



Universidad Autónoma de Baja California

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

EFFECTO DE LA CONCENTRACION Y FUENTE DE NITROGENO
EN EL CRECIMIENTO DE Gelidium robustum (Gardn.)
Hollenb. & Abb. (Rhodophyta, Gelidiales) EN CULTIVO.



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

OCEANOLOGO

P R E S E N T A

MARIA ISABEL RODRIGUEZ CARRILLO

Ensenada, Baja Cfa.

Diciembre de 1987

RESUMEN

Se cultivó a Gelidium robustum (Gardn.) Hollenb. & Abb., en tanques exteriores en un sistema de cultivo abierto bajo diferentes condiciones de luz . Se determinó el crecimiento de las plantas en función de tres fuentes (NaNO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$ y $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) y tres concentraciones de nitrógeno (50, 100 y 150 Micro M/l). Las máximas tasas de crecimiento se registraron con intensidades de 31 y 48 % de I_0 . y el crecimiento de estas plantas no mostró diferencias cuando se fertilizó con NO_3 o NH_4 . Fertilizaciones con NaNO_3 por pulsos, cada tres días durante dos horas y cosechas semanales del tejido joven nos permitieron mantener los cultivos creciendo vigorosamente, a una tasa de 4.90 % diario como máximo. La humedad máxima (82.52 %) se obtuvo de plantas fertilizadas con $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y la mínima con (71.17 %) cuando se fertilizó con $(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$. El máximo rendimiento de agar (32.27 %) se extrajo de plantas fertilizadas con NaNO_3 .

EFECTO DE LA CONCENTRACION Y FUENTE DE NITROGENO EN EL
CRECIMIENTO DE *Gelidium robustum* (Gardn.) Hollenb. &
Abb. (*Rhodophyta, Gelidiales*). EN CULTIVO.

T E S I S

QUE PRESENTA:

MARIA ISABEL RODRIGUEZ CARRILLO

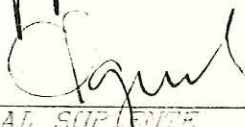
APROBADA POR :


PRESIDENTE DEL JURADO

OCEAN. ISAI PACHECO RUIZ


SINODAL PROPIETARIO

OCEAN. CUADALUPE GARCIA DE B.


SINODAL SUPLENTE

OCEAN. LUIS AGUILAR ROSAS


SINODAL PROPIETARIO

M.C. JOSE A. ZERTUCHE GONZALEZ


SINODAL SUPLENTE

M.C. ROBERTO MILLAN NUÑEZ

DEDICATORIAS

A MIS PADRES, CARMEN Y GILDARDO
POR DARME LA FUERZA PARA SEGUIR ADELANTE
POR SU AMOR.

A TODOS MIS HERMANOS
POR SU APOYO, AMOR Y CONFIANZA
EN TODO MOMENTO

A MIS AMIGOS
POR ESTAR SIEMPRE PRESENTES.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi gratitud a quienes directa o indirectamente colaboraron en la realización del presente trabajo. A los técnicos y maestros de la Facultad de Ciencias Marinas, de manera especial al Maestro Carlos Granados Machuca por su constante y desinteresado apoyo, a la Maestra Graciela Guerra Rivas por sus oportunos y atinados consejos, por su amistad.

A los técnicos e investigadores del Instituto de Investigaciones Oceanológicas.

Asimismo, agradezco a mis sinodales: Ocean. Guadalupe García de B., Ocean. Luis Aguilar Rosas, M.C. Roberto Millán Nunez la revisión crítica del trabajo, sus comentarios y sugerencias.

De manera muy especial al Oceanólogo Isai Pacheco Ruiz, director del presente trabajo, y al M.C. José A. Zertuche González por sus consejos, paciencia, confianza y apoyo que hicieron posible la presentación de este trabajo.

INDICE

Pag.

Introducción	1
Antecedentes	3
Objetivos	7
Materiales y Métodos	8
Resultados	12
Discusiones	24
Conclusiones	29
Literatura Citada	30

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Diagrama de la estanquería utilizada.....9
para los experimentos de crecimiento.
- Figura 2. Crecimiento en longitud de G. robustum bajo13
diferentes intensidades de luz, de junio
agosto de 1986, fertilizadas con 80 Micro
M/l de NaNO_3 y 8 Micro M/l de P_2O_4 .
- Figura 3. Crecimiento en peso de G. robustum bajo14
diferentes intensidades de luz de junio
a agosto de 1986, fertilizadas con 80
Micro M/l de NaNO_3 y 8 Micro M/l de P_2O_4 .
- Figura 4. Crecimiento de G. robustum de abril a mayo18
de 1987 fertilizadas con NaNO_3 (a) y
crecimiento de mayo a junio de 1987 con
con cosechas (b).
- Figura 5. Crecimiento de G. robustum de abril a mayo19
de 1987 fertilizadas con $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (a) y
crecimiento de mayo a junio con cosechas (b).

Figura 6. Crecimiento de G. robustum de abril a mayo20
de 1987 fertilizadas con $(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$ (a)
y crecimiento de mayo a junio con cosechas
(b).

Fotografía 1. Crecimiento en longitud de G. robustum15
bajo diferentes intensidades de luz.

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Efecto de las diferentes intensidades de luz ...16
en el crecimiento de G. robustum.

Tabla II. Porcentaje de humedad de una muestra22.
aleatoria de plantas cultivadas de
abril a mayo de 1987.

Tabla III. Rendimiento de Agar obtenido de G. robustum ...23
expresado en porcentaje de gel/gr de planta
en peso seco, para cada concentración y
y tipo de nutriente.

INTRODUCCION

El maricultivo de algas comerciales es ampliamente practicado en los paises asiáticos como China, Japón y Filipinas, los cuáles han logrado grandes avances en las técnicas de cultivo, producción y cosecha de algunas especies de algas marinas (Hansen et al., 1981).

Existen a nivel mundial 101 géneros y 459 especies de algas marinas de valor comercial que pueden ser utilizadas como alimento, fertilizantes, forraje, con propósitos farmacéuticos, biomédicos e industriales. De estas solamente 11 géneros que incluyen menos de 20 especies son cultivadas comercialmente (Bonotto, 1976).

Aguilar et al., (1982) reporta para Baja California 28 especies de importancia comercial. De las cuáles únicamente G. robustum, Macrocystis pyriferá y Gigartina canaliculata son comercialmente industrializadas y su producción radica básicamente en la explotación de los mantos naturales (Secretaría de Pesca, Departamento de Informática y Estadística, comunicación personal). G. robustum se explota en Baja California desde 1945 (Guzmán de Prado et al., 1979), y su importancia radica en ser una planta productora de agar, el cuál es el mayor constituyente de las paredes de las células de ciertas familias de algas rojas (Gelidiaceae y Gracilariaceae) (Waaland, 1985).

Un alto contenido de agar ha sido reportado para

Gelidium el cual varía dependiendo de la especie, de 40 a 50 % ha sido reportado en G. robustum, 25 a 30 % en Gelidium amansii y 23 a 35 % en Gelidium pusillum (Santelices, 1974). Los geles producidos por estas especies son considerados como las materias primas con las mejores características para la extracción de el agar bacteriológico, debido a que este gel es bajo en contenido de sulfatos y con alta fuerza gelificante (Santos, 1980).

Debido a la gran explotación de G. robustum, dado su gran valor comercial (746 toneladas explotadas en 1985 valuadas en 141,154059 millones de pesos) y la falta de una reglamentación adecuada de explotación (Secretaría de Pesca, Departamento de Informática y Estadística, comunicación personal) se ve la necesidad de crear alternativas que mantengan la producción y eviten el decaimiento de las poblaciones naturales, estas podrían ser, el cultivo extensivo de especies de macroalgas como se ha realizado en países potencialmente productores de ficocoloides como Japón, Filipinas, Estados Unidos, etc. que han aumentado la producción de algas económicamente importantes a través de sistemas de cultivo (Moss, 1977. Citado por Hansen 1981). En el presente trabajo se pretende incrementar el crecimiento de G. robustum en cultivos semicontrolados aumentando la cantidad de nutrientes mediante fertilizaciones y manteniendo con la óptima intensidad de luz.

ANTECEDENTES

G. robustum se encuentra distribuido en la costa occidental de Norteamérica, desde el sur de Columbia Británica (Canada) hasta Bahía Magdalena (México). En Baja California se le encuentra en volúmenes comerciales, desde Punta Descanso hasta Punta Asunción (Guzmán del Prado et al., 1979). Es característica de sustratos duros y su distribución en el sistema litoral es desde el límite inferior de marea baja hasta los 17 metros de profundidad (Guzmán del Prado et al., 1974; Abbott y Hollenber, 1976). La máxima abundancia en biomasa para Baja California ha sido reportada para el mes de mayo, en costas expuestas combinadas con mantos de M. pyrifera y Eisenia arborea (Guzmán del Prado y de la Campa de Guzmán, 1979).

Littler y Murray (1974), en sus estudios de productividad, en costas del Sur de California, mencionan que de la producción diaria, un 46 % es contribuido por las Rhodophytas, 36 % por las Phaeophytas, 16 % por las Cyanophytas, 2 % por Spermatophyta. De esta producción G. robustum, Gigartina canaliculata, Egregia laevigata y las algas verde-azules, contribuyen casi con las dos terceras partes del total de la producción.

Dada la importancia de este recurso, se han realizado estudios tendientes a regular su explotación en el campo.

Barilotti y Silverstone (1972) determinan la época óptima de cosecha en comunidades submareales entre agosto y noviembre, ya que un máximo de regeneración ocurre durante este periodo, con máximo contenido de agar y mínimo impacto ambiental, para las poblaciones de las costas de Santa Cruz California, EUA.

Cooper y Johnstone (1944) al trabajar en comunidades intermareales de G. robustum encuentran que el máximo contenido de agar se presenta de mayo a junio con mínimos en los meses de diciembre a marzo, para las costa de San Pedro California. Carter y Anderson (1986) trabajando con poblaciones intermareales de Gelidium pristiodes en Port Alfred Sudafrica, reportan máximos crecimientos para el verano (0.38 mm/día) y mínimos para el invierno (0.07 mm/día), con variación estacional en el contenido de agar, 48 % para finales de el verano y 30 % para el invierno. Los máximos crecimientos de G. robustum han sido observados en Baja California (Salsipuedes) durante el verano (0.63 mm/día) y mínimos durante el otoño (-0.63 mm/día), estos rangos de crecimiento son afectados durante el otoño e invierno por la pérdida de ramificaciones debido a las tormentas (Guzmán del Prado y de la Campa de Guzmán, 1979). El bajo crecimiento de G. robustum se ha incrementado en cultivos mediante fertilizaciones (Harger and Neushul, 1982), dado que los nutrientes son factores reguladores del

crecimiento, reproducción y bioquímica de las algas marinas (DeBoer, 1985). Existen evidencias de que deficiencias de nitrógeno pueden limitar el crecimiento de las macroalgas bajo determinadas condiciones (DeBoer *et al.*, 1978; Hanisak, 1979; Lapointe, 1979). En general las fuentes de nitrógeno más importantes para las macroalgas son el nitrato (NO_3) y el amonio (NH_4), sin embargo no todas las plantas crecen igual cuando se fertilizan con estos dos nutrientes (Hanisak, 1983). Yamada (1972) probó distintas fuentes de nitrógeno y obtuvo que el NH_4 es el que provee el mejor crecimiento a *G. amansii*, además sus resultados indican que el agar obtenido de las plantas fertilizadas es mejor tanto en calidad como en cantidad de los geles extraídos de las plantas no fertilizadas.

Especies como *Gracilaria tikvahiae* (Lapointe y Duke, 1984) y *Pterocladia capillacea* (Calabrace y Fillicini, 1970) crecen mejor cuando se fertilizan con NH_4 que con NO_3 . Este mismo comportamiento fue reportado por DeBoer (1978) para *Neogardiella bailevi* en el cual el NH_4 proporcionó el doble de crecimiento que con NO_3 y los más bajos crecimientos fueron encontrados cuando se utilizó urea como fuente de nitrógeno.

Comportamientos inversos han sido reportados para *Nemalion multifidum* (Fries, 1963) y *Porphyra tenera* (Iwasaki, 1967) las cuales crecen mejor con NO_3 que con NH_4 .

Se han reportado trabajos en los cuales el máximo contenido de agar corresponde a los máximos crecimientos (Carter y Anderson, 1986; Cooper y Johnstone, 1944), sin embargo el contenido de gel en las macroalgas varía dependiendo de las condiciones del medio. Macler (1983) en sus experimentos con G. coulteri, Gelidium purpuracens y G. robustum en cultivo de laboratorio obtuvo que el contenido de agar está influenciado por la temperatura, la intensidad de luz y por el nitrógeno, pero no por el fósforo, elementos traza o la salinidad.

Por lo anterior se puede esperar que el crecimiento y el rendimiento de agar de G.robustum en cultivo bajo condiciones semicontroladas, se pueda incrementar fertilizando con distintas fuentes y concentraciones de nitrógeno.

OBJETIVOS

- I .- Encontrar el óptimo de luz que estimule el mayor crecimiento en G. robustum.

- II .- Determinar el efecto de las diferentes fuentes y concentraciones de nitrógeno en el "Crecimiento" de G. robustum.

- III .- Comparar el rendimiento de agar para las plantas cultivadas en función de la fuente y concentración de nitrógeno.

MATERIALES Y METODOS

Ejemplares de G. robustum se colectaron en comunidades submareales de la costa Norte de la bahía de Todos Santos en Ensenada B.C. en marzo de 1987. Estos ejemplares fueron seleccionados y limpiados de epifitas. Para su acondicionamiento se colocaron en un sistema de cultivo al aire libre por un periodo de una a dos semanas. Este sistema consiste de tambos de plástico de 200 litros cortados en 2 longitudinalmente. Cada mitad se utilizó como tanque de cultivo. Los tanques descansan sobre bases de concreto alineados a las tuberías de agua y aire del sistema de cultivo para ser abastecidos (Fig.1). El aire (10 lts/min) se introdujo desde el fondo a través de un tubo pvc de media pulgada con pequeñas perforaciones que corren a lo largo de el tanque. La aereación desde el fondo permitió tener los cultivos en constante movimiento. El flujo de agua en los tanques fué de 500 ml/min. En estas instalaciones se disenaron dos experimentos.

1). Determinación del óptimo de luz en G. robustum

Se colocaron 30 ejemplares de G. robustum por tanque de cultivo bajo las diferentes intensidades de luz. El porcentaje de luz incidente en los tanques se reguló con malla plástica (0, 1, 2, 3, 4 y 6 mallas) correspondientes al 86, 48, 31, 17, 8 y 4 % de I_0 .

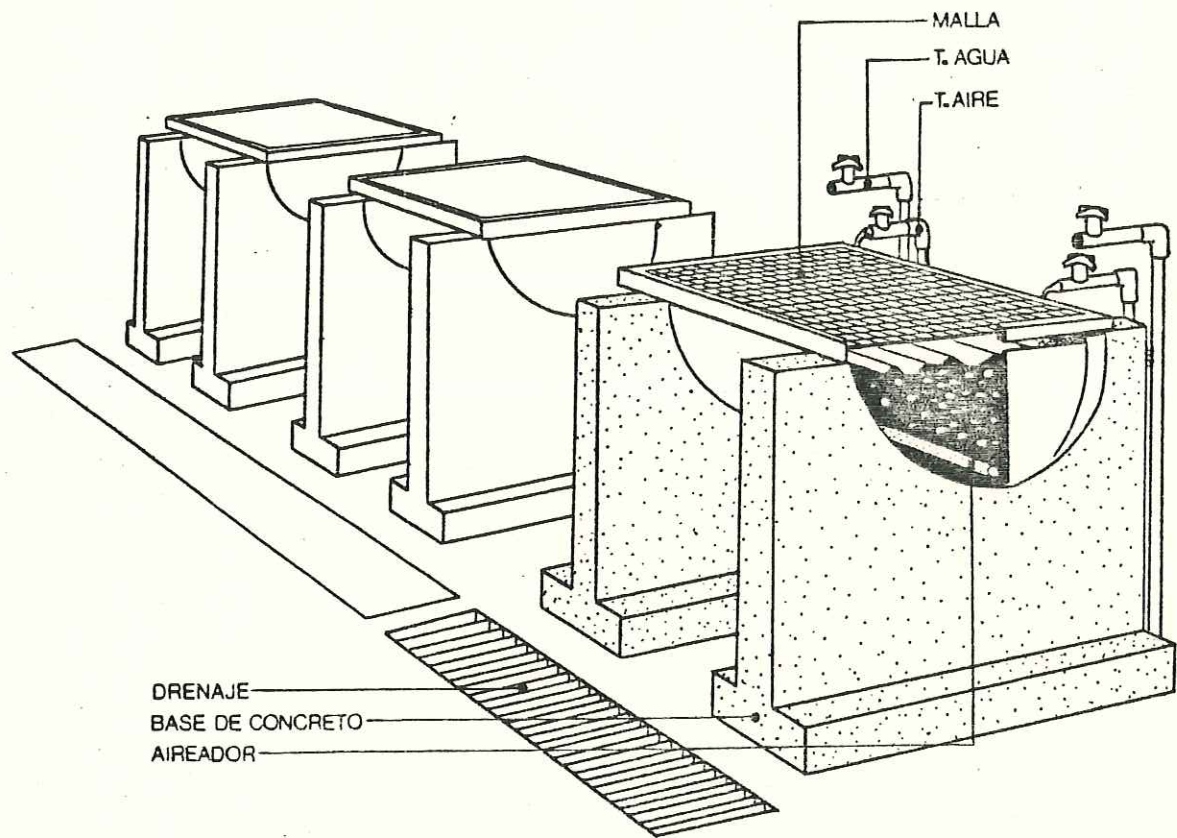


FIG.1.- DIAGRAMA DE LA ESTANQUERIA AL AIRE LIBRE
UTILIZADA PARA LOS EXPERIMENTOS DE
CRECIMIENTO DE *Gelidium robustum*

La intensidad luminosa se midió semanalmente, con un irradiómetro marca V-SL-100 Biophysical Instruments.

Los cultivos se fertilizaron con NaNO_3 a concentraciones de 80 Micro M/l de nitrógeno y 8 Micro M/l de PO_4 . La fertilización fue por pulsos, agregando los nutrientes cada tres días durante dos horas.

El crecimiento se determinó a través de la variación en peso y longitud (del eje principal) de las plantas en el tiempo, con la expresión modificada de Brinkhuis (1985)

$$G = (W_t/W_o)^{1/t} = 1 \times 100$$

G = Crecimiento
 W_o = Peso inicial
 W_t = Peso a un tiempo X

(Ecuación 1)

II). Crecimiento de G. robustum en función de diferentes fuentes y concentraciones de nitrógeno.

Se colocaron 70 gr de plantas por tanque de cultivo, la fertilización se realizó usando la metodología del experimento anterior. Los nutrientes utilizados fueron: Nitrato de Sodio (NaNO_3), Sulfato de Amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) y Nitrato de Amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$) a concentraciones de 50, 100 y 150 micro moles de Nitrógeno por litro. El crecimiento se obtuvo únicamente mediante el incremento en peso húmedo semanal (Ecuación 1) a lo largo de 49 días (abril a mayo de 1987). Dado que la determinación del crecimiento a través del incremento en longitud resultó un método inadecuado.

Utilizando este mismo material y bajo las mismas condiciones se determinó en efecto de cosechas semanales en el crecimiento de G. robustum. La cosecha se realizó con tijeras, eliminando las partes "viejas" de las plantas, dejando un stock de 70 gr por tanque. Para la determinación de la humedad, estas se colocaron en una estufa marca Presicion modelo 18 E G a temperatura de 60 grados centígrados, se pesaron en una balanza marca Bosch S-200 hasta obtener un peso constante y por diferencia en peso se obtuvo el porcentaje de humedad.

Se determinó el rendimiento de agar de las plantas cultivadas bajo los distintos tratamientos y el de una muestra colectada en el campo en ésta misma estación del año de acuerdo a Craigie and Hellebust (1985).

La temperatura se midió con un termómetro de máximos y mínimos marca Taylor No. 5458.

Los datos de crecimiento fueron analizados por las pruebas de Ji-cuadrado, Kolmogorov-Smirnov para ajuste a la distribución normal, utilizando el paquete estadístico ESIMSL, y por análisis de varianza de 1 vía con el paquete estadístico MINITAB, utilizando una computadora PRIME 400 de Centro de Calculo de CICESE.

RESULTADOS

El crecimiento en longitud no presentó diferencias significativas ($p= 0.05$) para las plantas cultivadas bajo 86 al 8 % de I_0 . Las plantas cultivadas bajo 4 % de I_0 , si mostraron diferencias respecto a las demás intensidades con máximos crecimientos de 0.37 % diario (Fig. 2).

La variación de crecimiento en peso de las plantas que recibieron I_0 de 48 y 31 % presentaron los mayores crecimientos (2.33 y 2.15 % respectivamente) con mayor desarrollo en las ramificaciones respecto a las otras intensidades de luz (Fotografía 1). El menor observó para 4 % de I_0 (0.62 %). Obteniéndose diferencias significativas ($p=0.05$) en crecimiento para los diferentes tratamientos (Fig. 3).

Con la más alta intensidad de luz se presentó fragmentación (Tabla I). La intensidad de luz media para el verano de 1986 fué de 4.5 Einsteins / m / día.

Las epifitas dominantes en los cultivos anteriores fueron Enteromorpha sp., Cladophora sp y Ectocarpus sp (Tabla I). La pigmentación en los ejemplares fué inversa a la intensidad de luz recibida.

El blanco (plantas sin fertilizar) exhibió los menores crecimientos (Figs. 4, 5 y 6), con máximos de 1.21 % y mínimos de -0.83 % diario,

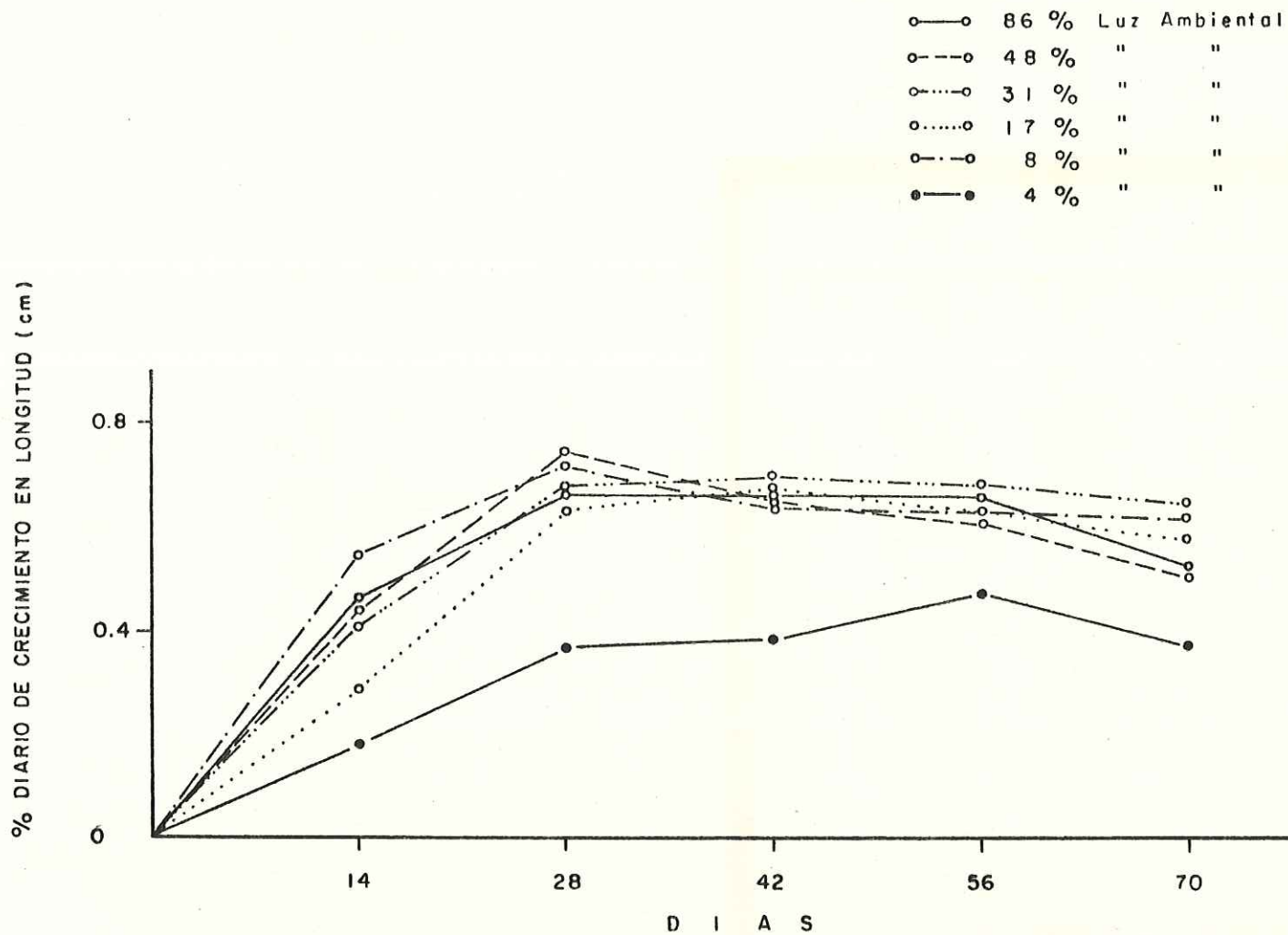


FIG. 2 - CRECIMIENTO EN LONGITUD DE *G. robustum* BAJO DIFERENTES INTENSIDADES DE LUZ, DE JUNIO 1º A AGOSTO 28 DE 1986, FERTILIZADOS CON $80 \mu\text{M/l}$ DE Na NO_3 Y $8 \mu\text{M/l}$ DE PO_4 .

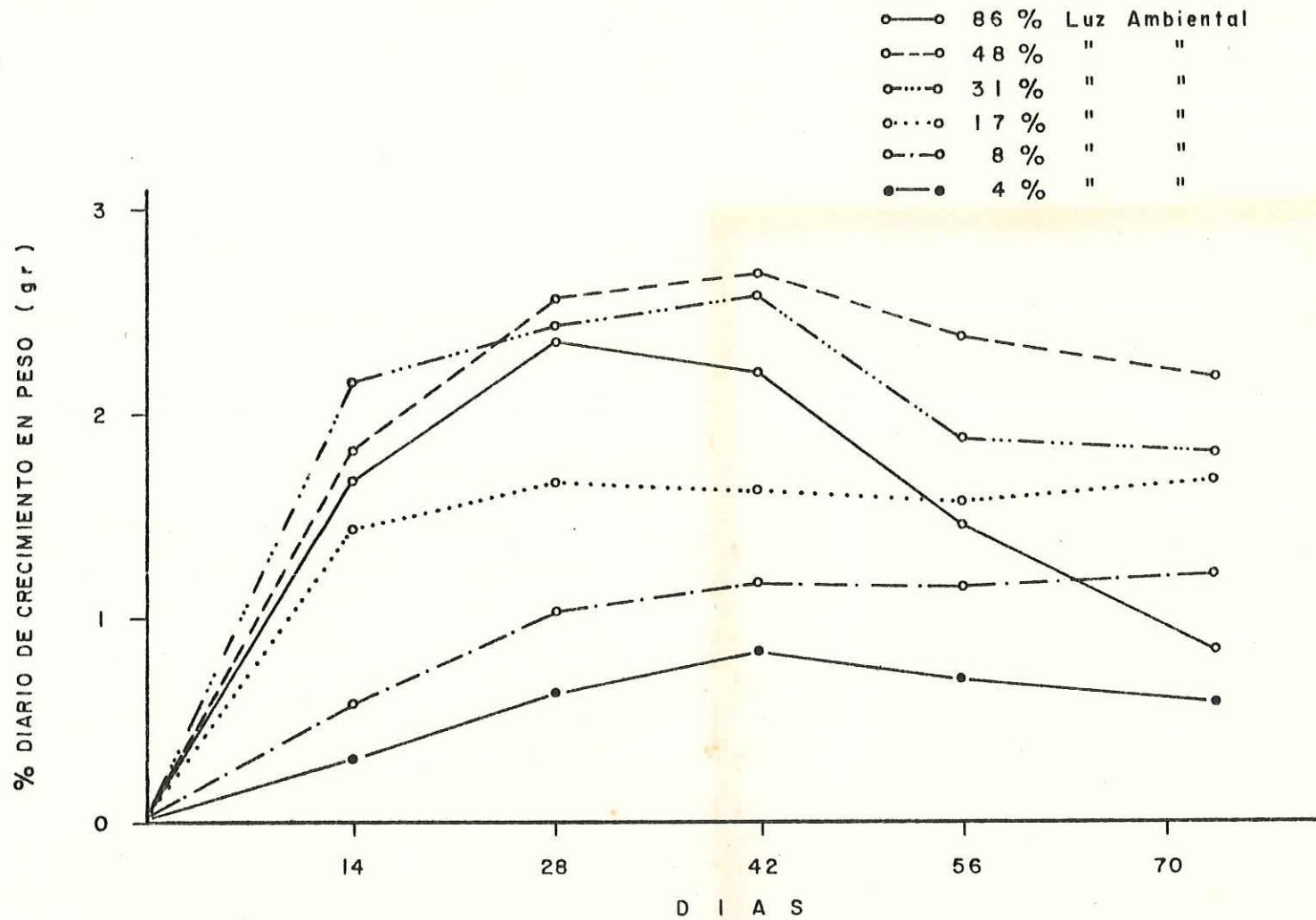
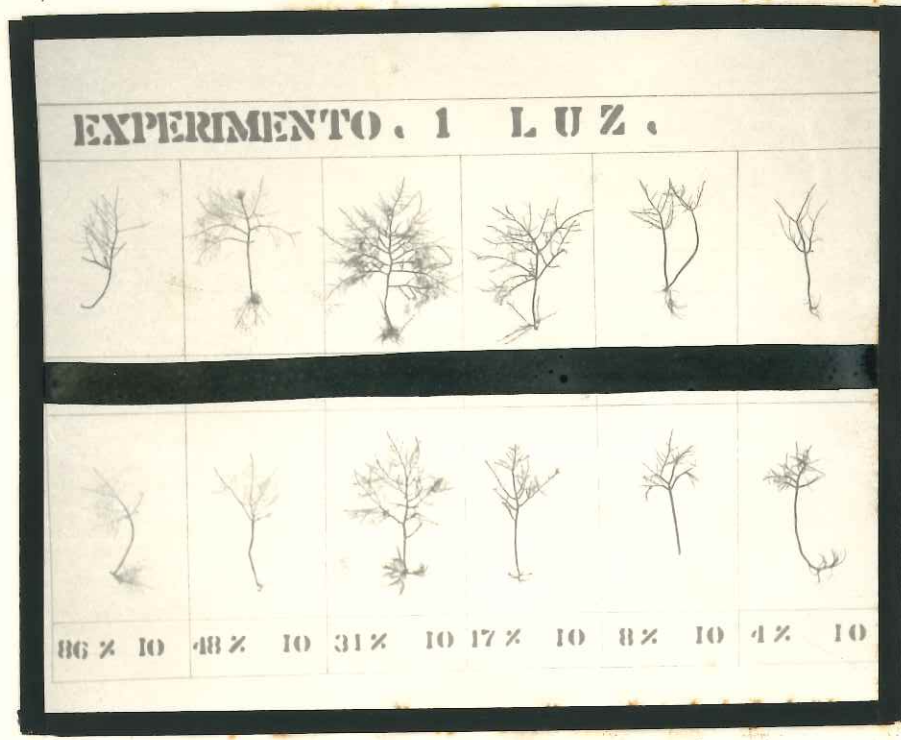


FIG. 3 - CRECIMIENTO EN PESO DE *G. robustum* BAJO DIFERENTES INTENSIDADES DE LUZ, DE JUNIO 1º A AGOSTO 28 DE 1986, FERTILIZADOS CON 80 μ M/l DE NaNO_3 Y 8 μ M/l DE PO_4 .



Fotografia 1. Crecimiento de *G. robustum* bajo diferentes intensidades de luz. Se observa que los ejemplares cultivados bajo 48 y 31 % presentaron mayor desarrollo en las ramificaciones laterales y con esto mayor peso. El crecimiento en longitud no presentò diferencias entre las intensidades de luz aplicadas.

TABLA I - EFECTO DE LAS DIFERENTES INTENSIDADES DE LUZ EN EL CRECIMIENTO DE Gelidium robustum.

% DE LUZ	\bar{X} CRECIMIENT EN PESO	\bar{X} CRECIMIENT EN LONG.	FRAGMENTACION	EPIFITAS
86	1.72 %	0.57 %	PRESENTE	<u>Enteromorpha</u> s.p. <u>Cladophora</u> s.p.
48	2.33 %	0.62 %	AUSENTE	<u>Enteromorpha</u> s.p. <u>Cladophora</u> s.p.
31	2.1 %	0.62 %	AUSENTE	<u>Enteromorpha</u> s.p. <u>Ectocarpus</u> s.p.
17	1.61 %	0.56 %	AUSENTE	<u>Ectocarpus</u> s.p.
8	1.12 %	0.64 %	AUSENTE	<u>Ectocarpus</u> s.p.
4	0.62 %	0.37 %	AUSENTE	<u>Ectocarpus</u> s.p.

observandose pérdida de pigmentación y fragmentación.

Para cultivos fertilizados con NaNO_3 sin cosecha los máximos crecimientos fueron de 2.96 %, con cosechas los máximos crecimientos desarrollados se dieron en plantas que recibieron 100 Micro M/l de nitrógeno con 4.90 % diario. El crecimiento en las plantas fertilizadas con 50 Micro M/l de nitrógeno resultó significativamente ($p=0.05$) menor respecto a las demás concentraciones (Fig. 4)

Cuando se utilizó $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y $(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$ como fuente de nitrógeno el crecimiento de los cultivos no mostró diferencias significativas ($p=0.05$) respecto a las 3 concentraciones (50, 100 y 150 micro M/l) (Fig. 5 y 6).

Se obtuvo 3.01 %, para cultivos sin cosechas, y 4.55 % diario con cosechas fueron los mayores crecimientos cuando las plantas asimilaron $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ a concentraciones de 100 micro M/l de nitrógeno (Fig. 5).

Cuando se fertilizó con $(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$ los mayores crecimientos (2.68 % diario) se obtuvieron con 150 micro M/l de nitrógeno en cultivos sin cosechar y 4.49 % diario con 50 micro M/l cosechando semanalmente (fig. 6). La humedad promedio en las plantas cultivadas fue de 73.23 % cuando se fertilizó con NaNO_3 , 82.52 % para plantas cultivadas con $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y 71.17 % con $(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$ (Tabla II).

Rendimiento de agar obtenido de G. robustum, 32.27 % fue extraído de plantas fertilizadas con NaNO_3 a

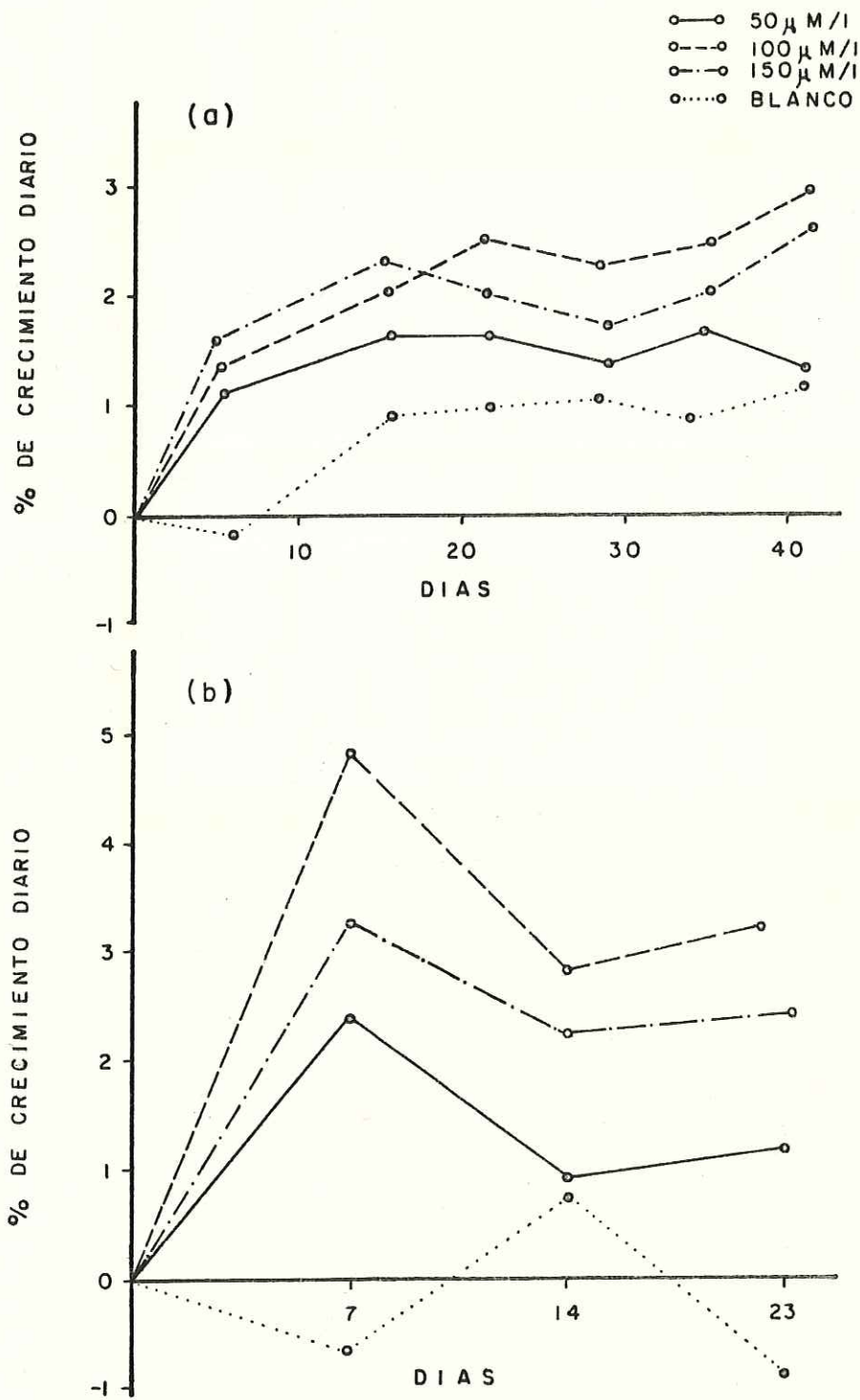


FIG. 4. — CRECIMIENTO EN PESO DE *G. robustum* DE ABRIL 19 A MAYO 30 DE 1987 FERTILIZADOS CON NaNO_3 (a) Y CRECIMIENTO DE MAYO 31 A JUNIO 23 DE 1987 FERTILIZADOS CON NaNO_3 CON COSECHAS SEMANALES (b).

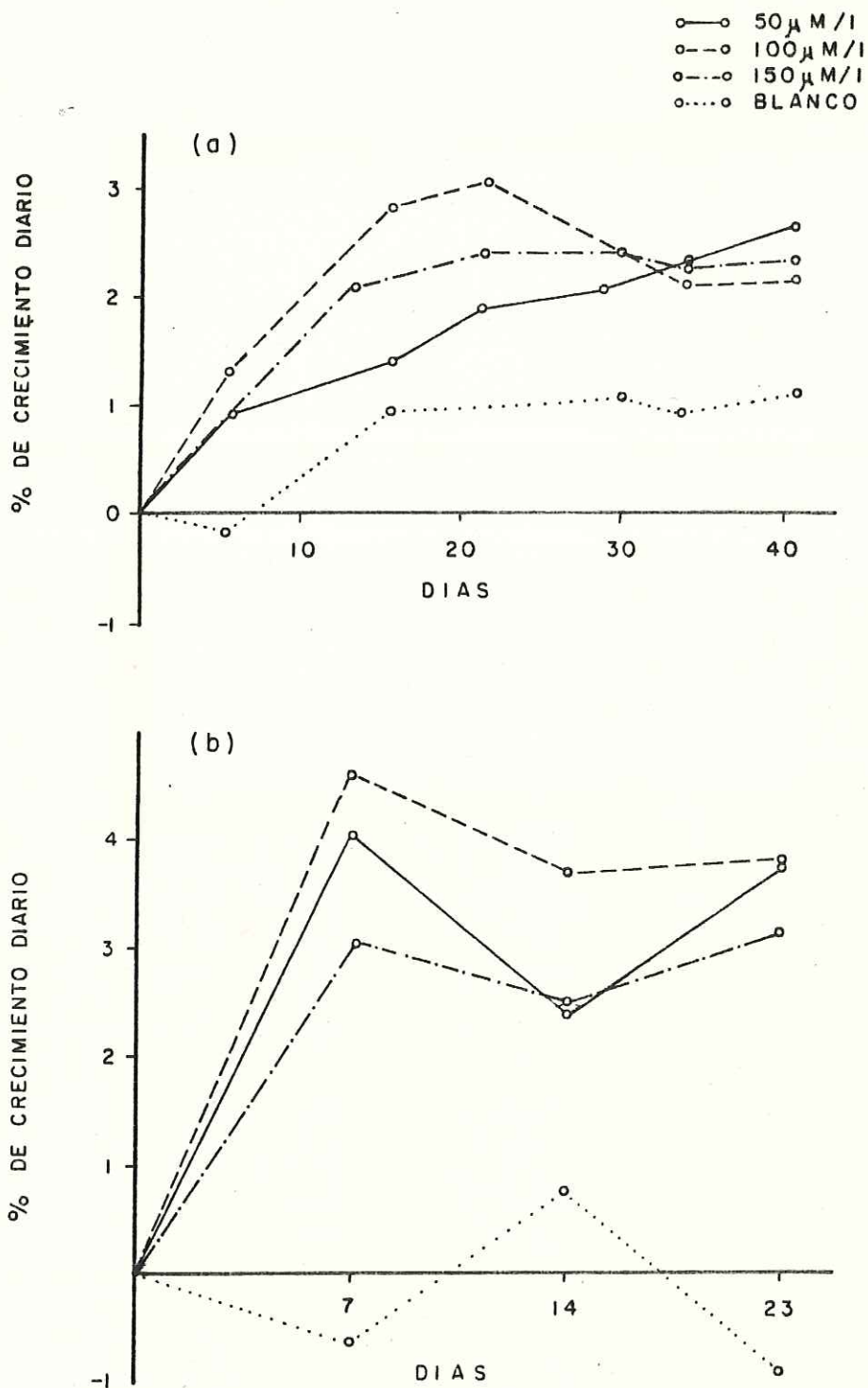


FIG. 5.— CRECIMIENTO EN PESO DE *G. robustum* DE ABRIL 19 A MAYO 30 DE 1987 FERTILIZADOS CON $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (a) Y CRECIMIENTO DE MAYO 31 A JUNIO 23 DE 1987 CON COSECHAS SEMANALES (b)

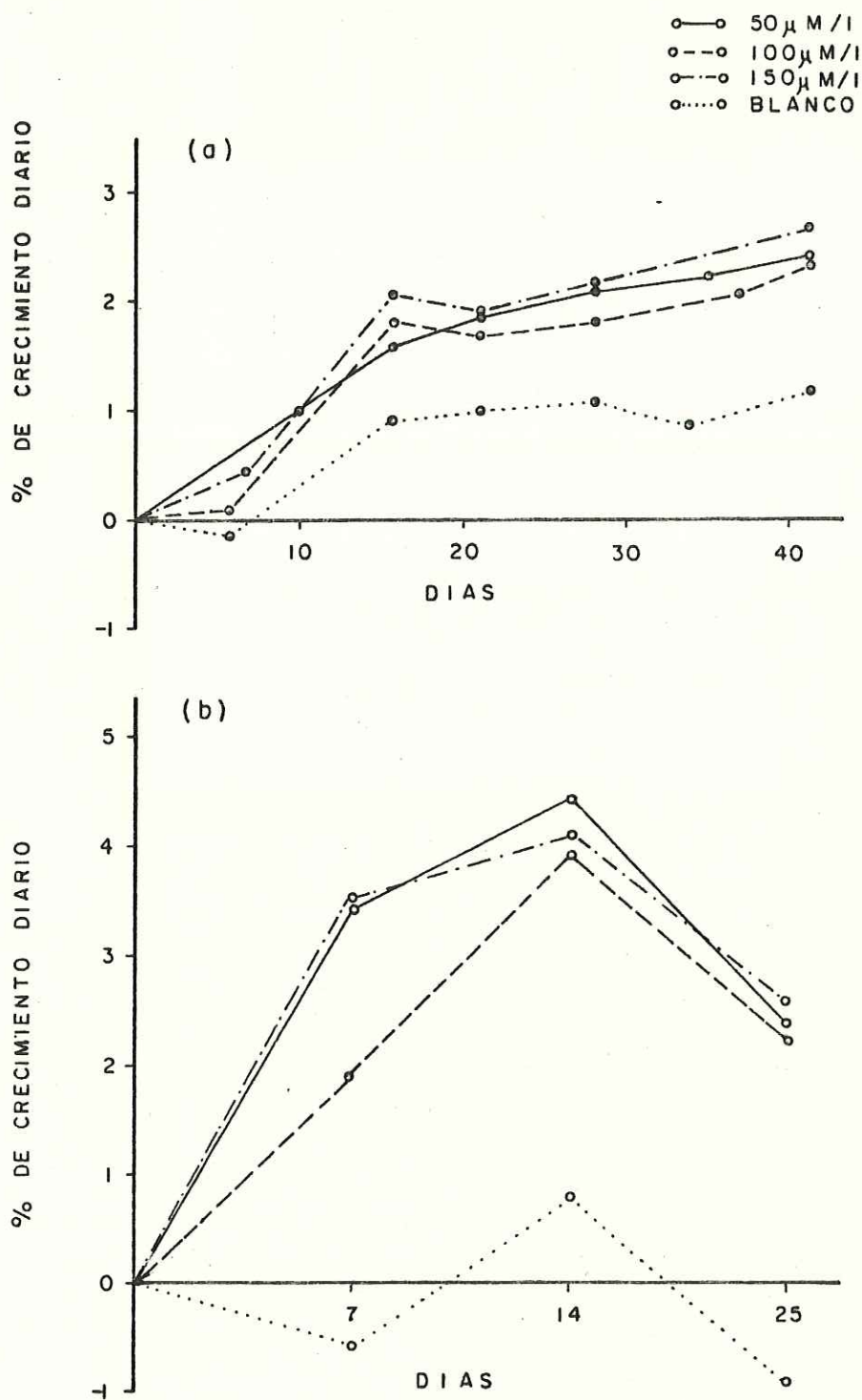


FIG. 6.- CRECIMIENTO EN PESO DE *G. robustum* DE ABRIL 19 A MAYO 30 DE 1987 FERTILIZADOS CON $(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$ (a) Y CRECIMIENTO DE MAYO 31 A JUNIO 23 DE 1987 CON COSECHAS SEMA - NALES (b).

concentraciones de 150 Micro M/1 de Nitrógeno, 28.69 % y 27.65 % $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y $(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$ con concentraciones de 100 micro M/1 de nitrógeno y 27.80 % del testigo del campo. Estos fueron los mayores rendimientos para las diferentes concentraciones. El menor rendimiento, 23.71, fué obtenido para $(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$ con concentraciones de 150 Micro moles por litro de nitrógeno (tabla III).

Para todos los tratamientos la eliminación de epifitas mediante cepilladas periódicas resultó insuficiente. El error al pesar por epifitas fué del 6 %.

TABLA II - PORCIENTO DE HUMEDAD DE PLANTAS CULTIVADAS DE ABRIL A JUNIO DE 1987, PARA CADA CONCENTRACION Y TIPO DE NUTRIENTE .

CONCENTRACION	NUTRIENTES			
	Na NO ₃	(NH ₄) ₂ SO ₄	(NH ₄) ₂ NO ₃	BLANCO
50 μ M/l	61.43 %	81.04 %	81.79 %	—
100 μ M/l	89.21 %	79.43 %	64.24 %	—
150 μ M/l	66.05 %	87.11 %	64.50 %	—
\bar{x}	72.23 %	82.52 %	70.17 %	71.17 %

TABLA III - RENDIMIENTO DE AGAR OBTENIDO DE Gelidium robustum, EXPRESADO EN PORCIENTO DE GEL/GR DE PLANTA EN PESO SECO, PARA CADA CONCENTRACION Y TIPO DE NUTRIENTES.

NUTRIENTES	CONCENTRACION $\mu\text{M} / \text{l}$	RENDIMIENTO %
$\text{NaNO}_3 : \text{PO}_4$	50 : 5	25.80
$\text{NaNO}_3 : \text{PO}_4$	100 : 10	25.19
$\text{NaNO}_3 \text{ PO}_4$	150 : 15	32.27
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 : \text{PO}_4$	50 : 5	26.47
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 : \text{PO}_4$	100 : 10	28.69
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 : \text{PO}_4$	150 : 15	23.68
$(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3 : \text{PO}_4$	50 : 5	23.75
$(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3 \text{ PO}_4$	100 : 10	27.65
$(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3 : \text{PO}_4$	150 : 15	23.71
BLANCO	— — —	24.55
MUESTRA CAMPO	— — —	27.80

DISCUSIONES

El crecimiento de G. robustum no mostró diferencias entre las distintas fuentes de nitrógeno utilizadas. Comportamientos similares se han reportado para Chondrus crispus (Neish and Fox, 1967), Porphyra tenera (Iwasaki, 1967) y G. tikvahiae (Lapointe and Ryther, 1978). Las plantas fertilizadas con 100 y 150 micro M/l de nitrógeno mostraron ser más robustas y más resistentes que las fertilizadas con concentraciones de 50 micro M/l.

Los cultivos fertilizados con $(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$ (Fig. 6a) presentaron crecimientos similares a los desarrollados en cultivos que asimilaron separadamente NH_4 y NO_3 . Este mismo comportamiento fue reportado por Bird (1976) en G. nudifrons el cual asimila simultáneamente NH_4 y NO_3 .

Aunque no se observaron diferencias significativas en el crecimiento entre los tres nutrientes utilizados, el contenido de humedad en las plantas cultivadas si presentó variaciones (Tabla II). El mayor contenido de humedad se encontró en plantas fertilizadas con $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ($X=82.52\%$), el menor cuando se fertilizó con $(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$ ($X=70.71\%$). Se desconoce la razón de estas variaciones, sin embargo presumimos que el NO_3 de alguna manera influye en la mayor acumulación de biomasa que agua.

La mayor parte de los trabajos de crecimiento en G. robustum muestran que esta especie desarrolla bajos crecimientos en el campo (Barilotti y Silverstone (1972); Guzmán de Prbo y S. de la Campa de Guzmán, (1974)). Harger y Neushul (1982) reportan crecimientos en peso de 0.35 % diario para plantas cultivadas en el campo, estos crecimientos son bajos si los comparamos con los desarrollados en otras especies de importancia económica como Euchema uncinatum los cuales en cultivo han alcanzado hasta 8 % diario de crecimiento en peso (Zertuche-Gonzalez et al., en prensa) y Gigartina pectinata con crecimientos en cultivo entre 10 y 20 % diario (Pacheco-Ruiz et al., en Trámite) Avendaño-Herrera (comunicación personal) ha encontrado crecimientos máximos de 2.2 % diario en poblaciones submareales de G. robustum en la bahía de Todos Santos. En el presente trabajo el crecimiento en peso de las plantas cultivadas superó los valores reportados para el campo (Figs. 4b, 5b y 6b) con una media de 3.06 % y máximos de 4.90 % diario, esto se logró en cultivos cosechados semanalmente, manteniendo únicamente tejido joven, el cual desarrolló mayores crecimientos. Además con las cosechas disminuyó el problema de las epifitas.

El hecho de que G. robustum desarrolle mayores crecimientos seguido de las cosechas, es un punto importante cuando se piensa en cultivos extensivos, ya que esta

característica permitiría mediante siembras y cosechas programadas mantener una producción constante de esta especie durante todo el año.

El crecimiento a través del incremento en longitud del eje principal en *G. robustum* resultó un método inadecuado, dado que este presenta un talo muy ramificado, con crecimiento apical (fotografía 1), por esta razón se consideró en los experimentos únicamente el incremento en peso como medida de crecimiento. Briunkius (1985) recomienda para este tipo de ejemplares cuando no se puede utilizar el peso, seco o húmedo, como medida de crecimiento se determine la longitud del eje principal, de las ramificaciones laterales y se cuantifique el número total de ramificaciones para obtener una medida de crecimiento confiable.

El crecimiento en peso de éstos ejemplares si mostró diferencias significativas en el crecimiento entre las intensidades de luz aplicadas (Fig. 3, Tabla I), los más altos crecimientos se desarrollaron bajo 48 y 31 % de I_0 , sin embargo las plantas cultivadas bajo la más alta intensidad (48 %) presentaron mayor abundancia de epifitas lo que en algunas ocasiones dificultó la determinación del peso. En los siguientes experimentos la intensidad se mantuvo en el 31 % de I_0 , para disminuir de esta manera el problema de las epifitas.

Los cultivos que recibieron intensidades del 4 % de I₀ desarrollaron los más bajos crecimientos permaneciendo con una coloración roja oscura. Con la más alta intensidad de luz (86 %) se presentó pérdida de pigmentación y fragmentación, dado que esta intensidad sobrepasó el nivel de saturación a la cuál G. robustum está adaptada. Lapointe (1984) menciona que las plantas se aclimatan a bajas intensidades de luz aumentando los niveles pigmentarios. Una aclimatación a altas intensidades ocurre mediante la disminución de los niveles pigmentarios siempre que esta intensidad no sobrepase los niveles de saturación de las plantas.

La presencia de epifitas fué proporcional a la intensidad de luz recibida en los cultivos con dominancia de Enteromorpha sp y Cladophora sp a altas intensidades (86 y 48 % de I₀) y Ectocarpus sp a bajas intensidades (8 y 4 % de I₀) (Tabla I). No se identificaron ni cuantificaron las microalgas presentes en los cultivos.

El rendimiento de agar de G. robustum fué mayor en promedio para las plantas fertilizadas respecto a las no fertilizadas, coincidiendo por lo reportado por Yamada (1972) en G. amansii.

En la siguiente tabla se compara el contenido de agar en diferentes especies de algas rojas.

CONTENIDO DE AGAR (% de peso seco) DE AGAROFITAS ECONOMICAMENTE IMPORTANTES. (Carter and Anderson, 1986)

ESPECIE	LOCALIDAD	% AGAR	CITADO
<u>Gracilaria follifera</u>	Cape cod.	25 - 45	DeBoer 1978
<u>G. cylindrica</u>	Hawaii	24 - 40	Doty 1983
<u>Gelidium carililagineum</u>	California	12 - 32	Cooper 1944
<u>G. robustum</u>	California	25 - 30	Silverstone 1977
<u>G. purpuracens</u>	Canada	18	Whyte 1981
<u>G. pristoides</u>	S. Africa	30 - 48	Carter 1986
<u>G. robustum</u>	Baja Calif.	23 - 32	presente estudio

En la tabla anterior se muestra que el contenido de agar (23-32 %) en G. robustum se mantiene en el rango del extraído de plantas colectadas en el campo; esta característica aunado al incremento en crecimiento obtenido sitúan a ésta especie como un recurso factible de cultivar ya que se puede aumentar el crecimiento mediante fertilizaciones, sin afectar el contenido de agar.

CONCLUSIONES

En este estudio se demuestra que es factible cultivar a G. robustum en tanques bajo condiciones naturales de luz y temperatura.

Se logró incrementar el crecimiento a una razón de 2:1 respecto al campo en plantas cosechadas.

Intensidades de luz mayores de 1600 Microeinsteins y menores de 900 Microeinsteins limitan el crecimiento de G. robustum.

G. robustum presenta el mismo crecimiento cuando se fertiliza con NO_3 que con NH_4 .

El rendimiento en gel es mayor en promedio en las plantas fertilizadas, que el extraído de las plantas no fertilizadas.

LITERATURA CITADA.

- Abbot, I .A. and G.J. Hollenber. 1976. Marine algae of Ca.
Stanford University Press, Stanford Ca., 827 pp.
- Aguilar-Rosas, Luis E., R. Aguilar-Rosas, I. Pacheco-Ruiz, E.
Bórquez-Garcès, M.A. Aguilar--Rosas y E. Urbieta
González 1982. Algas de importancia económica de la
región noroccidental de Baja California, México.
Ciencias Marinas vol. 8(1); 49-63.
- Barilotti, C.D. and W. Silverthorne. 1972. A resource
management study of Gelidium robustum .Procc. Int. seaweed
symp. 7:255-261.
- Bird, K.T. 1976. Simultaneous assimilation of ammonium and
nitrate by Gelidium nudifrons (Gelidiales:Rhodophyta).
J. Phycol. 12. 238-241.
- Bonotto, S. 1976. Cultivation of plants 2. Multicelular
plants. Marine ecology Vol. III. Cultivation part I. Ed.
Kinne London. pp. 467-529.
- Brinkhuis, B.H. 1980. Growth patterns rates. In: Handbook of
Phycological Methods. Ecological Field Methods:

Macroalgae. (Mark M. Littler and Diane S. Littler).
Cambridge Univ. Press 461-477.

Calabrase, G. and G.P. Fellicini. 1987. Research on the red
algae Pterocladia capilacea with some nitrogenous
material. J. Bot. Ital. 104. 81-89.

Carter, A.R. and J.R. Anderson. 1986. Seasonal growth and agar
contents in Gelidium pristoides (Gelidiales;
Rhodophyta) from Port Alfred South Africa. Bot.
Marina Vol. XXIX:117-123.

Cooper, N.C. and G.R. Johnstones. 1944. The seasonal
production of agar in Gelidium cartilagineum a perennial
red algae. Amer. J. of Botany. 31:638-640

DeBoer. A.J. et. al. 1978. Nutricional studies of two red
algae I. Growth rate as function of nitrogen source and
concentration J. of Phycol. 14: pp 261-266.

DeBoer. J. 1985. Nutrients. In The Biology of Seaweeds.
(C.s. Lobban and Wynne M.J. Eds.) Univ. of Ca. Press
Berkeley. pp 356- 392.

DeElia, C.F. and J. A. DeBoer. 1978. nutricional studies of

two red algae. II. Kinetics of ammonium nitrate uptake. Journal of Phycol. 14:266-272.

Doty, S.M. 1979. Status of marine agronomy with special reference the tropics Proc. International Seaweed Symp. 9:35-38.

Fries, L. 1963. On the cultivation of axenic red algae. Physiol. Plant. 16:695-708.

Guzmán del Proo, S.A. y S. de la Campa de Guzmán 1969. Investigaciones sobre Gelidium cartilagineum en la costa occidental de Baja California México Proc. Inter. Seaweed Symp. 6:179-186.

Guzmán del Proo, S.A. 1969. Los recursos vegetales marinos de Baja California. Proc. Intr. Seaweed Symp. Departamento de Botánica del Instituto Nac. de Investigaciones Biol. Pesq. México. pp 686-690

Guzmán del Proo, S.A. y S. de la Campa de Guzmán 1972. Shedding rhythm and germination of spores in G. robustum Procc. Int. Seaweed Symp. 7:221-228.

Guzmán del Proo S.A., S. de la Campa de Guzmán y J. Pineda

- Barrera 1974. La Cosecha de Algas comerciales en Baja California. Inst. Nac. de Pesca, Subsecretaria de Pesca, Secretaria de Industria y Comercio.
- Guzmán del Proo, S.a. y S. de la Campa de Guzmán. 1979. Gelidium robustum (florideophyceae) and agarophyta of B.C. Mex Int. Nac. de Pesca. pp 303-309.
- Haines, C.K. & P.Wheeler. 1978. Ammonium and nitrate uptake by the marine macrophytes Hypnea muciformis (Rhodophyta) and Macrocystis pyrifera (Phaeophyta) J. Phycol. 14: 319-324.
- Hanisak, M.D. 1983. The nitrogen relationships of marine macroalgae. In E.J. Carpenter & D.G. Capone (eds.), Nitrogen In The Marine Enviroment, Academic Press, New York. pp 699-730.
- Hansen J.E. 1980. Physiological considerations in the mariculture of Red Algae . In Abbot, M foster and L. Eklund (Eds), Pacific Seaweed Aquaculture. La Jolla Ca. California Sea Grant College, program UCSD, 80-92.
- Hansen, J.E., J.E. Packard and W.T. Doyle. 1981. Mariculture

of red seaweeds. Report T CSGCP-002. A Ca. Sea Grant college program pub. 42 pp.

Hansen, J.E. 1983. A physiological approach to mariculture of red algae. *J. World Maricul.Soc.* 14: 380-391.

Harlin, M.M. and P.A. Wheeler. 1980. Nutrient uptake. In: Handbook of Phycological Methods. Ecological Field Methods: Macroalgae. (Mark, M. Littler and Diane S. Littler. Eds). Cambridge Univ. Press. 493-510.

Harger, B.W.W. & Neushul, M. 1982. Macroalgal mariculture. *Biosaline research: A look to the future*. Eds. by Anthony San Pietro. pp 393-404.

Iwasaki, H. 1967. Nutritional studies of the edible seaweed Porphyra tenera II. nutrition of conchocelis. *J. Phycol.* 3:30-41.

Johnstone, R.G. and F.L. Feeney 1944. Periodicity of Gelidium cartilagineum perennial red algae. *Amer. Jour. of Botany.* 31:25-29

Korolef, F. 1976. Determination of $\text{NH}_4\text{=N}$ In: *Methods of Sea Water Analysis*. K. Grosshoff Ed. pp 127-133.

Lapointe, B.E. and Ryther. 1979. Effects of the nitrogen and seawater flow rate on growth and biochemical composition of Gracilaria foelifera var angustissima in mass outdoor cultures. Bot. Marina. Vol. XXII, pp 529-537.

Lapointe, B.E.; C.J. Dawes and K.r. Tenore. 1984. Interactions between light and temperature on the physiological ecology of Gracilaria tikvahiae (Gigartinales:Rhodophyta). Marine Biology, 80:171-178.

Lapointe, B.E. and C.S. Duke. 1984. Biochemical strategies for growth of Gracilaria tikvahiae (Rhodophyta) in relation with light intensity and nitrogen availability. J. Phycol. 20:486-495.

Macler, A.B. 1983. Physiology of agar production in Gelidium. Journal of Phycol. Vol. 19.

Pacheco-Ruiz, I., Zertuche-González, J.A. Variación estacional de la biomasa y estadios reproductivos de pectinata Dawson (Gigartinales; Rhodophyta) en el Golfo de California, México. (en trámite).

Ryther, J.H. et al. 1979. nitrogen uptake and storage by the

red algae Gracilaria tikvahiae (Mclachlan, 1979).
aquaculture, 26:107-115.

Santelices, B. 1974. A brief resume of pertinente literature
of Gelidioid algae. Marine agronomy. S.U. Sea Grant
Program Hawai.

Santos, A. G. 1980. Quality of carrageenans and agar. Procc.
Symp. Paci. Seaweed Aqua. pp. 80-92.

Tseng, C.K. 1985. Comercial cultivation. In: The Biology of
the Seaweeds. (C.S. Lobban and M.J. Wynne, eds.)
Univ. of Ca. Press Berkeley. pp 680-721.

Waaland, J.R. 1985. Comercial utilization. In: The Biology of
the Seaweeds. (C.S. Lobban and M.J. Wynne, Eds.)
Univ. of Ca. Press Berkeley. pp 726-739.

Yamada, N. 1964. Studies on the manure for seaweeds. IV. On
the manuring for yelowed Gelidium Bed. Bull. of the
Jap. Soc. of Sci. Fish. Vol. 30. No. 12. 986-990.

Yamada, N. 1974. Manuring for Gelidium Shizoaka prefectural
fisheries experiment station. Shimoda. Japon. pp. 385-
388.