



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

Efecto de la temperatura del agua y la edad del tejido
en el rendimiento y calidad de los carragenanos
extraídos de *Eucheuma uncinatum* Setchell y Gardner
(Rhodophyta Gigartinales).



TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta

Quím. Irma Esthela Soria Mercado

Ensenada, Baja California., Mayo de 1992.

RESUMEN

Se realizó un cultivo de *Eucheuma uncinatum* en condiciones controladas de luz, nutrientes y temperatura durante seis semanas, con la finalidad de evaluar los efectos de la temperatura del agua y la edad del tejido en el rendimiento y calidad de los carragenanos del alga.

El crecimiento del alga así como el rendimiento por tanque se vieron favorecidos a la menor temperatura (18 °C).

El porcentaje de 3,6-Anhidrogalactosa presentó los máximos valores a los 18 °C en el tejido joven del alga (19.86 %) y los mínimos a 26 °C en el tejido viejo (14.81 %) y guardó una relación inversa con respecto a los sulfatos.

Se encontró el mayor porcentaje de carragenano (peso seco) con el mayor contenido de 3,6-Anhidrogalactosa si se mantiene el tejido joven (6 semanas) a 18 °C.

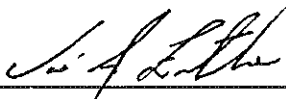
Efecto de la temperatura del agua y la edad del tejido en el rendimiento y calidad de los carragenanos extraídos de *Eucheuma uncinatum* Setchell y Gardner (Rhodophyta, Gigartinales).

T E S I S

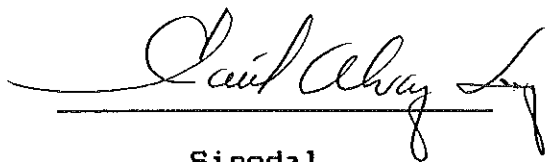
Que presenta:

Irma Esthela Soria Mercado

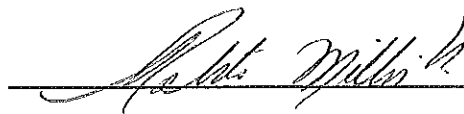
Aprobada por:



Presidente del Jurado
Dr. José Antonio Zertuche González



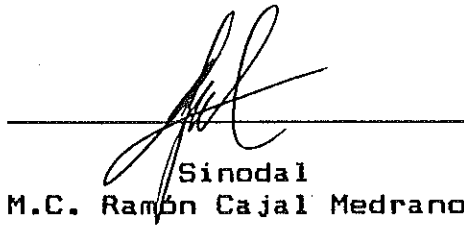
Sinodal
Dr. Saúl Álvarez Borrego



Sinodal
M.C. Roberto Millán Núñez



Sinodal
M.C. Julián Guardado Puentes



Sinodal
M.C. Ramón Cajal Medrano

DEDICATORIA

A Humberto por tu amor, apoyo y confianza. Te Amo.

A César Humberto con todo mi amor, gracias mi pequeño por todo el tiempo que te robé.

A mis padres, suegros, hermanos, cuñados y muy especialmente a todos mis sobrinos para que sea un reto en su vida por lo menos superar a su tía Irma.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Nuestro Señor por permitirme vivir y llegar con salud a cumplir una meta más en mi vida.

Al Dr. José Antonio Zertuche González por su valiosa colaboración en la dirección de este trabajo, por toda su enseñanza y confianza, mi gran admiración y respeto.

A mis sinodales: Dr. Saúl Alvarez Borrego, M.C. Roberto Millán Núñez, M.C. Ramón Cajal Medrano y M.C. Julián Guardado Puentes por su dedicación en la revisión de esta Tesis.

Al M.C. Antonio trujillo por su colaboración en la parte estadística de este trabajo.

A Irma Andrea, Marco Aurelio, Salvador, Irma Eugenia, Nilsa, Oscar, Pech, Leopoldo y Alejandro por su ayuda.

A las secretarias de la Facultad de Ciencias Marinas: Mary, Martha, Lorena, Alma, Nely, Rosario y Yoly por su apoyo, por su amistad.

A la Universidad autónoma de Baja California todo mi respeto y lealtad por otorgarme un segundo título.

INDICE

	Página
INTRODUCCION	1
OBJETIVO	8
MATERIALES Y METODOS	8
RESULTADOS	15
DISCUSIONES	35
CONCLUSIONES	39
BIBLIOGRAFIA	40

LISTA DE TABLAS

	Página
TABLA I. Porcentaje de crecimiento por día de <i>Eucheuma uncinatum</i> cultivada a 18, 22 y 26 °C.....	16
TABLA II. Porcentaje de rendimiento de carragenano de <i>E. uncinatum</i> cultivada a 18, 22 y 26 °C.....	19
TABLA III. Porcentaje de 3,6-anhidrogalaactosa en el carragenano de <i>E. uncinatum</i> cultivada a 18, 22 y 26 °C.....	23
TABLA IV. Porcentaje de sulfatos en el carragenano de <i>E. uncinatum</i> cultivada a 18, 22 y 26 °C.....	27
TABLA V. Porcentaje de carbohidratos en el carragenano de <i>E. uncinatum</i> cultivada a 18, 22 y 26 °C.....	31

LISTA DE FIGURAS

	Página
Fig. 1. Diagrama del cultivo de <i>E. uncinatum</i> cultivada a 18, 22 y 26 °C.....	10
Fig. 2. Porcentaje de Crecimiento por día de <i>E.</i> <i>uncinatum</i> cultivada a 18, 22 y 26 °C.....	17
Fig. 3. Porcentaje de rendimiento de carragenano del tejido joven de <i>E. uncinatum</i> cultivada a 18, 22 y 26 °C	20
Fig. 4. Porcentaje de rendimiento de carragenano del tejido viejo de <i>E. uncinatum</i> cultivada a 18, 22 y 26 °C.....	21
Fig. 5. Porcentaje de 3,6-anhidrogactosa en el carragenano del tejido joven de <i>E. uncinatum</i> cultivada a 18, 22 y 26 °C.....	24
Fig. 6. Porcentaje de 3,6-anhidrogactosa en el carragenano del tejido viejo de <i>E. uncinatum</i> cultivada a 18, 22 y 26 °C.....	25

Fig. 7. Porcentaje de sulfatos en el carragenano del
tejido joven de *E. uncinatum* cultivada a 18,
22 y 26 °C..... 28

Fig. 8. Porcentaje de sulfatos en el carragenano del
tejido viejo de *E. uncinatum* cultivada a 18,
22 y 26 °C..... 29

Fig. 9. Porcentaje de carbohidratos en el carragenano
del tejido joven de *E. uncinatum* cultivada
a 18, 22 y 26 °C..... 32

Fig. 10. Porcentaje de carbohidratos en el carragenano
del tejido viejo de *E. uncinatum* cultivada
a 18, 22 y 26 °C..... 33

INTRODUCCION

Carragenanos es un nombre genérico dado a una familia de galactanos sulfatados, presentes en la capa celular y matriz intracelular de algunas especies de algas rojas, principalmente miembros de los órdenes Gigartinaceae, Hypnaceae y Solieriaceae (Craigie y Leigh, 1978; Pernas et al., 1967). Son de importancia económica ya que poseen propiedades de espesantes, estabilizadores y gelantes, por ello son ampliamente utilizados en la industria alimenticia cosmética y farmacéutica (Pernas et al., 1967; Silverthorne y Sorensen, 1971). Los carragenanos presentan propiedades intermedias entre los agares y los alginatos. El polímero se encuentra formado por unidades de D-galactosa, 3,6-anhidrogalactosa (3,6-AG) y grupos éster sulfato, en donde las unidades de D-galactopiranosas se encuentran unidas mediante enlaces α -1,3 y β -1,4 (Percival y McDowell, 1967). Se les clasifica en las formas de kappa, lambda, mú, iota y nú carragenanos (Dawes et al., 1977 a) fácilmente distinguibles entre ellos por la proporción de galactosa a 3,6-anhidrogalactosa (3,6-AG) y su grado de sulfatación principalmente (Stancioff y Stanley, 1969 en Dawes et al., 1974; Dawes et al., 1977 b).

El contenido de carragenano (peso seco) en el alga puede presentar variaciones asociadas a factores

ambientales como la temperatura, irradiancia y nutrientes y a factores biológicos como la fase reproductiva. En el presente trabajo representamos la calidad del carragenano únicamente como la cantidad de 3,6-AG, un carragenano de mayor calidad es aquel que contiene una mayor proporción de 3,6-AG. De la misma manera que el contenido de carragenano la calidad se puede afectar positiva o negativamente con factores ambientales y biológicos como la temperatura, irradiancia, nutrientes y a factores ambientales como la fase reproductiva. Estas variaciones no siempre se presentan y en algunos estudios resultan contradictorias. Mucha de esta discrepancia resulta de la comparación de estudios de poblaciones naturales contra estudios de cultivos con condiciones semicontroladas (DeBoer, 1981; DeBoer y Ryther, 1977 y Hanisak, 1979). Solo en el caso de la agarofita *Gracilaria tikvahiae* se han llevado a cabo estudios bajo condiciones controladas que permiten cuantificar el efecto de la temperatura del agua y la edad del tejido en el rendimiento y calidad del agar. Estos estudios realizados por Craigie y Wen (1984), consistieron en someter partes apicales de la planta (tejido joven) y tallos maduros (tejido viejo) a cultivos a 17, 22 y 27 °C y encontraron que el porcentaje del agar se veía favorecido con el aumento de la temperatura y con el tejido joven del alga, así como la cantidad de 3,6-AG también se incrementó

con el tejido joven del alga. La intensidad de luz y los nutrientes también tienen un efecto sobre el crecimiento y constituyentes químicos de *Gracilaria conferta* como lo afirman Friedlander et al. (1991) yá que al someter a cultivo a esta especie encontraron que el crecimiento del alga se favorecía cuando el medio era rico en nutrientes a irradiancias intermedias.

Ekman y Pedersén (1990) realizaron cultivos con *Gracilaria conferta* y *Gracilaria verrucosa* a diferentes condiciones de luz y temperatura y encontraron un mayor crecimiento de la primera cuando la intensidad de luz era mayor, con la menor temperatura (18 °C) y *G. verrucosa* presentó su mayor crecimiento a 26 °C a la mayor intensidad de luz. El contenido de agar se aumentó con la disminución de la temperatura. Sin embargo no existen estudios de esta naturaleza en carragenofitas.

Uno de los factores ambientales que ha mostrado una relación directa con el rendimiento de carragenano es la temperatura. Estudios de poblaciones naturales de *Chondrus* y *Eucheuma* han mostrado un mayor contenido de carragenanos en muestras colectadas en verano cuando la temperatura del medio es más alta (Fuller y Mathieson, 1972). Este mismo comportamiento en cuanto a rendimiento y temperatura del

medio se observó en el agar de algunas especies de *Gracilaria* (Penniman y Mathieson, 1987 y Friedlander et al., 1987) y también se encontró que cuando los cultivos se sometían a diferentes condiciones de irradiancia, el rendimiento de carragenano era mayor en los cultivos con mayor irradiancia solo cuando no estuvieron limitados por nutrientes (Vega Catro y Martínez Rocha, 1989 y Ekman y Pedersén, 1990).

Tanto en agarofitas como en carragenofitas se ha observado una relación inversa entre la concentración de nutrientes y la producción de geles (DeBoer, 1981; Neish y Sacklock, 1971; LaPointe, 1985 y Ryther et al, 1981), aunque no siempre se presenta esta relación (Penniman, 1984), Si se considera la producción total de biomasa, se tiene que su variación cuando se comparan cultivos más fertilizados con menos fertilizados es mayor que la variación en el contenido de carragenano, así se tiene que mientras la biomasa aumenta a casi al doble, el contenido de carragenano (base seca) sufre un decremento de aproximadamente 5 % al realizar la misma comparación, por lo tanto, el rendimiento considerando la biomasa por tanque resulta ser mayor aumentando la frecuencia de fertilización (González Gómez, 1988).

En algunas Gigartinales (como *Irídea*, *Chondrus* y

Gigartina) se ha observado que kappa carragenano se restringe a plantas haploides y los lambda carragenanos a plantas diploides (McCandless y Craigie, 1974), mientras que en el orden Solieriaceae e Hypnaceae prevalece (según la especie) el mismo tipo de carragenano en cualquier fase reproductiva (Lawson et al., 1973; Stancioff y Stanley, 1969 y Correa Díaz, 1987).

Con respecto a la cantidad de 3,6-anhidrogalactosa en los carragenanos del alga también existen variaciones estacionales como lo afirman Dawes et al. (1974, 1977 b) yá que al realizar estudios con algunas especies de *Eucheuma*, encontraron un mayor contenido de 3,6-AG en muestras de verano cuando la temperatura del medio es más alta. También se ha observado en especies de *Gigartina* que el contenido de 3,6-AG presenta una relación inversa con respecto al rendimiento de carragenano (González Gómez, 1988; La Pointe et al., 1984; Vega Castro y Martínez Rocha, 1989 y Asare, 1980).

Desde 1985 en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California, se han realizado estudios de maricultivo en tanques y se han encontrado las condiciones óptimas para

mantener a *Eucheuma uncinatum* creciendo durante todo el año (Zertuche González et al ., 1987). Sin embargo no se cuenta con la información sobre las condiciones óptimas de temperatura y edad del tejido en cultivos de *E. uncinatum* mediante las cuales se puede obtener mayor rendimiento de carragenano con una mayor cantidad de 3,6-AG.

Eucheuma es una carragenofita de la familia Solieriaceae (orden Gigartinales) que se encuentra en el Golfo de California (Norris, 1975) Pacífico Central (Doty, 1973) y en el Caribe (Dawes, 1974 y Taylor, 1960). Este género es ampliamente utilizado para cultivo principalmente en Asia (Doty, 1979) pero se sigue buscando la expansión de dicho maricultivo como una medida para garantizar el suplemento de la materia prima (Adnam y Porse, 1987).

E. uncinatum es una especie endémica del Golfo de California productora de iota-carragenano (Stancioff y Stanley, 1969; Zertuche González et al., 1989). Esta planta no ha sido aprovechada debido a que es una especie anual que presenta los mayores crecimientos en primavera y principios del verano (Dawes, 1974).

Con la finalidad de conocer las condiciones óptimas de crecimiento de *E. uncinatum* y la producción y calidad de su

carragenano en el presente trabajo se evalúa el efecto de la temperatura del agua y la edad del tejido en dichas variables bajo la siguiente hipótesis:

La temperatura del agua y la edad del tejido tienen un efecto en el rendimiento y la calidad del carragenano extraído de *E. uncinatum* cultivada en tanques.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de la temperatura del agua y edad del tejido sobre el rendimiento y calidad del carragenano de *Eucheuma uncinatum* bajo condiciones controladas.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de *E. uncinatum* para el cultivo se colectaron el mes de Junio de 1991 en Bahía de los Angeles, Baja California, la cual se encuentra ubicada en la costa occidental del Golfo de California, a 7 Km al Norte de la playa conocida como "La Sílica". El sustrato es arenoso y rocoso. Las algas fueron transportadas en hieleras con agua de mar hasta los laboratorios del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California.

Antes de iniciar el experimento se aclimataron las algas colocándolas por diez días en tanques exteriores con flujo continuo de agua de mar y se fertilizaron cada tercer día con una proporción de 10:1 de Nitrato de sodio y Fosfato dibásico de sodio. Una vez aclimatadas las algas, se seleccionaron fragmentos entre 10 y 20 cm de longitud y

se colocaron 233 g en cada uno de seis tanques de plástico de 90 l de capacidad que se tenían destinados para el experimento y que se encontraban con agua de mar filtrada e irradiada con luz ultravioleta. Los cultivos se mantuvieron por seis semanas en un sistema cerrado con luz y temperatura controladas.

Los tanques descansaban sobre una estructura metálica, alineados a las tuberías de aire, dentro del laboratorio de cultivo de moluscos del IIO (Fig. 1). Los cultivos estuvieron provistos de aire, el cual se introdujo desde el fondo del tanque a través de un tubo de cloruro de polivinilo de media pulgada con pequeñas perforaciones permitiéndolo con este flujo de aire que las algas se mantuvieran en constante movimiento.

Se utilizó un intercambiador de calor Aquanetics modelo 210 para mantener dos tanques a una temperatura constante de 18 °C, mediante un flujo cerrado.

Otros dos tanques se mantuvieron a 22 °C. Esta temperatura se obtuvo colocando el reservorio dentro de un baño con agua de mar corriente a temperatura ambiente. Los dos tanques restantes se mantuvieron a 26 °C. Dicha temperatura se logró sin necesidad del baño de agua, por sí

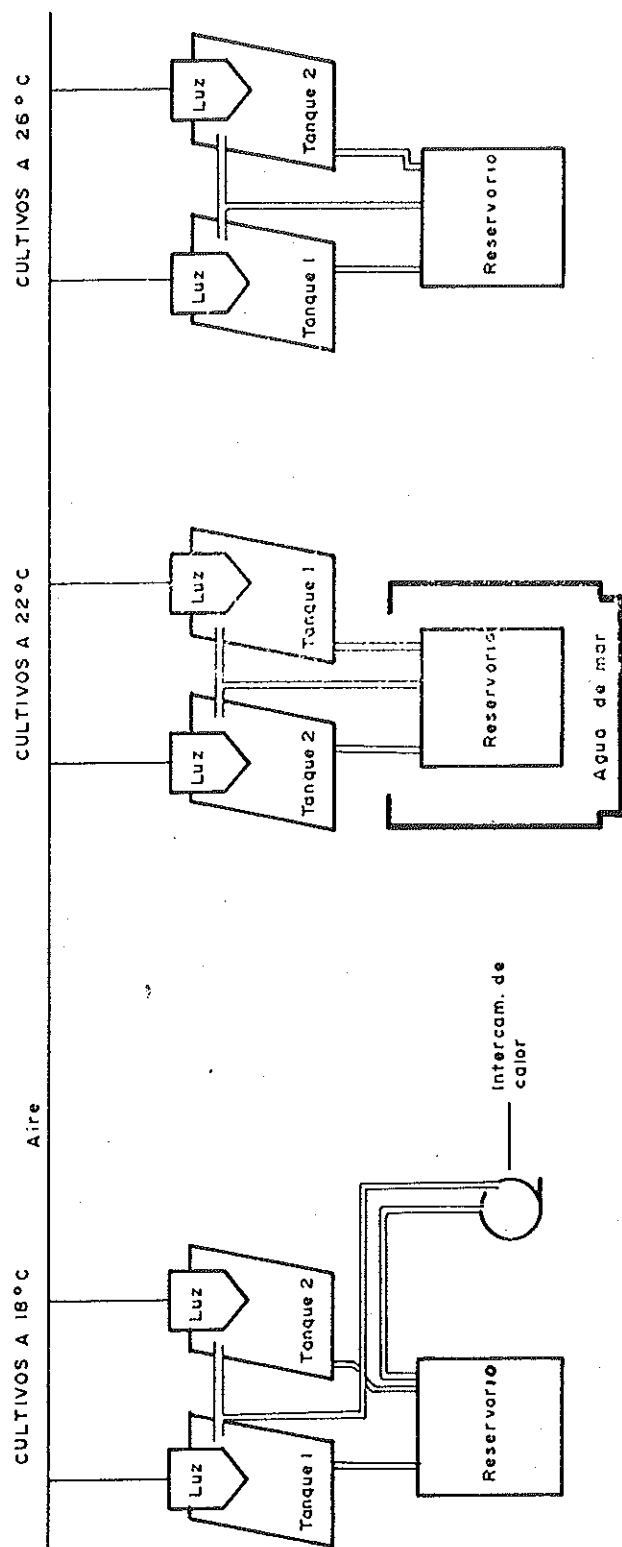


FIG. 1.- DIAGRAMA DEL CULTIVO DE *Eucheuma uncinatum* CULTIVADA A 18, 22 Y 26°C.

solo el reservorio abasteció a los tanques y se mantuvieron a temperatura constante. El agua de los tanques se renovó cada dos semanas con agua de mar filtrada e irradiada con luz ultravioleta.

La temperatura del agua en los tanques se midió mediante termómetros de máximos y mínimos. los cultivos se iluminaron con lámparas de 200 Watts colocadas a 15 cm de altura del nivel del agua sobre cada tanque en períodos diurnos. Con la finalidad de lograr una mayor intensidad de luz se colocaron paredes de poliestireno fuera de los tanques, de esta manera se proporcionó a cada tanque una irradiancia promedio de $200 \mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

La fertilización se llevó a cabo cada tercer día siguiendo el método empleado por Zertuche González et al. (1987) con una proporción de 10:1 de Nitrato de sodio:Fosfato dibásico de sodio, como fuente de Nitrógeno y Fósforo respectivamente.

Semanalmente se pesaron (peso húmedo) los ejemplares que contenía cada tanque, se limpiaron de epífitas y se colocaron de nuevo en sus tanques respectivos. La velocidad de crecimiento se determinó mediante la ecuación de Hoyle (1978):

$$R = \frac{\ln N_t - \ln N_o}{t_2 - t_1}$$

Donde N_0 representa el peso de la planta en el tiempo cero, N_t es el peso de la planta en el tiempo t y $t_2 - t_1$ es la diferencia de tiempos.

Las plantas se limpiaban semanalmente cepillándolas para eliminar las epífitas y se fragmentaban manualmente de las partes apicales con la finalidad de permitir un mejor crecimiento, método que siguieron Zertuche González *et al.* (1987). Cada dos semanas se pesaban y se cosechaban 125 g de alga para los análisis de laboratorio. Estas muestras se separaron en tejido joven (partes apicales) y en tejido viejo (que eran los tallos de la planta) y se secaron a 60 °C por doce horas en una estufa de convección (Craigie y Leigh, 1978; Craigie *et al.*, 1984). Posteriormente se sometieron a una despigmentación para lo cual se lavaron tres veces con acetona, dos veces con etanol hirviendo al 80 %, enseguida con etanol absoluto y finalmente con éter etílico. Las algas despigmentadas se secaron a peso constante a 60 °C en una estufa de convección.

Se tomó un gramo de cada muestra por triplicado y se sometió a ebullición por dos horas a 85 °C en 500 ml de una solución amortiguadora de Acetato de sodio (pH 7.0-7.5), con agitación continua. Enseguida se filtraron las muestras en una manta de fibra de vidrio y posteriormente el sólido

remanente se volvió a extraer por otras dos horas bajo las mismas condiciones. Ambos extractos se combinaron y se filtraron a través de papel filtro # 1 seguido de papel filtro # 50. Esta es una modificación al método de Craigie y Leigh (1978) yá que se obtuvieron los mismos resultados pero con menos trabajo. Posteriormente se adicionó 70 ml de cloruro de cetilpiridina al 2 % para precipitar el carragenano. El precipitado se lavó 7 veces con acetato de sodio en metanol al 95 % cerca de la saturación, seguido de tres veces con etanol al 95 % y finalmente con éter etílico (Craigie y Leigh, 1978).

El carragenano resultante se secó sobre sulfato de calcio anhidro a 75 °C en una estufa de convección hasta peso constante.

Todos los análisis se realizaron por triplicado.

El contenido de 3,6-AG se determinó por el método del Resorcinol-Acetal de Yaphe y Arsenault (1965), modificado por Craigie y Leigh (1978).

Los sulfatos se midieron por el método turbidimétrico del BaCl_2 de Tabatai descrito y modificado por Craigie et al. (1984). Las hidrólisis se hicieron en tubos de ensaye con tapadera y en una estufa a 110 °C.

Para la determinación de carbohidratos totales se utilizó el método del Fenol-sulfúrico propuesto por Dubois et al. (1956) descrito por Craigie y Leigh (1978).

Debido a que se tienen como variables la temperatura del agua, la edad del tejido y el tiempo de cultivo, para analizar los datos de rendimiento de carragenano y sus propiedades químicas se realizaron pruebas de normalidad de Kolmogorov y una vez que se comprobó la normalidad de los datos, se hizo una transformación de los mismos a arc. sen. con la finalidad de poder realizar un Análisis de Varianza multifactorial y para los datos de crecimiento un ANOVA de dos vías con réplica.

RESULTADOS

En la primera semana de cultivo no se presentó gran variación en el crecimiento del alga, ya que se obtuvieron valores de 2.7 % por día para los cultivos que se encontraban a 26 °C, 3.3 % por día para los de 22 °C y de 3.7 % por día para 18 °C (Tabla I). La segunda semana se observó un gran incremento en crecimiento para las algas que se encontraban a 18 °C con un valor de 5.55 % por día y fué el máximo, mientras que a 22 °C fué de 1.4 % por día y a 26 °C de 2.0 % por día (Fig. 2). La tercer semana los cultivos de 22 y 26 °C se recuperaron aumentando su crecimiento hasta 3.0 y 2.65 % por día respectivamente, mientras que las algas de 18 °C disminuyeron su crecimiento hasta un 4.55 % por día, sin embargo, a esta temperatura el crecimiento siempre fué mayor que al resto de las temperaturas. La cuarta semana tanto los cultivos de 22 como los de 18 °C se mantuvieron con crecimientos muy similares (Fig. 2), los tanques de mayor temperatura tuvieron un crecimiento de 1.28 % por día (Tabla I). La quinta semana todos los cultivos disminuyeron su crecimiento para finalmente en la sexta semana, los cultivos de 22 y 26 °C llegaron hasta 0.2 y 0.1 % por día respectivamente. Los cultivos de 18 °C también disminuyeron su crecimiento (2.2 % por día) pero esa disminución no fué tan drástica como a las temperaturas más elevadas.

TABLA 1 . Porcentaje de crecimiento por día de Eucheuma uncinatum cultivada a 18, 22 y 26 °C.

SEM.	TEMPERATURA											
	18 °C				22 °C				26 °C			
	T-1	T-2	$\bar{X}$	D. E.	T-1	T-2	$\bar{X}$	D. E.	T-1	T-2	$\bar{X}$	D. E.
1	3.7	3.7	3.7	(0.0)	3.3	3.3	3.3	(0)	3.0	2.3	2.7	(0.49)
2	5.9	5.2	5.55	(0.49)	1.2	1.6	1.4	(0.28)	1.7	2.2	2.0	(0.35)
3	4.8	4.3	4.55	(0.35)	2.4	3.6	3.0	(0.84)	2.4	2.9	2.65	(0.35)
4	2.8	2.9	2.85	(0.07)	2.7	2.9	2.8	(0.14)	1.0	1.5	1.25	(0.35)
5	2.6	2.5	2.55	(0.07)	1.9	2.1	2.0	(0.14)	0.6	0.8	0.7	(0.14)
6	2.1	2.3	2.2	(0.14)	0.1	0.3	0.2	(0.14)	0.02	0.2	0.11	(0.12)
$\bar{X}$			3.56	(1.24)			2.21	(1.15)			1.57	(1.06)

$\bar{X}$ = Promedio

D. E. = Desviación estandar

T-1 = Tanque # 1

T-2 = Tanque # 2

Sem. = Semana

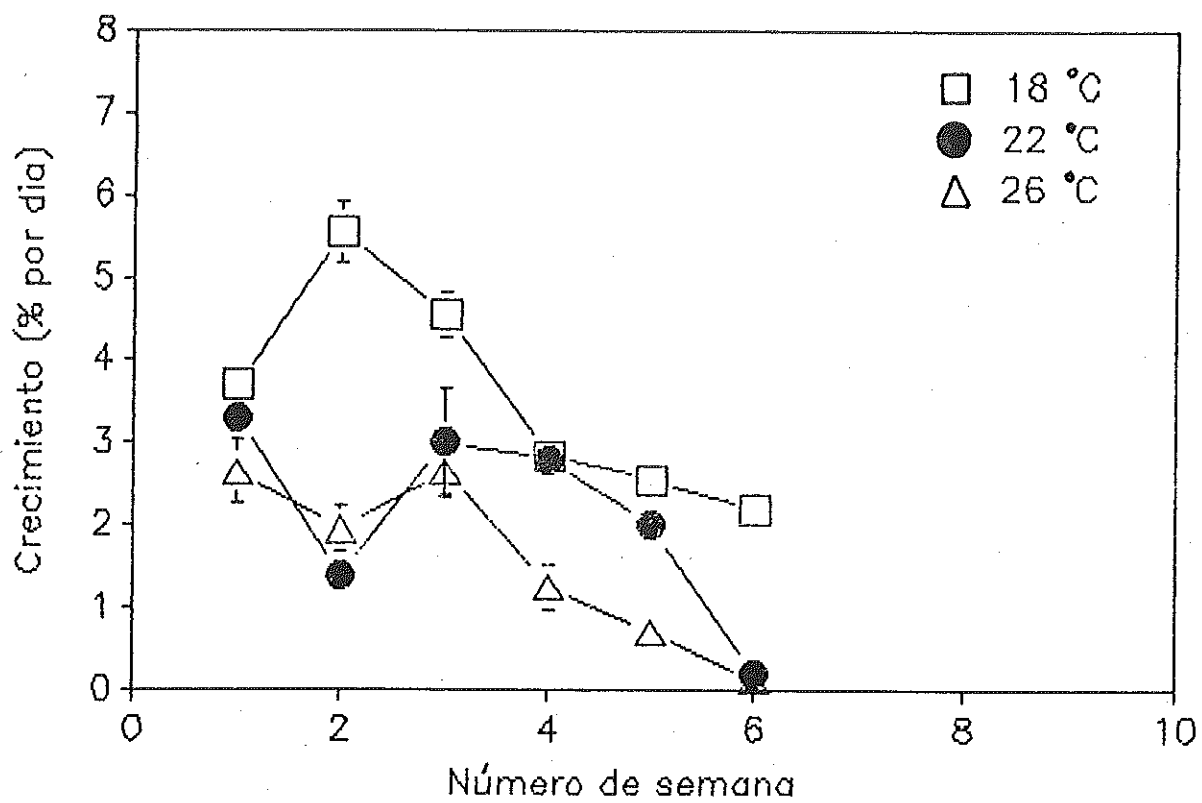


Fig. 2. Porcentaje de crecimiento por día de Eucheuma uncinatum cultivada a 18, 22 y 26 °C.

El análisis de varianza de dos vías mostró diferencias significativas en el tiempo ($F = 54.826$; $F_{5, 10} = 5.63$ ($p \leq 0.01$) y en la temperatura ($F = 121.77$; $F_{2, 10} = 7.55$ ($p \leq 0.01$).

El rendimiento de carragenano fué mayor para el tejido joven del alga a todas las temperaturas durante las seis semanas de cultivo (Figs. 3 y 4).

El rendimiento presentó diferencias significativas según el análisis de varianza multifactorial con respecto al tiempo ($F = 40.79$; $F_{2, \infty} = 4.6$ $p \leq 0.01$) y con respecto a la edad del tejido ($F = 85.22$; $F_{1, \infty} = 6.63$ $p \leq 0.01$). Sin embargo no se notaron diferencias significativas debido a la temperatura, a pesar de que se observa en el tejido joven del alga, que a 22 °C el rendimiento de carragenano fué mayor que al resto de las temperaturas con excepción de la cuarta semana en donde se observa que el mayor porcentaje corresponde a los cultivos de 18 °C (Tabla II. Fig. 3). El tejido viejo no presentó un patrón definido, yá que en la segunda semana, el mayor rendimiento de carragenano correspondió a las algas que se encontraban a 22 °C (39.3 %), la cuarta semana a las algas de 26 °C (29.31 %) y la sexta semana a las de 18 °C (58.3 %) (Fig. 4).

TABLA II . Porcentaje de rendimiento en el carragenano de Eucheuma uncinatum cultivada a 18, 22 y 26 °C.

Sem.	TEMPERATURA											
	18 °C				22 °C				26 °C			
	TJ	D. E.	TV	D. E.	TJ	D. E.	TV	D. E.	TJ	D. E.	TV	D. E.
2	38.76	(0.26)	21.31	(1.04)	54.7	(3.94)	39.3	(2.48)	47.5	(1.28)	38.1	(1.78)
4	51.3	(0.66)	20.3	(0.56)	47.8	(0.60)	21.1	(1.54)	37.0	(1.74)	29.31	(0.27)
6	71.94	(0.58)	58.3	(0.48)	75.51	(0.80)	39.3	(0.02)	71.1	(0.55)	37.7	(1.11)
$\bar{X}$	54.01		33.3		59.2		33.2		51.86		35.03	

TJ = Tejido joven

TV = Tejido viejo

$\bar{X}$ = Promedio

D. E. = Desviacion estandar

Sem. = Semana

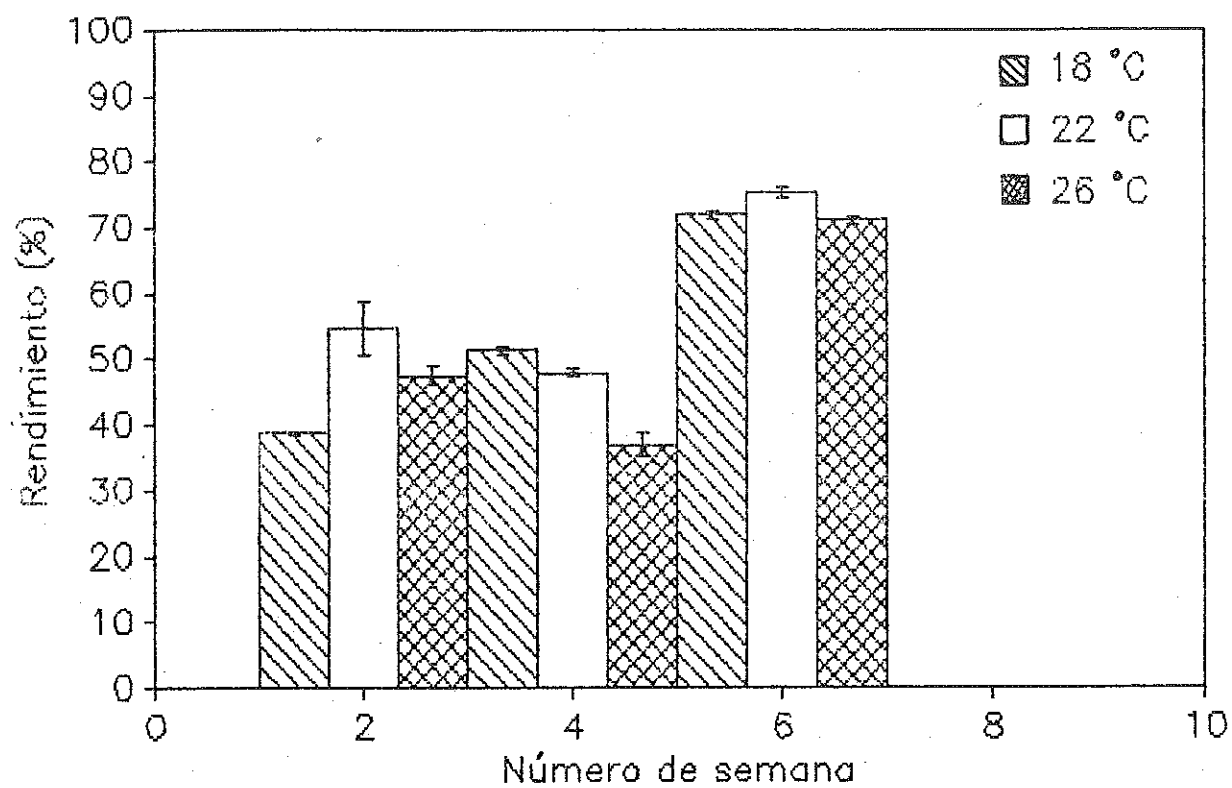


Fig. 3. Porcentaje de rendimiento de carragenano del tejido joven de *Eucheuma uncinatum* cultivada a 18, 22 y 26 °C.

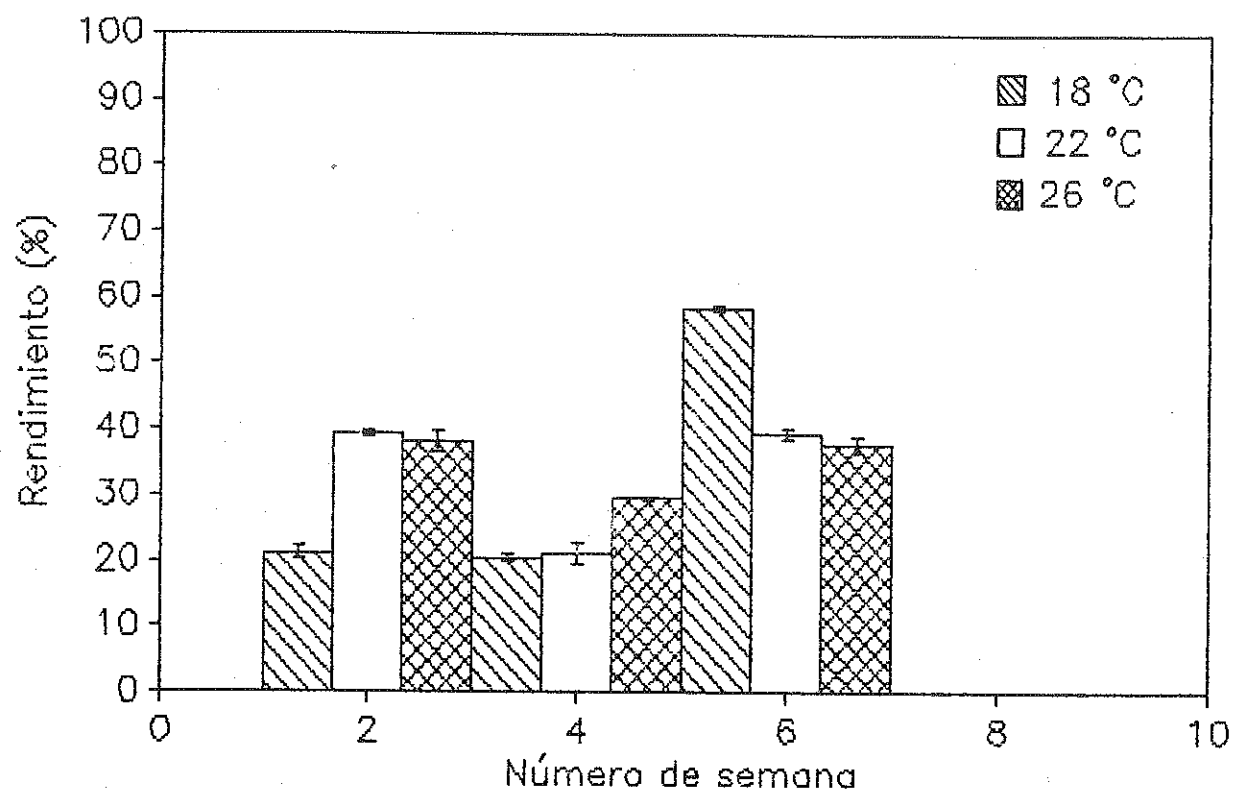


Fig. 4. Porcentaje de rendimiento de carragenano del tejido viejo de *Eucheuma uncinatum* cultivada a 18, 22 y 26 °C.

Los valores más bajos de rendimiento se observaron la cuarta semana de cultivo para la temperatura de 26 °C (37.0 % tejido joven) y a 18 °C en el tejido viejo (20.3 %) (Fig. 4).

Con respecto al tiempo se observa claramente en la Fig. 3 que la sexta semana de cultivo el rendimiento de carragenano en el tejido joven del alga fué el más alto a las tres diferentes temperaturas (71.94 % para 18 °C, 75.51 % para 22 °C y 71.1 % para 26 °C) que en las cuatro primeras semanas de cultivo sin embargo en el tejido viejo (Fig. 4) únicamente a 18 °C se presenta el comportamiento anterior (58.3 %) y a 22 y 26 °C los porcentajes de rendimiento (39.3 % y 37.7 % respectivamente) son similares a los obtenidos la segunda semana de cultivo (39.3 % y 38.1 % para 22 y 26 °C respectivamente).

En este experimento se observa que la temperatura a la que se obtuvo un mayor porcentaje de 3,6-AG fué a 18 °C durante las seis semanas de cultivo. El menor contenido de 3,6-AG se presentó en los cultivos de 26 °C (Tabla III, Figs. 5 y 6). En general se observa que el tejido joven del alga contiene una mayor cantidad de 3,6-AG que el tejido viejo independientemente de la temperatura donde el mayor valor correspondió para el tejido joven a 18 °C para la segunda semana de cultivo (19.86 %) y el valor menor

TABLA III . Porcentaje de 3,6-anhidro-D-galactosa en el carragenano de Eucheuma uncinatum cultivada a 18, 22 y 26 °C.

Sem.	TEMPERATURA											
	18 °C				22 °C				26 °C			
	TJ	D. E.	TV	D. E.	TJ	D. E.	TV	D. E.	TJ	D. E.	TV	D. E.
2	19.86	(1.15)	19.13	(1.07)	19.14	(1.04)	17.89	(0.57)	15.98	(1.49)	15.93	(1.85)
4	19.08	(0.20)	18.87	(0.26)	18.34	(0.58)	17.85	(0.44)	17.61	(0.70)	17.41	(1.43)
6	19.34	(0.81)	18.96	(0.67)	19.04	(0.87)	17.96	(0.17)	15.96	(1.11)	14.81	(0.70)
$\bar{X}$	19.43		18.99		18.84		17.9		16.51		16.05	

TJ = Tejido joven

TV = Tejido viejo

$\bar{X}$ = Promedio

D. E. = Desviacion estandar

Sem. = Semana

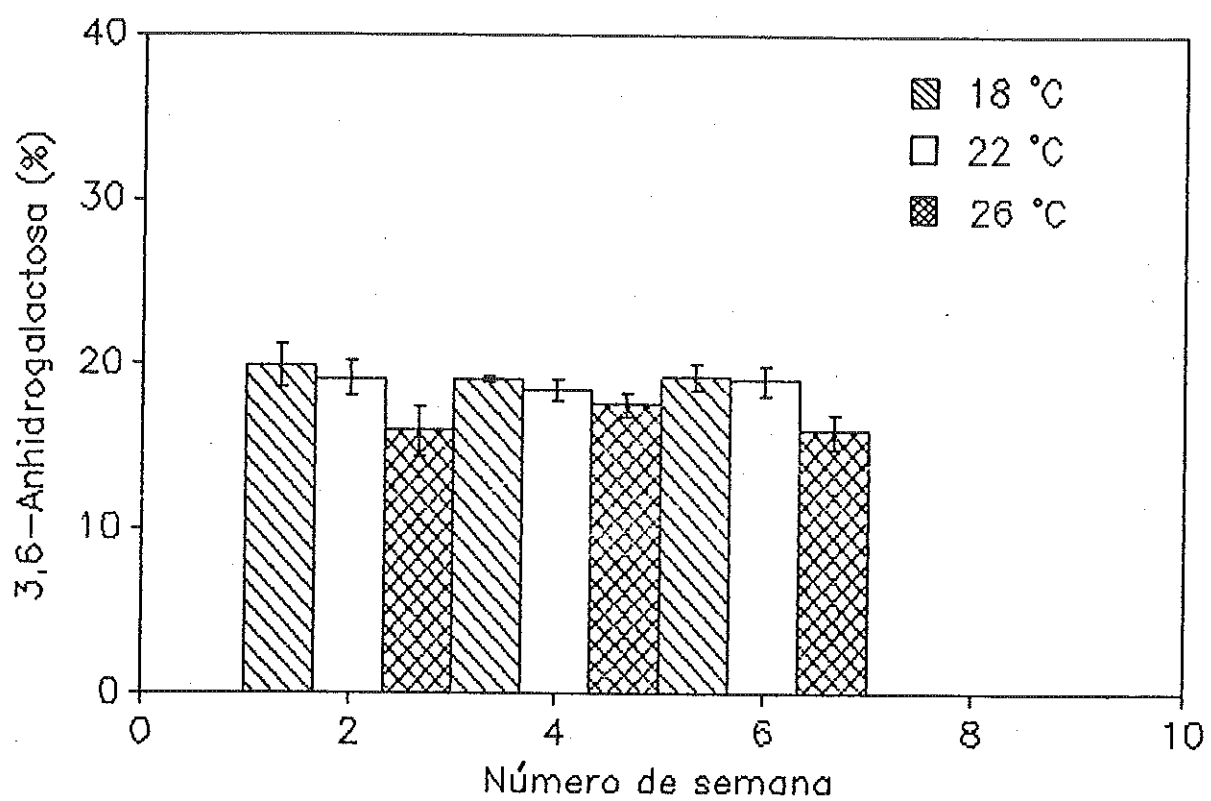


Fig. 5. Porcentaje de 3,6-Anhidrogalaactosa en el carragenano del tejido joven de Eucheuma uncinatum cultivada a 18, 22 y 26 °C.

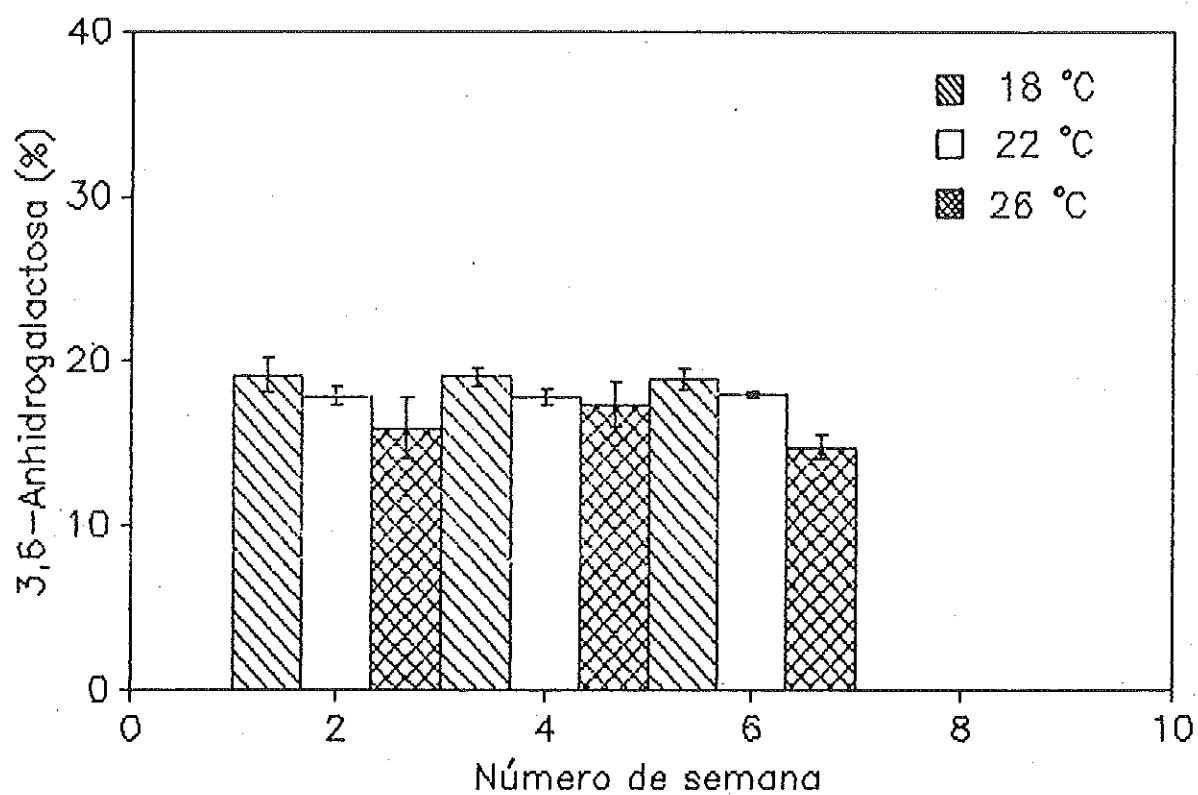


Fig. 6. Porcentaje de 3,6-anhidrogalaactosa en el carragenano del tejido viejo de *Eucheuma uncinatum* cultivada a 18, 22 y 26 °C.

correspondió al tejido viejo del alga a 26 °C la sexta semana de cultivo (14.81 %) (Tabla III).

El análisis de varianza multifactorial mostró diferencias significativas con respecto a la temperatura ($F = 84.94$; $F_{2,\infty} = 2.99$) y con respecto al tipo de tejido ($F = 10.46$; $F_{1,\infty} = 3.84$ $p \leq 0.05$) en el análisis de 3,6-AG para los carragenanos del alga.

El contenido de sulfatos varía con respecto a la temperatura de una manera no muy clara, yá que no se observa un patrón definido; a pesar de ello, la cuarta semana de cultivo se obtienen los más altos valores a la temperatura de 26 °C (43.52 tejido viejo y 41.53 % tejido joven) (Tabla IV. Figs. 7 y 8). Sin embargo se observa que a 18 °C tanto la cuarta como la sexta semana, el porcentaje de sulfatos es menor que al resto de las temperaturas (Figs. 7 y 8). En promedio podemos afirmar que a 26 °C se obtienen los más altos valores de sulfatos, tanto en tejido joven como en tejido viejo, siendo aún mayor en el tejido viejo del alga (Tabla IV).

El análisis de varianza mostró diferencias significativas con respecto a la temperatura ($F = 17.13$; $F_{2,\infty} = 4.6$ $p \leq 0.01$) pero no con respecto al tipo de tejido y al tiempo, aunque se observa en las Figuras 7 y 8 que los

TABLA IV . Porcentaje de Sulfatos en el carragenano de Eucheuna uncinatum cultivada a 18, 22 y 26°C.

Sem.	TEMPERATURA											
	18 °C				22 °C				26 °C			
	TJ	D. E.	TV	D. E.	TJ	D. E.	TV	D. E.	TJ	D. E.	TV	D. E.
2	37.22	(1.21)	36.35	(1.34)	37.50	(1.20)	33.80	(1.137)	36.32	(0.98)	40.32	(1.08)
4	31.10	(3.16)	30.64	(2.04)	41.11	(0.92)	33.77	(2.16)	41.53	(2.68)	43.52	(0.64)
6	36.51	(1.44)	34.26	(0.24)	36.56	(1.07)	30.24	(0.67)	38.68	(1.36)	38.24	(0.67)
$\bar{X}$	34.94		33.75		38.39		36.41		38.84		40.45	

TJ = Tejido joven

TV = Tejido viejo

$\bar{X}$ = Promedio

D. E. = Desviacion estandar.

Sem. = Semana

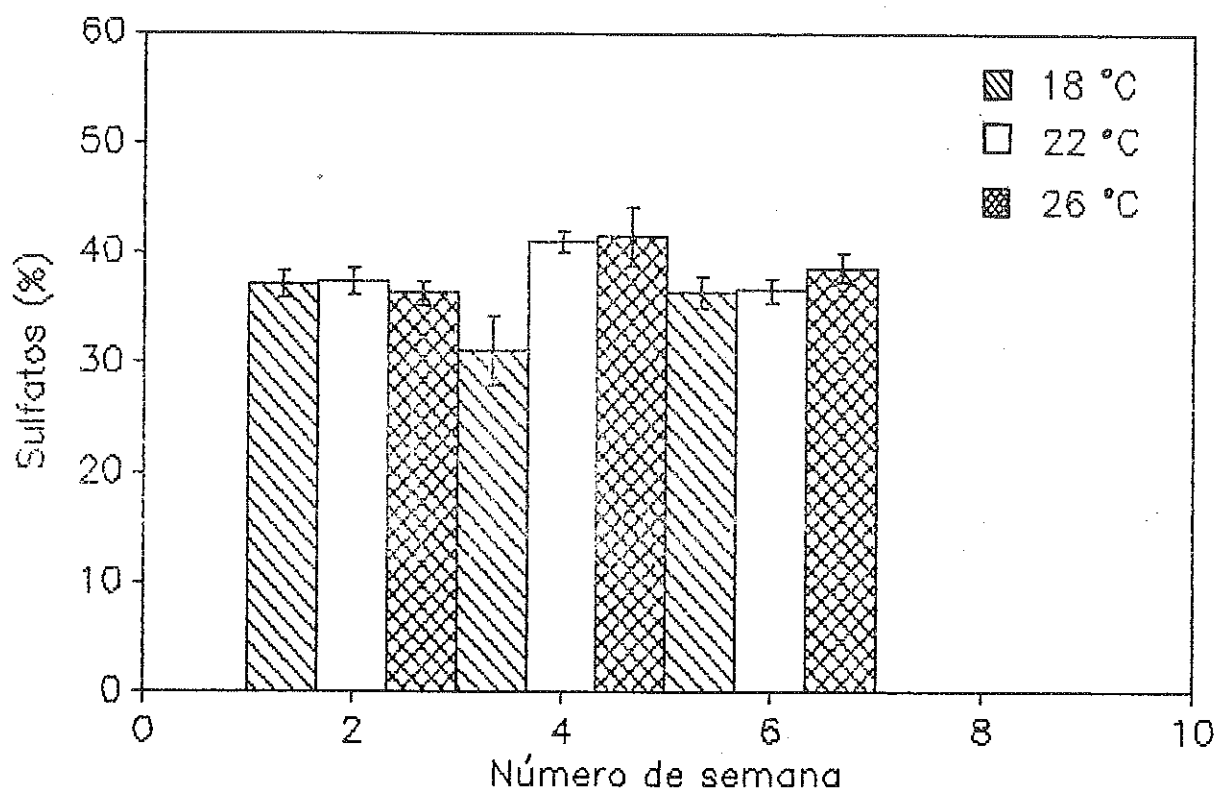


Fig. 7. Porcentaje de sulfatos en el carragenano del tejido joven de *Eucheuma uncinatum* cultivada a 18, 22 y 26 °C.

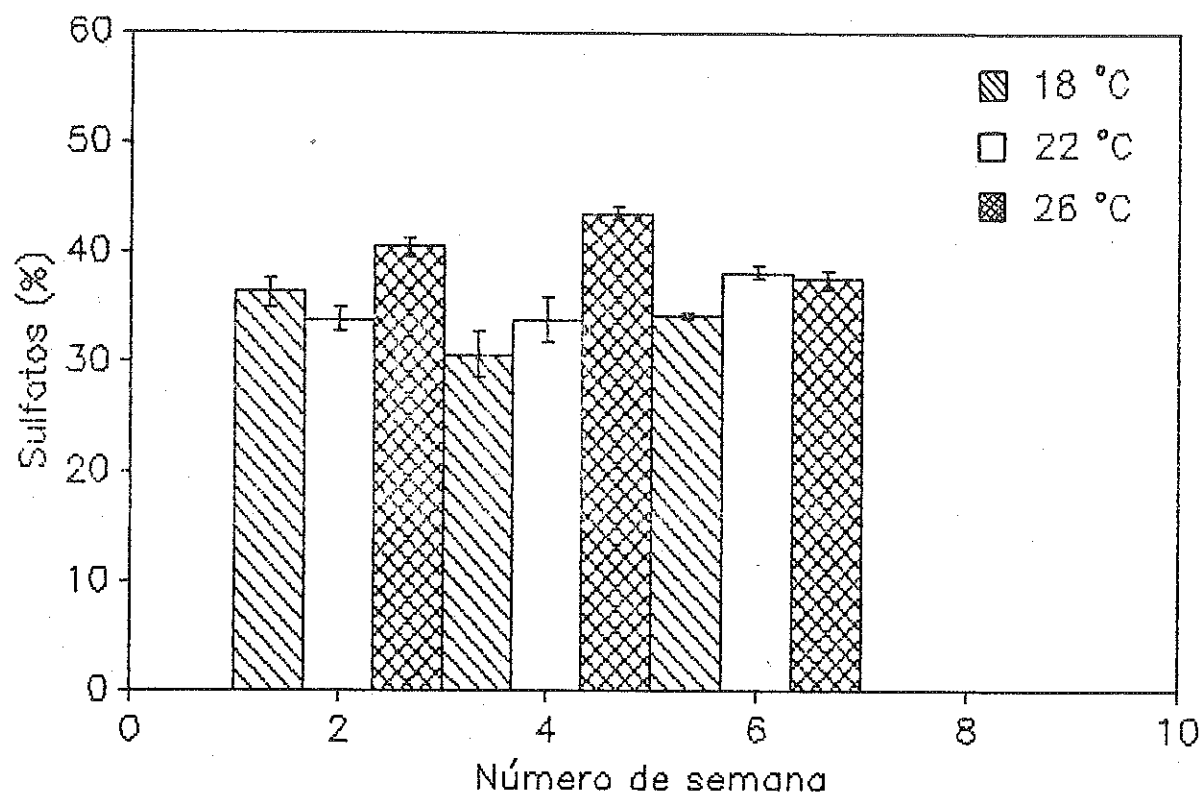


Fig. 8. Porcentaje de Sulfatos en el carragenano del tejido viejo de *Eucheuma uncinatum* cultivada a 18, 22 y 26 °C.

mayores valores se presentaron la cuarta semana de cultivo, tanto para el tejido joven como para el tejido viejo.

En la segunda semana de cultivo se obtuvieron resultados muy similares en el porcentaje de sulfatos a las tres diferentes temperaturas en el tejido joven del alga, sin embargo en el tejido viejo se observaron grandes diferencias debido a que las algas de 22 °C contenían un mayor porcentaje de carbohidratos (Tabla V).

Los cultivos de 22 y 26 °C se mantuvieron con valores similares en cuanto al porcentaje de carbohidratos, durante la cuarta semana de cultivo pero las algas de 18 °C aumentaron su contenido de carbohidratos, mientras que en el tejido viejo se notan diferencias a las tres temperaturas, siendo mayor a 26 °C (Figs. 9 y 10).

El análisis de los carbohidratos contenidos en los carragenanos del alga mostró resultados mayores para el tejido joven que para el tejido viejo del alga con excepción de tres casos (Figs. 9 y 10).

El contenido mayor de carbohidratos se presentó la sexta semana tanto a 18 °C (64.22 % para el tejido joven y 56.77 % para el tejido viejo) como a 22 °C (56.32 % para el tejido joven y 51.01 % para el tejido viejo), tiempo en el

TABLA V . Porcentaje de carbohidratos en el carragenano de Eucheuma uncinatum cultivada a 18, 22 y 26 °C.

Sem.	Temperatura											
	18 °C				22 °C				26 °C			
	TJ	D. E.	TV	D. E.	TJ	D. E.	TV	D. E.	TJ	D. E.	TV	D. E.
2	44.00	(5.63)	42.44	(1.29)	45.09	(1.91)	52.96	(5.29)	45.08	(2.82)	45.22	(0.46)
4	47.71	(0.33)	37.7	(3.69)	41.32	(3.01)	38.87	(1.12)	41.57	(4.05)	43.14	(2.94)
6	64.22	(2.33)	56.77	(0.48)	56.32	(4.58)	51.01	(5.09)	37.42	(1.27)	36.41	(1.78)
—												
X	51.97	(10.76)	45.48	(9.67)	47.57	(7.63)	47.61	(7.63)	41.35	(3.83)	41.59	(4.16)

TJ = Tejido joven

TV = Tejido viejo

X = Promedio

D. E. = Desviacion estandar.

Sem. = Semana

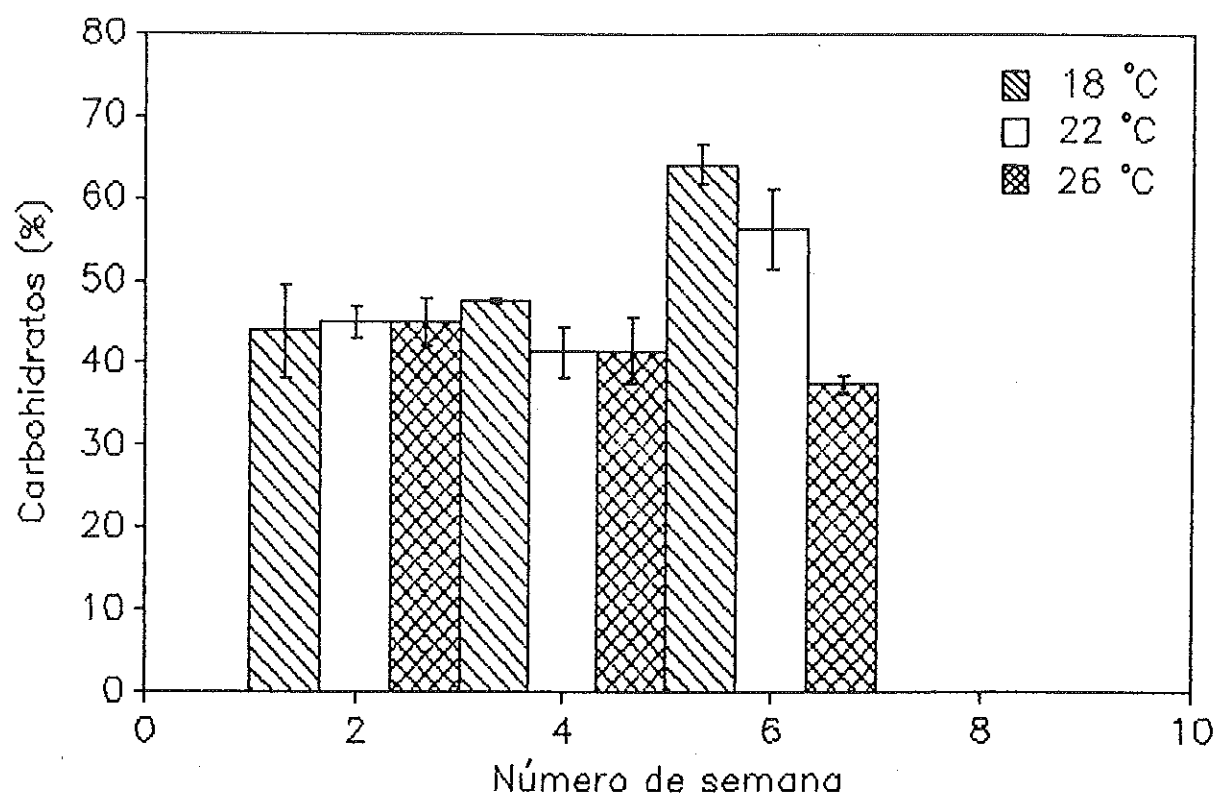


Fig. 9. Porcentaje de carbohidratos en el carragenano del tejido joven de *Eucheuma uncinatum* cultivada a 18, 22 y 26 °C.

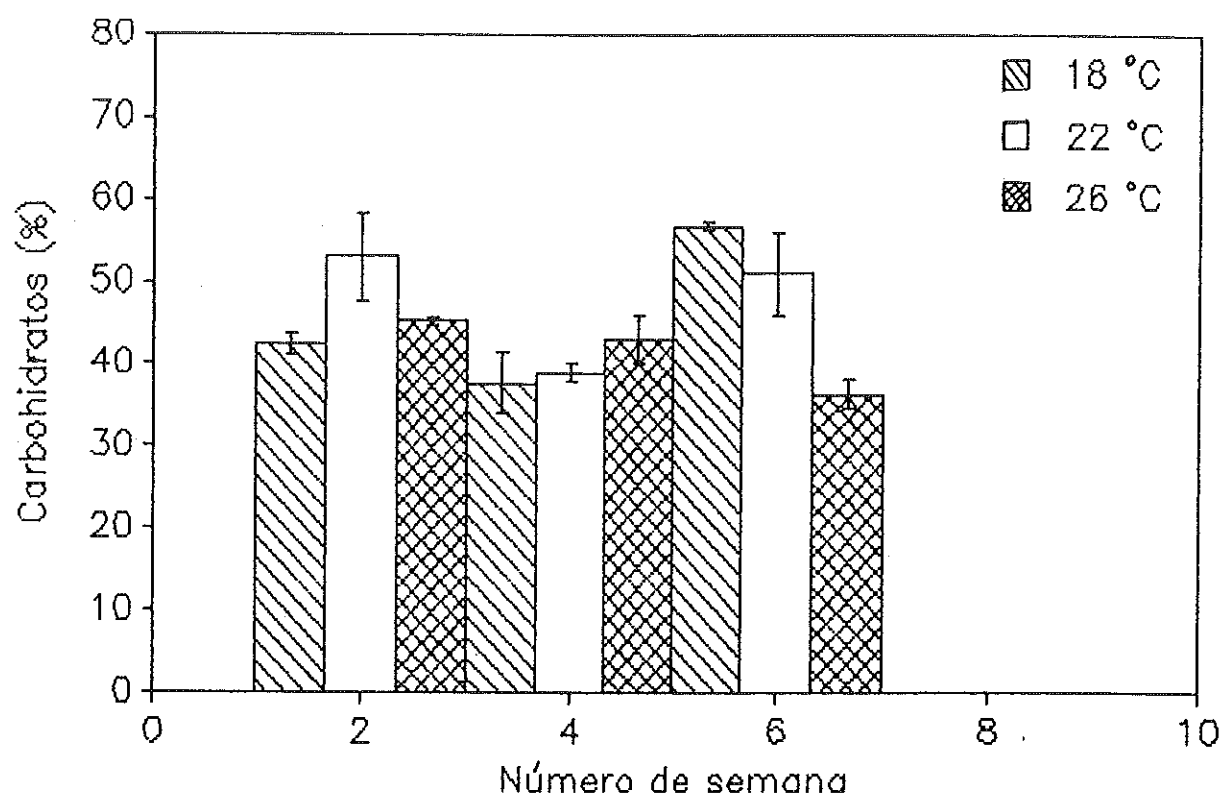


Fig. 10. Porcentaje de carbohidratos en el carragenano del tejido viejo de *Eucheuma uncinatum* cultivada a 18, 22 y 26 °C.

cual se obtuvieron los valores más bajos para la temperatura de 26 °C (37.42 % para el tejido joven y 36.41 para el tejido viejo).

El análisis de varianza mostró diferencias significativas con respecto al tiempo ($F = 7.54$; $F_{2,\infty} = 4.6$ $p \leq 0.01$), con respecto a la temperatura ($F = 32.54$; $F_{2,\infty} = 2.99$ $p \leq 0.01$) y con respecto al tejido ($F = 3.95$; $F_{1,\infty} = 4.6$ $p \leq 0.05$).

DISCUSIONES

Los resultados demuestran que el contenido de carragenano en *E. uncinatum* está influenciado por la temperatura y la edad del tejido en forma similar a la agarofita *Gracilaria Tikvahiae* (única otra especie donde se han realizado experimentos controlados similares) (Craigie y Wen, 1984). También muestran que existe una relación positiva entre el rendimiento de carragenano por tanque y el crecimiento del alga. Estos valores son mayores a la menor temperatura de cultivo (18 °C). Estos resultados son similares a los obtenidos por Bird (1987) en el agar de *Gracilaria sp.* yá que él encontró un mayor contenido de agar cuando la temperatura del medio era menor. Sin embargo la mayoría de estudios de poblaciones naturales de agarofitas y carragenofitas (*Gracilaria*, *Chondrus* y *Gigartina*) muestran que el rendimiento del gel en términos de porciento en peso seco y la producción de biomasa en términos de crecimiento se relacionan en forma inversa. (Neish y Shacklock, 1971; DeBoer, 1979 y González Gómez, 1988).

El caso de *E. uncinatum* resulta singular pues las mejores condiciones de crecimiento dadas a 18 °C coinciden con la producción de un carragenano de más alta calidad (mayor contenido de 3,6-AG) y a esta misma temperatura se obtuvo el mayor porcentaje de rendimiento de carragenano

por tanque a pesar de que la cantidad de 3,6-AG no varía grandemente entre los 18 y 22 °C, sí es significativa ($p < 0.05$). Esto debido probablemente a que se controló la temperatura del agua y la reacción de la planta ante la formación de los carbohidratos sulfatados es diferente a cuando se realizan trabajos a temperatura ambiental como lo reportan trabajos anteriores en los que se encontró una relación inversa entre el contenido de carragenano y su calidad (LaPointe et al., 1984; González Gómez, 1988; Asare, 1980 y Vega Castro y Martínez Rocha, 1989), así como una influencia positiva entre el contenido de 3,6-AG y la temperatura del medio (Dawes et al., 1974, 1977 b).

Al igual que en casos anteriores el porcentaje de 3,6-AG guardó una relación inversa con respecto al porcentaje de sulfatos (Vega Castro y Martínez Rocha, 1989), como era de esperarse, en este trabajo teniendo en cuenta que el iota carragenano contiene dos grupos éster sulfato por cada unidad de galactosa-3,6-AG, las unidades monosacáridas aumentan la formación de 3,6-AG debido a la pérdida de grupos sulfato, de ahí que se presente una relación inversa entre el contenido de 3,6-AG y los sulfatos.

Los resultados muestran que el tejido joven del alga contiene un mayor contenido de 3,6-AG que el tejido viejo. Esta influencia de la edad del tejido sobre el carragenano

del alga es mucho más marcado en el rendimiento de carragenano que en cualquier otro parámetro considerado (3,6-AG, sulfatos y carbohidratos), sin embargo las diferencias en todos los casos son estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Dicho comportamiento en cuanto a que existe una mayor cantidad de 3,6-AG en el tejido joven del alga es general para carragenofitas y agarofitas ya que Craigie et al. (1984) obtuvieron resultados similares en el agar de *G. tikvahiae*, con una mayor proporción de 3,6-AG en el tejido joven de la planta. Esto debido probablemente que en el tejido joven de la planta se están formando las unidades monosacáridas con su respectiva proporción de 3,6-anhidrogalaactosa mientras que en el tejido viejo, dichas unidades pudieran estar rompiéndose.

En algunos estudios de *Eucheuma* se ha demostrado que el contenido de carbohidratos en el carragenano del alga es mayor en muestras que crecen a más alta temperatura (verano) que a las más bajas temperaturas (invierno) (Dawes et al., 1974, 1977 a, 1977 b; Zertuche González, 1989) a diferencia de los obtenidos por Vega Castro y Martínez Rocha (1989) en donde encontraron que *E. uncinatum* contiene una mayor proporción de carbohidratos en el carragenano del alga en muestras cultivadas en invierno que en verano. Las condiciones de este estudio no fueron estacionales como en los casos anteriores, sin embargo se observa una similitud

con respecto al trabajo de Vega Castro y Martínez Rocha (1989) en cuanto a que se obtuvo un mayor porcentaje de carbohidratos cuando la temperatura fué la más baja, este comportamiento varía de especie a especie, y en ambos trabajos se estudió a *E. uncinatum*, por lo que podemos decir que es un comportamiento característico de esta macroalga.

CONCLUSIONES

La temperatura del agua y la edad del tejido tienen un efecto en el rendimiento y la calidad del carragenano. Este efecto se manifiesta en una relación inversa entre la temperatura del agua con la producción de biomasa de *E. uncinatum* e inversa con respecto al rendimiento de carragenano por tanque, el contenido de 3,6-anhidrogalactosa y los carbohidratos totales. Así mismo existe una relación directa entre la temperatura del agua y el contenido de sulfatos en el carragenano del alga.

La edad del tejido influye en que la proporción de carragenano, 3,6-anhidrogalactosa y carbohidratos totales aumentan cuando el tejido del alga es más joven.

BIBLIOGRAFIA

- Adnam, H. and H. Porse. 1987. Culture of *Eucheuma cottoni* and *E. spinosum* in Indonesia. Proc. Intl. Seaweed Symp. 12:355-358.
- Asare, O. S. 1980. Seasonal changes in sulphate and 3,6-anhydrogalactose content of phycocoloids from two red algae. Bot. mar. , 23:595-598.
- Bird, C. J., R. J. Helleur., E. R. Haynes and J. McLachlan. 1987. Analytical pyrolysis as a taxonomic tool in *Gracilaria* (Rhodophyta, Gigartinales). Hydrobiologia. 151/152:207-211.
- Correa Díaz, F. 1987. Variación estacional del rendimiento de carragenano extraído de *E. uncinatum*, Setchell y Gardner (Rhodophyta) de Bahía de los Angeles, B.C. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C. pp. 35.
- Craigie, J. S. y C. Leigh. 1978. Carrageenans and agars. In (J. Hellebust and J. S. Craigie, eds.) Handbook of Phycological and Biochemical Methods, pp. 110-131. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Craigie, J. S., Z. C. Wen and J. P. Van Der Meer. 1984. Interspecific, intraespecific and nutritionally determined variations in the composition of agars from *Gracilaria* spp. Bot. Mar. 27:55-61.
- Craigie, J. S. and Z. C. Wen. 1984. Effects of temperature and tissue age on gel strength and composition of agar from *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyceae). Can. J. Bot. 62:1665-1670.
- Dawes, C. J. 1974. Marine Algae of the West Coast of Florida Univ. Miami Press. 201 pp.
- Dawes, C. J. , J. M. Lawrence, D. P. Cheney. 1974. Ecological studies of floridean *Eucheuma* (Rhodophyta, Gigartinales) III. Seasonal variations of carrageenans, total carbohydrate, protein and lipid. Bull. Mar. Sci. 24:287-299.
- Dawes, C. J., N. F. Stanley and D. J. Stancioff. 1977 a. Seasonal and reproductive aspects of plant chemistry and i- carrageenan from floridian *Eucheuma* (Rhodophyta, Gigartinales) Bot. Mar. 20: 137-147.

- Dawes, C. J., N. F. Stanley and R. E. Moon. 1977 b. Physiological and biochemical studies on the i-carrageenan producing red algae *Eucheuma uncinatum* Setchell and Gardner from the Gulf of California. Bot. Mar. Vol. XX. pp. 437-442.
- DeBoer, J. A. and J. H. Ryther. 1977. Potential yields from a waste recycling algal mariculture system. En: Krauss, R. W. (Eds.) The marine plant biomass of the Pacific Northwest Oregon State Univ. Press. pp. 231-249.
- DeBoer, J. A. 1979. Effect of nitrogen enrichment on growth rate and phycocolloid content in *Gracilaria foliifera* and *Neogardhiella baileyi* (Florideophyceae) Proc. Int. Seaweed Symp. 9:263-271.
- DeBoer, J. A. 1981. Nutrients. En: Lobban, C. S. and M. J. Wynnw (Eds.) The biological of seaweeds. University of California Press. Berkeley. pp. 356-392.
- Doty, M. S. 1973. *Eucheuma* farming for carrageenan. Univ. Hawaii. Sea Grant Report UNIH-SEAGRANT-AR 73-02. pp.21.
- Doty, M. S. 1979. Status of Marine agronomy with special reference to the tropics. Proc. Int. Seaweed Symp. 9:35-58.
- Ekman, P. and M. Pedersén. 1990. The influence of photon irradiance day length, dark treatment, temperature, and growth rate on the agar composition of *Gracilaria sordida* W. Nelson and *Gracilaria verrucosa* (Hudson) papenfuss (Gigartinales, Rhodophyta) Bot. Mar. Vol. 33. pp. 483-495.
- Friedlander, M., R. Shalev, T. Ganor, S. Strimling, A. Ben-Amontz, H. Klar and Y. Wax. 1987. Seasonal fluctuations of growth rate and chemical composition of *Gracilaria conferta* in outdoor cultures. Bot. Mar. Vol. 34, pp. 161-166.
- Friedlander, M., M. D. Krom and A. Ben-Amonz. 1991. The effect of light and ammonium on growth, epiphytes and chemical constituents of *Gracilaria conferta* in outdoor cultures. Bot. Mar. Vol. 34, pp. 161-166.
- Fuller, S. W. and A. C. Mathieson. 1972. Ecological studies of economic red algae. IV. Variations of carrageenans concentration and properties in *Chondrus crispus* Stackhouse. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 10:49-58.

- González Gómez, M. A. 1988. Efecto de los nitratos en el crecimiento y producción de carragenano en *Gigartina canaliculata* Harv. en tanques de cultivo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias marinas, U. A. B. C. Ensenada, B.C. Méx. pp. 35.
- Hanisak, M. D. 1979. Nitrogen limitation of *Codium fragile* sp. tomentosoides as determined by tissue analysis. Mar. Biol. 50:333-337.
- Hoyle, M. D. 1978. Reproductive phenology and growth rates in two species of *Gracilaria* of Hawaii. J. Exp. Mar. Ecol. 35:273-283.
- LaPointe, B. E., C. J. Dawes, and K. R. Tenore. 1984. physiological ecology of *Gracilaria tikvahiae* (Gigartinales, Rhodophyta). Mar. Biol. 80:171-178.
- LaPointe, B. E. 1985. Strategies for pulsed nutrient supply to *Gracilaria* cultures in the Florida Keys: interactions between concentration and frequency of nutrient pulses. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 93:211-222.
- Lawson, C. J., D. A. Rees, D. J. Stancioff and N. F. Stanley. 1973. Carrageenan part III. Repeating structures of galactan sulphates from *Furcellaria fastigiata*, *Gigartina canaliculata*, *Gigartina chamissoi*, *Gigartina atropurpurea*, *Ahnfeltia durvillaei*, *Gymnogongrus furcellatus*, *Eucheuma cottonii*, *Eucheuma spinosum*, *Eucheuma isiforme*, *Eucheuma uncinatum*, *Aghardiella tenera*, *Pchimenia hymantophora* y *Gloipeltis cervicornis*. J. Chem. Soc. 19:2177-2182.
- McCandless, E. L. and J. S. Craigie. 1974. Reevaluation of seasonal factors involved in carrageenan production by *Chondrus crispus*: Carrageenan of Carposporic Plants. Bot. Mar. 17:125-129.
- Neish, A. C. and P. F. Shacklock. 1971. Greenhouse experiments (1971) on the propagation on strain T₄ of Irish Moss. National Research Council of Canada, Atlantic Regional Lab. Tech. Rep. No. 12. 35 pp.
- Norris, J. N. 1975. The Marine algae of the Northern Gulf of California UnPubl. PhD. dissertation. Univ. Calif. Santa Barbara. XX. 575 pp.
- Penniman, C. A. 1984. Ecology of *Gracilaria tikvahiae* McLachlan (Gigartinales, Rhodophyta) in the Great Bay

- Stuary New Hampshire. Tesis PhD. University of Marine at orono. 181 pp.
- Penniman, C. J. and A. C. Mathieson. 1987. Variation in Chemical composition of *Gracilaria tikvahiae* McLachlan (Gigartinales, Rhodophyta) in The Great Bay Stuary, New Hampshire. Bot. Mar., 30:525-534.
- Percival, E. and R. H. McDowell. 1967. "Chemistry and Enzymology of marine Algal Polysaccharides". Academic. Press. London. New York. 219 pp.
- Pernas, A. J., O. Smidsrod., B. Larsen and A. Haug. 1967. Chemical Heterogeneity of carrageenan as show by fractional recipitation with potassium chloride. Acta. Chem. Scans. 21:98-120.
- Ryther, J. H., N. Corwin., T. A. DeBust and L. D. Williams. 1981. Nitrogen uptake and Storage by The Red Algae *Gracilaria tikvahiae* (McLachlan, 1979). Aquaculture 26, 107-115.
- Silverthorne, W. and P. E. Sorensen. 1971. Marine Algae as economic resource. Mar. Tech. Soc. Ann. Meeting (7Th). pp. 523-533.
- Stancioff, D. J. and N. F. Stanley. 1969. Infrared and Chemical studies on algal polysaccharides. Prot. Intl. Seaweed Symp. 6:595-609.
- Taylor, W. R. 1960. Marine algae of the eastern tropical and subtropical Coasts of The Americas. University of Michigan Press. Ann. Arbor. 870 pp.
- Vega Castro, I. E. e I. A. Martínez Rocha. 1989. Cuantificación y caracterización de los carragenanos de *Eucheuma uncinatum* Setchell y Gardner (Rhodophyta, Gigartinales) cultivada en tanques bajo diferentes condiciones de luz y nutrientes. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C. México. pp.61.
- Zertuche González, J. A., S. García Esquivel y B. H. Brinkhuis. 1987. Cultivos en tanques exteriores del alga roja *Eucheuma uncinatum* del Golfo de California. Ciencias Marinas. 13 (2):1-18.
- Zertuche González, J. A., B. H. Brinkhuis and I. Soria Mercado. 1989. Carrageenan from field samples and tank cultures of *Eucheuma uncinatum* Setch. & Gardn. (Dawson) (Rhodophyceae, Solieriaceae) from the Gulf of California. (Aceptado en Bot. Mar.).