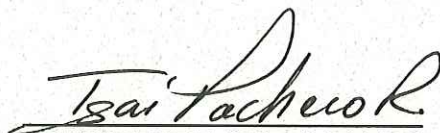


CULTIVO DE *Gigartina pectinata* DAWSON
(RODOPHYTA, GIGARTINALES) CON
FERTILIZANTES AGRICOLAS

TESIS
QUE PRESENTA
ROSA EULALIA CHAVEZ VALDEZ

APROBADA POR


PRESIDENTE DEL JURADO
M.C. ISAI PACHECO RUIZ


SINODAL PROPIETARIO
OC. ARTURO SIQUEIROS VALENCIA


SINODAL PROPIETARIO
OC. MARCO A. GONZALEZ GOMEZ

RESUMEN

Se realizaron dos cultivos bajo condiciones semicontroladas con el alga roja *Gigartina pectinata* Dawson (Rhodophyta, Gigartinales).

En el primero, las plantas se sometieron a tres tipos de fertilizantes agrícolas: nitrato de amonio / pentóxido de fósforo, sulfato de amonio / pentóxido de fósforo, y urea / pentóxido de fósforo; y un testigo: nitrato de sodio / fosfato disódico; a concentraciones de $1.95 \text{ mg N l}^{-1} \text{ sem.}^{-1}$ y $0.195 \text{ mg P l}^{-1} \text{ sem.}^{-1}$; y comparados con un control (agua de mar). No se encontraron diferencias significativas en el crecimiento de *Gigartina pectinata* al comparar el efecto de los fertilizantes agrícolas con el Testigo. El crecimiento máximo encontrado fue de $5.42 \% \text{ dia}^{-1}$ para el sulfato de amonio el cuál también presentó el mayor contenido de nitrógeno con $0.338 \% \text{ ps}$; y el mínimo crecimiento fue de $-0.41 \% \text{ dia}^{-1}$ para el control con un contenido de nitrógeno de $0.174 \% \text{ ps}$.

En el segundo experimento *G. pectinata* fue cultivada con sulfato de amonio / pentóxido de fósforo a concentraciones de 0.000, 0.975, 1.950, 2.925 y 3.900 $\text{mg N l}^{-1} \text{ sem.}^{-1}$ y 0.0000, 0.0975, 0.1950, 0.2925 y 0.3900 $\text{mg P l}^{-1} \text{ sem.}^{-1}$ respectivamente; encontrándose el mayor crecimiento ($4.49 \% \text{ dia}^{-1}$), y el mayor contenido de nitrógeno ($2.12 \% \text{ ps}$) en la mayor concentración.

Lo anterior demuestra que para *Gigartina pectinata*, los nutrientes grado reactivo pueden ser substituidos por fertilizante agrícola comercial, sin que se presente una diferencia significativa.

DEDICATORIAS

A mis queridos padres

Por haberme dado el apoyo, la confianza y la libertad para conquistar todas mis metas. Por creer en mí, luchando diaria e incansablemente por mi felicidad y la de mis hermanos, inculcandonos que la mejor herencia que nos dejan son nuestros estudios.

———Pocas veces coincidimos, pero entre nosotros siempre existirá un sentimiento perenne... el amor.

A mis hermanos

Por su comprensión amor y amistad incondicional, siendo para mí el mejor ejemplo a seguir. Por enseñarme que la unión hace la fuerza y que ante las adversidades, al igual que el acero, podemos templarnos pero nunca quebrarnos.

———Son lo mejor que pudo darme la vida.

A Pedro

Por tu amistad y amor, por estar cerca de mí cuando más lo necesité... te amo y admiro.

———No corras porque no podré alcanzarte, no pretendas seguirme porque no podré guiarte, mejor caminemos... caminemos juntos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por dejarme llegar hasta este momento.

A la Universidad Autónoma de Baja California y al Instituto de Investigaciones Oceanológicas

Por haber facilitado las instalaciones y el material necesario para la realización de ésta investigación.

A mi director de tesis M.C. Isaí Pacheco Ruiz

Por todo.

A mis sinodales Oc. Arturo Siqueiros Valencia y Oc. Marco A. González Gómez

Por sus acertados y oportunos consejos.

A la Facultad de Ciencias Marinas

Por permitirme realizar mis estudios profesionales.

A todos mis profesores

Que verdaderamente compartieron sus ideas, conocimientos y experiencias, siendo parte de la formación del alumnado.

Al Oc. Felipe Correa Díaz

Por su apoyo moral y profesional que siempre me brindó.

A Marjorie y Héctor Valenzuela

Porque en los momentos críticos de éste trabajo, me impulsaron a seguir adelante con su amistad, atenciones y palabras de aliento.

A Pedro

Por ser siempre un apoyo incondicional, y uno de los pilares fundamentales de éste trabajo.

A Gabriela, Lorena, Irene y Larissa

Por compartir su amistad en todas mis etapas de estudio.

A Daleth, Pepe, Rocío, Raúl, Zandra, Oscar, Gabriel, Adriana y Reyna

Por brindarme su amistad.

A la Generación XXXI "Ñokis".

A mi familia

Por apoyarme y respetar mis desiciones.

INDICE

INTRODUCCION	1
HIPOTESIS	7
OBJETIVOS	7
 MATERIALES Y METODOS	 8
 RESULTADOS	 13
EXPERIMENTO I	13
EXPERIMENTO II	23
 DISCUSIONES	 32
 CONCLUSIONES	 38
 LITERATURA CITADA	 39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama del tipo de estanquería al aire libre utilizada para los experimentos en el crecimiento de <i>Gigartina pectinata</i> (Rodríguez-Carrillo, 1987).	9
Figura 2	Crecimiento de <i>Gigartina pectinata</i> cultivada en condiciones semicontroladas con diferentes fertilizantes agrícolas. Las barras verticales indican error estándar.	14
Figura 3	Contenido de nitrógeno total en el tejido de <i>Gigartina pectinata</i> cultivada con diferentes fertilizantes agrícolas. Las barras verticales indican error estándar.	17
Figura 4	Temperaturas e irradiancias durante el cultivo de <i>Gigartina pectinata</i> utilizando diferentes fertilizantes agrícolas.	19
Figura 5a	pH durante el cultivo de <i>Gigartina pectinata</i> utilizando diferentes fertilizantes agrícolas.	20
Figura 5b	pH durante el cultivo de <i>Gigartina pectinata</i> utilizando diferentes fertilizantes agrícolas.	21
Figura 5c	pH durante el cultivo de <i>Gigartina pectinata</i> utilizando diferentes fertilizantes agrícolas.	22

Figura 6	Crecimiento de <i>Gigartina pectinata</i> cultivada en condiciones semicontroladas a diferentes concentraciones de sulfato de amonio. Las barras verticales indican error estándar.	24
Figura 7	Contenido de nitrógeno total en el tejido de <i>Gigartina pectinata</i> cultivada a diferentes concentraciones de sulfato de amonio. Las barras verticales indican error estándar.	26
Figura 8	Temperaturas e irradiancias durante el cultivo de <i>Gigartina pectinata</i> utilizando diferentes concentraciones de sulfato de amonio.	28
Figura 9a	pH durante el cultivo de <i>Gigartina pectinata</i> utilizando diferentes concentraciones de sulfato de amonio.	29
Figura 9b	pH durante el cultivo de <i>Gigartina pectinata</i> utilizando diferentes concentraciones de sulfato de amonio.	30
Figura 9c	pH durante el cultivo de <i>Gigartina pectinata</i> utilizando diferentes concentraciones de sulfato de amonio.	31

LISTA DE TABLAS

Tabla I	Resultado global del análisis de varianza para las diferentes fuentes de nitrógeno.	15
Tabla II	Resultado de las características organolépticas de <i>Gigartina pectinata</i> al utilizar diferentes fuentes de nitrógeno.	16
Tabla III	Resultado global del análisis de varianza para las diferentes concentraciones de sulfato de amonio.	23
Tabla IV	Características Organolépticas de <i>Gigartina pectinata</i> con sulfato de amonio.	25

INTRODUCCION

Las macroalgas forman parte de la flora marina con la que el hombre común está más familiarizado. Sin embargo, su importancia como productores primarios rara vez es mayor que la del fitoplancton y está restringida a algunas zonas costeras donde su presencia es significativa (Zertuche-González, 1989).

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

Debido a su gran tamaño, las macroalgas se cosechan fácilmente a mano y desde hace ya mucho tiempo se utilizan para consumo humano, como forraje para ganado, abono en la agricultura y fuente de sosa, potasa y yodo. Recientemente las aplicaciones comerciales de las algas marinas ya se destinan en gran parte al consumo humano y a la producción de hidrocoloides como agar, carragenanos y alginatos, que se utilizan ampliamente debido a sus propiedades emulsificantes y gelificantes (Darley, 1987).

Una especie importante de alga roja con potencialidad de explotación en

el Golfo de California es el alga roja *Gigartina pectinata*, debido a su contenido de kappa-carragenano (Zazueta-Gutiérrez, 1988; López-Acuña, 1990). Ocurre comúnmente desde la zona de entremareas hasta los 7.5 m de profundidad (Norris, 1975). Su talo consiste en láminas planas, delgadas y abundantemente ramificadas de aproximadamente 12 mm de ancho, las cuales se van reduciendo hasta llegar a ramificaciones agudas (Dawson, 1944).

De esta especie se conoce su taxonomía y distribución (Dawson, 1944; Norris, 1975), fotosíntesis (Cabello-Pasini, 1988), estrategias de cultivo bajo condiciones semicontroladas (Zertuche-González, 1989), crecimiento y variación de la biomasa estacional (Pacheco-Ruíz *et al*, en prensa) y algunos efectos ecológicos de su cosecha en el Golfo de California (Barilotti y Zertuche-González, 1990).

Aunque se conocen algunos mantos, se desconoce el potencial *in situ* con el que la industria podría contar, ya que lo común es que la materia prima que se utiliza para la extracción de hidrocoloides por la industria, provenga de poblaciones naturales, esto ha hecho que la producción mundial de geles sufra incrementos y decrementos dada la explotación excesiva de poblaciones naturales, debido a la falta de administración del recurso (Doty, 1979).

Como resultado de los problemas de abastecimiento, los precios de los geles crudos y refinados han fluctuado tremendamente durante las últimas décadas, por lo tanto, la única manera de garantizar un desarrollo próspero de la industria del gel es asegurando el abastecimiento de la materia prima.

En la actualidad una de las estrategias que se utiliza para asegurar la materia prima para la industria es el cultivo de macroalgas *in situ* ó bajo condiciones semicontroladas. Hoy se cultivan bajo estas condiciones las algas rojas *Porphyra sp* y *Eucheuma sp* y las algas pardas *Laminaria sp* y *Undaria sp*. En menor escala están, el alga verde *Enteromorpha sp* y las algas rojas *Gelidium sp* y *Gracilaria sp* (Dawes, 1986).

En relación al cultivo, el agua de mar es la base para la preparación de muchos medios, tales como el de Von Stoch Provasoli, Ottis, Erdschreiber etc. (Bold y Wynne, 1978).

Independientemente de lo complejo del medio y de la efectividad que tenga, es necesario que los países en vías de desarrollo utilicen medios más económicos, ya que los tradicionales, se hacen con reactivos químicos que se obtienen de casas comerciales a precios muy elevados (Granados-Machuca y Buckle, 1984). Esto incrementa el costo de producción de la materia prima que

se produce.

En general, la fuente más importante de nitrógeno para las macroalgas es el amonio (NH_4) y el nitrato (NO_3). Sin embargo no todas las macroalgas crecen de la misma forma con las fuentes anteriores. El nitrito (NO_2), es otra fuente de nitrógeno inorgánico y normalmente se encuentra en más baja concentración en el agua de mar que las fuentes antes mencionadas. En adición a las fuentes de nitrógeno inorgánico, algunas macroalgas utilizan urea, sin embargo los crecimientos que se han obtenido no son tan significativos como los que se obtienen con otras fuentes de nitrógeno (Carpenter y Capone, 1983).

Kimon (1976), en sus estudios de asimilación de amonio (NH_4) y nitrato (NO_3) para *Gelidium nudifrons* Gardner, no encuentra diferencias significativas en la asimilación de los nutrientes anteriores, ya sea de forma combinada ó individual, ambos son aceptados por la planta. En tanto que para *Gracilaria tikvahiae* McLachlan, se observa que después de mantenerla en ausencia de nitrógeno y posteriormente someterla a fuentes de amonio (NH_4) y nitrato (NO_3), la planta prefiere el amonio, captando con mayor rapidez el amonio que el nitrato (Ryther *et al*, 1981).

Pacheco-Ruíz (1990), trabajó con *Gelidium robustum* en donde utilizó tres fuentes de nitrógeno: nitrato de sodio, nitrato de amonio y sulfato de amonio, sin encontrar diferencias significativas en el crecimiento al fertilizar con las fuentes anteriores.

Debido a los costos que implica el utilizar nutrientes grado reactivo, muchos investigadores se han dado a la tarea de buscar otras alternativas que permitan reducir los costos. Pacheco-Ruíz *et al* (1987), cultivó *Gigartina canaliculata* Harvey con licor biodigerido de vaca, el cual fue un medio más económico y buen generador de nutrientes para esta especie, sus resultados al ser comparados con los medios tradicionales no mostraron ser significativamente diferentes.

Otra alternativa es utilizar nutrientes agrícolas baratos que pueden dar el mismo rendimiento que los nutrientes tradicionales.

Se desconoce si existen trabajos referentes al cultivo de macroalgas con fertilizantes agrícolas, sin embargo, si se han utilizado en cultivo de microalgas. Los resultados demuestran su eficiencia nutricional al compararlos con medios tradicionales, no son significativamente diferentes, pero si son diferentes respecto a costos, por ser los medios preparados con fertilizantes agrícolas más baratos. (Mimbela-Sandoval, 1987; Herrera-Treviño, 1988; Wilburn-

González, 1990; Jiménez-Mercado, 1991; Moreno-Arellano, 1991).

HIPOTESIS

Los fertilizantes agrícolas sirven como fuente de nitrógeno y fósforo en el cultivo de *Gigartina pectinata* de forma similar a los nutrientes tradicionales (reactivos químicos).

OBJETIVOS

Se determinarán qué tipos de fertilizantes agrícolas: nitrato de amonio, sulfato de amonio y urea; y qué concentración es la más apropiada para el crecimiento de *Gigartina pectinata* Dawson en cultivo semicontrolado.

MATERIALES Y METODOS

La biomasa de *Gigartina pectinata* que se utilizó en este experimento se colectó en Bahía de los Angeles en Mayo de 1990, previamente esta planta estuvo creciendo bajo condiciones semicontroladas con la adición de nitratos y fosfatos como nutrientes y con flujo abierto en las instalaciones del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California.

La instalación donde se realizó esta investigación, consistió de un sistema cerrado de tanques de cultivo abastecidos con agua de mar, con cambios una vez por semana y solo el aire fue suministrado de forma continua. Los tanques fueron hechos de tibores de plástico con capacidad de doscientos litros cortados a la mitad longitudinalmente, cada mitad se utilizó como un tanque de cultivo.

Los tanques descansan sobre bases de concreto alineados a las tuberías de aire y agua de mar que los están abasteciendo. El aire fue proporcionado desde el fondo del tanque a través de un tubo de cloruro de polivinilo (PVC) de media pulgada con pequeñas perforaciones (figura 1).

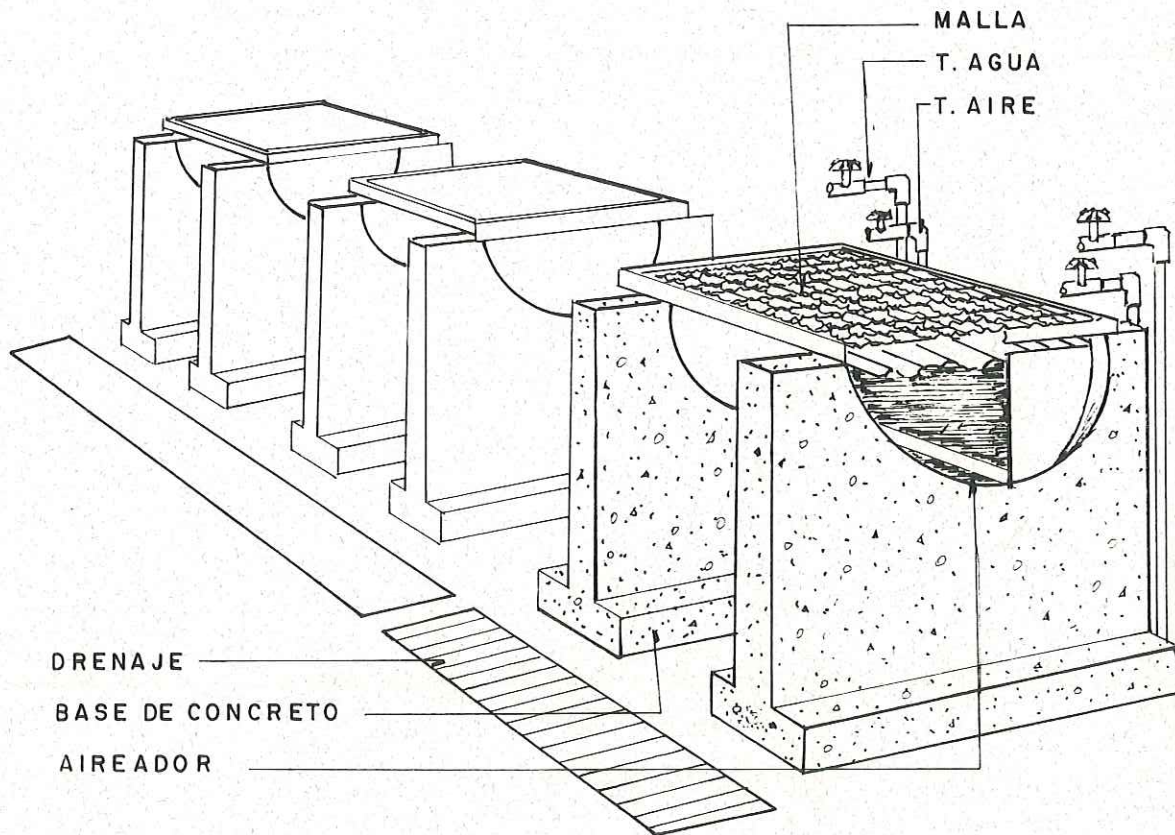


Figura 1 Diagrama del tipo de estanquería al aire libre utilizada para los experimentos en el crecimiento de *Gigartina pectinata* (Rodríguez-Carrillo, 1987).

Los experimentos se dividieron en dos:

EXPERIMENTO I

El primer experimento se realizó en la época de Invierno. Se utilizaron 15 tanques de cultivo, cada uno contuvo una biomasa de 500 gramos bajo una misma concentración de nitrógeno ($1.95 \text{ mg N l}^{-1} \text{ sem.}^{-1}$) independientemente de la fuente que se utilizó. Los tres fertilizantes agrícolas que se probaron fueron: nitrato de amonio (NH_4NO_3), sulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) y urea (H_2NCONH_2) como fuentes de nitrógeno y como fuente de fósforo pentóxido de fósforo (P_2O_5). Se utilizó nitrato de sodio (NaNO_3) y fosfato disódico (Na_2HPO_4) como testigos, los cuales son empleados convencionalmente en los cultivos experimentales. Y un control a base de agua de mar (sin adición de nutrientes). Las concentraciones se prepararon en proporciones de 10:1 (N:P). La fertilización se realizó dos veces por semana. Cada experimento se corrió por triplicado.

Las plantas se mantuvieron en cultivo aproximadamente un mes, y semanalmente se realizó una cosecha manual, desprendiendo las partes "viejas" de las plantas dejando siempre una biomasa inicial de 500 gramos por tanque. Los pesos húmedos de las muestras se tomaron en una balanza marca Mettler Instruments y a través de la diferencia de pesos inicial y final, se

determinó el crecimiento semanal, mediante la siguiente fórmula:

$$C = [(W_t / W_o)^{1/t} - 1] \times 100$$

Donde: C = crecimiento
t = tiempo

Wt = peso al tiempo t
Wo = peso inicial

(Brinkhuis, 1980).

El material que se cosechó se colocó en una estufa marca Presicion Modelo 18 EG a 60° C secándolo hasta llegar a un peso constante, para lo cual se utilizó una balanza marca Sartorius de 500 gramos Brinkmann Instruments Co. utilizada para los experimentos en el crecimiento de *Gigartina pectinata* (Rodríguez-Carrillo, 1987).

La irradiancia en los cultivos se reguló al utilizar mallas plásticas de mosquitero sobre los tanques. Las mediciones se realizaron diariamente en el período de máxima irradiancia (13:00 Hrs) sobre la superficie y dentro de los tanques con un irradiómetro marca Biospherical Instruments QSL-100 durante un mes.

Se registraron las siguientes variables; pH (potenciómetro marca Altex Beckmann # 14211912), temperatura (termómetro de máximos y mínimos marca Sybon Taylor 5458) e índice de refracción (refractómetro marca

American Optical Corporation), durante el período que duró el experimento.

Se realizó un análisis de nitrógeno total en el tejido de las plantas, con el fin de conocer el estado nutricional de la planta, utilizando el método modificado de Kjeldahl (Striackland y Parsons, 1972).

EXPERIMENTO II

Este experimento se realizó en verano bajo las mismas condiciones del experimento anterior; se utilizó el sulfato de amonio como fuente de nitrógeno y pentóxido de fósforo como fuente de fósforo.

Se utilizaron cinco concentraciones: 0.000, 0.975, 1.950, 2.925, y 3.9000 mg N l⁻¹ sem.⁻¹, con fertilizaciones dos veces por semana. Cada tratamiento se realizó por triplicado.

Los resultados obtenidos de crecimiento y nitrógeno, se les aplicó análisis de varianza (ANOVA) (Zar, 1984).

A los resultados del pH, se le aplicó un análisis de varianza de Kruskal-Wallis de dos vías.

RESULTADOS

EXPERIMENTO I

Independientemente de la fuente de nitrógeno y fósforo que se utilizó durante el primer experimento en *Gigartina pectinata*, se presentó un crecimiento progresivo ascendente para todos los tratamientos, incluyendo el control (figura 2).

A excepción del nitrato de amonio y el control (agua de mar), que alcanzaron su máximo crecimiento en la segunda semana, en todos los demás tratamientos éste se presentó en la tercer semana para posteriormente decaer en la cuarta.

No se encontró diferencia significativa en el crecimiento, entre los nutrientes agrícolas (nitrato de amonio, sulfato de amonio, y urea). Tampoco se encontraron diferencias entre los nutrientes agrícolas y el testigo (nitrato de sodio / fosfato disódico), sin embargo, el control si fue significativamente diferente a todos los demás (tabla I).

El máximo crecimiento fue de $5.4 \text{ \% día}^{-1}$ al utilizar el sulfato de amonio y el mínimo fue de $-0.41 \text{ \% día}^{-1}$ y se presentó en el control.

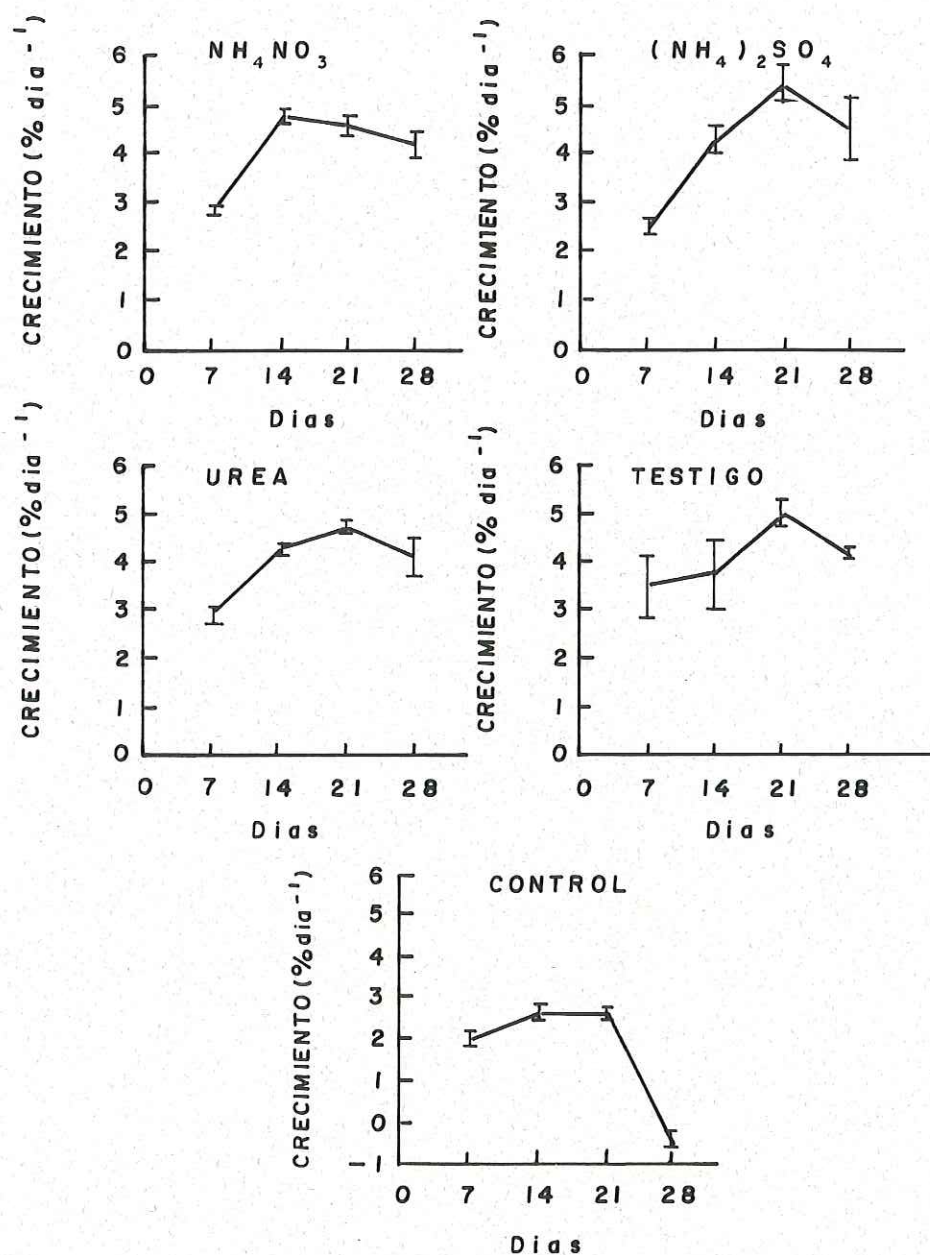


Figura 2 Crecimiento de *Gigartina pectinata* cultivada en condiciones semicontroladas con diferentes fertilizantes agrícolas. Las barras verticales indican error estándar.

Tabla I Resultado global del análisis de varianza para las diferentes fuentes de nitrógeno.

Tratamiento	F cal.	F crit.	ANOVA
* Sin control	0.17	4.26	NS
** Con control	5.54	4.26	S

NS No significativo

S Significativo = 0.05

* Resultado del análisis de varianza de todos los tratamientos, excepto el control.

** Resultado del análisis de varianza de todos los tratamientos más el control.

Las características organolépticas de la planta (color y flacidez), variaron en función de la fuente de nitrógeno que se utilizó. La mejor condición, se observó en plantas que crecieron con sulfato de amonio, la condición menos favorable fue para el control, el cual se mantuvo sano la primer semana y posteriormente su color se tornó rojo pálido hasta llegar a un amarillo verdoso y finalmente la planta se fragmentó y murió (tabla II).

Tabla II Resultado de las características organolépticas de *Gigartina pectinata* al utilizar diferentes fuentes de nitrógeno.

Tratamiento	Inicio		Final	
	Color	Flacidez	Color	Flacidez
NH ₄ NO ₃	Rojo + + +	+ + +	Rojo + +	+ + +
(NH ₄) ₂ SO ₄	Rojo + + +	+ + +	Rojo + + +	+ + +
Urea	Rojo + + +	+ + +	Rojo +	+ +
Testigo	Rojo + + +	+ + +	Rojo + +	+ + +
Control	Rojo + + +	+ + +	Amarillo	+

COLOR

+ + + (Rojo fuerte)

+ + (Rojo)

+ (Rojo pálido)

FLACIDEZ

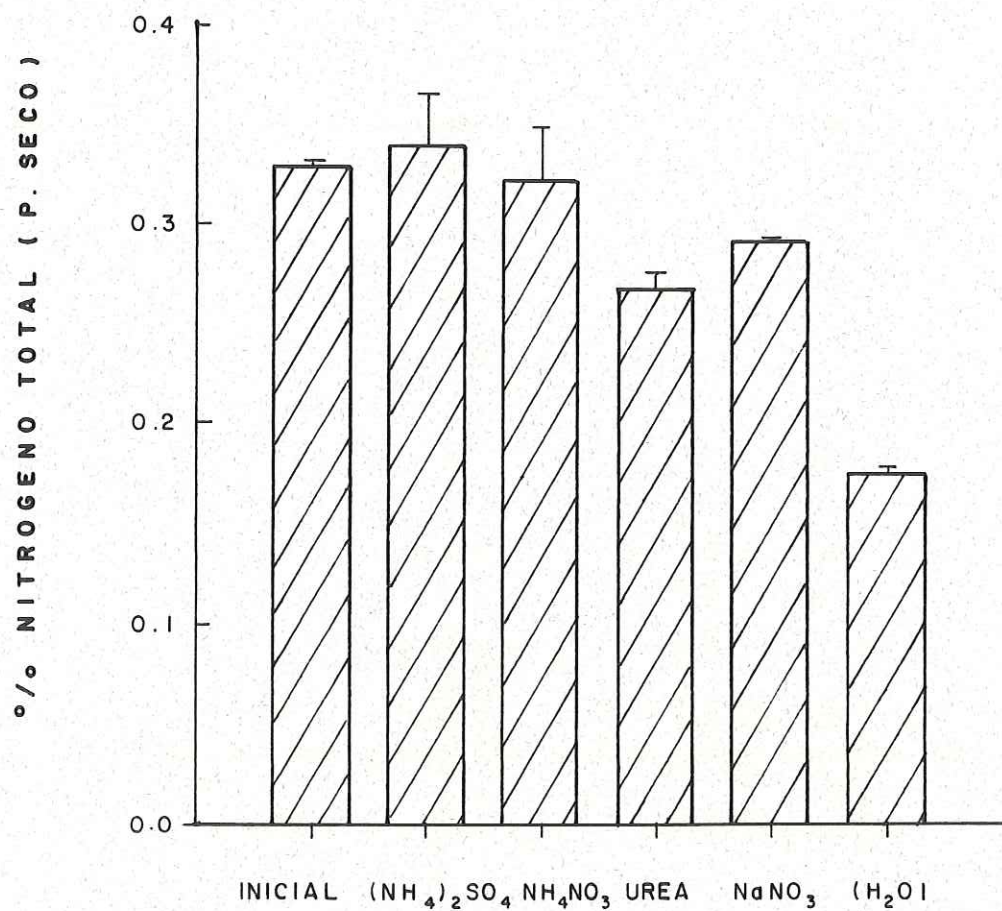
+ + + (Buena)

+ + (Regular)

+ (Sin)

El mayor porcentaje de nitrógeno en el tejido de la planta, se encontró en plantas tratadas con sulfato de amonio con un 0.338 % ps., y el menor fue para el control con un 0.174 % ps.

A excepción del control, todos los tratamientos no fueron estadísticamente diferentes en comparación con la concentración de nitrógeno en la planta al inicio del experimento (figura 3).

**Figura 3**

Contenido de nitrógeno total en el tejido de *Gigartina pectinata* cultivada con diferentes fertilizantes agrícolas. Las barras verticales indican error estándar.

Durante el experimento, la máxima temperatura fue de 27° C y la mínima de 8° C (figura 4).

La máxima irradiancia ambiental, fue de 3700 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y la mínima de 400 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$, en el interior de los tanques la máxima irradiancia fue de 700 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y la mínima de 100 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (figura 4).

Cada experimento inició con un pH de 8.2, terminó con un pH de 9.2 antes del cambio de agua (figura 5), no se encontró diferencia significativa en el pH al utilizar fertilizantes agrícolas como fuente de nitrógeno, ni entre los agrícolas y el testigo y tampoco entre los nutrientes agrícolas y el control.

La salinidad no presentó ninguna variación, fue de 34% .
a lo largo del experimento.

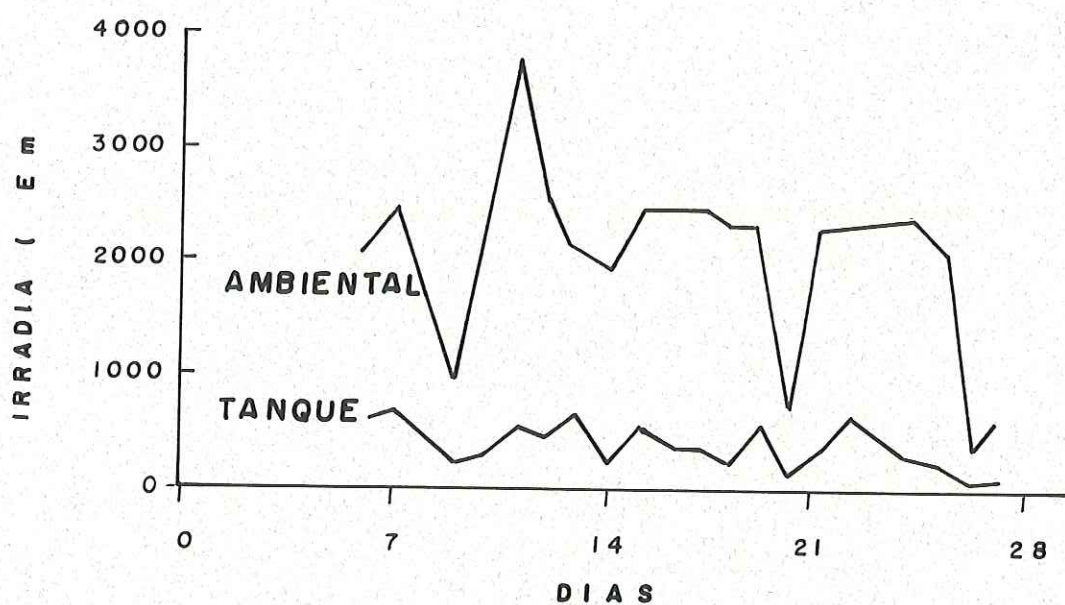
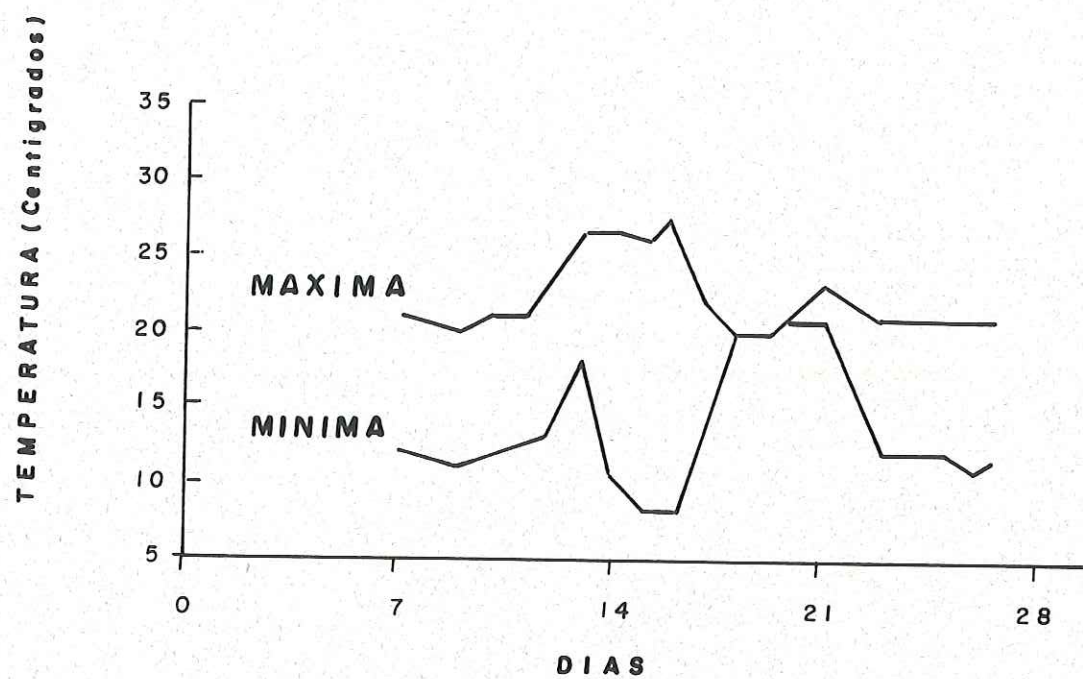


Figura 4 Temperaturas e irradiancias durante el cultivo de *Gigartina pectinata* utilizando diferentes fertilizantes agrícolas.

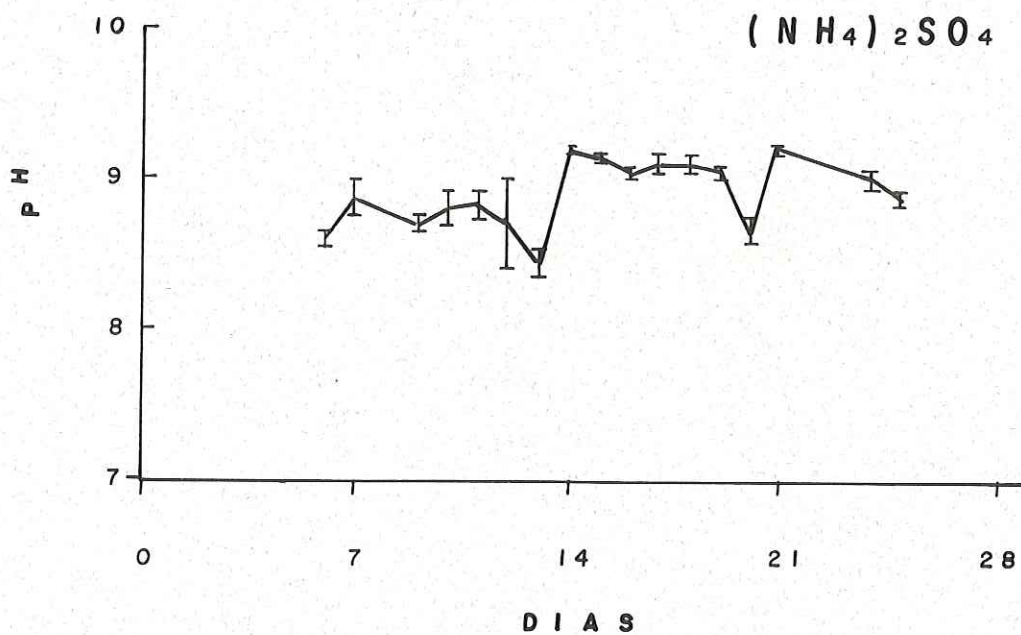
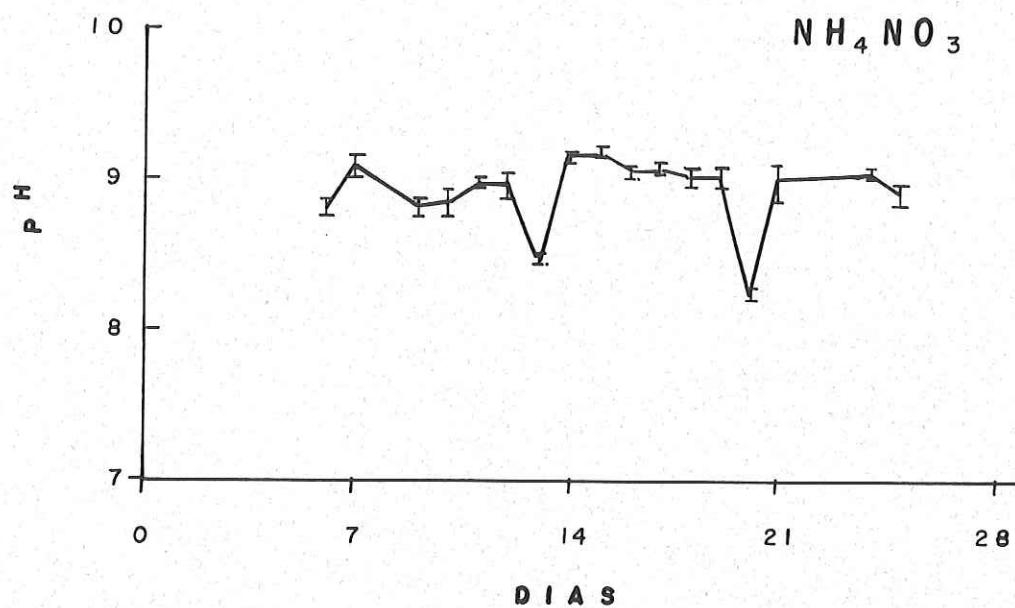


Figura 5a pH durante el cultivo de *Gigartina pectinata* utilizando diferentes fertilizantes agrícolas.

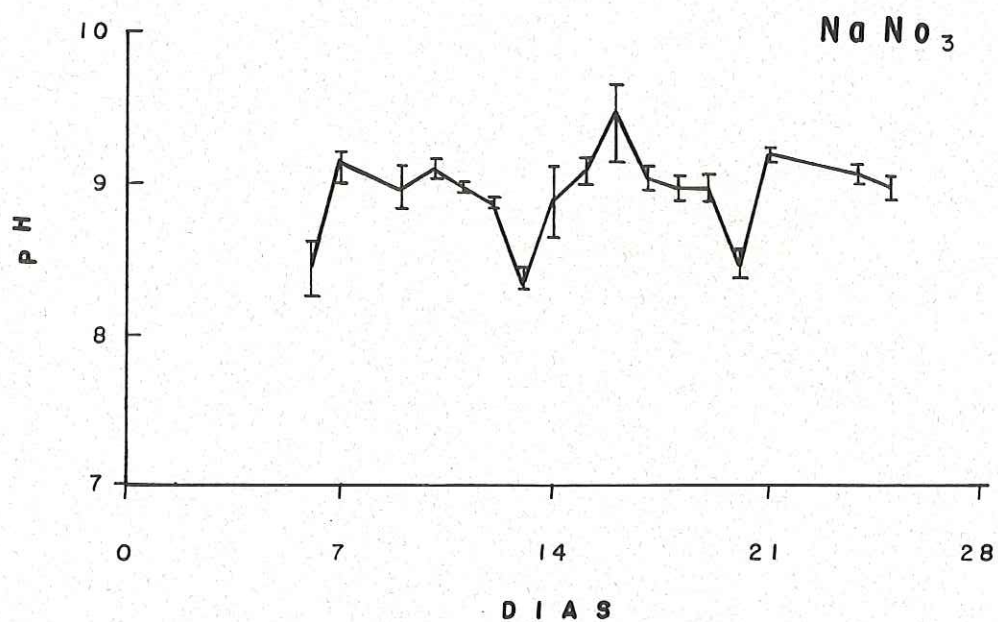
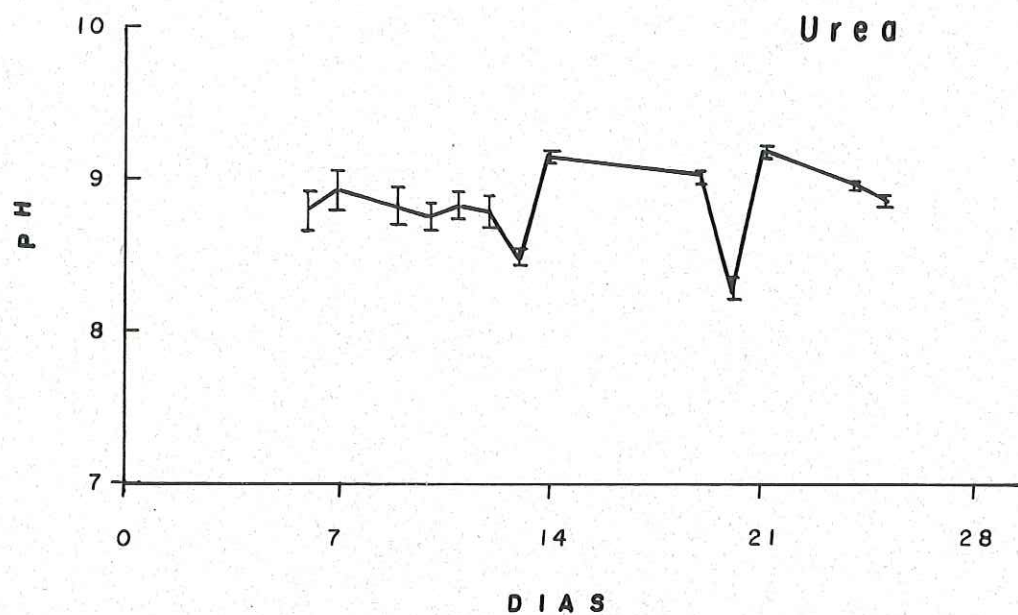


Figura 5b pH durante el cultivo de *Gigartina pectinata* utilizando diferentes fertilizantes agrícolas.

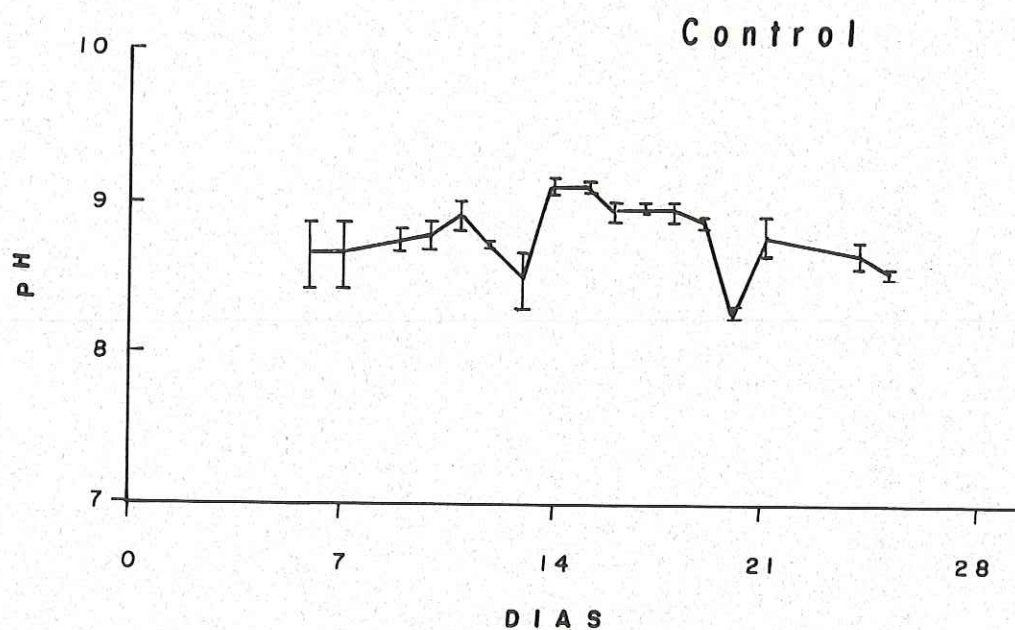


Figura 5c pH durante el cultivo de *Gigartina pectinata* utilizando diferentes fertilizantes agrícolas.

EXPERIMENTO II

En el segundo experimento, el máximo crecimiento fue de 4.49 % día⁻¹, se presentó al utilizar 3.9 mg N l⁻¹ y el mínimo de 1.46 % día⁻¹ con 1.95 mg N l⁻¹, no se presentó ningún crecimiento en el control ni en la concentración de 0.975 mg N l⁻¹ (figura 6).

No se encontró diferencia significativa del crecimiento entre las concentración de 1.95 mg N l⁻¹ y 2.925 mg N l⁻¹, sin embargo, estas fueron significativamente diferentes a la concentración de 3.9 mg N l⁻¹ (tabla III).

Tabla III Resultado global del análisis de varianza para las diferentes concentraciones de sulfato de amonio.

Tratamiento	F cal.	F crit.	ANOVA
3.900	35.8	4.07	S

NS No significativo
S Significativo = 0.05

Las características organolépticas de la planta (coloración y facidez), al término del experimento, fueron mejores para plantas tratadas con una concentración de 3.9 mg N l⁻¹ sem.⁻¹, y las menos propicias para 1.95 mg N l⁻¹ sem.⁻¹ (tabla IV).

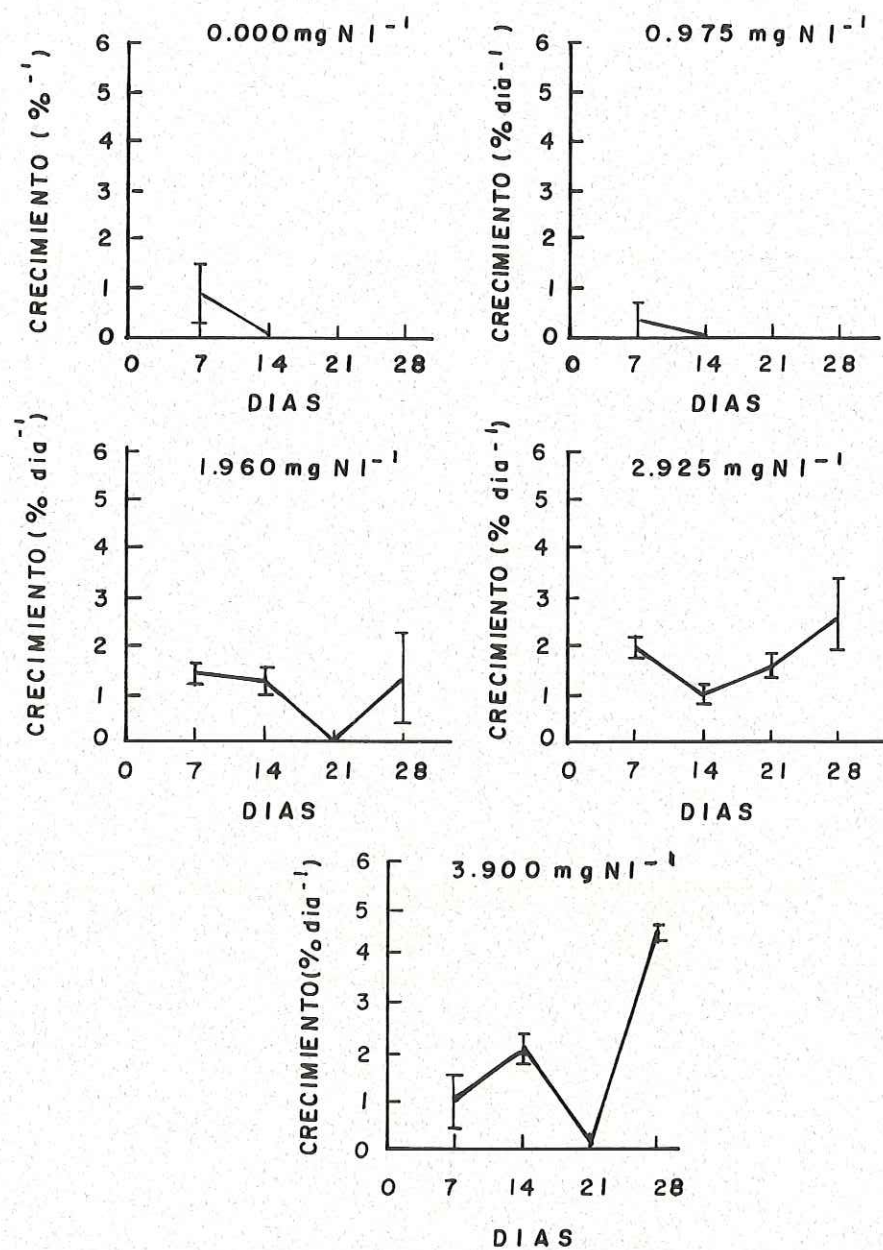


Figura 6 Crecimiento de *Gigartina pectinata* cultivada en condiciones semicontroladas a diferentes concentraciones de sulfato de amonio. Las barras verticales indican error estándar.

Tabla IV Características Organolépticas de *Gigartina pectinata* con sulfato de amonio.

Tratamiento	Inicio		Final	
	Color	Flacidez	Color	Flacidez
0.000	Rojo + +	+ +	*	*
0.975	Rojo + +	+ +	*	*
1.950	Rojo + +	+ +	Rojo +	+
2.925	Rojo + +	+ +	Rojo +	+
3.900	Rojo + +	+ +	Rojo + +	+ +

COLOR

+++ (Rojo fuerte)

++ (Rojo)

+ (Rojo pálido)

FLACIDEZ

+++ (Buena)

++ (Regular)

+ (Sin)

* Las plantas murieron en la segunda semana.

El mayor porcentaje de nitrógeno en el tejido de la planta del segundo experimento, se encontró en las tratadas con la concentración de 3.90 mg N l⁻¹ sem.⁻¹, con un 2.04 % ps., y el menor fue para la concentración de 1.950 mg N l⁻¹ sem.⁻¹ con un 1.41 % ps. (figura 7). Encontrándose diferencias significativas en los análisis de nitrógeno de todas las concentraciones.

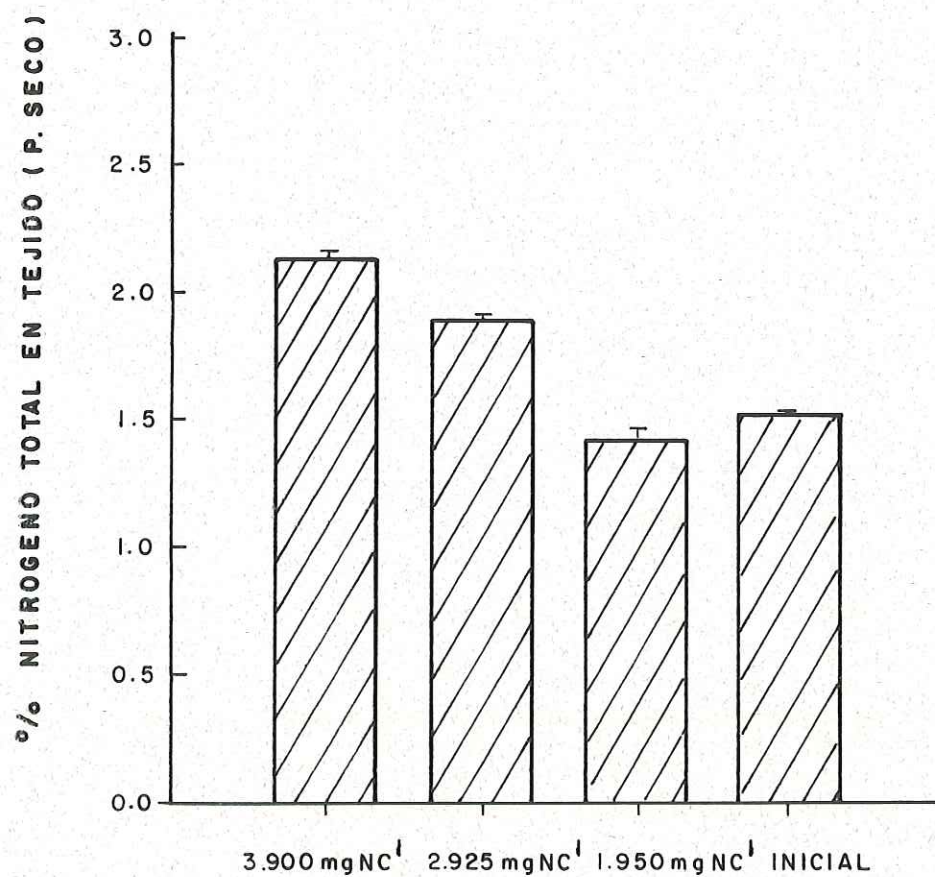


Figura 7

Contenido de nitrógeno total en el tejido de *Gigartina pectinata* cultivada a diferentes concentraciones de sulfato de amonio. Las barras verticales indican error estandar.

La máxima temperatura fue de 32° C y la mínima de 18° C (Figura 8).

La máxima irradiancia ambiental fue de 2700 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y la mínima de 800 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y dentro de los tanques fue de 600 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y la mínima de 600 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 8).

El pH inició con 8.2 y terminó con 9.2 antes del cambio de agua (Figura 9).

La salinidad permaneció constante, con 34‰ durante todo el experimento.

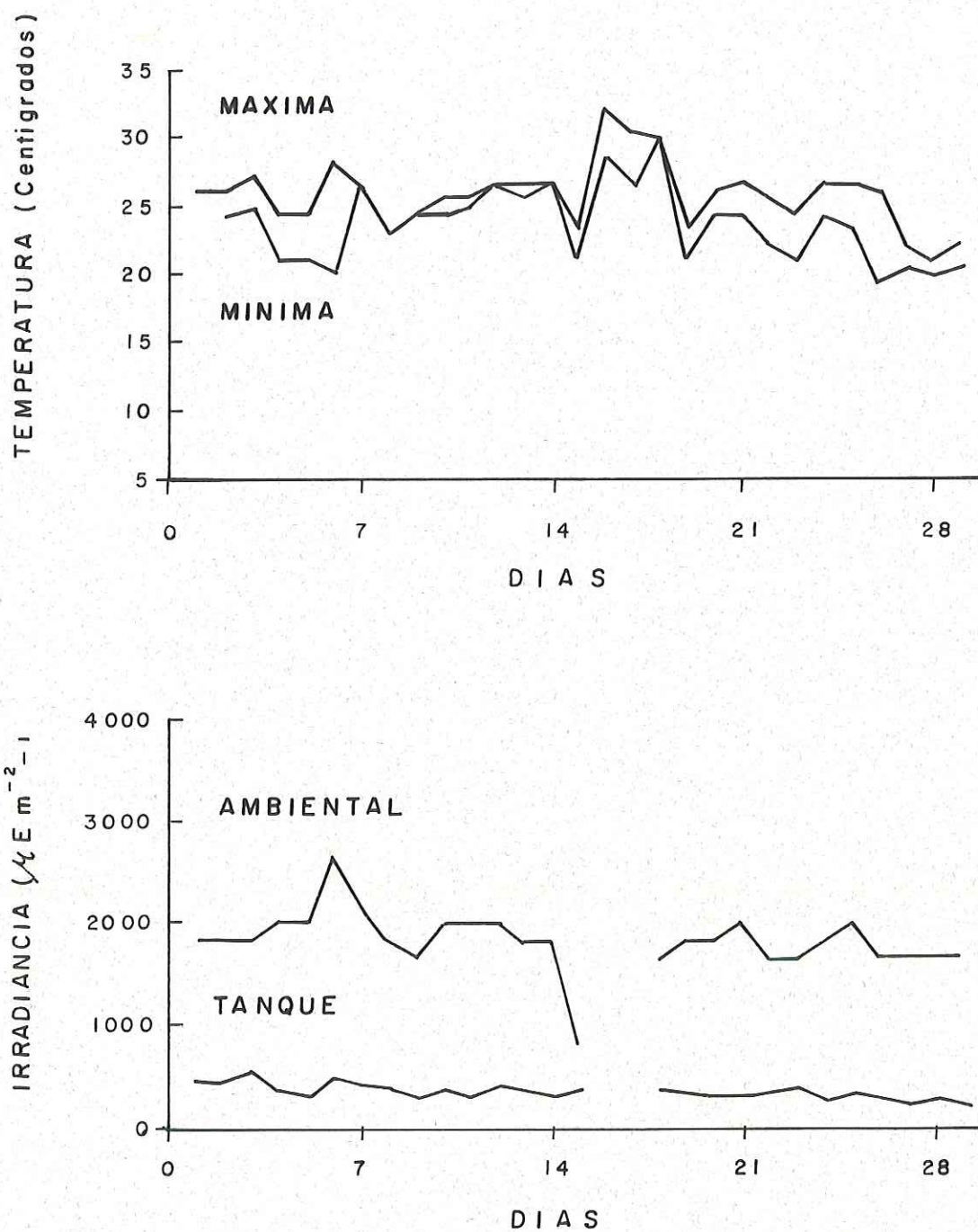


Figura 8 Temperaturas e irradiancias durante el cultivo de *Gigartina pectinata* utilizando diferentes concentraciones de sulfato de amonio.

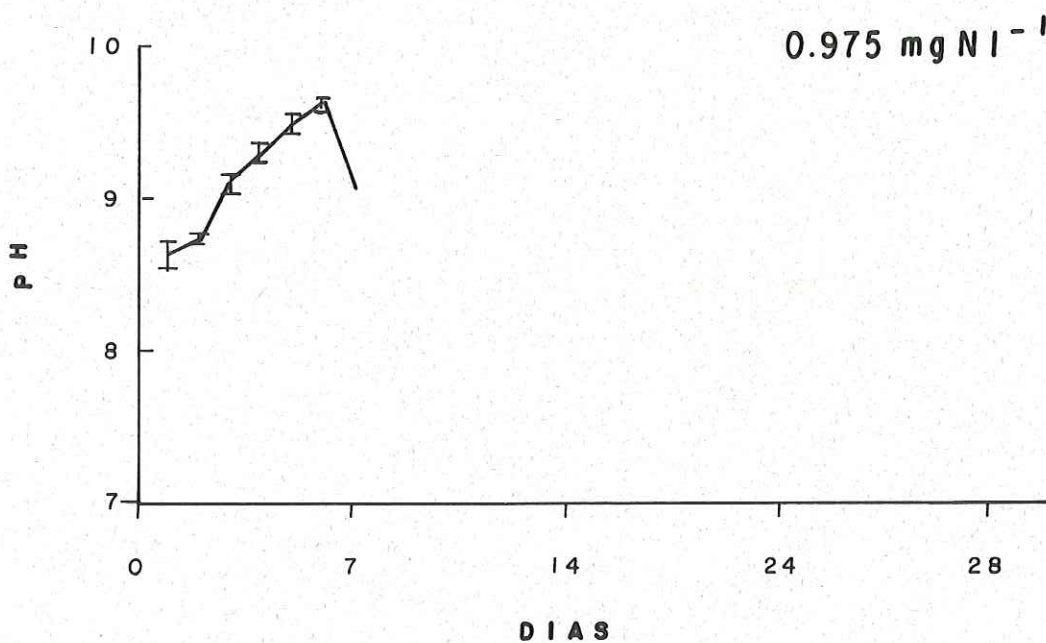
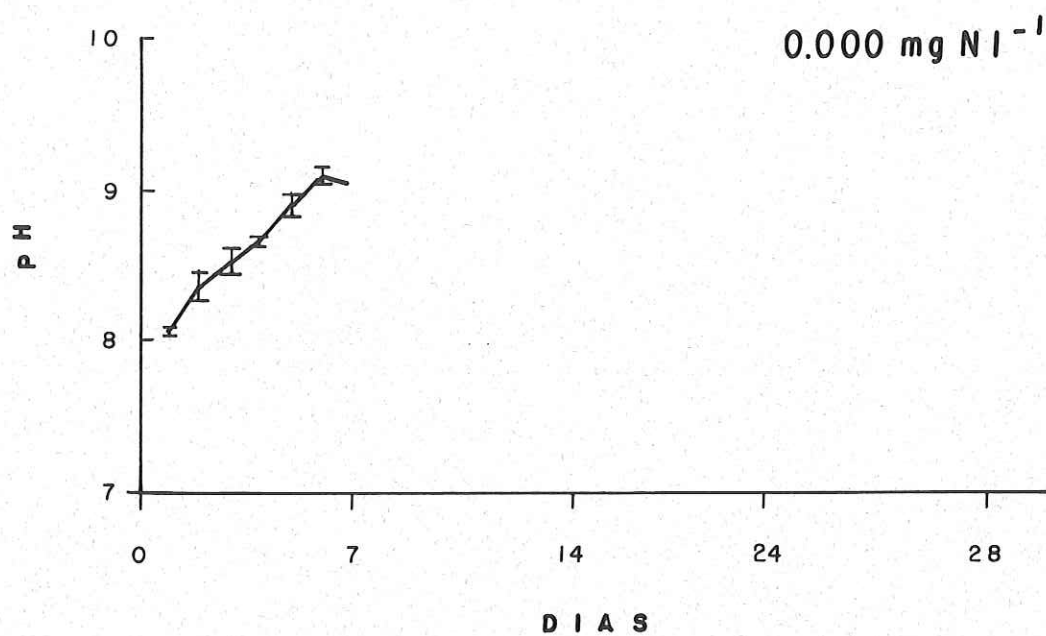


Figura 9a pH durante el cultivo de *Gigartina pectinata* utilizando diferentes concentraciones de sulfato de amonio.

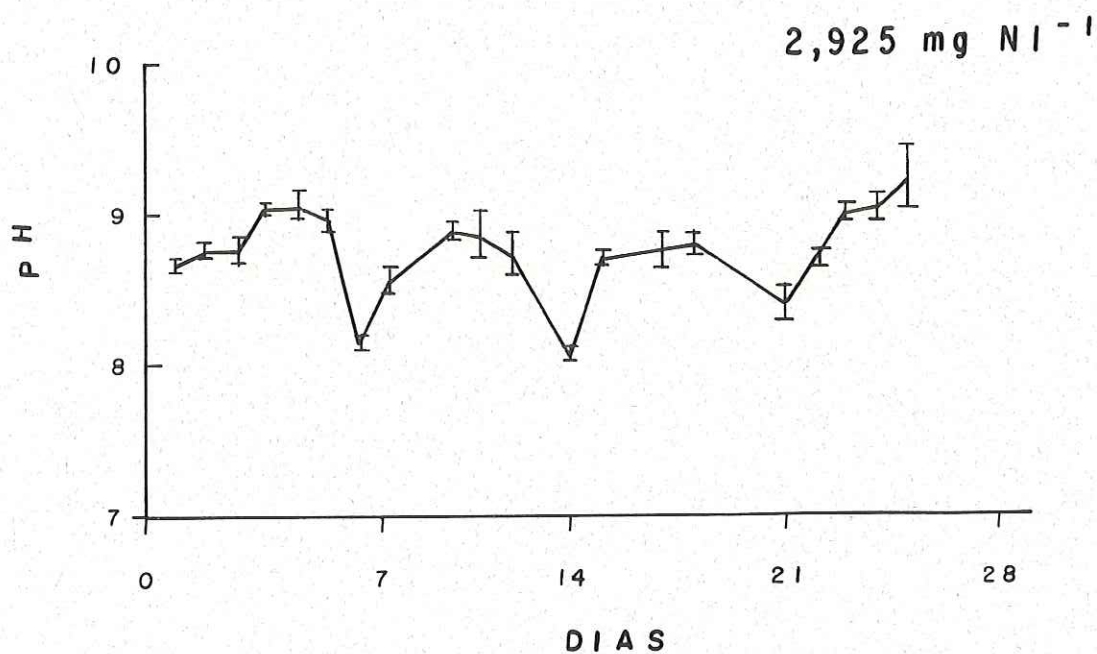
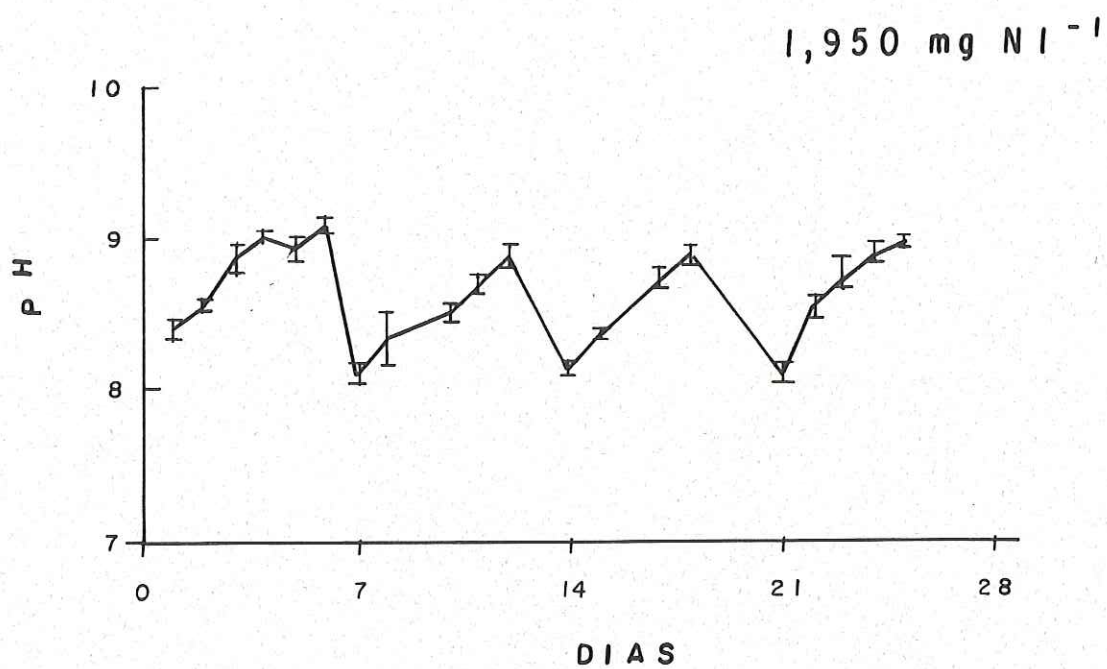


Figura 9b pH durante el cultivo de *Gigartina pectinata* utilizando diferentes concentraciones de sulfato de amonio.

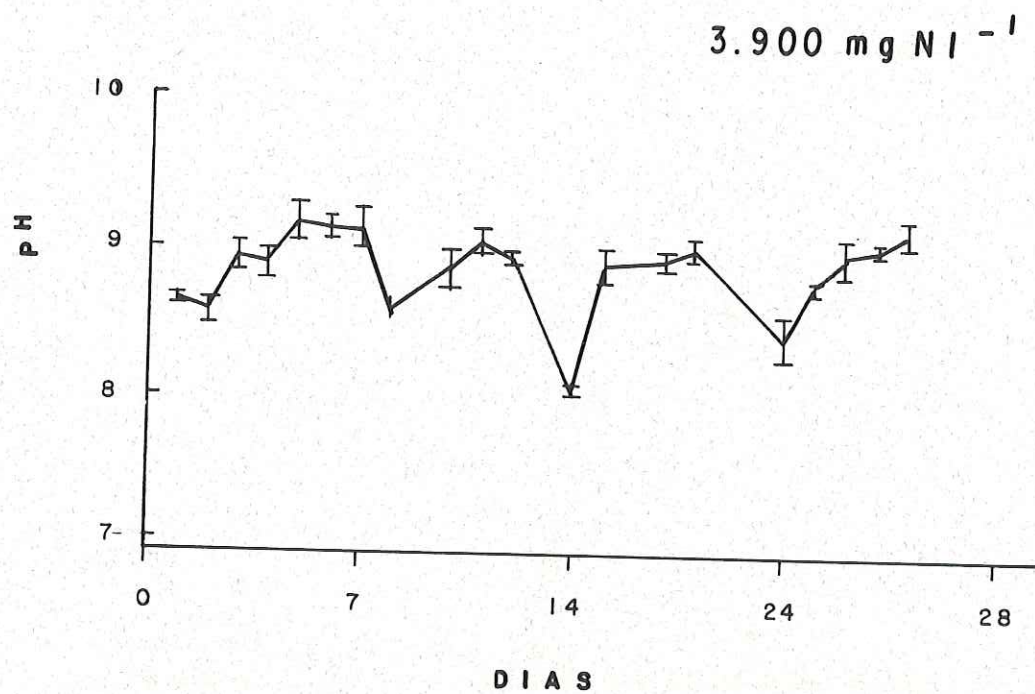


Figura 9c pH durante el cultivo de *Gigartina pectinata* utilizando diferentes concentraciones de sulfato de amonio.

DISCUSIONES

El crecimiento de *Gigartina pectinata* no presentó diferencias significativas con las distintas fuentes de nitrógeno utilizadas. Resultados similares se han reportado en experimentos con microalgas como *Tettraselmis suecica* (Mimbela-Sandoval, 1987), *Pavlova lutheri* (Wilburn-González, 1990). Las plantas que mostraron mejor crecimiento fueron las fertilizadas con sulfato de amonio.

El evaluar el color y la flacidez, permitió enfatizar las diferencias en su aspecto físico y determinar que las mejores condiciones en las plantas fueron proporcionadas por el sulfato de amonio. Morgan y Simpson (1981), en un estudio previo ha demostrado que la adición de nutrientes (especialmente de nitrógeno) incrementa el crecimiento e intensifican la pigmentación lo cual, se observó con el sulfato de amonio. Estos resultados nos proporcionan un punto de referencia de las condiciones aparentes de nitrógeno en la planta (Bird, 1982).

Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas entre los fertilizantes agrícolas y los nutrientes grado reactivo utilizados en laboratorio. A pesar de que no existieron diferencias significativas, la fuente de nitrógeno

que presentó mejores crecimientos fue el sulfato de amonio, debido a que su crecimiento, contenido de nitrógeno en el tejido, coloración y flacidez fueron mejores.

El control fue el que mostró deficiencias en el crecimiento, debido a que no tuvo adición de ningún nutriente (a excepción de lo que contiene el agua de mar) que le permitiera crecer, debido a que presentó crecimientos negativos, y en general, su coloración y flacidez fue mala. Craige (1988) menciona que cuando el nitrógeno disminuye mucho, da como resultado un color pálido en la planta y en casos extremos alcanza colores amarillo-verdoso.

Se sabe que el amonio es la fuente de nitrógeno preferida por algunas macroalgas, debido a la gran eficiencia en la asimilación de nitrógeno, proporcionando así, rápidos crecimientos en *Gracilaria tikvahiae* y *Neogardhiella baileyi* (DeBoer *et al*, 1978; Lapointe y Ryther, 1979), así como también en *Cordaria flageliformis* (Probyn, 1981).

Es importante hacer notar que los nitratos son bien aceptados por otras macroalgas como fuente de nitrógeno, tal es el caso de *Gelidium amansii* (Yamada 1961, 1972) y *Palmaria palmata* (Morgan y Simpson, 1981).

La urea como fuente de nitrógeno es considerada en muy pocas ocasiones por los autores como inductora de buenos crecimientos, ya que se demuestra que contribuye probablemente al 50 % de la demanda de nitrógeno para el alga *Chondrus crispus* (Neish *et al*, 1977) *Gelidiella acerosa* (Probyn, 1981) y *Giffordia michelliae* (Lobban *et al*, 1985). Sin embargo, se han presentado trabajos en los que se demuestra que en algunas especies como *Porphyra ternera* (Iwasaki, 1967), *Ulva fasciata* (Mohensen *et al*, 1974) y *Codium fragile* (Hanisak, 1979) crecen de la misma forma que con otras fuentes de nitrógeno inorgánicas.

Los trabajos anteriores, se asemejan al experimento presente, debido a que todas las fuentes de nitrógeno orgánico e inorgánico son capaces de ser asimiladas como fuente de nitrógeno en diversas macroalgas, así como también en *Gigartina pectinata*.

En el análisis de nitrógeno, no se encontró diferencias significativas entre los fertilizantes agrícolas, tampoco éstos fueron significativamente diferentes con respecto a la muestra inicial, pero sí se presentaron diferencias con el control. La mayor concentración de nitrógeno se encontró con el sulfato de amonio. Estudios realizados con *Gracilaria tikvahiae* muestran que esta especie capta nitrógeno del medio y lo almacena para un subsecuente

crecimiento, este almacenamiento es reflejado en el contenido de nitrógeno (Q'Dortch y Conway, 1984).

Se considera que las variaciones de la irradiancia no produjeron ningún efecto en el crecimiento de la planta, debido a la atenuación de la malla que cubría los tanques, ya que esta planta, desaparece *in situ* a $69 \times 10^6 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y en este experimento, la máxima irradiancia fue de $2700 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Cabello-Pasini, 1988).

Este cultivo tampoco se vió afectado por la temperatura, a pesar de que la máxima temperatura registrada fue de 27°C y la mínima de 8°C , ya que el promedio de la temperatura que mantuvo el cultivo fue de 18.2°C que es la temperatura óptima para su crecimiento (Pacheco-Ruíz *et al*, en prensa).

El pH aunque se elevó de 8.2 a 9.2 entre las cosechas, no afectó al crecimiento, ya que la propia planta regula esta variación, debido a los procesos de fotosíntesis y respiración de la propia planta (Dawes, 1986).

Durante el segundo experimento, el crecimiento de *Gigartina pectinata* mostró diferencias significativas en todas las concentraciones empleadas, esto se observó cuando se eliminaron los tanques de 0.000 y $0.975 \text{ mg N l}^{-1} \text{ sem}^{-1}$.

en la primera semana, debido a que no fue suficiente la cantidad de nutrientes para la planta. Estos resultados se confirmaron al compararlos con las características organolépticas de la planta, ya que cuando existen deficiencias de nitrógeno, se presenta un color pálido y en casos extremos alcanza colores amarillo-verdoso (Bird, 1982).

Ahora bien, de las concentraciones restantes (1.95, 2.925 y 3.9 mg N l⁻¹ sem.⁻¹), la que proporcionó mejores resultados fue la de 3.9 mg N l⁻¹ sem.⁻¹, ya que posiblemente, la planta en esta época del año (verano) requiera de un máximo de nutrientes, aunque hay que considerar que el factor por el cuál *Gigartina pectinata* desaparece *in situ* es debido a la temperatura e irradiancia registradas en el Golfo de California y no a la falta de nutrientes (Pacheco-Ruíz *et al*, en prensa). Los resultados nos hacen considerar que *G. pectinata* se mantiene y tiene buenos crecimientos con altas concentraciones de nutrientes.

Lo anterior se confirmó con los resultados obtenidos de nitrógeno total en el tejido: a concentraciones mayores, se obtuvo mayor cantidad de nitrógeno.

Durante este último experimento, las temperaturas no fueron las ideales para la planta, ya que en ciertos días la temperatura sobrepasó los 30° C.

Pacheco-Ruíz *et al* (en prensa), reporta que a temperaturas mayores de 30° C el alga muere, sin embargo, la temperatura promedio fue de 24.6° C, por lo cuál no afectó a la planta.

El crecimiento tampoco se vió afectado por la irradiancia, debido a que las mallas atenuaron el efecto de ésta. Cabello-Pasini (1988), reporta que el alga muere *in situ* a $69 \times 10^6 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$, la irradiancia en este experimento fue de $2700 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$, por lo cual no afectó a la planta.

El pH aunque tuvo variaciones, no afectó el crecimiento de la planta, ya que este se encontró dentro del rango que puede soportar una planta (Pacheco-Ruíz, 1990), esta variación se debió a los recambios de agua, teniendo un pH inicial de 8.2 al inicio, subiendo a 9.2 durante toda la semana.

CONCLUSIONES

Gigartina pectinata no presentó diferencias en crecimiento al ser cultivada con fertilizantes agrícolas en condiciones de invierno.

En condiciones de verano, *Gigartina pectinata* se mantiene y tiene un buen crecimiento a altas concentraciones de nutrientes.

LITERATURA CITADA

- Barilotti D.C., J.A. Zertuche-González. 1990. Ecological Effects of Seaweed Harvesting in the Gulf of California and Pacific Ocean off Baja California and California. *Hidrobiología* 204/205: 35-40
- Bird K.T. 1982. Nitrogen Allocation and Storage Patterns in *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyta). *J. Phycol.* 18: 344-348.
- Bold, H.C., M.J. Wynne. 1978. Introduction to the Algae, Structure and Reproduction. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 710 pp.
- Brinkhuis B.H. 1980. Growth Patterns Rates. En: Handbook of Phycological Methods. Ecological Field Methods: Macroalgae. Littler M., S. Littler (eds.). Cambridge Univ. Press. pp. 461-477
- Cabello-Pasini A. 1988. Fotosíntesis, Respiración y Crecimiento *in situ* de *Gigartina pectinata* (Dawson) en Bahía de los Angeles. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. 42 pp.
- Carpenter E.J., D.G. Capone. 1983. Nitrogen in the Enviromental. Academic Press. 900 pp.
- Craigie J.S., P.F. Shacklock. 1988. Trace Metals in Irish Moss. *Acuaculture Int. Phycol. Congress* 3 th.

- Darley W.M. 1987. Biología de las Algas Enfoque Fisiológico. Editorial Limusa. México, D.F. 236 pp.
- Dawes C.J. 1986. Botánica Marina. Editorial Limusa. México, D.F. 663 pp.
- Dawson E.Y. 1944. The Marine Algae of The Gulf of California. Allan Hancock Pacific Expeditions 3: 189-343
- DeBoer J.A., H.J. Guigli, T.L. Israel, C.F. D'Elia. 1978. Nutritional Studies of Two Red Algae. I. Growth Rate as a Function of Nitrogen Source and Concentration. J. Phycol. 14: 261-266
- Doty M.S. 1979. Status of Marine Agronomy, whit Special Reference to the Tropics. Proc. Inter. Seaweeds Symp. 9: 35-58
- Granados-Machuca C., L.F. Buckle. 1984. Cultivo de las Microalgas *Monochrysis lutheri* y *Skeletonema costatum* con Nutrientes Producidos por Estiercol Digerido. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. 1(1): 242-256
- Hanisak M.D. 1979. Growth Pattern of *Codium fragile* in Response to Temperature, Irradiance, Salinity and Nitrogen Source. Mar. Biol. 50: 319-332
- Hansen J.L., J.E. Packard, W.T. Doyler. 1981. Mariculture of Red Seaweeds. Report # R-CSGCP-002, California Sea Grant Publication, 42 pp.

- Herrera-Treviño J.R. 1988. El Fertilizante Agrícola como Alternativa en Cultivos Externos para la Producción Masiva de *Tetrasselmis suecica* (Kylin) Butch. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California.
- Iwasaki H. 1967. Nutricional Studies of the Seaweed *Porphyra tenera*. II. Nutricional of *Conchocelis*. J. Phycol. 3: 30-34
- Jimenez-Mercado A. 1991. Evaluación de Mezclas de Fertilizantes Agrícolas Inorgánicos para el Cultivo Masivo de *Tetrasselmis suecica* (Kylin) Butch. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California.
- Kimon T. 1976. Simultaneous Assimilation of Ammonium and Nitrate by *Gelidium nudifrons* (Gelidiales: Rodophyta) J. Phycol. 12: 238-241
- Lapointe B.E., J.H. Ryther. 1979. The Effects of Nitrogen and Seawater Flow Rate on the Growth and Biochemical Composition of *Gracilaria foliifera* v. *angustissima* in Mass Outdoor Cultures. Bot. Mar. 22: 529-537
- Lobban C.S., P.J. Harrison, M.J. Duncan. 1985. The Physiological Ecology of Seaweeds. Cambridge University Press. 242 pp.
- López-Acuña L.M. 1990. Cuantificación y Caracterización Estacional de los Carragenanos de *Gigartina pectinata* Dawson (Rodophyta Gigartinales) en Muestras de Campo y de Cultivo. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. 28 pp.

- Mimbela-Sandoval J.D.J. 1987. Cultivo de la Microalga *Tetrasselmis suecica* Kylin Alimentada con una Fuente Comercial de Nitrógeno (urea). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California.
- Mohensen A.F., A.F. Khaleafa, M.A. Hashem, A. Metwalli. 1974. Effect the Different Nitrogen Source on Growth, Reproduction, Aminoacid, Fat and Sugar Contents in *Ulva fasciata Delile*. Bot. Mar. 17: 218-222
- Moreno-Arellano R.A. 1991. Evaluación de la Microalga *Pavlova (Monochrysis) lutheri* Cultivada con Fertilizantes Agrícolas, en la Alimentación del Mejillon *Mytilus galloprovincialis* en la Etapa de Maternidad. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California.
- Morgan K.C., F.J. Simpson. 1981. Cultivation of *Palmaria palmata* (Rhodymenia): Effect of High Concentration of Nitrate and Ammonium on Growth and Nitrogen Uptake. Aquat. Bot. 11: 167-171
- Neish A.C., P.F. Shacklock, C.H. Fox. 1977. The Cultivation of *Chondrus crispus*. Factors Afecting Growth Under Greenhouse Conditions. Can. J. Bot. 55: 2263-2271
- Norris J.N. 1975. The Marine Algae of the Gulf of California. Tesis Doctoral.

- Pacheco-Ruíz I. 1990. Ecología y Cultivo de *Gelidium robustum*. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. 64 pp.
- Pacheco-Ruíz I., Z. García-Esquivel, L.E. Aguilar-Rosas. 1987. Cultivo de Juveniles de *Gigartina canaliculata* Harv., con Estiercol Digerido de Vaca. Ciencias Marinas 13(2): 51-58
- Pacheco-Ruíz I., J.A. Zertuche-González, A. Cabello-Pasini, B.H. Brinkhuis. En prensa. Growth Strategies and Seasonal Variation of Photosynthesis Growth and Biomass of *Gigartina pectinata* Rodophyta in the Gulf of California.
- Probyn T.A. 1981. Aspects of the Light and Nitrogenous Nutrient Requirement for Growth of *Chordaria flageliformis* (O.F. Mull) C. Ag. Proc. Int. Seaweed Symp. 10 th. 334-339
- Q'Dortch, H.L. Conway. 1984. Interactions Between Nitrate and Ammonium Uptake: Variation with Growth Rate, Nitrogen Source and Species. Mar. Biol. 79: 151-164
- Rodríguez-Carrillo M.I. 1987. Efecto de la Concentración y Fuente de Nitrógeno en el Crecimiento de *Gelidium robustum* (Gardn) Hollenb.& Abb. (Rodophyta, Gelidiales) en Cultivo. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California.

- Ryther J.H., N. Corwin, T. Debusk, L.D. Williams. 1981. Nitrogen Uptake and Storage by the Red Algae *Gracilaria tikvahiae* (Mclachlan, 1979) Aquaculture 26: 107-115
- Strickland J.D., T.R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada. 310 pp.
- Wilburn-González J.G. 1990. Cultivo Masivo de *Pavlova lutheri* (Droop) Green, con Fertilizantes Agrícolas como Fuente de Nitrógeno y Bióxido de Carbono. Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California.
- Yamada N. 1961. Studies on the Manure for Seaweed. I. On the Change of Nitrogenous Component of *Gelidium amansii* Lmx Cultured with Different Nitrogen Sources. Bull. Japn. Soc. Sci. Fish. 27: 953-957
- Yamada N. 1972. Manuring for *Gelidium* sp. Proc. Int. Seaweed Symp. 7 th. 385-390
- Zazueta-Gutierrez E.J. 1988. Estudio Químico Comparativo de los Carragenanos Aislados de Cuatro Especies de *Gigartina*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. 42 pp.
- Zertuche-González J.A., Z. García-Esquivel, B.H. Brikhuis. 1987. Cultivo en Tanques Exteriores del Alga Roja *Eucheuma uncinatum* del Golfo de California. Ciencias Marinas 13(2): 1-10

Zertuche-González J.A. 1989. Macroalgas y el Desarrollo de su Cultivo. En: de la Rosa-Velez J., F. González-Farias (eds.). Temas de Oceanografía Biológica en México. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada B.C. pp. 319-337

Zar J.H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. 718 pp.