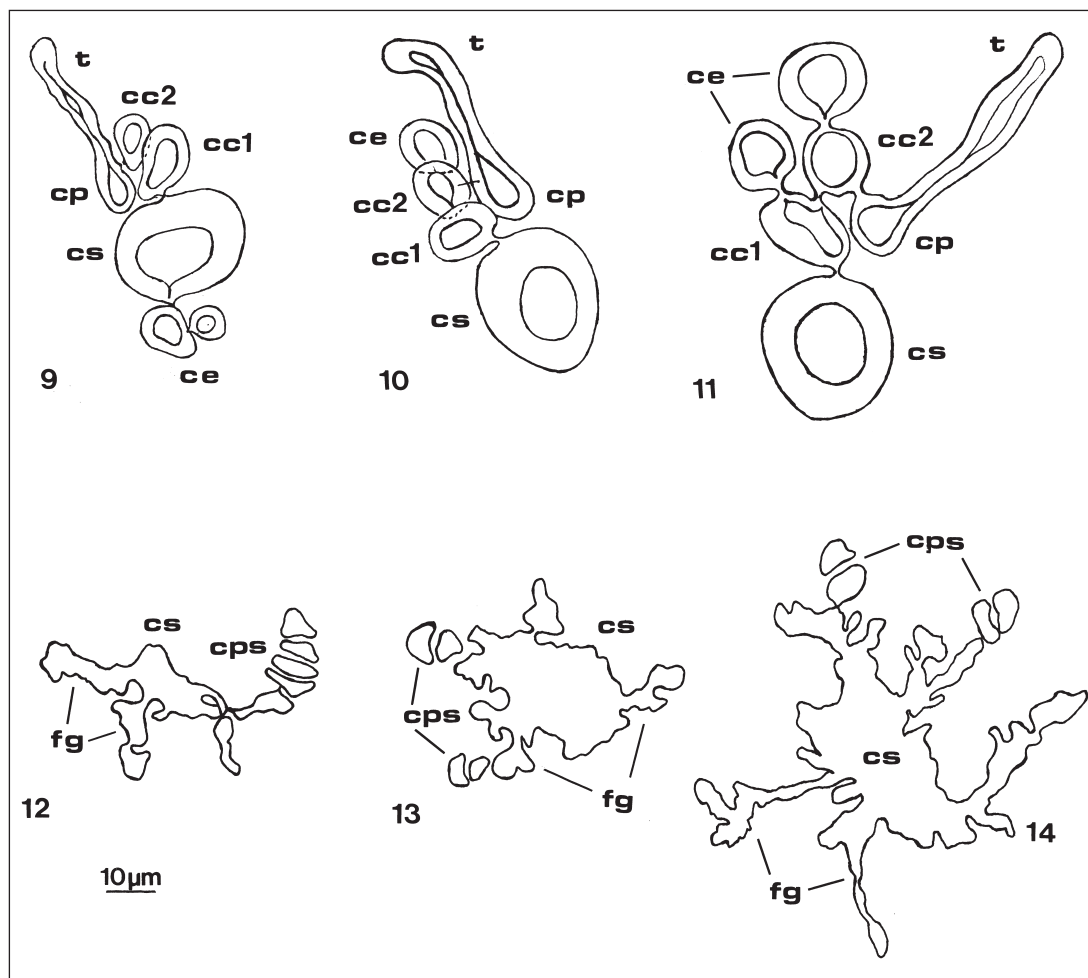




Figuras 1-8.—*Mastocarpus stellatus* (Stackhouse) Guiry. 1, 2. Hábito del gametófito. 3. Corte transversal de la parte acanalada del gametófito. 4. Detalle de la rama carpogonial (rc), tricógina (t), células estériles (ce) y filamento cortical (fc). 5. Detalle de la célula de soporte (cs), de un filamento del gonimoblasto (fg) y carpósporas (cps). 6. Posible germinación de una carpóspora (cps?). 7. Detalle de células de soporte (cs) con filamentos gonimoblásticos que llevan grupos de carposporangios (cps) y carpósporas maduras (cpsm). 8. Filamentos de *Petrocelis cruenta*, con células madre de tetrasporocistes en posición intercalar.

el mes en que hemos encontrado los ejemplares más pequeños, con una altura máxima de 4,5 cm. Este hecho concuerda con lo observado en las costas occidentales del Océano Atlántico, donde el crecimiento anual de *M. stellatus* se inicia entre febrero y mayo y la talla máxima se alcanza en agosto y septiembre, y disminuye entre octubre y enero (Burns & Mathieson, 1972).

Guiry & West (1983) observaron que los gametófitos maduros de mayor talla de las costas españolas eran de 7 cm y que los talos portugueses eran aún más pequeños pues su tamaño no sobrepasaba los 4 cm de altura. Los encontrados por nosotros en las costas españolas llegan a tener 12 cm de altura y los de las costas portuguesas de Âncora (Minho) alcanzan 10,5 cm.



Figuras 9-14.—*Mastocarpus stellatus* (Stackhouse) Guiry, dibujos a cámara clara. 9-11. Rama carpogonial con células estériles. 12-14. Distintas fases de desarrollo del gonimoblasto. Leyenda. cc1 y cc2 = células carpogoniales hipógenas; ce = célula estéril; cp = carpogonio; cps = carposporangio; cs = célula de soporte; fg = filamento gonimoblástico; t = tricógina. (barra = 10 µm).

Hemos observado que el periodo de fructificación de los gametófitos, de junio a enero, es similar al de otras regiones, como es el caso de las costas británicas (Dixon & Irvine, 1977) y de las francesas de Roscoff (Dion & Delépine, 1979), y es ligeramente diferente al señalado por Ardré (1970) para las costas portuguesas en las que encontró gametófitos fértiles de marzo a octubre, y por Bárbara (1993) para la Bahía de la Coruña en donde observó cistocarpos entre los meses de abril a septiembre. En los ejemplares estudiados por nosotros la mayor fructificación, teniendo en cuenta la cantidad de papilas por fronde, se presenta en el mes de julio, mientras que los encontrados en las costas atlánticas occidentales por Burns & Mathieson (1972) alcanzaron

su mayor fructificación en septiembre. Parece ser que en nuestras costas la madurez sexual se alcanza antes que en las costas atlánticas de EE.UU.

El desarrollo de la rama carpogonial y del carposporófito es similar a lo descrito en la literatura: al madurar el gonimoblasto las células del córtex interno y de la médula de las papilas pasan a tener una morfología y disposición irregular; con esta nueva morfología es difícil diferenciar el gonimoblasto de las células vegetativas (Edelstein *et al.*, 1974). En algunos casos, los ejemplares estudiados tenían papilas pero no observamos carpósporas; se podría pensar que hubiesen ya descargado las carpósporas, pero como las papilas presentan una estructura interna or-

denada y similar a la del talo hemos considerado que están todavía inmaduras. La formación de las papilas parece ser anterior al desarrollo del carposporófito (Chen *et al.*, 1974). También, hemos observado la presencia (Fig. 6) de carpósporas envueltas en una pared común, quizás podrían ser carpósporas que empiezan a germinar en el cistocarpo, como suponen Edelstein *et al.* (1974) en su trabajo, refiriéndose a una observación de Hinchman.

Ardre (1970) en las costas portuguesas, encontró tetrasporófitos maduros en los meses de junio y agosto y con tetrasporocistes no divididos en los meses de marzo y octubre; en el material estudiado por

nosotros sólo aparecieron ejemplares de tetrasporófitos fructificados con tetrasporocistes no divididos en febrero, marzo, julio y octubre. La baja fertilidad de los tetrasporófitos puede estar relacionada con la capacidad de *M. stellatus* de desarrollar gametófitos directamente de carpósporas (Rueness, 1978).

#### AGRADECIMIENTOS

Al Dr Ignacio Bárbara (Universidad de Coruña) por proporcionarnos material de la fase de «*Petrocelis cruenta*» y por sus valiosos comentarios. Este trabajo ha sido financiado con cargo al Proyecto de Investigación PB95-0385-C06-03 de la DGICYT.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ARDRE, F. 1970. Contribution à l'étude des algues marines du Portugal. I. La flore. *Port. Acta Biol.*, sér. B, 10: 137-555.
- ÁVILA, M. & ALVEAL, K. 1987. Ciclo de vida de *Mastocarpus papillatus* en el área de Concepción, Chile (Petrocelidaceae, Rhodophyta). *Invest. Pesq.* (Chile) 34: 129-138.
- BÁRBARA, I. 1993. *Las comunidades de algas bentónicas marinas, en la Bahía de La Coruña y Ría del Burgo*. Tesis doctoral, Universidad de Santiago, Santiago de Compostela.
- BURNS, R. L. & MATHIESON, A. C. 1972. Ecological studies of economic red algae. III. Growth and reproduction of natural and harvested populations of *Gigartina stellata* (Stackhouse) Batters in New Hampshire. *J. Exp. mar. Biol. Ecol.* 9: 77-95.
- CHEN, L. C.-M.; EDELSTEIN, T. & MCLACHLAN, J. 1974. The life history of *Gigartina stellata* (Stackh.) Batt. (Rhodophyceae, Gigartinales) in culture. *Phycologia* 13: 287-294.
- DION, P. & DELÉPINE, R. 1979. Cycles de développement de *Gigartina stellata* et *Petrocelis cruenta* (Rhodophyceae, Gigartinales) étudiés in situ, à Roscoff. *Rev. Algol.*, N. S., 14: 327-341.
- DIXON, P. S. & IRVINE, L. M. 1977. *Seaweeds of the British Isles, 1. Rhodophyta. Part 1. Introduction, Nemaliales, Gigartinales*. British Museum (Natural History), London.
- EDELSTEIN, T.; CHEN, L. C.-M. & MCLACHLAN, J. 1974. The reproductive structures of *Gigartina stellata* (Stackh.) Batt. (Gigartinales, Rhodophyceae) in nature and culture. *Phycologia* 13: 99-107.
- GALLARDO, T. & CASADO, M. 2000. Mapas de distribución de algas marinas de la Península Ibérica e Islas Baleares. XIII. *Mastocarpus stellatus* (Stackh.) Guiry (Petrocelidaceae, Rhodophyceae). *Bot. Complut.* 24: 107-111.
- GUIRY, M. D. & WEST, J. A. 1983. Life history and hybridization studies on *Gigartina stellata* and *Petrocelis cruenta* (Rhodophyta) in the North Atlantic. *J. Phycol.* 19: 474-494.
- GUIRY, M. D.; WEST, J. A.; KIM, D.-H. & MASUDA, M. 1984. Reinstatement of the genus *Mastocarpus* Kützting (Rhodophyta). *Taxon* 33: 53-63.
- KIM, D. 1976. A study of the development of cystocarps and tetrasporangial sori in *Gigartineae* (Rhodophyta, Gigartinales). *Nova Hedwigia* 27: v-vi, 1-146.
- MASUDA, M.; WEST, J. A.; YUKIMASA, O. & KUROGI, M. 1984. Comparative reproductive patterns in culture of different *Gigartina* subgenus *Mastocarpus* and *Petrocelis* populations from Northern Japan. *Bot. Mag.*, Tokyo 97: 107-125.
- RUENESS, J. 1978. A note on development and reproduction in *Gigartina stellata* (Rhodophyceae, Gigartinales) from Norway. *Br. Phycol. J.* 13: 87-90.
- SETCHELL, W. A. & GARDNER, N. L. 1933. A preliminary survey of *Gigartina*, with special reference to its Pacific North American species. *Univ. Calif. Publ. Bot.* 17: 255-339.