



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

CONTROL DE EPIFITAS EN CULTIVOS EXTERIORES DE MACROALGAS



TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
OCEANOLOGO
PRESENTA

GERALDINA ESCOBAR ROMERO

Ensenada, B.C., Diciembre de 1989

CONTROL DE EPIFITAS EN CULTIVOS EXTERIORES DE MACROALGAS

T E S I S

QUE PRESENTA:

GERALDINA ESCOBAR ROMERO

Aprobada por:


Presidente del Jurado

Oc. Isai Pacheco Ruiz


Sinodal Propietario
Dr. José A. Zertuche González


Sinodal Propietario
Oc. Luis E. Aguilar Rosas


Sinodal Suplente
Oc. Mauricio Bustos Barrera


Sinodal Suplente
Oc. Marco A. González Gómez

RESUMEN

Se utilizaron distintas concentraciones de hidróxido de calcio (10, 15 y 20 g/l) para la reducción de epifitas en cultivos exteriores de Gelidium robustum, con diferentes tiempos de tratamiento (30, 60 y 90 segundos) y tres frecuencias (diario, cada tres días y cada siete días).

El tratamiento diario y de cada tres días presentó la mayor reducción de epifitas, pero el crecimiento de las plantas de G. robustum se vió muy afectado.

Las condiciones bajo las cuales se obtuvieron las mayores reducciones de epifitas sin afectar significativamente el crecimiento de las plantas de G. robustum, fueron aplicando las concentraciones de 10 y 20 g/l con tiempos de 30 y 60 segundos respectivamente y una frecuencia de tratamiento de cada siete días.

DEDICATORIA

A Dios:

por todo.

A mi mamá Emma:

por el cariño y apoyo brindado en todo momento
y quien colaboró en cierta manera en este
trabajo.

A mi papá Alfonso:

por todo el cariño, apoyo y esfuerzo y quien
quiero mucho.

A mi hermano Alfonso:

por su amistad, cariño y quien colaboró en
la realización de la parte experimental de
este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por todo su apoyo.

Al Oc. Isai Pacheco por sus consejos y paciencia durante la realización de este trabajo.

Al Dr. José Zertuche, Oc. Mauricio Bustos, Oc. Marco González y Oc. Luis Aguilar por los consejos y tiempo dedicado a las revisiones.

Al M.C. Eduardo Santamaría por su asesoría en estadística.

A Ponchoooo por su asesoría en química.

Al Departamento de Oc. Física del Instituto de Investigaciones Oceanológicas por haberme permitido hacer uso del centro de cómputo.

A todos los compañeros con quienes he pasado momentos muy agradables e inolvidables.

A mis amigos: Laura, Ana Claudia, Rodolfo, Pablo, Rogelio, Gustavo, Victor y Antonio por su amistad incondicional.

A los salvavidas, por su cariño, amistad y con quienes aprendí y disfruté muchos momentos.

A las Familias Laveaga Fabela y Avila Soltero, por el
cariño brindado.

A J.E.C.H.O., una persona especial por su cariño, amistad y
compañía a lo largo de la carrera.

A todas aquellas personal que intervinieron directa o
indirectamente en la realización de este trabajo.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.- Diagrama de la estanqueria al aire
libre utilizada para el experimento de
control de epifitas.....6
- FIGURA 2.- Crecimientos promedio de epifitas y
plantas de G. robustum al final de
los tratamientos.....11

LISTA DE TABLAS

TABLA I.- Resultados del ANOVA realizado con los porcentajes de crecimiento de <i>G. robustum</i>	13
---	----

INTRODUCCION

Cuando se realizan investigaciones sobre cultivos de macroalgas en tanques, siempre se menciona el problema de plantas que viven o colonizan la superficie de la planta cultivada conocidas como epífitas, sin embargo, son escasos los trabajos de investigación que se dedican a resolver éste posiblemente de una manera directa, lo que nos muestra que el tema necesita más estudios.

El tópico que en los cultivos de macroalgas actúa como factor limitante de estos, es el control de epífitas (Polne *et al.*, 1980), tales como diatomeas y algas filamentosas oportunistas (Breden y Bird, 1988). Estas se establecen cubriendo el talo, compitiendo de ésta manera por luz y nutrimentos afectando el crecimiento de la planta (Lindsay y Saunders, 1980).

Se ha intentado detener el problema en los cultivos controlando las epífitas por métodos mecánicos, biológicos y químicos.

La limpieza manual de epífitas (Trainor, 1978), se realiza con un cepillo de nylon suaves (Correa y Santelices, 1985); ha sido un método efectivo únicamente en bajas densidades algales (Bidwell *et al.*, 1985).

Polne *et al.*, (1980), utilizó ultrasonido para la remoción de epífitas (algas rojas y cafés), en *G. robustum*.

Eucheuma uncinatum y Macrocystis pyrifera, el cual ayudo a mantener limpias las plantas, pero con la desventaja de ser insuficiente para limpiar los macrocultivos.

Un control biológico tal como organismos herbívoros pueden ser capaces de reducir el crecimiento de epífitas, aunque existe el riesgo de que los agentes de control pastoreen la cosecha de interés o inhiban el crecimiento, (Breden y Bird, 1988).

Otra técnica para el control de epífitas, es observar las reacciones de las algas y epífitas cultivadas a diferentes niveles de fertilización. En cultivos de Chondrus crispus, se controló el crecimiento de Ectocarpus sp. manejando niveles altos de fertilizante, mientras que el crecimiento de Ulva sp. se redujó bajando los niveles de fertilizante (Bidwell et al., 1985).

Según Neish (1976), las formas de control químico han dado buenos resultados y pueden ser utilizadas, pero tales medidas deben ser usadas con mucha precaución. Bidwell et al., (1985), controló efectivamente las epífitas en cultivos de Chondrus crispus sin pérdida de producción. Lin y Lin (1981), utilizó sulfato de cobre para controlar a Chaetomorpha sp. en cultivos de Gracilaria sp. Chen et al., (1981), inhibieron el crecimiento de Enteromorpha intestinalis con sulfato de cobre. Hansen (1980), menciona

el uso de hipoclorito de sodio al 0.1% . Bird (1976), aplica formaldehído al 0.001% a plantas de Gelidium nudifrons. Otros compuestos usados en control de alga son permanganato de potasio, compuestos de mercurio, sulfato de amonio y otros más (Trainor, 1978).

Para eliminar las algas de agua dulce de estanques, se han utilizado algicidas como: el sulfato de cobre, el cual es eficaz y barato; la cal viva u óxido de calcio, que controla las algas filamentosas; el arsénico de sodio, que provee un control excelente en varias especies de algas ramificadas y monofilamentosas (Huet, 1983). En particular el óxido de calcio ha sido un algicida eficaz y muy usado en piscicultura, el cual se aplica directamente sobre la superficie del agua, cubriendo de esta manera las algas (Huet, 1983).

Tomando en cuenta que el óxido de calcio es barato, eficaz, diluible en agua de mar (formandose hidróxido de calcio), de fácil adquisición y sin influencia negativa al agua, en este estudio la hipótesis es que el hidróxido de calcio tiene efecto en la reducción del crecimiento de epífitas en cultivos macroalgas.

OBJETIVOS

1.- Controlar las epifitas en cultivos de Gelium robustum, utilizando al hidróxido de calcio como un algicida, en tanques con condiciones semicontroladas.

2.- Determinar la concentración , tiempo y frecuencia de tratamiento óptimo para controlar el epifitismo en cultivos de G. robustum.

3.- Cuantificar el efecto del hidróxido de calcio en el crecimiento de G. robustum

MATERIALES Y METODOS

Ejemplares de G. robustum fueron colectados en la Bahía de Todos Santos, B.C. y transportados a las instalaciones de cultivo del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O), donde fueron limpiados de epífitas manualmente.

Las instalaciones consistieron de un sistema abierto de tanques de cultivo abastecidos con agua de mar y aire en forma continua. Los tanques descansaron sobre bases de concreto alineados a las tuberías de aire y agua de mar que los abastecieron. El aire se introdujo desde el fondo del tanque a través de un tubo de cloruro de polivinilo (PVC) de media pulgada con pequeñas perforaciones (aireador) figura 1 (Zertuche *et al.*, 1987). La aireación en los tanques permitió tener los cultivos en constante movimiento. El aire se obtuvo con un compresor CONDE.

Cada uno de los tanques recibió aproximadamente ocho volúmenes de agua de mar por día, proveniente de la playa adyacente al I.I.O.

De las plantas de G. robustum colectadas, se tomaron 280 ápices de 7 cm de longitud aproximadamente, los cuales se pesaron y marcaron previamente.

Los cultivos se realizaron en cuatro tanques, en los tres primeros se aplicaron nueve tratamientos en cada uno y el cuarto funcionó como control.

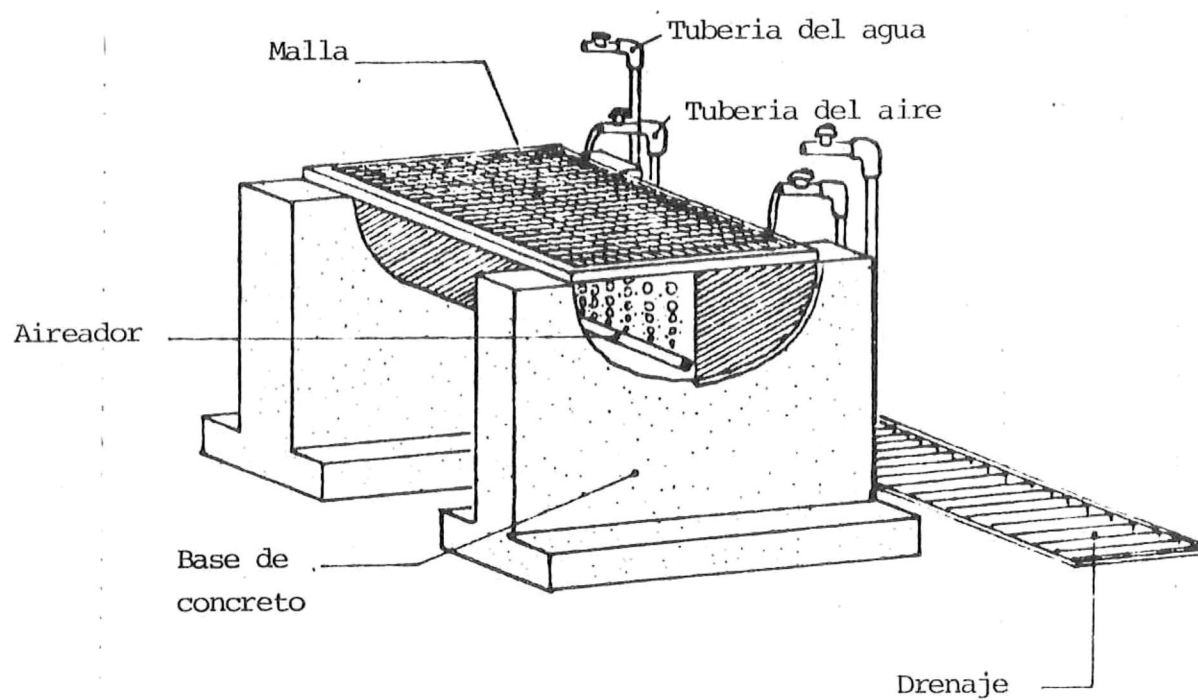


Figura 1.- Diagrama de la estanqueria al aire libre utilizada para el experimento de control de epífitas.

La condición del cultivo consistió de un diseño factorial sin réplica de 3 concentraciones por 3 tiempos (segundos) con 10 plantas por tratamiento para probar diferencias en el control de epifitas en cada tanque tratado con hidróxido de calcio.

Las concentraciones de hidróxido de calcio a probar fueron 10, 15 y 20 g/l en agua de mar, aplicadas durante 30, 60 y 90 segundos. La frecuencia de aplicación de los tratamientos fué a diario, cada tercer día y cada siete días.

El tratamiento a las plantas se dió en grupos de 10, en recipientes de 300 ml, los cuales contenían las diferentes concentraciones de hidróxido de calcio. Una vez tratadas las plantas, se enjuagaron con agua de mar a presión y se colocaron de nuevo en los tanques de cultivo. Cada tratamiento se realizó en solución nueva de hidróxido de calcio.

Las plantas se fertilizaron con 150 $\mu\text{m}/\text{l}$ de NaNO_3 y 15 $\mu\text{m}/\text{l}$ de Na_2HPO_4 cada tercer día siguiendo la metodología de (Rodriguez-Carrillo, 1987), quien menciona que estas concentraciones son las óptimas para el crecimiento de G. robustum. Durante las fertilizaciones, se cortó el abastecimiento de agua por las mañanas dejando las plantas de G. robustum con movimiento, se agregaron los nutrimentos

y después de dos horas se restableció el flujo de agua. La irradiación fué regulada utilizando mallas de plástico de mosquitero sobre los tanques, estos recibieron un 33 % de la luz ambiental incidente (fig. 1). La intensidad de luz media para el verano de 1989 fué de $1600 \text{ uE/m}^2/\text{seg}$ a las 10:00 a.m.

La limpieza en los tanques de cultivo se realizó semanalmente.

El experimento tuvo una duración de cuatro semanas. Al final de este las plantas fueron pesadas, posteriormente se limpiaron de epifitas y se pesaron nuevamente, conociendo de esta manera la cantidad de epifitas por planta.

El crecimiento de G. robustum se calculó por incremento de peso en porciento por día, utilizando la siguiente expresión:

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

donde G = porcentaje en incremento de peso húmedo por día,

t = tiempo,

W_o = peso inicial,

W_t = peso después de t días, (Hoyle, 1978).

Todos los porcentajes de crecimiento en peso diario obtenidos en los experimentos fueron tratados mediante la prueba de bondad de ajuste para la distribución normal de Kolmogorov-Smirnov (Sokal y Rohlf, 1981).

Los crecimientos se probaron mediante un Análisis de Varianza Multifactorial No Paramétrico (Zar, 1984), para observar si hubo diferencias independientes o dependientes a las distintas concentraciones, tiempos y frecuencias de tratamiento.

Se utilizó un nivel de confianza de 95% , todas las pruebas se calcularon mediante el paquete estadístico BIOMETRY (Sokal y Rohlf, 1981), en una microcomputadora Samsung.

RESULTADOS

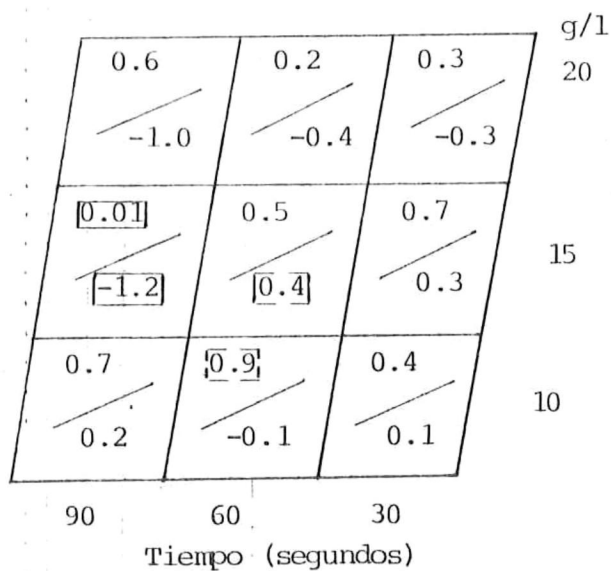
El hidróxido de calcio redujó el crecimiento de epífitas, pero afectó el crecimiento de las plantas de G. robustum. En este estudio las epífitas fueron Enteromorpha sp., Ulva sp. y esporádicamente apareció Ectocarpus sp.

Conforme más esporádicos fueron los tratamientos, las epífitas y porcentajes de crecimiento de G. robustum aumentaron.

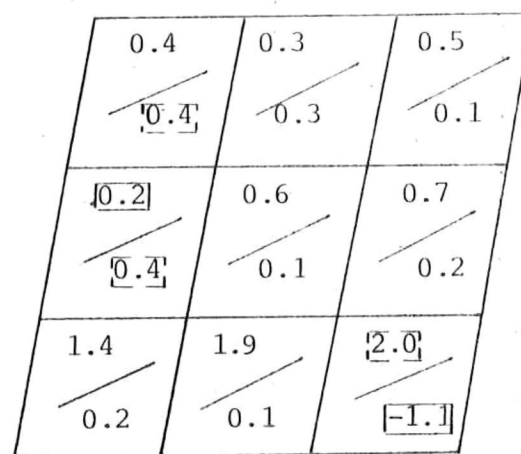
Los crecimientos más bajos de epífitas se observaron en el tratamiento diario, presentandose también los crecimientos más bajos de G. robustum (fig. 2a). Estas condiciones se obtuvieron aplicando la concentración de 15 g/l con un tiempo de tratamiento de 90 segundos.

El tratamiento de cada tres días mostró un comportamiento similar al de diario, ya que hubo crecimientos bajos de epífitas y plantas de G. robustum, aplicando las concentraciones de 15 y 20 g/l con un tiempo de tratamiento de 90 segundos (fig. 2b).

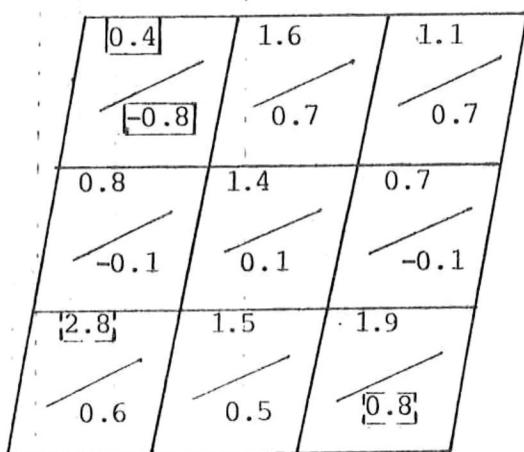
Los mayores crecimientos de epífitas y plantas se observaron en el tratamiento de cada siete días, en el cual los crecimientos más altos de G. robustum (0.7 y 0.8% /día peso húmedo), presentaron una reducción de epífitas del 47% y 56% respectivamente. Estas condiciones se obtuvieron aplicando una concentración de 20 g/l con un tiempo de tratamiento de 60 y 30 segundos.



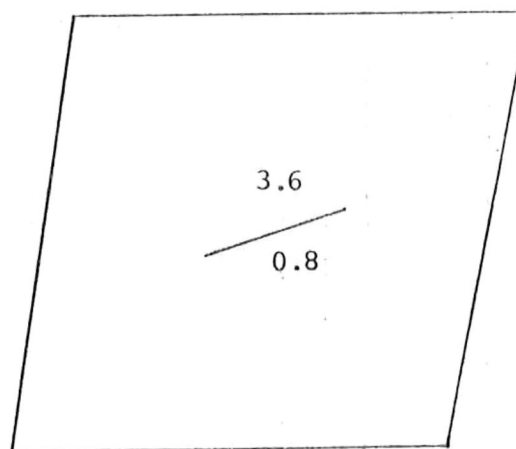
a) Tratamiento diario



b) Tratamiento cada tres días



c) Tratamiento cada siete días



d) Sin tratamiento (control)

□ Crecimientos máximos

□ Crecimientos mínimos

Figura 2.- Crecimientos promedio de epífitas (número superior) y plantas de G. robustum (número inferior), al final de los tratamientos.

El crecimiento máximo de epífitas (3.6 g), se encontró en el control (fig. 2d) y en el tratamiento de cada siete días con un máximo de 2.8 g (fig. 2c).

El crecimiento más bajo de epífitas (0.1 g), coincidió con el porcentaje de crecimiento más bajo de *G. robustum* (-1.2 g), ambos valores correspondieron al tratamiento diario (fig. 2a).

Los máximos porcentajes de crecimiento de *G. robustum* se encontraron en el control (0.8% /día peso húmedo), y en el tratamiento de cada siete días (0.7 y 0.8% /día peso húmedo) fig. 2d, 2c.

Estadísticamente los crecimientos de *G. robustum* fueron diferentes aplicando las distintas concentraciones y frecuencias de tratamiento; pero fueron iguales con los tiempos de tratamiento. Tanto las concentraciones, los tiempos y frecuencias de tratamiento fueron independientes (Tabla I).

DISCUSIONES

Respecto a las epífitas, Ogata & Takada (1955), observaron que *Ulva sp.* es impermeable a iones de calcio, por lo que se supone que el calcio no tuvo efecto alguno en las epífitas. Las algas que viven en la zona submareal, no están expuestas a cambios drásticos de sus parámetros

TABLA I. ANOVA realizado con los porcentajes de crecimiento de los tratamientos.

Fuente	Hcalculada	Hcrítica	Significancia
A	23.41	16.91	*
B	1.82	15.5	NS
C	17.20	7.81	*
AxB	0.07	92.80	NS
AxC	0.13	40.11	NS
BxC	1.93	36.41	NS
AxBxC	0.08	251.28	NS

A Concentración

B Tiempo de tratamiento

C Frecuencia de tratamiento

* Significativo

NS No significativo

p = 0.05

(Kremer, 1981), por lo que se supone que al tratar las plantas de *G. robustum* con una solución alcalina (pH = 11.5), como el hidróxido de calcio, el pH afectó su crecimiento (fig. 2).

Durante los experimentos se observó una ligera decoloración de las epífitas, sobre todo en los tratamientos diario y cada tres días. Stewart (1974), menciona que las variaciones de pH pueden provocar cambios en la pigmentación, por lo que se supone que los cambios drásticos de pH en las epífitas y plantas se reflejó en la disminución de su tasa de crecimiento, sobre todo las que se trataron con mayor frecuencia (fig. 2a, 2b).

De los tratamientos aplicados, el de cada siete días mostró los mayores crecimientos de epífitas y plantas de *G. robustum*, debido a que las dosis de hidróxido de calcio fueron más cortas. Lo importante de este tratamiento fué la reducción de epífitas sin afectar tan drásticamente el crecimiento de las plantas; a pesar del alto crecimiento de epífitas en este tratamiento, los crecimientos más altos obtenidos presentaron reducciones hasta un 50 por ciento (fig. 2c).

Se observó, que conforme la frecuencia de tratamiento fué menor, los porcentajes de crecimiento de *G. robustum* aumentaron, por lo tanto era de esperarse que en el

tratamiento de cada siete días todos los crecimientos fueron altos, pero algunos fueron negativos, ya que hubo pérdida de biomasa en algunas plantas debido a que el tejido más viejo ya estaba epifitado, lo que provocó que este material se desprendiera de las plantas. Estas pérdidas afectaron los porcentajes de crecimiento.

Rodriguez-Carrillo (1987), reportó crecimientos en peso de 2.1% diario para plantas de G. robustum cultivadas en tanques. Estos crecimientos son altos comparándolos con los obtenidos en el control (0.8% diario), esta disminución se debió posiblemente a que las plantas de G. robustum estaban completamente cubiertas por epifitas, las cuales provocaron reducción en su crecimiento (fig. 2d).

Las pruebas estadísticas demostraron que los crecimientos de G. robustum fueron diferentes aplicando las distintas concentraciones y frecuencias de tratamiento, por lo que estos influyeron en los resultados obtenidos. Los tiempos de tratamiento fueron iguales; al parecer el intervalo entre éstos fué muy corto, siendo recomendable que en experimentos posteriores se incremente el tiempo. Las concentraciones, tiempo y frecuencias de tratamiento fueron independientes, por lo tanto no actuaron conjuntamente.

En este estudio, el hidróxido de calcio disminuyó el crecimiento de epífitas y plantas al tratarse con una frecuencia muy corta, por lo que es recomendable aplicarlo con frecuencias largas, como fué el caso del tratamiento de cada siete días utilizando concentraciones de 15 y 20 g/l y un tiempo de tratamiento de 30 segundos (Fig. 2c).

Gelfand (1946), Mackenthun (1962) y Braginsky (1965), mencionan que un algicida ideal debe ser: selectivo del alga problema, no tóxico, inofensivo, sin influencia negativa en la calidad del agua, no acumulativo, de fácil incorporación a los ciclos naturales, no corrosivo e inofensivo al equipo, efectivo bajo cualquier condición, de fácil aplicación, económico, disponible para uso continuo y de fácil manejo de las concentraciones.

Es difícil encontrar un algicida con todas estas cualidades, el hidróxido de calcio presentó un 70% de los requisitos mencionados anteriormente, ya que demostró ser efectivo bajo cualquier condición, de fácil aplicación, económico, disponible para uso continuo y de fácil manejo de las concentraciones. Si aunamos a este tipo de control la limpieza manual con un cepillo, posiblemente se puedan obtener reducciones mayores de epífitas.

Al considerar los efectos causados por el hidróxido de calcio y tomando en cuenta la amplia utilización de los

compuestos químicos, como sulfato de cobre (Lin y Lin 1981; Chen et al., 1981), formaldehído (Bird, 1976), etc., se supone que estos pueden causar efectos a posteriori, ya que la mayoría de los compuestos químicos son tóxicos para las algas a cultivar.

De los métodos citados para control de epífitas, se supone que el recomendable es el control biológico (Breden y Bird, 1988), ya que ofrece reducciones de epífitas sin afectar al alga. Otros métodos ofrecen controlar las epífitas pero llegan a afectar al alga de interés, por lo que es necesario seguir investigando acerca del uso de compuestos químicos que ofrezcan mejores resultados y logren presentar las características requeridas para ser un algicida ideal.

En cuanto a métodos como la remoción mecánica y otros más, a parte de ser tediosos como el cepillado (Correa y Santelices), no ofrecen una mayor capacidad de control, es decir, se pueden controlar las epífitas pero en muy pequeñas cantidades como es el caso del ultrasonido (Polne et al., 1980).

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, el control de epífitas debe seguir siendo tratado, hasta llegar a encontrar un algicida 100% eficaz, sin afectar al alga.

CONCLUSIONES

- El hidróxido de calcio redujó las epifitas.
- Las condiciones óptimas de reducción de epifitas fueron utilizando 15 y 20 g/l y aplicando los tiempos de tratamiento de 30 y 60 segundos y una frecuencia de cada siete días.
- El hidróxido de calcio provocó una disminución en el crecimiento de G. robustum, aplicando las frecuencias de tratamientos más cortas.

LITERATURA CITADA

- Bidwell, R.G, J. McLachlan, and D.H. Lloyd. 1985. Tank cultivation of Irish Moss, Chondrus crispus Stackh. Botanica Marina. Vol. 28:93-97.
- Bird, K. T. 1976. Simultaneous assimilation of ammonium and nitrate by Gelidium nudifrons (Gelidiales: Rhodophyta). Journal Phycology. Vol. 12 : 338 - 341.
- Braginsky, L.P. 1965. En: Algae, man and the environment. Jackson, F. D. 1967. Syracuse University Press. 441 - 458 pp.
- Breden, C. y K.T. Bird. 1988. Use of Poecilia latipinna (Sailfin Molly) for control of nuisance algae in Gracilaria verrucosa strain G-16 (Seaweed) culture. J. World Aqua. Soc. 19(3):161-162
- Chen, C.S, H. Alvarez, y C.S. Tsai. 1981. Effects of a copper-algicide, cutrine-plus, on Enteromorpha intestinalis (L.). J. Fish. Soc. Taiwan. 8(2):89-97.

- Correa, J.A. y B. Santelices. 1985. Effects of some environmental factors on growth of sporelings in two species of Gelidium (Rhodophyta). *Aquaculture*, 44: 221-227.
- Gelfand, M. 1946. En : *Algae, man and environment*. Jackson F.D. 1967. Syracuse University Press. 441-458 pp.
- Hansen, J. E. 1980. Physiological considerations in the mariculture of red algae. *Pac. Seaweed Aqua.* 179-198.
- Hoyle, M.D. 1978. Reproductive phenology and growth rates in two species of Gracilaria from Hawaii. *J. Mar. Biol. Ecol.* 35:273-283.
- Huet, M. 1983. *Tratado de piscicultura*. Mundi-Prensa. 3o. Ed. 503 pp.
- Kremer, P.B. 1981. En: *The biology of seaweeds*. Lobban, S.C. y J. M. Wynne. 1981. *Botanical Monographs*. Vol. 17. University of California Press. 519 pp.

Lin, M.N. y K. Y. Lin. 1981. The toxicity of radapon (sodium dichlorpionatae) and cupric sulfate to Gracilaria, Chaetomorpha, and some fishes. China Fish. Mon. 343:3-9.

Lindsay, J.G. y R.G. Saunders. 1980. Enclosed floating culture of marine plants. Pac. Seaweed Aqua. 95-155 pp.

Mackenthun, K.M. 1962. En : Algae, man and the environment. Jackson, F. D. 1967. Syracuse University Press. 441-458 pp.

Neish, C.I. 1976. Developments in the culture of algae and seaweed and the future of the industry. Advances in Aquaculture. FAO. 395-402.

Ogata y Takada, 1955. En: Physiology and biochemistry of algae. Eppley, W.R. 1962. Academic Press, INC. 506 pp.

Polne M, A. Gibor y M. Neushul. 1980. The use of ultrasound for the removal of macro-algal epiphytes. Marine Science Institute and Biology Departement. University of California, Santa Barbara, California 93106, U.S.A. Botánica Marina. 23(2):731-734

Rodriguez-Carrillo, M.I. 1987. Efecto de la concentración Fuente de Nitrógeno en el Crecimiento de Gelidium robustum (Gardn.) Hollenb. & Abb. (Rhodophyta, Gelidiales) en Cultivo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autonoma de Baja California. Ensenada, B.C. Mex.

Sokal, R. y F. J. Rohlf. 1981. Biometry. 2nd. Edn. W.H. Frelman & Co. 859 pp.

Stewart, P.D.W. 1974. Algal Physiology and biochemistry. botanical monographs Vol. 10. University of California Press. 714-740 pp.

Trainor, F.R. 1978. Introductory Phycology. John Wiley & Sons. 410-418 pp.

Zar, J.H. 1984. Biostatistical Analysis. 2d. Ed. Prentice Hall. 718 pp.

Zertuche, G.J, E.Z. Garcia y H.B. Brinkhuis. 1987.
Cultivo en tanques exteriores del Alga Roja
Euchema uncinatum del Golfo de California.
Ciencias Marinas. 13(2):1-18.