



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

EFEECTO DE LOS NITRATOS EN CRECIMIENTO Y PRODUCCION
DE CARRAGENANO EN Gigartina canaliculata HARV. EN
TANQUES DE CULTIVO.



T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
O C E A N O L O G O
PRESENTA:
MARCO AURELIO GONZALEZ GOMEZ

ENSENADA, B. C., ABRIL DE 1988.

RESUMEN

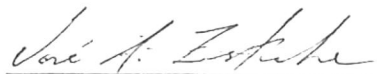
El alga roja Gigartina canaliculata Harv. , comúnmente explotada por su valor comercial como productora de carragenano, fue cultivada en un sistema abierto de tanques exteriores bajo cuatro diferentes frecuencias de fertilización, para ver el efecto en el crecimiento y rendimiento de carragenano, durante siete semanas. Cada fertilización consistió en exponer a G. canaliculata a una dosis de 100:10 μM de $\text{NO}_3^- : \text{PO}_4^{3-}$ durante tres horas. Cada semana se midió el crecimiento de las plantas y al finalizar el experimento se determinó el rendimiento de carragenano para cada cultivo. Para el cultivo más fertilizado se encontró el máximo crecimiento (5.49 %/día) y el mínimo rendimiento de carragenano (44 %, base seca) mientras que para el cultivo menos fertilizado se encontró el mínimo crecimiento (2.81 %/día) y el máximo rendimiento de carragenano (49 %, base seca).

En general se observa una relación inversa entre el crecimiento y el rendimiento del carragenano. Sin embargo para fines prácticos el aumento en el rendimiento del coloide que se da en el cultivo menos fertilizado no compensa la pérdida de biomasa que sufre el cultivo debido a la falta de nutrientes.

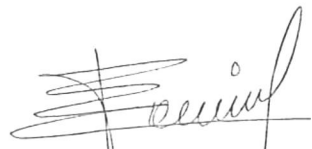
"EFECTO DE LOS NITRATOS EN CRECIMIENTO Y PRODUCCION
DE CARRAGENANO EN Gigartina canaliculata HARV. EN
TANQUES DE CULTIVO".

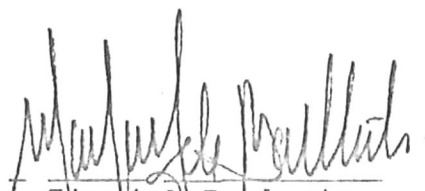
T E S I S
que presenta:
MARCO AURELIO GONZALEZ GOMEZ

Aprobada por: 


Presidente del jurado
M.C. José A. Zertuche Glez.


Sinodal Propietario
Oc. Isai Pacheco Ruiz


Sinodal Propietario
Quím. Irma E. Soria Mercado


Sinodal Suplente
Oc. Guadalupe G. de Ballesteros


Sinodal Suplente
Q.F.B. Eduardo Durazo B.

A MIS PADRES
AURELIO Y BERTHA

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue llevado a cabo en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas, dentro del proyecto "Maricultura y Extracción Química de Algas de Interés Comercial en B. C.". Agradesco a mi asesor de tesis, M. C. José A. Zertuche por su apoyo durante la realización de este trabajo. Igualmente agradezco a mis sinodales: Dc. Isai Pacheco Ruiz, Quím. Irma E. Soria, Dc. Guadalupe G. de Ballesteros y Q.F.B. Eduardo Durazo, por la revisión crítica del escrito.

Un especial reconocimiento al Dc. Zaúl García Esquivel por su constante y desinteresado apoyo, por sus oportunos consejos y por su amistad.

Agradesco a mis amigos Dc. Felipe Correa, P.O. Virginia Alcantara, P.O. Lourdes Estavillo y P.O. Ronald McCarthy por su ayuda en los trabajos de laboratorio y por sus oportunas observaciones.

INDICE

A.	INTRODUCCION-----	1
B.	MATERIALES Y METODOS-----	8
C.	RESULTADOS-----	14
D.	DISCUSIONES-----	22
E.	CONCLUSIONES-----	28
F.	LITERATURA CITADA-----	29

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Fig. 1. Efecto de la intensidad de la luz en el crecimiento de Gigartina canaliculata. -----18

Fig 2. Efecto de la frecuencia de fertilización en el crecimiento de G. canaliculata. -----19

Tabla I. Efecto de la frecuencia de fertilización en la producción de biomasa y carragenano en G. canaliculata. -----20

Tabla II. Efecto de la frecuencia de fertilización en el rendimiento de carragenano, % de 3,6-anhidrogalactosa, % de sulfatos y fuerza del gel de G. canaliculata. -----21

INTRODUCCION

El principal valor económico de las algas marinas se basa en su contenido de ficocoloides los cuales han llegado a ser componentes esenciales de muchos productos de uso diario, tales como alimentos instantaneos y convencionales, cosméticos, medicinas, pinturas, textiles, explosivos y otros mas (Doty, 1979).

La demanda de agar y carragenano se ha incrementado durante los últimos años, mientras que el suministro de plantas agarofitas y carragenofitas de poblaciones naturales ha disminuído. A consecuencia de ésto, se hace necesario el cultivo de algas marinas que produzcan coloides de buena calidad, para poder suplantar las cosechas de poblaciones naturales. (DeBoer, 1979).

Ahora bien, para mejorar o implementar técnicas de cultivo, para algas comerciales, es necesario hacer estudios que evalúen el efecto de parámetros ambientales en el crecimiento y acumulación de coloides en las plantas. DeBoer (1981) menciona que la radiación solar, temperatura y la concentración de nutrientes son los principales factores que afectan el crecimiento de las algas, de entre estos factores, se ha visto que los nutrientes inorgánicos en el agua es el principal limitante de la productividad y

crecimiento de las algas, en algunos casos pueden controlar su contenido bioquímico, reproducción, morfología y distribución.

Entre los nutrientes inorgánicos Ryther y Dunstan (1971), DeBoer y Ryther (1977) y Hanisak (1979b) encuentran que el nitrógeno es el principal nutriente químico que puede llegar a limitar el crecimiento del fitoplancton y algas marinas, cuando éste se encuentra escaso en la columna de agua, aunque dichos autores no eliminan la posibilidad que otros nutrientes aparte del nitrógeno puedan limitar el crecimiento de estas plantas.

Se han efectuado algunos trabajos para observar el efecto que tiene el nitrógeno inorgánico en el crecimiento y producción de coloides. Así por ejemplo, Deboer (1979) estudió el efecto del amonio en el crecimiento y contenido de carragenano en Neogardhiella baileyi (Kutz.) y agar en Gracilaria foliifera (Forskal) y encontró que las razones de crecimiento aumentan con incrementos en las concentraciones de nitrógeno inorgánico, llegando a un límite donde se mantiene constante el crecimiento, mientras que el contenido de carragenano es alto a bajas concentraciones de nitrógeno y disminuye ligeramente a concentraciones altas. Este mismo comportamiento es encontrado por Neish y Shacklock (1971) para una especie de Chondrus crispus

(Linnaeus) y por Bird et al. (1981) en Gracilaria tikvahiae (McLachlan).

Neish y Sackolick (1971) mencionan que las condiciones óptimas para crecimiento y producción de carragenano en Chondrus no son las mismas. Una posible explicación dada por Fogg (1964) sugiere que durante el crecimiento exponencial del alga, la síntesis de proteínas y otros constituyentes protoplasmáticos es predominante. A consecuencia de esto hay poca acumulación de material en la pared celular o productos de reserva. Así cuando existe deficiencias en nitrógeno, carbonos intermedios del ciclo fotosintético son desviados de la síntesis de proteína a la de carbohidrato.

El presente estudio se desarrolló debido al creciente interés que existe en estudiar las algas de nuestra región, aunado con la carencia de estudios básicos sobre los efectos que producen los nutrientes en el crecimiento y producción de ficocoloides en dichas plantas.

A pesar de que Baja California cuenta con un gran potencial de recursos marinos en lo que respecta a la explotación de las macroalgas, Guzmán del Proó (1969) y Molina-Martínez (1986) señalan que solamente se están explotando para la extracción de ficocoloides las especies:

Gelidium robustum (Gardner), Gelidium canaliculata (Harv.) y Neorocystis purpurata (Agardh) de las cuales solamente una parte de la producción de robustum es procesada por compañías nacionales y el resto es exportada como materia prima a otros países, principalmente a Estados Unidos. En un estudio efectuado por Aguilar-Rosas et al. (1982) reportan 27 especies comercialmente importantes, además mencionan que no se está llevando a cabo la explotación de este recurso a su nivel óptimo, dada la carencia de estudios específicos sobre aquellas otras especies de importancia económica.

En particular G. canaliculata ocupa uno de los principales lugares en cuanto a demanda comercial, debido a la creciente demanda de los carragenanos que de esta planta se extraen. Según Abbott (1980) el kappa-carragenano de la fase gametofita puede ser usado como un sustituto del agar para la preparación de medios microbiológicos. Además su capacidad estabilizadora y emulsificadora a bajas concentraciones lo hacen atractivo para la industria alimenticia (Marine Colloids, 1977).

A pesar de su importancia pocos han sido los estudios realizados con esta planta. En lo referente a su distribución general y regional, Abbott y Hollenberg (1976) reportan su distribución a lo largo de la costa del

Pacífico, mientras que Aguilar-Rosas et al. (1982) mencionan su ocurrencia a lo largo de la costa noroccidental de Baja California. En lo referente a la parte biológica Abbott (1980) estudió la ocurrencia estacional en California central de las diferentes fases del ciclo de vida de esta y otras algas rojas productoras de coloides, además de estudiar la calidad del coloides presente a lo largo del año. García-Esquivel (1986) cuantificó y evaluó la viabilidad de las esporas liberadas por plantas de *G. canaliculata*, bajo condiciones de laboratorio. Ballesteros-Grijalva et al. (1987) estimó la biomasa y fases reproductoras además de un análisis bromatológico de *G. canaliculata* en un ciclo anual en dos localidades de Baja California. Pacheco-Ruiz et al. (1987) estudió el crecimiento de juveniles de *G. canaliculata* cultivados a diferentes concentraciones de nutrientes producidos por digeridos de estiércol de vaca.

Con respecto a la composición química, Lawson et al. (1973) realizó un análisis de la proporción y secuencia de las unidades estructurales de los galactanos sulfatados de 12 algas rojas entre ellas *G. canaliculata*, cuyo kapa-carragenano consiste de galactosa 4-sulfato (40%), 3,6-anhidrogalactosa 2-sulfato (9%), 3,6-anhidrogalactosa (43%) y galactosa 6-sulfato ó 2,6-sulfato (7%) también describe al lambda-carragenano que consiste de galactosa 2-sulfato (86%), galactosa 2,6-disulfato (6%) y

3,6-anhidrogalaactosa (BX) Abbott y Chapman (1981) evaluaron el kappa-carragenano de ésta y otras carragenofitas como sustituto del agar para la preparación de medios microbiológicos. Rivera-Carro et al. (en preparación) determinaron la variación estacional de la composición química de los carragenanos de *G. canaliculata* en dos sitios de Baja California.

Debido a la importancia económica que representa *G. canaliculata* para nuestra región y tomando en cuenta los estudios antes mencionados, en donde se ha comprobado que existe un efecto directo de los nitratos sobre el crecimiento y producción de ficocoloide para las algas rojas, cabe preguntarse, qué tan marcado es este efecto y que es lo más conveniente, estimular el crecimiento de la planta o la producción de carragenano. Por lo tanto para llegar a comprender mejor este efecto, plantas de *G. canaliculata* fueron cultivadas a diferentes frecuencias de fertilización.

OBJETIVOS

1). Determinar la intensidad de luz óptima para el crecimiento de Gigartina canaliculata

2). Evaluar el efecto de los nitratos en el crecimiento, producción de carragenano y calidad química de éste.

3). Determinar la relación existente entre crecimiento y producción de carragenano.

MATERIALES Y METODOS

Experimento de luz

Las plantas de *G. canaliculata* se colectaron a 1 Km al norte del Faro de San Miguel, B. C. en el mes de marzo de 1986, se colocaron en bolsas de plástico y se trasladaron a las instalaciones del Instituto de Investigaciones Oceanológicas, de la Universidad Autónoma de Baja California

En el laboratorio, se hizo la limpieza y selección de plantas juveniles de *G. canaliculata*, las cuales se colocaron en un tanque de plástico, el cual tiene una capacidad de 90 litros, estos tanques tuvieron un flujo promedio de 8 volúmenes diarios de agua de mar sin filtrar, las plantas estuvieron en permanente movimiento debido a un flujo constante de aire. Las plantas permanecieron así durante 12 días para su acondicionamiento. Los tanques utilizados se encuentran al aire libre.

Posteriormente se colocaron 10 plantas juveniles de *G. canaliculata*, de peso aproximadamente similares (2 a 3 gr), en cada uno de cinco tanques, (con las características antes mencionadas), a los cuales se les reguló la intensidad de luz incidente con malla plástica, las intensidades de

luz utilizadas fueron de 80, 41, 25, 15 y 7% de la luz incidente sobre cada tanque, la intensidad de luz incidente promedio fué de $1.24 \times 10 \text{ quanta.cm}^2.\text{sec}^{-2}$ y se midió con un irradiómetro (QSL-100, Biospherical Instruments). La temperatura promedio en los tanques fue de 16.5°C . La cual se midió con un termómetro de máximos y mínimos, tomándose diariamente la temperatura. Las plantas fueron fertilizadas con 50 micromoles de nitratos (en forma de NaNO_3) y con 5 micromoles de fosfatos (en forma de NaH_2PO_4), cada tercer día, para ello se cerró el flujo de agua, se agregaron los nutrientes y se mantuvo únicamente la aereación para mantener en movimiento el agua y las plantas para tener una mejor asimilación de los nutrientes. Después de tres horas se abrió de nuevo el flujo de agua, terminando la fertilización.

Este experimento tuvo una duración de 30 días, durante los cuales cada tercer día las plantas se limpiaron de epífitas, con un cepillo de cerdas suaves para eliminar la mayor cantidad posible, posteriormente se pesaron individualmente para determinar la razón de crecimiento.

Experimento de asimilación

Este experimento se realizó en los meses de septiembre a noviembre de 1986. La colecta y acondicionamiento de las

plantas de *G. canaliculata* se llevó a cabo de la misma forma que en el experimento anterior.

Después del acondicionamiento se colocaron 75 gr de plantas juveniles en cada uno de cuatro tanques de 90 litros los cuales tuvieron un flujo de 8 volúmenes diarios de agua de mar y una intensidad de 42% de la luz incidente que fué en promedio de $2.51 \times 10 \text{ quanta.cm}^2.\text{sec}^{-2}$ la temperatura en los tanques fué de 17.6°C . Cada tanque se fertilizó por el método antes mencionado, con 100 micromoles de nitratos y 10 micromoles de fosfatos de la siguiente forma: el primer tanque se fertilizó 3 veces por semana (F1), el segundo 2 veces por semana (F2), el tercero 1 vez por semana (F3) y el cuarto tanque 1 vez cada 2 semanas (F4). El agua que estuvo circulando en los tanques tuvo un promedio de $3.31 \mu\text{M}$ de nitratos, $0.32 \mu\text{M}$ de nitritos y $0.47 \mu\text{M}$ de fosfatos, durante el desarrollo del experimento. El análisis de los nutrientes se llevó a cabo por los métodos descritos por Stricklan y Parsons (1972).

Este experimento tuvo una duración de 49 días durante los cuales cada 7 días la biomasa de cada tanque se limpió de epífitas y después se peso para obtener la razón de crecimiento. Después de pesar se cosechó el excedente de biomasa generado durante el transcurso de la semana, con el fin de mantener una biomasa constante.

Las razones de crecimiento tanto para el experimento de luz como para el de asimilación se obtuvieron mediante la fórmula:

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

donde W_t es el peso al tiempo t y W_o es el peso inicial, (Penniman, 1983).

Las razones de crecimiento para el experimento de luz están dados en base al peso húmedo obtenido semanalmente, mientras que para el experimento de asimilación las razones de crecimiento se obtuvieron en base al peso seco de las muestras, el cual se determinó mediante el secado a 60°C de la biomasa cosechada semanalmente.

Análisis químicos

Con las muestras de *C. canaliculata* que se obtuvieron en el experimento de asimilación, se llevó a cabo la extracción del coloide y su análisis químico por medio de los siguientes métodos.

1) Contenido de carragenano. Según Craigie y Leigh (1978).

2) Contenido de 3,6-anhidrogalaactosa. Según Craigie y Leigh (1978).

3) Sulfatos. Según Tabatabai (1974).

4) Fuerza de gel (modificado de Goring, 1956). Se preparó una solución de carragenano al 2% con KCl 0.2%, se disolvió a 70-80°C en baño maría, la solución se vertió en cilindros de 14 mm de diámetro y 10 mm de altura, se cubrieron con membrana de diálisis y se dejaron en reposo durante 2 horas. Posteriormente se midió la fuerza de gel usando una balanza de dos platillos, uno de los platillos contenía el cilindro con el gel y sobre éste una varilla metálica de 1.2 cm de diámetro, mientras que el otro platillo contenía un vaso y sobre éste una bureta con una cantidad de agua conocida y regulada a una velocidad de flujo de 10 ml/min, todo este sistema en equilibrio. La apertura del flujo de agua sobre el vaso provoca que el gel empiece a ejercer presión sobre la varilla, hasta su ruptura, en este momento se determinan los gramos de agua que cayeron al vaso, usando la densidad del agua, conociendo el área de la varilla se determina la fuerza del gel, en gr/cm^2 .

Análisis estadístico

Para el experimento de luz solamente se realizó un análisis gráfico y en base a éste se determinó la intensidad óptima de luz tomando en cuenta el crecimiento y el estado

fisiológico de las plantas.

Para los datos de crecimiento, producción de carragenano, contenido de sulfatos y fuerza de gel, se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) (Ryan, et al, 1976) para determinar si existen diferencias entre los distintos tratamientos. Después se aplicó una prueba de comparaciones múltiples de Newman-Keuls (Zar, 1984) para hacer comparaciones entre las medias de cada uno de los tratamientos. Para estas pruebas estadísticas se eligió un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Para los datos de 3,6-anhidrogalactosa el análisis estadístico consistió en un análisis de varianza de Kruscal-Wallis y una prueba de comparaciones múltiples, no-paramétrica, de las medias de cada uno de los tratamientos (Zar, 1984). Para este caso el nivel de significancia fue de $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS

1) Experimento de luz

Para este experimento se encontró que las plantas que estuvieron creciendo con las mayores intensidades de luz tienen el mayor crecimiento, el cual va disminuyendo cuando la frecuencia de fertilización es menor. El cultivo sometido al 80% de la luz incidente tuvo un crecimiento promedio de 3.64 %/día, y el crecimiento mínimo fue de 1.45 %/día en el tanque con una intensidad de luz del 7% de la luz incidente (Fig. 1).

También es importante notar que se observaron diferencias en el estado de las plantas para cada intensidad de luz ya que las plantas sometidas a la mayor intensidad de luz mostraron un color verde oscuro con una densidad alta de epífitas, mientras que las plantas con muy poca luz tuvieron un color rojo intenso y un mínimo de epífitas, pero muy frágiles, sin embargo las plantas que tuvieron 41% de luz incidente fueron las que mostraron un buen crecimiento, pocas epífitas, sin fragmentación y con un color rojo normal.

2) Experimento de asimilación

En este experimento se encontró que los cultivos sometidos a la mayor frecuencia de fertilización tienen el mayor crecimiento al cual va disminuyendo cuando la frecuencia de fertilización es menor. El cultivo sometido a una frecuencia de fertilización de 3 veces por semana (F1) tuvo el máximo promedio de crecimiento de 5.49% diario (en peso seco) y el valor mínimo de 2.81% diario que correspondió al cultivo sometido a una fertilización de una vez cada 2 semanas (F4), (Fig. 2). Se realizó un análisis de varianza ($p < 0.05$) a éstos datos de crecimiento y se encontró que existen diferencias significativas entre los tratamientos, por lo cual se hizo una prueba de comparaciones múltiples de Newman-Keuls y se encontró que los cultivos sometidos a las dos mayores dosis de nutrientes no difieren, pero en cambio estos sí son diferentes al cultivo menos fertilizado.

En este experimento cambios en la morfología de las plantas fueron notorios ya que en los cultivos F1 y F2 los talos de las plantas se volvieron más compactos y más densamente ramificados, estas ramificaciones fueron muy delgadas. En cambio en el cultivo F4 las plantas no sufrieron cambios en su morfología.

En lo que respecta al efecto que tiene la frecuencia de fertilización en la producción de biomasa y carragenano

observó que a partir de una biomasa inicial de 75 gr peso fresco. el cultivo más fertilizado produce una biomasa de 240 gr y una producción de carragenano de 18 gr al final del experimento mientras que el cultivo menos fertilizado produce una biomasa de 130 gr y 10 gr de carragenano, (Tabla I).

3) Análisis químico

El contenido de carragenano fue más alto (48%, base seca) en los cultivos sometidos a la menor frecuencia de fertilización (F4) y descendió el rendimiento hasta 44% (base seca) en las plantas sometidas a la mayor frecuencia de fertilización (F1). El contenido de carragenano de los cultivos F4 y F3 es significativamente mayor que el cultivo F1.

El análisis de la calidad química del carragenano obtenido de las plantas del experimento de asimilación mostró que no existen diferencias en el % de sulfatos que fue de 22%. En tanto la fuerza de gel presentó un máximo de 41.7 gr/cm² para el cultivo fertilizado dos veces por semana y un mínimo de 36.3 gr/cm² para las plantas menos fertilizadas, no se observó diferencias significativas de la fuerza de gel para los cultivos F1 y F2 pero estos sí son diferentes a la fuerza de gel del cultivo F4 (Tabla II). El

17

contenido de 3,6-anhidrogalactosa tiene el máximo (38.8%) en las plantas menos fertilizadas y el mínimo (32.5%) en las plantas mas fertilizadas. Se observó que el contenido de 3,6-anhidrogalactosa del cultivo F1 es menor que el de los cultivos F4 y F3 a un nivel de $\alpha = 0.05$.

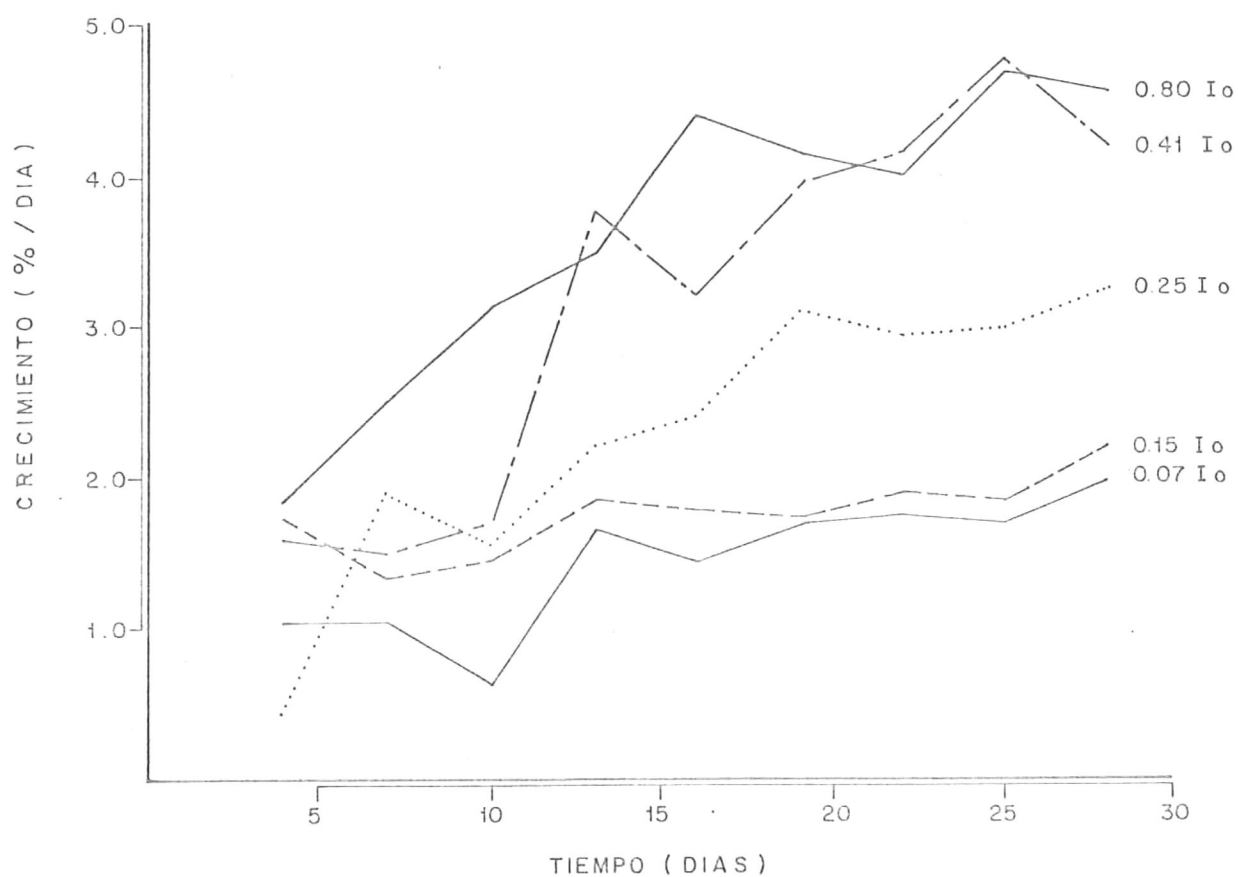


FIGURA 1 - EFECTO DE LA INTENSIDAD DE LA LUZ EN EL CRECIMIENTO DE G. canaliculata, DONDE I_0 ES LA IRRADIANCIA AMBIENTAL SOBRE LOS TANQUES.

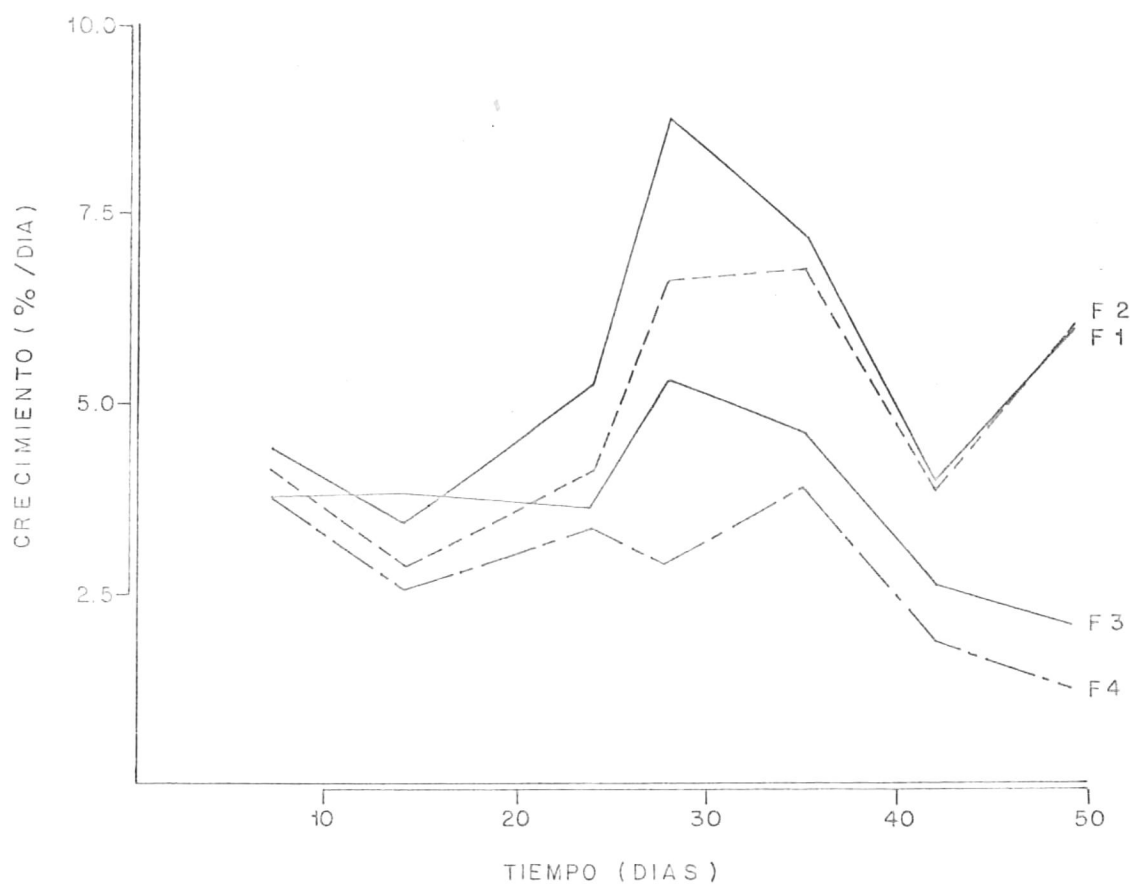


FIGURA 2 - EFECTO DE LA FRECUENCIA DE FERTILIZACION EN EL CRECIMIENTO DE *G. canaliculata* DONDE F1 ES FERTILIZACION 3 VECES POR SEMANA, F2 ES 2 VECES POR SEMANA, F3 ES UNA VEZ POR SEMANA Y F4 ES UNA VEZ CADA 2 SEMANAS.

Tabla I. Efecto de la frecuencia de fertilización en la producción de biomasa y carragenano en *G. canaliculata*. Donde F1 es fertilización de 3 veces por semana, F2 es 2 veces por semana, F3 es una vez por semana y F4 es el cultivo fertilizado una vez cada 2 semanas.

Frecuencia	Biomasa inicial (p. húmedo) (gramos)	Producción total de biomasa (gramos)	Producción de carra- genano (gramos)
F1	75	240	18
F2	75	216	16
F3	75	160	13
F4	75	130	10

Tabla II. Efecto de la frecuencia de fertilización en el rendimiento de carragenano, % de 3,6-anhidrogalaactosa, % de sulfatos y fuerza del gel de *G. canaliculata*. Donde F1 es fertilización de 3 veces por semana, F2 es 2 veces por semana, F3 es una vez por semana y F4 es el cultivo fertilizado una vez cada 2 semanas.

Frecuencia	% Carragenano*	% 3,6-anhidro-galaactosa*	% Sulfatos*	Fuerza gel (gr/cm ²)
F1	43.8	32.5	22.1	41.1
F2	45.6	36.7	22.0	41.7
F3	47.2	38.2	22.0	39.0
F4	48.6	38.8	22.1	36.3

* porcentajes dados en base seca.

DISCUSION

Los resultados del presente trabajo indican que las razones de crecimiento aumentan cuando aumentamos las frecuencias de fertilización, en cambio el rendimiento de carragenano disminuye. Esta relación inversa también es observada por DeBoer (1977) el cual usa agua de mar enriquecida con NH_4Cl en un rango de concentración que va de 0 a 70 micromoles encontrando que el contenido de carragenano más alto se dió en las plantas que recibieron 0.5 micromoles de NH_4Cl . Naish y Sacklock (1971, en DeBoer 1977) encuentran que para Chondrus el contenido más alto de carragenano se da en las plantas que crecen en un medio no enriquecido. En este experimento se encontró el mismo comportamiento, las plantas cultivadas con una frecuencia de fertilización de una vez cada 2 semanas son las que tienen más alto contenido de carragenano.

Las razones de crecimiento en el experimento de asimilación fueron significativamente distintas según una prueba ANOVA, encontrándose diferencias entre los dos cultivos más fertilizados con el menos fertilizado. Lapointe (1985) encuentra para Gracilaria tikvahiae que las razones de crecimiento aumentan cuando incrementan las frecuencias de fertilización. Estos resultados concuerdan con Ryther et al. (1981) los cuales demostraron que plantas

de *G. tikvaiae* colocadas en un medio enriquecido durante 6 horas crecieron sin ser limitadas por nitrógeno durante un período de 2 semanas antes de que su razón de crecimiento declinara. Esta habilidad para asimilar rápidamente el nitrógeno y almacenarlo suministra las bases fisiológicas y bioquímicas para la asimilación por pulsos para *G. tikvaiae* (Lapointe, 1985).

Una posible respuesta a este comportamiento de las plantas y de la relación inversa que existe entre el crecimiento y producción de carragenano se puede deber a que cuando existe un medio rico en nutrientes el carbón, producido en la fotosíntesis, que entra al ciclo de Krebs sea destinado en su mayor parte hacia la síntesis de compuestos precursores de aminoácidos (proteínas) y una menor parte destinada a la síntesis de carbohidratos (Raven, 1974).

A pesar de que existe un decremento en el contenido de carragenano cuando aumentamos la frecuencia de fertilización, la producción total de carragenano obtenida al final del experimento es mayor en los cultivos más fertilizados que en los menos fertilizados. Esto se debe a que la variación de producción total de biomasa es mayor que la variación en el contenido de carragenano, así tenemos que mientras la biomasa aumenta a casi el doble al comparar el

cultivo más fertilizado con el menos fertilizado, en cambio el contenido de carragenano (cuando se toma en base seca) sufre un decremento de aproximadamente 5% al comparar los mismos cultivos.

DeBoer (1979) encuentra un comportamiento semejante para *N. bailliei* y *G. foliifera* donde se observa que las razones de crecimiento y producción de coloides siguen un comportamiento semejante, también Neish et al. (1977) observan para *C. crispus* que la producción de biomasa y carragenano por gramo de inóculo es más alto a las más bajas densidades, ellos mencionan que esto se debe a que a las más altas densidades las plantas tienden a agruparse, permaneciendo estacionarias y debido a esto la mezcla de las plantas con el medio es impedida, evitando una buena asimilación de los nutrientes. Debido a esto, en nuestro experimento cada semana la biomasa de los cultivos se cosechó y se regresó a su peso inicial (75 gr en 90 litros) para evitar las posibles variaciones en el crecimiento y asimilación de nutrientes.

Los cambios en la morfología de las plantas pueden deberse a las diferentes condiciones de nutrición o bien al poco movimiento que tuvieron dentro de los tanques, ya que *C. canaliculata* es típica de zonas de alta energía, donde el movimiento de las plantas es intenso. Por lo tanto es

posible sugerir que cambios en las condiciones ambientales pueden llegar a cambiar la morfología de las plantas. Así por ejemplo, Simpson, et al. (1978) y Simpson y Shacklock (1979) encuentran que Chondrus crispus sufre cambios en su morfología cuando estas plantas son cultivadas a diferentes pH y temperatura.

En general los resultados del análisis químico del carragenano, obtenido de los diferentes cultivos, no se apartan en gran medida de los reportados para esta especie, se encontró que el porcentaje de 3,6-anhidrogalactosa va de 32.5 a 38.8% y éstos son similares a los reportados por Lawson, et al, 1973 quien menciona que el contenido de 3,6-anhidrogalactosa para kapa-carragenano de G. canaliculata es de 43%. Por otra parte el porcentaje de sulfatos que fué de 22% cae dentro del patron general de los polisacóridos del tipo carragenano el cual tiene alrededor del 24% de sulfatos, segun Percival y McDowell (1967). Se ha encontrado que la fuerza de gel para G. canaliculata colectada en San Quintín, B. C. es en promedio de 39.8 gr/cm² (Durazo-Beltrán, 1988) valor similar a la fuerza de geles obtenidos en este estudio que va de 41.7 a 36.3 gr/cm².

El aumento de la fuerza del gel cuando aumentamos la frecuencia de fertilización indica que existe un efecto de los nutrientes en la calidad química del carragenano

derivado de esas plantas la. Estos mismos resultados fueron encontrados por Bird et al. (1981) para el agar extraído de *C. tikvaiae* en un experimento sobre el efecto de el nitrógeno en la calidad del agar producido por ésta planta. También en un trabajo con varias cepas de *C. tikvaiae* realizado por Craigie et al. (1984) encuentra que la fuerza del gel aumenta cuando se incrementa el contenido de nitrógeno de la planta.

Los incrementos en la fuerza del gel encontrados en éste experimento no pueden ser explicados por los modelos corrientes los cuales señalan que aumentos en la fuerza del gel son debidos a altos niveles de 3,6-anhidrogalaactosa y bajos niveles de sulfatos (Smidsrod, et al, 1967). Para nuestro experimento se observó que hubo una relación inversa entre la fuerza del gel y 3,6-anhidrogalaactosa mientras que el contenido de sulfato no varió apreciablemente en las distintas fertilizaciones utilizadas. Estos resultados son similares con los encontrados por Bird et al. (1981) para el agar de *C. tikvaiae* con la excepción de que el contenido de sulfatos aumenta con incrementos en los niveles de nitrógeno; siendo sugerido que un posible efecto del nitrógeno es el de hacer que los polímeros de galactanos incrementen su peso molecular lo cual les permite interaccionar más fácilmente con otros polímeros semejantes y formar geles de mayor fuerza.

Es claro que a parte de esto es necesario poner mucha atención en observar los efectos de diferentes tipos de nitrógeno utilizados en las fertilizaciones en la calidad química y física del carragenano , y como otros factores ambientales interactúan con el nitrógeno y afectan el crecimiento y producción de carragenano en las plantas.

En terminos prácticos los resultados de esta investigación nos indican que las variaciones en el rendimiento de carragenano en los cultivos de G. canaliculata son mínimos cuando las comparamos con las variaciones que sufre la producción total de biomasa. Por lo tanto es más importante enfocar nuestra atención en aumentar la producción de biomasa ya que de ésta manera tendremos al final del experimento una mayor producción de carragenano.

CONCLUSIONES

1). Existe una relación directa entre la razón de crecimiento y la frecuencia de fertilización para Gigartina canaliculata cuando esta crece en tanques de cultivo.

2). Existe una relación inversa entre el crecimiento y rendimiento de carragenano para ésta planta.

3). El rendimiento de carragenano más alto que se encontró fue en la más baja frecuencia de fertilización.

4). La fuerza del gel aumenta cuando aumentamos la frecuencia de fertilización.

LITERATURA CITADA

- Abbott, I. A. y G. J. Hollenberg. 1976. Marine algae of California. Stanford University Press. Stanford, CA. pp. 827. —
- Abbott, I. A. 1980. Some field and laboratory studies on colloid-producing red algae in central California. Aquatic Bot. 8:255-266.
- Abbott, I. A. y F. A. Chapman. 1981. Evaluation of kappa carrageenan as a substitute for agar in microbiological media. J. Arch. Microbiol. 128:355-359.
- Aguilar-Rosas, L. E., R. Aguilar-Rosas, I. Pacheco-Ruiz, E. Bórquez-Garcés, M. A. Aguilar-Rosas y E. Urbieta-González. 1982. Algas de importancia económica de la región noroccidental de Baja California, México. Ciencias Marinas. 8(1):49-63.
- Ballesteros-Grijalva, G., E. Durazo-Beltrán y J. Labastida-Woods. 1987. Estimación de abundancia, fases reproductoras y análisis bromatológico de Gigartina canaliculata Harv. (Rhodophyceae),

29

Cigartinales) en el ejido Eréndira y Popotla, Baja California. En : Resúmenes. VII Congreso Nacional de Oceanografía. Instituto Nacional de la Pesca. Ensenada, B. C. p. 131

Bird, K. T., M. D. Hanisak y J. Ryther. 1981. Chemical quality and production of agars extracted from Gracilaria tikvaiae growth in different nitrogen enrichment conditions. Bot. Mar. 24:441-444.

Craigie, J. S. y C. Leigh. 1978. Carrageenans and agars. En: Hellebust, J. A. y J. S. Craigie (Eds.). Handbook of Phycological Methods: Physiological and Biochemical Methods. Cambridge University Press. Cambridge. pp. 109-131.

Craigie, J. S., Z. C. Wen y J. P. van der Meer. 1984. Interspecific, intraspecific and nutritionally-determined variations in the composition of agars from Gracilaria spp. Bot. Mar. 27:55-61.

DeBoer, J. A. y J. H. Ryther. 1977. Potential yields from a waste recycling algal mariculture system. En: Krauss, R. W. (Ed.). The Marine Plant Biomass of the Pacific Northwest. Oregon State Univ. Press.

pp. 231-249.

DeBoer, J. A. 1979. Effects on nitrogen enrichment on growth rates and phycocolloid content in Gracilaria foliifera and Neogardhiella bailawi (Florideophyceae). Proc. Int. Seaweed Symp. 9:263-273.

DeBoer, J. A. 1981. Nutrients. En : Lobban, C. S. y M. J. Wynne (Eds.). The Biological of Seaweeds. University of California Press. Brekeley. pp. 356-392.

Doty, M. S. 1979. Status of marine agronomy, with special reference to the tropics. Proc. Int. Seaweed Symp. 9:35-58.

Durazo-Beltrán, E. 1988. Comunicación personal. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México.

Fogg, G. E. 1964. Environmental conditions and the pattern of metabolism in algae. En: Jackson, D. (ED.). Algae and Man. Plenum Press, New York. pp. 77-85.

García-Esquivel, Z. 1986. Estudios sobre la expulsión y viabilidad de esporas en el alga roja Gigartina canaliculata Harv. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada.

Goring, D. A. 1956. A semimicro gelometer. Can. J. Technol. 34: 53-59.

Guzmán del Proó, S. A. 1969. Los recursos vegetales marinos de Baja California, México. Proc. Int. Seaweed Symp. 6:685-969.

Hanisak, M. D. 1979. Nitrogen limitation of Codium fragile ssp. tomentosoides as determined by tissue analysis. Mar. Biol. 50:333-337.

LaPointe, B. E. 1985. Strategies for pulsed nutrient supply to Gracilaria cultures in the Florida keys: interacciones between concentration and frequency of nutrient pulses. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 93:211-222.

Lawson, C. J., D. A. Rees, D. J. Stancioff y N. F. Stanley. 1973. Carrageenans. VIII. Repeating structures of galactan sulphates from Furcellaria

32

fastigiata, Gigartina canaliculata, G. chamissoi, G. atropurpurea, Ahnfeltia durvillae, Gimnogonurus furcellatus, Eucheuma cottonii, E. spinosum, E. isiforme, E. uncinatum, Agardhiella tenera, Pachumenia humantofora y Gloiopeltis cervicornis. J. Chem. Soc. 1(19):2177-2182.

Marine Colloids of FCM Corp. 1977. Carrageenan. Marine Colloids of FCM Corp., Monogr. No 1. Rockland, Maine. 34 pp.

Molina-Martínez, J. 1986. Notas sobre tres especies de algas marinas: Macrocostis purifera, Gelidium robustum y Gigartina canaliculata de interes comercial en la costa occidental de Baja California, México. En: Contribuciones Biológicas y Tecnológico-Pesqueras. Secretaria de Pesca. Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera. Ensenada, B. C., México. Documento Técnico Informativo No. 3: 14-39 pp.

Neish, A. C. y P. F. Shacklock. 1971. Greenhouse experiments on the propagation of strain T4 of Irish moss. Atlantic reg. tech. report serial no. 14:25.

Neish, A. C., P. F. Shacklock, G. H. Fox y F. J. Simpson. 1977. The cultivation of Chondrus crispus. Factors affecting growth under greenhouse conditions. Can. J. Bot. 55:2263-2271.

Pacheco-Ruiz, I., Z. Garcia-Esquivel y L. E. Aguilar-Rosas. 1987. Cultivo de juveniles de Gigartina canaliculata Harv., con nutrientes producidos por estiércol digerido de vaca. Ciencias Marinas 13(2) : 1-8.

Penniman, C. A. 1983. Ecology of Gracilaria tikvahiae MacLachlan (Gigartinales, Rhodophyta) in the Great Bay Estuary. New Hampshire. Tesis Doctoral (Ph. D.) B. S. (Biology), University of Maine at Orono. 181 pp.

Percival, E. y H. McDowell. 1967. Chemistry and enzymology of marine algal polysaccharides. Academic Press. London. 319 p.

Raven, J. A. 1974. Carbon dioxide fixation. En: Algal Physiology and Biochemistry. ed W. D. P. Stewart. pp. 434-455. Blakwell Scientific Publications, Oxford.

Rivera-Carro, H., E. Hernandez-Garibay y J. Guardado-Puentes. Estudio de la variación estacional y geográfica de la composición química de los carragenanos de Gigartina canaliculata de dos localidades de Baja California. (en preparación).

Ryan, J. H., B. L. Joiner y B. F. Ryan. 1976. Minitab student handbook. Dextbury Press. Mass. pp.

Ryther, J. H. y W. M. Dunstan. 1971. Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in the coastal marine environment. Science. 171:1008-1013.

Ryther, J. H., N. Corwin, T. A. DeBusk y L. D. Williams. 1981. Nitrogen uptake and storage by the red alga Gracilaria tikvahiae (McLachlan, 1979). Aquaculture. 22:107-115.

Simpson, F. J., A. C. Neish, P. Shacklock y D. Robson. 1978. The cultivation of Chondrus crispus. Effect of pH on growth and production of carrageenan. Bot. Mar. 21:229-235.

Simpson, F. J. y P. F. Shacklock. 1979. The cultivation of Chondrus crispus. Effect of temperature on growth and carrageenan production.

Bot. Mar. 22:295-298.

Smidsrud, O., B. Larsen, A. J. Pernas y A. Haug. 1967.

The effect of alkali treatment on the chemical heterogeneity and physical properties of some carragenans. Acta. Chem. Scand. 21:2585-2598.

Strickland, J. D. y T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Board. Can. Bull. 167. 310 p.

Tabatabai, M. A. 1974. Determination of sulphate in water samples. Sulphur Inst. J. 10:11-13.

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