

Cultivo de *Gracilaria chilensis* Bird, McLachlan y Oliveira, en la zona intermareal y submareal del Estuario Cariquilda, Maullín, Chile

Cultivation of *Gracilaria chilensis* Bird, McLachlan and Oliveira, in the intertidal and subtidal zones of Cariquilda estuary, Maullín, Chile

RENATO WESTERMEIER, PEDRO J. RIVERA e IVAN GOMEZ

Instituto de Botánica, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile,
Casilla 567, Valdivia

RESUMEN

La sobreexplotación de las poblaciones de *Gracilaria* en Chile ha derivado en la búsqueda de sistemas de cultivo que puedan ser aplicados a una escala comercial. Los estuarios del sur de Chile proporcionan un ambiente adecuado para el desarrollo de esta actividad.

El presente estudio se llevó a cabo en el estuario del río Cariquilda, Maullín (41°37'S, 73°35'W), utilizando el sistema de plantación directa en las zonas inter y submareal. Se evaluó el efecto de artes y alturas de corte, así como la frecuencia de cosechas. Para ello se diseñó un esquema temporal de siembras con el propósito de definir el efecto de la estacionalidad sobre la instalación de los cultivos.

Los resultados indican que la máxima productividad fue obtenida en cultivos realizados en la zona submareal, cuya proyección a nivel comercial indica entre 91,0 y 149,0 ton·ha⁻¹·año⁻¹, con cosechas bi o trimensual. En la zona intermareal, factores relacionados con emersión-inmersión, oleaje, y una mayor inestabilidad del sedimento, entre otros, determinaron una alta mortalidad de los talos, cuya sobrevivencia no superó los doce meses. Las variaciones temporales de la biomasa estuvieron marcadas por una fuerte estacionalidad, cuyos máximos valores se concentraron entre primavera y otoño, mientras que no se evidenció un patrón definido en las fluctuaciones temporales de la biomasa, al comparar siembras realizadas en distintas épocas del año. Los epífitos fueron más abundantes en la zona intermareal, observándose una mayor incidencia durante los meses cálidos, donde su biomasa representó hasta un 70% del peso de *Gracilaria*.

Palabras claves: Cultivos, *Gracilaria*, zona intermareal, zona submareal Chile.

ABSTRACT

Over-exploitation of natural populations of *Gracilaria* in Chile has determined the study of diverse cultivation systems suitable on an industrial scale. The estuaries of southern Chile provide an adequate environment for re-population of *Gracilaria* by means of mass cultures.

The present study was conducted in the Cariquilda estuary, at Maullín (41°37'S, 73°35'W), using the direct planting system in both intertidal and subtidal areas. Effect of method adopted and height of cutting, and of harvesting frequency, were evaluated. A temporal planting scheme was designed to determine the influence of the planting season.

The results indicate that the maximum biomass was obtained in cultures realized in the subtidal area, indicating yields between 91.0 and 149.0 ton·ha⁻¹·yr⁻¹, by harvesting every two or three months. In the intertidal area, factors related with the emersion-inmersion, surf, and sedimentary changes, determine a high mortality of planted thalli whose average life-span did not exceed twelve months. The temporal changes in biomass, were marked for a strong seasonality, with maximum values occurring between spring and autumn, however, comparisons among plantations realized in different seasons, indicate no clear patterns in the temporal variations of the biomass. The epiphytes were more abundant in the intertidal zone and principally restricted to the warmer month, reaching values up to 70% in relation to weight of *Gracilaria*.

Key words: Cultivation, *Gracilaria*, intertidal zone, subtidal zone Chile.

INTRODUCCION

En el sur de Chile el cultivo de *Gracilaria chilensis* Bird, McLachlan y Oliveira es una actividad de reciente desarrollo, situación derivada de la sobreexplotación y consecuente colapso productivo de las praderas

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

(Recibido el 10 de enero de 1990.)

naturales (Westermeyer 1980, Westermeyer *et al.* 1988). En 1988 la producción obtenida en cultivo representó el 38,6% del volumen total de *Gracilaria* extraído en Chile (SERNAP 1989). Una gran proporción correspondió a la Décima Región (61,0%), zona que, entre los años 1977 y 1984, aportaba gran parte de la producción extraída de praderas naturales.

Los primeros estudios experimentales destinados a evaluar metodologías de cultivo se centraron en la zona norte (Pizarro 1986). En la mayoría de ellos, la corta duración de las experiencias (generalmente no más allá de 6 meses) no permitió proyectar los resultados a un nivel comercial. La búsqueda de metodologías eficientes y económicamente rentables ha generado técnicas tales como el uso de tubos de polietileno rellenos con arena, como sustrato de fijación de talos; de acuerdo a estimaciones llevadas a cabo por Pizarro & Barrales (1986) en el litoral de la zona norte, mediante esta técnica es posible obtener una producción cercana a las 20 ton·há⁻¹ de materia seca (aproximadamente 126 ton·há⁻¹ de materia húmeda) al cabo de seis meses. En el sur de Chile, en tanto, Westermeyer *et al.* (1988) han reportado valores cercanos a 200 ton·há⁻¹·año⁻¹ de materia húmeda en ambiente estuarino.

En la Décima Región, adicionalmente a las técnicas de fijación sobre sustratos artificiales, se han implementado cultivos basados en plantación directa. En este sentido Westermeyer *et al.* (en prensa), y tomando en cuenta sólo seis meses de investigación, informan de su factibilidad técnica y sugieren su implementación y evaluación sobre un mayor lapso de tiempo. De acuerdo a eso y debido a que en esta zona existe gran cantidad de ambientes aptos (estuarios y bahías protegidas), se hace necesario estudiar detalladamente la respuesta de *G. chilensis* bajo sistema de plantación directa con el fin de poder aplicarlos masivamente en el repoblamiento de praderas sobreexplotadas o en la incorporación de nuevas áreas.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la producción de *G. chilensis* utilizando la técnica de plantación directa al

sustrato. Para ello se realizaron experimentos tanto en la zona intermareal como submareal, analizando el efecto de la estacionalidad de las siembras, frecuencias de cosechas y metodologías de poda (artes y alturas de corte).

MATERIALES Y METODOS

Area de estudio

El presente estudio fue llevado a cabo en el área experimental del Laboratorio de Biología Marina de Maullín, ubicado en el río Cariquilda (Fig. 1) y perteneciente a la Universidad Austral de Chile. En este lugar el régimen de mareas alcanza una amplitud promedio de 2 m, con un volumen de intercambio de agua entre mareas de un 38%. Las aguas son mixohalinas con un rango máximo entre 9,5 y 25,5 por mil, mientras que la temperatura fluctuó entre 7,5 y 20°C (Tabla 1).

En la Fig. 2 se muestran las condiciones climáticas del área de estudio. La radiación total fluctuó entre 0,4 Kcal²·cm⁻²·min⁻¹ (verano) y 0,1 Kcal²·cm⁻²·min⁻¹ (invierno). Igual ciclo tiene la temperatura ambiente, con máximas de 18°C en el mes de febrero (verano) y mínimas de 6°C en julio (invierno). La humedad relativa presentó un rango de variación que va desde 80,0 a un 92,2%.

Diseño experimental y metodología de cultivo

El diseño experimental consistió de dos series de 96 m² cada una, sembradas en la zona intermareal y submareal, respectivamente. Cada serie (Fig. 3) fue dividida en seis tratamientos con diferente frecuencia de cosecha (mensual, bimensual, trimensual, cada 4, 5 y 6 meses), con 16 m² cada uno. En cada frecuencia de cosecha se consideraron dos artes de corte, mano y cuchillo, que totalizan 8 m² cada uno, y 2 alturas de corte, 10 y 20 cm, con 4 m² cada una, lo cual constituyó una unidad de siembra. La biomasa inicial de

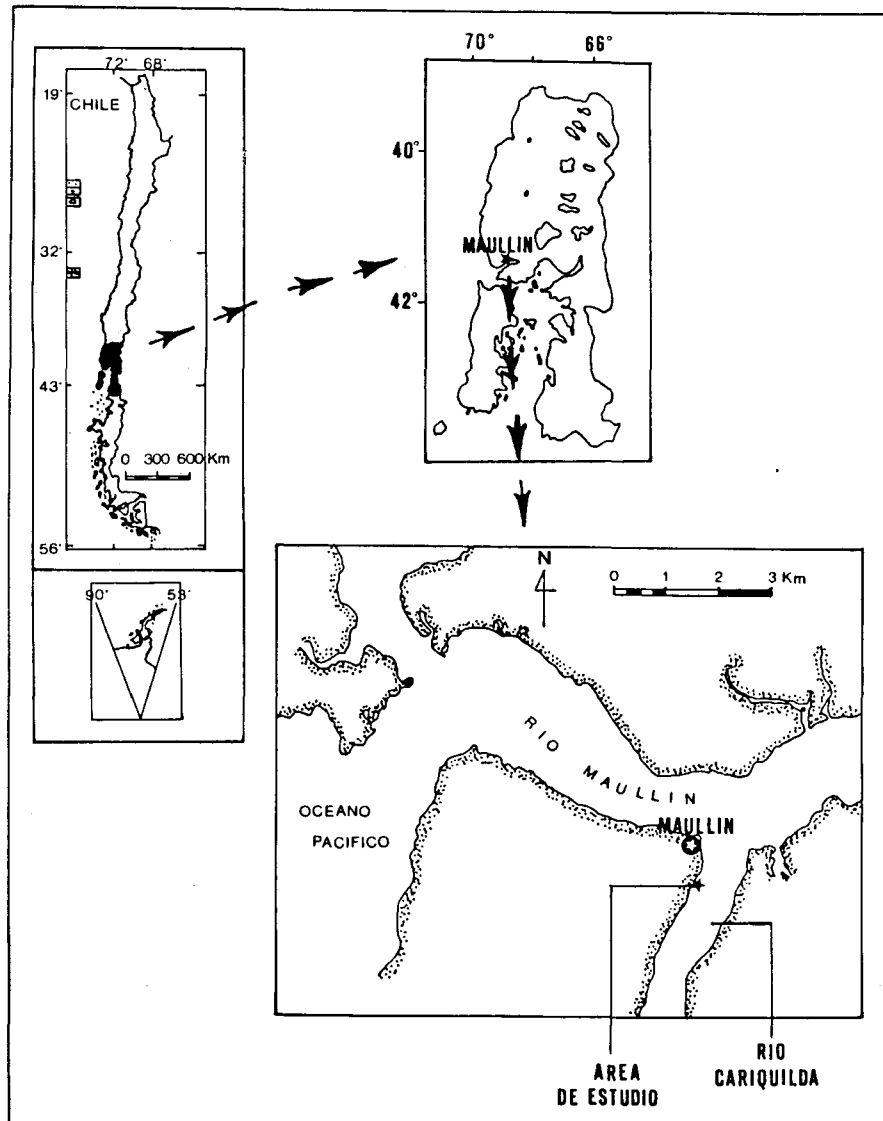


Fig. 1: Área de estudio en el estuario Cariquilda, Maullín, X Región.
Study area, Cariquilda estuary, Maullín, X Región, Chile.

TABLA I

Promedio anual de salinidad y temperatura del agua en el río Cariquilda
Annual mean of salinity and water temperature in the Cariquilda River

	SALINIDAD (‰)			TEMPERATURA (°C)		
	\bar{X}	(DS)	Rango	\bar{X}	(DS)	Rango
Marea alta	20,1	(2,7)	15,0-25,5	13,2	(2,4)	9,5-17,5
Marea baja	14,4	(2,7)	9,5-20,0	13,6	(3,9)	7,5-20,0

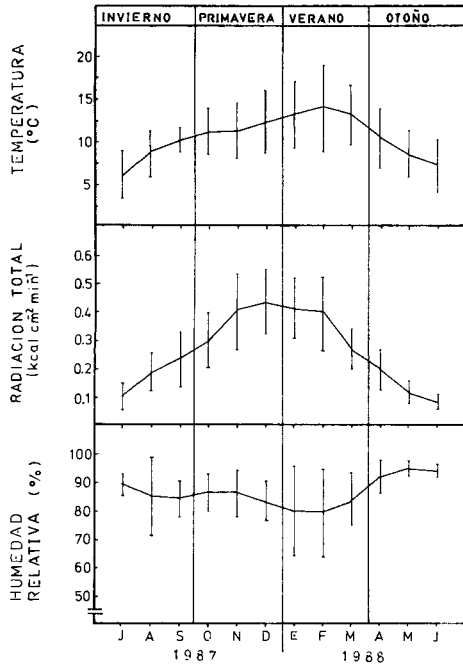


Fig. 2: Condiciones climáticas del área con registros de temperatura ambiental, radiación y humedad relativa.

Climatic conditions of the study site, air temperature, radiation and relative humidity.

siembra fue de $1,25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ distribuida regularmente en 25 paquetes de talos de 50 g cada uno. Estos fueron introducidos directamente sobre el sustrato a una profundidad de 15 cm, utilizando una herramienta denominada "horquilla".

Para evaluar el efecto de las frecuencias de cosecha, artes y alturas de corte, se aplicó un modelo multifactorial mixto de orden superior (Sokal & Rohlf 1979), en el cual los tratamientos de altura y artes de corte fueron considerados como fijos y el efecto de la frecuencia de cosecha como aleatoria. Para determinar si existen cambios en la biomasa producida con respecto a diferentes épocas de siembra se realizaron plantaciones en otoño, invierno y primavera, las cuales mantuvieron el mismo esquema experimental de las siembras iniciales. Estas siembras se ubicaron a igual nivel mareal y similares características texturales del sustrato en relación a las siembras iniciales.

La producción se determinó mensualmente en base al peso fresco en cada metro cuadrado de una unidad de siembra y la

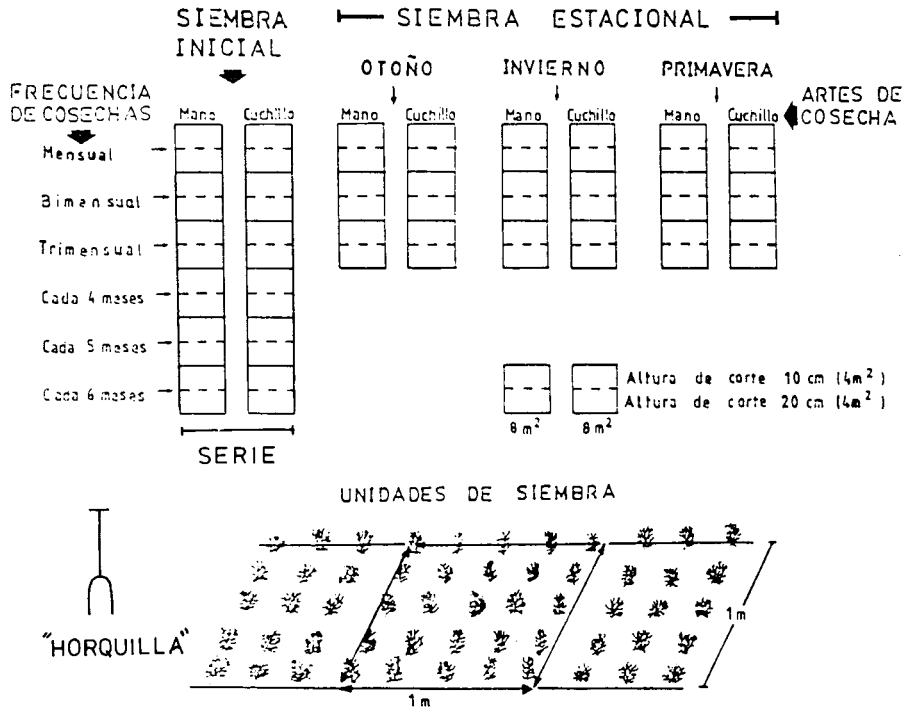


Fig. 3: Diagrama del diseño experimental de cultivo realizado en los niveles intermareal y submareal. Distribución espacial y temporal de los diferentes tratamientos experimentados.

Diagram of the experimental culture setting for intertidal and subtidal levels. Spatial and temporal distribution at the different performed treatments.

sobrevivencia de paquetes de talos fue determinada a partir del número sembrado inicialmente ($n = 25$). Con el propósito de determinar si los cambios temporales de la biomasa están asociados a las variaciones en el número de paquetes de talos, se realizó un test de correlación entre el peso de *Gracilaria* y la sobrevivencia de ellos. Los datos de biomasa obtenidos en los distintos tratamientos se analizaron de acuerdo a un análisis de varianza multifactorial (Sokal & Rohlf 1979). Cambios granulométricos del sedimento relacionados con la presencia de *Gracilaria* fueron evaluados mensualmente en base a 30 muestras tomadas en zonas sin alga (control) y en lugares de plantación. Las muestras de sustrato fueron analizadas de acuerdo a la metodología descrita por Anderson *et al.* (1981). Finalmente se cuantificaron los cambios mensuales en la abundancia de epífitos totales, obteniéndose su incidencia porcentual con respecto a la biomasa de *Gracilaria*.

RESULTADOS

Cambios temporales de la biomasa: efecto de la frecuencia de cosecha, artes y alturas de corte

La biomasa de *Gracilaria* producida en los cultivos intermareales presentó un rango entre $0,1$ y $1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ al considerar la totalidad de los tratamientos (Fig. 4). La frecuencia de cosecha mensual exhibió dos períodos de mayor producción: verano (enero) y otoño (abril), con una biomasa de $0,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ en ambos casos y valores mínimos de $0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ hacia fines de verano e invierno. La producción con cosechas cada dos meses mostró un período de mayor producción en el mes de enero, alcanzando a $1,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. Hacia los meses siguientes y hasta el inicio de la primavera la productividad mantuvo niveles estables, con valores de $0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. Los resultados de producción obtenidos en las frecuencias de cosecha cada 3, 4,

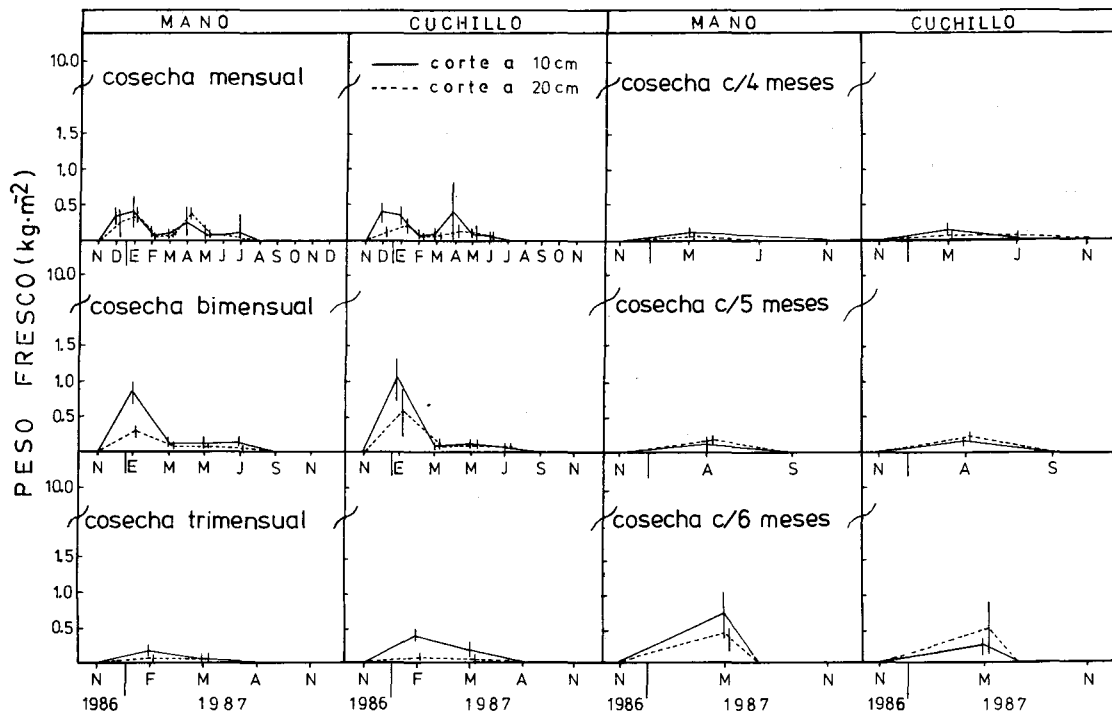


Fig. 4: Fluctuaciones temporales de los valores de biomasa producidos en los cultivos de *G. chilensis* en la zona intermareal. Efecto de seis frecuencias de cosechas, artes y alturas de corte.

Temporal fluctuations of biomass values produced in the intertidal cultures of *G. chilensis*. Effects of harvesting frequencies, form and height of cuttings.

5 y 6 meses mostraron valores que fluctuaron entre 0,2 y 0,7 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$, no evidenciándose una estacionalidad en la producción, como la ocurrida bajo tratamientos con cosecha mensual. El análisis de varianza multifactorial (Tabla 2) indicó un efecto significativo ($p < 0,05$) de la frecuencia de cosecha sobre la biomasa. En cuanto al efecto de la altura de corte, se observó que en los tratamientos realizados a 10 cm la biomasa tiende a ser levemente superior a los cortes a 20 cm; sin embargo, no se detectó una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$). Los resultados obtenidos en las siembras intermareales en relación a las artes de cosecha indican diferencias significativas entre ellas ($p < 0,05$).

En los cultivos realizados en la zona submareal los valores de biomasa (Fig. 5) fueron superiores a los obtenidos en la zona intermareal (Fig. 4). Las variaciones temporales muestran una estacionalidad con períodos de mayor producción en otoño y primavera y de valores mínimos en invierno y principios de verano. Esta situación se reflejó en las frecuencias de cosecha mensual, bimensual y trimensual. La biomasa obtenida en la frecuencia de cosecha mensual presentó valores entre 0,5 y 3,0 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$, siendo el máximo valor el obtenido en otoño en ambas artes de cosecha. Bajo frecuencia de cosecha bimensual y con cortes realizados a mano se pro-

ducen dos períodos de mayor rendimiento: el primero en otoño (marzo), el cual alcanzó a 3,8 y 5,5 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ en las alturas de corte de 20 y 10 cm, respectivamente. El segundo ocurrió en primavera (noviembre) con biomasa en ambas alturas de corte de 3 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$. En el tratamiento de corte a cuchillo, en tanto, la mayor productividad se concentró en la primera cosecha (marzo), alcanzando valores de 6,2 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ a una altura de corte de 10 cm.

Al considerar la totalidad de los tratamientos experimentales, la mayor productividad fue observada en los tratamientos con cosecha trimensual. En el tratamiento utilizando corte a mano la biomasa alcanzó a 8,0 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ en otoño (abril) y de 3,2 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ en primavera (octubre). Una tendencia similar pero con menores valores (6,5 y 1,8 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$) fue encontrada en los tratamientos con arte cuchillo. Las menores productividades ocurrieron en verano e invierno, 1,0 - 1,5 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$, respectivamente.

La biomasa registrada en tratamientos de cosecha cada 4, 5 y 6 meses presentó una marcada estacionalidad. Así, las productividades obtenidas en septiembre de 3,0 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ con el arte mano y 2,5 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ en mayo con arte cuchillo. Las producciones mínimas se registraron en enero, para ambas artes de cosecha, con valores entre 0,5 y 1,0 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$. Bajo tratamiento de

TABLA 2

Análisis de varianza multifactorial. Efecto de las variables experimentales sobre la biomasa de *G. chilensis* cultivada en la zona intermareal
Multifactorial analysis of variance. Effect of the experimental variables on the biomass of *G. chilensis* in the intertidal cultures

Fuente de variación	Grados de libertad	F
Altura de corte	1	4,58
Frecuencia de cosecha	3	60,68*
Arte de corte	1	1.210,30*
Altura de corte x Frecuencia de cosecha	3	15,99
Altura de corte x Arte de corte	1	4,13
Frecuencia de cosecha x Arte de corte	3	6,09
Altura de corte x Frecuencia de cosecha x Arte de corte	3	2,82
Error	48	
Total	63	

* = $p < 0,05$.

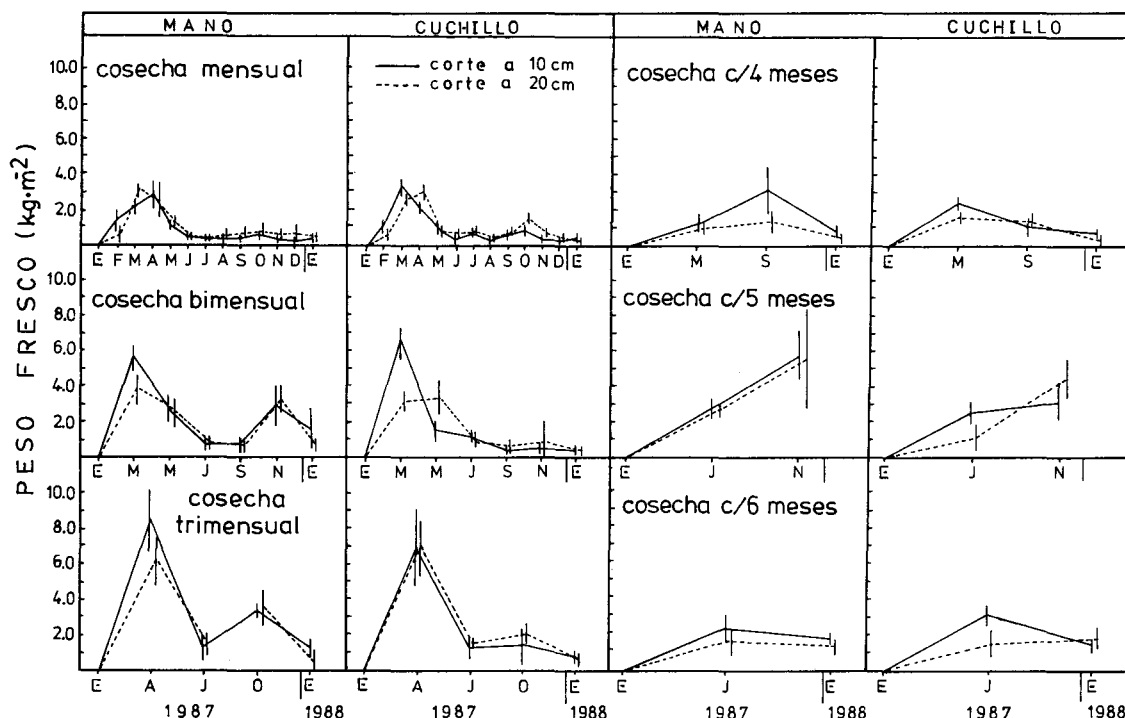


Fig. 5: Fluctuaciones temporales de los valores de biomasa producidos en los cultivos de *G. chilensis* en la zona submareal. Efectos de seis frecuencias de cosecha, artes y alturas de corte. Temporal fluctuations of biomass values produced in the subtidal cultures of *G. chilensis*. Effects of six harvest frequencies, form and height of cuttings.

cosecha cada 5 meses, la biomasa de *Gracilaria* tuvo un incremento sostenido desde enero hasta noviembre, alcanzando valores cercanos a $5,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ mediante cortes a mano y entre $3,0$ y $4,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ utilizando cuchillo. Con frecuencia de cosecha cada 6 meses, en cambio, la biomasa fue mayor en invierno (julio), alcanzando valores de $1,0$ y $3,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ en tratamientos de corte a mano y cuchillo, respectivamente.

Al comparar el efecto de las variables experimentales se observa que las alturas y artes de corte no ejercen un efecto importante ($p > 0,05$) sobre las variaciones de la biomasa y que sólo la frecuencia de cosecha altera significativamente tales cambios ($p < 0,05$; Tabla 3). En general las alturas de corte determinaron sólo variaciones en algunos meses, por lo que sus efectos en el total del período estudiado no fueron detectados estadísticamente.

Sobrevivencia del cultivo

La Tabla 4 muestra el porcentaje de sobrevivencia registrada al final del estudio en

ambos niveles mareales. En la zona intermareal, el desprendimiento de los talos fue masivo, alcanzando una vida media de 7 meses. En la zona submareal el patrón de sobrevivencia estuvo determinado principalmente por la frecuencia de cosecha. Los tratamientos con cosecha mensual y bimensual exhibieron al final del estudio una sobrevivencia inferior al 50%, mientras que los cultivos sometidos a cosechas con mayor intervalo de tiempo lograron mantener niveles de sobrevivencia entre 50 y 80%. De acuerdo al análisis de correlación (Tabla 5), no se encontró una incidencia marcada del porcentaje de sobrevivencia de paquetes de talos ($r = 0,46$ y $0,55$) sobre la biomasa.

Efecto de la estacionalidad de las siembras

En la Fig. 6 se compara la producción de *Gracilaria* sembrada en la zona intermareal, en tres períodos del año y con frecuencias de cosecha mensual, bimensual

TABLA 3

Análisis de varianza multifactorial. Efecto de las variables experimentales sobre la biomasa de *G. chilensis* cultivada en la zona submareal

Multifactorial analysis of variance. Effect of the experimental variables on the biomass of *G. chilensis* in the subtidal cultures

Fuente de variación	Grados de libertad	F
Altura de corte	1	1,77
Frecuencia de cosecha	4	131,70*
Artes de corte	1	2,30
Altura de corte x Frecuencia de cosecha	4	3,48
Altura de corte x Arte de corte	1	1,75
Frecuencia de cosecha x Arte de corte	4	7,28
Altura de corte x Frecuencia de cosecha x Arte de corte	4	1,67
Error	60	
Total	79	

* =p < 0,05.

TABLA 4

Porcentaje de sobrevivencia de talos de *G. chilensis* al término del estudio en ambos niveles mareales.

Los valores corresponden al promedio de 16 metros cuadrados

Percentage survival of plants of *G. chilensis* at the end of the experimental period. Values are of 16 square meter areas

Frecuencia de cosecha	Fecha último control	Sobrevivencia (%)
Zona Intermareal: (Cultivo iniciado en noviembre de 1986)		
Mensual	Julio	87
Bimensual	Septiembre	87
Trimensual	Agosto	87
Cada 4 meses	Noviembre	87
Cada 5 meses	Septiembre	87
Cada 6 meses	Noviembre	87
Zona Submareal: (Cultivo iniciado en enero de 1987)		
Mensual	Enero	88
Bimensual	Enero	88
Trimensual	Enero	88
Cada 4 meses	Enero	88
Cada 5 meses	Noviembre	87
Cada 6 meses	Noviembre	87

TABLA 5

Relación entre la biomasa de *G. chilensis* (Y) y el porcentaje de sobrevivencia (X) en ambos niveles mareales

Relationship between the biomass of *G. chilensis* (Y) and percentage survival in both, intertidal and subtidal zones

Nivel mareal del cultivo	n	Coefficiente de correlación (r)	Ecuación
Zona Intermareal	28	0,50	Y = 6,57 + 2,19 X
Zona Submareal	48	0,46	Y = 17,0 + 411,82 X

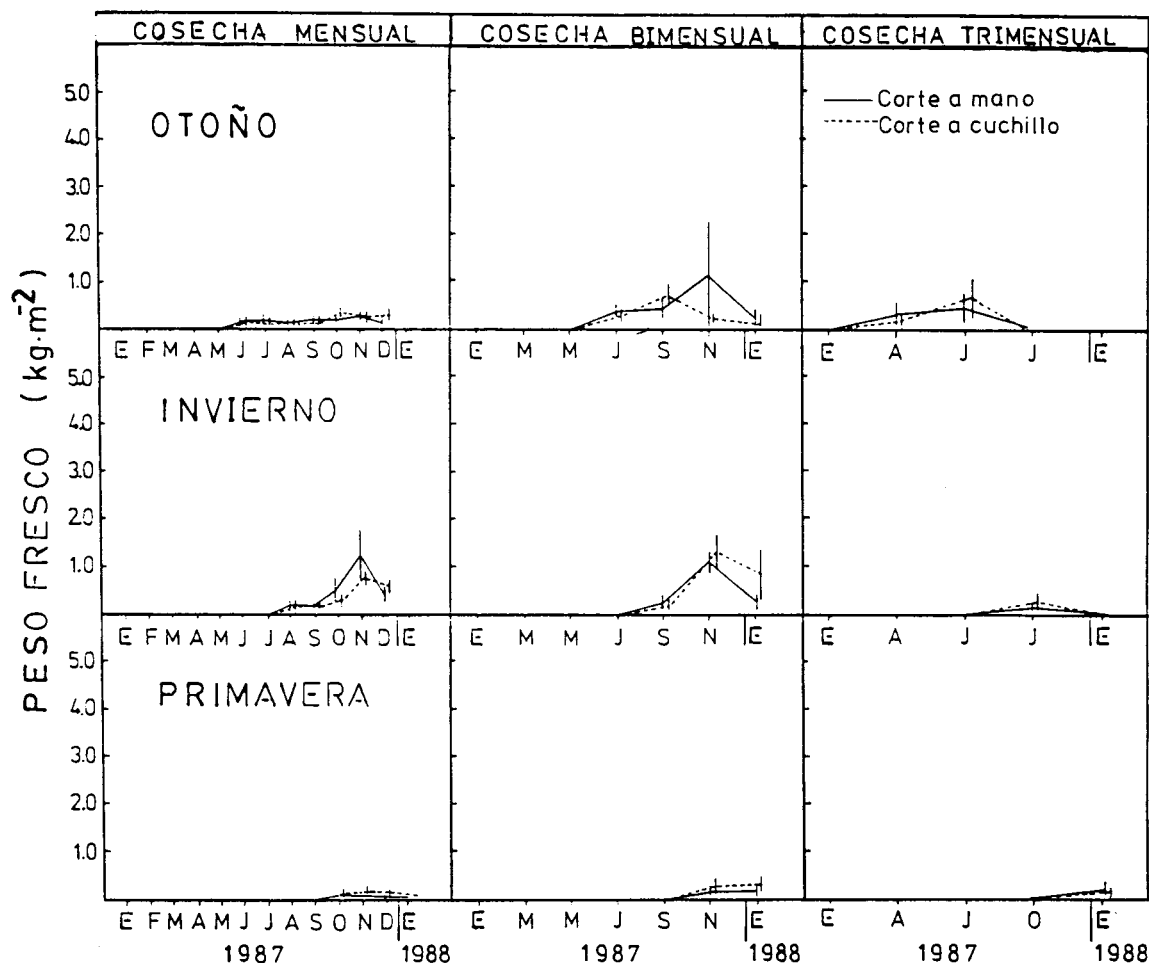


Fig. 6: Fluctuaciones temporales de la biomasa producida en los cultivos intermareales de *G. chilensis* iniciados en otoño, invierno y primavera. Efecto de tres frecuencias y artes de cosechas.

Temporal fluctuations of biomass produced by intertidal cultures of *G. chilensis* initiated in autumn, winter and spring. Effect of three frequencies and form of harvest.

y trimensual. En las siembras realizadas en otoño como en invierno la mayor productividad se concentró hacia los meses de primavera ($1,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$), principalmente bajo frecuencia de cosecha bimensual y corte a mano. En siembras llevadas a cabo en primavera la biomasa no superó los $0,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ en las tres frecuencias de cosecha.

En la zona submareal (Fig. 7) la variación temporal de la biomasa registrada en las siembras de otoño alcanzó valores máximos en primavera, obteniéndose $1,5$ y $3,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ con un régimen de cosecha bimensual. Tanto en las siembras de invierno como en las llevadas a cabo en prima-

vera las mayores productividades se concentraron hacia noviembre y diciembre, con valores cercanos a $1,0$ y $0,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, respectivamente. En estas experiencias no se detectó un efecto de las frecuencias de cosecha sobre los cambios temporales de la biomasa.

Producción del cultivo en macroescala

Las mayores producciones anuales netas se concentraron en los tratamientos bajo frecuencia de cosecha bi y trimensual (Tabla 6), alcanzando valores máximos de $149 \text{ ton} \cdot \text{há}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ y mínimos de alrededor de $91 \text{ ton} \cdot \text{há}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$. En

TABLA 6

Rendimiento de producción de *G. chilensis* con distintas frecuencias de cosecha y artes utilizados.
 Período febrero 1987 - enero 1988.
 Yield of *G. chilensis* in relation to different harvesting frequencies and harvesting methodology.
 Period February 1987 - January 1988

Tratamientos	Altura de corte cm	Acumulado kg · m ⁻² · año ⁻¹	Incremento mensual kg · m ⁻²	Biomasa total ton · há ⁻¹ · año ⁻¹
MENSUAL				
Mano	10	10,10	0,84	101,03
	20	12,11	1,00	121,14
Cuchillo	10	9,85	0,82	98,54
	20	10,95	0,91	109,53
BIMENSUAL				
Mano	10	14,72	1,22	147,27
	20	12,58	1,04	125,83
Cuchillo	10	10,29	0,85	102,90
	20	9,16	0,76	91,65
TRIMENSUAL				
Mano	10	14,93	1,24	149,32
	20	11,46	0,95	114,65
Cuchillo	10	10,31	0,85	103,13
	20	10,83	0,90	108,30
CADA 4 MESES				
Mano	10	5,09	0,42	50,90
	20	3,09	0,25	30,98
Cuchillo	10	4,49	0,37	44,91
	20	3,80	0,31	38,04
CADA 5 MESES				
Mano	10	8,84	0,73	88,04
	20	6,72	0,56	67,23
Cuchillo	10	5,92	0,49	59,29
	20	5,77	0,48	57,76
CADA 6 MESES				
Mano	10	4,15	0,34	41,55
	20	3,06	0,25	30,66
Cuchillo	10	4,80	0,40	48,03
	20	3,76	0,31	37,61

los cultivos sometidos a frecuencia de cosechas de 4, 5 y 6 meses la productividad decreció significativamente en casi todos los tratamientos a 50 ton · há⁻¹ · año⁻¹. Al parecer este menor rendimiento de biomasa es producto del desprendimiento de una porción importante de talos de tamaños superiores a 1 m. En cuanto a las artes de cosecha, la realizada a mano presentó mayor rendimiento.

Abundancia de algas epífitas

Las epífitas presentes en los cultivos correspondieron básicamente al orden Ceramiales (Rhodophyta), entre ellos los gé-

neros *Anthithamnion* Nageli, *Polysiphonia* Greville y *Ceramium* Roth. La presencia de ellos fue evidente durante todo el período de estudio, tanto en cultivos intermareales (Fig. 8) como submareales (Fig. 9). La mayor incidencia porcentual se observó en la zona intermareal (Fig. 8), la cual alcanzó hasta un 70% en el mes de febrero en los tratamientos de cosecha mensual. Durante el mismo período, sin embargo, el epifitismo no superó el 50% en los tratamientos sometidos a menor frecuencia de cosecha. Hacia los meses de otoño, invierno y primavera la abundancia de epífitos totales decrece (30 a un 0%), lo cual podría estar relacionado a condiciones ambientales desfavorables para el desarrollo de estas algas.

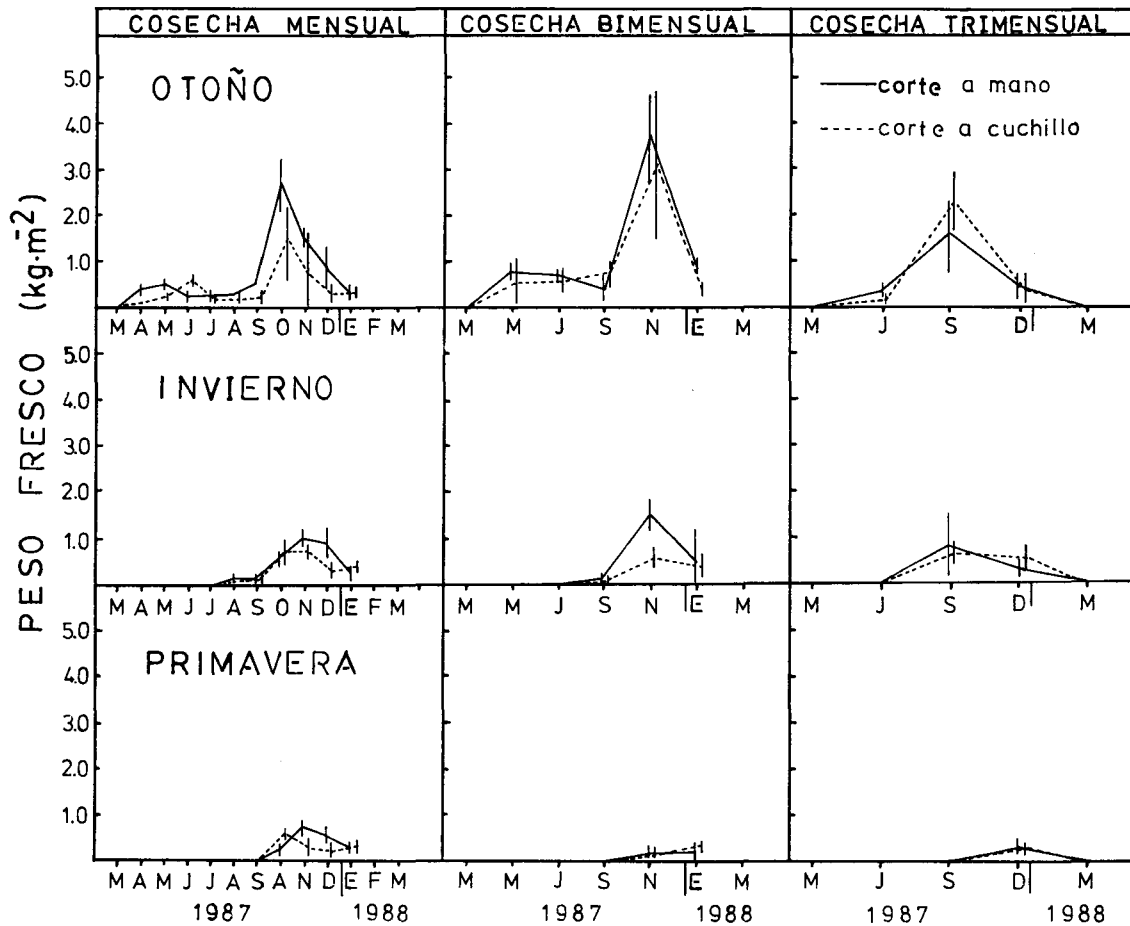


Fig. 7: Fluctuaciones temporales de la biomasa producida en los cultivos submareales de *G. chilensis* iniciados en otoño, invierno y primavera. Efecto de tres frecuencias y artes de cosecha.

Temporal fluctuations of biomass produced in subtidal cultures of *G. chilensis* initiated in autumn, winter and spring. Effect of three frequencies and form of harvest.

Efecto del cultivo de Gracilaria sobre la composición granulométrica del sustrato

En la zona intermareal (Fig. 10) los valores iniciales correspondieron a un 98% de arena, 2-3% de fango y un 2% de materia orgánica, los cuales exhibieron escasas diferencias entre los distintos niveles de profundidad del sustrato. Transcurridos 6 meses, la fracción de fango en los niveles entre 5 y 10 cm se incrementó a valores superiores a 10%, mientras la materia orgánica aumenta hasta alcanzar un 13% en el mes de septiembre. En los niveles más superficiales del sustrato el aumento del grano fino (fango) fue más lento, alcanzando valores cercanos a 8% hacia

los meses finales del estudio. En el área control (zona sin alga) las fracciones granulométricas no experimentaron cambios notables a lo largo del estudio.

La dinámica del sustrato en la zona submareal (Fig. 11) presentó menores cambios temporales. Al inicio del estudio la fracción arenosa presentó valores superiores al 98% tanto en la zona de plantación como en el control. Al cabo de 3 meses el fango aumenta sobre el 10% en el nivel de 10-15 cm de profundidad, disminuyendo hacia los meses siguientes. En los niveles superficiales del sustrato (0-5 y 5-10 cm) las variaciones fueron irregulares. En la zona control no se observaron cambios temporales en las distintas fracciones granulométricas.

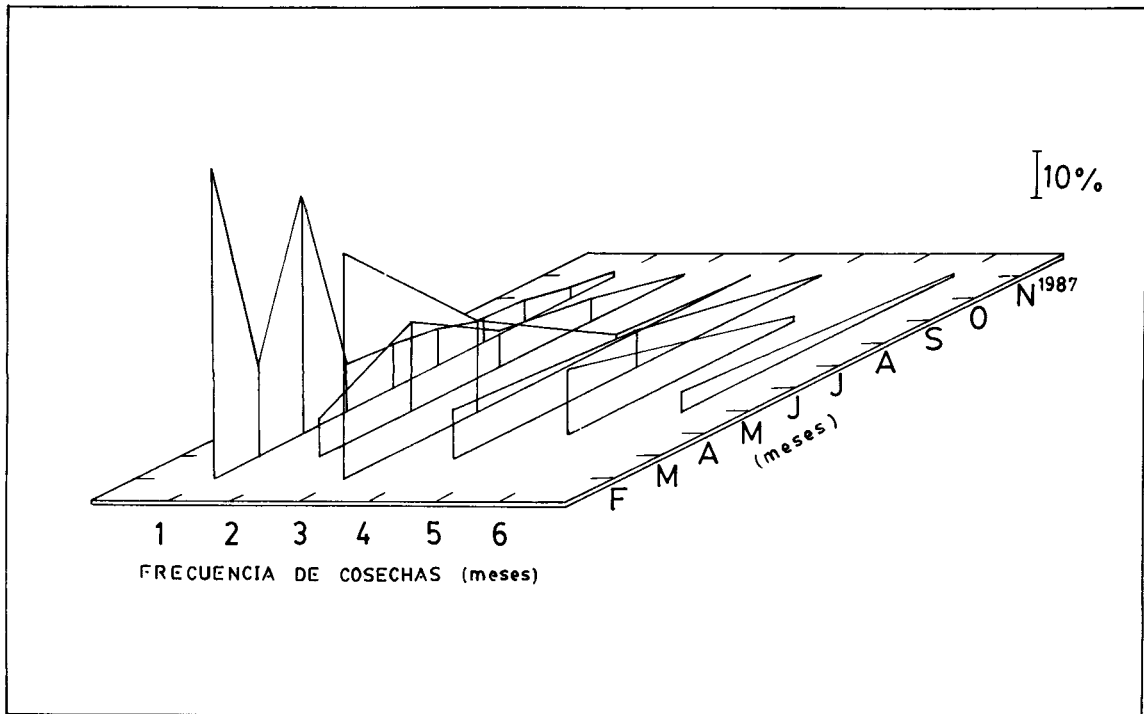


Fig. 8: Abundancia porcentual de los epífitos totales (expresado como porcentaje de la biomasa de *G. chilensis*) en cultivo intermareal en relación a la frecuencia de cosecha.
Temporal fluctuations of total epiphytes (percentage) in intertidal culture of *G. chilensis* in relation to the harvesting frequencies.

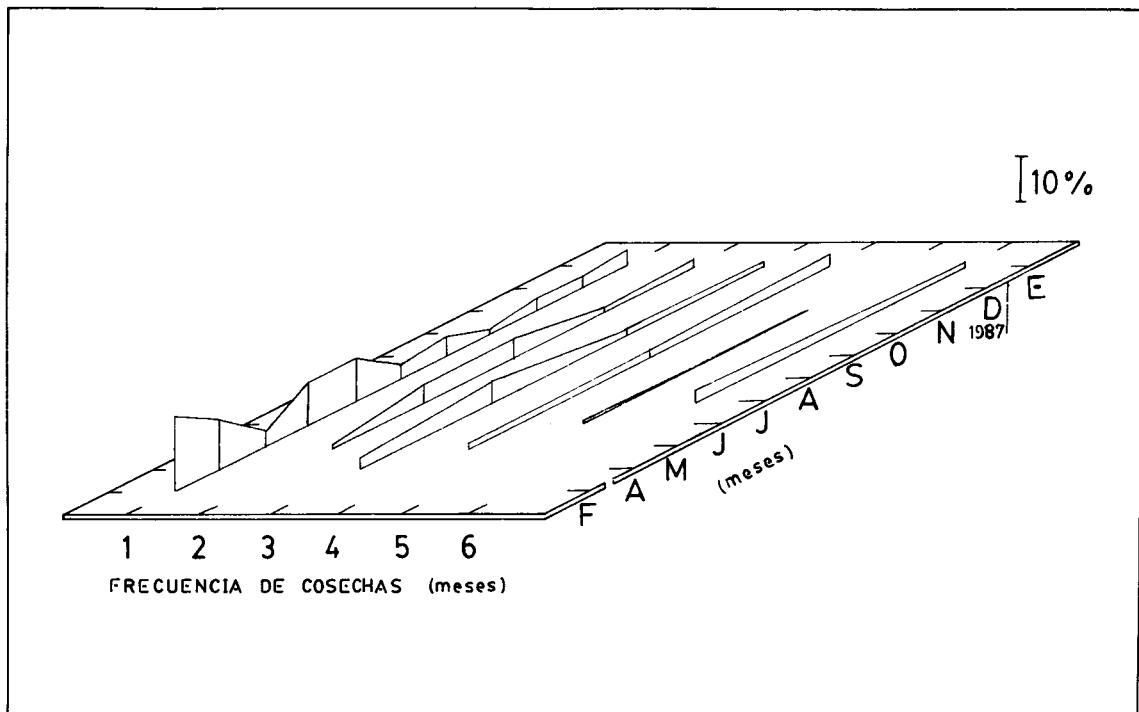


Fig. 9: Fluctuaciones temporales de los epífitos totales (expresados como porcentaje de la biomasa de *G. chilensis*) en cultivo submareal en relación a la frecuencia de cosecha.
Temporal fluctuations of total epiphytes (percentage) in subtidal cultures in relation to harvesting frequencies.

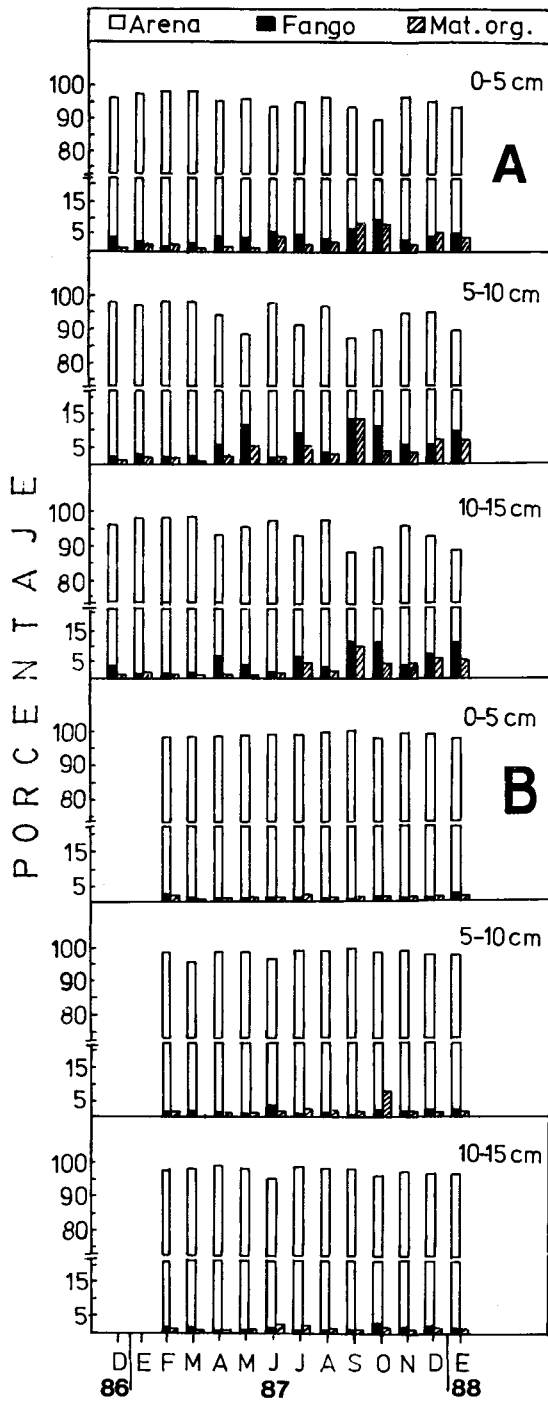


Fig. 10: Efecto del cultivo de *G. chilensis* sobre las fluctuaciones temporales de las fracciones granulométricas (arena y fango) y de materia orgánica en tres niveles de profundidad del sustrato de la zona intermareal. A: Area de cultivo; B: Area control.

Effect of the culture of *G. chilensis* on the temporal fluctuations of granulometric fractions (sand, mud) and organic matter at three levels of depth of the substrate in intertidal zone. A: Culture area; B: Control area.

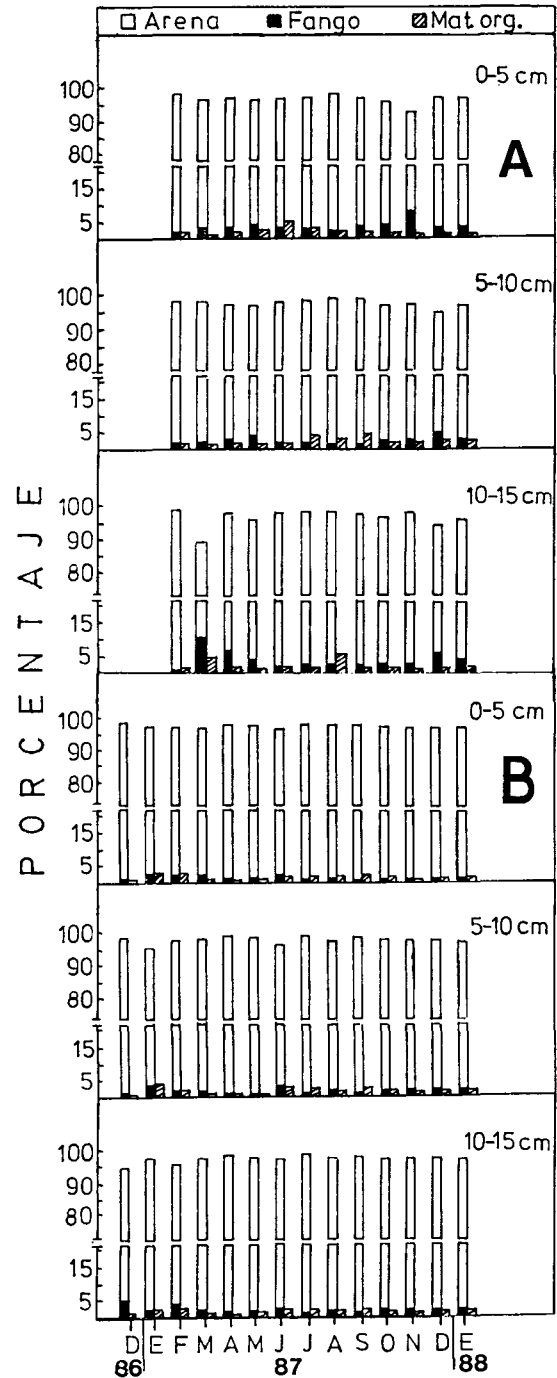


Fig. 11: Efecto del cultivo de *G. chilensis* sobre las fluctuaciones temporales de las fracciones granulométricas (arena y fango) y de materia orgánica en tres niveles de profundidad del sustrato de la zona submareal. A: Area de cultivo; B: Area control.

Effect of the culture of *G. chilensis* on the temporal fluctuations of granulometric fractions (sand and mud) and organic matter at three levels of depth of the substrate in subtidal zone. A: Culture area; B: Control area.

DISCUSION

El cultivo de *Gracilaria* bajo el sistema de plantación directa está basado en la capacidad que muestran sus especies de asentarse sobre fondos blandos y sobrevivir largos períodos al enterramiento. Este factor es considerado el más importante en la mantención y regeneración de sus praderas naturales (Santelices *et al.* 1984, Pizarro 1986, Westermeier *et al.* 1989a). Al evaluar los resultados obtenidos en el presente estudio se observa que la relación alga-sedimento se vio afectada fuertemente por los procesos de acresión-erosión, los cuales son dependientes del movimiento de agua, y por los regímenes de inmersión y emersión, que ejercieron especial influencia sobre las plantaciones intermareales. Al parecer, estas plantas de origen submareal no lograron aclimatarse satisfactoriamente a las condiciones ambientales del intermareal, principalmente durante los meses cálidos. Sumado a esto se encuentra el efecto del oleaje, cuyo impacto se concentró fuertemente en esta zona y provocó un alto desprendimiento. Además de su efecto mecánico directo, el oleaje modifica significativamente la dinámica del sustrato arenoso, mediante la redistribución granulométrica y alterando los patrones de acresión-erosión (Williams *et al.* 1985). Probablemente, la mortalidad de talos sembrados en la zona intermareal responde a un efecto combinado de la temperatura, radiación, cambios sedimentológicos y el efecto mecánico del oleaje. En vista de esto es necesario llevar a cabo estudios ecofisiológicos que abarquen una escala de tiempo adecuada para detectar detalladamente estos cambios y de este modo aprovechar integralmente las áreas intermareales, las cuales en forma de marismas son muy abundantes en el sur de Chile.

En la zona submareal del río Cariquilda la productividad de *Gracilaria* fue notoriamente superior a la observada en el intermareal. A su vez, el rendimiento registrado en esta zona fue similar y en algunos casos superior a valores reportados por Westermeier *et al.* (1988) utilizando mangas de polietileno. En general los cambios

temporales de la biomasa observados en este estudio son similares a los patrones descritos en poblaciones de Tongoy y La Herradura (Santelices *et al.* 1984), lo cual confirma que los ciclos atípicos que habían caracterizado a la biomasa en las poblaciones naturales del sur de Chile (Westermeier *et al.* 1984) eran generados por la acción antrópica, por lo que se podría asumir que a lo largo de Chile las poblaciones naturales de *Gracilaria* estarían reguladas por algunos factores comunes, como son temperatura y radiación.

Al analizar las variables experimentales que determinaron el rendimiento de biomasa se observa que la frecuencia de cosecha es la más importante. La producción estimada a mayor escala indica que, para fines de manejo, las cosechas deben realizarse con una periodicidad de dos a tres meses. Bajo este régimen de extracción, la producción por hectárea fluctuó entre 91 y 149 ton·año⁻¹. De acuerdo a estos resultados, no es recomendable mantener las plantas sin cosechar durante períodos prolongados, debido al desprendimiento provocado por el excesivo tamaño de las plantas (generalmente mayores de 1 m). En tal evaluación, también se debe considerar la época de siembra; así, por ejemplo, siembras realizadas en invierno requerirán un mayor lapso de tiempo (4 a 5 meses), con el fin de que las plantas logren un tamaño cosechable (0,8 - 1,0 m).

En general en los ambientes estuarinos del sur de Chile las poblaciones de *Gracilaria* no están fuertemente reguladas por factores bióticos tales como herbivoría y competencia interespecífica; sólo la epibiosis, principalmente de algas filamentosas, constituye un factor de interacción biológica (Westermeier 1982, Westermeier *et al.* 1989b). Estudios llevados a cabo en China (Shang 1976, Chiang 1981, Ren *et al.* 1984) han determinado que los epífitos pueden constituir un factor limitante en el crecimiento de *Gracilaria*, especialmente en cultivos suspendidos. En el presente estudio las algas epífitas fueron más abundantes en la zona intermareal, en los meses más cálidos y en áreas con menor biomasa. Aunque este estudio no

entrega evidencia experimental, al parecer el efecto de roce producido por las plantas de mayor tamaño y muy ramificadas habría contribuido a la menor incidencia de los epífitos. Por otra parte, condiciones favorables de luminosidad y temperatura pueden haber determinado su mayor abundancia en las zonas intermareales; sin embargo, su correlación con la disminución de la biomasa de *Gracilaria* ocurrida en esta zona debe ser determinada experimentalmente.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada con aportes otorgados al primer autor por la Deutsche Forschungs-Gemeinschafts (DFG) y Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), 76.2512.2-23.100, Alemania Federal, la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), Organización de Estados Americanos (OEA), CHI/86-87 y la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Austral de Chile, a través del Proyecto RS-85-11.

A D. Patiño, R. Cárdenas, J. Tillerías y R. Norambuena, nuestro reconocimiento por su valiosa ayuda en las labores de terreno.

LITERATURA CITADA

- ANDERSON F, L BLACK, L MAYER & LE WATLING (1981) A temporal and spatial study of mud flat texture. *Northeastern Geology* 3: 184-191.
- CHIANG YM (1981) Cultivation of *Gracilaria* (Rhodophyta, Gigartinales) in Taiwan. En: Levring T (Ed) *Proceeding International Seaweed Symposium*: 569-575. Walter de Gruyter, Berlín.
- PIZARRO A (1986) Conocimiento actual y avances recientes sobre el manejo y cultivo de *Gracilaria* en Chile. *Monografías Biológicas* 4: 63-93.
- PIZARRO A & H BARRALES (1986) Field assessment of two methods for planting the agar containing seaweed *Gracilaria* in Northern Chile. *Aquaculture* 59: 31-43.
- REN G, J WANG & M CHEN (1984) Cultivation of *Gracilaria* by means of low rafts. *Hydrobiologia* 116/117: 72-76.
- SANTELICES E, J VASQUEZ, U OHME & E FONCK (1984) Managing wild crops of *Gracilaria* in Central Chile. *Hydrobiologia* 116/117: 75-89.
- SERNAP (1989) Anuario Estadístico de Pesca. Publicación del Servicio Nacional de Pesca.
- SHANG YC (1976) Economic aspect of *Gracilaria* culture in Taiwan. *Aquaculture* 8: 1-7.
- SOKAL R & FJ ROHLF (1981) *Biometría*. Editorial H. Blume, España.
- WESTERMEIER R (1980) Explotación de *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss en los estuarios de los ríos Maullín y Quenuir, X Región, y antecedentes para un manejo racional. *Medio Ambiente* 4: 90-94.
- WESTERMEIER R (1982) Zonierung, Biomasse, Energiegehalt und Schwermetall-akumulation mariner Algen aus Chile, Helgoland und Spanien. Inaugural Dissertation Justus Liebig-Universität, Giessen. 162 pp.
- WESTERMEIER R, L STEUBING, PJ RIVERA & H WENZEL (1984) *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss en la X Región (Maullín y Quenuir-Provincia de Llanquihue) Chile. *Memorias Asociación Latinoamericana de Acuicultura* 5: 419-430.
- WESTERMEIER R, PJ RIVERA & I GOMEZ (1988) El uso de mangas de polietileno como sustrato en el repoblamiento de *Gracilaria* sp (Rhodophyta, Gigartinales) en el sur de Chile. *Gayana* 45: 95-106.
- WESTERMEIER R, PJ RIVERA, I GOMEZ, M CID & D PATIÑO (1989a) Evaluación de sistemas de cultivo. En: *Investigación, desarrollo y uso industrial de algas Gracilaria*. CORFO-IFOP, Informe Técnico.
- WESTERMEIER R, PJ RIVERA & A ALERT (1989b) Epífitos en cultivo de *Gracilaria chilensis* en el estuario Cariquilda, Maullín, X Región. *Resúmenes IV Simposio sobre Algas Marinas Chilenas, Coquimbo*, R 48.
- WESTERMEIER R, PJ RIVERA & I GOMEZ (en prensa) Cultivo de *Gracilaria* sp en el estuario Cariquilda, Maullín, Chile. *Investigación Pesquera*.
- WILLIAMS SL, VA BRENDA, TW ANDERSON & BB NYDEN (1985) Growth and sediment disturbance of *Caulerpa* spp (Chlorophyta) in a submarine canyon. *Marine Ecology Progress Series* 21: 275-281.