

EFFECTO DE LA SALINIDAD EN EL DESARROLLO INICIAL DE  
*SARCOTHALIA CRISPATA* (BORY) LEISTER (RHODOPHYTA,  
GIGARTINALES) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.

SALINITY EFFECTS IN THE EARLY DEVELOPMENT OF *SARCOTHALIA CRISPATA*  
(BORY) LEISTER (RHODOPHYTA, GIGARTINALES) UNDER LABORATORY  
CONDITIONS.

Andrés Mansilla<sup>1</sup>, Mauricio Palacios<sup>2</sup> & Sofía Aguilar<sup>2</sup>

RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto de la salinidad en el crecimiento de *Sarcothalia crispata*, desde sus primeros estados de desarrollo (tetrásporas) y sobre plántulas con dos meses de cultivo. Los rangos de salinidad utilizados variaron entre 25‰ y 40‰ (con intervalos de 5‰). Las condiciones de cultivo fueron: intensidad luminosa de 40  $\mu\text{Wcm}^{-2}$ , fotoperíodo 16:8 y temperatura promedio de  $8 \pm 2$  °C. Como medio de cultivo fue utilizado Provasoli con recambio semanal. Los experimentos con tetrásporas y plántulas fueron monitoreados cada siete días utilizando un sistema integrado de microscopía y un software analizador de imágenes, obteniéndose mediciones del diámetro de los discos y la longitud de los talos. Al finalizar los 84 días de cultivo de plántulas se obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0,0056$ ) entre los tratamientos de 25‰ y 40‰ de salinidad, registrándose incremento de biomasa promedios de  $0,242 \pm 0,08$  g y  $0,097 \pm 0,04$  g para los tratamientos de 25‰ y 40‰ respectivamente.

Palabras clave: *Sarcothalia crispata*, salinidad, cultivo, Magallanes.

ABSTRACT

The present study evaluates the effect of different salinity concentrations on disc, microthalli and plantlet growth of *Sarcothalia crispata*. The salinity ranged between 25‰ and 40‰ (at 5‰ intervals). Culture conditions were: 1) light intensity of 40  $\mu\text{Wcm}^{-2}$ , 2) photoperiod of 16:8 (light: darkness) and 3) an average temperature of  $8^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . The culture medium used was Provasoli, which was changed weekly. Experiments with the tetraspores and plantlets were monitored weekly using an integrated system of microscopy and image analysis software, saving measures of the discs, diameter and talus length. *S. crispata* was very tolerant to the range of salinity concentrations (25‰, 30‰, 35‰, and 40‰), obtaining growth at all salinity levels. During the disc phase a larger growth was observed under 30‰ salinity, while the least growth was registered at 40‰ salinity. In the case of

---

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad de Magallanes. Casilla 113-D. andres.mansilla@umag.cl

<sup>2</sup> Técnico en Recursos Acuícolas, Esc. Agropecuaria, Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.

*S. crispata* plantlets, 25‰ salinity concentrations favored the increase of biomass reaching values of  $0,242 \pm 0,08$  g. Under 40‰ salinity, the biomass increase was only  $0,097 \pm 0,04$  g per plant.

Key words: *Sarcothalia crispata*, salinity, culture salinity conditions.

## INTRODUCCIÓN

En Chile las algas rojas y pardas se explotan comercialmente desde hace aproximadamente 50 años, incrementándose notablemente su explotación en los últimos años (Avila & Seguel 1993, Avila *et al.* 1996<sup>1</sup>). La industria productora de carrageninas tiene 15 años de existencia y su producción se ha incrementado desde 26 t en 1989 hasta 2.920 t de carrageninas en el año 2000. En este mismo año, Chile exportó carrageninas por un monto de MUS\$ 21.900 además de 7.731 t de alga seca obteniendo ingresos de MUS\$ 9.000 (FIP N° 2001-28, 2003<sup>2</sup>). Para diciembre del año 2003 la exportación de carrageninas había llegado a 3.012 t con ingresos superiores a MUS\$22.000 (Subpesca 2003<sup>3</sup>).

Debido al incremento en la demanda de materia prima en el mercado internacional y la existencia en nuestro país de a lo menos tres plantas productoras de carrageninas, se estima que la demanda interna aumentará, incrementándose la presión extractiva de algas carragenófitas (FIP 1999<sup>4</sup>).

Hasta fines de 1980, este tipo de algas eran exportadas principalmente como alga seca, utilizándose como materia prima para la producción de carrageninas en el extranjero. El alto incremento en su demanda ha tenido como consecuencia una explotación intensiva de las praderas naturales, existiendo actualmente desconocimiento de su abundancia, lo que unido

a la falta de regulación en su explotación produce incertidumbre con respecto a la disponibilidad de estos recursos (FIP 1999<sup>4</sup>). En la región de Magallanes, las algas carregenófitas, conocidas también como «algas lugas» están representadas por las especies *Gigartina skottsbergii* (luga roja) y *Sarcothalia crispata* (luga negra), cuyo límite de distribución sur es el continente antártico y el cabo de Hornos, respectivamente.

Debido a la ausencia de centros compradores en Punta Arenas, estos recursos resultaron indiferentes a la extracción local y sólo a partir 1995 estas especies comienzan a ser comercializadas (Mansilla 2000<sup>5</sup>). La explotación de lugas en la XII Región, se inició en la década del 90 y ha experimentado un crecimiento importante en los últimos años, para mediados de los noventa los desembarques de lugas llegaron a las 1.052 t en 1996 y de 2.954 t húmedas en 1997, representando para este período negocios en playa del orden de los 400 millones de pesos (FIP 1999<sup>4</sup>).

*S. crispata* es una macroalga roja perteneciente a la Familia Gigartinaceae, de forma laminar de hasta 60 cm de longitud productora de carrageninas (Hoffman & Santelices 1997). Posee un ciclo de vida trifásico con sistema de propagación por carpósporas y tetrásporas, las que son producidas en estructuras reproductivas denominadas cistocarpos y tetrasporangios respectivamente (Candia & Poblete 1983<sup>6</sup>). Con gametofitos y esporofitos cosechables.

- 1 Ávila M., M. Núñez, A. Candia & R. Norambuena 1996. Patrones fenológicos reproductivos de una población de *Gigartina skottsbergii* en San Antonio, Ancud, Chile. XVI Jornadas de Ciencias del Mar. p. 35.
- 2 FIP N° 2001-28, 2003. Investigación y manejo de praderas de luga roja en la XI Región, Ejecutor: Instituto de Fomento Pesquero, Fondo Investigación Pesquera p: 36-320.
- 3 Subsecretaría de Pesca 2003. Informe Sectorial Pesquero y Acuícola, Subsecretaría de Pesca, Departamento de Análisis Sectorial pp: 16.
- 4 FIP N° 99-22, 1999. Investigación y manejo de praderas de luga en la XII Región Ejecutor: Instituto de Fomento Pesquero. Fondo de Investigación Pesquera p: 5-160.
- 5 Mansilla, A. 2000. La Comercialización de las Macroalgas en la Región de Magallanes. Revista Austro Universitaria. p: 32-34.
- 6 Candia, A. & A. Poblete 1981. Estudios sobre el ciclo de vida de Irideae ciliata Kutzing (Rhodophyta, Gigartinaceae) presente en bahía Concepción, Chile. I Jornadas de Ciencias del Mar, Montemar, Chile. p.19.

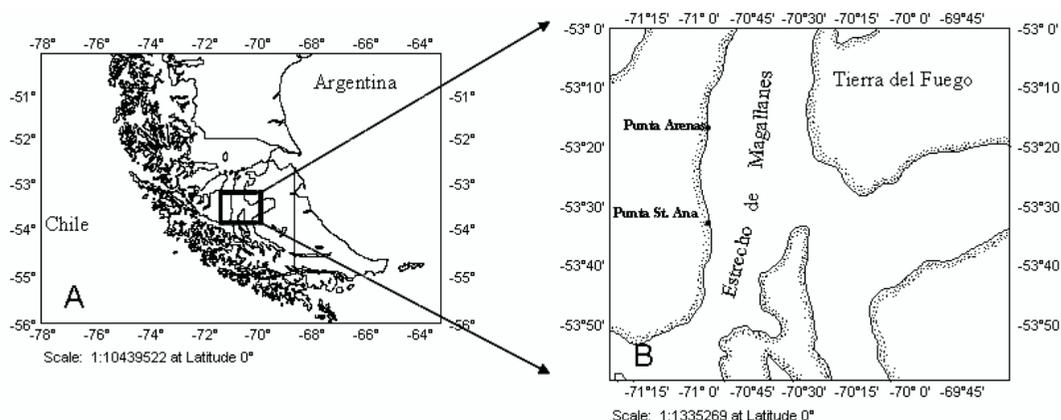


Fig. 1. Localización geográfica de las zonas de recolección de *S. crispata* en la región de Magallanes (A) Sector punta Santa Ana (B).

Esta especie se distribuye desde el intermareal inferior y submarealmente hasta profundidades de 10 m, sobre sustratos rocosos, endémica en las costas templadas frías del centro sur de Chile, distribuyéndose desde Valparaíso hasta Tierra del Fuego (Ramírez & Santelices 1991; Hoffman & Santelices 1997).

Para evitar la disminución de las praderas se hace necesario realizar cultivos o repoblación de la especie, que permitan garantizar la disponibilidad de materia prima para las empresas del rubro y la conservación de las praderas naturales (FIP 1999<sup>a</sup>).

Si bien muchos intentos apuntan hacia el cultivo de algas carragenófitas en Chile central, es necesario extender esta preocupación a las macroalgas de la región de Magallanes, región que presenta una gran diversidad de hábitats representados por canales, senos y fiordos, muchos de ellos con grandes variaciones de salinidad debido a su proximidad a áreas de deshielo, hábitats en los cuales ocurre *S.*

*crispata*, llamando la atención su gran adaptabilidad a las variaciones de este parámetro abiótico.

El objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de diferentes concentraciones de salinidad en el desarrollo inicial de *Sarcothalia crispata*, desde sus primeros estados de desarrollo (tetrásporas) y sobre plántulas, que permitan establecer las mejores condiciones para el cultivo y repoblación de esta especie en la región de Magallanes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Recolección y selección de material fértil

Frondas tetrásporofíticas de *S. crispata* fueron colectadas durante el período estival de poblaciones naturales localizadas en punta Santa Ana, estrecho de Magallanes (53° 18' 11,4"S; 70° 23' 30,5"W), (Fig. 1), estas fueron trasladadas en termos refrigerados (para evitar la

TABLA 1. Diseño experimental para establecer el desarrollo de tetrásporas de *S. crispata* en diferentes concentraciones de salinidad (3 réplicas de c/ ensayo sobre 6 muestras).

Réplicas	Salinidad (‰)			
	25‰	30‰	35‰	40‰
R1	6 portaobjetos	6 portaobjetos	6 portaobjetos	6 portaobjetos
R2	6 portaobjetos	6 portaobjetos	6 portaobjetos	6 portaobjetos
R3	6 portaobjetos	6 portaobjetos	6 portaobjetos	6 portaobjetos

7 Ramírez, M. E. & B. Santelices 1991. Catálogo de las Algas Marinas Bentónicas de la Costa Templada del Pacífico de Sudamérica. Pontificia Universidad Católica de Chile. Publicaciones Periódicas, Vicerrectoría Académica. Monografías Biológicas 5: 1-440.

TABLA 2. Diseño experimental para establecer el efecto de la salinidad sobre *S. crispata* (15 Ind. de dos meses de cultivo).

Réplicas	Salinidad (‰)			
	25‰	30‰	35‰	40‰
R1	15 plántulas	15 plántulas	15 plántulas	15 plántulas
R2	15 plántulas	15 plántulas	15 plántulas	15 plántulas
R3	15 plántulas	15 plántulas	15 plántulas	15 plántulas

liberación anticipada de las tetrásporas), al Centro de Investigación para la Acuicultura y Recursos Marinos del Departamento de Ciencias y Recursos Naturales de la Universidad de Magallanes.

Las frondas fueron lavadas con agua potable y luego con agua de mar filtrada a 0,45 mm y posteriormente deshidratadas por un periodo de tiempo no superior a 1 hora, con papel absorbente para acelerar la liberación de la tetrásporas.

Luego de la deshidratación, las frondas fueron sumergidas en agua de mar filtrada a 0,2 mm y esterilizada, obteniéndose una solución de tetrásporas, que fue filtrada en un tamiz con 25 mm de diámetro de poro para la retención de los restos de tejido e impurezas. Posteriormente esta solución fue inoculada sobre el sustrato de experimentación (portaobjetos).

#### Diseño experimental

Para la experiencia se montaron dos sistemas de cultivos en forma paralela, el primero consistió en el cultivo de *S. crispata*

desde los primeros estadios de desarrollo (tetrásporas) evaluándose el desarrollo tanto en la fase de disco como de talos (Tabla 1), y un segundo sistema en el cual se sometió a ejemplares con dos meses de cultivo en laboratorio a los diferentes rangos de salinidad para evaluar su respuesta en términos de incremento de biomasa húmeda (Fig. 2; Tabla 2).

#### Condiciones de cultivo

Los cultivos se realizaron en una cámara regulada a una temperatura de  $8 \pm 2$  °C con fotoperíodo de 16:8 (luz: oscuridad) y flujo fotónico de 45 fotón  $m^{-2}s^{-1}$ . Como medio de cultivo se utilizó agua de mar (filtrada y esterilizada), enriquecida con una solución Provasoli (10 ml  $l^{-1}$ ), con recambio semanal. Para el cultivo de tetrásporas se utilizaron 3 bandejas con 6 porta-objetos para cada concentración de salinidad. En el caso de las plántulas fueron utilizados matraces de 250 ml., colocándose 15 plántulas por matraz con tres réplicas cada una y aireación permanente (Fig. 2).

Para obtener las diferentes concentra



Fig. 2. Sistema de cultivo de plántulas de *S. crispata* en laboratorio.

empleadas en los cultivos se utilizó agua destilada y sal comercial común (Alveal *et al.* 1995), las que fueron corroboradas utilizándose un refractómetro calibrado ATAGO S/Mill.

#### Controles periódicos

Los diámetros promedio de discos y primordios generados de tetrásporas fueron evaluados durante tres meses mediante la utilización de un sistema compuesto de microscopía y un software analizador de imágenes Imagen Pro- Plus versión 4.1 y para determinar la longitud de los talos de mayor tamaño, se utilizó una lupa Nikon INC también conectada al sistema analizador de imágenes.

Para el caso de las plántulas el recambio de agua y de medio fue realizado 2 veces por semana, cuantificándose además, cada tres días, la biomasa húmeda de las plántulas mediante una balanza analítica Shimaadzu AW 220, con una precisión de 0,0001 gr.

#### Tasa de crecimiento (% día<sup>-1</sup>)

La tasa de crecimiento diario (TCD) expresada en porcentaje (%) por día fue calculada como el incremento en tamaño de acuerdo con la fórmula dada por Hansen (1980):

$$\text{TCD}(\%) = 100 * \ln(t_f/t_i) / t$$

Donde:

<b>TCD (%)</b>	: tasa de crecimiento diario en porcentaje (% día <sup>-1</sup> )
<b>N<sub>f</sub></b>	: diámetro final (mm), Longitud Final, Biomasa Húmeda Final
<b>N<sub>i</sub></b>	: diámetro inicial (mm), Longitud Inicial, Biomasa Húmeda Inicial
<b>t</b>	: tiempo

Para el análisis de la información se aplicó un test ANOVA de una vía y Test *a posteriori* TUKEY,  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

*S. crispata* resultó ser muy tolerable a las salinidades utilizadas (25‰, 30‰, 35‰ y 40‰), obteniéndose crecimiento en todos los niveles de salinidad, sin embargo, fueron observadas diferencias significativas entre los diversos tratamientos.

#### Desarrollo inicial de discos basales

Se registró un mayor crecimiento en el tratamiento bajo salinidad de 30‰ con diámetros promedio de  $338,5 \pm 32 \mu\text{m}$ , mientras que el menor crecimiento fue a 40‰ ( $215 \pm 11,6 \mu\text{m}$ ) con diferencias significativas en todos los tratamientos, excepto entre los cultivos sometidos a 25‰ y 30‰ de salinidad ( $p < 0,05$ ) (Tabla 3; Fig. 3 y 4). En relación a la tasa de crecimiento durante los primeros 21 días de cultivo ésta fue mayor a concentraciones de salinidad de 25‰ y 30‰ llegando a valores de  $8,64 \pm 1,7 \%$  y  $7,64 \pm 1,4 \%$  de crecimiento en diámetro por día respectivamente; no obstante lo anterior durante los días siguientes y hasta finalizar la fase de disco las tasas de crecimiento en todos los tratamientos no presentaron

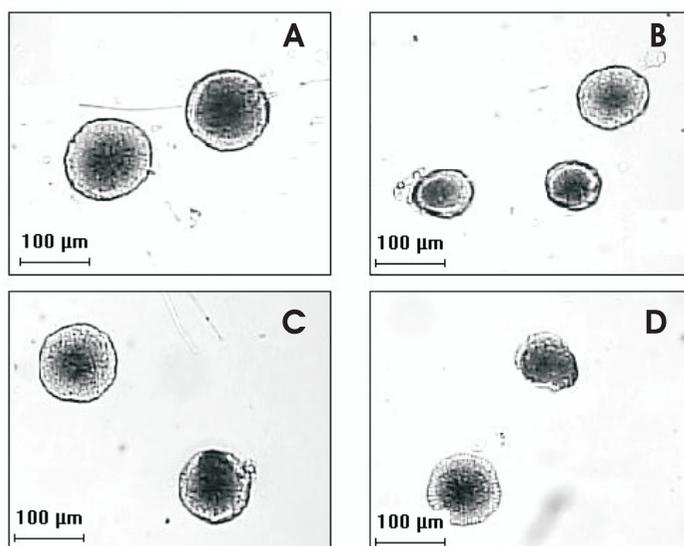


Fig. 3. Crecimiento de gametófitos de *S. crispata* a diferentes niveles de salinidad. (A: 25‰; B: 30‰; C: 35‰; D: 40‰).

TABLA 3. Anova de una vía y test de Tukey para tallas de discos *S. crispata*, cultivados bajo diferentes concentraciones de salinidad.

Origen	g.l	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	Fcal.	P
Modelo	3	1412617,57	470872,52	69,54	0,0001
Error	1239	8389570,23	6771,2		
Corrección total	1242	9802137,79			

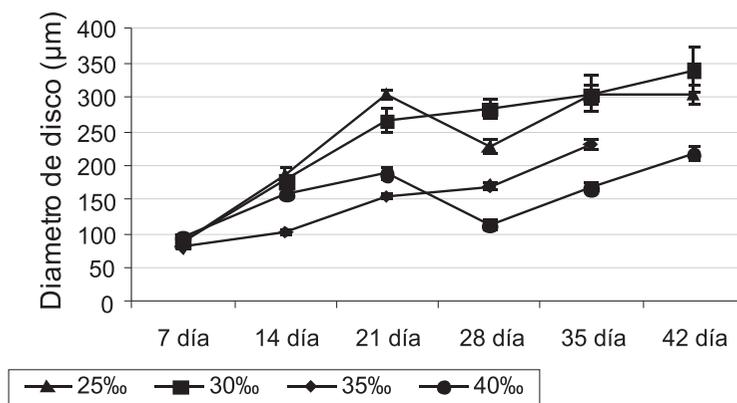


Fig. 4. Incremento en diámetro ( $\mu\text{m} \pm \text{e.e}$ ) de discos de *S. crispata* sometido a diferentes concentraciones de salinidad.

TABLA 4. Tasa de Crecimiento de *S. crispata* (% día<sup>-1</sup>) en tres intervalos de tiempo de 14 días promedio bajo diferente concentraciones de salinidad.

Concertación de Salinidad	7 al 21 días	21 al 35 días	35 al 42 días	TCD (% día <sup>-1</sup> )*
25‰	8,64	1,46	0,06	12,08
30‰	7,64	0,96	1,60	13,15
35‰	4,77	2,86		10,68**
40‰	4,83	-0,76	3,59	8,21

incrementos tan significativos (Tabla 4). Los porcentajes máximos de crecimiento para el periodo total de cultivo se presentó en los tratamientos con concentraciones de 25 y 30‰, con valores de  $12,08 \pm 0,8\%$  y  $13,15 \pm 0,8\%$  día<sup>-1</sup> respectivamente (Tabla 4).

Efecto de la salinidad en el desarrollo de las frondas

Los talos de *S. crispata* cultivados a diferentes concentraciones de salinidad, presentaron crecimiento en todos los tratamientos utilizados. Sin embargo, se observaron diferencias para cada uno de los tratamientos, las cuales fueron estadísticamente

significativas. ( $p < 0,05$ ) (Tabla 5; Fig. 5). El crecimiento expresado en longitud ( $\mu\text{m}$ ) indica que al inicio de la experiencia los talos reflejaron crecimientos similares para los diversos tratamientos, situación que a partir del día 53 de cultivo aproximadamente se observa una influencia positiva de las bajas salinidades (25‰ y 30‰) en el crecimiento de los talos (Fig. 6). Las mayores tasas de crecimiento diario se obtuvieron en algas cultivadas a concentraciones de 35‰ y 40‰ durante lo primeros 30 días de cultivo con índices promedio de  $4,45 \pm 0,6\%$  y  $5,06 \pm 0,5\%$  respectivamente. Sin embargo, esta situación fue fluctuante durante el resto de la experiencia, llegando a disminuir la tasa de

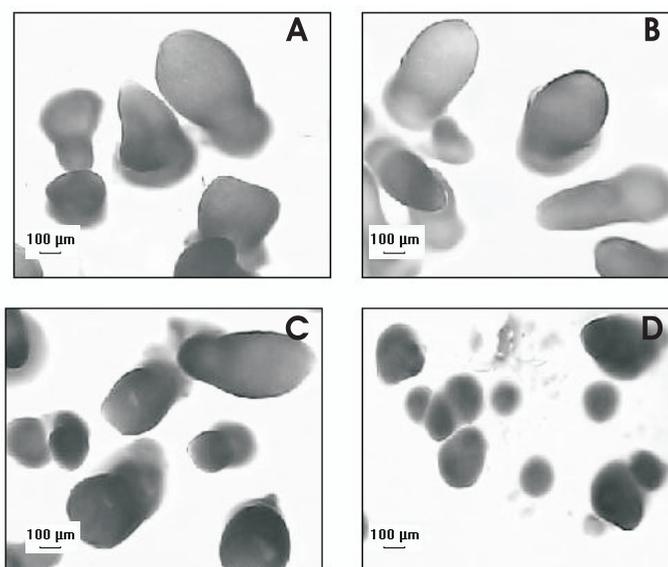


Fig. 5. Vista de los microtalos de *S. crispata* trascurrido 21 días de cultivo bajo condiciones de laboratorio a diferentes concentraciones de salinidades: (A: 25‰; B: 30‰; C: 35‰; D: 40‰).

TABLA 5. Anova de una vía y test *a posteriori* Tukey para talos de *S. crispata*. cultivados bajo diferente concentraciones de salinidad.

Origen	g.l	Suma de Cuadrados	Media de los cuadrados	Fcal.	P
Modelo	3	107772223	35924074	49,73	0,0001
Error	716	517192439	722336		
Correccion Total	719	624964662			

TABLA 6. Tasa de crecimiento diario (% día<sup>-1</sup>) de talos de *S. crispata*. Tratamiento 25‰, 30‰, 35‰ y 40‰.

Concentración de salinidad	1 al 32 días	32 al 53 días	53 al 73 días	TCD (% día <sup>-1</sup> )*
25‰	4,19 ± 0,77	4,17 ± 0,43	4,06 ± 0,47	4,1 ± 0,34
30‰	4,38 ± 0,70	5,14 ± 0,23	2,96 ± 0,35	4,2 ± 0,32
35‰	4,45 ± 0,69	4,64 ± 0,23	2,16 ± 0,55	3,8 ± 0,35
40‰	5,06 ± 0,50	3,49 ± 0,15	3,36 ± 0,23	4,1 ± 0,23

(\*) Tasa de crecimiento diario durante el periodo total de cultivo en laboratorio.

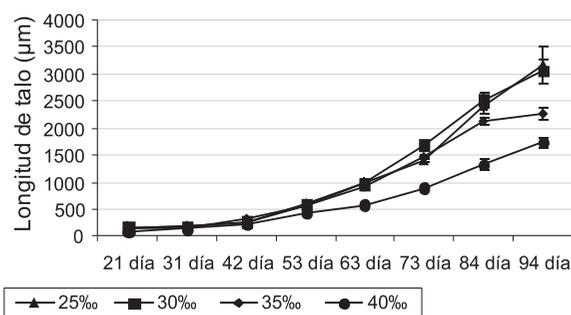


Fig. 6. Incremento en longitud (μm ± e.e) de talos en *S. crispata* sometido a diferentes concentraciones de salinidad.

TABLA 7. Anova de una vía y test a Tukey para plántulas *S. crispata* cultivadas bajo diferentes concentraciones de salinidad.

Origen	g.l	Suma de Cuadrados	Media de los cuadrados	Fcal.	P
Modelo	3	127,93069	42,643563	4,33	0,0056
Error	152	1495,276508	9,837345		
Correccion Total	155	1623,207197			

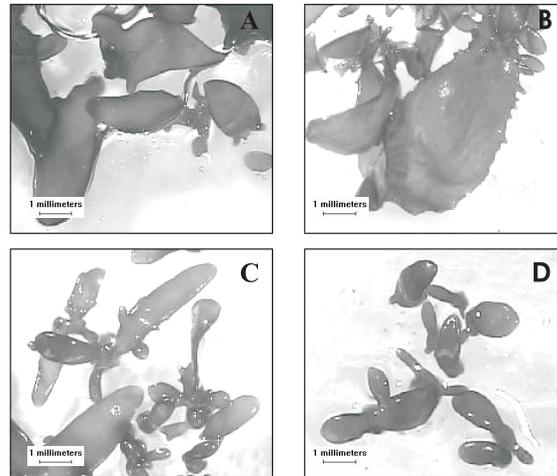


Fig. 7. Vista de los talos transcurridos 21 días de cultivo bajo condiciones de laboratorio a diferentes concentraciones de salinidades: (A: 25‰; B: 30‰; C: 35‰; D: 40‰).

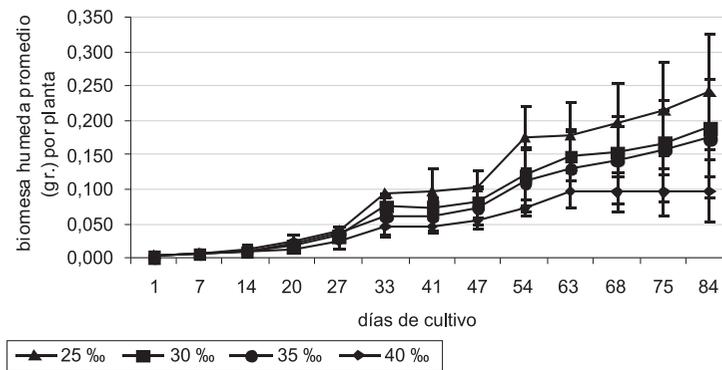


Fig. 8. Incremento en biomasa húmeda (gr. ± e.e) de plántulas de *S. crispata* bajo diferentes concentraciones de salinidad

TABLA 8. Tasa de crecimiento diario (% día<sup>-1</sup>) de plántulas de *S. crispata*, a diferentes concentraciones de salinidad 25‰, 30‰, 35‰ y 40‰.

Concentración de salinidad	1 al 20 día	20 al 41 día	41 al 63 día	63 al 84 día	TCD (% día <sup>-1</sup> )*
25‰	11,20 ± 0,93	6,89 ± 1,32	2,39 ± 0,57	1,45 ± 0,15	5,31 ± 1,31
30‰	8,72 ± 0,80	5,25 ± 1,54	3,28 ± 0,62	1,69 ± 0,27	5,12 ± 1,25
35‰	8,74 ± 0,95	6,72 ± 0,94	1,87 ± 0,51	1,69 ± 0,15	4,91 ± 1,12
40‰	9,91 ± 0,61	6,87 ± 1,19	3,35 ± 0,51	0,74 ± 0,06	4,18 ± 1,05

(\*) Tasa de crecimiento diario durante el período total de cultivo en laboratorio.

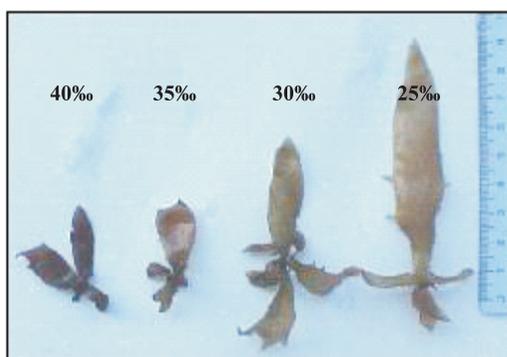


Fig. 9. Plántulas de *S. crispata* sometidas a cultivo bajo diferentes concentraciones de salinidad.

crecimiento a  $2,16 \pm 0,5$  % para salinidades de 35 ‰ y  $3,36 \pm 0,2$  % para salinidades de 40 ‰. Cabe resaltar que el tratamiento correspondiente a 25 ‰ de salinidad mantuvo una tasa de crecimiento diario relativamente constante durante los 73 días de experimentación presentando crecimientos diarios de  $4,1 \pm 0,3$  % (Tabla 6).

#### Efecto de la salinidad en el desarrollo de «plántulas» de *S. crispata*

En relación al efecto de las diferentes concentraciones de salinidad en plántulas de *S. crispata*, se observó crecimiento en todos los tratamientos utilizados; sin embargo el incremento de biomasa húmeda de los gametofitos sometidos a los diferentes niveles de salinidad reflejó diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos ( $p < 0,05$ ) (Tabla 7). A partir del día 41 de cultivo, se evidencia un crecimiento más acentuado de las plántulas cultivadas a salinidades de 25 ‰ ( $25‰ = 0,0025 \pm 0,01$ g) con respecto a los demás tratamientos (Fig. 7). Finalmente, transcurridos 84 días de cultivo, el aumento en biomasa de las plántulas cultivadas a 25 ‰ de salinidad se hicieron más evidentes obteniéndose incrementos de  $0,242 \pm 0,08$  g, pero concentraciones de 40 ‰ no favorecieron el crecimiento de las plántulas, registrándose apenas valores de  $0,097 \pm 0,04$  g. de biomasa ejemplar (Fig. 8). La información obtenida a

partir de la tasa de crecimiento diario, determinada en cuatro intervalos de tiempo refleja una disminución paulatina del crecimiento hasta la finalización de la experiencia. Durante los primeros 20 días de cultivo, salinidades de 25 ‰ propiciaron los mejores resultados, 11,20 % de crecimiento diario, a diferencia de los tratamientos de 30 ‰ y 35 ‰ que sólo presentaron crecimientos de  $8,72 \pm 0,80$ % y  $8,74 \pm 0,95$  % respectivamente. Para las plantas sometidas a 40 ‰ de salinidad, durante los últimos 63 días de cultivo se observó una fuerte disminución en su tasa de crecimiento diario, no llegando a superar el  $0,74 \pm 0,04$ %. (Tabla 8). Los índices de crecimiento diario durante el período de experimentación indican que el tratamiento de menor salinidad (25 ‰) fue el que proporcionó mejor respuesta en términos de crecimiento con un  $5,31 \pm 1,31$  % de crecimiento diario, mientras que el tratamiento a 40 ‰ sólo obtuvo un  $4,28 \pm 1,05$  % de crecimiento diario durante la experiencia.

#### CONCLUSIONES

Tanto embriones, como microtalos y plántulas provenientes de frondas tetrasporofíticas de *S. crispata*, presentaron una elevada tolerancia a diferentes niveles de salinidad, situación que parcialmente ha sido reportada por Friedlander & Dawes (1984), Muñoz *et. al.* (1984) y Yokoya & Oliveira (1993), quienes describen alta tolerancia en embriones provenientes de plantas tetrasporofíticas en *Gracilaria foliifera* var. *angustissima* y *G. verrucosa*. Sin embargo, se ha descrito que ciertas fases del ciclo reproductivo en algas rojas presentarían mayor tolerancia a la variación de parámetros ambientales, situación que estaría relacionada con la ploidía celular. Observaciones realizadas por Hoyle (1978), Pinheiro- Joventino & Bezerra (1980), Ludewings (1984) y Plastino (1985<sup>8</sup>) indican la predominancia de fases tetrasporofíticas en poblaciones naturales en diferentes especies de Rhodophyta del género *Gracilaria*, con lo que se podría explicar la

- 8 Ludewings, I. Y. A. 1984. Estudos sobre a biologia de uma espécie de *Gracilaria* (Rhodophyta, Gigartinales) do litoral norte do Estado de Sao Paulo, Brasil, Tese de doutorado. Universidade de Sao Paulo. Sao Paulo.
- 9 Plastino, E. M. 1985. As espécies de *Gracilaria* (Rhodophyta, Gigartinales) da Praia Dura, Ubatuba, SP- Aspectos biológicos e fenologia. Tese de mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo.

influencia de la ploidía como factor de resistencia frente a las condiciones medioambientales y posiblemente de su descendencia.

Los rangos de salinidad utilizadas favorecieron el crecimiento en algunas concentraciones (25‰), mientras que otras tuvieron un efecto inhibitorio (40‰). Si bien la literatura menciona que esta situación que puede ser explicada debido a que especies que habitan la zona intermareal están sujetas a grandes variaciones de temperatura y salinidad (Yokoya & Oliveira 1993), creemos que en el caso de *S. crispata*, además de ser una especie del intermareal inferior, bastante abundante en las aguas del estrecho de Magallanes, presenta además una gran capacidad de colonizar diferentes ambientes tales como fiordos y canales, muchos de los se encuentran influenciados por áreas de deshielo y por lo tanto, representan ambientes de baja salinidad en los cuales *S. crispata* también forma importantes poblaciones.

Cambios estacionales en la salinidad gatillan cambios en la composición química de algunas especies de algas como *Ulva lactuca* (Patil & Joshi 1967). De esta manera, el aumento en la tasa de crecimiento en *S. crispata* a bajas salinidades podría estar favoreciendo de igual forma al aumento de proteínas y de cenizas, y manteniéndose las concentraciones de ficocoloides del talo, propiedades que deberían ser mejor estudiadas con el objetivo de poder obtener recursos con mejores características de comercialización como señala Santelices (1977<sup>10</sup>).

En el presente estudio, elevadas concentraciones de salinidad (40‰) afectaron notablemente la tasa de crecimiento de plántulas de *S. crispata*, fenómeno referido en la literatura y que depende además del tiempo de exposición, estado fisiológico del talo y diferencias intrínsecas de cada especie de alga. Según Montfort (1931) existirían 3 grupos de algas: un grupo que no muestra disminuciones en la velocidad de fotosíntesis; un segundo grupo que sufre una depresión irreversible en su velocidad

de fotosíntesis; y un tercer grupo con una respuesta que podría ser rápida o lenta, reversible o irreversible de la fotosíntesis. Para el caso de *S. crispata* podríamos deducir que bajos niveles de salinidad (25‰) estarían ocasionando una disminución en la concentración de pigmentos, una vez que ejemplares sometidos a bajas concentraciones de salinidad presentaron menor pigmentación, sin llegar a alterar la tasa fotosintética, debido a las elevadas tasas de crecimiento registradas. Entre tanto, es importante mencionar que algas sometidas a altas concentraciones de salinidad (40‰), mantuvieron una coloración normal pero muy baja tasa de crecimiento. Se recomienda realizar estudios sobre variaciones en la concentraciones de pigmentos de frondas de *S. crispata* cultivadas a diferentes niveles de salinidad.

Por otro lado, menor pigmentación de las plántulas de *S. crispata*, observada a salinidades de 25‰, podría estar favoreciendo la calidad de la carragenina extraída de esta especie, ya que ayudaría al blanqueamiento a las que son sometidas antes de la extracción. Se recomienda realizar ensayos sobre extracción y propiedades de los carragenanos extraídos de ejemplares cultivados a bajas concentraciones de salinidad para verificar si estas aseveraciones podrían ser consideradas al momento de planificar futuros cultivos experimentales de esta especie en la región.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Proyecto 3-44 Mineduc-Acuicultura y al Programa Interno de la Universidad de Magallanes PR-F4-03RN-03 por el financiamiento. A Christopher Anderson, University of Georgia (EUA), por la traducción al inglés del Resumen y al revisor anónimo del manuscrito por sus importantes sugerencias.

#### LITERATURA CITADA

Avila, M. & M. Seguel 1993. An overview of seaweed resources in Chile. *Journal of*

10 Santelices, B., 1977. Ecología de algas marinas bentónicas. Efectos de factores ambientales. Documento de la Dirección de Investigación, Pontificia Universidad Católica de Chile, p: 105. 489 pp.

- Applied Phycology*. 5: 133-139.
- Friedlander, M. & C. J. Dawes 1984. Studies on spore release and sporeling growth from carpospores on *Gracilaria filiiifera* (Forsskåal) Børgersen var. *angustissima* (Harvey) Taylor. I. Growth responses. *Aquat. Bot.* 19: 221-232.
- Hansen, J.E. 1980. Physiological considerations in the mariculture of red algae. In: I.A. Abbott, M.S. Foster & Eklund (eds.), Pacific Seaweed Aquacultura. Publ. California Sea Grant. Coll. Program, La Jolla: 80-91.
- Hoyle, M.D. 1978. Reproductive phenology and growth rates in two species of *Gracilaria* from Hawaii. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 2: 46-63.
- Hoffmann, A. J & B. Santelices 1997. Flora Marina de Chile Central. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. 434 pp.
- Montfort, C. 1931. Assimilation und Stoffgewinn der Meeresalgen bei AussuBung und Ruckversalzung. I. Phasen der Giftwirkung und die Frage der reversibilitat. II. Typen der Funktionellen salzeinstellung. *Ber. dt. Bot. Ges.* 49: 59-66.
- Muñoz, M. A., H. Romo, & K. Alveal 1984. Efectos de la salinidad en el crecimiento de tetrasporofitos juveniles de *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss (Rhodophyta, Gigartinales). *Gayana* 41: 119-125.
- Patil, B. A. & G. V. Joshi 1967. Seasonal variation in chemical composition of *Ulva lactuca* and sea water. *Indian J. expl. Biol.* 5: 236-238.
- Pinheiro- Joventino, F & C. L. F. Becerra 1980. Estudo de fonología e regeneração de *Gracilaria domingensis* Sonder (Rhodophyta- Gracilariaceae) no Estado de Ceará. *Arq. Ciên. Mar.* Fortaleza. 20: 33-41.
- Yokoya, N. & E. Oliveira 1993. Effects of temperature and salinity on spore germination and sporeling development in South American agarophytes (Rhodophyta). In *Jpn. J. Phycol.* (Sorui) 41: 283-293.