

00344

5



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS  
E INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Cultivo Experimental de *Gracilaria* sp.  
(Gracilariales: Rhodophyta) en Estanques

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
(BIOLOGIA DE SISTEMAS Y RECURSOS ACUATICOS)

PRESENTA

BIOL. ALEJANDRO MORALES GARCIA



MEXICO, D.F. 2003



A



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIA

A mi madre que donde quiera que se encuentre reciba este trabajo como  
un  
presente de amor.

A María del Pilar Narváez Pérez quien con su apoyo hizo posible este  
logro.

A mis hijos Aída y Octavio por el tiempo que los dejé solos.

A mis hermanos con amor a Nohemí, Rosa, Flora, Lorenzo, Othón, Samuel  
y  
Silvia.

A la vida por todas las cosas hermosas que me ha dado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## AGRADECIMIENTOS

Al culminar un trabajo, durante el proceso se obtiene ayuda de muchas personas, apoyo y consejos de todo tipo.

Quiero dedicar estas líneas a Carlos Hernández Heredia que es un hombre de mar quien me ha acompañado cuidándome en muchas horas de buceo, además de haberme ayudado hacer mis trabajos de investigación tanto en el mar como en el trabajo del laboratorio.

Al Ingeniero Fernando Zamorano por haberme facilitado espacio y equipo para llevar a cabo los trabajos de laboratorio.

A la Doctora Dení Rodríguez Vargas por dirigir este trabajo, por la paciencia, el apoyo, la comprensión, el tiempo y confianza que depositó en mí.

Al Maestro en Ciencias Kurt Martín Dreckmann Estay, por su apoyo en la identificación en la especie del género *Gracilaria*.

Al Doctor Santiago Bernabé Santelices por su tiempo y sus recomendaciones para finalizar este trabajo.

A mis revisores: Dra. Ligia Collado Vides, Dr. Daniel Robledo Ramírez, Dra. Hilda León Tejeda, Dr. Jorge González González, Dr. Francisco F. Pedroche, Dra. Brigitta Van Tussenbroek.

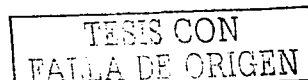
A los chicos que me ayudaron desinteresadamente sólo con el fin de aprender, Lázaro, Manuel, Ricardo, Araceli, y a los chicos de alimentos Abraham y Laura.

A Pedro Gutiérrez Por su apoyo incondicional en las consultas bibliográficas

A COSNET por el apoyo económico a través del proyecto y beca otorgados para la realización del presente trabajo.

A Jesús y a Juanita por su ayuda invaluable

A todas las personas que de una o de otra forma me ayudaron y apoyaron en la ejecución del trabajo.



# CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES.....	6
Las Algas comerciales en México.....	6
Antecedentes sobre cultivos algales experimentales en otras partes del mundo.....	8
Nutrientes.....	10
Temperatura, Luz y flujo de agua.....	11
Captación de CO <sub>2</sub> .....	11
Salinidad.....	11
Aireación.....	12
Densidad del inóculo y técnicas del inóculo.....	12
Control de los epifitos.....	13
Calidad de agares.....	14
Disponibilidad de materia prima.....	15
JUSTIFICACIÓN.....	16
OBJETIVO GENERAL.....	17
OBJETIVOS PARTICULARES.....	17
ÁREA DE ESTUDIO.....	18
MÉTODOS.....	19
Etapa I: Selección de especies a cultivar y del área de suministro de plantas para el cultivo.....	19
A). Prospección del recurso.....	19
B). Colecta de material para determinación taxonómica.....	19
C). Valoración del recurso <i>in situ</i> .....	19
Etapa II. Diseño experimental en laboratorio.....	20
1. Fases experimentales.....	20
1.1 Nutrientes y epífitas.....	20
1.2 Diseño experimental.....	21
1.3 Análisis Estadístico.....	22
2. Salinidad.....	22
2.1 Diseño experimental.....	22
Etapa III: Cultivos experimentales en estaques.....	23
3. Densidad de cultivo.....	23
3.1 Sistema de cultivo.....	23
3.2 Cosecha, peso y determinación de la tasa de crecimiento.....	24
3.3 Control de epifitas.....	24
3.4 Extracción de agar.....	25

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

RESULTADOS y DISCUSIÓN.....	27
Etapa I: Selección de especies a cultivar y del área de suministro de plantas para el cultivo.....	27
c).- Estimación de la biomasa disponible en la zona estudiada.....	27
Etapa II: Diseño experimental en laboratorio.....	30
1. Fases experimentales.....	30
1.1 Nutrientes y epífitas.....	30
2. Salinidad.....	36
3. Epífitas.....	38
Etapa III: Cultivos experimentales en estaqués.....	40
1. Densidad de cultivo.....	40
2. Tasas de crecimiento y producción.....	42
3. Epífitas y reducción de epífitas.....	45
4. Extracción de Agar.....	46
CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES.....	51
Etapa I: Selección de especies a cultivar y del área de suministro de plantas para el cultivo.....	51
Etapa II. Diseño experimental en laboratorio.....	51
Etapa III: Cultivos experimentales en estaqués.....	52
Epífitas y reducción de epífitas.....	52
Extracción de Agar.....	53
REFERENCIAS.....	54

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## RESUMEN

Este estudio representa la primera investigación y esfuerzo en la región del Estado de Veracruz para determinar la potencialidad de cultivar en estanques a *Gracilaria cf caudata*. Como primera parte, se realizó una evaluación durante un año (enero a diciembre de 1998), de la variación de la biomasa disponible de *Gracilaria cf caudata* en una pradera algal de Costa de Oro, Boca del Río. La biomasa exhibió una variación temporal notable mínima de  $20.96 \pm 17.05$  gr fresco/m<sup>2</sup> y ( $2.54 \pm 1.75$  gr seco/m<sup>2</sup>), en junio con una máxima de  $754.07 \pm 648.25$  gr fresco/m<sup>2</sup> y ( $103.42 \pm 82.95$  gr seco/m<sup>2</sup>) correspondientemente. La biomasa máxima de junio fué significativamente diferente a todos los otros meses y la biomasa mínima de octubre solo fué significativamente diferente con junio y julio ( $P > 0.05$ ). No se encontraron correlaciones entre la temperatura, salinidad, pH, precipitación mensual y la biomasa (Pearson  $r > 0.05$ ).

Paralelamente a esta evaluación durante 7 semanas (abril - mayo), se llevó a cabo un diseño experimental factorial 3x3 basados en frecuencias y pulsación de nutrientes para evaluar la tasa de crecimiento y abundancia de epifitas de *Gracilaria cf caudata*, con el propósito de contar con información básica para un ulterior cultivo de *Gracilaria* en tanques de concreto. La frecuencia de los pulsos de nutrientes tuvo intervalos de 1 a 4 pulsos cada 14 días, mientras la concentración de los pulsos tuvo intervalos de 36 a 143  $\mu\text{M}$  de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Los promedios generales de biomasa obtenidos muestran que los tratamientos con concentración baja de nutrientes (36  $\mu\text{M}$ ) tuvieron un incremento directamente proporcional al aumento de la frecuencia de pulsos, desde 0.6084 gr/día con un pulso, hasta 3.4765 gr/día con 4 pulsos. A una concentración media (72  $\mu\text{M}$ ) se presentó una oscilación con una baja sensible hasta -0.149 gr/día a la frecuencia de 2 pulsos y una productividad máxima de 1.2617 gr/día a la frecuencia de 4 pulsos. En el caso de la concentración alta (143  $\mu\text{M}$ ) la productividad se incrementó a las frecuencias baja y media, y decreció a la frecuencia alta, mostrando el promedio más alto de productividad. Respecto a la abundancia de epifitas, no se encontró diferencia significativa en el crecimiento de éstas en relación con las frecuencias y concentración de los nutrientes.

Consecutivamente, se ejecutó un estudio para determinar la salinidad óptima para el desarrollo de esta especie en cultivo utilizando tanques exteriores. Dicho estudio fué realizado bajo las mismas condiciones y en el mismo laboratorio que en el experimento anterior, con un suministro de nitrógeno de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  con una concentración de 143  $\mu\text{M}$  (basada en la experiencia anterior), cada 14 días con pulsos de 6 hrs. Las plantas crecieron en salinidades de 20‰, 25‰ y 30‰ y un control a 36‰. No se encontró diferencia significativa en la tasa de crecimiento relativa entre los tratamientos 20‰, 25 ‰ y 30‰, pero si a salinidades de 36‰ con respecto a las salinidades anteriores.

El tratamiento estandarizado para la fase experimental en estanques de concreto fue una concentración de 143  $\mu\text{M}$  de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , con frecuencias de un pulso cada 14 días y una salinidad de 36‰.



Debido a que no se cuentan con antecedentes de trabajos de cultivo de esta especie en la región, se trabajó inicialmente con inoculos 1, 2 Y 4 Kg fresco/m<sup>2</sup>. Se observó que el inóculo de más alta densidad (4Kg fresco/m<sup>2</sup>), se mantuvo saludable bajo las condiciones estandarizadas de cultivo en estanque, mientras que las otras dos densidades se cubrieron de epífitas completamente después de tres meses del cultivo. Se inició otro experimento con dos densidades, manteniendo la densidad de 4 Kgrs/m<sup>2</sup> y otro aumentando la densidad, a 6 Kgrs/m<sup>2</sup>, con 3 réplicas por tratamiento.

En esta parte del experimento y con estas dos densidades se obtuvo que *G. cf caudata* creció continuamente en tanques exteriores de concreto durante un periodo de tres meses, realizando recambios de agua cada 14 días, adicionándoles CO<sub>2</sub>, aire y nutrientes.

La tasa relativa de crecimiento varió  $0.686 \pm 0.3927$  y  $2.798 \pm 1.0349$  g/m<sup>2</sup>/día para el inóculo de 4 Kg/m<sup>2</sup> y  $0.2847 \pm 0.384$  y  $1.810 \pm 1.01164$  g/m<sup>2</sup>/día para el de 6 kg/m<sup>2</sup>, de peso fresco y peso seco respectivamente, las tasas de crecimiento no fueron significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ), entre las dos densidades.

Los valores promedios de producción de peso fresco y peso seco en los estanques experimentales, variaron entre 8.73, 35.35, 1.13 y 4.59 gr/m<sup>2</sup>/día para la densidad de 4kg/m<sup>2</sup> y 5.35, 30.83, 0.64 y 3.69 gr/m<sup>2</sup>/día para la densidad de 6 kg/m<sup>2</sup>. La mayor eficiencia se presentó con la densidad de 4kg.

El desarrollo de epífitas fué el principal problema en los cultivos. Las epífitas que se desarrollaron en los estanques fueron principalmente especies de *Chaetomorpha*, *Enteromorpha*, *Ulva* (Chlorophyta) y *Ectocarpus* (Phaeophyta).

Con el fin de complementar la información generada a través de esta investigación se procedió a evaluar el proceso de extracción de agar. El método para evaluar la extracción de agar se llevó a cabo mediante un diseño experimental factorial 3<sup>3</sup>, que fué utilizado para determinar las condiciones óptimas del pretratamiento alcalino en la extracción de agar de *Gracilaria cf caudata*. Se consideraron tres niveles de cada uno de los factores: Temperatura (70, 80, 90°C), Concentración de NaOH (4, 7, 10%) y duración del tratamiento térmico (0.5, 1, 2 hrs). Las condiciones óptimas de extracción encontradas fueron dos tratamientos: 4% de NaOH, 70°C y 1 hrs., obteniéndose un rendimiento de 12.4%; mientras que a una combinación de 7% de NaOH, 80°C y 0.5 hrs el rendimiento fue de 11.51%; aquí podemos observar que disminuyó.

El presente estudio reveló que de todos los parámetros contemplados, la temperatura tuvo el principal efecto, sobre el rendimiento y la extracción de agar.



## INTRODUCCIÓN

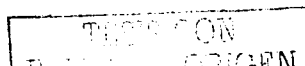
Las macroalgas bentónicas marinas revisten gran importancia tanto desde el punto de vista ecológico como económico. Ecológicamente, las especies algales son el primer eslabón de la cadena trófica y un componente importante dentro de los productores primarios en los océanos, conforman comunidades complejas que entre otras cosas, sirven de habitat y refugio para gran cantidad de otras especies marinas. En el ámbito económico, las macroalgas bentónicas marinas representan en algunos países (Japón, Chile, China, Estados Unidos de América entre otros) uno de los recursos más importantes y diversos de que disponen los países con litorales; debido en primer lugar, a su alto valor alimenticio dentro de la dieta humana, y también a los diferentes productos que de ellas se pueden extraer. Es ya un conocimiento generalizado que las macroalgas marinas proveen vitaminas y minerales, como la iodina que proviene de las especies de feofitas que forman los grandes mantos algales (kelps), principalmente en aguas templadas (Lobban y Harrison, 1994).

Los ficocoloides, polisacáridos de estructura muy variada, son de los productos algales más apreciados industrialmente; entre ellos destacan: agares y carregenanos producidos por diferentes algas rojas y alginatos producidos por algas cafés. El agar es un producto coloidal producido en especies de géneros tales como *Gelidium*, *Gelidiella* y *Gracilaria* entre otros; este producto es ampliamente usado en la preparación de alimentos, cosméticos, fármacos, productos dentales y geles de calidad bacteriológica; estos últimos, útiles en diversos tipos de investigación biológica y médica.

Actualmente el 60% de la producción mundial de agar se obtiene de especies de *Gracilaria* (Nelsson *et. al.*, 1983 en: Pondevida y Hurtado 1996), porque presentan una mayor producción de biomasa que otras agarofitas, como por ejemplo las especies de *Gelidiella*, *Gelidium* y *Prerocladia*. De esta forma, se considera que las especies de *Gracilaria*, distribuidas ampliamente a nivel mundial, principalmente en regiones tropicales de aguas cálidas (McLachlan y Bird, 1986), constituyen actualmente la principal fuente de agar disponible y han adquirido gran importancia comercial.

La República Mexicana dispone aproximadamente de 10,000 km. de litoral con rasgos fisiográficos variables y diferentes tipos de clima. Presenta una flora ficológica muy diversa y con características morfológicas y ecológicas diferentes, cuyo estudio aunque tiene una data antigua, resulta aún insuficiente en cuanto a la posibilidad de hacer un buen manejo de los recursos algales.

En un recuento rápido sobre los antecedentes ficológicos existentes en el país, se sabe que desde los trabajos pioneros en 1847 hasta 1986, se habían publicado en México 117



trabajos sobre estudios de algas marinas y dulceacuícolas (Guzmán del Proo *et al*, 1986); para 1991 el número de trabajos ficológicos se incrementó a 167 (González-González *et al*, 1996).

Del análisis preliminar de la literatura ficológica marina para México se observa que el 57% de las obras publicadas para algas marinas pertenecen a los estudios realizados en las costas del Pacífico (González-González *et al*, 1996).

La mayor parte del conocimiento acumulado en dichos antecedentes se refiere al inventario ficoflorístico, con un 70% del total de los estudios realizados (González-González *et al*, 1996), lo que indica un desbalance en la intensidad del trabajo entre los dos grandes litorales nacionales. Sin embargo y a pesar de las diferencias numéricas de los trabajos realizados en cada zona, se sabe que hay un mayor número de especies algales en el Golfo de México y el Caribe.

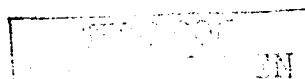
Estudios sobre descripción y dinámica de comunidades y poblaciones son prácticamente inexistentes en la mayor parte de nuestros litorales; pero el conocimiento actual permite reconocer que en la mayor parte de dichos litorales, las poblaciones son pequeñas, a veces con bajas densidades y la talla de los individuos, normalmente, no sobrepasa los 30-50 cm, las de interés comercial.

Las excepciones más notables se presentan en el Pacífico de Baja California con las praderas de *Macrocystis pyrifera* y *Gelidium robustum* que son objeto de explotación desde hace varias décadas (Casas-Valdez *et al*, 1985).

En el Golfo de México y Mar Caribe, se sabe que desde hace más de 10 años existen algunas especies de los géneros *Gracilaria* y *Euchema*, pero pareciera que los requisitos poblacionales e individuales fueran mínimos, para pensar en planes de manejo y explotación (Guzmán del Proo *et al*, 1986); ha sido hasta fechas más recientes, que se han iniciado estudios para hacer una valoración precisa de la disponibilidad del recurso y la viabilidad de su explotación.

En el Golfo de México, específicamente frente a las costas de la ciudad y puerto de Veracruz y del poblado de Antón Lizardo, se localiza el complejo arrecifal denominado Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), en cuya estructura se han reconocido más de 150 especies de algas, de las cuales el 15 % aproximadamente, tienen un valor comercial potencial. Entre dichas especies resaltan la de los géneros *Caulerpa* y *Ulva* (Chlorophyta) que han sido utilizadas como alimento humano en otras partes del mundo, especies de *Hypnea* (Rhodopyta) (productoras de carregenanos) y de *Gracilaria* como productoras de agar.

No obstante, a pesar de que los primeros estudios sobre algas realizados en litoral de Veracruz, datan desde 1847 cuando J. Agardh publicó registros algales a partir del material colectado por Liebmann un año antes (Mendoza-González y Mateo-Cid, 1985), el conocimiento ficológico de la región sigue siendo muy escaso. Particularmente el SAV, que a pesar de que



representa una alta riqueza algal con potencial explotable, no ha sido estudiado sistemáticamente y en consecuencia, carece de programas de manejo y aprovechamiento.

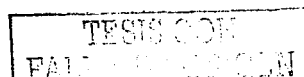
A diferencia de lo que sucede con el conocimiento y explotación del recurso algal en nuestra región, existen países en nuestro continente, como Argentina, Brasil y Chile, que cuentan con mantos algales con características adecuadas para ser cosechados en forma natural.

En la actualidad, debido principalmente al aumento de la demanda mundial de ficocoloides y al consecuente incremento irracional de la explotación de los mantos naturales, se han tenido que desarrollar diferentes sistemas de cultivos para evitar la extinción del recurso e incluso incrementar la biomasa disponible para cosechar. Estos sistemas van desde la resiembra en fondo marino de "pies" de crecimiento en poblaciones diezgadas, hasta el establecimiento de "novo" de parcelas de cultivo, incluso en zonas donde no había algas comercialmente importantes. (Macchiavello 1987; Lignell *et al.*, 1987; Ugarte y Santelices, 1992).

Aún más, se han desarrollado sistemas de cultivo en estanques que aún cuando resultan, inicialmente sumamente costosos (Edding 1995), presentan algunas ventajas, sobre todo en regiones donde las condiciones ecológicas y climáticas para los cultivos *in situ*, resultan más riesgosas desde el punto de vista de la inversión económica. Este es el caso de la región de Veracruz, cuyo clima se caracteriza por contar con dos condiciones ambientales marcadamente diferentes: época de nortes (septiembre a abril), y época de lluvias (mayo a agosto).

La primera está caracterizada por precipitación escasa, temperaturas bajas, invasiones frecuentes de masas de aire frío del norte que puede ser frescos hasta violentos y huracanados. La segunda se caracteriza por temperaturas elevadas y precipitación alta, principalmente entre junio y agosto. Sumado a lo anterior existen razones de índole fisiográfica, como el movimiento del sustrato y oceanográficas como el patrón local de las corrientes; estas, hacen poco factible el éxito de cultivos en el fondo marino en costas expuestas, por lo que en dicha región los cultivos en estanques constituyen una opción explorable.

Por tales razones, el propósito del siguiente trabajo fue el de establecer los requerimientos básicos, tales como: nutrientes, salinidad y densidad de carga, para el establecimiento de un cultivo a nivel experimental en estanques de concreto, de *Gracilaria cf caudata*; la cual fue seleccionada por la abundancia y talla que presenta en el SAV, zona que fue determinada como proveedora de materia prima para este trabajo.



## ANTECEDENTES

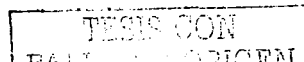
### Las Algas comerciales en México

El desarrollo de la ficología aplicada en nuestro país data de poco tiempo atrás, a pesar de que la historia del consumo humano de algas marinas y de aguas dulces tiene sus orígenes en las culturas precolombinas. Cuando los españoles llegaron en el siglo XVI, el tecuitlatl (*Spirulina*), una pasta verde cosechada en el Lago de Texcoco, era vendido en los mercados de la antigua Tenochtitlan y consumido con maíz y otros cereales nativos en una salsa llamada chimolli (Durand-Chastel y Venketraman, 1980). Actualmente, la tradición del consumo de las especies algales ha quedado reducido a unas cuantas zonas costeras del país, como por ejemplo, el Sureste de Quintana Roo y Noreste de Yucatán, donde algunas algas como *Euchema isiforme*, son usadas como emulsificantes para preparar atoles (Espínosa, 1994 en: Robledo y Freile-Pelegrín, 1997).

En la explotación del recurso algal, México incursionó aproximadamente desde 1931, con la cosecha y exportación de *Gelidium robustum* en Baja California Norte como materia prima para alguna de las plantas de extracción de agar que operaban en el Sur de California. La mayor parte de la materia prima elaborada en las plantas americanas procedía de la costa occidental de Baja California, en particular de la región de Ensenada. En 1942 se instaló en este Puerto una pequeña planta, dependiente de la Industrial de Ensenada para tratar una tonelada de *Gelidium* seco por mes. Después se edificó una fábrica de mayor capacidad, propiedad de la Cía. Mexicana de Agar para beneficiar catorce toneladas de alga al mes, con una producción de alrededor de 1700 kilogramos de agar blanco. Posteriormente en 1942, en Atzacapotzalco, Distrito Federal, se llevó a cabo la instalación de la planta de AgarMex que obtenía agar de *Gelidium robustum* cosechado en la costa de Baja California y transportado en pacas secas por barco a Manzanillo y de allí por ferrocarril a México (Osorio-Tafall, 1946).

Para 1981, la explotación de mantos naturales de *Gelidium robustum* continuaba surtiendo solo dos compradores: la empresa norteamericana American Agar con sede en San Diego, California y AgarMex en Ensenada, Baja California. Para estas fechas, la antigua Secretaría de Pesca hoy SEMARNAT, por conducto del Consorcio Industrias Pesqueras Paraestatales del Noreste, inició la construcción de una planta procesadora de *Gelidium robustum* en Bahía Tortugas, con una inversión de 90 millones de viejos pesos que debía ser terminada en 1982, con el fin de elevar la producción de agar en México (Morales, 1982). Actualmente *Gelidium robustum* sigue siendo la principal especie de agarofita en México.

En la costa Occidental de la Península de Baja California *Macrocystis pyrifera*, conocida con el nombre común de Sargazo gigante, constituyó desde 1956 uno de los principales recursos algales. El producto se exporta íntegramente como materia prima a Estados Unidos de Norteamérica, para la producción de ácido alginico y sus derivados (Casas-



Valdez *et al.*, 1985). A pesar de la existencia y explotación de mantos algales en el Pacífico, sólo se ha registrado hasta la fecha, un trabajo dirigido al cultivo de algas; en el se estudiaron las estrategias para el cultivo de una carreenofita no perenne, *Gigartina pectinata* del Golfo de California, (Zertuche, 1989). En esta región si se han efectuado trabajos tendientes al conocimiento del recurso *in situ* de las diferentes especies de interés comercial: *Macrocystis pyrifera*, (Hernández-Carmona *et al.*, 1989; 1989b; 1991); *Gelidium robustum*, *Sargassum horridum* (Muñetón-Gómez y Hernández-Carmona, 1993); *Sargassum* spp. (Casas-Valdez, *et al.*, 1993; Hernández Carmona *et al.*, 1990), en los que se abarcan aspectos de crecimiento y evaluaciones de producción de biomasa, así como los métodos de extracción de alginatos, principalmente.

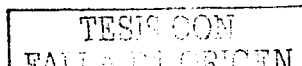
Según Casas-Valdéz *et al.* (1996) en Baja California Sur, se cuenta con un desarrollo tecnológico a nivel de una planta piloto para la producción de ácido alginico y sus sales de calcio, sodio y potasio; esto está basado en una serie de investigaciones enfocadas principalmente al proceso de extracción de alginatos de *Macrocystis pyrifera* iniciadas desde hace 15 años aproximadamente, en los que se contemplan diferentes aspectos de dicho proceso (Hernández-Carmona, 1985; Hernández-Carmona y Casas-Valdez; 1985; Hernández-Carmona y Aguirre-Vilchis, 1987; Hernández-Carmona *et al.*, 1991; Rodríguez y Hernández-Carmona, 1991; Reyes *et al.*, 1992; Hernández-Carmona *et al.*, 1992; Arvizu *et al.*, 1995; 1996).

A pesar de no poseer una cultura alimenticia para el consumo de algas en nuestro país, su uso ha ido en aumento, ya sea como cosméticos o tratamientos de adelgazamiento, entre otros. En la Tabla 1 se enlistan algunos productos usados como alimento y en la industria alimenticia, elaborados a partir de algas marinas y comercializados en México (Aguilar-Rosas *et al.*, 1998).

Tabla 1. Productos usados como alimento y en la industria alimenticia elaborados a partir de algas marinas y comercializados en México.

PRODUCTO	MARCA	ESPECIE/FICOCOLOIDE	ORIGEN
Aderezo	Kraft®	Alginato Propileno-glicol	EE.UU.
Bebida	Carnation®	Carragenina	México
Gelatina	Pronto <sup>MR</sup>	Carragenina	México D. F.
Granulado	Royal®	Carragenina	Nuevo León
Helado	Icelandier	Carragenina y Alginato de sodio	Monterrey
Pan blanco	Bimbo	Emulsificante: 0.40-0.42%( agar)	México D.F.
Sustituto de sal	Sal' d kem	Algas marinas	Baja California
Alga marina seca	Eden Foods	Shushi Nori ( <i>Porphyra tenera</i> )	Japón
Alga marina seca	Wang®	Wakame	EE.UU.
Alga marina seca	Wel-Pac	Hijiki	Corea
Alga marina seca	Yecht Brand	Dried laver ( <i>Porphyra</i> )	EE.UU.
Alga marina seca (botana)	Orchids®	<i>Porphyra</i>	Corea
Alga marina seca (golosinas)	Soken	Kelp (kombu)	Japón
Alga marina seca en pedazos	Mendocino™ sea	Mendocino Nori ( <i>Porphyra</i> )	EE.UU.
Alga marina seca en pedazos	Mendocino™ sea	Mendocino Kombu ( <i>Laminaria</i> )	EE.UU.

(Tomado de Aguilar-Rosas *et al.*, 1998)



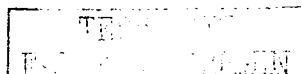
Los principales centros de elaboración se encuentran ubicados en los estados de Baja California, Chihuahua, Coahuila, Guanajuato, Jalisco, Querétaro, Veracruz, Yucatán, Estado de México y Distrito Federal. Por otro lado, gran número de productos llegan a México, por importaciones formales o por su compra e introducción al país, mediante el amplio comercio en la frontera con la Unión Americana. No obstante, Veracruz figura en esta lista, los productos que se elaboran aquí no son con algas de la región, sino traídas de Baja California o de Japón (Aguilar-Rosas *et al.*, 1998).

A diferencia de lo sucedido respecto al conocimiento y explotación del recurso algal en las costas del Pacífico, las primeras investigaciones sobre el uso y los productos de las algas de la costa atlántica mexicana, se realizaron en la década de los 60' cuando Aguilar (1963, en: García Parra, 1981), lleva a cabo un estudio preliminar de seis agaroides extraídos de especies de las costas del Golfo de México. Posteriormente en estas mismas costas fueron realizadas determinaciones de la relación de peso fresco a seco y el porcentaje de rendimiento del ficocoloide en 5 especies de Rhodophyta: *Gracilaria cervicornis*, *G. debilis*, *G. mammillaris*, *Gelidium americanum* (como *Pterocladia americana*) e *Hypnea musciformis* (García Parra, 1981). Recientemente, Zamora-Tovar (1990) estudió las algas de importancia económica en Tamaulipas, caracterizando y determinando las propiedades del ficocoloide obtenido de tres especies: *Digenia simplex*, *Gracilaria tikvahiae* e *Hypnea musciformis*. Según Areces (1995), ensayos de cultivos algales en la región del Atlántico tropical occidental se reducen al trabajo realizado por Pérez (1990), él evalúa el crecimiento de *Eucheuma isiforme* en sistemas experimentales de cultivo, en el litoral del estrecho de Yucatán. De *Gracilaria cornea* de las costas de Yucatán, han sido estudiadas a últimas fechas, las características del agar y propiedades de gelificación de agares nativos tratados con alkali y han sido comparados sobre una base estacional; asimismo, estudiaron la composición química y contenido mineral de seis especies: *Caulerpa racemosa*, *Codium isthmocladum*, *Eucheuma isiforme*, *Gracilaria cornea*, *Padina gymnospora* y *Sargassum filipendula*, todas con potencialidad comestible (Freile-Pelegri y Robledo, 1997; Robledo y Freile-Pelegri, 1997).

#### **Antecedentes sobre cultivos algales experimentales en otras partes del mundo**

Tradicionalmente las algas de interés comercial han sido extraídas de poblaciones naturales, pero estos mantos naturales declinaron debido a la sobreexplotación, esto ha dado pie para enfocar los esfuerzos a mejorar las técnicas de maricultivos, lo cual nos ha llevado a la situación en la que virtualmente todas las algas marinas café de interés comercial, 63% de las rojas y 68% de las verdes sean cultivadas de una u otra forma. Las principales especies cultivadas son: *Laminaria japonica*, *Undaria pinnatifida* (Phaeophyta), *Eucheuma spp.*, *Gracilaria spp.* (Rhodophyta) y *Monostoma spp.* (Chlorophyta).

Los usos y aplicaciones de las macroalgas de interés comercial han sido principalmente utilizados como fuente de alimento humano y para la extracción de ficocoloides.



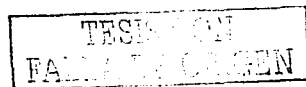
Para consumo humano cerca del 94% son producidas por alguna de las diferentes formas de cultivo, donde los altos costos de producción son rentables por el alto precio del producto en el mercado. El intercambio comercial muestra a Japón como el principal importador (gastando aproximadamente \$90 millones de dólares), y a la República de Corea como el exportador más grande de algas marinas comestibles (Richards-Rajadurai, 1990). Los tipos principales de algas marinas consumidas y sus nombres japoneses locales son: kombu (*Laminaria* spp.), wakame (*Undaria pinnatifida*), hijiki (*Hizikia fustiformes*) y nori (*Porphyra* spp.) (McHugh, 1991).

El mercado de exportación del nori de Japón (34,000 toneladas) es considerable, está estimado en 60 millones de dólares. En el mercado mundial, el nori ha tenido un crecimiento rápido, ton sólo en Estados Unidos está estimado en 10 millones de dólares por la popularidad de los restaurantes japoneses y por el número de inmigrantes de la población asiática.

China y Japón son grandes consumidores de kombu (*Laminaria* spp.), mientras los surcoreanos tienen una preferencia para el wakame (*Undaria pinnatifida*). Los chinos cultivan 200,000 toneladas de kombu (*Laminaria*) en peso seco por año, el cual el 75% es usado como alimento. También es cultivado en cantidades muy grandes en la costa de Corea del Norte. Los japoneses cosechan más kombu de áreas naturales de las que crecen en cultivo. En Japón y Corea del Norte la mayor parte del wakame proviene del cultivo. Este, se produce en la costa sudoeste de Corea del Sur y en las áreas del Norte de Japón alrededor de Hokkaido. En cuanto a hijiki (*Hizikia fustiformes*) es cultivado y colectado en áreas naturales de Corea del Sur, con la mitad de algas de mantos cultivados y la otra mitad de campos naturales (McHugh, 1991).

Respecto al uso de las macroalgas como fuente de ficocoloides, (alginatos, carragenanos y agar) se extraen anualmente aproximadamente 900,000 toneladas de peso húmedo de algas marinas cosechadas. De estos tres los suministros de carragenanos son dominados por *Eucheuma* spp., que es cultivada en Filipinas, Indonesia y recientemente con mucho éxito en Tanzania. Para el agar sus fuentes principales de algas son *Gracilaria* spp (53%) y *Gelidium* (44%) con cantidades menores (3%) de otras agarofitas, como *Gelidiella* y *Pterocladia* (McHugh, 1991). *Gelidium* es la fuente tradicionalmente preferida de los agares de mejor calidad y encabeza los precios más altos. La producción de *Gracilaria* es dominada por Chile que produce 13,000 toneladas de peso seco, la cual es aproximadamente la mitad de la producción mundial, la mitad de este material crudo es proveniente de cultivos introducidos recientemente (McHugh, 1991). El cultivo exitoso de *Gracilaria* ha permitido el incremento en la disponibilidad de materia prima como una fuente de agar y su uso ahora excede al de *Gelidium*.

A raíz del descubrimiento de la extracción de agaroides de buena calidad, de las especies del género *Gracilaria*, se iniciaron investigaciones en casi todas las latitudes con diferentes especies del género, tanto *in situ* para evaluar la disponibilidad de biomasa total,



biomasa cosechable, patrones de estacionalidad y épocas de reproducción; así como acuaculturales para establecer los requerimientos del cultivo: nutrientes, aireación, recambios de agua, control de epifitas, entre otros (Lapointe y Duke, 1984; Silva *et al.*, 1987).

Experimentos de cultivo con diferentes especies del género *Gracilaria* sobre respuestas fisiológicas a variaciones de pH, salinidad, densidades, diseños de estanques, temperaturas, irradianza, rendimiento, productividad, métodos de extracción, calidad de agar y composición química en general, han sido realizadas con la intención de determinar si la explotación de la especie es factible, pero aún hay un gran desconocimiento para la mayoría de las especies del género (Lapointe y Duke 1984; Fujita y Goldman 1985; Penniman y Mathieson, 1985). Este tipo de trabajos fueron iniciados hace aproximadamente 30 años y han abordado diferentes aspectos como indican los siguientes ejemplos:

### Nutrientes

Lapointe *et al.*, (1976), estudiaron la producción de *Gracilaria* sp. entre otras especies, usando un medio enriquecido con nutrientes, a partir de una combinación 1:1 de agua de un sistema acuacultural y de agua de mar, manteniéndola durante 9 meses; posteriormente se investigaron los efectos diferenciales entre una oferta constante de nutrientes y pulsos de tiempo en tiempo, usando diferentes frecuencias, concentraciones y composición química (Carbono (C), Nitrógeno (C), fosforo (P)) de dichos pulsos y utilizando a *G. tikvahiae* como especie experimental, Lapointe y Duke (1984), encontrando mejores resultados en el rendimiento algal. Simultáneamente Lapointe *et al.*, (1984), examinaron los efectos de la intensidad de luz y temperatura sobre el ingreso de nitrato (NO<sub>3</sub>), también en *G. tikvahiae*, analizando los niveles de pigmento y constituyentes químicos como carbono, nitrógeno, proteínas y carbohidratos. En 1987, Lapointe investigó *in situ* la importancia relativa de limitantes nutricionales (N Y P) sobre la productividad, obteniendo una relación entre incremento de peso, capacidad fotosintética y composición química en *G. tikvahiae*.

Fujita y Goldman, (1985) probaron los efectos de la tasa de flujo de agua y concentración de NH<sub>4</sub>, sobre la tasa de crecimiento de *Gracilaria tikvahiae* usando sistemas de cultivo exteriores con regulación de flujo de agua.

Haglund y Pedersen, (1993) cultivaron *Gracilaria tenuistipitata* en aguas salobres de Suecia utilizando cuatro estanques artificiales exteriores de 30 y 40 m<sup>3</sup>, midiendo tasas de crecimiento y entrada de nutrientes; Smit *et al.* (1997), determinaron la influencia de frecuencias y concentraciones de pulsos de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, para optimizar el crecimiento y producción de *Gracilaria gracilis* mantenida en tanques de abulón exteriores.





## Temperatura, luz y flujo de agua

Hurtado-Ponce y Umezaki (1987) realizaron un estudio en el laboratorio con segmentos de talos de *Gracilaria verrucosa* para determinar los efectos de la temperatura sobre la tasa de crecimiento. Oliveira *et al.*, (1989) usando tanques con flujo continuo de agua de mar, cultivaron especies de agarofitas tropicales y subtropicales: *G. chilensis*, *G. verrucosa*, y *Pterocladia capillacea* y carreenofitas: *Gigartina teedii*, *Gymnogongrus griffithsiae*, *Hypnea musciformis* y *Solieria filiformis*. Los cultivos fueron desarrollados en condiciones de alta iluminación y alta temperatura. Los valores máximos de crecimiento obtenidos para *G. verrucosa*, cerca del 4%/día, indicando que los rendimientos de todas las especies estudiadas fueron relativamente bajos y variables.

Chirapart y Ohno (1993) usando estanques de cultivo, monitorearon el crecimiento de cuatro especies de *Gracilaria* usando dos sistemas de recambio de agua, y otro con recirculación cerrada. En el experimento con flujo directo de agua de mar la tasa de crecimiento más alta de todas las especies ocurrió entre 25°C y 26°C; mientras que en el de recirculación fue entre 25°C y 27°C.

## Captación de CO<sub>2</sub>

Gao *et al.* (1993) investigaron la influencia de concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub> sobre el crecimiento y fotosíntesis de *Gracilaria* sp. y *G. chilensis*. Los resultados indican que en su habitat natural o en sitios de cultivo, el crecimiento y la fotosíntesis de especies de *Gracilaria* son probablemente limitados por el CO<sub>2</sub>, especialmente cuando la densidad de la población es alta y el movimiento del agua es bajo.

## Salinidad

Los estudios sobre el efecto de la salinidad en especies de *Gracilaria* son escasos, pero han provisto información importante. Dawes *et al.* (1984) determinaron que si *G. verrucosa* es estresada nutricionalmente presenta bajas tolerancias (respuestas a la fotosíntesis y respiración) en condiciones extremas de salinidad y temperatura; Penniman y Mathieson (1985), caracterizaron los efectos de irradianza, temperatura y salinidad sobre la fotosíntesis de *G. tikvahiae*, y Bird y McLachlan (1986) investigaron en cultivo, la tolerancia y el crecimiento de especies de *Gracilaria* en salinidades con intervalos de 8‰ a 60‰ de 17 especies y cepas aisladas de los océanos Atlántico y Pacífico Este; Daugherty y Bird (1988) examinaron el efecto de tres salinidades, sobre la productividad y calidad de agar de *G. verrucosa*, comparándola durante tres períodos de distinta temperatura en el año, cultivándola en invernaderos; Koch y Lawrence (1987) reportaron los efectos inmediatos y a largo plazo de los cambios en el decremento e incremento de la salinidad, sobre las respuestas respiratoria y fotosintética de *G. verrucosa* colectada a 32 ‰ de salinidad y cultivada a la misma salinidad



por 20 días, mostrando más baja respuesta fotosintética cuando fué medida en 10‰ que en 32‰, sugiriendo la expresión de distintos mecanismos de osmorregulación después de un choque hipo o hiperosmótico.

### Aireación

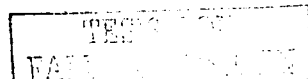
La aireación, que representa uno de los principales costos de operación en los cultivos en estanques, ha sido estudiada con el propósito de obtener mejores rendimientos y reducción de la inversión. Guerin y Bird (1987), intentaron reducir el período de aireación diaria utilizando como parámetros de referencia el incremento de biomasa y calidad de agar de *Gracilaria* sp. Cepa G-16, experimentando con diferentes períodos de aireación diarios: 4, 6, 12 y 24 hrs. Los resultados mostraron que hubo efectos significativos sobre la productividad en biomasa, con decrementos de 22 a 12 gr./m<sup>2</sup>/día en relación con la disminución de aireación diaria de 24 a 4 hrs., respectivamente. No obstante, no hubo efectos negativos de los períodos sobre el contenido de agar, fuerza del gel, temperatura de gelificación y fusión causados por la misma reducción, sugiriendo que los períodos de aireación diaria pueden ser ajustados para proveer ganancias económicas basadas en la productividad de agar y biomasa.

La utilización de aireación en pulsos como una forma de reducción de costos, fue estudiada por Tapia y Tomicic (1990), midiendo el efecto del tiempo de aireación no continua, (1/2, 1/3 y 1/4 del día en intervalos regulares de aireación y no aireación) sobre el crecimiento y productividad de *Gracilaria* cultivada en piscinas costeras (estanques), ambos fueron afectados significativamente cuando el alga se sometió a los tratamientos y la productividad obtenida con el régimen de aireación de 1/2 día fue de 23.31 g. de peso seco/día/m<sup>3</sup> a partir de una densidad inicial de 5 Kg de alga/m<sup>3</sup>.

### Densidad del inóculo y técnicas de inóculo

Otro factor importante en el cultivo de macroalgas en estanques exteriores, es la densidad de materia prima con la cual se inicia el cultivo, la cual puede variar dependiendo del diseño del recipiente que se utilice (Edding *et al.*, 1988).

En general las densidades bajas (< 2Kg./m<sup>2</sup>) permiten una tasa de crecimiento elevada, sin embargo, se puede observar una alta tendencia al epifitismo por especies de *Ectocarpus*, *Enteromorpha*, *Polysiphonia* y *Ulva*, y una baja en el rendimiento de agar (Edding, 1995). Por el contrario, densidades más elevadas (>4Kg./m<sup>2</sup>) controlan el epifitismo y mejoran el rendimiento de agar. En zonas geográficas con luminosidades altas, sobre los 1.500 μmol m<sup>2</sup>/s (de radiación PAR), como son las regiones situadas en los trópicos, la densidad del inóculo puede ser empleada como una forma de controlar la irradianza por sombreo entre las plantas.



La densidad debe considerarse, entonces, como un parámetro modificable en el manejo estacional de estos cultivos (De Boer y Ryther, 1978).

Otras investigaciones relativas a la densidad ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) son las de Lapointe y Rhyther (1978) quienes realizaron una serie de cultivos en estanques exteriores con flujo continuo de agua de mar, que incluyeron también, valoraciones sobre carga de nutrientes y tasas de recambio (tasa de flujo/volumen), sobre el crecimiento y rendimiento de agar de *Gracilaria tikvahiae*. Aunque la tasa específica de crecimiento fue alta, 60% por día, para *Gracilaria* a bajas densidades ( $0.4\text{Kg. de peso fresco}/\text{m}^2$ ) en verano, el máximo rendimiento alrededor del año fue obtenido a densidades de 2.0 a 3.0  $\text{kg. de peso fresco}/\text{m}^2$ .

Por otra parte Macchiavello, (1989) determinó la tasa de crecimiento de *Gracilaria* sp. cultivada en estanques exteriores, utilizando diferentes densidades de inóculo inicial (5 a 10  $\text{kg.}/\text{m}^2$ ) e hizo estudios sobre productividad y producción de agar. Durante el verano, el cultivo de *Gracilaria* de alta densidad presentó una tasa de crecimiento más baja que cuando se cultivó a baja densidad, pero la productividad fue alta ( $9.28\text{ grs.}/\text{m}^2/\text{día}$ ) y el rendimiento de agar también se incrementó (12.9%). Durante el otoño se observó lo contrario, cuando se cultivaron  $5\text{Kg.}/\text{m}^2$  tuvo una productividad máxima de  $4.2\text{ gr.}/\text{m}^2/\text{día}$  y una producción de agar de  $0.63\text{ gr.}/\text{m}^2/\text{día}$ .

### Control de los epifitos

Por otro lado, en los intentos por cultivar estas especies de macroalgas un problema ha sido el crecimiento de epifitas indeseables sobre el talo. Dichas epifitas pueden causar fuertes pérdidas en la cosecha de algas (Pickering *et al.*, 1993).

Para remover epifitas de las plantas hospederas, se han reportado diferentes métodos incluyendo uso de químicos, como baño de etanol, hipoclorito de sodio y cloruro de cobre; remoción mecánica, limpiando a mano; uso de ultra sonido y remoción biológica por anfípodos pasteadores o peces (Polne, 1980en: Pickering *et al.*, 1993, Van Heerden *et al.*, 1997).

El rápido crecimiento de epifitas a expensas de la planta hospedera frecuentemente ocurre en condiciones ricas en nitrógeno (Yonoshige y Neves, 1981en: Pickering *et al.*, 1993) y la cantidad de N ocupado frecuentemente, está muy excedido del que se requiere para el crecimiento de las especies en cultivo, lo que ha sido denominado como "luxury" (Bird *et al.*, 1982). Esto ha sugerido que altas densidades de epifitas en cultivos de *Gracilaria* pueden ser prevenidas por el manejo cuidadoso del suministro de nitrógeno (Pickering *et al.*, 1993).

Las especies de *Gracilaria* pueden también almacenar el excedente de N por períodos de tiempo largos, principalmente como aminoácidos libres, clorifila-a y ficoeritrina, (Bird *et al.*, 1982). Esto provee las bases fisiológicas para dosificar pulsos de fertilizante nitrogenado (Pickering *et al.*, 1993).



Los pulsos de nitrógeno de flujos continuos en sistemas de agua de mar en exteriores, dan resultados similares a las tasas de crecimiento obtenidas con suministro continuo de nitrógeno disuelto, permitiendo a su vez que el desarrollo de epifitas pueda ser limitado (Edelstain *et al.* 1976, Lapointe y Ryther 1978, Ryther *et al.*, Friedlander y Ben-Amotz, 1991).

Otras epifitas que se desarrollan en estas condiciones de cultivo son las bacterias. Trabajos como los de Jaffray *et al.* (1997) caracterizaron y compararon las colonias de epifitas bacterianas en una población natural de *Gracilaria gracilis* de Bahía Saldaña y de una población cultivada en Luderitz para estimar su potencial de patogenicidad; Weinberger *et al.* (1997) realizaron una investigación para desarrollar un método con el fin de examinar el daño y proteger del impacto de bacterias a *G. conferta* y verificar qué bacterias epifitas contribuyen a la resistencia de estas especies contra daño bacteriano.

También es importante resolver en los cultivos algales la frecuente presencia de epifauna que causan diferentes perjuicios y desafortunadamente los estudios a ese respecto aún son limitados.

Sobre los efectos de dicha epifauna en el crecimiento algal y calidad de agar, se encuentran los estudios de Cancino *et al.* (1987), que analizaron los efectos de la epifauna sobre la calidad y contenido de gel en talos de *Gracilaria verrucosa* en áreas naturales, y el efecto de animales en el crecimiento y sobre la calidad del gel producido por talos cultivados en estanques. Los resultados muestran que la epifauna afecta negativamente el crecimiento de *G. verrucosa* pero aumenta la fuerza de sus geles. Asimismo, mencionan que la epifauna puede ser fácilmente manipulada en policultivos realizados en estanques. También se concluye que tanto la tasa de crecimiento como la fuerza del gel de *G. Verrucosa*, posiblemente se incrementa colocando mejillones en el fondo de los estanques de cultivo.

### Calidad de agares

Otro de los aspectos a evaluar en la explotación comercial de las especies del género *Gracilaria* es la calidad de su agar. En este sentido los esfuerzos han sido vastos y enfocados a distintos aspectos. Podemos mencionar los trabajos de Ekman y Pedersen (1990) quienes reportan que la composición de agar de *Gracilaria sordida* y *G. verrucosa* son altamente variables e influenciados por las condiciones de cultivos a las que sean sometidas.

Levy y Friedlander, (1990) estimaron algunos factores relevantes como crecimiento, morfología, contenido de clorofila a, agar y carbohidratos que afectaron la producción y calidad de agar en diferentes cepas de *Gracilaria* bajo condiciones de laboratorio y en cultivos exteriores; Hurtado Ponce (1994), examinó los posibles efectos e interacción de salinidad y concentración de alkali sobre el rendimiento, fuerza del gel, dinámica de gelificación y



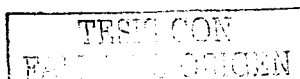
temperaturas de fusión del extracto de agar; Lewis y Hanisak (1996) cultivaron *Gracilaria* cepa G-16S aislada como un mutante de *Gracilaria* cepa G-16 en tanques exteriores para determinar los efectos de la adición de nutrientes sobre la productividad, contenido de agar y propiedades físicas del agar, usando tres diferentes medios de cultivo enriquecidos con fósforo; Pondevidia y Hurtado-Ponce (1996 b) estudiaron tres especies de agarofitas discutiendo la influencia de la época de lluvias y el nivel de fosfato, sobre la abundancia y estacionalidad, además determinaron la variación mensual del rendimiento de agar, fuerza del gel, gelificación y temperatura de fusión. Se encontró que el rendimiento de agar y fuerza del gel fueron específicas para algunas especies y variaron de acuerdo al sitio de estudio.

### disponibilidad de materia prima

Moss citado por McLachlan *et al.* (1987) puntualizó que la estimación de la disponibilidad de la biomasa cosechable de los recursos algales en praderas naturales, es un criterio necesario para el establecimiento de una industria extractiva, sin embargo es sorprendente que hasta la fecha existan pocas estimaciones para algas de interés comercial en México.

En otras regiones del mundo donde existe explotación comercial de las especies del género *Gracilaria*, se han llevado a cabo diversos trabajos al respecto. Silva *et al.* (1987) estudiaron durante un año en el noroeste de Brasil, la composición, distribución espacial y biomasa de un manto algal de *Gracilaria* esporádicamente explotada. De Castro *et al.* (1991) evaluaron la biomasa total en mantos de *Gracilaria* sp. en tres áreas de la isla Panay en Filipinas, para conocer la estacionalidad de la biomasa y así establecer bases para un manejo propio del recurso y obtener datos para estudios de factibilidad de cultivos a gran escala. McLachlan *et al.* (1987) estudiaron la disponibilidad estacional de biomasa de algas marinas incluyendo las de importancia comercial, durante un período de más de 5 años.

La evaluación de la disponibilidad de la biomasa *in situ* es indispensable independientemente del sistema de explotación que se pretenda utilizar. En el Pacífico Mexicano aun se están realizando este tipo de trabajos a pesar de las extensiones de sus mantos y dimensiones de las especies con interés comerciales comprobado, particularmente en el Golfo de México, los esfuerzos de este tipo son nulos.



## JUSTIFICACIÓN

El desconocimiento de un recurso natural potencialmente comercializable en nuestro país, como es el caso particular de las especies de *Gracilaria*, constituye suficiente razón para iniciar los estudios correspondientes que permitan caracterizar el recurso y evaluar las condiciones de una eventual explotación.

El presente trabajo, propone contribuir con el conocimiento de la biología de una especie de *Gracilaria*, ampliamente representada en las costas del Estado de Veracruz y que podría ser una fuente de ingresos para el Estado. El presente proyecto se centrará en el estudio de algunas respuestas fisiológicas de talos algales bajo condiciones controladas de cultivo.

Como fué mencionado en párrafos anteriores, las experiencias de cultivo pueden llevarse a cabo en por lo menos tres escalas diferentes: cultivos en laboratorio, cultivos en estanques artificiales y cultivos en fondo marino. Cada una de estas escalas de cultivo tiene funciones distintas y por lo tanto permiten la experimentación a diferentes niveles.

Dado que en particular, la idea principal es la evaluación del recurso, podrían ser utilizados tanto los cultivos en estanque como las de fondo marino. Ambos tipos de cultivo presentan ventajas y desventajas y un balance entre estas permiten la selección adecuada, siempre en relación con los objetivos planteados.

En este caso se ha optado por hacer todas las experiencias en estanques artificiales, sabiendo que actualmente considerar un cultivo de este tipo a escala comercial resulta prohibitivo, por los altos costos de energía en este sistema de explotación. Sin embargo, también es un hecho que resulta imprescindible pasar por la meso escala de un cultivo piloto, antes de pretender un cultivo comercial en fondo marino.

Por otro lado, los cultivos en estanques presentan algunas ventajas que son fundamentales para la realización de una experiencia primaria como es la presente, dichas ventajas son básicamente:

- 1).- El cultivo en estanques permite un manejo cuidadoso y eficiente de las plantas, sin riesgo de pérdidas por efectos de las condiciones ambientales. Si se toman en consideración las condiciones cambiantes climáticas que se presentan en las costas de Veracruz, los estanques parecen ser la mejor opción.
- 2).- Permite seleccionar y mantener poblaciones a través de propagación vegetativa (clones), que pueden ser muy útiles como fuente de "semilla" en un eventual esfuerzo para llevar a cabo una repoblación o para aumentar la densidad poblacional en praderas naturales. Incluso, si se considera que la demanda de *Gracilaria* se ha mantenido elevada, que se ha incrementado el



interés en el agar de alta calidad por parte de las industrias de alimentos y farmacéutica y además la explotación en praderas naturales ha declinado, el cultivo de *Gracilaria* en estanques se mantiene como una opción válida para conseguir materia prima de manera adecuada y sostenible (Fonck, 1986 en Edding, 1995).

3).- Se tiene la posibilidad de controlar y optimizar el suministro de nutrientes, así como el control de otras variables experimentales como la salinidad y la temperatura, eventualmente, permite un control más eficiente de la contaminación en general por bacterias y hongos y por epífitas (Lignell *et al.*, 1987).

4) Permite también, la optimización de espacios en tierra mal aprovechados o incorporados para actividades agrícolas terrestres.

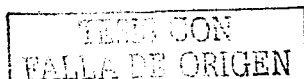
La cantidad y calidad del gel producido por especies de *Gracilaria* son los dos elementos fundamentales a evaluar para determinar la rentabilidad de la explotación del recurso. En esta propuesta de trabajo se pretende obtener información sobre las condiciones básicas para incrementar la disponibilidad de biomasa y determinar los factores que la afectan en condiciones de cultivo. De esta forma los objetivos son:

#### OBJETIVO GENERAL.

Evaluar la productividad a través del crecimiento y el incremento en biomasa de *Gracilaria cf caudata* en diferentes condiciones de cultivo en estanques artificiales.

#### OBJETIVOS PARTICULARES

- Medir la variación de biomasa mensual durante un ciclo anual de *Gracilaria cf caudata* en el área de estudio.
- Determinar la mejor relación densidad - productividad (crecimiento y biomasa) a partir de tres diferentes densidades de inóculo inicial.
- Determinar los óptimos de crecimiento de las plantas y un menor desarrollo de epífita en función de la concentración y frecuencia del pulso de nutrientes.
- Determinar el intervalo de salinidad para el cultivo de esta especie en estanques.
- Determinar las condiciones óptimas del pretratamiento alcalino en la extracción de agar.



## ÁREA DE ESTUDIO

Costa de Oro se considera una prolongación de las playas de Mocambo y se encuentra en el municipio de Boca del Río, Ver., al sureste de la Isla de Sacrificios y sur de la Ciudad y Puerto de Veracruz (Fig. 1).

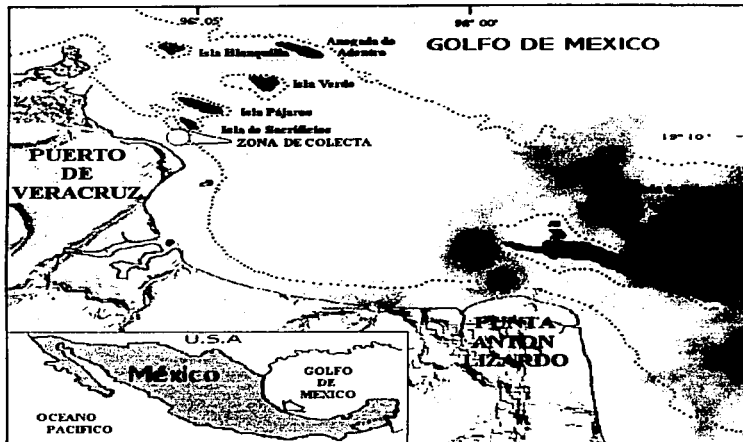


FIG 1 LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio presenta una extensión de alrededor 12000 m<sup>2</sup> constituida por tres praderas, la primera es la más extensa, inicia a 3 m de la playa del hotel Fiesta Americana prolongándose hasta la rompiente del bajo del Ingeniero. Predomina el pasto *Thalassia testudinum*, apreciándose manchas de especies de *Gracilaria*. La segunda pradera se localiza al sureste de la primera, observándose la presencia de una especie de *Gracilaria*, probablemente *Gracilaria cervicornis*. La tercera pradera se ubica al suroeste de la segunda y a 300 m de la playa, la cual fue seleccionada para este trabajo, presentando un ancho promedio de 17.8 m y 52 m de largo, con una área de 925.6 m<sup>2</sup> aproximadamente. La mayor parte del sustrato es arenoso rocoso, con una profundidad de 1.5 a 2 m, la especie de *Gracilaria* que habita aquí es *Gracilaria cf caudata* y se encuentra cubierta por *Hypnea*, la cual se enrolla en algunas de las ramificaciones; en los extremos de esta pradera el sustrato es arenoso y *Gracilaria cf caudata* se distingue más rolliza.

El clima de la zona es caliente-húmedo con lluvias en verano, y temperatura media anual mayor a los 18°C, correspondiendo al clima A (W2") (W) (i") de García (1964). Los vientos dominantes en las costas del estado de Veracruz, son del Noroeste y del Este aunque pueden ser del Sureste durante el verano, (Horta-Puga, 1993, en Zizumbo, 1995). El ciclo anual puede

Esta Playa está formada por sustrato arenoso modificado por escolleras artificiales, mar adentro se alcanza una profundidad máxima de 2 m. aproximadamente (Blanco y Ramírez 1993).

El área de estudio presenta una extensión de alrededor 12000 m<sup>2</sup> constituida por tres praderas, la primera es la más extensa, inicia a 3 m de la playa del hotel Fiesta Americana prolongándose hasta la rompiente del bajo del Ingeniero. Predomina el



dividirse en dos grandes épocas: la de "nortes" de septiembre a abril y la época de "lluvias" durante el período comprendido entre mayo y agosto.

La circulación de las corrientes en el Golfo de México está relacionada con la influencia de las aguas cálidas y salinas que provienen de la corriente del Lazo, la cual entra a través del Estrecho de Yucatán proveniente del Mar Caribe y salen por el Estrecho de Florida. Parte del agua que penetra al Golfo por el Canal de Yucatán se devuelve por contracorrientes (Armstrong y Grady, 1967, en Zizumbo, 1995). Esta corriente del Lazo es un flujo de agua con alta salinidad (36.7‰) y temperaturas superficiales durante el verano de 28 a 29°C, que se reducen en el invierno a 25 y 26°C. La oscilación de las mareas en la zona alcanza un máximo de 84 cm. y un mínimo de 24 cm. La salinidad promedio en las aguas del Golfo es de 34‰, con una máxima de 39.3‰ y una mínima de 18.2 ‰ (Secretaría de Marina, 1978, en: Zizumbo, 1995).

## MÉTODOS

**Etapa I: selección de la especie a cultivar y del área de suministro de plantas para el cultivo.**

### **A).- Prospección del recurso**

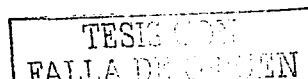
Se realizó un recorrido prospectivo por diferentes zonas de la costa de la ciudad y puerto de Veracruz, para localizar poblaciones de *Gracilaria* y se determinó el área de mayor abundancia de dichas plantas que además presentaron mayores tallas y buen estado en apariencia. Por tal motivo Playa Costa de Oro fue seleccionada como zona de muestreo y suministro de inóculo para esta investigación. (Fig.1).

### **B).- Colecta de material para determinación taxonómica.**

Durante marzo de 1998 se llevó a efecto una recolecta de material para hacer la determinación taxonómica. Los problemas taxonómicos que se presentan con las especies de *Gracilaria* hacen difícil una determinación definitiva de la especie seleccionada. Las características morfológicas y reproductivas indicaron que se trata de *Gracilaria* cf. *caudata* según Kurt Dreckmann (com. per.)

### **C). - Valoración del recurso *in situ***

La biomasa disponible de *Gracilaria* cf. *caudata* en Costa de Oro fue estimada mensualmente de enero a diciembre de 1998. Se usaron tres transectos perpendiculares a la línea de costa a intervalos de 10 m, la extensión de los transectos comprendió entre 5 y 15 m,



Para el muestreo se usaron cuadros de 1 m<sup>2</sup>, cada 5m y se recolectó la biomasa total encontrada en cada cuadro, además de contarse el número de individuos por cuadro (densidad), considerando como individuo a cada planta con disco basal. Las muestras se colocaron en bolsas de nylon transportándose en una hielera a un laboratorio del Instituto Tecnológico del de Boca del Río Ver. (ITMAR).

Cada una de las muestras se lavó con agua dulce para remover sedimento y organismos epibiontes incluyendo las epifitas asociadas y se pesaron en una balanza, registrándose el peso fresco por cuadrante y transecto. Posteriormente se secaron en una estufa a 55 - 60 °C por 32 - 48h. Se estableció la relación peso fresco/peso seco y la biomasa fue expresada como peso seco por unidad de área, estimada con la siguiente ecuación (Brower y Zor 1984):

$$B = (\sum W/A) \text{ o } B = (D) (W) = (D) (\sum W / n.)$$

Donde:

**B** es la biomasa = grs./m<sup>2</sup> o Kg./ha

$\sum W$  = suma de los pesos individuales en una muestra;

**A** = total del área muestreada;

**D** = densidad,

**n** = número de individuos en la muestra

Los parámetros ambientales como temperatura, salinidad y pH se determinaron cuando se realizaron los muestreos. La precipitación total durante este estudio fue obtenida del Centro de Previsión del Golfo de México (Observatorio Meteorológico de Veracruz 1998).

Análisis de varianza de una vía y prueba de los Rangos Múltiples de Duncan fueron usados para comparar el promedio de biomasa en los diferentes meses; se también efectuó el Análisis de Correlación para establecer las relaciones entre biomasa, temperatura, salinidad, pH y precipitación.

## **Etapas II: Diseño experimental en laboratorio**

### **1. Fases experimentales**

#### **1.1 Nutrientes y epifitas**

El propósito de esta fase experimental fue, determinar la concentración y frecuencia de pulsos de nutrientes (suministro de N), en un sistema de cultivos bajo condiciones controladas para determinar su efecto sobre el crecimiento de *Gracilaria* cf. *caudata* y determinar el efecto en el desarrollo de epifitas.



## 1.2 Diseño experimental

Un total de 18 bolsas de polietileno natural de calibre 400, con una capacidad de 30 l de agua de mar a 36 ‰, fueron colocadas como un sistema de "bobinas" colgantes, con suministro de aire comprimido a través de mangueras fijas en el fondo de cada bolsa, para producir movimiento ondulatorio y constante (día y noche) en las algas (Smit *et al.*, 1997). La irradiancia fue continua, con 12 lámparas de luz fría marca Phillips de 75 watts, (Pickering *et al.*, 1993) colocando 6 de éstas por cada 9 bolsas (Fig.2).

Los parámetros de cultivo fueron medidos cada 12 horas con el siguiente equipo: termómetro de mercurio de - 20 °C a 100° C. Brannam, potenciómetro con electrodo marca Atago; oxímetro digital Ysi modelo 58, refractómetro manual s/Mill O a 100 ‰.

Cada bolsa fue inoculada con 30 gr. de *Gracilaria cf caudata*, se repartieron en 9 tratamientos: 3 diferentes concentraciones de nutrientes y 3 frecuencias de aplicación de los pulsos de estos y cada tratamiento tuvo dos réplicas.

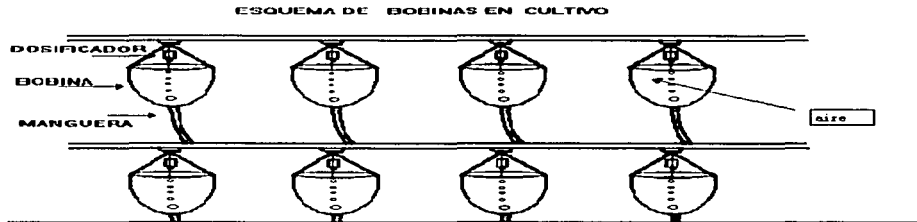


Fig.2 Representación del sistema de cultivos en el laboratorio

El suministro de nitrógeno fue a partir de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  con las siguientes concentraciones: baja = 36  $\mu\text{M}$ , media = 72  $\mu\text{M}$  y alta = 143  $\mu\text{M}$ , la duración de los pulsos durante el experimento a cada lote de algas fue siempre de 6 hrs. (Pickering *et al.*, 1993) en el que las algas se colocaron en un recipiente de polietileno con un litro de agua de mar enriquecida con medio Guillard (1975), donde se agregaron las concentraciones correspondientes de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

Después de las 6 hrs, las algas se colocaron en sus bobinas correspondientes con agua de mar no enriquecida. Las frecuencias de aplicación de los pulsos fueron: baja = un pulso cada dos semanas, media = un pulso por semana, alta = dos pulsos por semana (Lapointe, 1985). El experimento fue llevado a cabo durante 7 semanas (abril - mayo), incluyendo 21 días de aclimatación previa, bajo el mismo régimen experimental. La cosecha de las unidades fue realizada semanalmente incluyendo recambios de agua, limpieza de las bobinas de cultivo y restituyendo la densidad inicial de *Gracilaria* (30 gr.).



Las algas cosechadas se colocaron durante 20 minutos en plataformas especiales para drenar el exceso de agua; posteriormente las plantas fueron pesadas en una balanza granataria de precisión inmediata y los datos se expresaron como el promedio de la Tasa de Crecimiento Relativo (RGR) en unidades de % por día, de acuerdo a la fórmula propuesta por Hunt (1978, en Pickering et al., 1993).

$$RGR = \frac{(\log_e W_2 - \log_e W_1) * 100}{t_1 - t_2}$$

Donde:

$W_2$  = el peso fresco de la planta al tiempo  $t_2$ .

$W_1$  = el peso fresco de la planta al tiempo  $t_1$ ,  $t_1 - t_2 = 1$  semana

La metodología de evaluación de proporción de biomasa de epífitas, se realizó al final de las cuatro semanas. Las plantas fueron limpiadas manualmente de epífitas y fueron pesadas en una balanza analítica de precisión inmediata para la determinación de su porcentaje de peso en relación con el de *Gracilaria* cf. *caudata*.

### 1.3 Análisis Estadístico

Los datos promediados de *RGR* de *Gracilaria* y los promedios de los cálculos de epífitas registrados en el día 49, fueron sometidos a un Análisis de Varianza para determinar la significancia de los efectos de los tratamientos y sus interacciones. Las diferencias entre las medias de los tratamientos fueron comparadas usando la Prueba de Rango Múltiple de Duncan.

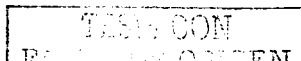
## 2. Salinidad

El propósito de esta fase experimental fue determinar la salinidad adecuada para el desarrollo de esta especie y su utilización en cultivo en tanques exteriores.

### 2.1 Diseño experimental

Un total de 12 bolsas de polietileno natural de calibre 400, con una capacidad de 30 l de agua de mar, fueron colocadas en un sistema de "bobinas" igual al anterior (fig. 2), repartidas en 4 tratamientos. Las concentraciones de salinidad del medio fueron 20‰, 25‰ y 30‰ y un control a 36‰.

Para mantener la salinidad deseada, el agua de mar fue diluida con agua dulce dechlorada. Las salinidades fueron diseñadas como un experimento completamente al azar con 3 réplicas. El suministro de nitrógeno fue a partir de  $NH_4NO_3$  con una concentración de 143  $\mu M$  (basada en la experiencia anterior), cada 14 días con pulsos de 6 hrs. (Pickering et al., 1993).



El experimento fue llevado a cabo durante 6 semanas (julio-agosto de 1998) incluyendo 14 días de aclimatación bajo el mismo régimen experimental. La cosecha de las unidades fue realizada semanalmente al igual que los recambios de agua y limpieza de las bobinas de cultivo, dejando la densidad inicial (30 gr.).

Las algas cosechadas se procesaron y analizaron de la misma forma que en el experimento de nutrientes y los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y a la Prueba de Rango Múltiple de Duncan.

### Etapa III: Cultivos experimentales en estaqueas

#### 3. Densidad del cultivo

Debido a que no se cuenta con antecedentes de trabajos de cultivo de esta especie en la región, se trabajó inicialmente con las siguientes densidades: 1, 2 Y 4 Kgrs/m<sup>2</sup>, con 4 réplicas por condición. Debido a que los mejores resultados, después de 3 meses de cultivo, fue la de 4 Kgrs/m<sup>2</sup> se decidió iniciar otro experimento con dos densidades, manteniendo la densidad de 4 Kgrs/m<sup>2</sup> y otro, aumentando la densidad, a 6 Kgrs/m<sup>2</sup>, con 3 réplicas por tratamiento (Santelices com. Per.).

#### 3.1 Sistema de cultivo

Para densidades de 1, 2 y 4 se utilizaron 12 estanques exteriores de concreto con una capacidad de 390 litros (Fig. 3 y 4). Dichos estanques tienen un sistema de incorporación de aire a través de tubos de PVC de  $\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro con con orificios de 1/16 mm cada 5 cm, ubicados longitudinalmente en el fondo, para la circulación de agua, manteniendo a las plantas en suspensión (Fig. 4). El aire fue

bombearado con un compresor durante las horas de luz-día.

El volumen efectivo de cada tanque fue de 350 l., el suministro de agua de mar fue mediante camiones cisterna con agua de mar filtrada. La salinidad y el suministro de nutrientes fueron determinados en función de los mejores resultados de las fases anteriores (36 ‰ y 143  $\mu$ M cada 14 días, con pulsos de 6 hrs).

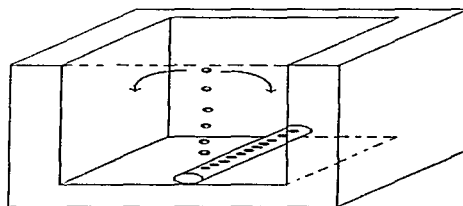


Fig. 3 Sistema de aireación de los estanques

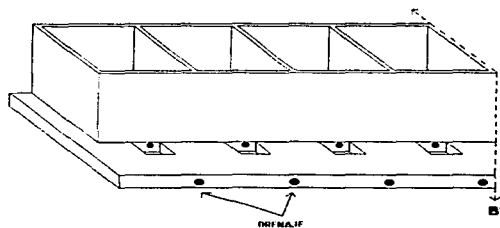


Fig. 4 Vista de la sección frontal de la estanquería

El aumento de la salinidad por la evaporación normal de la zona fue controlado agregando a los estanques agua potable de clorinada y efectuando recambio de agua cada 14 días. El periodo del experimento fue de seis meses (septiembre 98 a febrero del 99), dos meses para las primeras 3 densidades y 4 meses para las 2 últimas densidades, sin renovación del inóculo.

Con el fin de mantener el pH entre 8.0-8.5, se suministró diariamente a los tanques de cultivos  $CO_2$  hasta obtener el pH deseado. La temperatura del agua se determinó todos los días entre las 10 y 13 hrs al igual que la salinidad y el pH.

### 3.2 Cosecha, peso y determinación de la tasa de crecimiento.

Cada dos semanas (cada 14 días) la biomasa total de cada tanque se colocó en una red durante 20 minutos para drenar el exceso de agua, las plantas fueron pesadas en una balanza analítica Sartorius M2024 con tara automática, la cosecha se realizó, dejando la biomasa correspondiente al inóculo inicial, simultáneamente los tanques fueron limpiados con agua dulce y el agua de mar fue cambiada completamente. Se registró el incremento de biomasa, se calculó la tasa relativa de crecimiento diario ( $r$ ) y el rendimiento ( $Y$ ) mediante las siguientes fórmulas:

$$r = \left[ (w_t / w_0)^{1/t - 1} \right] 100\%$$

$$Y = (W_t - W_0)^{-1}$$

Donde:

$r$  = tasa de crecimiento diario en porcentaje y

$Y$  = rendimiento en gr. /  $m^2$  por día de peso fresco del alga diario

$W_t$  = peso húmedo después de  $t$  días.

$W_0$  = peso húmedo inicial. (Lignell y Pedersen, 1987 en: Oliveira *et. al.* 1989)

### 3.3 Control de epifitas

Dos tratamientos fueron ensayados para el control de epifitas en los estanques. Limpieza a mano al mismo tiempo que se cosechaba y la adición de cloro al medio de cultivo (Ugarte y Santelices 1992).

El cloro fue suministrado al agua de los estanques previamente al restablecimiento del inóculo en una proporción de 1ml/l del medio de cultivo, manteniéndolo por una hora,



posteriormente el cloro fue neutralizado con tiosulfato de sodio, y después de 15 minutos fue introducido el inóculo de *Gracilaria*.

### 3.4 Extracción de agar

Con el propósito de establecer las condiciones de temperatura, concentración (%) de NaOH y duración del tratamiento aplicado en el tratamiento alcalino de extracción de agar se llevó a cabo el siguiente análisis:

Pruebas preliminares sobre plantas *Gracilaria* encontrada en el área de estudio, con un modelo estadístico  $3^3$  factorial con 2 repeticiones, en el cual combinamos tres condiciones que son la temperatura, concentración de NaOH y la duración del tratamiento térmico, estos parámetros se expresan en el modelo de la tabla 2 (Villanueva, *et al.*, 1997).

Tabla 2. Modelo estadístico  $3^3$  factorial que se utilizó en el experimento

Combinaciones del tratamiento	Temperatura en °C	Concentración en % de NaOH	Duración del tratamiento en horas
1	70	4	0.5
2	70	4	1
3	70	4	2
4	70	7	0.5
5	70	7	1
6	70	7	2
7	70	10	0.5
8	70	10	1
9	70	10	2
10	80	4	0.5
11	80	4	1
12	80	4	2
13	80	7	0.5

14	80	7	1
15	80	7	2
16	80	10	0.5
17	80	10	1
18	80	10	2
19	90	4	0.5
20	90	4	1
21	90	4	2
22	90	7	0.5
23	90	7	1
24	90	7	2
25	90	10	0.5
26	90	10	1
27	90	10	2

A cada muestra se le determinó el rendimiento, los cuales fueron evaluados mediante un análisis de varianza (significancia = 0.05) y con los Rangos Múltiples de Duncan.

En cada tratamiento se utilizó 10 g de materia seca, se sumergieron en 500 ml de NaOH con una concentración (4 ,7 y 10 %), durante 24 hrs. Después del tratamiento alcalino, cada muestra fue lavada con agua corriente y se empaparon en 600 ml de HOAC al 5% en un cuarto templado (28 a 30 °C) por 1 hr. La muestra fue lavada y escurrida. Para la extracción, se colocó en un recipiente con 600 mililitros de agua destilada y se llevan a ebullición durante 1.5 horas, manteniendo el volumen de agua. La filtración se realizó en caliente, con la ayuda de una bomba de vacío y papel filtro de poro fino, el filtrado fue colocado en charolas de aluminio. se congeló durante 12 horas y fue descongelado en una estufa a 60 °C obteniendo el rendimiento de agar con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ rendimiento de agar} = \frac{\text{gramos de agar}}{\text{gramos de alga seca}} * 100$$



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Etapas I: Sobre la selección de la especie a cultivar y del área de suministro de plantas para el cultivo.**

**c). Estimación de la biomasa disponible en la zona seleccionada.**

Se llevó a cabo un seguimiento anual de diferentes parámetros ambientales en el área de estudio durante el año de muestreo que permitió hacer la estimación de biomasa disponible, los resultados se incorporan en la tabla 3.

Tabla 3. Parámetros ambientales del área de colecta

Meses	Temperatura del agua del mar °C	salinidad ‰	pH
enero	25.3	36	8
febrero	25.5	36	8
marzo	27	36	8.11
abril	27.4	35	8.4
mayo	30.9	36	8.15
junio	31.6	37	8.56
julio	31.6	36	8.4
agosto	30.8	34	8.4
septiembre	30.8	34	8.4
octubre	30.8	35	8.6
noviembre	28.7	32	8.8
diciembre	26.2	35	8.72

La salinidad del mar fluctuó entre 32‰ en noviembre y 37‰ en junio; la temperatura del mar osciló entre 25.3 °C en enero y 31.6 °C en junio y julio; el pH tuvo una variación de 8.0 a 8.8. El análisis de correlación manifestó que las fluctuaciones de salinidad, temperatura y pH no mostraron una correlación positiva con la variación de la biomasa en el sitio de estudio ( $P = 0.05$ ). Fig 5.

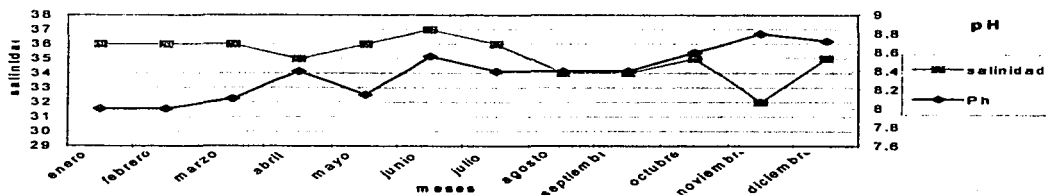


Fig. 5. Salinidad y pH en el área de estudio

En la figura 6 se muestra la variación de biomasa muestreada a lo largo de un ciclo anual en la pradera bajo estudio, graficada en peso húmedo y en peso seco. La biomasa exhibe una variación temporal notable, presentando las condiciones extremas en octubre con un valor mínimo de  $20.96 \pm 17.05 \text{ g/m}^2$  y  $2.54 \text{ gr/m}^2$  peso fresco y peso seco respectivamente y en junio con un máximo de  $754.072 \text{ Y } 103.42 \text{ gr/m}^2$  peso fresco y peso seco. El análisis estadístico mostró que el desarrollo máximo de junio fue significativamente diferente a todos los otros meses y que la rendimiento mínima de octubre sólo fue significativamente diferente con junio y julio ( $P > 0.05$ ). Además se encontraron diferencias significativas entre marzo y los meses de abril, mayo, junio y julio. (tabla. 4 y 5).

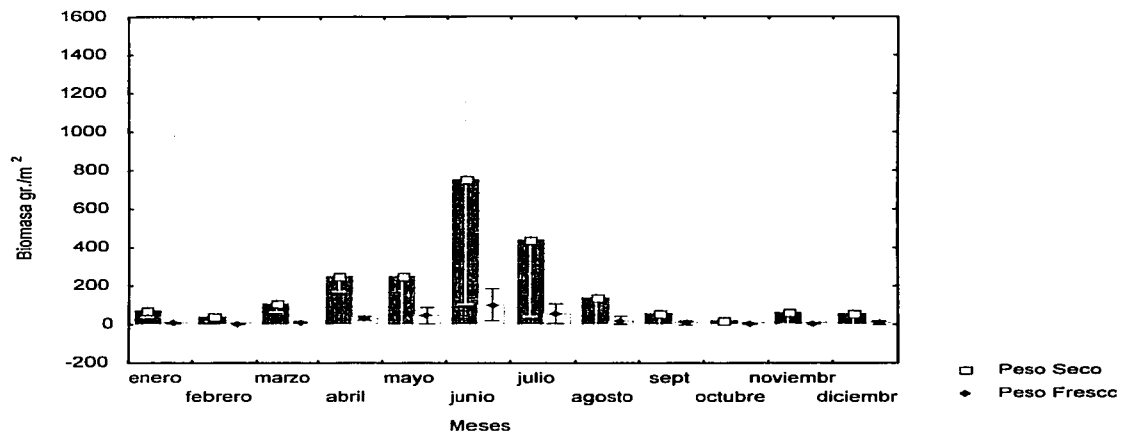


Figura 6. Variación de la biomasa fresca y seca de *Gracilaria cf. caudata* en el área de estudio. Las barras muestran los valores promedios  $\pm$  D.S.

Tabla 4. Análisis de varianza una vía (AnovaNOVA), entre los datos de biomasa peso fresco contra los meses de muestreo

Variable	Factor de Variación	Cuadrado de la media del efecto	Grados de libertad del efecto	Cuadrado de la media del error	Grados de libertad del Error	F calculada	nivel $p < .05000$
biomasa	meses	357247.5	11	68505.164	72	5.21489859	5.56654E-06

Tabla 5. Análisis de varianza una vía (Anova), entre los datos de biomasa de peso seco contra los meses de muestreo

Variable	Factor de Variación	Cuadrado de la media del efecto	Grados de libertad del efecto	Cuadrado de la media del error	Grados de libertad del Error	F calculada	nivel $p < .05000$
biomasa	meses	738866.813	11	945.175537	72	781.724426	0

Por otro lado, se hizo un análisis de correlación (figura 7) entre la variación de la precipitación mensual con la producción de biomasa para ver si había algún efecto de la lluvia sobre las condiciones de la pradera de *Gracilaria*. El total de lluvia mensual varió de 4.3 mm en el mes de febrero a 379.3 mm en el mes de julio y no se presentó ninguna relación significativa ( $p = .05$ ).

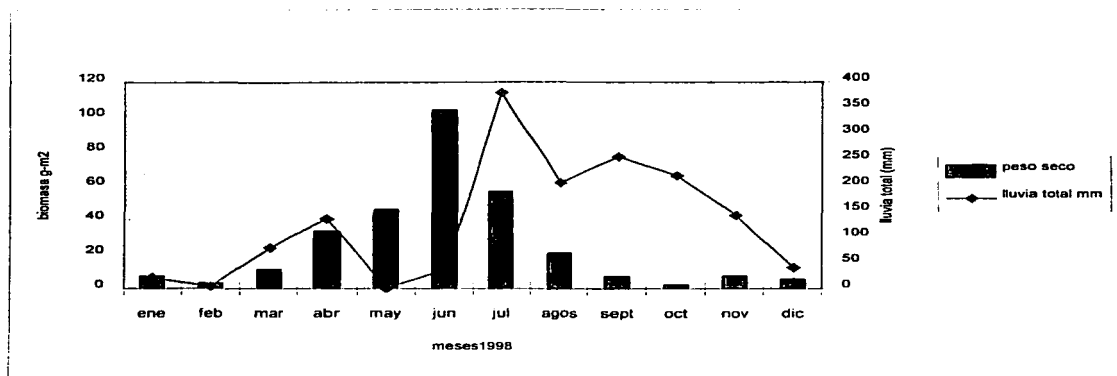


Figura 7. Promedio mensual de biomasa ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) correlacionada con la distribución de lluvia total mensual.

Cabe hacer notar que el incremento significativo de biomasa inicia en el mes de abril y se acentúa en mayo, justo cuando se produce la interfase de cambio climático, que alcanza su pico más alto en junio. No obstante que en nuestro análisis estadístico no se encontró correlación negativa significativa entre la cantidad de lluvia total y de biomasa, la variación de la biomasa puede deberse al cambio de estación, desde la época de secas a la de lluvias. De la misma forma, la menor cantidad de biomasa registrada puede atribuirse al cambio de la época de lluvias a la época de "nortes", la que inicia en septiembre aproximadamente, afectando el desarrollo de biomasa por el daño físico directo a las plantas principalmente, las que se ven flotando y son acarreados a la orilla por acción de fuerte oleaje durante este periodo. Es decir, se observa una baja drástica de la biomasa después de los meses de julio y agosto a causa de las lluvias intensas y turbonadas que cubren con arena y cieno las praderas, produciendo en consecuencia la cobertura de la cama algal y su fluctuación espacial a través



del año. Los efectos del movimiento de arena modificando la extensión de una cama de *Gracilaria* han sido reportados también por Silva *et al* (1987).

La baja de biomasa durante las lluvias, observadas en este estudio coincide con los trabajos de De Castro *et al.* (1991) y Pondevidia y Hurtado (1996), que muestran la variación estacional de una sola especie. Por otro lado Santelices *et al.* (1984), observaron que la cosecha en pie era afectada por pérdidas debido a las tormentas y que la recuperación de *Gracilaria verrucosa* después de esto fue inesperadamente rápida debido al incremento de la velocidad de crecimiento de las porciones de talos enterrados en la arena.

En nuestra área de estudio pese al daño por los efectos del huracán Mitch en octubre de 1998 que cubrió con arena la pradera de *Gracilaria* en un 35%, la producción de biomasa fue 2.154 gr/m<sup>2</sup> lo que indica que no hubo cese total del crecimiento. En relación al siguiente mes (noviembre) hubo un incremento de 7.3 gr/m<sup>2</sup> en la biomasa.

## Etapa II. Diseño experimental en laboratorio.

### 1. Fases experimentales

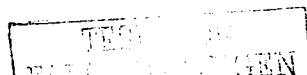
#### 1.1 Nutrientes y epífitas

En las tablas 8-11 se presentan los resultados de crecimiento de los inóculos algales sujetos a tratamiento después de 28 días de experimentación, con sus respectivos cálculos de la tasa relativa de crecimiento (RGR) en gr/día a partir de mediciones periódicas cada 7 días.

Los promedios generales de biomasa obtenidos a partir de los datos anteriores muestran que los tratamientos con concentración baja de nutrientes (36  $\mu\text{m}$ ) tuvieron un incremento directamente proporcional al aumento de la frecuencia de pulsos, desde 0.6084 gr/día con un pulso, hasta 3.4765 gr/día con 4 pulsos. A una concentración media (72  $\mu\text{m}$ ) se presentó una oscilación con una baja sensible hasta -0.149 gr/día a la frecuencia de 2 pulsos y una productividad máxima de 1.2617 gr/día a la frecuencia de 4 pulsos. En el caso de la concentración alta (143  $\mu\text{m}$ ) la productividad se incremento a las frecuencias baja y media y decreció a la frecuencia alta, pero mostrando el promedio más alto de productividad (Tabla 12).

Tabla 8. Se presentan los datos obtenidos de peso inicial ( $W_1$ ) y peso final ( $W_2$ ) así como evaluación de la tasa relativa de crecimiento en las diferentes frecuencias y pulsaciones de *Gracilaria cf caudata*

abril 18 de 1998				
Tratamientos	$w_1$ (gr)	$W_2$ (gr)	RGR	Promedios
BAJA 36	30,0	31,5	0,69	
BAJA 36	30,0	32,3	1,0	0,87
MEDIA 36	30,0	36,5	2,8	



MEDIA 36	30.0	37.4	3.1	2.9
ALTA 36	30.0	37.2	3.0	
ALTA 36	30.0	37.3	3.1	3.0
BAJA 72	30.0	34	1.7	
BAJA 72	30.0	36.8	2.9	2.3
MEDIA 72	30.0	32	0.92	
MEDIA 72	30.0	32	0.92	0.92
ALTA 72	30.0	32.5	1.17	
ALTA 72	30.0	38.5	3.5	2.3
BAJA 143	30.0	38.6	3.6	
BAJA 143	30.0	40.0	4.1	3.8
MEDIA 143	30.0	35.8	2.5	
MEDIA 143	30.0	37.3	3.1	2.8
ALTA 143	30.0	34	1.7	
ALTA 143	30.0	34.6	2.0	1.9
Suma W <sub>2</sub> =		638.3		
Promedio W <sub>2</sub> =		35.46		

(w<sub>1</sub> (gr) = peso inicial    w<sub>2</sub>(gr) = peso final : Tratamientos baja = 36 μM, media = 72 μM y alta = 143 μM de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>,  
RGR = tasa relativa de crecimiento

Tabla 9. Datos obtenidos de peso inicial (W<sub>1</sub>) y peso final (W<sub>2</sub>) en la segunda semana así como evaluación de la tasa relativa de crecimiento en las diferentes frecuencias y pulsaciones de *Gracilaria cf caudata*

abril 25 de 1998				
Tratamientos	w <sub>1</sub> (gr)	W <sub>2</sub> (gr)	RGR	Promedios
BAJA 36	30.0	29.5	-0.24	
BAJA 36	30.0	30	0.0	-0.12
MEDIA 36	30.0	31.4	0.65	
MEDIA 36	30.0	33.8	1.7	1.1
ALTA 36	30.0	35.5	2.4	
ALTA 36	30.0	37.9	3.3	2.8
BAJA 72	30.0	32.1	0.96	
BAJA 72	30.0	31.4	0.65	0.80
MEDIA 72	30.0	32.2	1.0	
MEDIA 72	30.0	29.6	-0.19	0.40
ALTA 72	30.0	29.6	-0.19	
ALTA 72	30.0	35.5	2.4	1.1
BAJA 143	30.0	36.83	2.9	
BAJA 143	30.0	36.7	2.8	2.9
MEDIA 143	30.0	36.5	2.8	
MEDIA 143	30.0	37.8	3.3	3.0
ALTA 143	30.0	40.4	4.2	
ALTA 143	30.0	35.6	2.4	3.3
Suma de W <sub>2</sub> =			612.3	
Promedio de W <sub>2</sub> =			34.02	

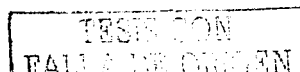


Tabla 10. Datos obtenidos de peso inicial y peso final en la tercera semana así como evaluación de la tasa relativa de crecimiento en las diferentes frecuencias y pulsaciones de *Gracilaria cf caudata*

mayo 2 de 1998				
Tratamientos	w <sub>1</sub> (gr)	W <sub>2</sub> (gr)	RGR	Promedios
BAJA 36	30.0	30.9	0.42	
BAJA 36	30.0	31.7	0.78	0.60
MEDIA 36	30.0	24.3	-3.0	
MEDIA 36	30.0	32.9	1.3	-0.84
ALTA 36	30.0	35.8	2.5	
ALTA 36	30.0	40.4	4.2	3.3
BAJA 72	30.0	32.5	1.1	
BAJA 72	30.0	33.4	1.5	1.3
MEDIA 72	30.0	30	0.0	
MEDIA 72	30.0	29.8	-0.09	-0.04
ALTA 72	30.0	29.6	-0.19	
ALTA 72	30.0	35	2.2	1.0
BAJA 143	30.0	35.7	2.4	
BAJA 143	30.0	38.2	3.4	2.9
MEDIA 143	30.0	37	2.9	
MEDIA 143	30.0	41.8	4.7	3.8
ALTA 143	30.0	40.9	4.4	
ALTA 143	30.0	32.5	1.1	2.7

Suma de W <sub>2</sub> =	612.4
Promedio W <sub>2</sub> =	34.02

Tabla 11. Datos obtenidos de peso inicial y peso final de la cuarta semana así como evaluación de la tasa relativa de crecimiento en las diferentes frecuencias y pulsaciones de *Gracilaria cf caudata*

mayo 9 de 1998				
Tratamientos	w <sub>1</sub> (gr)	W <sub>2</sub> (gr)	RGR	Promedios
BAJA 36	30.0	30.58	0.27	
BAJA 36	30.0	34.2	1.8	1.0
MEDIA 36	30.0	29.8	-0.09	
MEDIA 36	30.0	38.9	3.7	1.8
ALTA 36	30.0	37.5	3.1	
ALTA 36	30.0	45.4	5.9	4.5
BAJA 72	30.0	32.4	1.0	
BAJA 72	30.0	28.4	-0.78	0.15
MEDIA 72	30.0	24.8	-2.7	
MEDIA 72	30.0	27.9	-1.0	-1.8
ALTA 72	30.0	28.8	-0.58	
ALTA 72	30.0	33.9	1.7	0.58
BAJA 143	30.0	35.6	2.4	
BAJA 143	30.0	38	3.3	2.9
MEDIA 143	30.0	41.4	4.6	
MEDIA 143	30.0	38.6	3.6	3.9
ALTA 143	30.0	43.5	5.3	4.4
ALTA 143	30.0	31.8	0.83	3.0

Suma de W <sub>2</sub> =	621.5
Promedio de W <sub>2</sub> =	34.53

Tabla 12. Resumen de los datos de las tablas 8-11.

Abr-18	Abr-25	May-02	9-May	Concentración	Pulsos	Promedios
0.87	0.12	0.60	1.0727	36	1	0.60
2.9756	1.1	-0.84	1.8	36	2	1.2
3.0922	2.8	3.3	4.5	36	4	3.4
2.3533	0.80	1.3	0.15	72	1	1.1
0.922	0.40	-0.04	-1.8	72	2	-0.14
2.3536	1.1	1.0	0.58	72	4	1.2
3.8553	2.9	2.9	2.9	143	1	3.1
2.8182	3.0	3.8	4.1	143	2	3.4
1.913	3.3	2.7	3.0	143	4	2.7

La Fig. 8 muestra las fluctuaciones en el crecimiento de *Gracilaria cf. caudata* en los diferentes tratamientos en función de la frecuencia de pulsos de aplicación de nutrientes y se puede observar que en términos generales el tratamiento de concentración alta (143  $\mu\text{m}$ ) resultó ser el más eficiente en promedio, el de concentración media (72  $\mu\text{m}$ ) fue el menos eficiente y el de concentración baja (36  $\mu\text{m}$ ) presentó la mayor productividad con una aportación de 4 pulsos cada 14 días.

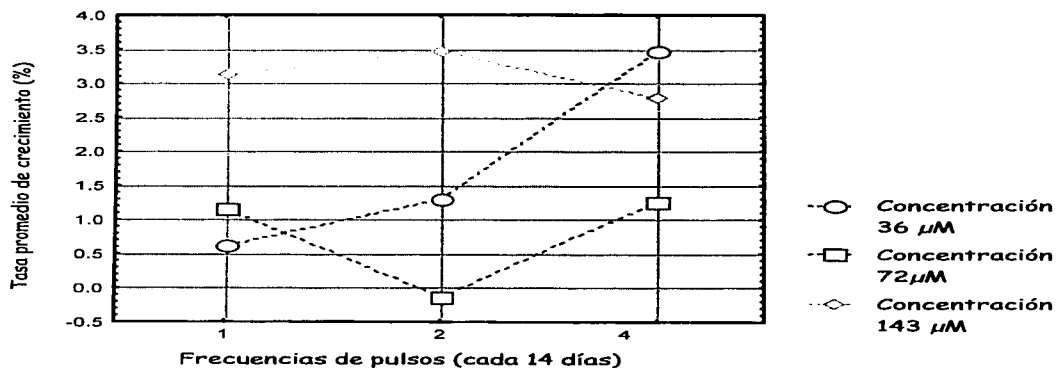


Figura 8.- Tasa de crecimiento (% /día en función de la frecuencia de pulsos de aplicación de nutrientes para distintas concentraciones en función de los pulsos de concentración de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$

En la Fig. 9, usando como referencia principal las concentraciones de nutrientes, se muestra que a 143  $\mu\text{m}$  de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  se presentaron las máximas eficiencias considerando las tres frecuencias experimentadas, a excepción del valor obtenido a 36  $\mu\text{m}$  y frecuencia de un pulso y que no hay diferencias significativas entre estas.

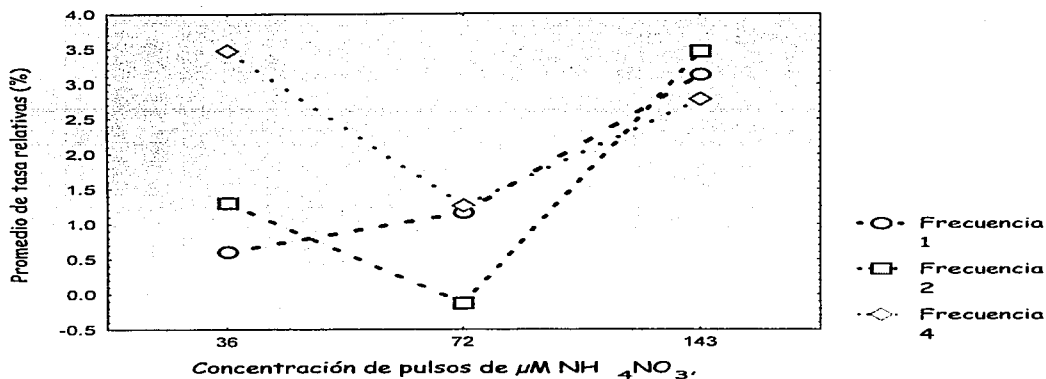


Figura. 9 Tasa de crecimiento (% /día de en función de la concentración para cada frecuencia de pulsos.

El juego de frecuencias de pulsos de nutrientes utilizadas en el presente estudio fue el mismo que en Lapointe (1985) y que en Pickering, *et al.* (1993), además de que en esta segunda referencia también se usaron las mismas concentraciones de nutrientes, por lo que se comparan los resultados.

Lapointe (1985) encontró que el crecimiento de *Gracilaria tickvahie* se incrementó con las frecuencias de pulsos altas; por su parte Pickering, *et al.* (1993) encontraron que el crecimiento de *G. chilensis* sólo se incrementó con las diferentes frecuencias de pulsos a concentraciones bajas de aplicación de nutrientes y su análisis estadístico mostró que tanto para la concentración como para las frecuencias de aplicación de nutrientes y sus interacciones, se presentaron diferencias significativas, aunque al parecer en ambos estudios, la mayor influencia en el crecimiento de las dos especies está relacionada con las frecuencias de pulsos de nutrientes.

En contraste, en este trabajo, la mayor influencia sobre el crecimiento *Gracilaria cf caudata* fue la concentración, como se mostró en la Fig. 9, sin que esto signifique evadir el efecto menor de la frecuencia, como se evidencia en la no significancia entre los resultados de la concentración baja con frecuencia alta y las tres frecuencias a concentración alta.

Cabe mencionar que Lapointe (1985) explica que el comportamiento del crecimiento de *Gracilaria tickvahie* podría estar más relacionado con la cantidad de N disponible para las algas, independientemente de las combinaciones de frecuencias y concentraciones utilizadas en su estudio. Los resultados con *Gracilaria tickvahie* mostraron que no hubo diferencias



de *S. cf. caudata*, donde el análisis estadístico evidenció mayor diferencia significativa para las concentraciones, y menores significancias en las frecuencias (tabla 13).

Tabla 13- Resultados del análisis de varianzas para los datos de tasas relativas de crecimiento (RGR), de *Gracilaria cf. caudata* cultivados en bobinas.

Factor de variación	Grados de libertad del efecto	Cuadrados medios	Grados de libertad del Error	Cuadrados medios	F calculada	nivel p < .05000
concentración	2	33.50129	63	1.65881	20.1959	1.7E-07
frecuencias	2	6.757611	63	1.65881	4.07376	0.02169
interacción	4	8.443893	63	1.65881	5.09032	0.00128

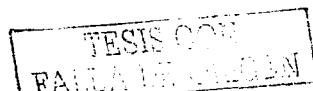
En la tabla 14 se muestran los resultados de la Prueba de los Rangos Múltiples de Duncan para los datos de los promedios de la tasa relativa de crecimiento (%/día) de *Gracilaria cf. caudata* en las diferentes combinaciones de frecuencias y concentraciones de pulsos de nutrientes.

Tabla 14. Prueba de Rango Múltiple de Duncan del promedio de las tasas relativas de crecimiento (RGR), de *Gracilaria cf. caudata* cultivados en bobinas.

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
	.6084250	1.303337	3.476500	1.164800	-.127025	1.261650	3.129835	3.460400	2.779300
36 1 {1}		0.333216	0.000140*	0.391030	0.257846	0.3448	0.0006112*	0.000140	0.002752*
36 {2}	2 0.3332159		0.002724*	0.841560	0.050002	0.948670	0.008419*	0.002474*	0.025360*
36 {3}	4 0.000140*	0.002724*		0.001853*	0.000019*	0.002582*	0.616382	0.980232	0.331619
72 {4}	1 0.3910334	0.8415580	0.001853*		0.061491	0.88102	0.006743*	0.00178	0.023402*
72 {5}	2 0.2578463	0.0500017	0.000019*	0.06149		0.05161	0.000035*	0.000020	0.000103*
72 {6}	4 0.3448020	0.9486715	0.002582*	0.88102	0.051609		0.008661*	0.002426*	0.028128*
143 {7}	1 0.000611*	0.008419*	0.616381	0.006743*	0.00003*	0.008661*		0.60963	0.588248
143 {8}	2 0.000142*	0.002474*	0.980232	0.001785*	0.000020*	0.002426*	0.60963		0.3245660
143 {9}	4 0.002752*	0.025360*	0.331619	0.02340*	0.000103*	0.028128*	0.58825	0.324566	

Los promedios marcados con asteriscos no son diferentes uno de otro al 5% de nivel de significación.

Los puntos discordantes en las gráficas (Fig. 9) donde se presentan descensos en la tasa de crecimiento (72  $\mu\text{M}$  con 2 y 4 pulsos, principalmente), pueden ser explicados a la luz de



Los puntos discordantes en las gráficas (Fig. 9) donde se presentan descensos en la tasa de crecimiento ( $72 \mu\text{M}$  con 2 y 4 pulsos, principalmente), pueden ser explicados a la luz de los resultados de Pickering *et al.* (1993), donde *Gracilaria chilensis* tampoco creció cuando se aplicaron 4 pulsos. EL argumento propuesto es que el crecimiento no fue limitado por la concentración de N, sino que se produce un tiempo de almacenaje de N de entre 7 y 14 días.

Según Ryther *et al.*, (1981 en Smit *et al.*, 1995), *Gracilaria* spp tienen la capacidad para tomar y guardar N en exceso en lo que respecta a sus requerimientos inmediatos y usarlo durante subsiguientes períodos de deficiencia de nutrientes para sostener su crecimiento hasta por tres semanas.

## 2. Salinidad

La tabla 15 muestra el resumen de los resultados obtenidos en el experimento con variación de salinidad en 4 concentraciones (20, 25, 30 y 36 ‰), expresadas en promedios de tasas de crecimiento relativo.

A 20 ‰ se observaron los valores más bajos con una tasa promedio final de 0.01322 g/m<sup>2</sup>/día a las 4 semanas de tratamiento, después de las cuales el crecimiento cesó. A 25 Y 30 ‰, las tasas de crecimiento fueron mayores, aunque al inicio tuvieron un valor negativo que paulatinamente se fue recuperando, hasta alcanzar 1.03324 %/día Y 1.1684 %/día respectivamente. A 36 ‰ se obtuvo el mejor rendimiento final con 1.8801 %/día.

Tabla 15. Promedios de la tasa de crecimiento relativo

		SALINIDAD			
		20 ‰	25 ‰	30 ‰	36 ‰
	semana 1	0.3638	-0.302607	-0.01714	0.7447
promedios	semana 2	-0.04762	0.92471	0.710048	1.81229
RGR(%/día)	semana 3	0.2556	1.15213	2.3397	2.5323
	semana 4	-0.5189	2.35875	1.64133	2.4314
Promedios finales		0.01322	1.03324575	1.1684845	1.8801725

Las curvas en la fig. 10 revelan que durante el período experimental las algas sometidas al tratamiento de 20 ‰ mostraron decremento en la biomasa, así como blanqueamiento en algunas puntas de los talos y necrosis, a 25‰ aunque no hubo decremento en el crecimiento si se necrosaron y blanquearon los talos. Además, se presentó crecimiento importante de epífitas filamentosas que restringen aún más el crecimiento limitado de dichos talos. A 30‰ también se obtuvo un valor negativo al inicio del experimento que aumentó posteriormente y no se presentó blanqueamiento de puntas ni necrosis. A 36 ‰ las tasas relativas de crecimiento fueron las más altas en cada semana de evaluación y tampoco se presentó blanqueamiento de puntas ni necrosis.

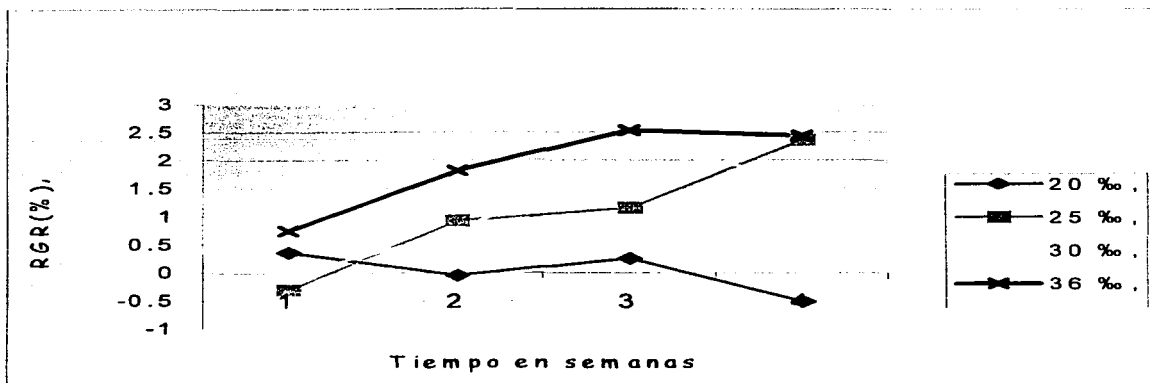


Figura 10. Evaluación de la tasa de crecimiento relativa de *Gracilaria. cf caudata* con 4 diferentes salinidades

De acuerdo con análisis estadístico (Anova de una vía), no hay diferencia significativa en la tasa de crecimiento relativa (Tabla 16) entre los tratamientos de 20‰, 25 ‰ y 30‰, pero si la existe a 36‰ con respecto a las salinidad de 20‰ (Tabla 17).

Tabla 16. Análisis de varianza para los valores de las tasas de crecimiento relativo de *G. Cf caudata*, cultivada en estanque 3 salinidades diferentes

Variable	Factor de Variación	Cuadrado de la media del efecto	Grados de libertad del efecto	Cuadrado de la media del error	Grados de libertad del Error	Cuadrado del medio del error	F Calculada	nivel p < .05000
%/día	salinidad	21.308575	3	76.7667	44	1.744699	4.07110	0.0122

Tabla 17. Prueba de Rango Múltiple de Duncan del promedio las tasas de crecimiento relativo de *G. caudata*, cultivada en estanque a 3 salinidades diferentes

	{1}	{2}	{3}	{4}
	.0132354	1.2167	1.1163	1.9078
20 {1}		*0.04240644	0.05031416	*0.00221247
25 {2}	*0.04240644		0.85554331	0.21374018
30 {3}	0.05031416	0.85554331		0.17972894
36 {4}	*0.00221247	0.21374018	0.17972894	

Los promedios marcados con asteriscos no son diferentes uno de otro al 5% de nivel de significación.

En los estudios realizados con anterioridad a este trabajo sobre distribución y rendimiento de las especies de *Gracilaria* sometidas a diferentes salinidades, se encontró que en salinidades extremas (15‰ a 60‰) los talos se necrosan y el rendimiento es mínimo (Koch y Lawrence 1987). A pesar de que varios autores citan que muchas especies

de *Gracilaria* submareales pueden ser notablemente eurihalinas, o por el contrario ostensiblemente estenohalinas.

Los intervalos de tolerancia al gradiente de salinidad *in situ* reportados para algunas especies de *Gracilaria* son de 9‰ a 32‰ (Westermeier 1982 en: Bird *et al.* 1986), para especies estuarinas del sur de Chile, de 17‰ y 35‰ para *G. tickvahie* de Florida (Earle 1969, en: Bird *et al.* (1986), y entre 33‰ a 36‰ para *Gracilaria domingensis*, (Bird *et al.* (1986), entre otras. Bird *et al.*, (1986), encontraron que bajo condiciones experimentales de exposición a largo plazo, *Gracilaria* es en general ampliamente eurihalina, Bird *et al.*, 1986) no encontraron ninguna especie estenohalina, incluso esas especies aisladas de costas abiertas donde la salinidad varía mínimamente (*G. domingensis*, *G. coronopifolia* y *G. debilis*) como parece ser el caso de *G. cf caudata*, en tanto los datos aquí expuestos muestran una estrecha tolerancia a las variaciones de salinidad (30‰ a 36‰). aunque los resultados no son concluyentes, puesto que no fueron establecidos el mínimo y el máximo del intervalo de tolerancia de esta especie, que al parecer no se ve afectada *in situ* por grandes fluctuaciones de salinidad, a pesar de que la desembocadura del Río Jamapa se encuentra aproximadamente a 7 kilómetros de la zona de estudio,

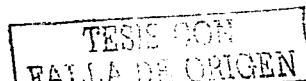
### 3. Epífitas.

Las principales epífitas que se presentaron sobre las plantas de este experimento fueron de la familia Ulvaceae, particularmente especies de *Chaetomorpha*, *Enteromorpha*, y en menor proporción de *Ulva*.

En la tabla 18 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación de la biomasa de las epífitas con relación al peso total de *Gracilaria cf. caudata*. Para la concentración de 36 µM los valores de peso de las epífitas fueron menores al 5 % a las frecuencias baja y media y en la frecuencia alta alcanzó 17.38 %. En el caso de la concentración de 72 µM los porcentajes promedio de epífitas fueron los más bajos, con 0.165 % para la frecuencia media y un poco más de 5 % para las frecuencias baja y alta. Con la máxima concentración (143 µM) todos los porcentajes promedio sobrepasaron el 5%, alcanzando el máximo a la frecuencia media con 18.325 %.

Tabla 18. Resumen de los resultados en la evaluación de biomasa relativa de epífitas

Frecuencia	Concentración (µM)	Promedio de peso Fresco (gr) <i>Gracilaria c. f. caudata</i>	Peso de epífitas (gr)	Promedio final de la tasa de crecimiento relativa	% de epífitas	Peso promedio de epífitas en %
BAJA	36	30.62	0.02	0.28	0.08	
BAJA	36	32.05	0.06	0.928	0.21	0.145
MEDIA	36	30.10	0.69	0.13	2.31	
MEDIA	36	34.60	0.61	2.47	1.76	2.035
ALTA	36	36.05	2.98	2.79	0.08	
ALTA	36	40.25	13.95	4.15	34.68	17.38



ALTA	36	40.25	13.95	4.15	34.68	17.38
BAJA	72	32.75	1.22	1.24	3.75	
BAJA	72	32.50	2.38	1.08	7.35	5.55
MEDIA	72	29.75	0.07	-0.19	0.26	
MEDIA	72	29.820	0.02	-0.05	0.07	0.165
ALTA	72	30.130	0.12	0.04	0.41	
ALTA	72	35.730	3.43	2.47	9.61	5.01
BAJA	143	36.680	5.47	2.80	14.91	
BAJA	143	38.230	5.77	3.45	15.09	15
MEDIA	143	37.680	7.48	3.23	19.88	
MEDIA	143	38.88	6.52	3.68	16.77	18.325
ALTA	143	39.70	13.18	3.94	33.21	
ALTA	143	33.63	1.00	1.61	2.99	18.1

En la figura 11 se observa un comportamiento de las curvas semejante al de la tasa promedio de crecimiento, (Fig. 8), es decir, hay una relación directamente proporcional del incremento de epifitas con el incremento en la frecuencia de pulsos a una concentración de

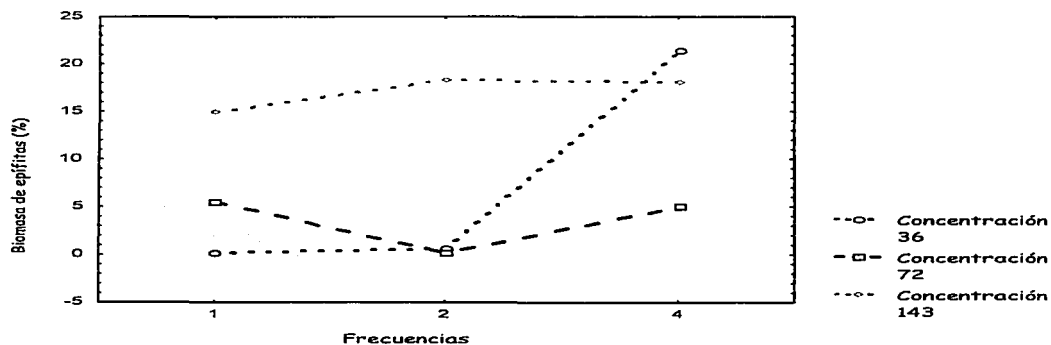


Figura.11. Biomasa de epifitas de *Gracilaria cf caudata* en función de la frecuencia de los pulsos para cada concentración de nutrientes.

36  $\mu\text{M}$ . Los promedios más altos de biomasa de epifitas se presentan en la mayor concentración (143  $\mu\text{M}$ ) y a 72  $\mu\text{M}$  se observa un descenso importante en biomasa de epifitas a la frecuencia media (2 pulsos) y es el único tratamiento que durante su curso presentó valores negativos.

Según el análisis estadístico de Anova no se encontró diferencia significativa en el crecimiento de epifitas conforme a la interacción de frecuencia y concentración (tabla 19), aunque se vio mayormente influenciado por la disponibilidad de nitrógeno en el cultivo.

Factor de Variación	de	Grados de libertad del efecto	Cuadrado de la media del efecto	Cuadrado de la media del error	Grados de libertad del Error	F calculada	Nivel p < .05000
concentración		2	135.1343	9	95.74369	1.4114	.292984
Frecuencia		2	293.5457	9	95.74369	3.0659	.096509
Interacción		4	92.1961	9	95.74369	.9629	.472694

### Etapa III: Cultivos experimentales en estaqués

El tratamiento estandarizado para esta fase experimental fue la concentración de 143 $\mu$ M, frecuencia de un pulso cada 14 días y salinidad de 36‰. Los talos crecieron con una oscilación en la temperatura del agua entre de 24.6 °C Y 28.7 °C y pH entre 8 y 8.5.

#### 1. Densidad del cultivo

En la tabla 20 se observan los promedios de la tasa de crecimiento con las tres densidades utilizadas (1, 3, Y 4 Kg/m<sup>2</sup>), los que son bastante similares. No se les aplicó una prueba estadística para establecer diferencias significativas, debido a que se notó que el inoculo de más alta densidad (4 Kg/m<sup>2</sup>), se mantuvo saludable bajo las condiciones estandarizadas de cultivo en estanque, las otras 2 densidades se epifitaron completamente después de tres meses de experimento.

Tabla .20 Promedios de las tasas de crecimiento (%) cada 14 días

	Sep. 19	oct. 3	oct. 17	oct. 31	promedios
1 Kg	2.5	1.5	3.2	-1.31	1.5
2 Kg	1.3	1.1	2.8	0.44	1.4
4 Kg	1.2	1.0	2.9	-0.005	1.3

Posteriormente, se decidió usar la densidad de 4 kg/m<sup>2</sup> y aumentar una densidad más, la de 6 kg/m<sup>2</sup>, llevando a cabo un nuevo experimento, cuyos resultados se exponen en las tablas 21 A 28.

Tabla 21. Observaciones obtenidas en las evaluaciones de la tasa de crecimiento relativa cada 14 días diciembre 5 de 1998

	Peso Inicial	Peso final
tanque	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>
1	1200 (4kg)	1555
2	1200(4kg)	1617
3	1200(4kg)	1340
4	1800 (6kg)	2140
5	1800(6kg)	2270
6	1800(6kg)	2285

Tabla 22. Observaciones del 19 de diciembre  
diciembre 19 de 1998

tanque	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	RGR (Ln w <sub>2</sub> -Ln w <sub>1</sub> /14)*100
1	1200(4kg)	1380	0.99
2	1200(4kg)	1330	0.73
3	1200(4kg)	1420	1.2
4	1800(6kg)	2010	0.78
5	1800(6kg)	2050	0.92
6	1800(6kg)	2155	1.2

Tabla 23. Observaciones del 02 de enero

enero 2 de 1999		RGR	
tanque	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	(Ln w <sub>2</sub> -Ln w <sub>1</sub> /14)*100
1	1200(4kg)	1363	0.90
2	1200(4kg)	1326	0.71
3	1200(4kg)	1338	0.77
4	1800(6kg)	1900	0.38
5	1800(6kg)	1960	0.60
6	1800(6kg)	1830	0.11

Tabla 24. Observaciones del 16 de enero -

enero 16 de 1999		RGR	
tanque	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	(Ln w <sub>2</sub> -Ln w <sub>1</sub> /14)*100
1	1200(4kg)	1312	0.6
2	1200(4kg)	1400	1.1
3	1200(4kg)	1255	0.01
4	1800(6kg)	1970	0.61
5	1800(6kg)	1885	0.32
6	1800(6kg)	1770	-0.12

Tabla 25. Observaciones del 30 de enero

enero 30 de 1999		RGR	
tanque	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	(Ln w <sub>2</sub> -Ln w <sub>1</sub> /14)*100
1	1200(4kg)	1460	1.4
2	1200(4kg)	1465	1.4
3	1200(4kg)	1515	1.6
4	1800(6kg)	2100	1.1
5	1800(6kg)	2080	1.0
6	1800(6kg)	2080	1.0

Tabla 26. Observaciones del 13 de febrero

febrero 13 de 1999		RGR	
tanque	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	(Ln w <sub>2</sub> -Ln w <sub>1</sub> /14)*100
1	1200(4kg)	1565	1.8
2	1200(4kg)	1720	2.5
3	1200(4kg)	2080	3.9
4	1800(6kg)	2300	1.7

5	1800(6kg)	2265	1.6
6	1800(6kg)	2040	0.82

Tabla 27. Observaciones del 27 de febrero

febrero 27 de 1999			
tanque	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	(Ln w <sub>2</sub> -Ln w <sub>1</sub> /14)*100
1	1200(4kg)	1700	2.4
2	1200(4kg)	1630	2.1
3	1200(4kg)	1650	2.2
4	1800(6kg)	2275	1.6
5	1800(6kg)	2195	1.4
6	1800(6kg)	2080	1.0

Tabla 28. (Resumen de resultados de RGR) en diferentes tiempos

Densidad 4kg/m <sup>2</sup>						
Dic-05	Dic-19	Ene-02	Ene-16	Ene-30	Feb-13	Feb-27
1.8	0.998	0.91	0.63	1.4	1.8	2.4
2.1	0.735	0.713	1.1	1.4	2.5	2.1
0.78	1.202	0.777	0.32	1.6	3.9	2.2
			Promedios 4kg/m <sup>2</sup>			
1.5	0.97833	0.8	0.68	1.4	2.7	2.3
Densidad 6kg/m <sup>2</sup>						
1.2	0.788	0.386	0.64	1.1	1.7	1.6
1.6	0.929	0.608	0.329	1.0	1.64	1.4
1.7	1.286	0.118	-0.12	1.0	0.89	1.0
			Promedios 6kg/m <sup>2</sup>			
1.5	1.0	0.37	0.28	1.0	1.4	1.3

## 2. Tasas de crecimiento y producción

Las características de temperatura y salinidad del agua de mar durante el cultivo en tanques se ilustran en la tabla 29.

Tabla 29. Características de temperatura y salinidad del agua de mar en los tanques de cultivo durante el periodo de cultivo

Fechas	Densidad de inóculo kg/m <sup>2</sup>	Temperatura °C	salinidad ‰
Dic-05	4	25	36
Dic-05	6	25	36
Dic-19	4	28.7	36
Dic-19	6	28.7	36
Ene 2 99	4	28.4	36
Ene 2 99	6	28.4	36
Ene-16	4	28.5	36
Ene-16	6	28.5	36



Ene-30	4	24.8	36
Ene-30	6	24.8	36
Feb-13	4	25.1	36
Feb-13	6	25.1	36
Feb-27	4	24.6	36
Feb-27	6	24.6	36

Las tasas de crecimiento diario se muestran en la figura 13 y como se puede observar, ocurrió un rápido crecimiento durante los primeros 15 días del experimento y declinó marcadamente desde la primera quincena de diciembre de 1998 hasta la primera quincena de enero de 1999, reiniciando el incremento a finales de enero, período en el que se presentaron las más bajas temperaturas. Las máximas tasas de crecimiento se alcanzaron en la primera quincena de febrero en ambas densidades, siendo la más alta la de 4 Kg/m<sup>2</sup>.

La tasa de crecimiento relativo estuvo entre  $0.686 \pm 0.3927$  y  $2.798 \pm 1.034$  gr/m<sup>2</sup>/día para el inóculo de 4 Kg/m<sup>2</sup>. Para el de 6 kg/m<sup>2</sup> fue de  $0.284 \pm 0.384$  y  $1.810 \pm 1.0116$  gr/m<sup>2</sup>/día. La máxima tasa de crecimiento ocurrió a 25° C para la densidad menor y a 24.6° C para la densidad mayor.

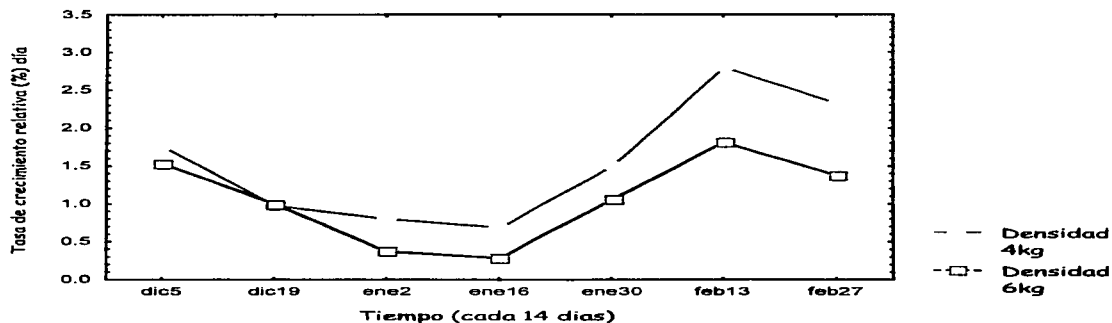


Figura 13. Promedios de las tasas de crecimiento relativas de *Gracilaria cf. caudata* cultivada en estanques en diferentes tiempo con diferentes densidades de inóculo.

El análisis estadístico (Anova de la tabla 30) indicó que las tasas de crecimiento no fueron significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ), entre las dos densidades, al final del experimento en el mes de febrero de 1999.

Tabla 30. Resultados del análisis de varianza para los valores de las tasas de crecimiento relativo de *G. caudata*, cultivada en estanque a densidades de 4 y 6 Kg/m<sup>2</sup>

Variable	Factor de Variación	Cuadrado de la media del efecto	Grados de libertad del efecto	Cuadrado de la media del error	Grados de libertad del Error	Cuadrado o medio error	F calculada	nivel p < .05000
%/día	Densidad	4.90779877	1	4882.788	40	122.07	0.04020	0.84209

Los valores promedios de producción de peso fresco y peso seco en los estanques experimentales, variaron entre 8.73 a 35.35 y 1.13 a 4.59 gr./m<sup>2</sup>/día para la densidad de 4kg/m<sup>2</sup>. Para la densidad de 6 Kg./m<sup>2</sup> fluctuó entre 5.35 a 30.83 y 0.64 a 3.69 gr./m<sup>2</sup>/día. Los valores altos de producción ocurrieron cuando se registraron las temperaturas bajas en ambas densidades. La mayor eficiencia se presentó con la densidad de 4kg/m<sup>2</sup>.

En la tabla 31 se muestran los valores promedios de producción neta en la que para la densidad de 4 Kg./m<sup>2</sup> fue de 20.547± 10.75 gr./m<sup>2</sup>/día y 2.67 ± 1.39 gr./m<sup>2</sup>/día. Para 6 Kg./m<sup>2</sup> fue de 19.86 ±10.27 gr./m<sup>2</sup>/día y 2.38 ± 1.23 gr./m<sup>2</sup>/día, para peso fresco y peso seco respectivamente. La producción total fue 431.49 ± 10.979 y 66.84 ± 1.99 Kg./m<sup>2</sup>/día para 4kg/m<sup>2</sup>. Para 6 Kg./m<sup>2</sup> 417.14 ± 11.1 y 60.80 ± 1.98 para peso fresco y peso seco respectivamente.

Tabla 31. Producción y tasa de crecimiento de *Gracilaria cf caudata* cultivada en estanques exteriores a 2 diferentes densidades. Los valores son los totales y promedios de 14 semanas, de 22 de noviembre de 1998 a 27 de febrero de 1999. Los recambios del agua de mar y la fertilización del alga con N y durante 6 hrs. se realizaron cada 14 días.

Promedios			Producción neta total		
Producción neta			Crecimiento (%)	Producción neta total	
	Peso fresco(g/m <sup>2</sup> /día)	Peso seco (g/m <sup>2</sup> /día)		Peso fresco(g/m <sup>2</sup> /día)	Peso seco (g/m <sup>2</sup> /día)
Densidad 4 kg/m <sup>2</sup>	20.547± 10.75	2.67± 1.39	1.54± 0.79	431.49 ±10.979	66.84 ±1.99
Densidad 6 kg/m <sup>2</sup>	19.86 ±10.27	2.38± 1.23	1.06 ± 0.572	417.14 ± 11.1	60.80 ±1.98

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos mostrados para especies del género *Gracilaria* bajo diferentes condiciones de cultivo, en cuanto a la tasa relativa de crecimiento y producción según Macchiavello (1989) y Tapia y Tomicic (1990) entre otros., quienes encontraron valores de crecimiento que fluctuaron entre 0.67% y 0.91% y 1.77% a 2.03% respectivamente.

No obstante en otros experimentos con *Gracilaria*, los resultados fueron superiores en producción y tasa de crecimiento, como es el caso de Lignell *et al.* (1987) quienes registraron en sus diferentes ensayos de cultivo, tasas de crecimiento que variaron entre 3%, 6% y 47%.

Una dificultad en común en los cultivos intensivos de *Gracilaria* descritos, incluyendo el presente, fue la repentina caída en las tasa de crecimiento después de períodos de altas tasas de crecimiento. Aparentemente el experimento de Lignell *et al.* (1987) logró porcentajes de crecimiento altos debido a que desarrolló un sistema de cultivo con luz artificial creando condiciones de verano, durante casi un año, sin embargo cuando alcanzó el valor máximo de crecimiento, la tasa también se redujo aproximadamente en un 50%.

Con base en estos resultados, Macchiavello (1989), supuso que las plantas cultivadas no pueden mantener una tasa alta de crecimiento por períodos largos de tiempo.

Indudablemente que las diferentes especies, condiciones, épocas y periodos de cultivo influyeron en las discrepancias de estos resultados. En nuestro experimento aunado a lo anterior, las diferencias probablemente se debieron también a la influencia que tuvo la forma de los estanques experimentales usados, en este estudio, los cuales eran más largos que profundos, pues como Bidwell y McLachlan (1985) indicaron que el único factor crítico en el diseño de los tanques es la profundidad del agua, una vez considerada la nivelación de las entradas de aire conducido por tuberías.

Los tanques poco profundos requieren bajos volúmenes de aire, pero sus cañerías deben estar más juntas para evitar áreas muertas y al mismo tiempo ayuden a movilizar el alga con movimientos rotatorios para una mejor realización de la fotosíntesis.

La poca profundidad en nuestros tanques (30 cm) pudo haber sido determinante en los períodos de temperaturas altas, reduciendo considerablemente las tasas de crecimiento y la producción algal.

### 3. Epífitas y reducción de epífitas

Las epífitas que se desarrollaron en los estanques fueron principalmente especies de *Chaetmorpha*, *Enteromorpha*, *Ulva* (Chlorophyta) y *Ectocarpus* (Phaeophyta), las cuales se presentaron con mayor abundancia en el período de temperaturas altas. El crecimiento de *Enteromorpha* sp. llegó a ser visible entre las semanas 2 y 3 de cultivo. Las cantidades de epífitas se incrementaron paulatinamente, pero nunca alcanzaron niveles tan altos como para obligar a una suspensión del experimento.

Los métodos aplicados para la reducción del crecimiento de epífitas fueron: (1) adición de nutrientes por pulsos, (2) pretratamiento del agua con cloro y limpieza a mano del inóculo



(Ugarte y Santelices, 1992), y (3) recambios de agua y aireación (Friedlander y Ben-Amotz, 1992).

#### 4. Extracción de Agar

En esta etapa se procedió a evaluar el proceso previo a la extracción de agar (tratamiento alcalino), la temperatura del proceso y la duración del tratamiento térmico, del cual se obtuvieron los rendimientos.

En la tabla 32 se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de los diferentes tratamientos alcalinos, en los que se manejaron 27 combinaciones, realizadas por duplicado, haciendo un total de 54 tratamientos.

Tabla 32 Resultados del modelo estadístico del proceso de extracción de agar

T	[ ]	°C	t	gr.	r
1	4	70	0.5	0.4193	8.38
1'	4	70	0.5	0.3247	6.49
2	4	70	1	0.2522	5.04
2'	4	70	1	1.0439	20.87
3	4	70	2	0.1247	2.49
3'	4	70	2	0.2224	4.44
4	7	70	0.5	0.4144	8.28
4'	7	70	0.5	0.5528	11.05
5	7	70	1	0.2900	5.80
5'	7	70	1	0.3666	7.33
6	7	70	2	0.3432	6.86
6'	7	70	2	0.7543	16.08
7	10	70	0.5	0.6144	12.28
7'	10	70	0.5	0.2980	5.96
8	10	70	1	0.4025	8.05
8'	10	70	1	0.4097	8.19

9	10	70	2	0.4367	8.73
9'	10	70	2	0.4218	8.43
10	4	80	0.5	0.7178	7.17
10'	4	80	0.5	0.6023	16.02
11	4	80	1	0.5265	5.26
11'	4	80	1	0.4873	4.87
12	4	80	2	0.4542	4.42
12'	4	80	2	0.3993	3.99
13	7	80	0.5	0.6065	6.06
13'	7	80	0.5	0.5540	5.54
14	7	80	1	0.6143	6.14
14'	7	80	1	0.5051	5.05
15	7	80	2	0.5873	5.87
15'	7	80	2	0.5699	5.69
16	10	80	0.5	0.6666	6.66
16'	10	80	0.5	0.7434	7.43
17	10	80	1	0.8153	8.15
17'	10	80	1	0.6882	6.88
18	10	80	2	0.5417	5.41
18'	10	80	2	0.8503	8.50
19	4	90	0.5	0.9727	9.72
19'	4	90	0.5	0.5178	5.17
20	4	90	1	0.4298	4.29
20'	4	90	1	1.6402	16.40
21	4	90	2	0.2804	2.80

21'	4	90	2	0.3475	3.47
22	7	90	0.5	0.7075	7.06
22'	7	90	0.5	0.7605	7.60
23	7	90	1	0.4929	4.92
23'	7	90	1	0.5708	5.70
24	7	90	2	0.4685	4.68
24'	7	90	2	0.5108	5.10
25	10	90	0.5	0.7570	7.57
25'	10	90	0.5	0.6616	6.61
26	10	90	1	0.6231	6.23
26'	10	90	1	0.5931	6.93
27	10	90	2	0.6079	6.07
27'	10	90	2	0.4396	4.39

T = tratamiento,            [ ] = concentración de NaOH en %  
 °C = temperatura en °c    t = tiempo en horas  
 r = rendimiento en %,      gr = gramos de agar

Según el análisis estadístico (Anova) los resultados no revelaron diferencias significativas en el rendimiento de agar con el conjunto de parámetros en ninguno de los niveles.

En la figura 14 se representa la interacción entre las temperaturas utilizadas, contra el rendimiento que presenta cada concentración (4, 7 y 10%), lo cual indica que podemos obtener los mismos resultados utilizando cualquiera de las tres concentraciones, el comportamiento de esta interacción es similar en cualquier concentración, observándose que a menor temperatura, es mayor el rendimiento.

En la figura 15 se muestran las interacciones entre las concentraciones y el tiempo de tratamiento térmico que se comportan de forma similar en los 60 min. De tratamiento térmico registrándose una baja en el rendimiento a la concentración 4 y 120 min. De estas interacciones se obtuvieron rendimientos entre un 5 y 9 % lo cual ponen manifiesto que estas dos variables no influyen de manera significativa en el rendimiento.

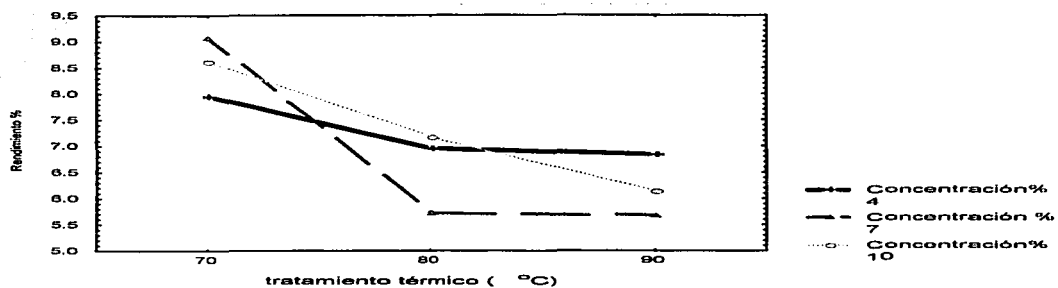


Figura 14. Se muestran las interacciones entre las concentraciones y las temperaturas utilizadas para evaluar el rendimiento de agar de *Gracilaria cf caudata*

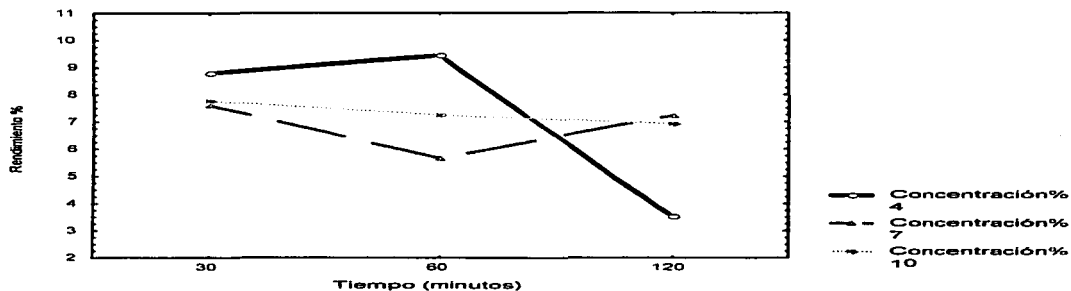


Figura 15. Interacciones entre las concentraciones y el tiempo de tratamiento térmico en el rendimiento de agar de *Gracilaria cf caudata*

En la figura 16 se observa como la variable temperatura afecta directamente en el rendimiento de agar con respecto a los tiempos de proceso, esto indica que a menor temperatura, hay mayor rendimiento.

Los mejores rendimientos fueron obtenidos a una temperatura de 70°C y a un tiempo medio de 60 min. No obstante puede ser utilizado cualquiera de los tres tiempos con esta temperatura, ya que el rendimiento no se ve significativamente afectado.

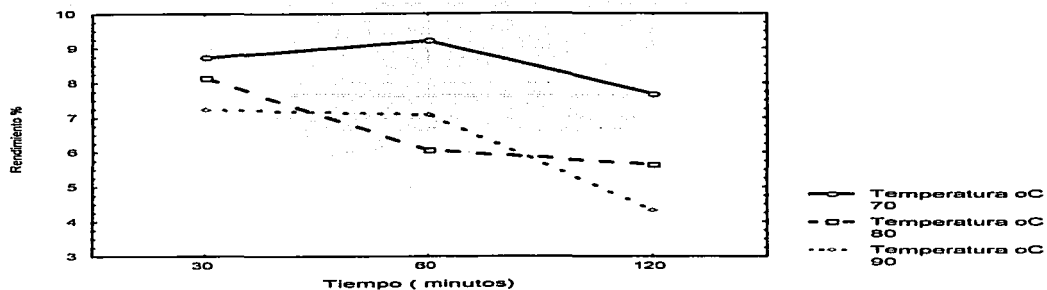


Figura 16. Efecto de la temperatura y duración del tratamiento térmico en el rendimiento de agar de *Gracilaria cf caudata*

Villanueva *et al.* (1997) obtuvieron los mejores rendimientos de agar en la pre-extracción con los parámetros: 4%, 70° C y 30 min. y los menores rendimientos con 10%, 90° C y 120 min.

Por otro lado, el incremento en el rendimiento del agar se observó en la solución álcali más concentrada, resultando consistente con lo obtenido por Lee *et al.*, (1975 en Villanueva *et al.*, 1997).

La técnica para la extracción de agar (Villanueva *et al.*, 1997), fue modificada en este estudio en su condición de pre-extracción (pH), utilizándose una concentración menor de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a la establecida (0.025%). El proceso de neutralización que elimina el exceso de NaOH en el alga ordena una concentración de (0.25%), pero el alga se quema y no es posible obtener gel.

No obstante que no hubo diferencias significativas según la prueba de Anova, por lo cual se proponen para esta especie dos posibles combinaciones para obtener los mejores rendimientos: al 4% de concentración de NaOH, 70oC y 60 minutos de duración del tratamiento térmico, en el que se obtuvo un rendimiento hasta del 12.4%, la segunda combinación es al 7% de concentración de NaOH, 80oC y 30 minutos de duración, con un rendimiento de hasta el 11.51%.



## CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

### Etapa I: Estimación de la biomasa disponible en la zona seleccionada

Los resultados preliminares obtenidos muestran el comportamiento de producción de biomasa a través de un año, lo cual reviste gran importancia debido a que es la primera especie con perspectivas comerciales que cuenta con esta información regionalmente.

Por otro lado, la información generada confirma lo que Guzmán del Proo *et al.*, (1986) había señalado, para especies de *Gracilaria*, que pueden reunir los requisitos poblacionales e individuales mínimos como para pensar en planes de manejo y explotación. Sin embargo esta explotación se sujetaría exclusivamente a cultivo, ya que pese a que la producción de biomasa en mantos naturales varió entre 20.96 y 754.072 gr/m<sup>2</sup>, y 2.154 a 103.421 gr/m<sup>2</sup> de peso fresco y peso seco respectivamente. Dichos valores están entre los obtenidos para otras especies del género. De Castro *et al.*, (1991) en *Gracilaria* sp logró 64.77a 130.59 gr/m<sup>2</sup>; Pondevidia y Hurtado (1996) para *G. manilaenses*, 8.9-35.7 gr/m<sup>2</sup> y para *G. Chagii*, de 3.0 a 32.4 gr/m<sup>2</sup>, no obstante las extensiones de sus camas algales rebasan en mucho a las extensiones de las camas de esta región

Es así que la información presentada en este trabajo nos da una visión preliminar de la dinámica poblacional de un manto algal, para establecer un mejor criterio de posible explotación y conocer mejor la dinámica de estos recursos en el área de estudio para la continuidad de este trabajo se necesita:

- 1.- Ubicar todos los mantos algales de las aguas circundantes al área de estudio.
- 2.- Identificar todas las especies del género de *Gracilaria* que habitan estos mantos.
- 3.- Llevar a cabo las evaluaciones durante un ciclo anual de las variaciones de biomasa en cada manto algal

### Etapa II. Diseño experimental en laboratorio

Los resultados de esta fase experimental de cultivos fueron útiles para el establecimiento de condiciones de cultivo estandarizadas para la siguiente fase del estudio del cultivo en estanques.



La decisión respecto a las condiciones de cultivo tiene como criterio principal la selección de aquellas condiciones que permitan un compromiso entre rendimiento en biomasa algal de *Gracilaria cf. caudata* y menor biomasa de epífitas.

Los tratamientos con los que se obtuvo un mejor promedio en la tasa de crecimiento relativo fueron los de alta concentración de nutrientes con todas sus frecuencias, pero estos fueron los que presentaron mayor promedio de biomasa de epífitas también.

Los rendimientos a altas concentraciones no tuvieron diferencia significativa con el tratamiento de alta frecuencia y baja concentración (36  $\mu\text{M}$ ) que fue el que también presentó la mayor proporción de epífitas.

### **Etapas III: Cultivos experimentales en estanques**

En general los resultados obtenidos en este trabajo, indican que es posible mantener por un periodo de tres meses el cultivo de *Gracilaria cf caudata* en estanques, con recambios de agua de mar y suministro de pulsos de nutriente cada 14 días, bombeo de aire,  $\text{CO}_2$ , además de los mecanismos para el control de epifitas. La producción de biomasa fue superior a otros trabajos realizados en cultivos marinos, en estanques y cosechas en camas silvestres (McLachlan y Bird 1987).

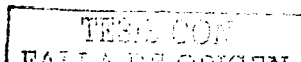
Así mismo es importante señalar que el mantenimiento del cultivo de macroalgas comerciales en estanques es costoso, algunos de estos costos, como los recambios de agua, y el bombeo de aire, han sido reducidos en este experimento, sin embargo existen otros factores que a parecen ser menos manejables como son el suministro de  $\text{CO}_2$ .

Por lo cual con el propósito de determinar de modo más detallado la dinámica de este recurso es indispensable:

- 1.-realizar el cultivo durante un ciclo anual con el propósito de mostrar los efectos de las variaciones estacionales en la tasa de crecimiento *Gracilaria cf caudata*.
- 2.- Realizar pruebas pilotos con unidades comerciales para evaluar el comportamiento de *Gracilaria cf caudata* en estanques a gran escala con diferentes densidades y distintos diseños de estanquería. Así como los estudios técnicos y de factibilidad económica de este cultivo.

### **Epífitas y reducción de epífitas**

A pesar de la falta de referencias sobre el epifitismo en la especie de *Gracilaria* estudiada en este trabajo, es posible mencionar que una combinación de los diferentes



métodos mencionados y altas densidades de inóculo promovió una reducción de epífitas en los tanques experimentales casi todo el tiempo. En base a lo anterior con el fin de reducir el epifitismo en este tipo de cultivo es esencial llevar a cabo:

- 1.- Poner a prueba diferentes métodos físicos para el control de epífitas como: aireación vigorosa, recirculación del medio a través de filtros de fibra y luz ultravioleta.
- 2.- Determinar las relaciones cuantitativas de crecimiento entre las especies de *Gracilaria* y sus epífitas bajo diferentes condiciones y sistemas de cultivos en estanques.

### Extracción de Agar

El presente estudio reveló que todos los parámetros contemplados mostraron un efecto considerable sobre la extracción de agar y el rendimiento, siendo la temperatura la que tuvo el principal efecto, coincidiendo en que existe una fuerte dependencia del tratamiento de álcali sobre la temperatura (Villanueva *et al.*, 1997).

Por otro lado, el incremento en el rendimiento del agar se observó en la solución álcali más concentrada, resultando consistente con lo encontrado por (Lee *et al.* 1975 en Villanueva *et al.*, 1997). Es pertinente mencionar que los resultados, es importante tomar en cuenta que los procedimientos de extracción de agar recomendados para *Gracilaria cf. caudata* no pueden ser automáticamente aplicables a otras especies del género ni a otras agarofitas, debido a que cada especie pareciera presentar una respuesta particular al tratamiento, por lo que se sugiere la realización de:

- 1.- Pruebas de optimización del tratamiento alcalino para cada especie de *Gracilaria* identificada en los diferentes mantos algales.
- 2.- Determinación de los parámetros básico de extracción de agar como son pH, tratamiento térmico, y tiempo del tratamiento térmico, con el propósito de establecer sus rendimientos y calidades del gel.
- 3.- Estudios de propiedades físicas y reológicas, texturas del gel, viscosidad, dinámica de gelificación y temperatura de solidificación.

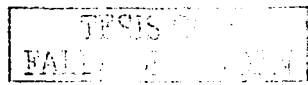
## REFERENCIAS

- Aguilar-Rosas R., Espinoza Avalos J., Aguilar-Rosas L. E., 1998. Uso de las Algas Marinas en México. *Ciencia y Desarrollo*. XXIV (143): 65-73
- Areces Mallea, A: J.1995. Biotecnología de agarofitas del género *Bryothamnion* Kutzing. Tesis, Min.Cien., Tec. y Med. Amb. Inst. Ocean. La Habana Cuba.
- Arvizu-Higuera, D. L., Hernández-Carmona, G. y Rodríguez Montesinos, Y. E. 1995. Sistemas en carga y en flujo continuo durante la etapa de preextracción ácida en el proceso de extracción de alginatos. *Ciencias Marinas*, 21 (1): 25-37.
- Arvizu-Higuera, D. L., Hernández-Carmona G. y Rodríguez: Montesinos, Y. E. 1996. Efecto de la temperatura y el tiempo de extracción en el proceso de obtención de alginato de sodio a partir de *Macrocystis pyrifera*. *Ciencias Marinas*, 22 (4): 511-521.
- Bidwell, R.G.S.y J. McLachlan. 1985. Carbon nutrition of seaweed: photosynthesis, photorespiration and respiration. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 86: 15-46.
- Bidwell, R.G.S. y J. McLachlan y N. D. H. Lloyds. 1985. Tank cultivation of Irish moss. *Chondrus crispus* Stackin. *Bot. Mar.* 28: 87-97.
- Bird K. T., C. Habig y T. De Busk. 1982. Nitrogen allocation and storage patron in *Gracilaria tikvahiae*. *J. Phycol.*, 18: 344-348.
- Bird C. y J. McLachlan. 1986. The Effect of salinity on distribution of species of *Gracilaria* Grev. (Rhodophyta, Gigartinales): an experimental assessment. *Bot. Mar.*, 29. 231-238.
- Blanco P. R., y A. Ramírez R. 1993. Algas marinas en el Golfo de México 1. Escolleras de Mocambo. Veracruz. Ficología. III Congreso Latinoamericano. 1ª Reunión Iberoamericana. I Congreso Mexicano. México: 167-171.
- Brower J. E. y J: H Zar, 1984. Field and laboratory methods for general ecology. 2nd. Ed. Wm. C. Brown Publishers. Dubuque, Iowa, USA. 226 pp.
- Cancino, J. M., Muñoz, M. y Orellana, M. C. 1987. Effects of epifauna on algal growth and quality of the agar produced by *Gracilaria verrucosa* (Hudson ) Papenfuss. *Hydrobiologia* 151/152: 233-237
- Casas Valdés M. 1985. Cuantificación y Caracterización parcial, de alginatos de algas especies de algas feofitas de las costas de México. *Inv: Mar. CICIMAR*. 2(1): 1-45
- Casas Valdez, M. Hernández-Carmona; G., Torres-Villegas, J. R. y Sánchez-Rodríguez, I. 1985. Evaluación de los mantos de *Macrocystis pyrifera* (sargazo gigante) en la península de Baja California (verano de 1982). *Inv. Mar. CICIMAR*, 2(1): 1-17.
- Casas Valdez, M. Hernández-Carmona G. Hernández Guerrero C. J. 1996. Recurso *Macrocystis pyrifera*. Estudio del potencial Pesquero y Acuícola. de Baja California. Casas Valdez, Margarita y Germán Ponce de León editores.
- Casas Valdez, M. I. Sánchez Rodríguez. Hernández-Carmona G. 1993. Evaluación de *Sargassum* spp en la oeste de Bahía Concepción, B. C. S., México. *Inv. Mar. CICIMAR*, 8:(2) 61-69.

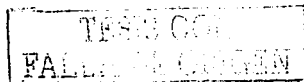


- Chirapart y M. Ohno. 1993. Tank culture of *Gracilaria* from Southeast Asia. *Bot. Mar.* 36: 9-13.
- DeBoer, J. y Ryther, J. 1978. Potential yields from a waste recycling algal mariculture system. In R. Krauss (Ed). *The Marine Plant Biomass of the Pacific Northwest Coast*. Oregon State Univ. Press: 231-249.
- De Castro, M. T.R., N. G. Jr. Guanzon and Ma. R. J. Luhan. 1991. Assesment of stoks of natural *Gracilaria* population on Panay Is., Philippines. *Bot. mar.* 34: 383-386.
- Dawes, C. J., C.P. Chen, J. Jewtt-Smith, A. Marsh y S.A. Watts. 1984. Effect of phosphate and ammonium levels on photosynthetic and respiratory responses of the red alga *Gracilaria verrucosa*. *Mar. Bio.* 78:225-328.
- De Busk, T. A. and Rhytier, J. H. 1984. 1984. Effects of Seawater Exchange, pH and Carbon Supply on the Growth of *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyceae) in Large-scale cultures. *Bot. mar.* 27:(8)357-362.
- Durand-Chastel H., L: V. Venketraman. 1980. Production and use of Spirulina in México: in Algae biomass production and use. Shelfr G., C. J. Soeder.(Edis). Elsevier. North Holland. Biomedical Press.
- Edding, M.E. 1987. Cultivo de *Gracilaria* en estanques: un proceso de domesticación. *Invest. Pesq.* (Chile) 35:83-87.
- Edding, M. 1995. Cultivo de *Gracilaria* en estanques. Manual de Métodos Ficológicos. Univ. de Concepción. Chile. 577-598.
- Edding, M., Macchiavello, J. Y Black, H. 1987. Culture of *Gracilaria* sp. In outdoor tanks: productivity. *Hydrobiologia*, 151/152:369-374.
- Ekman P. y M. Pedersen. 1990. The Influence of Photo Irradiance, Day Length, Dark Treatment, Temperature, and Growth Rate on the Agar Composition of *Gracilaria sordida* W. Nelson and *Gracilaria verrucosa* (Hudson) papenfuss (Gigartinales ,Rodophyta) *Bot Mar.* 33: 483-495.
- Edelstein, T. 1976. Studies on *Gracilaria* sp.: experiments on inocula incubated under greenhouse conditions. *J.exp. mar. Biol.* 30: 249-259.
- Freile-Pelegrín y D. Robledo. 1997. Effects of season on the agar content and chemical characteristics of *Gracilaria cornea* from Yucatán, México. *Bot. Mar.* 40:285-290
- Friedlander, M. M. D. Krom y Ami Ben - Amotz. 1991. The effect of light and ammonium on growth, epiphytes and chemical constituents of *Gracilaria conferta*. In outdoor cultures. *Aquat. Bot.* 34: 161-166.
- Friedlander M, Ben-Amotz A., 1991. The effect of outdoor culture condition on growth, and epiphytes of *Gracilaria conferta*. *Aquat. Bot.* 39:315-333.
- Friedlander, M. 1992. *Gracilaria conferta* and its Epiphytes: The effect of culture Conditions on Growth. *Bot. Mar.* (35):.423-428.
- Fujita, R. M. y J. C. Goldman. 1985. Nutrient flux and Growth of the red Alga *Gracilaria tikvahiae*, McLachlan (Rhodophyta) *Bot. Ma.r.* (38):265-268.

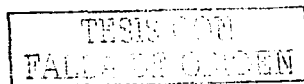
- Gao K.Y. Aruga., K. Asada & M. Kiyohara.1993. Influence of enhanced CO<sub>2</sub> on growth and photosynthesis of the red algae *Gracilaria* sp. And *G. chilensis*. *J. Appl. Phycol.* 5: 563-571.
- García Parra L. 1981. Ensayo de extracción de agar de 4 especies Rodofitas en la Costa Atlántica de México. Tesis Lic. Univ: Nal. Autóm de México.
- García, E. 1964. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F., 71 pp.
- González-González J., M. Goldman-Morgan, H. León-Tejera, C. Candelaria S., D. León-Álvarez, E. Serviere-Zaragoza y T. Fragoso. 1996. Catálogo Onomástico (Nomenclátor) y bibliografía indexada de las algas bentónicas marinas de las costas de México. Cuadernos 26 Inst. Biol. UNAM México. 645pp
- González Herrera, J. T. Y Villegas, Martínez R. R. (1987). Contribución al conocimiento florístico de las algas marinas benthicas en el litoral rocoso de Punta Prieta Norte, Municipio de San Fernando, Tamaulipas, México. Univ del Norte. Escuela de Ciencias Biológicas. 81 pp.
- Guanzon, N.G. Y T.R. de Castro. 1992. The effects of diferent stocking densities and some abiotic factors on cage culture of *Gracilaria* sp. (Rodophyta, Gigartinales).. *Bot Mar.* 35: 239-243.
- Guerin, J.M. y Bird, K.T., 1987.Effects of aeration period on the productivity and agar quality of *Gracilaria* sp. *Aquaculture*,64:105 - 110.
- Guzmán del Proo, S; Casas Valdés, M.; Díaz Carrillo, A.; Díaz López M; Pineda.; Sánchez Rodríguez, (1986). Diagnóstico sobre las Investigaciones y Explotación de las Algas Marinas en México. *Inv. Mar. CICIMAR*. La Paz, Baja California Sur. 3 (II):1-63
- Haglund, K. y M. Pedersen. 1992. Growth of the red alga *Gracilaria tenuistipitata* at high pH. Influence of some environmental factors and correlations to an increased carbonic-anhydrasa activity. *Bot. Mar.* 579-587.
- Haglund, Kurt y Maruane Pedersén. 1992. Outdoor pond cultivation of the subtropical marine red alga *Gracilaria tenuistipitata* in brackishy water in Sweden. Growth, nutrient uptake, co-cultivation with rainbow trout and epiphyte control. *J. apply Phycol.* 5:271-284.
- Hanisak, M.D. Y Ryther , J. H., 1984.Cultivation biology of *Gracilaria tikvahiae* in the USA. *Hydrobiología*. 116/117:295-298.
- Hernández-Carmona, G. y Aguirre-Vilchis, M.1987. Propiedades de intercambio iónico de *Macrocystis pyrifera* durante la pre-extracción ácida, para la extracción de alginatos. *Inv. Mar. CICIMAR*, 3(2): 53-64.
- Hernández-Carmona G., Rodríguez-Montesinos, Y. E., Torres-Villegas, J. R, Sánchez-Rodríguez, I. y Vilchis, M. A. (1989a). Evaluación de los mantos de *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta, Laminariales) en Baja California, México. I. Invierno 1985-1986. *Ciencias Marinas*, 15(2): 1-27.
- Hernández-Carmona G., Rodríguez- Montesinos, Y. E., Torres-Villegas, J. R, Sánchez-Rodríguez, I. Vilchis M. A. O. García de la Rosa (1989b). Evaluación de los mantos de



- Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta, Laminariales) en Baja California, México. II. Primavera 1986. *Ciencias Marinas*, 15(4): 117-140.
- Hernández-Carmona G., Rodríguez-Montesinos, Y. E., Casa-Valdez Ma M. Vilchis M. A. Sánchez-Rodríguez, I 1991. Evaluación de los mantos de *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta, Laminariales) en Baja California, México. III. Verano de 1986 y variación estacional. *Ciencias Marinas*, 17(4): 121-145.
- Hernández-Carmona, G. Casa-Valdez M. 1985. Precipitación del ácido alginico y su conversión a alginato. *Inv. Ma. CICIMAR*, 2:(1) 19-28.
- Hernández-Carmona G. Casas Valdez, M. C. Fajardo León. E. Sánchez-Rodríguez, I. Y. Rodríguez-Montesinos. 1990. Evaluación de *Sargassum* spp en la Bahía de la Paz B. C. S., México. *Inv. Mar. CICIMAR*, 5:(1) 11-18
- Hernández-Carmona G. 1985. Variación estacional del contenido de alginatos en tres especies de feofitas de Baja California Sur, México, *Inv. Mar. CICIMAR* 2(1): 29-45.
- Hernández-Carmona G. M. Aguirre-Vilchis, Y Rodríguez-Montesinos. 1992 Recirculación del ácido residual de la etapa de pre-extracción y en el proceso de obtención de alginato de sodio. *Ciencias Marinas* 8: (1)125-137
- Hernández-Carmona G. y Aguirre-Vilchis. A. 1987 Propiedades de intercambio de *Macrocystis pyrifera* durante la pre-extracción ácida, para la extracción de alginatos. *Inv. Mar. CICIMAR*, 3:(2) 53-64.
- Huerta, M. L. Chávez y M. E. Sánchez-Rodríguez. 1974. Algas marinas de la Isla de Enmedio, Veracruz. *Mem. Congr. Nac. Oceanogr. (Gaymas, Méx.)* 5:23-53.
- Hurtado Ponce, A.Q, 1994. Agar Production from *Gracilariopsis heteroclada* (Gracilariales, Rhodophyta) Grow at Different Salinity Levels. *Bot. Mar.*37: 97-100.
- Hurtado Ponce, A. Q, y I. Umezaki. 1987. Growth rate studies of *Gracilaria verrucosa*, (Gigartinales, Rhodophyta). *Bot Mar.* 30: 223-226.
- INEGI, (1995). Anuario estadístico del Estado de Veracruz., México.
- Jaffray, A. E. Anderson R. J. y Coyne V. E. 1997. Investigation of Bacterial Epiphytes of the Agar-producing Red Seaweed *Gracilaria gracilis* (Stackhouse) Steentoft, Irvine et Farnham from Saldanha Bay, South Africa and Lüderitz, Namibia. *Bot. Mar.* 40: 569-576.
- Koch E. W. y J. Lawrence. 1987. Photosynthetic and respiratory to salinity changes in the red alga *Gracilaria verrucosa*. *Bot. Mar.* 30: 327-329.
- Lapointe, B.E., C.J. Dawes y K. R. Tenore. 1984. Interactions between light and temperature on the physiological ecology of *Gracilaria tikvahiae* (Gigartinales ;Rhodophyta) II. Nitrate uptake and levels of pigments chemical constituents. *Mar. Biol.*80: 171-178
- Lapointe, B. E. y C. S. Duke. 1984. Biochemical strategies for growth of *Gracilaria tikvahiae* en relation to light intensity and nitrogen availability. *J. Phycol.* (20),pp. 488-495.
- Lapointe, B. E. Y Ryther, J.H., 1978. Some aspects of the growth and yield of *Gracilaria tikvahiae* in culture. *Aquaculture*, 15:185-193.
- Lapointe B.E. Williams, L. D., J. C. Goldman, y J. H., Ryther. 1976. The Mass Outdoor of Macroscopic Marine Algae. *Aquaculture*, 8: 9-21.



- Lapointe, B.E., 1985. Strategies for pulsed nutrient supply to *Gracilaria* cultures in the Florida Keys, USA. Interactions between concentration and frequency of nutrient pulses. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 93: 211-222.
- Lapointe, B.E., 1987. Phosphorus and nitrogen-limited photosynthesis and growth of *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyceae) in the Florida Keys: an experimental field study. *Mar. Biol.* 93: 561-568.
- Lehman, R. y Tunnell, W. 1992. Species composition and ecology of the macroalgae of Enmedio Reef, Veracruz, México. *Center for Coastal Studies.* 7:445-457.
- Levy, I. y M. Friedlander. 1990. Strain selection in *Gracilaria* ssp. I. Growth, pigment and carbohydrates characterization of strain of *G. conferta* and *G. verrucosa* (Rhodophyta, Gigartinales) *Bot Mar.* 33: 339-345.
- Lewis, J. y M. D. Hanisak. 1996. Effects of phosphate and nitrate supply on productivity, agar content and physical properties of agar of *Gracilaria* strain G-165\*. *J. Appl Phycol* 8: 41-49.
- Lignell, A P. Ekman y M. Pedersen. 1987. Cultivation technique for marine seaweeds allowing controlled and optimized condition in the laboratory and a scale- pilot. *Bot. Mar.* 30:417-424.
- Lobban y Harrison, 1994. *Seaweed ecology and Physiology.* Cambridge. University. USA. pp 366.
- Lot-Helgueras, A. 1968. Estudios sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver. Tes. Prof., Fac. Cienc., UNAM 66 pp.
- Lüning, K. 1990. *Seaweeds their environment, biogeography and ecology* John Willey & son Inc. New York. Pp. 527.
- Macchiavello, Juan. 1987. Cultivo de *Gracilaria* sp. Productividad y Producción de agar. Dep. de Biología Marina, Universidad del Norte, Casilla 117, Coquimbo Chile.
- Macchiavello. 1989. Culture of *Gracilaria* sp: productivity and agar production. Workshop- Univ. S. Paulo/ Int. Foundation for sciences. "Cultivation of seaweed in Latin America"
- McHugh, D.J., 1991. Worldwide distribution of commercial resources of seaweeds including *Gelidium*. *Hydrobiologia.* 221:19-29.
- McLachlan J., C.J. Bird, 1986. *Gracilaria* (Gigartinales, Rhodophyta) and productivity. *Aquatic Bot.* 26:27-49
- McLachlan J. C.J. Bird y Holmsgaard, J. E. 1987. Standing Stocks of Seaweeds of Commercial Importance on the North Shore of Prince Edward Island, Canada. *Bot. Mar.* 30:277-289.
- Mendoza González, A. C. y Mateo Cid, L. E. 1985. Contribución al conocimiento de la flora marina béntica de las Islas Sacrificios y Santiaguillo, Veracruz, México. *Phytologia* 59(1): 9-16 pp.
- Molly, J. F. y J.J. Bolton. 1996. The effect of Season and Depth on the Growth of *Gracilaria gracilis* at Luderitz, Namibia. *Bot Mar.* 39: 407-413.
- Morales, J. J. 1982. Un día en la vida de Gregorio Masón. *In Técnica Pesquera.* 15(173): 18-21.





- Muñeton-Gómez Ma S. Hernández-Carmona G. 1993. Crecimiento estacional de *Sargassum horridum*. (setchelly Gardner) Phaeophyta en la Bahía de la Paz B. C. S., México. Inv. Mar. *CICIMAR*, 8:(3) 23-31.
- Ohno Masaoy Critchley A.T.1993. Seaweed Cultivation and Marine Ranching. Kanagua International Training Center. Japan International cooperation Agency (JICA).
- Oliveira, E.C. E.J. de Paula y F. A. de S. Berchez.1989. Cultivo experimental de algas vermelhas tropicais em tanques. Workshop."Cultivation of Seaweeds in Latin America ". Eurico C. de Oliveira de y Nils Kautsky (eds). Univ de S. Paulo /Int. Foundation for Sciences
- Osorio-Tafall, B. J.1946 "Nuevas industrias mexicanas. I- La obtención de agar en Baja California" *Ciencia (México)* 7 (13): 43-46.
- Pacheco-Ruiz, I.; J. Zertuche-González y Aguilar-Rosas R., 1993. Ecología reproductiva de *Gracilaria pacifica* Abbot (Gracilariales; Rhodophyta), en el estero de Punta Banda, México. *Ciencias Marinas*, 19(4): 491-501.
- Pacheco-Ruiz, I.; y J. Zertuche-González.1996. The Commercially Valuable Seaweeds of the Gulf of California. *Bot Mar.* 39: 201-206.
- Penniman, C.A. y A.C. Mathieson. 1985. Photosynthesis in *Gracilaria tikvahiae* McLachlan (Gigartinales,Rhodophyta) from great bay estuary, New Hampshire. *Bot. Mar.* 28:428-435.
- Pérez, Enríquez. 1996. Growth of *Eucheuma isiforme* (C. Agardh) J. Agardh on experimental rafts off the coast of Yucatan state, México. *J. Appl. Phycol* 8:27-28.
- Pickering T. D. Gordon ME, Tong L J.1993.Effects of nutrient pulse concentration and frequency on growth of *Gracilaria chilensis* plant and levels of epiphytic algae. *J. Appl. Phycol.* 5: 525-533
- Pondevida H. B. y A.Q. Hurtado-Ponce.1996. Assessment Agarophytes from the coastal areas of Iloilo, Philippines. II. Seasonal Variations in the agar quality of, *Gracilaria changii*, *Gracilaria manilaensis* and *Gracilariopsis bailinae* (Gracilariales, Rhodophyta). *Bot. Mar.* 39: 123-127.
- Rebello, Jaqueline; Masao Ohno; Hiroyuki Ukeda y Masoyoshi Sawamura. 1997. Agar quality commercial agarophytes from different geographical origins: 1 Physical and rheological properties. *J. Appl. Phycol.* 8: 517-521.
- Retamales, A. Claudia. A. Martínez y A. H. Buschman. 1994. Mantención interanual de los niveles productivos y del rendimiento de agar de *Gracilaria chilensis* cultivada en estanques en el sur de Chile. *Rev. Biol. Mar.* Valparaíso, 29(2): 251-261.
- Reyes-Tisnado, R., Hernández-Carmona, G. Y Hernández Valenzuela, R. (1992). Reducción del consumo de agua dulce en el proceso de extracción de alginatos a partir de *Macrocystis Pyrifera* mediante recirculaciones de los líquidos residuales de la preextracción y precipitación. *Ciencias Marinas*, 18(3): 105-124.
- Richards-Rajadurai, N., 1990.Production, marketing and trade of seaweeds. In: Technical Resource Papers, Regional Workshop on the Culture and Utilization of Seaweeds. Vol. II. Regional Sea farming Development and Demonstration Project. RAS/90/002. FAO/UNDP Seafarming Project. August 1990, Cebu City, Philippines, pp. 149-180.

- Robledo D. y Freile-Pelegrín. 1997. Chemical and mineral composition of six potentially edible seaweed species of Yucatan. *Bot. Mar.* 40: 301-306
- Rodríguez-Montesinos Y G. Hernández-Carmona. 1991. Variación estacional y geográfica de la composición química de *Macrocystis pyrifera* en la costa occidental de Baja California. *Ciencias Marinas* 17(3) 91-117.
- Santelices. B., Doty M. 1989. A review of *Gracilaria* farming. *Aquaculture*. 78: 95-113.
- Santelices., B., j. Vásquez, Ohme, y E. Fonk. 1984. Managing wild crops of *Gracilaria* in central Chile. *Hydrobiologia*. 116/117:77-88.
- Santelices, B. R. Westermeier y M. Bobadilla. 1993. Effects of stock loading and production of *Gracilaria chilensis* in rope culture. *J. Appl. Phycol.* 5: 517-524.
- Secretaría. Marina, 1982 a. Corrientes marinas en las cercanías al Puerto de Veracruz. *Dir. Gral. Oceanogr., Est. Invest. Oceanogr., Ver.*, 20 pp.
- Secretaría de Marina. 1982 b. Comportamiento fisicoquímico del agua en el arrecife de Isla Verde. *Ver. D.G.O. Est. Invest. Ocean.*, Ver., 70 pp.
- Secretaría. Marina, 1978. Una estimación de las corrientes marinas en la capa superficial con cuerpos a la deriva en las áreas Cachalote-I y Anegada 101. *D.G.O. Est. Invest. Ocean.* Ver., 40 pp.
- Silva, R. L., S. M. B. Pereira., E. C. de Oliveira Fo. y V. R. Eston. 1987. Structure of a Bed of *Gracilaria* spp. (Rhodophyta) in Northeastern Brazil. *Botánica marina*. 30: 517-523.
- Smith, A.H. Nichols, K. And McLachlan, J. 1984. Cultivation of seamos *Gracilaria* in St. Lucía, West Indies. *Hydrobiologia*, 116-117:249-251.
- Smith, J. Alberthus ; Bruce L. Robertson y Derek R. de Preez. 1997. Influence of ammonium-N pulse contractions and frequency, tank condition and nitrogen starvation on growth rate and biochemical composition of *Gracilaria gracilis*. *J. Appl. Phycol.* 8: 473-481..
- Tapia M. Luis. J. Tomacic Karzulovic. 1990. Cultivo de *Gracilaria* en estanques. Efecto de aireación no-continua en el crecimiento y productividad. *Est. Oceanol.* 9:63-68.
- Ugarte, R. y B. Santelices. 1992. Experimental tank cultivation of *Gracilaria chilensis* in central Chile. *Aquaculture*. 101: 07-10.
- Van Heerden. P.D.R. Robertson y De Kock L. 1997. Inhibition of *Ectocarpus siliculosus* infestations with copper chloride in tank cultures of *Gracilaria gracilis*. *J. Appl. Phycol.* 9:255-259
- Vargas H., J. M., A., Hernández G., y L. F., Carrera P., 1993. Sistema Arrecifal Varacruzano. Pp. 559-575. *In Biodiversidad marina y Costera de México*. Salazar V; Norma .E. González (Eds). *Centro de investigaciones de Quintana Roo, México*. 865 pp.
- Villanueva R.D., C. V. Pagba y N. E. Montaña. 1997. Optimized agar extraction from *Gracilaria eucheumoides* Harvey. *Bot. Mar.* 40: 369-372
- Wang. Y C.G. Y. Pan y L.C.M. Chen, 1984. Studies on agarophytes. 2 Field observations and growth of *Gracilaria verrucosa* (Rhodophyta) in Shantou district, Guangdong, PRC. *Bot. Mar.* 27:265-268.
- Weinber F, H. Hans-Georg y M. Friedlander. 1997. Bacterial induction and inhibition of fast necrotic response in *Gracilaria conferta* (Rhodophyta). *J. Appl. Phycol.* 9: 277-285.

- Zamora- Tovar C. 1990. Algas de importancia económica en Tamaulipas I. Caracterización y propiedades de ficocoloides obtenidas de tres Rhodophytas. *Inst. Ecol. Y Alimentos. Univ. Nal. Tamaulipas*
- Zertuche, G. J. 1989. Estrategias for the continuous culture of non-perennial carrageenophytes from the Gulf of California. *Inst. Investigaciones Oceanológicas. Univ. Autónoma de Baja California A. P. 453. Ensenada, B. C. México. 85-99.*
- Zertuche. Schelenl Cornelia G. Y Brinkhuis Bodewijin, H. 1988. Cultivo de *Gracilaria tikvahiae* (McLahlan), (Rhodophyta, Gigartinales) en aguas no protegidas. *Ciencias Marinas*, 14(1):15-29.
- Zizumbo Alamilla, L. E. 1995. Estudio ficoflorístico de las macroalgas bénticas del arrecife coralino Isla Verde, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura Campus Iztacala. UNAM.