

Gracilariopsis lemaneiformis (Bory) Dawson, Acleto & Foldvik en el norte de Chile (Rhodophyta, Gracilariaceae)*

Gracilariopsis lemaneiformis (Bory) Dawson,ACLETO & FOLDVIK
from the north of Chile (Rhodophyta, Gracilariaceae)

MARIA ELIANA RAMIREZ¹ y LUIS TAPIA²

¹ Sección Botánica, Museo Nacional de Historia Natural, Casilla 787, Santiago, Chile;

² Instituto de Oceanología, Universidad de Antofagasta, Casilla 1240, Antofagasta, Chile.

RESUMEN

El presente trabajo reporta la presencia de la especie *Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory) Dawson,ACLETO & FOLDVIK, para la costa del norte de Chile (Antofagasta).

Registros previos de esta especie en Chile, y reportados bajo el nombre de *Gracilaria lemaneiformis* (Bory) Weber van Bosse, han sido confundidos taxonómicamente con algas del género *Gracilaria*, reconocida actualmente como *Gracilaria chilensis* Bird, McLachlan & Oliveira.

Ambas especies pueden ser diferenciadas en base a morfología externa, anatomía vegetativa interna y desarrollo de estructuras reproductivas.

Gracilariopsis lemaneiformis constituye un potencial recurso agarófito para Chile.

Palabras claves: *Gracilariopsis*; *Gracilaria*, taxonomía, Rhodophyta, recurso.

ABSTRACT

Authentic material of the species *Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory) Dawson,ACLETO & FOLDVIK is reported from the coast of northern Chile (Antofagasta).

Previous records of this species in Chile and reported under the name *Gracilaria lemaneiformis* (Bory) Weber van Bosse have been confused with algae belonging to the genus *Gracilaria*, currently recognized as *Gracilaria chilensis* Bird, MacLachlan & Oliveira.

Both species can be differentiated in external morphology, internal vegetative anatomy and in the development of reproductive characters.

Gracilariopsis lemaneiformis is a potential resource from Chile.

Key words: *Gracilariopsis*, *Gracilaria*, taxonomy, Rhodophyta, resource.

INTRODUCCION

Especies del género *Gracilaria*, referidas específicamente a *Gracilaria lemaneiformis* (Bory) Weber van Bosse y a *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss, han sido tradicionalmente mencionadas en la literatura como las agarófitas de importancia económica para Chile (Etcheverry 1958, Kim 1970, Romo *et al.* 1979). Bird *et al.* (1986) han señalado, sin embargo, que la mayor parte de algas *Gracilaria* cosechadas

en esta costa pertenece a una especie diferente, descrita y reportada por ellos como *Gracilaria chilensis* Bird, McLachlan & Oliveira. Los autores manifiestan que esta especie ha sido confundida taxonómicamente con *Gr. lemaneiformis* y *Gr. verrucosa*, con los cuales comparte la misma área de distribución, sin descartar la posibilidad de que material auténtico de alguna de estas entidades forme parte importante de nuestra flora. Bird *et al.* (1986) diferencian a *Gr. chilensis* de las otras *Gracilaria* por presentar espermatangios en conceptáculos corticales, en vez de estar distribuidos superficialmente en la corteza como ocurre en *Gr. lemaneiformis* o en conceptáculos subcorticales profundos como en *Gr. verrucosa*.

* Trabajo presentado en el IV Simposio sobre Algas Marinas Chilenas (30 de agosto a 1 de septiembre, 1989. Coquimbo, Chile).

(Recibido el 19 de enero de 1990.)

Estudios recientes, por otra parte (Fredericq & Hommersand 1989a y 1989b), han demostrado que estos hechos de la morfología reproductiva, tanto a nivel de espermatangios como de cistocarpos, constituyen caracteres taxonómicos relevantes y válidos en la segregación genérica de estas agarófitas. Basados en estos estudios, los autores circunscriben taxonómicamente el género *Gracilaria*, considerando a *Gr. verrucosa* como la especie tipo, y restablecen el género *Gracilariopsis*, segregado tempranamente de *Gracilaria* por Dawson (1949), e incluido posteriormente en la sinonimia de éste por Papenfuss (1966), en base al material tipo de *Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory) Dawson, Acleto & Foldvik, del Perú (incluyendo a *Gracilaria sjoestedtii* Kylin, de California). De acuerdo a estos antecedentes, es manifiesto que la identificación de especies y géneros relacionados en miembros de estas *Gracilariaceae* sólo puede ser autenticada en presencia de material reproductivo. Hasta aquí, evidencias claras que demuestren la presencia de otras especies de *Gracilaria* o *Gracilariopsis* en Chile, fuera de *Gracilaria chilensis*, no han sido presentadas.

En el presente estudio se reporta el hallazgo de una población natural de *Gracilariopsis lemaneiformis* para el norte de Chile, la cual incluye especímenes de las tres fases reproductivas. Un análisis comparativo entre esta especie y la recientemente descrita *Gr. chilensis* es también presentado con el fin de ilustrar y discutir los caracteres taxonómicos que diferencian a ambos taxa.

MATERIALES Y METODO

Las muestras de *Gracilariopsis lemaneiformis* fueron recolectadas en Caleta Blanco Encalada ($24^{\circ}22'S$, $70^{\circ}32'W$), ubicada aproximadamente a 130 km al sur de Antofagasta (Fig. 1). Algunas plantas fueron herborizadas y otras se fijaron en formalina diluida al 5% en agua de mar para su posterior análisis.

Los cortes histológicos de todo el material ilustrado fueron realizados me-

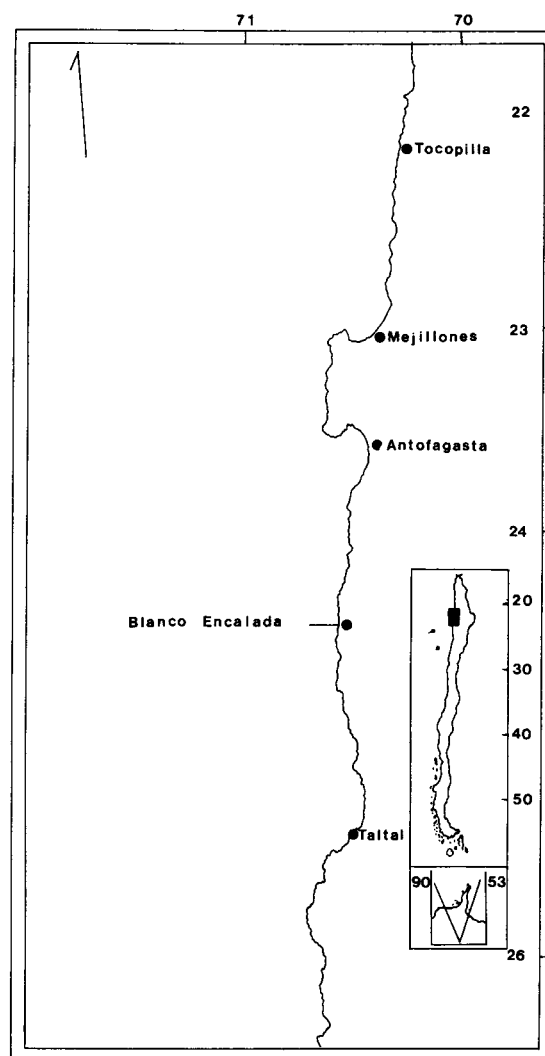


Fig. 1: Mapa señalando la localidad de recolección de *Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory) Dawson, Acleto y Foldvik, en Antofagasta.

Map showing the locality in which grows *Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory) Dawson, Acleto & Foldvik, in Antofagasta.

dante micrótopo de congelación y posteriormente teñidos con una solución de azul de anilina al 1%, acidificada con ácido acético al 7%. El montaje de preparaciones permanentes se hizo con una mezcla de Syrup al 30%, unas gotas de HCl 1 N y gotas del colorante. Las preparaciones fueron examinadas y fotografiadas bajo un microscopio Leitz-Dialux.

Todo el material ilustrado en este estudio ha sido depositado en la colección de Algas del Herbario Nacional del Museo

Nacional de Historia Natural (SGO). Los siguientes taxa examinados, su registro de Herbario y datos de colecta son: *Gracilariopsis lemaneiformis*, SGO 109576, 109580 y 109579, plantas masculinas, cistocárpicas y tetraspóricas, Caleta Blanco Encalada, Antofagasta, recolectadas por G. Portflit, 25 m de profundidad, 21 de septiembre de 1988. *Gracilaria chilensis*, SGO 088127, ejemplar masculino, Río Maullín, recolectado por D. H. Kim, 17 de diciembre de 1968. SGO 088126, *Gracilaria chilensis*, ejemplar tetraspórico, Río Pudeto, Chiloé, recolectado por D. H. Kim, 30 de octubre de 1968. SGO 102554, ejemplar cistocárpico, Bahía La Herradura de Guayacán, Coquimbo, recolectado por Hans Black, 18 de enero de 1983, y material fijado y preservado en formalina diluida al 5% en agua de mar, proveniente de diversas praderas tanto naturales como artificiales, entre Coquimbo y Chiloé.

RESULTADOS Y DISCUSION

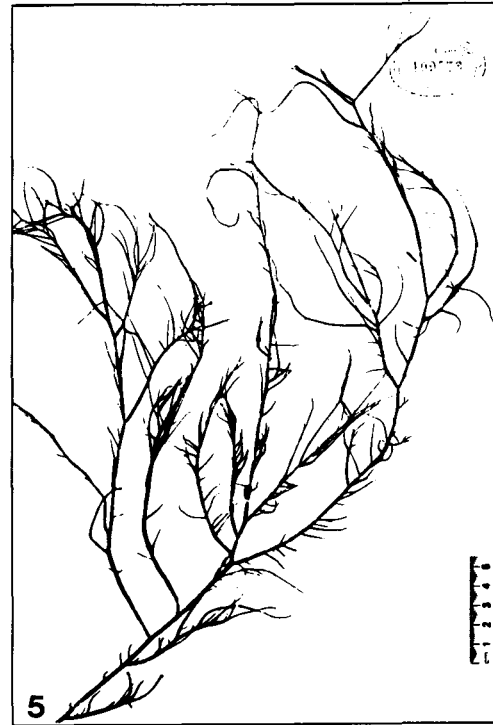
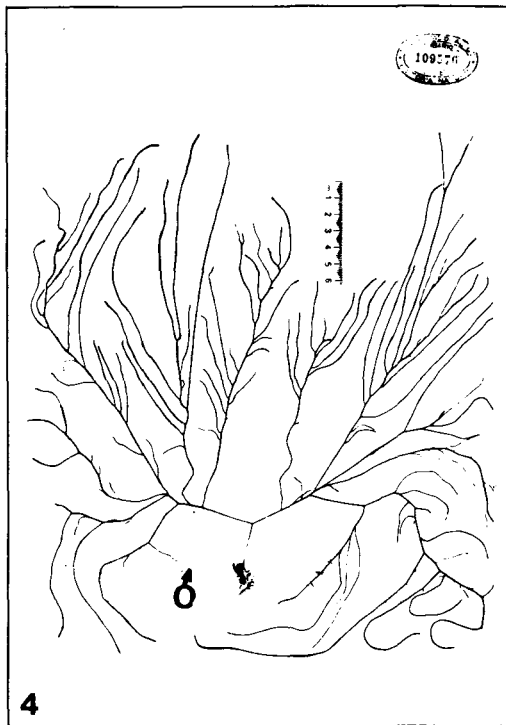
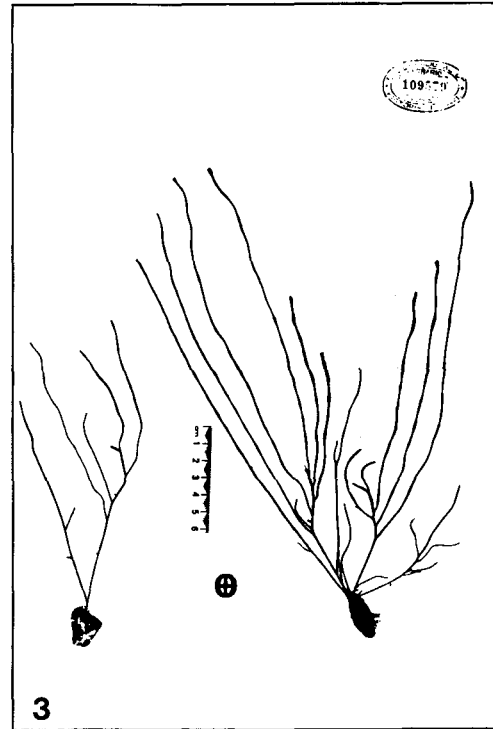
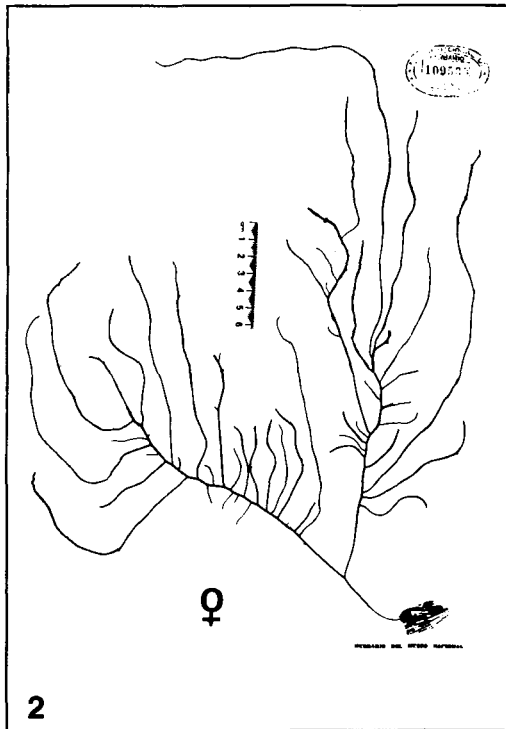
Hábito: los ejemplares de *Gracilariopsis lemaneiformis* recolectados en Antofagasta presentan en general un hábito similar como se ilustra en las figuras 2, 3 y 4, aunque algunas variaciones en el grado de ramificación y en el grosor del talo son manifiestas en las distintas fases reproductivas. Las plantas de esta especie son enteramente cilíndricas, de color rojo claro y de 12 a 25 cm de alto. El patrón de ramificación es primariamente dicótomo, con una dicotomía basal, para luego hacerse subdicótomo o definitivamente irregular con pocos a varios ejes percurrentes de 0,5-(2)-3 mm de diámetro. El talo es de escaso a muy ramificado, con ramas dísticas dispuestas de manera alterna; algunas de estas ramas son cortas, de hasta 5 mm de longitud, en tanto que otras son largas de 20 cm a más; todas ellas mantienen el mismo grosor desde la base al ápice y tienden a una forma flageliforme muy característica. Las plantas permanecen adheridas al sustrato por un único disco basal discoidal. Los ejemplares cistocárpicos (Fig. 2) son poco ramificados, presentando sólo escasas ramas de segundo orden; los

cistocarpos son prominentes y se distribuyen tanto en los ejes principales como en las ramas laterales. Las plantas tetraspóricas (Fig. 3) son menos ramificadas aún que las anteriores y el talo es de mayor grosor, alcanzando un diámetro de 3 mm. Los especímenes masculinos (Fig. 4) son más ramificados, con abundantes ramas de tercer y hasta cuarto orden, cuyas porciones fértiles se presentan gelatinizadas.

Gracilaria chilensis en tanto es una especie extraordinariamente variable en morfología, aunque un patrón morfológico común es observado dentro de un conjunto de especímenes en una muestra poblacional. A diferencia de *Gracilariopsis lemaneiformis*, la mayoría de las plantas de *Gracilaria chilensis* como se ilustra en la Fig. 5 presentan un talo más robusto, de 3 mm de diámetro y bastante más ramificado, con ramas hasta de cuarto orden. Estas ramas son, por lo general, siempre muy cortas, especialmente las de órdenes mayores de ramificación, de ápices atenuados y pocas de ellas tienden a una forma flageliforme.

Anatomía vegetativa: estructuralmente el talo vegetativo en ambos taxa está constituido por una corteza de 1 a 2 capas de células pigmentadas, una subcorteza también de 1 a 2 corridas de células y una médula de varias capas de células, que van aumentando gradualmente de tamaño hacia el centro del talo. Comparativamente, sin embargo, las células corticales en el talo de *Gracilariopsis lemaneiformis* (Fig. 6) son de forma subcuadrada, de 6-7 μm de diámetro x 7-9 μm de alto, y no están conectadas por pit-connections secundarias; en *Gracilaria chilensis*, en tanto (Fig. 7), estas células son anticlinalmente alargadas, de 13-15 μm de alto x 6-7 μm de diámetro, y están conectadas entre sí por pit-connections. Células basales de pelos hialinos se encuentran con frecuencia entre las células corticales del talo en esta especie.

Estructuras reproductivas: los hechos más característicos que segregan a *Gracilariopsis* de *Gracilaria* están basados en el desarrollo de las estructuras reproductivas, especialmente de espermatangios y cistocarpos. Como se ilustra en la Fig. 8, las



Figs. 2, 3 y 4: *Gracilariopsis lemaneiformis*. Fig. 2 Hábito de planta cistocárpica. Fig. 3 Hábito de un espécimen tetraspórico. Fig. 4 Hábito de una planta masculina.

Gracilariopsis lemaneiformis. Fig. 2 Habit of a cystocarpic plant. Fig. 3 Habit of a tetrasporic specimen. Fig. 4 Habit of a male plant.

Fig. 5: *Gracilaria chilensis*. Hábito general de un espécimen vegetativo.

Gracilaria chilensis. Habit of a vegetative specimen.

plantas masculinas en *Gracilariopsis lemaneiformis* presentan espermatangios tipo "Chorda" (Yamamoto, 1975), es decir, distribuidos en forma continua en la superficie del talo. Las células madres espermatangiales se originan por división longitudinal y oblicua de las células corticales externas seguidas de una división transversa de la célula subapical; el resultado es un par de células madres espermatangiales, unidas por una pit-connection primaria a una célula intercalar. Cada célula

madre espermatangial se divide transversalmente, dando origen a un único espermacio incoloro de $4\ \mu\text{m}$ de diámetro. Las plantas masculinas de *Gracilaria chilensis*, en tanto, como se ilustra en la Fig. 9, presentan espermatangios en cavidades o conceptáculos poco profundos denominados del tipo "textorii", según Yamamoto (1975); éstos son generados en filamentos ramificados, originados a su vez a partir de células corticales intercalares que delimitan este espacio o cavidad.

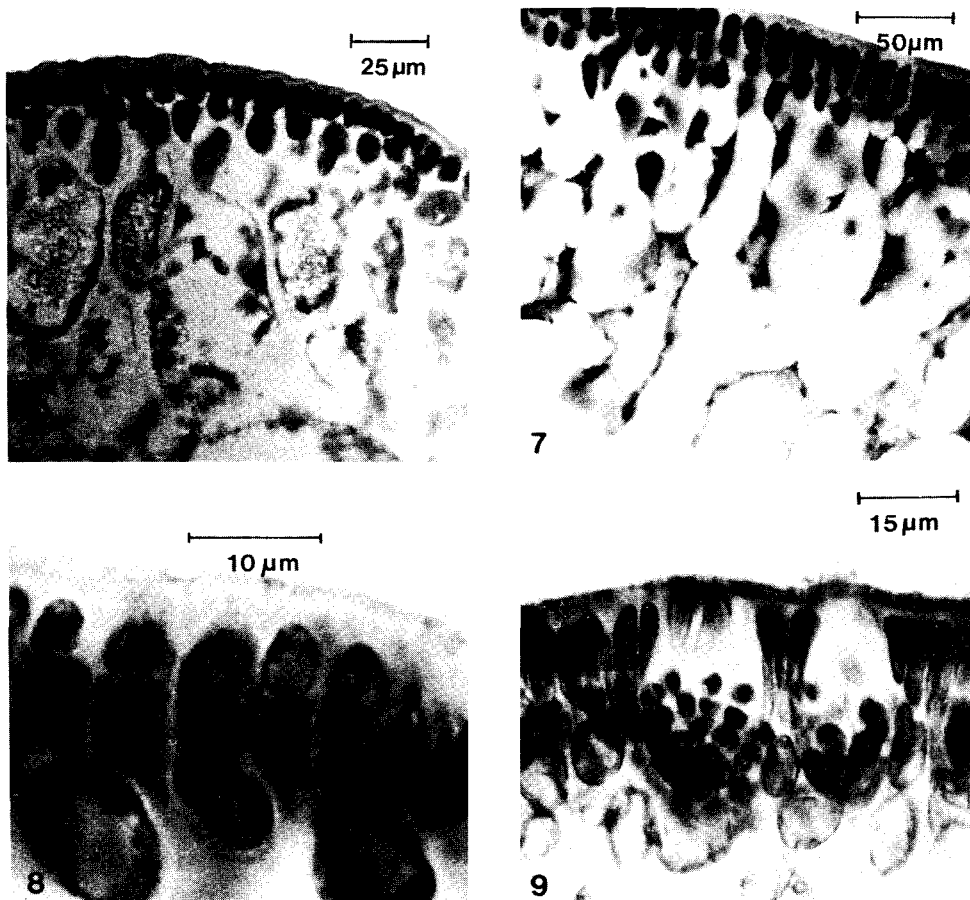


Fig. 6: *Gracilariopsis lemaneiformis*. Sección transversal del talo vegetativo a nivel medio del eje principal. *Gracilariopsis lemaneiformis*. Transverse section of vegetative thallus through the middle part of a main branch.

Fig. 7: *Gracilaria chilensis*. Sección transversal del talo vegetativo a nivel medio del eje principal. *Gracilaria chilensis*. Transverse section of vegetative thallus through the middle part of a main branch.

Fig. 8: *Gracilariopsis lemaneiformis*. Corte transversal del talo masculino mostrando el desarrollo de espermatangios superficiales. *Gracilariopsis lemaneiformis*. Transverse section in a male plant showing the development of the superficial spermatangia.

Fig. 9: *Gracilaria chilensis*. Sección transversal del talo en un ejemplar masculino mostrando el desarrollo de espermatangios en conceptáculos poco profundos.

Gracilaria chilensis. Transverse section in a male plant showing the development of spermatangia in a shallow deep conceptacles.

Tetrasporangios: el origen, desarrollo y tipo de tetrasporangios es similar en ambas taxa; éstos se originan a partir de las células corticales, las cuales se dividen primero longitudinal y oblicuamente; la célula apical, resultado de esta división, da origen al tetrasporangio inicial, el cual aumenta en largo y diámetro; una vez maduro éste se divide en un plano transversal y otro longitudinal, dando origen a 4 tetrasporas. El tamaño de los tetrasporangios en *Gracilariopsis lemaneiformis* es de 32-55 μm x 22-48 μm , los de *Gracilaria chilensis* están dentro de este mismo rango; en el material examinado por Bird *et al.* (1986) se encontraron tetrasporangios en el rango de 38-65 x 25-53 μm en esta especie.

Cistocarpos. Tanto en *Gracilariopsis lemaneiformis* como en *Gracilaria chilensis* los cistocarpos se proyectan externamente en el talo. El inicio del desarrollo de los cistocarpos se evidencia por el engrosamiento que experimenta la corteza en la zona reproductiva; esto, debido a un incremento de las divisiones celulares en las células de la corteza; el resultado es la formación de un grueso tejido denominado "pericarpo". Durante el desarrollo de los eventos de postfertilización el pericarpo

se divide, dejando un espacio o cavidad donde se proyecta el tejido gonimoblástico; esta cavidad queda delimitada externamente por un pericarpo externo e internamente por una parte basal denominada piso del cistocarpo o pericarpo interno. Un análisis comparativo del cistocarpo maduro en ambas taxa nos muestra algunas diferencias. En *Gracilariopsis lemaneiformis* (Fig. 10) el pericarpo interno comprende un tejido diferenciado, formado por una capa de células de forma cuadrada de 20 x 20 μm , ricas en citoplasma, las cuales se observan fuertemente teñidas. Estas células se conectan con células estériles del gonimoblasto a través de otras células estériles de menor tamaño producidas por el mismo gonimoblasto. El tejido gonimoblástico en esta especie comprende numerosos filamentos de 8 a más células estériles de 10 μm de diámetro que rematan en cortas cadenas de carposporangios terminales. Finalmente, el pericarpo externo en *Gracilariopsis* es un tejido de 8 a 10 capas de células de forma subcuadrada a redondas de 3 x 3 μm . En *Gracilaria chilensis*, en tanto (Fig. 11), un pericarpo interno con células diferenciadas citológicamente como en *Gracilariopsis* está ausente; sin embargo, se

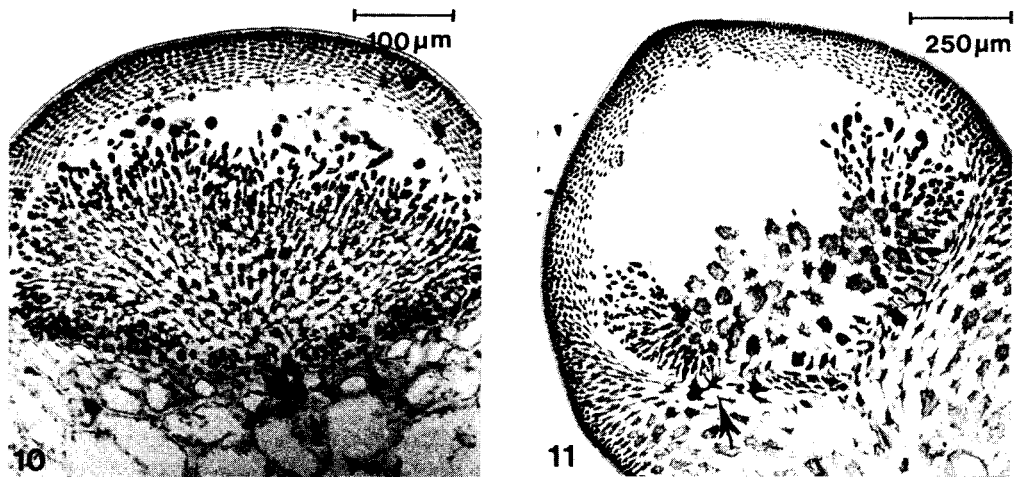


Fig. 10: *Gracilariopsis lemaneiformis*. Cistocarpo maduro. Flecha indica células citológicamente diferenciadas en el pericarpo interno.

Gracilariopsis lemaneiformis. Mature cystocarp with darkly staining inner pericarp cells (arrowhead).

Fig. 11: *Gracilaria chilensis*. Cistocarpo maduro. Flecha indica células nutritivas tubulares fusionadas con células del piso del cistocarpo.

Gracilaria chilensis. Mature cystocarp with nutritive tubular cells fused with cells in the floor of the cystocarp.

observan con frecuencia en el piso del cistocarpo células que se conectan mediante gruesas fusiones a células nutritivas tubulares producidas por el gonimoblasto. El tejido gonimoblástico en esta especie está constituido por filamentos de 5 a 6 células de 65 μm de diámetro que rematan en cadenas de carposporangios terminales de 6-8 células fértiles. El pericarpo externo está constituido por 8-10 capas de células de forma subcuadrada de 8 μm de diámetro.

Hábitat: *Gracilariopsis lemaneiformis* crece habitualmente sobre conchuela u otros sustratos duros y a profundidades superiores a los 20 m. *Gracilaria chilensis*, por el contrario, siempre ha sido encontrada creciendo en arena o sustrato de arena-fango y a profundidades entre 0 y 10 m.

Los caracteres tanto morfológicos como de anatomía vegetativa y reproductiva en el material de *Gracilariopsis* proveniente del norte de Chile son coincidentes en todos los aspectos con aquellos caracteres asignados recientemente por Fredericq & Hommersand (1989b) para la especie *Gracilariopsis lemaneiformis*. Esta especie es la más representativa de su género, el cual ha sido recientemente restablecido por estos autores y segregado definitivamente de *Gracilaria* en base a la ausencia de células nutritivas tubulares en el cistocarpo y por la presencia de espermatangios superficiales originados por división longitudinal y oblicua de las células corticales externas del talo. El género *Gracilaria*, en tanto, de acuerdo a Fredericq & Hommersand, 1989a, ha quedado circunscrito taxonómicamente en base a la presencia de células nutritivas tubulares en el cistocarpo y por formar espermatangios en conceptáculos, originados en filamentos a partir de células corticales intercalares.

Gracilariopsis lemaneiformis se relaciona más estrechamente con *Gracilariopsis costaricensis* Dawson, del Pacífico noreste, y con *Gracilariopsis tenuifrons* (Bird & Oliveira) Fredericq & Hommersand, del Atlántico tropical oeste, con las cuales se sobrepone en varios caracteres, tanto de la morfología externa como de la anatomía vegetativa y reproductiva: *Gr. lemaneiformis* se distingue fundamentalmente de *Gr.*

costaricensis por presentar soros espermatangiales distribuidos en forma continua sobre toda la superficie del talo, en vez de presentarlos en manchas longitudinales anastomosadas, separadas por una extensa corteza estéril como ocurre en esta última especie. Más difícil resulta aún distinguir a *Gr. lemaneiformis* de la recientemente descrita *Gr. tenuifrons*, del Atlántico oeste, con la cual existe una mayor sobreposición. Bird & Oliveira (1986), han segregado su especie preferentemente en base a caracteres de la anatomía vegetativa, como el grosor de la corteza; forma y disposición de las células corticales; tamaño de las células medulares y presencia ocasional de pequeñas células intersticiales en la médula, además de algunos caracteres de la anatomía reproductiva como el grosor del pericarpo y grosor del soro espermatangial. Estos caracteres están sujetos a gran variación y en muchos de ellos se observa sobreposición entre ambos taxa. Sólo estudios futuros podrán establecer la constancia y validez científica de estos caracteres en la segregación infragenérica de estos miembros de las *Gracilariaceae*.

Gracilariopsis lemaneiformis es originaria del Perú y en la actualidad se le conoce de varias partes del mundo como el Pacífico de Norteamérica, Indonesia, Hawaii, Oeste de Africa, China, Mar del Caribe y Atlántico de Europa (Fredericq & Hommersand 1989b).

En Chile esta especie ha sido reiteradamente reportada en la literatura como una de las agarófitas de importancia comercial bajo el nombre de *Gracilaria lemaneiformis* (Etcheverry 1958; Kim 1970; Romo *et al.* 1979 y Santelices 1989). Un análisis cuidadoso de las escasas descripciones e ilustraciones de esta especie encontradas en esta literatura nos muestra que ellas no se ajustan ni corresponden con la especie recientemente recolectada en el norte de Chile, identificada en este estudio como *Gracilariopsis lemaneiformis*. Es claro, en consecuencia, que este registro ha sido mal interpretado taxonómicamente y confundido con material auténtico de *Gracilaria*, reconocido hasta este momento como *Gracilaria chilensis*.

Gracilariopsis lemaneiformis difiere fundamentalmente de *Gracilaria chilensis*, como ha sido demostrado en este estudio, tanto en hábito como en caracteres de la anatomía vegetativa y desarrollo de estructuras reproductivas, especialmente de espermatangios y cistocarpos.

El hallazgo por primera vez de *Gracilariopsis lemaneiformis* en el norte de Chile amplía el límite sur de distribución de esta especie en el Pacífico suroriental. Se confirma, además, lo señalado por Bird *et al.* (1986), quienes no descartaron la posibilidad de la existencia de esta especie en nuestra costa.

Finalmente es importante hacer notar que, debido a la profundidad donde crece *Gracilariopsis* y a su distribución geográfica en Chile, es poco probable que esta especie haya sido alguna vez cosechada y exportada en nuestro país.

Al igual que *Gracilaria*, *Gracilariopsis* es un miembro agarófico más de la familia *Gracilariaceae*. La presencia de una pradera natural de *Gracilariopsis lemaneiformis* en el norte de Chile abre las posibilidades de investigar sobre las potencialidades económicas que podría tener a futuro esta especie para el país.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen en forma especial al señor George Portflit, Ingeniero de Ejecución en Acuicultura, por la recolección de las muestras de profundidad.

LITERATURA CITADA

- BIRD CJ & EC DE OLIVEIRA (1986) *Gracilaria tenuifrons*, sp. nov. (Rhodophyta, Gigartinales), a species with superficial spermatangia from the tropical western Atlantic. *Phycologia* 25: 313-320.
- BIRD CJ, J McLACHLAN & EC DE OLIVEIRA (1986) *Gracilaria chilensis* sp. nov. (Rhodophyta, Gigartinales), from Pacific South America. *Canadian Journal of Botany* 64: 2928-2934.
- DAWSON EY (1949) Studies of northeast Pacific Gracilariaceae. Allan Hancock Fdn. Publ. Occ. Pap. 7: 1-105.
- ETCHEVERRY H (1958) Algas marinas chilenas productoras de ficocoloides. *Revista de Biología Marina, Valparaíso, Chile* 8: 153-174.
- FREDERICQ S & MH HOMMERSAND (1989a) Proposal of the Gracilariales Ord. Nov. (Rhodophyta) based on an analysis of the reproductive development of *Gracilaria verrucosa*. *Journal of Phycology* 25: 213-227.
- FREDERICQ S & MH HOMMERSAND (1989b) Comparative morphology and taxonomic status of *Gracilariopsis* (Gracilariales, Rhodophyta). *Journal of Phycology* 25: 228-241.
- KIM DH (1970) Economically important seaweed in Chile. I. *Gracilaria*. *Botánica Marina* 13: 140-162.
- PAPENFUSS GF (1966) Notes on algal nomenclature. V. Various Chlorophyceae and Rhodophyceae. *Phykos* 5: 95-105.
- ROMO H, K ALVEAL & V DELLAROSSA (1979) Biología de *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss en Chile central. En *Actas Primer Simposio Algas Marinas Chilenas*. B. Santelices (Ed.). Subsecretaría de Pesca, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Chile, pp. 155-163.
- SANTELICES B (1989) *Algas Marinas de Chile*. Distribución. Ecología. Utilización. Diversidad. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, 399 pp.