

**VARIACION ESTACIONAL DE FASES REPRODUCTORAS Y  
VEGETATIVA DE *Gracilaria pacifica* ABBOTT, EN EL  
ESTERO DE PUNTA BANDA, BAJA CALIFORNIA, MEXICO**

**SEASONAL VARIATION OF REPRODUCTIVE AND  
VEGETATIVE PHASES OF *Gracilaria pacifica* ABBOTT,  
IN ESTERO DE PUNTA BANDA, BAJA CALIFORNIA, MEXICO**

Raúl Aguilar-Rosas<sup>1</sup>  
Roberto Marcos-Ramírez<sup>1</sup>  
Juan Manuel Lobo-Niembro<sup>1</sup>  
José A. Zertuche-González<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Marinas  
Universidad Autónoma de Baja California  
Apartado postal 453  
Ensenada, Baja California, México

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Oceanológicas  
Universidad Autónoma de Baja California  
Apartado postal 453  
Ensenada, Baja California, México

*Recibido en octubre de 1992; aceptado en marzo de 1993*

**RESUMEN**

Se estudió la variación estacional de las fases reproductoras y vegetativa de *Gracilaria pacifica* Abbott, en dos poblaciones con diferente tipo de sustrato, en el Estero de Punta Banda, Baja California, México. Se realizaron trece muestreos de plantas entre abril de 1986 y noviembre de 1987. Se encontraron diferencias en el tipo y dominancia de las fases reproductoras y vegetativas en las dos poblaciones analizadas. En la estación 1 (fango-arena), predominaron las plantas vegetativas, con valores máximos en invierno; las tetraspóricas presentaron máximos en verano y mínimos en invierno; fue evidente la ausencia de cistocárpicas y las escasas espermatangiales se encontraron sólo en otoño-invierno. En la estación 2 (guijarros y rocas), dominaron las plantas vegetativas con valores máximos en primavera, así como las cistocárpicas, con máximos en verano y mínimos en invierno; las tetraspóricas tuvieron máximos en verano y mínimos en invierno-primavera, y las espermatangiales estuvieron presentes todo el año, con valores máximos en otoño-invierno.

**ABSTRACT**

The seasonal variation of the reproductive and vegetative phases of *Gracilaria pacifica* Abbott was studied in two populations with different type of substrate, in Estero de Punta Banda, Baja California, Mexico. Thirteen field samplings were carried out from April 1986 to November 1987. Differences in type and phase dominance were observed in both populations. At station 1 (mud-sand), vegetative plants were dominant with maximum values in winter. Tetrasporic plants were more abundant in summer and less in winter. The absence of cystocarpic plants was evident and the few spermatangial plants were observed only in autumn-winter. At station 2 (pebbles and rocks), vegetative and cystocarpic plants were dominant with maximum values in spring

and summer, respectively. Tetrasporic plants were more abundant in summer and less in winter-spring. Spermatangial plants were present throughout the year, with maximum abundance in autumn-winter.

## INTRODUCCION

El género *Gracilaria* (Gracilariales, Rhodophyta) está representado por cerca de 150 especies distribuidas ampliamente en regiones tropicales, templadas y frías del mundo (Fredericq y Hommersand, 1989; Whyte *et al.*, 1981), y ha sido considerado como un recurso de gran importancia económica por su contenido de agar y rápido crecimiento (Kim, 1970). Las especies de este género se cosechan en 20 países y son responsables del 60% de la producción mundial de agar. El resto, lo constituyen las especies de *Gelidium*, 35%, y *Pterocladia*, 5% (Whyte y Englar, 1980).

Huerta-Muzquiz (1961), Aguilar-Rosas (1982) y Aguilar-Rosas *et al.* (1982) han señalado que en Baja California las especies más frecuentes, con cierta abundancia y susceptibilidad de ser explotadas e industrializadas son *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss (ahora *Gracilaria pacifica* Abbott) y *Gracilaria sjoestedtii* Kylin (ahora *Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory) Dawson, Acleto y Foldvik). Sin embargo, *Gracilaria* no ha sido explotada comercialmente en México.

La mayor parte de los trabajos realizados en Baja California sobre este género han tenido un carácter taxonómico, descriptivo y prospectivo (Dawson, 1945, 1949, 1961; Guzmán del Proó *et al.* 1972; Pacheco-Ruiz y Aguilar-Rosas, 1984). Por otro lado, los estudios relacionados con la biología, ecología y química de *Gracilaria* han sido, en general, muy escasos en relación con la importancia económica y comercial de esta alga (Aguilar-Rosas, *et al.*, 1982; Chang-Lee, 1983; Zertuche-González, 1989; Zertuche-González y García-Esquivel, 1989).

A principios de 1986 se iniciaron estudios sobre aspectos relacionados con la biología, ecología y química de las praderas de *G. pacifica* localizadas en el Estero de Punta Banda, Baja California, con el propósito de generar información básica para formular un esquema de manejo de esta planta.

En el Estero de Punta Banda las poblaciones de *G. pacifica* se desarrollan en ambientes de fango-arena y rocas. Así, el objetivo de este estudio fue determinar la variación estacional de las fases reproductoras

## INTRODUCTION

The genus *Gracilaria* (Gracilariales, Rhodophyta) is represented by close to 150 species widely distributed in tropical, temperate and cool regions of the world (Fredericq and Hommersand, 1989; Whyte *et al.*, 1981) and is considered a resource of great economical value due to its agar content and fast growth (Kim, 1970). Species of this genus are harvested in 20 countries and are responsible for 60% of the world's agar production. The rest is obtained from *Gelidium*, 35%, and *Pterocladia*, 5% (Whyte and Englar, 1980).

Huerta-Muzquiz (1961), Aguilar-Rosas (1982) and Aguilar-Rosas *et al.* (1982) have pointed out that in Baja California the *Gracilaria* species more frequently found, in some abundance and susceptible to be harvested and industrialized, are *G. verrucosa* (Hudson) Papenfuss (now *G. pacifica* Abbott) and *G. sjoestedtii* Kylin (now *Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory) Dawson, Acleto and Foldvik). However, the genus *Gracilaria* has not been commercially exploited in Mexico.

Most of the studies carried out in Baja California on *Gracilaria* have been of a taxonomic, descriptive and prospective nature (Dawson, 1945, 1949, 1961; Guzmán del Proó *et al.*, 1972; Pacheco-Ruiz and Aguilar-Rosas, 1984). On the other hand, the studies related to the biology, ecology, chemistry and culture of *Gracilaria* are scarce in relation to the economic importance of this species (Aguilar-Rosas *et al.*, 1982; Chang-Lee, 1983; Zertuche-González, 1989; Zertuche-González and García-Esquivel, 1989).

In 1986, studies related to the biology, ecology and chemistry of *G. pacifica* beds located at Estero de Punta Banda, Baja California, were initiated in order to generate basic information that could be used towards its management.

At Estero de Punta Banda, the populations of *G. pacifica* develop on sand-mud and rocky environments. Thus, the objective of this study was to determine the seasonal variation of the reproductive and vegetative phases of two *G. pacifica* populations on different type of substrate.

y vegetativa de *G. pacifica*, en dos poblaciones con diferente tipo de sustrato.

## MATERIAL Y METODOS

El presente estudio se realizó en el Estero de Punta Banda, B.C., una laguna costera localizada a lo largo de la orilla sureste de la Bahía de Todos Santos, entre los 31° 40' y 31° 48' latitud N, y 116° 40' y 116° 40' longitud O (Fig. 1). El Estero está separado de la bahía por una barra arenosa de poco más de 7 km de longitud.

Se eligieron dos estaciones de muestreo, según el tipo de sustrato y forma de vida de las plantas. La estación 1, adyacente a la barra arenosa, se localiza a 3.5 km, aproximadamente, de la boca de la laguna. En ella, las praderas de *G. pacifica* quedan expuestas durante bajamar en la zona intermareal, y crecen sobre un sustrato blando compuesto de limo-arcilla y arena. Las plantas son de color rojo pálido a pardo claro y forman una población densa de talos subterráneos que emergen entretejidos del sustrato. La estación 2 se localiza hacia la parte interna (cabeza) de la laguna, donde la pradera de *G. pacifica* está compuesta de plantas de color rojo oscuro que crecen fijas, por medio de una estructura discoide, en guijarros embebidos en un sustrato de arcilla gruesa y rocas de diferentes tamaños, dispersas y expuestas en la zona intermareal.

Se realizaron trece muestreos de plantas entre abril de 1986 y noviembre 1987, en las dos estaciones (Fig. 1). Durante cada muestreo se recolectaron, en forma aleatoria, 50 o más plantas. Las muestras fueron preservadas en formaldehído al 4% y llevadas al laboratorio, donde se realizó la identificación de sus fases reproductoras, mediante el análisis de cortes trasversales de los talos, montados en preparaciones y observados en el microscopio compuesto. Las fases identificadas incluyeron: plantas tetraspóricas, espermatangiales, cistocárpicas y vegetativas. Cabe señalar que, de acuerdo con la forma de vida de *Gracilaria* en la estación 1, se consideró como una planta a la unidad de alga definida como "conjunto de talos que emergen del sustrato en forma agrupada". Cada unidad alga se recolectó por separado, reuniendo todos los talos que la componían (Romo y Alveal, 1979). En la estación 2, se consideró como una planta a cada uno de los talos que se encontraron

## MATERIALS AND METHODS

The present study was carried out at Estero de Punta Banda, a coastal lagoon located along the southeast of Todos Santos Bay, between 31°40'-31°48' N latitude and 116°04'-116°40' W longitude (Fig. 1). The lagoon is separated from the bay by a sandbar 7 km long.

Two sites were selected according to the type of substrate and life forms of the plants. Station 1 is located adjacent to the sandbar, 3.5 km from the mouth of the lagoon. At this station, the plants are exposed in low tide and grow on a soft substrate composed of lime-mud and sand. The plants form a dense population of emerging interwoven thalli, of pale red to light brown coloration. Station 2 is located towards the head of the lagoon, where *G. pacifica* beds are composed of dark-red plants growing attached by a disc to pebbles sunk in the mud and to rocks of different sizes dispersed in the intertidal zone.

From April 1986 to November 1987, both stations were sampled thirteen times for the collection of plants (Fig. 1). During each sampling, 50 or more plants were collected randomly. The plants were preserved in 4% formaldehyde and taken to the laboratory, where transverse sections of the thallus were prepared on slides to identify reproductive tissues under the compound microscope. The phases identified included: tetrasporic, cystocarpic, male and vegetative plants. During the sampling, at station 1 a plant was considered the group of thalli emerging from the substrate in aggregated form (Romo and Alveal, 1979). At station 2, each thallus attached to hard substrate was considered a plant. A Wilcoxon test (Zar, 1984) was used to proof for differences of phases within and among stations ( $P > 0.05$ ).

## RESULTS

*G. pacifica* reproductive plants were found all year round. There were, however, differences in the type and dominance of the reproductive phases at the stations studied (tables 1, 2). At station 1, vegetative plants were dominant, with maximum values in winter-spring (83.5 and 93.0%). Tetrasporic plants followed, with maximum values, 34.0 and 48.0%, in summer (August) and minimum, 10.0 and 7.0%, in winter (February-

creciendo sobre sustrato duro. Se empleó una prueba de Wilcoxon ( $P > 0.05$ ) para probar diferencias significativas en las fases de reproducción, dentro de las estaciones de muestreo y entre ellas (Zar, 1984).

## RESULTADOS

Se encontraron plantas de *G. pacifica* con estructuras reproductoras todo el año, en las dos estaciones analizadas (tablas 1, 2). En

March). No cystocarpic plants were found and the few spermatangial (2.0 to 13.0%) were present mainly from October to February (table 1). The statistical analysis demonstrated significant differences ( $P > 0.05$ ) between the number of vegetative, tetrasporic and spermatangial plants (table 3).

At station 2, vegetative plants were also dominant with maximum presence during spring (April-May), of 62.0 and 58.0%. Cystocarpic plants followed in dominance with

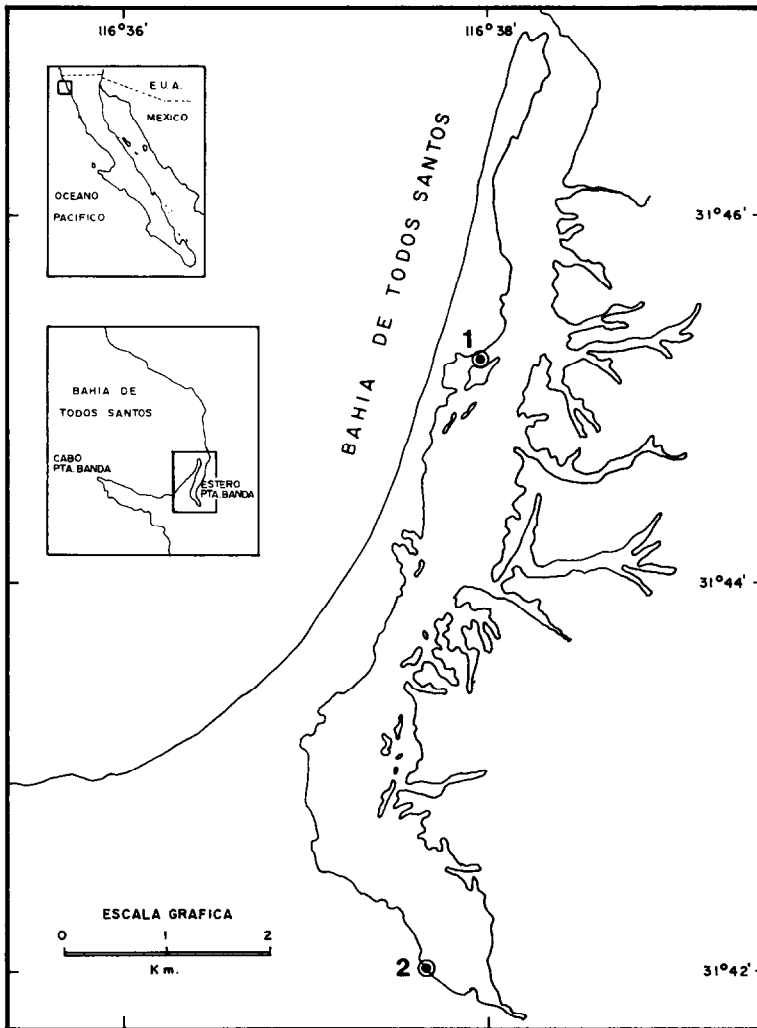


Figura 1. Area de estudio y localización de las estaciones de muestreo 1 y 2.  
Figure 1. Study area and location of the sampling stations 1 and 2.

la estación 1 predominaron las plantas vegetativas, con valores máximos en invierno-primavera de 83.5 y 93.0%. Las plantas tetraspóricas tuvieron valores máximos en verano (agosto), de 34.0 y 48.0%, y mínimos en invierno (febrero-marzo), de 10.0 y 7.0%. No se encontraron cistocárpicas y las escasas espermatangiales se hallaron principalmente durante otoño-invierno (octubre-febrero), de 2.0 a 13.0% (tabla 1). El análisis estadístico demostró diferencias significativas entre el número ( $P > 0.05$ ) de plantas vegetativas, tetraspóricas y espermatangiales (tabla 3).

En la estación 2 predominaron también las plantas vegetativas con máximas frecuencias durante la primavera (abril-mayo), de 62.0 y 58.0%. Las cistocárpicas siguieron en dominancia, con valores máximos en verano

maximum values, 48.0 and 54.0%, in summer (July-August) and minimum, 22.0%, in spring (April). Tetrasporic plants were more abundant in summer (July-September), 36.0 and 31.0%, and less in winter-spring (February-May), with 12.0 and 8.0% dominance. Spermatangial plants were present throughout the period of study, with maximum values in autumn-winter (November-March), of 11.0 and 14.0% (table 2). At this station, there were no significant differences ( $P > 0.05$ ) between the proportion of cystocarpic and vegetative plants (table 3).

When the annual proportion of the reproductive phases found at both stations was compared, no differences were found between tetrasporic plants, whereas significant differences were found between the proportion

**Tabla 1.** Proporción (%) de fases reproductoras de *Gracilaria pacifica* Abbott encontradas en la estación 1.

**Table 1.** Proportion (%) of reproductive phases of *Gracilaria pacifica* Abbott found at station 1.

Fecha	Tipo de planta (%)		
	Tetraspórica	Vegetativa	Espermatangial
1986			
Abril 28	23.0	75.0	2.0
Mayo 28	26.0	74.0	---
Julio 26	32.0	68.0	---
Agosto 22	48.0	52.0	---
Octubre 18	31.0	67.0	2.0
Noviembre 15	15.0	72.0	13.0
Promedio	29.2	68.0	2.8
1987			
Febrero 12	10.0	83.5	6.5
Marzo 13	7.0	93.0	---
Mayo 2	15.0	85.0	---
Junio 3	28.0	72.0	---
Agosto 13	34.0	66.0	---
Septiembre 14	28.0	71.5	---
Noviembre 17	15.0	75.5	10.0
Promedio	20.1	78.0	2.4

**Tabla 2.** Proporción (%) de fases reproductoras de *Gracilaria pacifica* Abbott encontradas en la estación 2.

**Table 2.** Proportion (%) of reproductive phases of *Gracilaria pacifica* Abbott found at station 2.

Fecha	Tipo de planta (%)			
	Cistocárpica	Tetraspórica	Vegetativa	Espermatangial
<b>1986</b>				
Abril 28	22.0	12.0	62.0	4.0
Mayo 28	38.0	8.0	46.0	8.0
Julio 26	48.0	36.0	14.0	2.0
Agosto 22	52.0	30.0	16.0	2.0
Octubre 18	38.0	21.0	38.0	3.0
Noviembre 15	24.0	13.0	52.0	11.0
Promedio	37.0	20.0	38.0	5.0
<b>1987</b>				
Febrero 12	32.0	12.0	50.0	6.0
Marzo 13	30.0	14.0	42.0	14.0
Mayo 2	25.0	15.0	58.0	2.0
Junio 3	29.0	20.0	46.0	5.0
Agosto 13	54.0	25.0	17.0	4.0
Septiembre 14	43.0	31.0	21.0	5.0
Noviembre 17	29.0	21.0	43.0	7.0
Promedio	34.5	19.7	39.6	6.2

**Tabla 3.** Resultados comparativos de la prueba Wilcoxon para probar las diferencias significativas entre las fases reproductoras de *Gracilaria pacifica* encontradas en las estaciones 1 y 2.

**Table 3.** Comparative results of the Wilcoxon test to proof for significant differences in the reproductive phases of *Gracilaria pacifica* found at stations 1 and 2.

Estación 1	Estación 1			Estación 2			
	T	V	E	C	T	V	E
T	-	*	*		NS	*	*
V		-	*			*	*
E			-				*
Estación 2	C			-	*	NS	*
	T				-	*	*
	V					-	*
	E						-

NS = no significativo.

\* = significativo ( $P > 0.05$ ).

(julio-agosto), de 48.0 y 54.0%, y mínimo en primavera (abril), de 22.0%. Las tetraspóricas presentaron máximos en verano (julio-septiembre), de 36.0 y 31.0%, y mínimos en invierno-primavera (febrero-mayo), de 12.0 y 8.0%. Las espermatangiales estuvieron presentes durante todo el periodo de estudio, con valores máximos en otoño-invierno (noviembre-marzo), de 11.0 y 14.0% (tabla 2). En la estación 2 no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre la proporción de plantas cistocárpicas y vegetativas (tabla 3).

Al comparar la proporción de fases reproductoras entre estaciones (tablas 1, 2), no hubo diferencias significativas entre plantas tetraspóricas ( $P > 0.05$ ), mientras que entre vegetativas y espermatangiales sí hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) (tabla 3).

## DISCUSION

La variación estacional en las fases reproductoras de *Gracilaria* ha sido observada en regiones tropicales (Umamaheswara Rao, 1973, 1975; Chennubhotla *et al.*, 1973; Hoyle, 1978; Trono y Azanza-Corrales, 1981; Subbarangaiyah, 1984; Oza, 1984; Oza *et al.*, 1989; Chirapart *et al.*, 1992) y templadas (Jones, 1959; Kim, 1970; Romo y Alveal, 1979; Dellarossa *et al.*, 1980; Ramírez *et al.*, 1981; Pickering *et al.*, 1990). En general, se han encontrado grandes diferencias en el número relativo y dominancia de plantas cistocárpicas, espermatangiales, tetraspóricas y vegetativas, con escasa frecuencia de plantas espermatangiales. El número y dominancia de cierta fase reproductiva o vegetativa varían de acuerdo con los cambios de salinidad y temperatura, el tipo de sustrato y la supervivencia de esporas (Romo y Alveal, 1979; Ramírez, *et al.*, 1981; Nelson, 1989; Pickering *et al.*, 1990; Chirapart *et al.*, 1992).

Romo y Alveal (1979) y Ramírez *et al.* (1981) mencionan que el patrón reproductivo de *Gracilaria* está en relación directa con el tipo de sustrato. Un sustrato duro (rocoso) permite la fijación de esporas, no así uno blando (fango-arenoso). En este último tipo de sustrato prosperan poblaciones monofásicas de plantas tetraspóricas, en las que no se detectan indicios de reproducción por medio de esporas, por lo que se infiere que en un ambiente fango-arenoso las poblaciones se mantienen a través de fragmentación y reproducción vegetativa, aun cuando en cultivo de

of vegetative and spermatangial plants ( $P > 0.05$ ) (table 3).

## DISCUSSION

The seasonal variation of the reproductive phases of *Gracilaria* sp. has been observed in tropical regions (Umamaheswara Rao, 1973, 1975; Chennubhotla *et al.*, 1973; Hoyle, 1978; Trono and Azanza-Corrales, 1981; Subbarangaiyah, 1984; Oza, 1984; Oza *et al.*, 1989; Chirapart *et al.*, 1992) and temperate regions (Jones, 1959; Kim, 1970; Romo and Alveal, 1979; Dellarossa *et al.*, 1980; Ramírez *et al.*, 1981; Pickering *et al.*, 1990). In general, large differences have been found in the relative number and dominance of cystocarpic, spermatangial, tetrasporic and vegetative plants, with scarce frequency of spermatangial. The number and dominance of a certain reproductive or vegetative phase vary in relation to salinity and temperature, type of substrate and spore survival (Romo and Alveal, 1979; Ramírez *et al.*, 1981; Nelson, 1989; Pickering *et al.*, 1990; Chirapart *et al.*, 1992).

Romo and Alveal (1979) and Ramírez *et al.* (1981) mentioned that the reproductive pattern of *Gracilaria* is related to the type of substrate. A hard substrate (rocky) allows the attachment of spores, a soft one (mud-sand) does not. In the latter, monophasic populations of tetrasporic plants thrive but there is no evidence of reproduction by spores. It is therefore inferred that in this type of substrate the populations are maintained by vegetative reproduction even though in the laboratory their tetraspores germinate and present alternation of generations (Dellarossa *et al.*, 1980). This behavior was observed at station 1, where the population was represented by tetrasporic, vegetative and a few male plants and the absence of cystocarpic plants was evident (table 1). It is possible that the type of substrate at station 1, sand and mud, does not allow the attachment of spores when they are subject to continuous abrasion and buried (Romo *et al.*, 1979).

The substrate at station 2, composed of pebbles in thick mud and rocks, allows the development of the three phases of the reproductive cycle of *G. pacifica*, with predominance of vegetative plants (table 2). A similar behavior was found by Romo and Alveal (1979), Dellarossa *et al.* (1980) and Ramírez

laboratorio sus tetrasporas germinan y cumplen la alternancia de generaciones (Dellarossa *et al.*, 1980). Este comportamiento se observó en la estación 1, donde la población estuvo representada por plantas tetraspóricas, vegetativas, escasas plantas masculinas y evidente ausencia de plantas cistocárpicas (tabla 1). Es posible que el sustrato en el cual crece *G. pacifica* en la estación 1, por estar formado de sedimento fango-arena, no permita la fijación de esporas porque éstas están sometidas a enterramiento constante por limo y arena (Romo *et al.*, 1979).

El sustrato de la estación 2, compuesto por guijarros embebidos en arcilla gruesa y rocas de diferentes tamaños, permite el desarrollo de las tres fases del ciclo reproductor de *Gracilaria*, con el predominio de plantas vegetativas (tabla 2). Un comportamiento similar encontraron Romo y Alveal (1979), Dellarossa *et al.* (1980) y Ramírez *et al.* (1981), quienes sugieren que un tipo de población trifásica con plantas tetraspóricas, cistocárpicas y espermatangiales es característico de un sustrato rocoso, y se mantiene por reproducción sexual efectiva y esporas.

Con este estudio, no fue posible determinar si la diferencia entre la proporción de plantas cistocárpicas y tetraspóricas observadas en la estación 2 (tabla 2) es específica del lugar o si está relacionada con la disponibilidad y tipo de sustrato, velocidad de renovación de la población, perennidad a partir de una estructura de fijación persistente o con otros factores no identificados (Romo y Alveal, 1979; Ramírez *et al.*, 1981; Nelson, 1989).

En esta investigación fue evidente el escaso número de plantas masculinas (espermatangiales) durante el periodo de estudio, en las dos poblaciones analizadas (tablas 1, 2). Este comportamiento ha sido observado en otros miembros de los órdenes Gigartinales y Gracilariales (Umamaheswara Rao, 1973, 1975; Hansen y Doyle, 1976; Subbarangaiah, 1984; Hay y Norris, 1984; Oza *et al.*, 1989). Las causas señaladas como posibles responsables de una baja proporción de plantas masculinas son la dificultad para reconocer las plantas durante los primeros estados de desarrollo y/o el periodo tan corto de fertilidad (Tveter-Gallagher *et al.*, 1980). En el presente estudio no se tuvo problema para reconocer las plantas masculinas (espermatangiales). Las escasas y únicas plantas masculinas

*et al.* (1981), who mentioned that a triphasic population of *Gracilaria* with tetrasporic, cystocarpic and spermatangial plants is characteristic of a rocky substrate and is maintained by sexual reproduction and by spores.

With this study, it was not possible to determine if the difference in the proportion of cystocarpic and tetrasporic plants observed at station 2 (table 2) is specific of the station or if it is related to the availability and type of substrate, the speed of population renovation, perennality from persistent attachment structures or other unidentified factors (Romo and Alveal, 1979; Ramírez *et al.*, 1981; Nelson, 1989).

In the present study, few male plants were observed at both stations studied, particularly during the spring and summer (tables 1, 2). This behavior has been observed in other Gigartinales and Gracilariales members (Umamaheswara Rao, 1973, 1975; Hansen and Doyle, 1976; Subbarangaiah, 1984; Hay and Norris, 1984; Oza *et al.*, 1989). The low proportion of male plants observed in most of the studies may be due to the difficulty of recognizing the plants during the first stages of development and/or to the short fertility period (Tveter-Gallagher *et al.*, 1980). In the present study, all the thalli collected were observed and there were no problems in the recognition of spermatangial *G. pacifica* plants. The few male plants observed at station 1 occurred during autumn-winter (table 1), which coincided with the maximum values found at station 2 (table 2).

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the Facultad de Ciencias Marinas and the Instituto de Investigaciones Oceanológicas, of the Universidad Autónoma de Baja California, and by CONACYT (grant PCECCNA 050383). We thank Isaí Pacheco-Ruiz and Francisco Pedroche for their revision of the manuscript, and Ramón Moreno for the drawing.

English translation by the authors.

---

nas observadas en la estación 1 correspondieron al periodo otoño-invierno (tabla 1), lo cual coincidió con los valores máximos encontrados en la estación 2 (tabla 2).



## AGRADECIMIENTOS

La Facultad de Ciencias Marinas y el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California brindaron apoyo para la realización del presente trabajo. Asimismo, CONACYT contribuyó a través del convenio CONACYT-UABC, PCECCNA 050383.

Los autores agradecen a Isaí Pacheco Ruíz y Francisco F. Pedroche la revisión crítica del manuscrito; así como a Ramón Moreno, la realización de la figura.

## REFERENCIAS

- Aguilar-Rosas, R. (1982). Identificación y distribución de las algas marinas del Estero de Punta Banda, Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 8(1): 78-87.
- Aguilar-Rosas, L.E., Aguilar-Rosas, R., Pacheco-Ruíz, I., Bórquez-García, E., Aguilar-Rosas, M.A. y Urbiceta-González, E. (1982). Algas de importancia económica de la región noroccidental de Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 8(1): 49-63.
- Chang-Lee, M.V. (1983). Análisis químico y propiedades físicas de los agaros de *Gracilaria verrucosa* y *Pterocladia capillacea*. Tesis profesional, Escuela Superior de Ciencias Marinas, UABC, México, 36 pp.
- Chennubhotla, V.K., Kaliaperumal, N., Ramalingam, J.R. and Kalimuthu, S. (1973). Growth, reproduction and spore output in *Gracilaria foliifera* (Forsskal) Boergesen and *Gracilariopsis sjoestedtii* (Kylin) Dawson around Mandapam. *Indian J. Fish.*, 20: 76-84.
- Chirapart, A., Lewmanomont, K. and Ohno, M. (1992). Seasonal variation of reproductive states of the agar producing seaweed, *Gracilaria changii* (Xia & Abbott) Abbott, Zhang & Xia in Thailand. *Bull. Mar. Sci. Fish., Kochi Univ.*, 12: 9-16.
- Dawson, E.Y. (1945). Marine algae associated with upwelling along the northwestern coast of the Baja California, Mexico. *Bull. S. Calif. Acad. Sci.*, 43(2): 57-71.
- Dawson, E.Y. (1949). Studies of northeast Pacific Gracilariaceae. *Allan Hancock Found. Occ. Pap.*, 7:(1) 154-250.
- Dawson, E.Y. (1961). Marine red algae of Pacific Mexico. Part IV. Gigartinales. *Pacific Naturalist*, 2: 191-343.
- Dellarossa, V., Romo, H. y Alveal, K. (1980). Avances en el conocimiento ecológico de *Gracilaria verrucosa* en el área de Concepción, Chile. *Bol. Inst. Oceanogr.*, Sao Paulo, 29(2): 149-155.
- Fredericq, S. and Hommersand, M.H. (1989). Proposal of the Gracilariales ord. nov. (Rhodophyta) based on an analysis of the reproductive development of *Gracilaria verrucosa*. *J. Phycol.*, 25: 213-227.
- Guzmán del Proó, S.A., De la Campa de Guzmán, S. y Pineda Barrera, J. (1972). Flora macroscópica asociada a los bancos de abulón (*Halotis* spp.) en algunas áreas de la costa occidental de Baja California. *Memorias del IV Congreso Nacional de Oceanografía, México*, pp. 257-263.
- Hay, M.E. and Norris, J.N. (1984). Seasonal reproduction and abundance of six sympatric species of *Gracilaria* Grv. (Gracilariaceae; Rhodophyta) in a Caribbean subtidal sand plain. *Hydrobiologia*, 116/117: 63-94.
- Hansen, J.E. and Doyle, W.T. (1976). Ecology and natural history of *Iridaea cordata* (Rhodophyta; Gigartinales): population structure. *J. Phycol.*, 12: 273-278.
- Hoyle, M.D. (1978). Reproductive phenology and growth rates in two species of *Gracilaria* from Hawaii. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 35: 273-283.
- Huerta-Muzquiz, L. (1961). Flora marina de los alrededores de Isla Pérez, Arrecife Alacranes, Sonda de Campeche, México. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.*, México, 10(1-4): 11-22.
- Jones, W.E. (1959). The growth and fruiting of *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 38: 47-56.
- Kim, D.H. (1970). Economically important seaweeds, in Chile. I. *Gracilaria*. *Bot. Mar.*, 13: 140-162.
- Nelson, W.A. (1989). Phenology of *Gracilaria sordica* W. Nelson populations. Reproductive status, plant and population size. *Bot. Mar.*, 32: 41-51.

- Oza, R.M. (1984). Studies on Indian *Gracilaria*. III. Seasonal variation in growth and reproduction in *Gracilaria corticata* J. Ag. occurring on the coast of Veraval (Gujarat). *Seaweed Res. Utiln.*, 7(1): 1-20.
- Oza, R.M., Tewari, A. and Rajyaguru, M.R. (1989). Growth and phenology of red algae *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenfuss. *Indian J. Marine Sciences*, 18: 82-86.
- Pacheco-Ruiz, I. y Aguilar-Rosas, L. (1984). Distribución estacional de Rhodophyta en el noroeste de Baja California. *Ciencias Marinas*, 10(3): 67-80.
- Pickering, T.D., Gordon, M.E. and Tong, L.J. (1990). Seasonal growth, density, reproductive phenology and agar quality of *Gracilaria sordica* (Gracilariales, Rhodophyta) at Mokomoko Inlet, New Zealand. *Hydrobiology*, 204/205: 253-262.
- Ramírez, C., Rivera, P., Stegmaier, E. y Contreras, D. (1981). Prospección de *Gracilaria verrucosa* en la Bahía de Corral y Ensenada de San Juan (Valdivia, Chile). *Rev. Biol. Mar. Inst. Oceanol. Univ. Valparaiso*, 17(3): 389-404.
- Romo, H.O. y Alveal, K. (1979). Estudios poblacionales en la pradera de *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss de Isla de Reyes, Bahía de Concepción. *Cienc. y Tec. del Mar*, CONA, Valparaíso 4: 15-26.
- Romo, H.O., Alveal, K. y Dellarosa, V. (1979). Biología de *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss en Chile central. *Actas I Symposium Algas Marinas Chilenas*, 1: 155-163.
- Subbarangaiah, G. (1984). Growth, reproduction and spore shedding in *Gracilaria textorii* (Sur.) J. Ag. of the Visakhapatnam coast. *Phykos*, 23(1 & 2): 246-253.
- Trono, G.C., Jr. and Azanza-Corrales, R. (1981). The seasonal variation in the biomass and reproductive states of *Gracilaria* in Manila Bay. *Proc. Int. Seaweed Symp.*, 10: 743-748.
- Tveter-Gallagher, E., Mathieson, A.C. and Cheney, D.P. (1980). Ecology and development morphology of male plants of *Chondrus crispus* (Gigartinales, Rhodophyta). *J. Phycol.*, 16: 257-264.
- Umamaheswara Rao, M. (1973). Growth and reproduction in some species of *Gracilaria* and *Gracilariopsis* in the Palk Bay. *Indian J. Fish.*, 20: 182-192.
- Umamaheswara Rao, M. (1975). Studies on the growth and reproduction of *Gracilaria corticata* near Mandapam in the Gulf of Mannar. *J. Mar. Biol. Ass. India*, 17(3): 646-652.
- Whyte, J.N.C. and Englar, J.R. (1980). Chemical composition and quality of agars in the morphotypes of *Gracilaria* from British Columbia. *Bot. Mar.*, 23: 277-283.
- Whyte, J.N.C., Englar, J.R., Sanders R.G. and Lindsay, J.C. (1981). Seasonal variations in the biomass, quantity and quality of agar, from the reproductive and vegetative stages of *Gracilaria (verrucosa* type). *Bot. Mar.*, 24: 493-501.
- Zar, J.H. (1984). *Biostatistical analysis*. 2nd Ed., Prentice-Hall, N.J., 718 pp.
- Zertuche-González, J.A. (1989). Macro-algas y el desarrollo de su cultivo. Cap. 11, pp. 319-337. En: J. de la Rosa-Vélez y F. González Farías (eds.), *Temas de oceanografía biológica en México*, Ensenada, 337 pp.
- Zertuche-González, J.A. y García-Esquivel, S. (1989). Cultivo de *Gracilaria* en México. Reporte final. *FAO. Proyecto Aquila*, 35 pp.