

130.
201



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**EFFECTO DE LOS NUTRIENTES EN EL CRECIMIENTO
VEGETATIVO DE *Gelidium sclerophyllum* TAYLOR**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G A
P R E S E N T A :
MARTHA AMERICA PLATA ALVAREZ



DIR. COMISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
TESISTA: **GENI CLAUDIA RODRIGUEZ VARGAS**

MEXICO, D.F. **FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION ESCOLAR**

FEBRERO 1967

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:
Efecto de los nutrientes en el crecimiento vegetativo de
Gelidium sclerophyllum Taylor.

realizado por Martha América Plata Alvarez
con número de cuenta 8722275-7 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario
Propietario
Propietario
Suplente
Suplente

Dra. Dení Claudia Rodríguez Vargas
Dr. Jorge González González
M. en C. Javier Carmona Jiménez
Biol. Francisco Valadez Cruz
Biol. Javier Serna Paredes

Consejo Departamental de Biología



DEDICATORJA



Dedicatoria

♥ **A Jesucristo por formar parte de mis raíces humanas, ser la inspiración, el cause y el mar de libertad que anhelo alcanzar.**

♥ **Con todo mi amor y respeto para María Luisa y Antonio por la confianza que en mi han depositado.**

-
- ♥ **A Carmen, Lulú, Marina, Blanca, Pati, Rocío y Claudia** Por ser ante todo mujeres de vivo ejemplo y fortaleza ante la vida, por que en cada una de ustedes he encontrado consuelo, cariño y sobre todo apoyo y comprensión, a pesar de las muy tantas diferencias.

 - ♥ **Pepe, Mario, Josean, Maloso, Cocol, Tortuga, Marcos Mar Sol y Marlu** con cariño y todo mi amor

 - ♥ **Beto'**
Solo cuando te olvide y ya no te encuentres en mi alma, en mi pensamiento y ya no quieras entrar más en mis sueños, ese día dejarás de existir, gracias por acompañarme en esos tantos momentos de oscuridad.

 - ♥ **A Renata** mi amiga, acompañante en momentos frustantes y de alegría total

 - ♥ **Alfredo, Boy, Javier, Luis, Nacho, Moy y Salvador** por ser lo más grande que Dios me ha regalado, su amistad.
-

Agradecimientos

- A la Dra. Dení Rodríguez Vargas por dirigir y asesorar el presente trabajo.
- Al Biol. Francisco Valadez Cruz, M. en C. Javier Carmona Jiménez, Biol. Javier Serna Paredes, Dra. Dení Rodríguez Vargas y al Dr. Jorge González-González por las críticas, correcciones, comentarios y sugerencias, las cuales mejoraron considerablemente el presente trabajo.
- A Ignacio De la Mora de la Mora y Javier Serna Paredes por ser grandes ejemplos en mi formación profesional, y sobre todo por ser magníficos consejeros y críticos en mi vida personal.
- A todos y cada uno de mis profesores, por su tenacidad, constancia y estímulo.
- A Chayo, Alfonso, León, Raúl, Paula, Enrique, Ale, etc., por facilitarme y hacer agradable los servicios prestados para el buen funcionamiento de mi educación en el uso de laboratorios y en la biblioteca.
- A las Cámaras de Ambientes Controlados por las facilidades otorgadas para la realización del mantenimiento de cultivos de este trabajo.
- Finalmente, al Laboratorio de Fisiología, Fac. Ciencias UNAM. Gracias a todos y cada uno de los integrantes de dicho centro de estudios y formación académica, por darme la *oportunidad* de realizar el trabajo de tesis.
-

Efectos de los nutrientes en el crecimiento vegetativo de *Gelidium sclerophyllum* Taylor.

CONTENIDO

	PAGINA
Resumen	V
I.- Introducción	
I.1 - Ubicación y justificación del trabajo	1
I.2 - Marco Teórico Conceptual	3
I.3 - Objetivos	7
General	7
Particular	7
Finalidad	8
I.4 - Planteamiento del problema y algunas consideraciones fisiológicas en algas marinas	8
Temperatura	8
Regeneración en algas marinas	9
Respuestas fisiológicas	11
Readhesión	14
I.5.- Antecedentes	16
Nitrógeno	16
Fosfatos	18
Luz	20
II Ubicación y consideraciones taxonómica	
II.1.-Patrón estructural básico de <i>Gelidium</i> Lamouroux	22
II.2.- Patrón estructural básico de <i>Gelidium sclerophyllum</i> Taylor	23

III Metodología

III.1- Colecta de material	24
III.2- Laboratorio	24
Manejo de material experimental	24
Preparación de medios de cultivo	25
Inoculación	25
a) Primera serie experimental	25
b) Segunda serie experimental	26
c) Tercera serie experimental	28
d) Cuarta serie experimental	29
III.3- Manejo estadístico	29

IV Resultados y análisis de resultados

IV.1- Descripción morfológica del crecimiento	30
IV.2- Primera serie experimental	30
Crecimiento Longitudinal	30
Producción de ramas	32
Producción de paquetes rizoidales	33
IV.3- Segunda serie experimental	38
Crecimiento longitudinal	38
Producción de ramas	38
Producción de paquetes rizoidales	39
IV.4- Tercera serie experimental	42
Incremento de biomasa	42
IV.5- Cuarta serie experimental	45
Crecimiento	45
Biomasa	45

V Discusión y consideraciones finales.

V.1.- Discusión y consideraciones finales	49
V.2.- Perspectivas	55

VI Literatura citada

VI.1 Literatura citada	57
------------------------	----

VII Apéndices

VII.1.- Glosario	66
VII.2.- Área de estudio	72
Descripción general de los ambientes poblacionales de <i>Gelidium sclerophyllum</i>	72
VII.3.- Preparación del medio de Cultivo SWM-3	74
VIII.4 Datos graficados	78

Lista de figuras

Figura 1 Distribución de <i>Gelidium</i> en el pacífico tropical mexicano
Figura 2 Ciclo de vida trifásico
Figura 3 Variación morfológica en <i>Gelidium</i>
Figura 4 Mapa general
Figura 5 Playa Las Cuatas
Figura 6 Primera serie experimental
Figura 7 Segunda serie experimental
Figura 8 Tercera serie experimental
Figura 9 Cuarta serie experimental

Primera serie experimental

- Figura 10 Crecimiento longitudinal, luz directa**
- Figura 11 Crecimiento longitudinal, luz indirecta**
- Figura 12 Producción de ramas luz directa**
- Figura 13 Producción de ramas luz indirecta**
- Figura 14 Producción de paquetes rizoidales luz directa**
- Figura 15 Producción de paquetes rizoidales luz indirecta**

Segunda serie experimental

- Figura 16 Crecimiento longitudinal**
- Figura 17 Producción de ramas**
- Figura 18 Producción de paquetes rizoidales**

Tercera serie experimental

- Figura 19 Fragmentos apicales**
- Figura 20 Fragmentos medios**
- Figura 21 Fragmentos bases**

Cuarta serie experimental

- Figura 22 Promedios finales de crecimiento**
- Figura 23 Promedios finales de biomasa**
- Figura 24 Crecimiento nitratos altos**
- Figura 25 Crecimiento nitratos bajos**
- Figura 26 Biomasa nitratos altos**
- Figura 27 Biomasa nitratos bajos**

RESUMEN

En el presente trabajo se muestran los resultados de el análisis de la influencia de algunos parámetros fisicoquímicos tales como los N/P y la intensidad luminosa sobre el crecimiento e incremento de la biomasa de *Gelidium sclerophyllum* Taylor, con la finalidad de estimar la posibilidad de producir, a partir de propagación vegetativa y en cultivos experimentales, embriones adventicios susceptibles de ser utilizados como semilla para siembras eventuales en poblaciones naturales o en cultivos a gran escala.

El análisis de los resultados indica que el rango de concentraciones de nutrientes, incluyendo nitratos y fosfatos, que produjeron crecimiento, producción de ramas y paquetes rizoidales, así como incremento de biomasa en todas las series experimentales, fue de 1-3 mM de nitratos y de 50 - 150 μ M de fosfatos. En los casos más exitosos, el porcentaje de crecimiento fue de hasta un 18% de aumento de talla diario y un 116% de incremento diarios en biomasa. En la totalidad de la composición de nutrientes con nitratos se presentó crecimiento en todos los fragmentos experimentados, no siendo así en las concentraciones que carecían de este compuesto, a pesar de contener suficiente fosfato. por su parte, la producción de rizoides se vio favorecida en porciones apicales, y en general el crecimiento fue mayor en las partes medias.

Dado que la ausencia total de fosfatos no fue letal en presencia de cualquier concentración de nitratos, se puede afirmar que el nutriente limitante es el N. En ausencia de P se requiere una concentración alta nitrógeno para que se produzca el crecimiento, y en presencia de ambos nutrientes, el crecimiento se incrementa. A luz directa ($60 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$) el crecimiento de todos los parámetros evaluados fue mucho mayor que a luz indirecta ($25 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Es posible que las

diferencias registradas en este estudio se deban a las diferencias genéticas de los individuos experimentales.

A pesar de ello, se pueden producir fragmentos vegetativos viables para su crecimiento, a partir de cualquier parte de los ejes erectos de las plantas, siendo más satisfactorio el resultado con los fragmentos apicales.

I

Introducción

I.1 - Ubicación y justificación del trabajo

Las especies de algas del orden Gelidiales (Rhodophyta) y específicamente del género *Gelidium* Lamouroux representan un recurso económicamente importante por que son productoras de un ficocoloide llamado agar-agar. Son las más cotizadas en el mercado internacional por la calidad de agar-agar que de ellas se obtiene, aproximadamente cincuenta especies son utilizadas..como materia prima para la producción de este compuesto y se estima que cantidades cada vez más altas serán usadas en la futura producción de agarosa, (Correa y Santelices, 1985; Macler y West, 1987; Armisen, 1991; Espinoza y Rodríguez.1992; Melo y Neushl, 1993; Rodríguez, V. D. *et al.*, 1993). Estas agarofitas son utilizadas en la industria farmacéutica, cosmética y alimenticia además de que cinco especies de *Gelidium* son consumidas como alimento principalmente en países orientales (Santelices, 1987).

La demanda ascendente de agar se ha reflejado en una sobreexplotación de las especies de este género, ya que la totalidad de las especies utilizadas en el mundo provienen solamente de praderas naturales, por lo tanto, el desarrollo de la explotación de este recurso, así como el fuerte interés en aumentar la producción en biomasa y mejorar la calidad de agar, condujo a los primeros estudios de cultivo de las especies de *Gelidium* bajo condiciones controladas. Dichos estudios son indispensables para conocer las necesidades básicas de la fisiología de las especies, así como los factores medioambientales que afectan el crecimiento y la composición química y que son particularmente importantes para decidir las mejores condiciones si se quieren desarrollar sistemas de cultivos.

Las posibilidades de incrementar la biomasa cosechada e incluso, las de mejorar la productividad en términos de cantidad y calidad de los productos, a través de cultivos, parte del reconocimiento básico de que todos los seres vivos tienen la capacidad de expresarse diferencialmente en función de las condiciones medioambientales. Esta capacidad de respuesta diferencial es una cualidad inherente de los seres vivos y está determinada por su código genético.

La práctica del cultivo conlleva a ese conocimiento, primero empírico y ahora científico, y pretende, por la vía de la experimentación, encontrar aquellas condiciones que den pie a la expresión óptima de aquellas cualidades de las especies que se pretende explotar.

Entre las técnicas de cultivos masivos sugeridos, la propagación vegetativa a partir de fragmentos del talos, ha sido ampliamente desarrollada en algunas especies de *Gracilaria* Greville, donde grandes extensiones de fondos marinos son "sembrados" con fragmentos de plantas que originan un alto porcentaje del tonelaje producido a nivel mundial. Para especies de *Gelidium* Lamouroux se han desarrollado con el mismo principio experimentos piloto en diferentes partes del mundo en California, USA con *Gelidium nudifrons* Garder (Gibor *et al.*, 1981), en China con *Gelidium amansii* (Lamouroux) Lamouroux (Fei y Huang, 1991) y en España con *Gelidium sesquipedale* (Clm.) Born. *et* Thur (Juanes y Puente, 1993).

En México, donde la utilización de los recursos algales está prácticamente limitada a los litorales de la península de Baja California, esto debido a que son pocas las especies que presentan biomasa cosechable suficiente para hacer redituable su explotación, cultivos a gran escala pueden ser una alternativa viable para la explotación de los recursos a nivel nacional, sobre todo en las zonas tropicales donde la biomasa algal es aun más reducida, en este sentido en el Pacífico Tropical Mexicano (Fig.1), se cuenta con 5 especies de *Gelidium* (Rodríguez, V. D. *et al.*, 1993) todas potencialmente productoras de agar. Sin embargo, se sabe que las poblaciones de estas especies son escasas, presentan bajas densidades y se desconocen las respuestas fisiológicas a las diferentes condiciones ambientales en las que se desarrollan.

La implementación exitosa de cultivos a gran escala, parte del conocimiento de los factores ambientales y requerimientos fisiológicos que afectan el crecimiento y producción de estas especies. A pesar de ello, existe muy poca información sobre estos requerimientos en las especies de *Gelidium* (Macler y Zupan, 1991; Santelices *et al.*, 1981; Macler y West,

1987; Fredriksen y Rueness, 1989; Rico, 1991), en comparación con otras algas de valor comercial, y sobre las especies mexicanas prácticamente no se sabe nada.

Por lo tanto, el presente trabajo intenta evaluar la posibilidad de producir a partir de propagación vegetativa y en cultivos experimentales, embriones adventicios (tallas mínimas de regeneración de fragmentos vegetativos) de *Gelidium sclerophyllum* Taylor, susceptibles de ser usados como "semilla" para una eventual siembra en poblaciones naturales o en cultivos a gran escala. De la producción de estos embriones serán evaluadas las siguientes respuestas fisiológicas: crecimiento en talla y producción de ramas, incremento de biomasa y desarrollo de la capacidad de adhesión al substrato a través de la producción de paquetes rizoidales utilizando diferentes condiciones de intensidad mínima de luz y concentración de nutrientes.

1.2 - Marco Teórico Conceptual

Los seres vivos se encuentran en la naturaleza, manifiestos en tiempos y espacios definidos, en interacción permanente con su medio, es decir, se encuentran en constante movimiento. Estas interacciones producen transformaciones continuas, lo que le dá la facultad de modificar (alterar) su medio y a la vez ser modificado (Teoría de los Procesos Alterados; González-González, 1991, 1992a, 1992b).

Los individuos son la manifestación concreta de los seres vivos en la naturaleza. presentan una identidad, dada por su acervo genético que mantiene un patrón estructural y funcional básico (PE-FB) a lo largo de su existencia, que son el conjunto de características que definen y delimitan a un taxón. Dicho patrón se mantendrá en cada etapa dentro de su desarrollo ontogenético, proporcionando al individuo "unidad. "

No obstante que, el individuo desde su nacimiento hasta su muerte, mantiene una identidad genética, puede presentar una expresión morfofisiológica diferente en cada una de sus etapas de desarrollo, es decir, tiene la capacidad de expresarse de manera

distinta, debido a un proceso de manifestación diferencial (alteridad intrínseca). Así mismo, existe la alteración recíproca (alteridad extrínseca) dada por la interacción entre los individuos con su medio y consigo mismos, influyendo así en la manifestación y diferenciación fenotípica (morfofisiológica) de los demás individuos (Rodríguez, V. D. 1989).

En el caso del presente estudio, *Gelidium sclerophyllum* Taylor tiene ciclos de vida trifásico (Fig. 2) es decir que comprende: dos fases cromosómicas, expresadas en 3 fases morfológicas distintas: una de vida libre tetrasporofítica y el carposporofito, ambas diploides, y una sola fase haploide, el gametofito. La alternancia de generaciones es isomórfica, en donde las fases, son similares en apariencia, tamaño y duración, diferenciándose sólo por su constitución genética y el tipo de estructuras reproductoras que produce cada una, dichas fases pueden coexistir o estar desfasadas en tiempo y espacio y seguramente juegan papeles ecológicos diferentes. El conjunto de etapas que constituyen cada una de las fases, presentan flujo de información genética, manteniendo el proceso de identidad-alteridad y unidad-continuidad, constituyendo así un organismo.

El conjunto de individuos (manifestación concreta de los seres vivos en la naturaleza) que presentan el mismo PE-FB y se encuentran en un tiempo-espacio definidos, presentando intercambio genético constituyen una población y la consecuencia es la especie: conjunto de poblaciones semejantes, que se pueden encontrar en tiempos y espacios diferentes.

De esta manera, el individuo, organismo, población y especie, constituyen una unidad de estudio integrativa: IOPE, que es una aproximación teórica para explicar a los seres vivos a través del proceso de autopropagación. Esto quiere decir que el IOPE como unidad explica a los seres vivos como las entidades concretas de la manifestación en la naturaleza con todas sus cualidades (forma y función) con su devenir y sus

Introducción

interrelaciones y como a partir de eso es, posible la continuidad de la vida (González-González, 1991, 1992a, 1992b).

La ubicación espacio-temporal conlleva a los individuos a interactuar con las condiciones medioambientales (factores abióticos y bióticos), involucradas en un proceso dinámico. Dependiendo de como sean estas interacciones, un individuo puede presentar diferentes respuesta fenotípicas que serán la expresión diferencial del genotipo a un cierto intervalo de condiciones. La capacidad de respuesta que tiene un individuo al manifestarse en diferentes condiciones, tanto bióticas como abióticas, es la capacidad de respuesta adaptativa, su bioapocrisis. Es decir, es su capacidad de sobrevivir a un momento o fenómeno crítico, involucrando cambios, como consecuencia de su plasticidad adaptativa, morfológicos, reproductivos, metabólicos, etc.. Por lo tanto la adaptación es una respuesta posible, resultado de la interacción entre la capacidad intrínseca de los individuos, determinada por el genotipo y las condiciones medioambientales.

El conjunto de formas de manifestación conforman el intervalo completo de expresión de un IOPE y teóricamente, cada IOPE tiene un óptimo de manifestación, el que se refiere al momento de mejor expresión de sus capacidades en función de un determinado conjunto de factores medioambientales. Es la respuesta adaptativa más eficiente que se expresa fenotípicamente en un mayor grado de vigor y lozanía, además de un óptimo en la realización de su capacidad de perpetuación a través de su progenie. Es decir, es el óptimo de proceridad ecofisiológica (González-González, 1991, 1992a, 1992b).

Este óptimo ecofisiológico se reconstruye al confrontar la información de las distintas manifestaciones de un IOPE en diferentes ambientes, porque así es probable conocer las mejores posibilidades de expresión de un IOPE relacionadas con el medio.

En cada IOPE, el individuo tiene un cierto potencial con una cierta capacidad de manifestación, la cual va a variar en relación con otros individuos de su propia

generación (población) y con otras generaciones (organismo), por lo que coexisten diferentes capacidades manifiestas, produciendo rangos de manifestación en relación con los gradientes de los factores medioambientales. De estos rangos, habrá subrangos óptimos, desde el punto de vista ecofisiológico, tanto vegetativa como reproductivamente (González-González, 1991, 1992a, 1992b), la caracterización de este tono incluirá la descripción morfofisiológica de la especie en términos de su proceridad en relación a las circunstancias en que se presenta.

Desde este punto de vista, un trabajo de flora tónica, es el estudio de la biología y autoecología de cada una de las especies integrantes de una flora, mediante los cuales se explica la presencia-ausencia, permanencia, constancia, así como la proporción en cada uno de los ambientes, en ella se describen los PE-FB, los rangos de variación con base en los factores mesológicos, evaluando la coherencia de la sistemática de cada uno de ellos y en consecuencia se detectan los problemas taxonómicos, obteniendo los elementos básicos para su solución (González-González, 1991; 1992a, 1992b).

Así, los estudios de variación genética y fenética de los taxa permite no solo resolver problemas de definición taxonómica, sino aproximarse al conocimiento de su potencial adaptativo, explicar parte de los problemas que plantea su propia biología y la posibilidad de interpretar y predecir el cambio y el movimiento de las floras.

En este sentido, los estudios de cultivo experimental a diferentes condiciones medioambientales permiten conocer también, parte del potencial adaptativo de los individuos al manipular esa interacción entre rangos y gradientes, produciendo respuestas que aunque alejados de las que se presentan en condiciones naturales, entregan pistas sobre la expresión ecofisiológica en cada uno de los factores utilizados.

Es decir, es posible precisar las formas de manifestación a través de la tolerancia a ciertos valores de los gradientes de factores ambientales aislados y manipularlos

proporciona un conocimiento importante tanto de los procesos como de la complejidad y funcionamiento de los IOPEs en el ambiente.

De esta forma, el presente trabajo tiene como intención evaluar la posibilidad de incrementar la densidad poblacional a partir de producción *in vitro* de "semilla" a escala experimental obtenida por propagación vegetativa, y bajo diferentes condiciones fisicoquímicas de cultivo de *Gelidium sclerophyllum* Taylor.

I.3 - Objetivos

General

- Estimar la posibilidad de producir embriones adventicios (tallas mínimas de regeneración de fragmentos vegetativos), bajo diferentes condiciones de cultivo experimentales en *Gelidium sclerophyllum* para ser utilizado como "semillas" como una posibilidad de resiembra de fondos marinos.

Particular

- Evaluar el efecto de la concentración de nutrientes y la intensidad luminosa sobre la producción de ramas, paquetes rizoidales y su relación con el crecimiento longitudinal.
- Estimar el efecto de la ausencia de nitratos y fosfatos en fragmentos de diferentes porciones del eje: apicales, medias y basales.
- Valorar el efecto de la concentración de nutrientes en el incremento de la biomasa en fragmentos apicales medios y basales.
- Evaluar el efecto multiplicativo de la relación nitrógeno/fósforo en fragmentos apicales en el crecimiento longitudinal e incremento de biomasa

Finalidad

- Contribuir al conocimiento de la flora tónica ficológica del Pacífico Tropical Mexicano, a través de la manipulación experimental de *Gelidium sclerophyllum*.

1.4 - Planteamiento del problema y consideraciones fisiológicas

El conocimiento de los requerimientos fisiológicos de las algas, y específicamente de las Gelidiales en cultivo, es particularmente interesante y se ha relacionado con factores medioambientales tales como la intensidad de la luz, el movimiento del agua, la temperatura y la concentración de nutrientes, por ser algunos de los factores más importantes que afectan la morfología y crecimiento de estas algas marinas (De Boer *et al.*, 1978; Seguel y Santelices, 1988; Kain y Norton, 1990; En_Cole y Sheath, 1990; Lobban y Harrison, 1994).

Temperatura

Correa y Santelices, (1985) describieron los efectos medioambientales de temperatura, fotoperíodo y densidad del flujo fotónico, en relación con el crecimiento post-germinación de esporas en *Gelidium chilense* (Montagne) Santelices y Montalva y *Gelidium lingulatum* Kützinger. Encontraron que el crecimiento óptimo en *Gelidium chilense* ocurrió bajo 12 horas de luz, a 20°C y a 25-75 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$. En *Gelidium lingulatum* los crecimientos máximos ocurrieron tanto a 15°C bajo 16 horas de luz y a 20°C bajo 12 horas de luz. Los patrones de respuesta a los factores medioambientales mostrados por estas dos especies de *Gelidium* Lamouroux son similares y son consistentes con su distribución en campo. En ambas especies la esporogénesis se satura a 50 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Yokoya y Oliveira (1992a) determinaron las temperaturas óptimas en el crecimiento *in vitro* de algunas algas rojas de Brasil (*Gracilaria* Greville, *Pterocladia*

capillacea (Gmel.) Bornet et Thurete), comparando sus resultados con la distribución geográfica de esas especies. Las temperaturas óptimas no coinciden con las distribuciones geográficas, y la intolerancia a altas temperaturas no es un factor que controle el esparcimiento moderado de las especies de *Gracilaria sp.* hacia áreas calientes. En *Pterocladia*, poblaciones de dos localidades distintas tuvieron diferentes respuestas a el óptimo de temperatura (18 y 22°C), sugiriendo que hay ecotipos en las diferentes temperaturas. Estos datos pueden ser utilizados como indicadores de la tolerancia de las especies en el campo y relacionarlos con la distribución geográfica

Salinas y Valdés (1993) realizaron cultivos de talos de *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Born et Thurn midiendo la elongación del eje principal, la producción de rizoides y el número de parches necróticos examinados bajo condiciones de laboratorio, para determinar la influencia de la temperatura y el fotoperíodo en los procesos de readhesión. Los mejores resultados fueron obtenidos a temperaturas de 16 a 18°C cuando la producción de rizoides fue alta y la producción de parches necróticos fue baja a 18°C o ausentes a 16°C. Las temperaturas de 20 a 22°C favorecieron la producción de paquetes rizoidales, pero además se desarrollaron un mayor número de parches necróticos.

Regeneración en algas marinas

A pesar de la importancia que tiene este fenómeno, es poco investigado. La regeneración muestra la totipotencialidad de las células en todas las algas rojas. En algunas especies, es posible aislar una sola célula de un filamento y esta célula podría producir un nuevo talo por regeneración, generalmente, a partir de la célula ápical o de un conjunto de células de filamentos de crecimiento ilimitado (Murray, y Dixon, 1992).

Gibor *et al.*, (1981) hicieron algunas recomendaciones en el manejo de cultivo de algas marinas (*Porphyra lanceolata* Setch. y Hus., *Gelidium nudifrons* Garder, *Gracilaria*

Greville, *Eucheuma uncinatum* Setch. et Gardn. *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Ag.), tales como la forma de mantener el material estéril, para ello se deben realizar análisis para determinar la viabilidad de los tratamientos, la eliminación de epífitas, con la finalidad de obtener material en estados estéril y viables para de esa manera iniciar la propagación vegetativa, con la creencia no solo de facilitarla, sino también de crear un programa de reproducción y de selección de las mejores propiedades.

Santelices *et al.*, (1981) estudiaron la respuesta de la biomasa, fenología y capacidad de regeneración en tres especies chilenas: *Gelidium chilense* (Montagne) Santelices y Montalva, *Gelidium linguatum* Kützinger y *Gelidium rex* Santelices et Abbott, evaluando la fisiología de las especies, su capacidad de supervivencia y productividad bajo condiciones de cultivo flotando libremente. Describen que en *Gelidium rex* el crecimiento óptimo fue a 15°C, las altas tasas de crecimiento decrecen en altas temperaturas, en altas radiaciones o en fotoperiodos de 16:8. En *Gelidium linguatum* el crecimiento óptimo también se presentó a 15°C, así mismo, el crecimiento decrece en altas temperaturas. Sin embargo, las tasas de crecimiento aumentaron en radiaciones altas o bajo fotoperiodos largos. En *Gelidium chilense* el crecimiento óptimo se presentó a los 20°C, y bajo altas radiaciones y fotoperiodos largos. Ninguna de estas especies pudo sobrevivir en temperaturas arriba de los 25°C o bajo condiciones de luz continua. En resumen, estas especies presentaron baja biomasa por unidad de área así como una capacidad de regeneración baja.

Fei y Huang (1991) realizaron cultivos sobre regeneración de pequeños fragmentos del talo de *Gelidium pacificum* Okamura y de *Gelidium amansii* (Lamouroux.) Lamouroux para proporcionar un abastecimiento de semillas. Esta técnica de cultivo muestra una gran potencialidad y viabilidad, proponiendo que futuras investigaciones deberían estar enfocadas en esta dirección. Los cultivos de *Gelidium amansii* y *Gelidium pacificum* en el mar fueron generalmente adaptados a las condiciones naturales, aunque las tasas de crecimiento son bajas, comparativamente con otras algas marinas. Ellos observaron que el promedio de las tasa de crecimiento para las especies estudiadas de *Gelidium*

Lamouroux, es de 2.5% día⁻¹. Las técnicas de cultivo sustentadas en la colección de esporas, son prometedoras, por lo que son necesarios más estudios antes de que puedan ser aplicadas.

Dawes, *et al.*, (1993) proponen que la regeneración clonal a partir de cultivo de ramas; Micropropagación de *Eucheuma denticulatum* (Burm.) Collins y Hervey y *Kappaphycus alvarezii* Doty, es posible por medio del enriquecimiento del agua de mar con 0.1% de agua de coco con 1 mg l⁻¹ de ácido indol 3-butírico por 24 h o en cultivos continuos con 0.01% de Algefer, un fertilizante filipino. La micropropagación de plantas de 0.5 cm fue casi del 100%, en un periodo de 4 a 6 semanas, donde la producción de nuevas ramas demostraron la viabilidad de la regeneración de las plantas.

Respuestas fisiológicas

Santelices, (1976) presentó algunas notas sobre el cultivo masivo de 3 especies de Gelidiales con el objetivo de establecer si podrían sobrevivir flotando. *Pterocladia caerulescens* Santelices, *Pterocladia capillacea* (Gmel.) Bornet et Thurete fueron capaces de crecer continuamente durante aproximadamente 50 días con una tasa de crecimiento máximo de 2.3 % y 1.6 % respectivamente, en tanto que *Gelidiella acerosa* (Forsskal) Feldman y Hamel, no sobrevivió a las condiciones de cultivo, perdiendo sus pigmentos y muriendo a los 5 días de iniciado el experimento. En las especies sobrevivientes, las velocidades de crecimiento disminuyen a medida que la biomasa aumentaba, lo cual probablemente fue debido a la reducción de las concentraciones de nutrientes. Las condiciones de cultivo flotante, desarrollaron estructuras globosas, desprovistas de discos adherentes, variando la morfología que puede encontrarse en estas especies cuando viven adheridas a un sustrato.

El mismo autor (1978) reportó el efecto interactivo de algunos factores con factores ambientales en *Pterocladia caerulescens*, *Pterocladia capillaceae* y *Gelidiella acerosa* de Hawaii. Los resultados indicaron que el movimiento del agua y la intensidad

de la luz son los principales factores que regulan el crecimiento y la ramificación de estas especies. La salinidad y la temperatura presentan efectos significativos sólo en valores excesivos.

McLachlan, (1991) indicó que la luz en un sistema de cultivo, es absorbida totalmente para la producción de biomasa y los requerimientos fotosintéticos, resultando en una alta eficiencia de la utilización de la luz. Además encontró que el crecimiento vegetativo de algunas algas marinas suspendidas libremente en el medio, es indeterminado, sugiriendo que las producciones máximas de biomasa son alcanzadas si la planta no esta adherida al sustrato.

Macler y Zupan (1991) describieron los principales factores ambientales importantes para el crecimiento y producción de agar en las Gelidiales incluyendo la luz, nitrógeno, carbono, temperatura y el movimiento del agua, los cuales se ha demostrado que influyen significativamente en las tasas de crecimiento y reproducción en condiciones optimas de cultivo.

Melo *et al.*, (1991) realizaron cultivos flotantes en mallas de *Gelidium robustum* (Gardn.) Hollenb. y Abb en el mar, bajo una variedad de condiciones experimentales: rigidez, tensión, en zonas con calma y turbulencia, a varias profundidades, con y sin fertilizantes. Se midieron periódicamente factores medioambientales tales como la temperatura, disponibilidad de nutrientes, factores hidrodinámicos, entre otros. La circulación del mar en las plantas experimentales con fertilizantes comerciales fue aparentemente benéfico en el crecimiento de las plantas. Bajo condiciones óptimas de crecimiento, las tasas específicas de crecimiento registradas fueron de 2 % por día. El factor hidrodinámico parece tener influencias en el desarrollo y efectividad de los cultivos en las Gelidiales.

Rico, (1991) determinó los factores medioambientales (temperatura, fotoperíodo y concentración de nutrientes) y los cambios de biomasa, porcentajes de reproducción y

tallas encontradas en *Gelidium latifolium* (Grev.) Born et Thur en campo y laboratorio proponiendo algunos factores para su cultivo, tales como el efecto de las dosis de luz total, agitación, temperatura y densidad de flujo fotónico. Los resultados en los crecimientos experimentales mostraron que las tasas máximas de crecimiento son obtenidas cuando las plantas son cultivadas en fotoperíodos de (16:8 L/D) con agitación. Los resultados de la luz por densidad de flujo fotónico experimentadas, mostraron que los crecimientos máximos son obtenidos a valores de $50 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ en temperaturas entre los 20 y 25 °C.

Yokoya y Oliveira (1992b) estudiaron las tasas de crecimiento, morfología y contenido de agua en algas rojas de Brasil de importancia económica (*Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss, *Gracilaria* Greville y *Pterocladia capillacea* (Gmel.) Bornet et Thurete) y la tolerancia de éstas a la salinidad, encontraron que las especies son más tolerantes a salinidades por arriba de los 30‰, que por debajo de este valor. Los valores más altos de salinidad redujeron la bifurcación de las ramas de las especies utilizadas, y los valores de salinidad más bajos produjeron decoloración del talo. Los resultados de este estudio permiten elegir zonas potenciales para el cultivo de las especies estudiadas bajo regímenes de salinidad adecuados.

Pacheco y Zertuche (1995) observan el crecimiento de *Gelidium robustum* (Gardn.) Hollenb. y Abbt. bajo diferentes velocidades de corrientes e intensidades de agitación, tanto *in situ* como en condiciones semicontroladas de cultivo. Describen que en condiciones semicontroladas, el crecimiento fue directamente proporcional al aumento del movimiento del agua. También demostraron, *in situ*, que en zonas con mayor movimiento de agua se estimuló el crecimiento de la planta con un crecimiento máximo de 3.6% día⁻¹.

Readhesión

Seguel y Santelices (1988) determinaron el mejor sistema de cultivo de la fase *Conchocelis* (*Porphyra columbina* Montagne) comparando cultivos sobre sustrato calcáreo con cultivos flotantes, determinaron el tiempo de formación de conchosporangios, el ritmo de liberación de esporas y técnicas de liberación e inoculación de redes y cuerdas con esporas, a fin de lograr desarrollo de frondas en cultivos en estanques. Registran que el sustrato más adecuado fue el calcáreo, tal como conchas de ostra y loco (*Ostrea* y *Tagelus*, *Concholepas*) que es donde se encuentran tasas de crecimiento altas y las conchas no se resquebrajan. El fotoperíodo adecuado para la liberación de conchosporas puede ser de 12:12 ó 8:16, acompañados por una disminución en la temperatura de 15° a 10°C.

Por su parte, Seone-Camba, J. (1989) señaló la posibilidad de cultivar *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Born et Thurn a través de propagación vegetativa por medio de estolones, determinando además los mejores sustratos para cultivar dichas especie y a partir de ello realizó un análisis sobre la penetración rizoidal de estas algas. La regeneración fue probada a través de fragmentos superiores del talo de 1-2 cm, observándose la formación de ramas a partir de esos fragmentos, en temperaturas de 19-20°C, mostrando, además, que sobre la superficie del talo se desarrollan los rizoides, los cuales si presentan una composición química adecuada pueden asentarse sobre piedras de tipo calcáreo y penetrar en el sustrato. En un período de dos meses, se obtuvieron plántulas sobre el sustrato adecuado. Los rizoides son producidos por las células corticales interiores de los talos, y su formación es claramente visible en el eje de la planta. Los rizoides pasan a través de espacios intercélulares del talo hasta el eje, y dependiendo del tipo de sustrato, los rizoides penetrarán a él.

Santelices y Varela (1994) observaron los efectos significativos que tienen los sustratos calcáreos en la readhesión de *Gelidium chilense* (Montagne) Santelices y Montalva en relación a la densidad de flujo fotónico y el fotoperíodo. Los talos pueden

Introducción

sufrir fragmentación por arrastres hidrodinámicos, pero los fragmentos vegetativos pueden readherirse por la diferenciación de rizoides, producidos en las células corticales internas y externas. Estos rizoides pasan a través de los espacios intercélulares de la corteza, saliendo externamente y cimentando los fragmentos vegetativos en el sustrato. En *Gelidium chilense* la diferenciación y abundancia de los rizoides es estimulada por la presencia de sustrato calcáreo, (0.5 mM) de Ca^{2+} en el medio de cultivo y por las altas densidades de flujo fotónico utilizadas (50-90 $\mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$). El fotoperíodo no afectó la producción de rizoides. El tiempo de readhesión más corto fue de 10 días bajo condiciones óptimas de cultivo.

Juanes y Puente (1993) estudiaron uno de los cinco procesos secuenciales que acontecen durante la propagación vegetativa en *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Born et Thurn: la readhesión de filamentos rizoidales diferenciados a partir de fragmentos apicales. Esto fue combinado con 2 diferentes factores, luz (25 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y fotoperíodos largos y 50 $\mu\text{mol m}^{-1}\text{s}^{-1}$ y fotoperíodos cortos) y la capacidad de readhesión entre fases del ciclo de vida isomórficos. Encontraron que efectivamente hay una diferencia entre la readhesión entre las fases isomórficas (gametofitos femeninos y tetrasporofitos) de *Gelidium sesquipedale*, lo que sugiere que probablemente haya competencia entre ambas fases. Basándose en sus resultados, sugieren que las frondas esporofíticas pueden ser más fácilmente propagadas. Así mismo las condiciones de luz utilizadas, así como los fotoperíodos largos, no influyen directamente en la capacidad de readhesión.

1.5.- Antecedentes

Nitrógeno

Los trabajos relacionados con la nutrición en las algas se encuentran enfocados principalmente a elementos tales como el nitrógeno, por ser considerado un elemento crítico y limitante en el crecimiento, regulación del metabolismo y la reproducción de las especies, tanto *in situ* como en cultivos en laboratorio.

Esta importancia radica en que el nitrógeno es requerido en los aminoácidos, ácidos nucleicos y para la biosíntesis de las proteínas (Kain y Norton, 1990; En Cole y Sheath, 1990; Lobban y Harrison, 1994). Por ejemplo, se ha demostrado que el nitrógeno en exceso resulta en un incremento de aminoácidos libres contenidos en *Porphyra yezoensis* Ueda y en *Gelidium amansii* (Lamour.) Lamouroux (Akatsuka, 1986).

Además se ha encontrado que el complejo proteínico puede ser utilizado como almacén de nitrógeno (Bird *et al.*, 1982; Lapointe, 1981). Cuando en el medio externo e interno el nitrógeno se encuentra reducido o escaso, la mayoría de estas especies se acercan a sus tasas mínimas de crecimiento utilizando el nitrógeno inorgánico de aminoácidos, aminas, péptidos y proteínas para su crecimiento (De Boer *et al.*, 1978).

Las dos formas más importantes de nitrógeno para el crecimiento de las algas marinas son nitrato (NO₃) y amonio (p.ej. NH₃, NH₄⁺) (De Boer *et al.*, 1978; Kain y Norton, 1990; En Cole, y Sheath, 1990; Lobban y Harrison, 1994).

Los trabajos relacionados con nitrógeno se encuentran principalmente enfocados a la tasa de crecimiento en especies marinas de importancia económica. De Boer *et al.*, (1978) determinó el crecimiento específico de *Neogardhiella baileyi* Wynne et Tayl., el cual pareció seguir un tipo de saturación cinética, en donde ambas especies presentaron

la habilidad para utilizar bajas concentraciones de nitrógeno en su crecimiento. Bird, (1976) en *Gelidium nudifrons* Garder encontró que las razones de crecimiento aumentaron al incrementarse las concentraciones de nitrógeno, al igual que Macler y Zupan (1991) proponen que las concentraciones óptimas para el cultivo masivo dependen de un rango de 10-100 μ M de nitrato.

Bajo condiciones favorables, las algas rojas poseen la capacidad para establecer reservas internas de nitrógeno, utilizadas para crecimientos subsecuentes, tomando más nitrógeno del que pueden utilizar en ese momento para su crecimiento. Estas reservas pueden ser importantes para prolongar los crecimientos estacionales y estimular el crecimiento en las algas (Lobban y Harrison, 1994; Kain y Norton, 1990: En Cole y Sheath, 1990...).

Bird *et al.* (1982) examinaron el contenido de nitrógeno interno en talos de *Gracilaria tikvahiae* McLachlan encontrando que los aminoácidos y las proteínas parecen ser los principales almacenadores de nitrógeno, mientras que el ADN parece tener poca importancia en este aspecto. Dentro del "pool" de las proteínas, los pigmentos ficobilínicos, especialmente las ficoeritrinas, parecen importantes como fuente de nitrógeno cuando el talo es inicialmente limitado de nitrógeno. Se ha demostrado que *Gracilaria tikvahiae* puede tomar suficiente nitrógeno en seis horas y esto le alcanza para 14 días de crecimiento y tiene hasta seis semanas de crecimiento sin ser limitado por los nutrientes externos (Ryther *et al.*, 1981). Cuando la concentración de nitrógeno externo es alto, *Laminaria longicuris* de la Pyl. es capaz de almacenar y tomar cantidades excesivas de este, más que el que requiere para su crecimiento, cuando se presentan condiciones extremas, entonces es capaz de utilizar este nitrógeno sobrante almacenado para crecimientos posteriores; lo anterior demuestra, que el almacenamiento de nitrógeno podría tomarse como una ventaja en el desarrollo de las plantas (Fredriksen y Rueness, 1989), permitiendo el crecimiento durante largos períodos en baja disponibilidad de nutrientes (Lobban y Harrison, 1994; Wheedler y Wheedler, 1980).

Se ha encontrado también que hay una correlación entre la deficiencia del nitrógeno y la reducción en la composición de los pigmentos contenidos en las células de algunas Gelidiales, esto puede darse en respuesta a cambios en las condiciones medioambientales, por lo tanto, la decoloración de las algas rojas se ha atribuido a la necesidad de nitrógeno (De Boer *et al.*, 1978; Fredriksen y Ruennes, 1989).

Mairh *et al.*, (1990) observaron los efectos del nitrógeno y del fósforo sobre el crecimiento vegetativo y la formación de diferentes tipos de tetrasporangios en *Gelidiella acerosa* (Forsskal) Feldman y Hamel en cultivo. El mayor crecimiento vegetativo se encontró en 5 mg de nitrógeno por litro y a 0.711 mg de Fósforo por litro; fueron observados tres tipos de división de los tetrasporangios: crucial, zonal y decusadamente crucial y 5 tipos de germinación: con un pequeño tubo germinativo, con un largo tubo germinativo que termina en punta en el ápice, y tres tipos con un tubo germinativo largo y cilíndrico.

Vergara *et al.*, (1993) desarrollaron un sistema de cultivo quimioestático determinando la producción de biomasa y la respuesta metabólica a diferentes concentraciones de nitrógeno. A 35 μmol de nitratos se encuentran los valores óptimos de crecimiento y producción de biomasa; cuando se utilizaron 15 μmol de nitratos las tasas de crecimiento y la producción de biomasa fueron significativamente reducidas y en 7 μmol de nitratos no hubo crecimiento ni producción de biomasa.

Fosfatos

Este elemento juega un papel importante en muchas biomoléculas, como son los ácidos nucleicos, proteínas y fosfolípidos de las membranas. Sin embargo, su papel más importante lo juega en la transferencia de energía a través del ATP y otros compuestos altamente energéticos, en la fotosíntesis, respiración y en las principales moléculas dentro de las rutas metabólicas (Walker y Sivak 1986; En Lobban, y Harrison, 1994).

El fosfato inorgánico es transportado a través del plasmalema, entrando en una dinámica intracelular, para ser incorporado a un metabolismo fosforilado (Chopin *et al.*, 1990 :En Lobban, y Harrison, 1994) o almacenado en las vacuolas o en vesículas polifosfatadas (Lundberg *et al.*, 1989 y Cambella *et al.*, 1983: En: Cole, y Sheath, 1990)

Cuando el fosfato es escaso internamente, las algas poseen la habilidad para incorporar fosfato externo extremadamente rápido, tomando cantidades que generalmente exceden a los requerimientos de la célula (Kuhl, 1974 y Cambella *et al.* 1984: En Cole y Sheath, 1990).

Aunque el fósforo limita el crecimiento en las microalgas de agua (Kuhl, 1962: En Cole y Sheath, 1990), en las macroalgas no fue considerado, por mucho tiempo como un nutriente que limitara el crecimiento en ambientes marinos (Lobban, y Harrison, 1994) lo que aparentemente llevó a que se desarrollarán pocos estudios referentes a los efectos que pudiera ejercer este elemento sobre el crecimiento, morfología y reproducción en dichas algas.

Littler, *et al.*, (1988) mencionan que tradicionalmente el nitrógeno se ha considerado el principal nutriente limitante en las aguas de los mares tropicales (Parsons, *et al.*, 1977), aunque en recientes evidencias de modelos geoquímicos (Broecker y Peng, 1982; Smith, 1984) y bioensayos de macroalgas *in situ* se ha sugerido que el fósforo puede ser el nutriente más importante que limita el crecimiento (Lapointe, 1985, 1987). Este mismo argumento había sido mencionado por Redfield, (1958), afirmando que en los océanos, en general los ecosistemas son limitados por el fósforo.

Hsiao y Druehl (1973) estudiaron los requerimientos de nitratos y fosfatos sobre los gametofitos desarrollados y la gametogénesis de *Laminaria saccharina* (Linnaeus) Lamouroux. Estos resultados sugieren que los diferentes patrones de diferenciación también dependen de una interacción delicada de la concentración de nutrientes, tanto de nitratos como de fosfatos.

Hoffmann, *et al.*, (1984), observaron la interacción del nitrato y del fosfato sobre el desarrollo de los estados microscópicos de *Lessonia nigrescens* Bory. Los resultados obtenidos muestran que los patrones de desarrollo de estos estados, pueden ser modificados por la interacción de los efectos diferenciales entre los nitratos y los fosfatos.

Luz

La luz es considerado un factor fundamental en el estudio de las plantas como recurso de energía para la fotosíntesis, crecimiento y en la variación morfológica. Este factor controla las tasas de crecimiento y la productividad de las plantas, la cual depende de la conversión de la energía luminosa. Los estudios realizados sobre la luz están relacionados con la duración del día (fotoperiodo), intensidad luminosa (densidad de flujo fotónico) y calidad de la luz (características espectrales) y con las relaciones fotosintéticas de las plantas (Lapointe, 1981; Macler y Zupan, 1991; McLachlan, 1991).

Santelices (1978), sugiere que la variación estacional en la formación de los talos en las Gelidiales, puede ser el resultado de la variación de los niveles de luz, demostrando una correlación entre la disminución de la intensidad de la luz y la elongación de los ejes en algunas especies.

Mairh y Rao (1978) examinaron los efectos del fotoperiodo sobre las tasas de crecimiento en *Gelidium pusillum* (Stackh) Le Joys. Estas plantas crecieron bajo cuatro diferentes fotoperíodos: 8:16, 16:8, 20:4 y 24:0 L:D a 2000 - 2500 luxes, y los resultados muestran que en dichos fotoperíodos no hubo producción de esporas, pero sí hubo crecimiento vegetativo, el ideal para el crecimiento fue el de 8:16 hr.

D'Antonio y Gibor (1985) demostraron que la luz tiene un efecto importante en el desarrollo y en la morfología en *Gelidium robustum* (Gardn.) Hollenb. y Abb. al experimentar con diferentes densidades de flujo fotónico y en diferentes fotoperíodos. Encontraron que los efectos de la luz sobre el desarrollo rizoidal puede ser un factor muy

importante ya que la capacidad de germinación y adhesión al sustrato, tanto en cuerdas como en redes, puede variar mucho a diferentes intensidades de luz. Además, observaron que al incrementar la densidad de flujo fotónico se incrementa la producción de agar.

Macler y West (1987) determinaron el crecimiento, estado reproductivo, morfología y producción de agar bajo condiciones experimentales de luz, temperatura, pH y condiciones de nitrógeno. La reproducción fue inducida por la limitación de nutrientes y por el incremento de la densidad de flujo fotónico. La luz roja inhibió la germinación de las tetrasporas, pero la luz azul y verde no.

Torres *et al.*, (1991) realizaron un estudio ecofisiológico en relación con el contenido de los pigmentos en respuesta a la temperatura, la luz y los efectos que se presentan en la fotosíntesis en *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Born *et* Thurn. La concentración de pigmentos decrece con la irradiancia excepto en el caso de los carotenos. El carbono y el nitrógeno fueron altas a máximas tasas fotosintéticas y la relación de Carbono:Nitrógeno incrementó cuando se aumentó la irradiancia, lo cual acrecentó los polisacáridos en la pared celular.

En base a los antecedentes presentados, se puede afirmar que no existen trabajos en donde se relacione la interacción de los fosfatos y nitratos, así como su efecto en el crecimiento y variabilidad morfológica en especies de *Gelidium* Lamouroux.

Así mismo, a pesar de haber suficiente información sobre los efectos de la luz, no hay reportes sobre la interacción con la concentración de nutrientes y sus implicaciones tanto en el incremento de la biomasa, el crecimiento del talo y su variabilidad morfológica.

II

Ubicación y
consideraciones
taxonómicas

II.1.-Patrón estructural básico de *Gelidium Lamouroux*.

Gelidium sclerophyllum Taylor, ubicada en la División Rhodophyta, dentro de la Clase Florideophyceae, en el Orden Gelidiales, pertenece a la Familia Gelidiaceae (Gabrielson y Garbary 1987; En:Cole y Seath 1990.). El género *Gelidium* (Fig 3) fue establecido por Lamouroux (1813), presenta talos cartilaginosos, de hasta 30 cm o más de altura; ejes erectos, cilíndricos a comprimidos, diversamente ramificados, algunas veces notablemente dísticos, de color rojo a púrpura profundo o negro. Son plantas saxícolas o epizoicas; fijadas al sustrato por ejes de ramas postrados, variando la proporción de ejes erectos y postrados; las plantas algunas veces se presentan en matas formando céspedes con partes basales extensivas o en mayor discreción agrupados con uno o más ejes, surgiendo del límite del sistema basal. La corteza presenta varias capas de células pigmentadas, las más pequeñas dispuestas, frecuentemente de 2-12 μm de diám., con un arreglo irregular. Células medulares en sección transversal generalmente redondeadas, de 20-27 μm de diám., incoloras, compactadas, laxamente dispuestas, con o sin gránulos de almidón evidentes. Filamentos rizoidales con paredes gruesas de 2-5 μm de diám., ubicados en la médula y/o corteza, variando en número y posición en cada especie, incluso en plantas individuales. Tetrasporangios en soros en los ápices de las ramas, o sobre las ramas laterales aplanadas, también bajo el soporte de las ramas; ramas tetrasporangiales con o sin distinción de márgenes estériles; plantas tetrasporangiales a menudo reconocidas por la apariencia granular y oscura de las ramas fértiles, como resultado de la talla y intensa pigmentación de esporas. Soros espermatangiales algunas veces en áreas relativamente despigmentadas en los ápices de las ramas, generalmente conspicuos por la presencia de márgenes estériles oscuros. Filamentos carpoogoniales unicelulares, fusionados con células adyacentes después de la fertilización. Cistocarpos maduros sobresalientes equitativos sobre ambas superficies de la rama, generalmente con un solo poro sobre cada superficie, raramente con 2 o 3; crecimiento vegetativo continuo apicalmente durante el desarrollo del cistocarpo, marcadamente en una posición más proximal (Abbot y Hollenberg, 1976).

II.2.- Patrón estructural básico de *Gelidium sclerophyllum* Taylor.

Las características principales que distinguen a *Gelidium sclerophyllum* Taylor son: Talos de 0.6-2.0 cm de altura formando tufos, plantas con textura cornea, litofítica, epizoica y epífita. Ejes rastreros con hápteros adherentes en forma de estaca. Ejes erectos de cilíndricos a comprimidos en las partes bajas, comprimidos y ligulados en las partes altas, de 0.5-1.0 mm. de ancho, subsimples o irregularmente pinados, ramitas constreñidas en la base. Células medulares con paredes gruesas, las centrales son más grandes. Filamentos rizoidales en densos paquetes que rodean a las células medulares centrales, escasos en subcorteza. Soros tetrasporangiales en la porción central de ramitas laterales o terminales, las que tienen márgenes estériles que son más gruesos cuando se secan, los ápices de las ramitas fértiles son muy dentados. Cistocarpos biloculares localizados en los extremos de las últimas ramitas de 400-500mm de diámetro. Los ápices vegetativos son de tipo "G". Las células corticales superficiales no presentan agregación y están dispuestas irregularmente. (Dawson, 1952, 1954, 1961a; Taylor, 1945; Rodríguez, V. D. 1989). Localidad tipo: Bahía San Francisco, Esmeraldas, Ecuador. Distribución: Pacífico Americano: Baja California y Golfo de California, México; Golfo Dulce, Costa Rica PTM: Santa Elena, Oaxaca; Chalacatepec y Playitas, Jalisco; Careyeros, Las Cuevas, Punta Mita y Sayulita, Nayarit., Las Cuatas, Zihutanejo, Guerrero. (Rodríguez, V. D. 1989; Serviére Zaragoza, E. 1993; Serna-Paredes, J. 1996; De La Mora I. 1996).

III

Metodología

III.1- Colecta de material

Los talos de *Gelidium sclerophyllum* Taylor fueron colectados a partir de diferentes poblaciones establecidas en la localidad llamada Playa Las Cuatas, (De La Mora, 1996; Serna-Paredes, J. 1996) situada al Noroeste de la Ciudad de Zihuatanejo, Guerrero, entre los 17° 39' 50" de latitud Norte y 101° 35' 17" de longitud Oeste (ver Apéndice VII.2), manualmente con ayuda de una espátula y colocados en bolsas de plástico con agua de mar. Las muestras se transportaron al laboratorio en frascos de plástico de 500 ml. con medio de cultivo SWM-3 (Mclachlan, J. L. 1973), además de CaCO_3 (0.05 M) dentro de una hielera a bajas temperaturas (10°C).

III.2- Laboratorio

Manejo de material experimental

En el laboratorio, los talos fueron cepillados con ayuda de pinzas de relojero de 0.5 mm y pinceles de acuarela # 2, y lavados con agua de mar filtrada y pasteurizada, para eliminar epifitas y bacterias. Posteriormente, fueron colocados en frascos de vidrio esterilizados de 250 ml. con medios de cultivo SWM-3 (Mclachlan, J. L. 1973) y puestos en cámaras de ambiente controlado para su aclimatación a 22° C, con fotoperíodo de 16:8, con una densidad de flujo fotónico de $60 \mu\text{Em}^{-2} \text{s}^{-1}$ y una humedad relativa de 38-42%.

Una semana después de que las algas se ambientaron, se seleccionaron los talos vegetativos en mejores condiciones, de acuerdo a su color, es decir, que conserven su pigmentación natural (púrpura oscuro) y textura (que no se desintegren al tacto), así como que todos los fragmentos experimentales tengan como condición primordial ser vegetativos, continuando con el desarrollo experimental correspondiente.

Preparación de medios de cultivo

El agua de mar procedente de la localidad de colecta, fue procesada para la preparación de los medios de cultivo de la siguiente forma: filtrada a través de papel (Whatmman 1) y vertida a matraces Erlenmeyer de 4 l., fue pasteurizada en baño maría durante 3 horas, de tal forma que se evitó que el agua hierva y alterara sus propiedades químicas, estas 3 horas son repartidas en intervalos de 1 hora.

Posteriormente, fueron preparados variaciones del medio de cultivo SWM-3 (Mclachlan, 1973) (apéndice VII.3) con la finalidad de evaluar la producción de embriones adventicios (tallas mínimas de regeneración de fragmentos vegetativos, estableciendo diferentes concentraciones de fosfatos (NH_2PO_4), nitratos (NaNO_3), y adicionándoles 0.5 mM de CaCO_3 , en todos los casos (ver figuras correspondientes para cada bloque experimental).

Inoculación

Se diseñaron 4 bloques experimentales no simultáneos, con material proveniente de diferentes colectas, en diferentes épocas del año de la siguiente manera:

a) Primera serie experimental

Valoración del efecto diferencial de nutrientes y de la intensidad luminosa sobre el crecimiento de las plantas, realizado a partir del monitoreo del incremento en talla del eje principal, producción del número de ramas y número de paquetes rizoidales, en el periodo del cultivo para lo que se procedió de la siguiente forma:

Métodología

Se cortaron 30 fragmentos ápicales de ejes principales de 2, 1 y <1 mm, cortados con navaja de afeitar y con ayuda de un microscopio estereoscópico (Olympus SZ-PT). Cada conjunto de ápices fue repartido en 3 cajas de Petri (100 x 15 mm) e inoculado en 7 combinaciones experimentales de nutrientes (figura 6) basadas en el medio SWM3 (McLachlan, 1973). Dos juegos completos fueron elaborados y cada uno se colocó en dos condiciones diferentes de iluminación (luz directa $60 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y luz indirecta $25 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$), lo que significó un total de 42 cajas de Petri, cada una con 30 ápices vegetativos en experimentación y el tiempo de cultivo ascendió a 65 días.

Medios	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
Nutrientes							
TMS -1 (ml)	10	10	10	10	10	10	10
nitratos (mM)	2	3	1	2	2	0	0
fosfatos (μM)	100	100	100	150	50	0	0
CaCO_3 (M)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0

Figura 6

Efectos de la concentración de nutrientes y de la intensidad luminosa sobre el crecimiento longitudinal, producción de ramas y paquetes rizoidales en *G. sclerophyllum*

b) Segunda serie experimental

El efecto de la ausencia del nitratos y fosfatos sobre el crecimiento de la planta se cuantificó a través del incremento en talla y el número de ramas y paquetes rizoidales durante un período experimental de 30 días.

Se cortaron fragmentos uniformes de 2 mm de longitud en tres porciones del talo: ápical, media y basal de los ejes principales de las plantas que fueron sometidas al siguiente tratamiento:

Treinta fragmentos de cada una de las porciones del talo fueron repartidos en 2 cajas de Petri (100 x 15 mm) con 10 ml de medio correspondiente a 5 combinaciones de nutrientes (figura 7) y bajo las mismas condiciones de iluminación (luz directa 60 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$), formando un total de 30 cajas con 15 fragmentos cada una bajo condiciones experimentales.

Medios	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
Nutrientes					
TMS -I (ml)	10	10	10	10	10
Nitratos (mM)	2	3	0	3	0
Fosfatos (μM)	100	0	150	150	0
CaCO ₃ (M)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Figura 7

Efecto de la ausencia de nitratos y fosfatos sobre el crecimiento longitudinal, producción de ramas y paquetes rizoidales en *G. sclerophyllum*

c) Tercera serie experimental

El efecto diferencial de las concentraciones de nutrientes se registró a partir del incremento de biomasa durante los 30 días de cultivo experimental. Se cortaron fragmentos de las partes apicales, medias y basales de ejes principales de talos vegetativos y se formaron 6 combinaciones de medios de cultivo experimentales con 30 fragmentos de cada nivel y 2 réplicas por tratamiento, formando un total de 36 cajas Petri de 100 x 15 mm agregándoles 30 ml de medio correspondiente (figura 8).

Medios	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6
Nutrientes						
TMS- 1 (ml)	10	10	10	10	10	10
Nitratos (mM)	2	3	1	2	2	3
Fosfatos (μM)	100	100	100	50	150	150
CaCO ₃ (M)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Figura 8

Efecto diferencial de la concentración de nutrientes en el crecimiento de fragmentos vegetativos apicales, medios y basales a partir del incremento de biomasa en *G. sclerophyllum*.

d) Cuarta serie experimental

Se evaluó el crecimiento en longitud y el aumento de la biomasa en función del efecto multiplicativo de la relación nitrógeno/fosfato en fragmentos ápicales, cada uno de ellos significó un lote experimental independiente de 21 cajas de Petri cada uno. Se cortaron fragmentos ápicales de 2 mm de longitud del eje principal de las plantas y se formaron 14 juegos experimentales con 5 fragmentos ápicales cada uno, con 3 réplicas por cada medio de cultivo experimental (figura 9), sumando un total de 42 cajas Petri de 100 x 15 mm con 5 fragmentos apicales.

El incremento de longitud se midió cada 15 días y para la evaluación de la biomasa, los fragmentos apicales fueron pesados en los días 1, 30 y 42.

Medios	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10	4.11	4.12	4.13	4.14
Nutrientos														
TMS-1 (ml)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Nitratos (mM)	3	3	3	3	3	3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Fosfatos (µM)	0	25	50	75	100	125	150	0	25	50	75	100	125	150
CaCl ₂ (M)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Figura 9

Crecimiento longitudinal e incremento de biomasa en diferentes concentraciones de nitratos y fosfatos en *G. sclerophyllum*

III.3- Manejo estadístico

Para cada serie experimental fue aplicado un análisis de varianza (ANOVA) (Statgraphycs, 1986) y un ANOVA de bloques completamente aleatorizados.

IV

Resultados y análisis de resultados

IV.1- Descripción morfológica del crecimiento

En el análisis cualitativo de los cuatro diferentes series experimentales se detectó un proceso de diferenciación de una o varias células corticales que dieron lugar a procesos filamentosos de crecimiento nuevo con aumento significativo en el número de células y en la talla de las misma, determinándose crecimiento diferencial en cuanto a la velocidad del mismo pero sin diferencias morfológicas notorias. Es decir, en todos los casos se observó que el nuevo crecimiento se produjo en forma de filamentos cilíndricos en cuyo extremo distal se distingue una célula apical axial. La presencia de crecimiento nuevo se distinguió a partir de la primera quincena de cultivo en todas las series experimentales.

IV.2- Primera serie experimental

Efecto de la concentración de nutrientes y la intensidad luminosa sobre el crecimiento longitudinal, producción de ramas y paquetes rizoidales (Fig. 6)

Crecimiento Longitudinal

En fragmentos de **2 mm en luz directa** ($60 \mu E m^{-2} s^{-1}$) el mayor crecimiento se obtuvo en el tratamiento 1.2 (3 mM de nitratos y $100 \mu M$ de fosfatos) y el menor crecimiento se registró en el tratamiento 1.1, considerado como el medio estandar (2 mM de nitratos y $100 \mu M$ de fosfatos). (Fig 10). Según los ANOVA realizados, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 1.1- 1.2 y 1.1 - 1.4. Se obtuvo una media de 13.288 mm.

En fragmentos de **2 mm en luz indirecta** ($25 \mu E m^{-2} s^{-1}$), el mayor crecimiento se obtuvo en el tratamiento 1.3 (1 mM de nitratos y $100 \mu M$ de fosfatos) y el menor crecimiento se registró en el tratamiento 1.6 (0 mM de nitratos y $0 \mu M$ de fosfatos) (Fig. 11). Según los ANOVA realizados, se encontraron diferencias significativas entre los

Resultados y análisis de resultados

tratamientos 1.1- 1.6, 1.3-1.4, 1.3-1.5, 1.3-1.6 y 1.3-1.7. Se obtuvo una media de 4.87783 mm.

En fragmentos de 1 mm en luz directa ($60 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$) el mayor crecimiento se obtuvo en el tratamiento 1.3 (1 mM de nitratos y $100\mu\text{M}$ de fosfatos) y el menor crecimiento se registró en el tratamiento 1.6 y en el 1.7 (0 mM de nitratos y $0\mu\text{M}$ de fosfatos) (Fig 10). Según los ANOVA realizados, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 1.1-1.2, 1.1-1.3 y 1.1-1.4. Se obtuvo una media de 12.2222.

En fragmentos de 1 mm en luz indirecta ($25 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$), el mayor crecimiento se obtuvo en el tratamiento 1.3 (1 mM de nitratos y $100\mu\text{M}$ de fosfatos) y el menor crecimiento se registró en el tratamiento 1.6 y en el 1.7 (0 mM de nitratos y $0\mu\text{M}$ de fosfatos) (Fig 11). Según los ANOVA realizados, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 1.3-1.4, 1.3-1.5, 1.3-1.6, 1.3-1.7. Se obtuvo una media de 4.8948413 mm.

En fragmentos de <1 mm en luz directa ($60 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$) el mayor crecimiento se obtuvo en el tratamiento 1.2 (3 mM de nitratos y $100\mu\text{M}$ de fosfatos) y el menor crecimiento se registró en el tratamiento 1.6 y en el 1.7 (0 mM de nitratos y $0\mu\text{M}$ de fosfatos) (Fig.10). Según los ANOVA realizados, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 1.2-1.3, 1.2-1.6 y 1.5-1.6. Se obtuvo una media de 9.682570.

En fragmentos de <1 mm en luz indirecta ($25 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$), el mayor crecimiento se obtuvo en el tratamiento 1.3 (1 mM de nitratos y $100\mu\text{M}$ de fosfatos) y el menor crecimiento se registró en el tratamiento 1.7 (0 mM de nitratos y $0\mu\text{M}$ de fosfatos) (Fig. 11). Según los ANOVA realizados, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 1.3-1.4 y 1.3-1.7. Se obtuvo una media de 4.5928571.

Producción de ramas

En fragmentos de 2 mm en luz directa ($60 \mu E m^{-2} s^{-1}$) la mayor producción de ramas se obtuvo en el tratamiento 1.4 (2 mM de nitratos y 150 μ M de fosfatos) y la menor producción se registró en los tratamientos 1.1 (2 mM de nitratos y 100 μ M de fosfatos), 1.6 (0 mM de nitratos y 0 μ M de fosfatos) y 1.7 (0 mM de nitratos y 0 μ M de fosfatos). (Fig. 12). Según los ANOVA realizados, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos experimentados. Se obtuvo una media de 4.844444.

En fragmentos de 2 mm en luz indirecta ($25 \mu E m^{-2} s^{-1}$), la mayor producción de ramas se obtuvo en el tratamiento 1.7 (0 mM de nitratos y 0 μ M de fosfatos) y la menor producción se registró en los tratamientos 1.5 (2 mM de nitratos y 50 μ M de fosfatos). (Fig. 13). Según los ANOVA realizados, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos experimentados. Se obtuvo una media de 0.7236395.

En fragmentos de 1 mm en luz directa ($60 \mu E m^{-2} s^{-1}$) la mayor producción de ramas se obtuvo en el tratamiento 1.3 (1 mM de nitratos y 100 μ M de fosfatos) y la menor producción se registró en los tratamientos 1.5 (2 mM de nitratos y 50 μ M de fosfatos) (Fig. 12). Según los ANOVA realizados, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos experimentados. Se obtuvo una media de 4.511111.

En fragmentos de 1 mm en luz indirecta ($25 \mu E m^{-2} s^{-1}$), la mayor producción de ramas se obtuvo en el tratamiento 1.7 (0 mM de nitratos y 0 μ M de fosfatos) y la menor producción se registró en los tratamientos 1.5 (2 mM de nitratos y 50 μ M de fosfatos). (Fig. 13). Según los ANOVA realizados, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos experimentados. Se obtuvo una media de 0.5229592.

En fragmentos de **≤ 1 mm en luz directa** ($60 \mu E m^{-2} s^{-1}$) la mayor producción de ramas se obtuvo en el tratamiento 1.2 (2 mM de nitratos y $100 \mu M$ de fosfatos) y la menor producción se registró en los tratamientos 1.6 y 1.7 (0 mM de nitratos y $0 \mu M$ de fosfatos) (Fig. 12). Según los ANOVA realizados, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos experimentados. Se obtuvo una media de 3.3791667.

En fragmentos de **≤ 1 mm en luz indirecta** ($25 \mu E m^{-2} s^{-1}$), la mayor producción de ramas se obtuvo en el tratamiento 1.3 (1 mM de nitratos y $100 \mu M$ de fosfatos) y la menor producción se registró en el tratamiento 1.6 (0 mM de nitratos y $0 \mu M$ de fosfatos) (Fig. 13). Según los ANOVA realizados, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos experimentados. Se obtuvo una media de 0.3035714.

Producción de paquetes rizoidales

En fragmentos de **2 mm en luz directa** ($60 \mu E m^{-2} s^{-1}$) la mayor producción de paquetes rizoidales se obtuvo en el tratamiento 1.4 (2 mM de nitratos y $150 \mu M$ de fosfatos) y la menor producción se registró en los tratamientos 1.1 (2 mM de nitratos y $100 \mu M$ de fosfatos), 1.6 y 1.7 (0 mM de nitratos y $0 \mu M$ de fosfatos) (Fig. 14). Según los ANOVA realizados, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos experimentados 1.1-1.2 y 1.1-1.4. Se obtuvo una media de 15.84444.

En fragmentos de **2 mm en luz indirecta** ($25 \mu E m^{-2} s^{-1}$), la mayor producción de paquetes rizoidales se obtuvo en el tratamiento 1.3 (1 mM de nitratos y $100 \mu M$ de fosfatos) y la menor producción se registró en el tratamiento 1.6 (0 mM de nitratos y $0 \mu M$ de fosfatos) (Fig. 15). Según los ANOVA realizados, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos experimentados 1.3-1.5 y 1.3-1.6. Se obtuvo una media de 2.4285714.

En fragmentos de **1 mm en luz directa** ($60 \mu E m^{-2} s^{-1}$) la mayor producción de paquetes rizoidales se obtuvo en el tratamiento 1.3 (1 mM de nitratos y $100 \mu M$ de fosfatos) y la menor producción se registró en el tratamiento 1.1 (2 mM de nitratos y $100 \mu M$ de fosfatos) (Fig 14). Según los ANOVA realizados, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos experimentados 1.1-1.2, 1.1-1.3 y 1.1-1.4. Se obtuvo una media de 19.580556.

En fragmentos de **1 mm en luz indirecta** ($25 \mu E m^{-2} s^{-1}$), la mayor producción de paquetes rizoidales se obtuvo en el tratamiento 1.3 (1 mM de nitratos y $100 \mu M$ de fosfatos) y la menor producción se registró en el tratamiento 1.6 (0 mM de nitratos y $0 \mu M$ de fosfatos) (Fig. 15). Según los ANOVA realizados, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos experimentados 1.2-1.3, 1.2-1.7 y 1.3-1.4, 1.3-1.5 y 1.3-1.6. Se obtuvo una media de 4.766723 .

En fragmentos de **< 1 mm en luz directa** ($60 \mu E m^{-2} s^{-1}$) la mayor producción de paquetes rizoidales se obtuvo en el tratamiento 1.5 (2 mM de nitratos y $50 \mu M$ de fosfatos) y la menor producción se registró en el tratamiento 1.6 (0 mM de nitratos y $0 \mu M$ de fosfatos) (Fig 14). Según los ANOVA realizados, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos experimentados 1.2-1.6, 1.4-1.6 y 1.5-1.6. Se obtuvo una media de 16.940278.

En fragmentos de **< 1 mm en luz indirecta** ($25 \mu E m^{-2} s^{-1}$), la mayor producción de paquetes rizoidales se obtuvo en el tratamiento 1.3 (1 mM de nitratos y $100 \mu M$ de fosfatos) y la menor producción se registró en el tratamiento 1.7 (0 mM de nitratos y $0 \mu M$ de fosfatos) (Fig.15). Según los ANOVA realizados, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos experimentados 1.2-1.7 y 1.3-1.7. Se obtuvo una media de 5.9626984.

Primera serie experimental

Figura 10

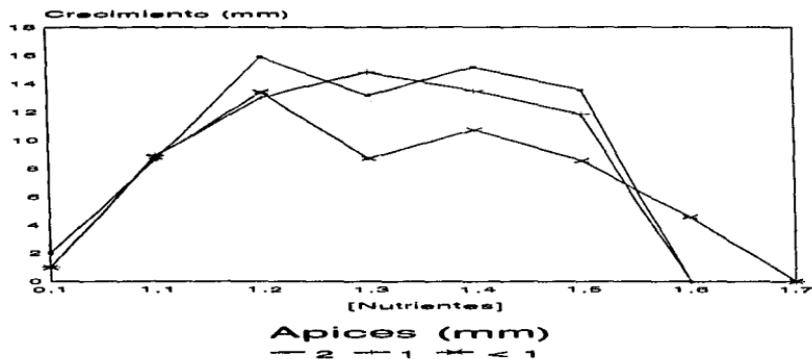
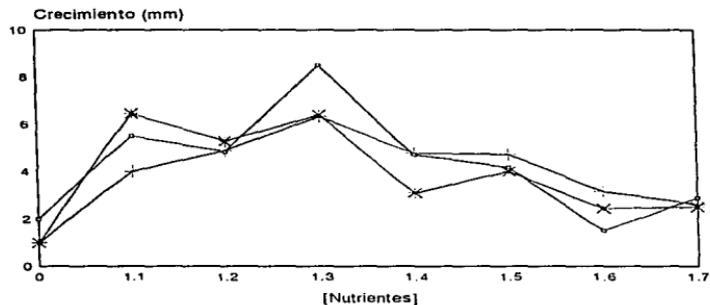


Figura 11



Efecto de la luz directa (Fig 10) y luz indirecta (Fig 11) y las diferentes concentraciones de nutrientes sobre el crecimiento de fragmentos vegetativos apicales de diferentes tallas de *G. sclerophyllum*.

Figura 12

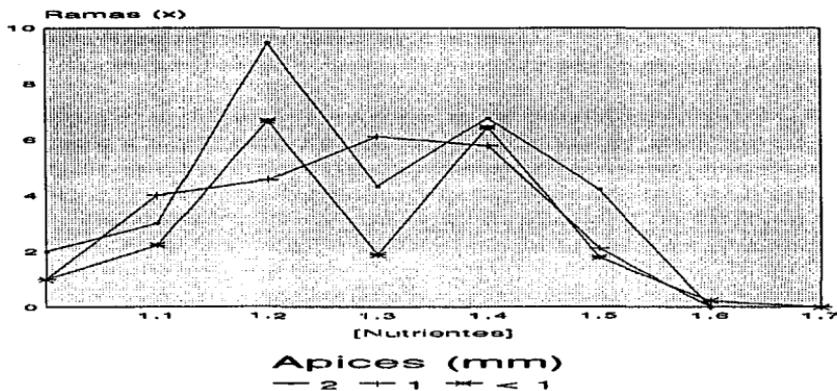
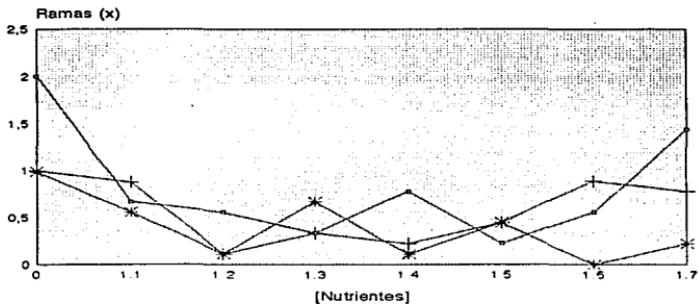


Figura 13



Efecto de la luz directa (Fig 12) e indirecta (Fig 13) sobre las diferentes concentraciones de nutrientes sobre la producción de ramas en fragmentos vegetativos apicales de diferentes tallas de *G. scierophyllum*.

Figura 14

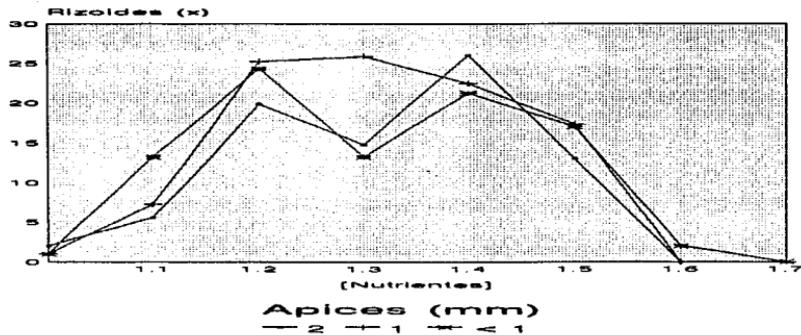
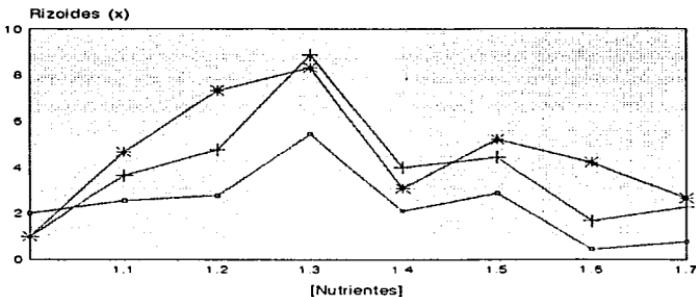


Figura 15



Efecto de la luz directa (Fig. 14) e indirecta (Fig 15) y las diferentes concentraciones de nutrientes sobre la producción de paquetes rizoidales en fragmentos vegetativos apicales de diferentes tallas de *G. sclerophyllum*

IV.3- Segunda serie experimental

El efecto de la ausencia de nitratos y fosfatos en fragmentos de diferentes porciones del eje (apicales, medias y basales) (Fig. 7)

Crecimiento longitudinal

El mayor crecimiento longitudinal se registró en las partes medias (13.875) en el tratamiento 2.1 (2 mM de nitratos y 100 μ M de fosfatos.) seguida por las porciones apicales (11.42) en el tratamiento 2.1 y por último las basales (9.28) en el tratamiento 2.2 (3 mM de nitratos y 0 μ M de fosfatos). Aparentemente los tratamientos experimentales más eficientes son el 2.1, 2.2 y el 2.4 (3 mM de nitratos y 150 μ M de fosfatos) en cualquier porción del talo, presentando ligeras variaciones. No siendo así en los tratamientos 2.3 (0 mM de nitratos y 150 μ M de fosfatos) y 2.5 (0 mM de nitratos y 0 μ M de fosfatos.) carentes de nitratos, igualmente en cualquier parte del talo (Fig. 16).

Producción de ramas

La mayor producción de ramas se registró en las partes medias (10.37) en el tratamiento 2.4 (3 mM de nitratos y 150 μ M de fosfatos) y 7.607 en el tratamiento 2.2 (2 mM de nitratos y 100 μ M de fosfatos.) seguida por las porciones apicales (6.30) en el tratamiento 2. 4 y por último las basales (3.53) en el tratamiento 2.4. Los tratamientos experimentales más eficientes para la producción de ramas son el 2.4, 2.2 y el 2.1 en cualquier porción del talo, presentand ligeras variaciones. No siendo así en los tratamientos 2.3 (0 mM de nitratos y 150 μ M de fosfatos) y 2..5 (0 mM de nitratos y 0 μ M de fosfatos) carentes de nitratos, igualmente en cualquier parte del talo (Fig.17).

Producción de paquetes rizoidales

La mayor producción de paquetes rizoidales se registró en las partes apicales (8.55) en el tratamiento 2.2 (2 mM de nitratos y 100 μ M de fosfatos.) seguido por el tratamiento 2.4 (3 mM de nitratos y 150 μ M de fosfatos.) (7.92) igualmente en porciones apicales, las porciones medias registraron un promedio de 10 en la producción de rizoides en el medio 2.1, pero en las porciones apicales y basales en este tratamiento los rizoides fueron muy bajos. Los tratamientos experimentales más eficientes para la producción de paquetes rizoidales son el 2.4, 2.2 y el 2.1 en cualquier porción del talo, presentando ligeras variaciones. No siendo así en los tratamientos 2.3 (0 mM de nitratos y 150 μ M de fosfatos.) y 2..5 (0 mM de nitratos y 0 μ M de fosfatos.) carentes de nitratos, igualmente en cualquier parte del talo (Fig.18).

Según los ANOVA realizados, ninguna variable presentó diferencias significativas entre los fragmentos de diferente origen, solo ligeras variaciones en las que

Segunda serie experimental Figura 16

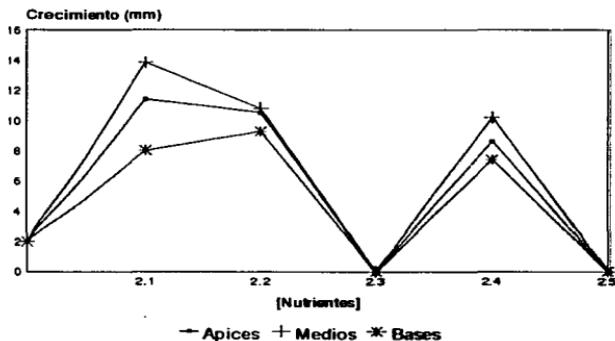
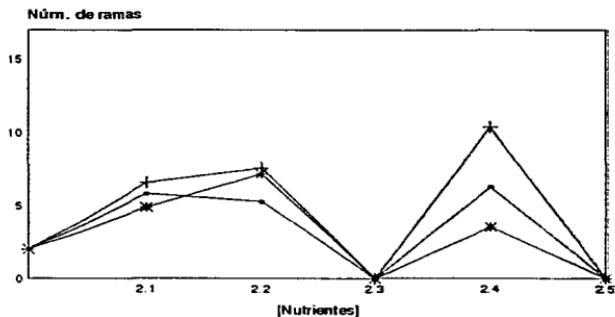
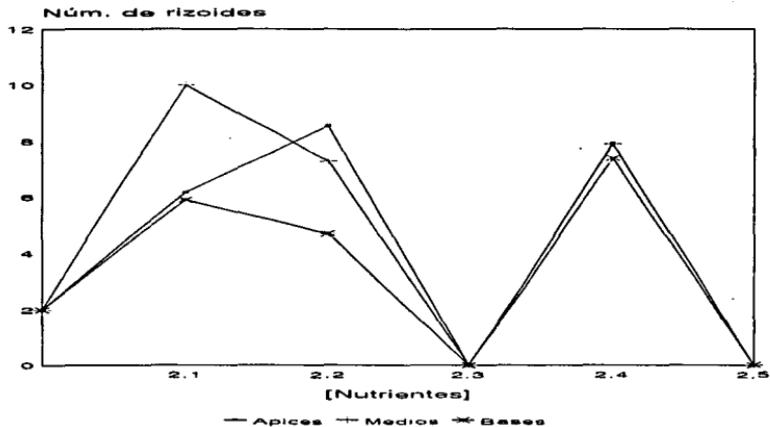


Figura 17



Efectos de la concentración de nutrientes sobre el crecimiento longitudinal (Figura 16) y producción de ramas (Figura 17) en fragmentos de diferentes porciones del talo (apicales, medios y basales) en *G. sicerophilum*.

Figura 18



Efectos de la concentración de nutrientes sobre la producción de paquetes rizoidales en fragmentos de diferentes porciones del tallo (apicales, medios y basales) en *G. sclerophyllum*.

IV.4- Tercera serie experimental

Efecto de la concentración de nutrientes en el incremento de la biomasa en fragmentos ápicales medios y basales (Fig. 8)

Incremento de biomasa

En las porciones apicales el mayor incremento de biomasa se registró en el tratamiento 3.1 (2 mM de nitratos y 100 μ M de fosfatos) y el menor en el tratamiento 3.5 (2 mM de nitratos y 150 μ M de fosfatos) (Fig. 19). En los fragmentos medios el mayor incremento de biomasa se registró en el tratamiento 3.2 (3 mM de nitratos y 100 μ M de fosfatos) y el menor en el tratamiento 3.1 (2 mM de nitratos y 100 μ M de fosfatos) (Fig. 20). En el caso de los fragmentos basales el mayor incremento de biomasa se registró en el tratamiento 3.2 (3 mM de nitratos y 100 μ M de fosfatos) y el menor en el tratamiento 3.3 (1 mM de nitratos y 100 μ M de fosfatos) (Fig.21).

Tercera serie experimental
Incremento de biomasa
Figura 19

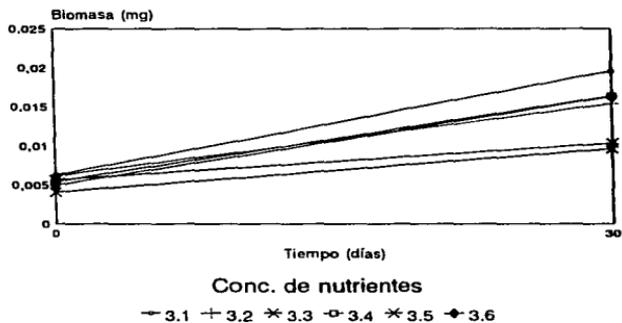
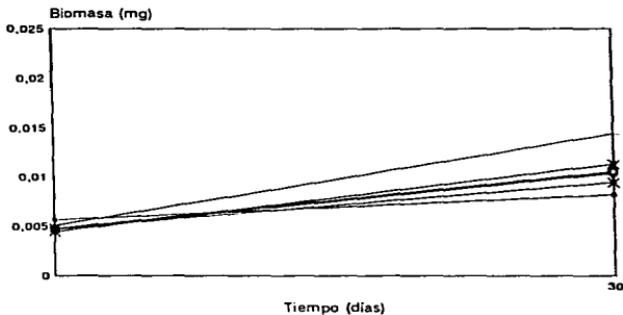
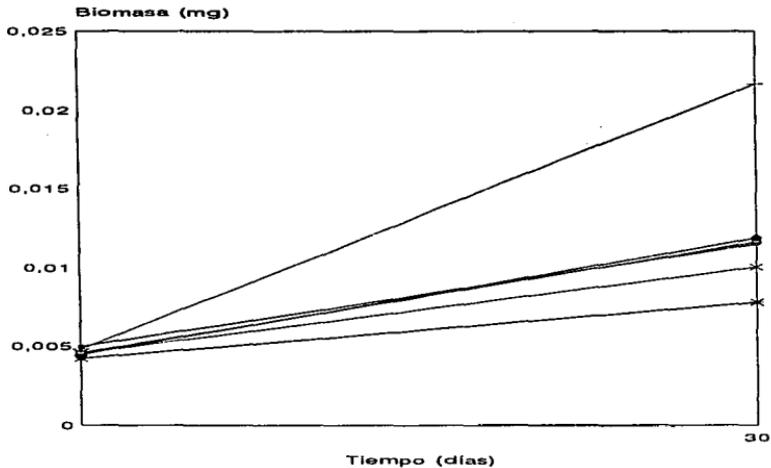


Figura 20



Efectos de la concentración de nutrientes sobre el incremento de la biomasa en fragmentos vegetativos apicales (Fig. 19) y medios (Fig. 20) en *G. sclerophyllum*

Figura 21



[nutrientes]

— 3.1 + 3.2 * 3.3 ◊ 3.4 ✕ 3.5 ◄ 3.6

Efecto de la concentración de nutrientes sobre el incremento de la biomasa en fragmentos vegetativos en bases en *G. sclerophyllum*

Gráfica 3.3

IV.5- Cuarta serie experimental

El efecto multiplicativo de la relación Nitrógeno/Fósforo en fragmentos apicales en el crecimiento longitudinal y producción de biomasa (Fig. 9).

Crecimiento

Las diferencias significativas se presentaron puntualmente entre el tratamiento 4.5 (nitratos 3 mM y 100 mM de fosfatos) con los tratamientos 4.4 (nitratos 3 mM y 75 mM de fosfatos), 4.6 (nitratos 3 mM y 125 mM de fosfatos), 4. 9 (nitratos 1.5 mM y 25 mM de fosfatos) 4.13 (nitratos 1.5 mM y 125 mM de fosfatos) y 4.14 (nitratos 1.5 mM y 150 mM de fosfatos); siendo los tratamientos más eficientes los medios 4.6 (nitratos 3 mM y 125 mM de fosfatos), 4.13 (nitratos 1.5 mM y 150 mM de fosfatos) y 4.14 (nitratos 1.5 mM y 150 mM de fosfatos). Tomando en consideración el promedio final de crecimiento en longitud (Fig.22), todos los tratamientos, a excepción del tratamiento 4.1 (nitratos 3 mM y fosfatos 0 mM) presentarán crecimiento (Fig.22). Se presentó una tendencia a aumentar la talla en aquellos tratamientos con combinación de nitratos y fosfatos, notándose diferencia en aquellos medios que solo tenían nitratos, los que prestaron bajas eficiencias (Fig.24 y 25).

Biomasa

Con respecto al incremento en biomasa (Fig.23) se encontró un comportamiento semejante al del crecimiento, cambiando solo en relación a los tratamientos más eficientes: 4.6 (3 mM de N y 125 mM de fosfatos), 4.12 (1.5 mM de N y 100 mM de fosfatos), observándose un efecto de saturación menos brusco a 150 mM de fosfatos y que no hubo descenso en la velocidad de incremento en el peso durante todo el experimento (Fig.26 y 27).

Cuarta serie experimental
 Figura 22
 Promedios finales de crecimiento

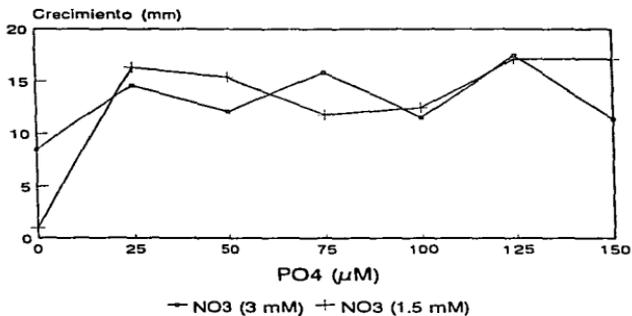
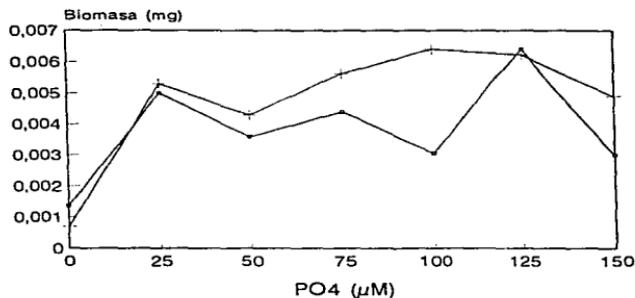


Figura 23
 Promedios finales de biomasa



Efectos de [PO4] y [NO3] sobre los promedios finales del crecimiento (Fig 22) y sobre los promedios finales de biomasa (Fig 23) en *G. sclerophyllum*

Figura 24
Nitratos altos

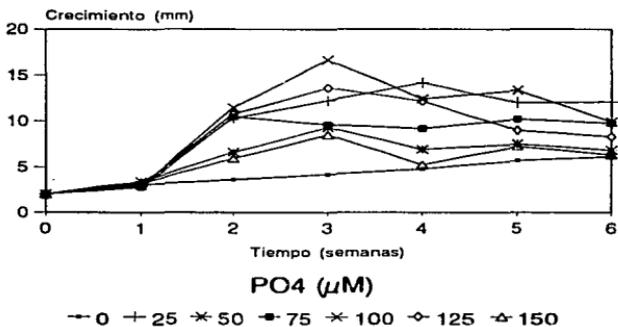
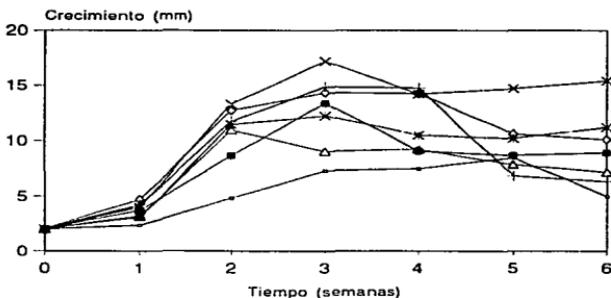


Figura 25
Nitratos bajos



Efectos de [NO₃] altos (300 mM) (fig 24) y bajos (150 mM) (fig 25) sobre el crecimiento longitudinal en diferentes [PO₄] a lo largo del tiempo.

Figura 26
Nitratos altos

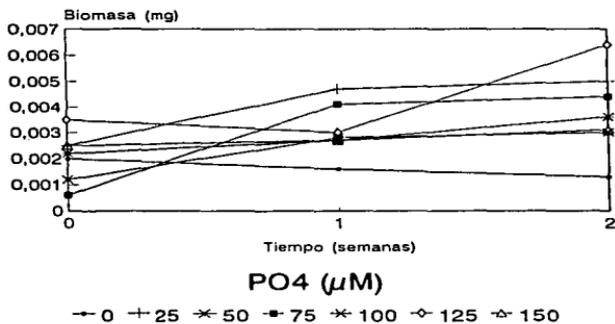
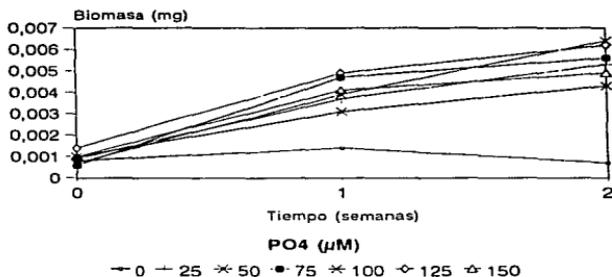


Figura 27
Nitratos bajos



Efectos de [NO₃] altos (300 mM) (Fig 26) y bajos (150 mM) (Fig 27) y la variación de [PO₄] en la biomasa a lo largo del tiempo

v

**Discusión y
consideraciones
finales**

V.1.- Discusión y consideraciones finales

Aún cuando los individuos mantienen una identidad genética a lo largo de todo su desarrollo, no todo el genotipo se expresa en todas las etapas del desarrollo, ni se expresa de la misma manera, es decir, en cada momento de la vida del individuo, hay siempre un rango de posibilidades de manifestación tanto morfológica como funcional.

La utilización de fragmentos apicales vegetativos para la producción de nuevos individuos en cultivo parte tanto de la premisa anterior, como de que los talos algales retienen, en la mayoría de las células del cuerpo vegetativo, su capacidad de regeneración (totipotencialidad).

En este sentido, son consistentes los resultados obtenidos en este trabajo, en tanto que todos los fragmentos vegetativos, independientemente de las condiciones de cultivo presentaron crecimiento, a excepción de aquellos con ausencia de nitrógeno.

No obstante, se presentaron diferencias, a veces notorias y a veces estadísticamente significativas en la magnitud del incremento de los factores analizados a lo largo de los experimentos. Evidentemente estas desproporcionalidades dan cuenta del diferencial genético-fenotípico que una especie contiene.

El análisis de los resultados indica que el rango de concentraciones de nutrientes, incluyendo nitratos y fosfatos, que produjeron crecimiento, incremento de ramas y paquetes rizoidales, así como incremento de biomasa en todas las series experimentales, fue de 1-3 mM de nitratos y de 50-150 μ M de fosfatos. En relación a las concentraciones propuestas por McLachland, (1973), que van de 0.5-2 mM para nitratos y 50-100 μ M de fosfatos, se observa que las concentraciones exitosas que muestra el presente trabajo están incorporadas parcialmente en los intervalos estandarizados por el autor. Cabe hacer notar que las

concentraciones máximas usadas (3 mM de nitratos y 150 μM de fosfatos también permitieron el crecimiento. En observaciones paralelas se reconoció que las concentraciones por arriba de los 3 mM de nitratos presentan una disminución rápida del crecimiento; dicha situación tiene que ver, muy probablemente con la saturación del nitrógeno, algo semejante se observó, aunque en menor escala a 150 μM de fosfatos.

En contraste con los resultados anteriores, Macler y Zupan (1991), reportaron concentraciones de 10-100 μM de nitratos, afirmando que por arriba de este rango se puede producir saturación causando toxicidad. Las diferencias con la propuesta de Macler y Zupan (1991) ascienden a aproximadamente un orden de magnitud, comparativamente en las utilizadas en este trabajo, lo que significa una diferencia enorme. Por su parte Vergara *et al.*, (1993) reportaron una concentración de 35 μM de nitratos como valor óptimo para el crecimiento e incremento de la biomasa. En el presente caso la concentración óptima para el incremento en talla y biomasa fue en un intervalo que oscilo entre 1.5-3 mM de nitratos. Nuevamente, la diferencia es muy significativa y las explicaciones aun obscuras. Es importante señalar que el porcentaje de crecimiento de *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Born et Thurn (Vergara *et al.*, 1993) fue de 2.1% diario y en *Gelidium sclerophyllum* Taylor se tiene hasta un 18% de aumento de talla diario y un 116% de incremento diario en biomasa. Esta aun más notable diferencia, quizá tenga explicación en la diferencia de la constitución del cuerpo vegetal y el distinto costo energético que significa la construcción de un talo de más de 50 cm de alto y uno de menos de 5 cm de altura, en donde se presenta una relación de Área/Volúmen totalmente distinta.

Para el caso del fosfato, las concentraciones óptimas oscilaron en un intervalo entre 50-150 μM tanto para el incremento de biomasa como de la longitud. Desafortunadamente no se cuenta con datos en la literatura que precisen las concentraciones de fosfato sugeridas por ninguna especie de Gelidiales por lo que hace imposible realizar una evaluación crítica de los presentes resultados.

Las razones de la incompatibilidad de los presentes resultados y los encontrados en la literatura, en relación a las necesidades de nitrógeno en las diferentes especies pueden manejarse en los siguientes ámbitos:

a) **Requerimientos nutricionales específicos:** Todos los resultados bibliográficos analizados se refieren a especies de regiones templadas. Sobre especies de distribución tropical, *Gelidium sclerophyllum* Taylor, es una especie netamente tropical, no se conocen las respuestas a ningún nivel, pudiendo presentarse diferencias importantes.

b) **Desconocimiento de los rangos de tolerancia de algunos parámetros, tales como la temperatura, nutrientes y luz de las especies en condiciones naturales:** Tanto los resultados bibliográficos como los del presente estudio, son producto de experimentación en laboratorio y en ninguno de los casos se establecieron los rangos completos de tolerancia, por lo que es posible que las especies de Gelidiales tengan rangos amplios de resistencia, y en cada caso se hayan utilizado uno u otro de los extremos de estos, haciendo entonces posible que los resultados correspondientes de incremento en talla y biomasa fueran comprendidos entre esos rangos tolerantes. Lo anterior, se explica en el corto tiempo (45 días) en que se produjo saturación a las altas concentraciones de nitratos usadas en este trabajo.

Se observó que en todas las composiciones de nutrientes que contenían nitratos se presentó crecimiento tanto longitudinal como de producción de ramas y paquetes rizoidales en todos los fragmentos experimentales, no siendo así en las concentraciones que carecían de este compuesto, a pesar de que tenían suficiente fosfatos, provocando la muerte de todos los fragmentos. Ahora bien, es marcada la diferencia en cuanto al crecimiento longitudinal y la producción de ramas y paquetes rizoidales. Como ya se mencionó, la producción de rizoides se ve favorecida en porciones apicales, y en general el crecimiento y producción de ramas fue mayor en las porciones medias. La carencia total de fosfatos no fue letal en

Discusión y consideraciones finales

presencia de cualquier concentración de nitratos. Por tal razón se puede afirmar que para *Gelidium sclerophyllum* Taylor el nutriente limitante es el nitrógeno.

Sin embargo, se produce un efecto diferencial cuando se analiza la relación nitrógeno/fósforo en el crecimiento longitudinal y producción de biomasa (cuarta serie experimental) se observa claramente un efecto multiplicativo proporcional al incremento en concentración del nutriente limitante, coincidiendo con lo que afirma Droop, 1978: *Elv. Lobban, y. Harrison, 1994*) respecto de que solo un nutriente es limitante pero que puede haber una respuesta diferencial de las especies a diferentes cocientes entre los nutrientes. En concreto esto significa que en ausencia de fósforo se requiere una concentración alta de nitrógeno para que se produzca mayor crecimiento y que en presencia de ambos nutrientes, el crecimiento se incrementa en forma proporcional hasta llegar a la concentración de 125 μM de fósforo, que pareciera ser el límite superior de tolerancia en función de que se produce un descenso notable en la relación del crecimiento.

Al analizar las diferencias con intensidades de luz distintas, estas fueron notorias. A luz directa ($60 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$) el crecimiento de todos los factores evaluados fue mucho mayor que a luz indirecta ($25 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$), sin embargo, a luz directa ($60 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$) la contaminación fue mucho mayor. Entre las distintas tallas experimentadas (2, 1 y <1 mm) no se observaron diferencias notorias entre los tratamientos experimentados con respecto al crecimiento. Con ello se demuestra que la luz es un factor que ejerce un alto grado de control sobre el crecimiento.

En este estudio la producción de paquetes rizoidales se vio favorecida en luz directa, lo que resulta consistente con lo propuesto por D'Antonio y Gibor (1985) en relación a que los efectos de la luz sobre el desarrollo rizoidal. Dicho factor puede ser un muy importante ya

que la capacidad de germinación y adhesión al sustrato, tanto en cuerdas como en redes puede variar mucho a diferentes intensidades de luz.

Al analizar el comportamiento de las cuatro series experimentales se observaron puntos de inflexión en las curvas, que rompen con el esquema esperado de un comportamiento lineal, directa o indirectamente proporcional al crecimiento. Con los datos obtenidos solo es posible aproximarse a una explicación sobre dicho comportamiento aparentemente errático. En primer término, no se puede descartar que el origen de lo anterior sea de índole metodológico, o por el contrario, relativo al manejo estadístico de los datos.

En términos biológicos es posible reconocer algunos aspectos que pudieron introducir mayor variabilidad a las respuestas fisiológicas y en consecuencia afectar los resultados. En *Gelidium sclerophyllum* Taylor se describe un ciclo de vida con alternancia de generaciones isomórfica en donde ambas fases pueden coincidir espacio-temporalmente. Como se mencionó en los capítulos iniciales, estas fases pueden presentar diferencias morfofisiológicas debido a su potencial y capacidad de expresión, produciendo rangos de manifestación diferentes en relación con los gradientes de los factores medioambientales, lo cual ha sido comprobado a través de datos bibliográficos que indican que en otras especies el comportamiento ecofisiológico de ambas fases es diferente (Hoffmann *et al.*, 1984).

Dado que los fragmentos utilizados fueron vegetativos, distinguir la fase en la que se encontraban hubiera requerido de establecer el cariotipo y eso no fue contemplado. Por lo tanto, es posible que las diferencias registradas en este estudio tengan su origen, por lo menos parcialmente, en las diferencias genéticas de los individuos experimentales, si éstos hubieran pertenecido tanto a esporofitos como a gametofitos. Asimismo, es un hecho que en algunos experimentos fueron mezclados fragmentos provenientes de ejes de diferentes manchones poblacionales, lo que constituye "*in situ*" una deficiencia metodológica que tuvo,

posiblemente, repercusiones por el grado de variación que se presenta a nivel interpoblacional. Finalmente hay que considerar, la variación intrapoblacional, es decir, cada individuo presenta también un cierto rango en su capacidad de manifestación, y es diferente para cada uno de ellos, produciendo un intervalo de manifestación poblacional con respuestas diferentes en la interacción con los gradientes ambientales.

Ecológicamente, los factores medioambientales se encuentran interrelacionados, donde se dan condiciones tales como depredación, asociaciones, competencia, factores que influyen en la presencia o ausencia de determinada especie, factores que se encuentran lejos de lo que se puede asimilar en cultivos de laboratorio, por lo que en esta clase de experimentos solo se miden respuestas aisladas, (las cuales se encuentran en base a las condiciones de los cultivos establecidos) que " *in situ* " no se puede hacer, teniendo solo respuestas cualitativamente diferente. Si bien es cierto que todas las respuestas obtenidas en condiciones experimentales, en *Gelidium sclerophyllum* Taylor o en cualquier otra especie, son posibles en función de los límites establecidos en su genoma, también es cierto que no es una respuesta necesaria, en tanto la condiciones experimentales jamás serán iguales al conjunto de interacciones entre rangos y gradientes que se producen naturalmente. En otras palabras, las respuestas experimentales, de alguna manera fuerzan la expresión del genotipo, proporcionando información sobre el potencial adaptativo de las especies.

Si el reconocimiento del diferencial de manifestación de una especie (diferentes tiempos y espacios) es reconstruir el tono de dicha especie, y ese diferencial es producto de su potencial adaptativo, entonces conocer más sobre ese potencial, es contribuir a la flota tónica. Por tal razón, se puede considerar que el objetivo general de la presente tesis se cumplió adecuadamente.

Respecto al objetivo general: producción de embriones adventicios para ser utilizados como semillas de siembra de fondos marinos, es posible afirmar que a partir del tiempo experimental y de las tallas obtenidas en todos los fragmentos, por lo menos la primera fase fue cubierta exitosamente, es decir, se pueden producir fragmentos vegetativos viables para su crecimiento, a partir de cualquier parte de los ejes erectos de la planta, siendo más satisfactorio el resultado con los fragmentos apicales. Además, se obtuvieron datos relevantes sobre las condiciones de cultivo que preparan al material para la segunda fase, que se refiere a la capacidad de readhesión de los fragmentos en crecimiento a un sustrato natural o artificial.

V.2.- Perspectivas

Los estudios realizados sobre propagación vegetativa en algas marinas se encuentra aún en desarrollo. Esta técnica de cultivo muestra una gran potencialidad y viabilidad para la producción de cultivos, así como para conocer más sobre el desarrollo de las especies estudiadas, es por ello que futuras investigaciones deberían estar enfocadas en esta dirección, así mismo se considera necesario hacer nuevos experimentos sobre la asimilación de nitrógeno/fósforo en otras especies de *Celidium* Lamouroux eliminando al máximo en la experimentación la variación genética originada en la mezcla de fases alternantes o de elementos de diferentes poblaciones.

Mediante las siguientes consideraciones:

- Utilizando el mismo procedimiento de propagación vegetativa (clonación). A partir de un solo individuo es posible obtener el material necesario, eliminando con ello la variación en cuanto al origen de los fragmentos y su acervo genético.

Discusión y consideraciones finales

- Determinando el sustrato más favorable para la adhesión, experimentando con diferentes sustratos, tales como conchas, roca basáltica, roca calcárea, etc.
- Por lo tanto, se debe de experimentar el cultivo de fragmentos vegetativos a partir de la producción de embriones adventicios utilizados como "semilleros" en fondos marinos, determinando de esa manera su capacidad de respuesta "*in situ*" y las diferencias que se puedan presentar.
- Así mismo, es necesario vincular estos estudios con técnicas que nos permitan determinar las mejores concentraciones de nutrientes que aumenten tanto la calidad y cantidad de agar-agar en diferentes tratamientos experimentales, para ello es necesario vincular diferentes áreas que nos permitan alcanzar dicho objetivo.

VI

Literatura citada

VI.1 Literatura citada

- Abbot, I. A. y G. J. Hollenberg. 1976. **Marine Algae of California**. Stanford University Press. Stanford, California. 827 pp.
- Akatsuka, L. 1986. Japanese Gelidiales (Rhodophyta) especially *Gelidium*. *Oceanogr. mar Biol. ann. Rev.* **24**: 171-263.
- Armisen, R. 1991. Agar and agarose biotechnological applications. *Hydrobiol.* **221**: 157-166.
- Bird, K. T. 1976. Simultaneous assimilation of ammonium and nitrate by *Gelidium nudifrons* (Gelidiales Rhodophyta). *J. Phycol.* **12**: 238-41.
- Bird, K. T., C. Habig y T. DeBusk. 1982. Nitrogen Allocation and storage patterns in *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyta). *J. Phycol.* **18**: 344-348.
- Broecker, W. S. y T. H. Peng 1982. **Tracers in the sea**. Eldigio Press, New York.
- Correa-Avila, J. M. y B. Santelices. 1985. Effects of some environmental factors on growth of sporelings in two species of *Gelidium* (Rhodophyta). *Aquaculture*: 441-7.
- Dawes C. J., G. C. Trono Jr. y A.O. Lluisma. 1993. Clonal propagation of *Euchemia denticulatum* and *Kappaphycus alvarezii* for Phillippine seaweed farms *Hydrobiol.* **260/261**: 379-383

- Dawson, E. Y. 1952. **Marine red algae of Pacific México. Part 1: Bangiales to Corallinaceae.** Allan Hancock Pacific Expeditions. **17(1):1-239, 33pts.**
- Dawson, E. Y. (1954) **Notes on Pacific coast marine algae. VI.** Wasmann J. Bol. **11: 323-351.**
- Dawson, E. Y. 1961. **Marine red algae of Pacific México. Part 4: Gigartinales.** *Pacific Naturalist* **2: 5-6.**
- De la Mora De la Mora I. 1996. **Dinámica de la comunidad algal de un ambiente mixto (Rocoso-arenoso) en playa Las Cuatas, Guerrero.** Tesis Profesional Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. pp 177.
- D'Antonio y A. Gibor. 1985. A note on some influences of photon flux density on the morphology of germlings of *Gelidium robustum* (Gelidiales, Rhodophyta) in culture. *Bot. Mar.* **28: 313-316.**
- De Boer, J. A., J. H. Guigli, T. L. Israel y F.C. D'Elia. 1978. Nutritional studies of two red algae, I. growth rate as a function of nitrogen source and concentration. *J. Phycol.* **14: 261-266.**
- Espinoza, J. y H. Rodríguez. 1992. Rendimiento y fuerza de gel de *Gelidium robustum* (Gelidiales, Rhodophyta) de la parte central de la península de Baja California *Rev. Inv. Cien.* **3 (1): 1-10.**
- Fei, X. G. y L. J. Huang. 1991. Artificial sporeling and field cultivation of *Gelidium* Lamouroux in China. *Hydrobiol.* **221: 119-124.**

- Fredriksen, S. y J. Rueness. 1989. Culture Studies of *Gelidium latifolium* (Grev.) Born et Thur. (Rhodophyta) from Norway. Growth and Nitrogen Storage in Response to varying photon flux density, temperature y nitrogen availability. *Bot. Mar.* 32: 539-546.
- Gibor, M. A., M. Polne, M. Biniaminov y M. Neushul. 1981. Exploratory studies of vegetative propagation of marine algae: procedure for obtaining axenic tissues. **Xth. International Seaweed Symposium.** Tore Levring (eds). 587-593
- González-González, J. 1991. Los procesos transformados y los procesos alterados: Fundamentos para una teoría procesual del conocimiento biológico. *Uroboros.* 1(2): 45-90.
- González-González, J. 1992a. Flora Ficológica de México: Concepciones y estrategias para la integración de una flora ficológica nacional. *Ciencias No. Especial* 6: 13-33.
- González-González, J. 1992b. Estudio florístico ecológico de ambientes y comunidades algales del litoral rocoso del Pacífico Tropical Mexicano. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. 167 pp.
- Hsiao, S. I. C. y L. D. Druehl. 1973. Environmental control of gametogenesis in *Laminaria saccharina*. II Correlation of nitrate and phosphate concentrations with gametogenesis and selected metabolites. *Can. J. Bot.*, 51: 829-840.
- Hoffmann, A. J., M. Avila y B. Santelices. 1984. Interacciones of nitrate and phosphate on the development of microscopic states of *Lessonia nigrescens* Bory (Phaeophyta). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 78: 177-186.

Literatura citada

- Juanes, J. A. y A. Borja. 1991. Biological criteria for the exploitation of the commercially important species of *Gelidium* Lamouroux in Spain. *Hydrobiol.* 221: 45-54.
- Juanes, J. A. y A. Puente. 1993. Diferential reattachment capacity of isomorphic life history phases of *Gelidium sesquipedale*. *Hydrobiol.* 260/261: 139-144.
- Kain M. y L. Norton Maryrner ecology. 1990: *Ed.* Cole, M K. y R. G. Sheath.(Eds) 1990. **Biology of The Red Algae**. First Pub. Cambridge University Press. USA. 517 pp.
- Lapointe, B. E. 1981. The effects of light and nitrogen on growth, pigment content, and biochemical composition of *Gracilaria foliifera* V. Angustissima. (Gigartinales, Rhodophyta). *J. Phycol.* 17: 90-95.
- Lapointe, B. E. 1985. Strategies for pulsed nutrient supply to *Gracilaria* cultures in the Florida Keys: interactions between concentration and frequency of nutrient pulses. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 93: 211- 222
- Lapointe B. E. 1987. A comparison of nutrient limited productivity in macroalgae from a Caribbean barrier reef and from a mangrove ecosystem. *Aquat. Bot.* 28:243-255.
- Littler, M. M., D. S. Littler y B. E. Lapointe. 1988. A comparison of nutrient and light limited photosynthesis in psammophytic versus epilithic forms of *Halimeda* (Caulerpaes, Halimedaceae) from the Bahamas. *Coral Reefs* 6: 219-225.
- Lobban, C. S. y P. J. Harrison. 1994. **Seaweed Ecology and Physiology**. Cambridge University Press. First Pub. USA. 366 pp.

- Lundberg, B. y Y. Lipkin. 1979. Natural food of the hervivorous rabbit fish in the northern Red sea. *Bot. Mar.* 22: 173-81.
- Macler, A. B. y A. J. West. 1987. Life History and Physiology of the Red Alga, *Gelidium coulteri*, in unialgal culture. *Aquaculture.* 61: 281-293.
- Macler, A. B. y J. R. Zupan. 1991. Physiological basis for the cultivation of the Gelidiaceae. *Hydrobiol.* 221: 83-90.
- Mairh, O. P. y P. S. Rao. 1978. Culture studies on *Gelidium pusillum* (Stackh.) Le Jolis. *Bot. Mar.* 21: 169-174.
- Mairh, O. P., B. K. Ramavat y P. S. Rao. 1990. Nutrition, grownt and tetraspore induction of *Gelidiella acerosa* (Forssk.) Feld. et Hamel (Gelidiellaceae, Rhodophyta) in culture. *Bot. Mar.* 33: 133-141.
- McLachlan, J. L. 1973. Growth media-marine. In: *Handbock of phycological methods*, J. R. Stein (Eds.) Cambridge University Press, Cambridge, 25-42 pp.
- McLachlan, J. L. 1991. General principles of on-shore cultivation of seaweeds: effects of light on production. *Hydrobiol.* 221: 125-135.
- Melo, R. A., B. W. W. Harger y M. Neushul. 1991. *Gelidium* cultivation in the sea. *Hydrobiol.* 221: 91-106.
- Melo, R. A. y M. Neushul. 1993. Life history and reproductive potential of agarophyte *Gelidium robustum* in California *Hydrobiol.* 260/261: 223-229.

- Murray, S. N. y P. R. Dixon. 1992. The Rhodophyta: Some aspects of their biology. III. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 30, 1-148.
- Pacheco-Ruiz I. y J. A. Zertuche-González. 1995. Efecto del movimiento del agua sobre el crecimiento de *Gelidium robustum* (Gardn.) Hollenb. y Abb. (Rhodophyta). *Cienc. Mar.* 21 (1): 59-70.
- Parsons, T. R., M. Takahashi y B. Hargrave. 1977. **Biological oceanographic processes.** Pergamon Press, New York.
- Redfield, A. C. 1958. The biological control of chemical factors in the environment. *Am. Sci.* 46: 205-221.
- Rico, J. M. 1991. Field studies and growth experiments on *Gelidium latifolium* Lamouroux from Asturias (northern Spain). *Hydrobiol.* 221: 67-75.
- Rodríguez, V. D. 1989. **Gelidiales-Rhodophyta: una contribución a la flora tónica del Pacífico tropical mexicano. Propuesta teórico-metodológica a partir de la teoría de los procesos alterados.** Tesis Doctorado. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 397 pp.
- Rodríguez, V. D., J. González-González y E. Serviere-Zaragoza. 1993. Gelidiáceas (Rhodophyta) en el Pacífico Tropical. pp 444-445 In: *Biodiversidad Marina y costera de México*, Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865pp.

- Ryther, J. H., N. Corwin, T. A. DeBusk y L. D. Williams. 1981. Nitrogen uptake and storage by the red alga *Gracilaria tikvahiae* (McLachlan, 1979). *Acuaculture* 26:107-15.
- Salinas J. M. y L. Valdés. 1993. Influence of temperature and photoperiod on the re-attachment process of *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Born. Et Thur. (Gelidiales: Rhodophyta).
- Santelices, B. 1976. Nota sobre cultivo masivo de algunas especies de Gelidiales (Rhodophyta). *Rev. Biol. Mar.* 16 (1): 27-33.
- Santelices, B. 1978. Multiple Interaction of factors in the distribution of some Hawaiian Gelidiales (Rhodophyta). *Pac. Sci.* 32(2): 119-147.
- Santelices, B., P. Oligier y S. Montalva. 1981. Production ecology of Chilean Gelidiales. **Xth International Seaweed Symposium**. Walter de Gruyter (eds.). 351-356
- Santelices, B. 1987. **The wild harvest and culture of the economically important species of *Gelidium* in Chile**. Food and Agriculture organization of the united nations, Rome, FAO. Fisheries Technical Paper 285.
- Santelices, B. 1991. Intrageneric differences in cystocarp structure in *Gelidium* and *Pterocladia*. *Hydrobiol.* 221:1-17.
- Santelices, B. y D. Varela. 1993. Exudates from *Gracilaria chilensis* stimulate settlement of epiphytic ulvoids. *Hydrobiol.* 260/261: 327-333.

Literatura citada

- Santelices, B. y D. Varela. 1994. Abiotic control of reattachment in *Gelidium chilense* (Montagne) Santelices & Montalva (Gelidiales; Rhodophyta). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 177:145-155.
- Seguel, M. y B. Santelices. 1988. Cultivo masivo de la fase *Conchocelis* del luche, *Porphyra columbina* montagne (Rhodophyta, Bangiaceae). *Gayana, Bot.* 45(1-4): 317-327.
- Seone-Camba, J. A. 1989. On the possibility of Culturing *Gelidium sesquipedale* by vegetative propagation. **Proceedings of the Second Workshop of COST 48 subgroup 1.** J. M. Kain, J. W. Andrews y B. J. McGregor (eds), Brussels.
- Serna-Paredes, J. 1996. **Variación estacional de la comunidad algal de un canal de corrientes en playa Las Cuatas, Guerrero.** Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM, pp.130.
- Serviére-Zaragoza, E. 1993. **Descripción y análisis de la ficoflora del litoral Rocoso de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit.** Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. 71 pp.
- Smith, S. V. 1984. Phosphorous versus nitrogen limitation in the marine environment. *Limnol. Oceanogr.* 29:1149-1160.
- Taylor, W. R. 1945. **Pacific Marine Algae of the Allan Hancock Expeditions to the Galapagos Islands.** Allan Hancock Pacific Expeditions 12: 1-528.

- Torres, M., F. X. Niell y P. Algarra. 1991. Photosynthesis of *Gelidium sesquipedale*: effects of temperature and light on pigment concentration. C/N ration and cell-wall polysaccharides. *Hydrobiol.* 221: 77-82.
- Vergara, J. J., F. X. Niell y M. Torres 1993. Culture of *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Born. et Thur. in a chemostat system. Biomass production and metabolic responses affected by N flow. *J. Phycol.* 5: 405-415.
- Wheeler, P. A. y J. N. Wheeler. 1980. Effect of nitrogen supply on nitrogen content and growth rate of juvenile *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta) Sporophytes. *J. Phycol.* 16: 577-582.
- Yokoya, N. S. y E. C. Oliveira. 1992a. Temperature responses of economically important red algae and their potential for mariculture in Brazilian waters. *J. Phycol.* 4: 339-345.
- Yokoya, N. S. y E. C. Oliveira. 1992b. Efectos de la salinidad en la tasa de crecimiento, morfología y contenido de agua de algunas algas rojas brasileñas de importancia económica. *Cienc. Mar.* 18(2): 49-64.
- Yokoya, N. S., M. P. Guimaraes y W. Handro. 1993. Development of callus-like structures and plant regeneration in thallus segments of *Gratelupia filiformis* Kützting (Rhodophyta). *Hydrobiol.* 260/261: 407-413.

000000
000000

00
00
00
00
00
00
00

VII

Apéndices

00
00
00
00
00
00

000000
000000

VII.1.- Glosario

A continuación se presentan algunos términos que forman parte del Marco teórico conceptual, los cuales son auxiliares en el entendimiento de la Teoría propuesta por el Dr. Jorge González-González: (1991, 1992a, 1993b) "Procesos Alterados y Transformados".

Algas. Es un grupo que aglutina a un conjunto de organismos autótrofos en su mayoría heterogéneos y complejos, extraordinariamente variado y variable, reunido con criterios fenéticos por la presencia de una gran cantidad de analogías, determinadas por respuestas adaptativas convergentes a los ambientes comunes en que se presentan

Autoperpetuación. Cualidad de la materia orgánica. Constituye el proceso más complejo y la cualidad más esencial de la vida. Es un proceso de identidad-alteridad, en donde las entidades biológicas modifican su potencial adaptativo y evolutivo a partir de las posibilidades de recombinación de su información genética, mejorando su capacidad de respuesta adaptativa y optimizan sus capacidades metabólicas a través de los procesos de selección y por último se multiplican y se propagan, incrementando el protoplasma específico, a través del aumento en el número de sus individuos y la ampliación de su rango de distribución. Las bases de la utoperpetuación están en la continuidad y el cambio.

Bioapócrisis. Capacidad de respuesta de los organismos a un fenómeno crítico (inestabilidad) de su autoperpetuación, involucrando capacidades metabólicas, reproductivas, adaptativas y de variación (plasticidad)

Capacidad intrínseca de cambio. Constituye el primer nivel de alteración, es la capacidad de alterarse a sí mismo, la alteridad en el transcurso de su propio devenir

inherente a todo proceso transformado es la capacidad de expresarse de formas distintas bajo circunstancias distintas en el espacio y en el tiempo

Capacidad extrínseca de cambio. Constituye el **segundo** nivel de alteración, producida por la interacción entre los diferentes procesos de la naturaleza. Un individuo se manifiesta fenotípicamente de manera diferente en función de las condiciones ambientales. Es decir, este tipo de cambio, o alteración es el resultado de la interacción entre las capacidades del individuo y las características del entorno, en el que están incluidos otros individuos y el medio. Esta se da por la interacción de los individuos con el medio biótico y abiótico

Continuidad. Uno de los cuatro grandes principios biológicos generales. Es el mecanismo

Diversidad. Uno de los cuatro grandes principios biológicos generales. Se maneja como hecho concreto, es el resultado del cambio.

Entidades. Conjunto de interacciones entre los seres vivos y sus circunstancias en la naturaleza relacionadas con el medio físico y/o con otros individuos. Es concebida como un proceso

Especie. Constituida por el conjunto de etapas/fases de individuos diferentes, de poblaciones semejantes (mismo patrón estructural y funcional básico) que viven en espacios-tiempos diferentes. Es la unidad abstracta de cambio y evolución, por que contiene el conjunto de potencialidades y manifestaciones expresadas en espacio y tiempo.

Evento. Proceso delimitado y con cierto nivel de relación, un momento de la realidad, una conjunción de lo conocido hasta entonces, de lo susceptible de ser conocido en ese momento. Permite la aproximación y el contacto del sujeto para conocerlo. Es la manifestación de atributos de la naturaleza de un potencial muy grande. es la delimitación espacio-temporal de un proceso, por lo que el evento es parte de un proceso

Flora tónica. Es el estudio de la biología, autoecología y de los problemas taxonómicos de cada una de las especies integrantes de una flora mediante los cuales se explica la presencia-ausencia, permanencia, constancia y proporción, en cada uno de sus medios ambientes, en ella se describe el patrón estructural básico y sus rangos de variación genéticas y fenéticas de los taxones, permite no solo resolver problemas de definición taxonómica, si no también conocer sus potencialidades adaptativas y explicar parte de los problemas que plantea su propia biología

Forma biológica. Patrón estructural y funcional de construcción. Es la diagnosis de atributos que define a una especie. En ella se encuentra un sinúmero de capacidades de respuesta

Forma de crecimiento. Forma en que se expresa un conjunto de individuos en ciertas condiciones.

Forma de manifestación. Expresión concreta espacio-temporal, producto de su respuesta inercial de desarrollo más la información de la forma de vida, más la forma de expresión concreta. Es la unidad de trabajo con la que se conforma y se confronta. Es un ajuste a las condiciones.

Forma de vida. Es la expresión de la forma biológica bajo determinadas circunstancias

Individuo. Es la manifestación concreta de un ser vivo en la naturaleza, proceso de desarrollo ontogenético de una entidad, con cualidades de identidad (acervo genético) y alteridad (cambios producidos por procesos intrínsecos y extrínsecos con el entorno). Es concebida como la unidad concreta de continuidad, acción e interacción permanente .

Topo. Individuo, organismo, población y especie. Unidad de conocimiento que explica a la especie como el *proceso transformado complejo*. Es una aproximación a la unidad teórica de la biología, que trata de entender y explicar las manifestaciones de los seres vivos a través del proceso de autoperpetuación

Organismo. Un individuo presenta en el transcurso de su desarrollo ontogenético diferentes fases (cromosómicas) dentro de su ciclo de vida, constituyendo individuos diferentes, desfasados en tiempo y en espacio, todas estas fases constituyen un organismo. Es una unidad de construcción abstracta (ya que no es una entidad, si no la construcción de varias entidades) de continuidad y acción y de relación entre las diferentes fases cromosómicas de un ciclo de vida

Población. Conjunto de individuos que se encuentran en un mismo espacio-tiempo, entre los cuales existe intercambio de información genética y comparten características genéticas, morfofisiológicas y ecológicas, es decir, presentan un mismo patrón estructural y funcional básico (PE y FB), contiene la variación y es la que responde a la presión de selección. Es una unidad concreta de cambio y evolución, por ser una manifestación real de la naturaleza.

Tono. Variación en las formas de expresión

Unidad. Uno de los cuatro grandes principios biológicos. Cualidad immanente, es el resultado del proceso de continuidad

Unidad háptica. (Gr. *haptos*, relativo al contacto o propio de él, adecuarse, ajustarse) Es el conjunto de unidades merísticas (las cuales son diferentes manifestaciones del IOPE) que constituyen una forma de vida. Un IOPE posee plasticidad adaptativa para manifestarse en "n" ambientes diferentes, con "n" formas distintas, es decir, genéticamente existen grados de tolerancia a diferentes gradientes de factores o combinación de factores. Esta unidad posee información taxonómica respecto a la variación de las características del PE y FB e información autoecológica. Es el conocimiento de cualidades emergentes en función de las circunstancias. Capacidad de respuesta adaptativa a ciertas circunstancias. Conjunto de diferentes individuos bajo ciertas condiciones, con una cierta forma de manifestación. Conjunto de capacidades expresadas en distintas condiciones, explica el ajuste al medio

Unidad harmóstica. (Gr. *hármosis*, adaptado) Es la unidad que representa la mejor expresión de sus capacidades en función de un determinado conjunto de factores medioambientales. Es la respuesta adaptativa más eficiente que se manifiesta fenotípicamente en un mayor grado de vigor o lozania. Esta unidad se construye determinando el óptimo ecofisiológico, es construir un patrón con la confrontación de las diferentes unidades hápticas (es decir, diferentes manifestaciones del IOPE) de esa confrontación surge un valor máximo, el mejor, donde las capacidades intrínsecas tienen las mejores posibilidades de expresión. Esto es la unidad harmóstica, es un patrón ideal que contiene la manifestación eventual óptima de cada cualidad y capacidad. Da un óptimo teórico de expresión

Unidad holística. (Gr. *holos*, entero, total) Representa la diversidad de lo único y total de las unidades merísticas que se integran en un grupo natural, es un patrón de confrontación entre las unidades merísticas que lo conforman y otras unidades holísticas. La unidad holística es un tipo que se va transformando con la propia

confrontación, es un patrón estructural básico que se construye de las características de la totalidad de las unidades merísticas que pretende representar. Esta unidad pretende definir y relacionar más que delimitar, incorpora y pondera la variación individual y poblacional intrínseca y extrínseca, es decir, genética y ecológica. Permite ver el intervalo de manifestación diferencial, representa todas las características de los individuos, de todos los organismos, de todas las poblaciones de una especie

Unidad merística. (Gr. *merís*, parte) Son la mínima expresión espacio temporal de un IOPE, es decir, es una manifestación eventual de un individuo en una determinada etapa de su vida. Es la unidad más concreta y más próxima a la entidad. Es la mínima expresión de un individuo como proceso, su manifestación es producto de su capacidad intrínseca de cambio dada por su historia (filogenética) y por las interacciones bióticas y abióticas que se ha presentado en el curso de la misma. Las unidades merísticas son los individuos en diferentes etapas ontogenéticas que se encuentran en determinadas circunstancias en cierto momento. La mínima expresión de un individuo representada espacio temporalmente es irrepetible, es objetiva en términos de que es real y es subjetiva por que es conocimiento. Esta unidad es solo una etapa o una fase de un individuo.

Unidad tigmica. (Gr. *tigmos*, contacto) Unidad de conocimiento, es una muestra que representa a la realidad y caracterización del sitio de colecta. Es la unidad que entra en contacto con la realidad, es la primera traducción al conocimiento. Es el mínimo evento de la diversidad. El rompimiento de la continuidad de la realidad a través de la colecta del material ficológico y la caracterización del sitio de colecta conforman esta unidad. Representa la primera aproximación a la naturaleza. Es el contacto del sujeto con la realidad, en este sentido la muestra es una parte que representa la realidad

VII.2.-Área de estudio

El área de estudio se encuentra situada en las costas del Pacífico Tropical Mexicano (PTM) en el Estado de Guerrero, en la región meridional de la República Mexicana, entre los Estados de Michoacán al Noroeste y Oaxaca al Sureste (Fig. 4). El territorio estatal se extiende entre los 16° 19' y 18° 52' de latitud Norte y entre los 98° 02' y 102° 12' de longitud Oeste; tiene una superficie de 63,794 Km²; su litoral tiene una longitud de 500 Km.

Al Noroeste de la Ciudad de Zihuatanejo, entre los 17° 39' 50" de latitud Norte 101° 35' 17" de longitud Oeste se encuentra la zona de colecta, llamada " Playa Las Cuatas", formando parte de una punta rocosa. Es llamada Playa las Cuatas debido a que la localidad se divide en dos medias lunas casi del mismo tamaño, separadas por un promontorio rocosos. La longitud total de playa es de aproximadamente 550 m y su orientación con respecto a la línea de costa es de Este a Oeste. Hacia la porción Este se encuentra un morro (acantilado rocoso), que delimita a la localidad. (De La Mora, 1996; Serna-Paredes, J. 1996).

Descripción general de los ambientes de las poblaciones de *Gelidium sclerophyllum* Taylor

Algunas especies de *Gelidium* Lamouroux se presentan en el intermareal, la zona del litoral que de forma regular e intermitente es cubierta por las aguas del mar durante las mareas altas y descubiertas en las mareas bajas, su extensión esta determinada por la amplitud y duración de las mareas y por la frecuencia e intensidad del oleaje. Por la exposición y efecto del oleaje, la zona mesomareal se puede subdividir en alta, media y baja. Los ambientes particulares en donde crece *Gelidium sclerophyllum* Taylor se caracterizan por ser accidentados e irregulares con diversas superficies, (pisos y paredes) más o menos

inclinadas en formaciones o zonas rocosas dentro de cuevas litorales, grietas u oquedades protegidas.

El substrato está constituido principalmente de rocas igneas de tipo extrusivas basálticas y de rocas o substratos calcáreos, (comunmente creciendo con especies que depositan carbonato de calcio, tal como, *Lithophyllum sp.* (costra rosa) principalmente.

El oleaje bajo el cual se desarrolla es fuerte pero no directo, protegida de la rompiente directa y de la fuerza del oleaje, con un alto grado de turbulencia, de tipo barrido, con aportes frecuentes y abundantes de agua, por lo que nunca se hallan en condiciones de extrema desecación. Por la posición en donde crecen, comunmente no hay apote directo de luz en el transcurso del día, por que crecen en partes sombreadas.

Gelidium sclerophyllum Taylor se localiza por lo menos en 7 manchones poblacionales distribuidas a lo largo de la playa Las Cuatas. La población 5 se sitúa a un costado de el canalón, en "Cuatas 1"; las poblaciones 1, 2 y 3, se encuentran en el punto denominado "Entrecuatas". Las poblaciones 4, 6 y 7 se ubican en "Cuatas 2" (Fig. 5).

VII.3 Preparación del medio de cultivo SWM-3

Fórmula completa

NaNO₃ a una concentración de 0.5- 2.0 mM

NaH₂PO₄ a una concentración de 50-100 μM

Na₂SiO₃ a una concentración de 0.2 mM

FeEDTA a una concentración de 2 μM

Metales traza de uso TMS-I (fórmula adjunta)

Vitaminas de uso S-3 (Fórmula adjunta)

Tris buffer a una concentración de 0.5 mM

Glicilicina buffer a una concentración de 5 mM

Fórmula TMS-I completa

Zinc (ZnCl₂) a una concentración de 35 μM/l

Manganeso (MnCl₂) a una concentración de 10 μM/l

Molibdeno (Na₂MoO₄) a una concentración de 5 μM/l

Cobalto (CoCl₂) a una concentración de 0.3 μM/l

Cobre (CuCl₂) a una concentración de 0.3 μM/l

Fierro (FeCl₃) a una concentración de 2 μM/l

EDTA (Na, C₁₀, H₁₄, N₂, O₈ 2H₂O) a una concentración de 48 μM/l

Metal quelante (Na, C₁₀, H₁₄, N₂, O₈ 2H₂O) a una concentración de 2:1

Fórmula completa S-3

Tiamina HCl a una concentración de 0.5 mg/l

Ácido nicotínico a una concentración de 0.1 mg/l

Pantotenato de Ca a una concentración de 0.1 mg/l

Ácido p-aminobenzoico a una concentración de 10 μg/l

Biotina a una concentración de 0.1 μg/l

i- Inositol a una concentración de 5 mg/l

Ácido Fólico a una concentración de 2.0 µg/l

Cianocobalamina a una concentración de 1.0 µg/l

Timina a una concentración de 3.0 mg/l

Preparación de macronutrientes

Nitrato (NaNO_3) a una concentración de 0.5-2.0 mM P.M = 40

Solución de trabajo 1M = 40 gr/l

Diluciones:

0.5 mM tomar 0.5 ml/l

1.0 mM tomar 1.0 ml/l

1.5 mM tomar 1.5 ml/l

2.0 mM tomar 2.0 ml/l

3.0 mM tomar 3.0 ml/l

0.1 mM tomar 0.1 ml/l

0.3 mM tomar 0.3 ml/l

Fosfatos $\text{Na}_2\text{NH}_4\text{PO}_4$ a una concentración de 50-100 µM P.M. = 137.99

Solución de trabajo = 50 mM = 6.8995 gr/l

Disoluciones:

25µM = 0.5 ml/l

50 µM = 1.0 ml/l

75 µM = 1.5 ml/l

100 µM = 2.0 ml/l

125 µM = 2.5 ml/l

150 µM = 3.0 ml/l

Apéndices

Preparación de los metales traza: TRIS-I

Zinc (ZnCl) a una concentración de 35 μM P.M. = 136.28

Solución stock = 35 mM = 4.7698 gr/l ó
0.47698 gr/ 100 ml ó
1.431 gr/ 300 ml

Manganeso (MnCl₂) a una concentración de a 10 μM P.M.= 197,918

Solución stock = 10 mM = 1.97918 gr/l ó
0.197918 gr/ 100 ml ó
0.593754 gr/ 300 ml

Cobre (CuCl₂) a una concentración de 0.3 $\mu\text{M/l}$ P.M. = 170.48

Solución stock = 0.3 mM = 0.051144 gr/l ó
0.0051144 gr/ 100 ml ó
0.0153432 gr/ 300 ml

Cobalto (CoCl₂) a una concentración de 0.3 $\mu\text{M/l}$ P.M. = 144.95

Solución stock = 0.3 mM = 0.043485 gr/l ó
0.0043485 gr/ 100 ml ó
0.0130455 gr/ 300 ml

Molibdeno (Na-MoO₄) a una concentración de 5 $\mu\text{M/l}$ P.M. = 241.964

Solución stock = 5 mM = 1.20982 gr/l ó
0.120982 gr/ 100 ml ó
0.362946 gr/ 300 ml

Fierro (FeCl_3) a una concentración de $2 \mu\text{M/l}$ P. M. = 270.317

Solución stock = $2 \text{ mM} = 0.540634 \text{ gr/l}$ ó

$0.0540634 \text{ gr/ } 100 \text{ ml}$ ó

$0.1621902 \text{ gr/ } 300 \text{ ml}$

Solución quelante de Na_2EDTA a una concentración de 2M P.M = 372.252

$74.45 \text{ gr/ } 100 \text{ ml}$ ó

$297.80 \text{ gr/ } 400 \text{ ml}$ ó

$372.25 \text{ gr/ } 500 \text{ ml}$

Quelación

Diluir por separado cada metal en 50 ml de solución quelante de Na_2EDTA a una concentración de 2M y hervir durante 5 a 10 minutos.

Después de hervidos cada metal por separado, llevarlo a su volumen final en agua destilada.

Mantener cada solución stock en refrigeración .

Preparación final de TRIS-I

Solución $40 \mu\text{M}$ de Na_2EDTA P.M. = 372.252

Solución stock $1 \text{ mM} = 0.372252 \text{ gr/l}$

Tomar 40 ml de la solución stock y llevarlos a 1 litro para obtener una solución de $40\mu\text{M}$.

Tomar 40 ml de solución $40 \mu\text{M}$ más 6 ml de cada solución stock de los seis metales, agitar bien, esta es la solución TRIS-I

Tomar 10 ml de TRIS-I por cada litro de medio de cultivo a preparar.

Preparación de la solución de CaCO_3 a una concentración de 0.5 M P.M. = 100.091

$1\text{M} = 100.091 \text{ gr/l}$

$5\text{M} = 50.0455 \text{ gr/ } 100 \text{ ml}$

$0.5\text{M} = 50.0455 \text{ gr/l}$

VIII.-Datos graficados en resultados y análisis de resultados

Primera serie experimental

Luz directa

Tratamiento	2 mm	1mm	0.99
0	2	1	0.99
1	8.66	8.9375	8.833
2	15.88	13.0	13.38
3	13.16	14.83	8
4	15.16	13.5	10.72
5	13.55	11.83	8.55
6	0	0	4.6
7	0	0	0

Crecimiento longitudinal de fragmentos apicales en 7 combinaciones experimentales (figura 10) de nutrientes en luz directa.

Tratamiento	2 mm	1mm	0.99
0	2	1	0.99
1	3.00	4	2.22
2	9.44	4.5	6.66
3	4.33	4.5	6.66
4	6.77	5.77	6.44
5	4.22	2.11	11.77
6	0	0	0.22
7	0	0	0

Incremento de ramas en diferentes tamaños de fragmentos apicales en 7 combinaciones experimentales (Figura 12).

Tratamiento	2 mm	1mm	0.99
0	2	1	0.99
1	5.55	7.22	13.22
2	19.88	25.22	24.33
3	14.77	25.88	13.22
4	26	22.44	21.22
5	13	17.33	17
6	0	0	2
7	0	0	0

Incremento de paquetes rizoidales en diferentes tamaños de fragmentos apicales en 7 combinaciones experimentales (figura 14)

**Primera serie experimental
Luz indirecta**

Tratamiento	2 mm	1 mm	0.99
0	2	1	0.99
1	5.5	4	6.44
2	4.83	4.88	5.27
3	8.5	6.33	6.38
4	4.72	4.77	3.11
5	4.16	4.72	4
6	1.5	3.16	2.44
7	2.88	2.611	2.5

Crecimiento longitudinal a partir de apices vegetativos en 7 combinaciones de nutrientes (Figura 11) Crecimiento

Tratamiento	2 mm	1 mm	0.99
0	2	1	0.99
1	0.666	0.88	0.55
2	0.55	0.11	0.11
3	0.33	0.33	0.66
4	0.77	0.22	0.11
5	0.22	0.44	0.44
6	0.55	0.88	0
7	1.44	0.77	0.22

Producción de Ramas a partir de apices vegetativos en 7 combinaciones de nutrientes (Figura 13).

Tratamiento	2 mm	1 mm	0.99
0	2	1	0.99
1	0.666	0.88	0.55
2	0.55	0.11	0.11
3	0.33	0.33	0.66
4	0.77	0.22	0.11
5	0.22	0.44	0.44
6	0.55	0.88	0
7	1.44	0.77	0.22

Producción de rizoides a partir de crecimiento vegetativos en 7 combinaciones de nutrientes (Figura 15).

Segunda serie experimental

Datos graficados

Tratamiento	Porción Apices	Medios	Bases
2.1	11.42	13.875	8.03
2.2	10.53	10.82	9.28
2.3	0	0	0
2.4	8.62	10.2	7.4
2.5	0	0	0

Efecto de la concentración de nutrientes sobre el crecimiento longitudinal (figura 16)

Tratamiento	Porción Apices	Medios	Bases
2.1	5.851	6.6	4.9
2.2	5.29	7.608	7.2
2.3	0	0	0
2.4	6.30	10.37	3.53
2.5	0	0	0

Efecto de la concentración de nutrientes sobre la producción de ramas (figura 17)

2.1	6.171	10	5.90
2.2	8.55	7.30	4.7
2.3	0	0	0
2.4	7.52	7.9	7.4
2.5	0	0	0

Efecto de la concentración de nutrientes sobre la producción de rizoides (figura 18)
Tercera serie experimental

Datos graficados

Experimento	Incremento	
	mg g ⁻¹	mg g ⁻¹
3.1	0.00627	0.01955
3.2	0.00616	0.01537
3.3	0.00567	0.01034
3.4	0.00544	0.01635
3.5	0.00407	0.00962
3.6	0.00497	0.01625

Efecto de la concentración de nutrientes sobre el incremento de la biomasa en fragmentos apicales (figura 19)

Fragmentos	Incremento (mg)	Total (mg)
3.1	0.00564	0.0082.
3.2	0.00507	0.01437
3.3	0.00475	0.00945
3.4	0.00475	0.01056
3.5	0.00445	00.0113
3.6	0.00464	0.01039

Efecto de la concentración de nutrientes sobre el incremento de la biomasa en fragmentos medios (figura 20).

Fragmentos	Incremento (mg)	Total (mg)
3.1	0.00497	0.01153
3.2	0.00486	0.02169
3.3	0.0042	0.00781
3.4	0.00456	0.01166
3.5	0.0046	0.01005
3.6	0.00446	0.01191

Efecto de la concentración de nutrientes sobre el incremento de la biomasa en fragmentos bases (figura 21).

Cuarta serie experimental.

Datos graficados:

Tratamiento	Crec. Longitudinal (mm)
4.1	8.5
4.2	14.6
4.3	12.06
4.4	15.86
4.5	11.5
4.6	17.46
4.7	11.4
4.8	1
4.9	16.33
4.10	15.4
4.11	11.8
4.12	12.46
4.13	17.13
4.14	17.4

Biomasa inicial

4.1 0.0027 0.0015 0.0020
 4.2 0.0021 0.0041 0.0014
 4.3 0.0024 0.0016 0.0026
 4.4 0.0004 0.0003 0.0012
 4.5 0.0005 0.0007 0.0025
 4.6 0.0039 0.0046 0.0020
 4.7 0.0025 0.0034 0.0018
 4.8 0.0007 0.0009 0.0010
 4.9 0.0006 0.0011 0.0010
 4.10 0.0008 0.0006 0.0017
 4.11 0.0017 0.0005 0.0008

Apéndices

4.12 0.0009 0.0007 0.0006

4.13 0.0018 0.0007 0.0018

4.14 0.0010 0.0012 0.0010

Biomasa Final

4.1 0.0015 0.0026 0.008

4.2 0.0058 0.0046 0.0039

4.3 0.0018 0.0033 0.0031

4.4 0.0056 0.0037 0.0031

4.5 0.0016 0.0032 0.0037

4.6 0.0045 0.0019 0.0028

4.7 0.0027 0.0026 0.0029

4.8 0.0001 0.0028

4.9 0.0039 0.0041 0.0033

4.10 0.0029 0.0029 0.0036

4.11 0.0039 0.0035 0.0067

4.12 0.0045 0.0049 0.0024

4.13 0.0046 0.0055 0.0047

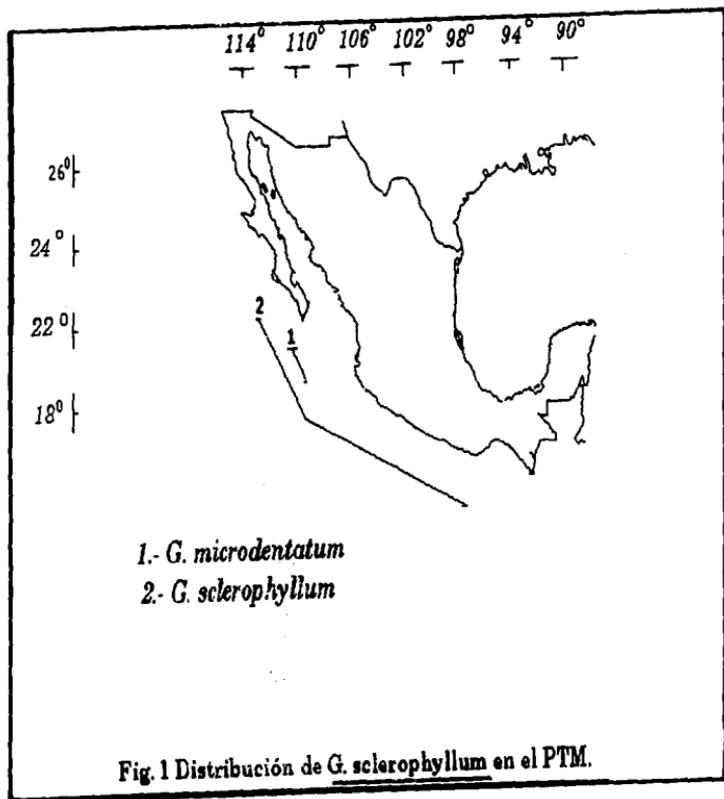
4.14 0.0049 0.0054 0.0021

000000
000000

00
00
00
00
00
00
00

Figuras

00
00
00
00
00
00
00
00
00
00
00



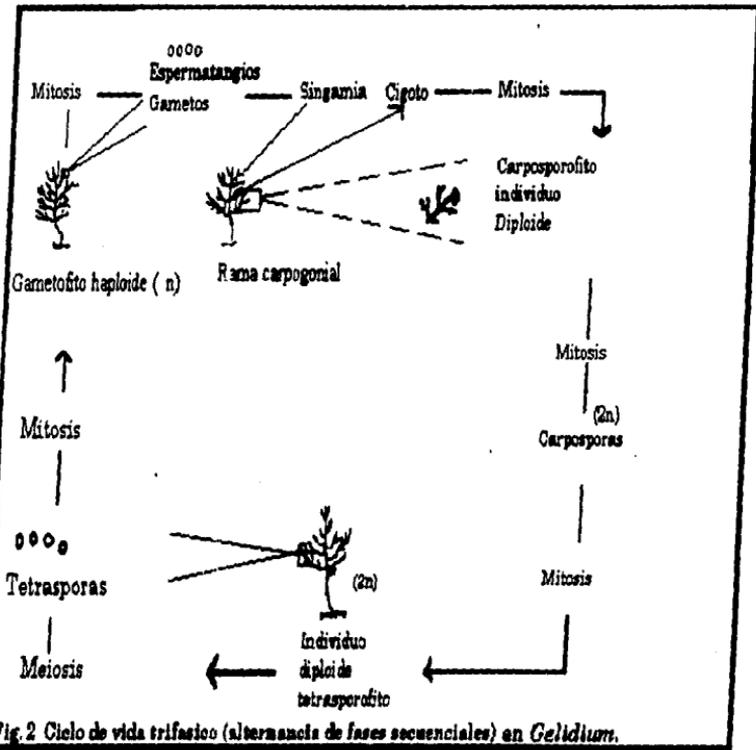
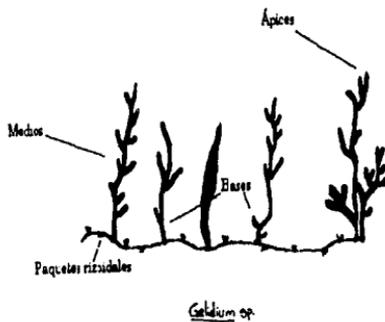


Fig. 2 Ciclo de vida trifasico (alternancia de fases sucesionales) en *Gelidium*.

Fig. 3 Variación Morfológica



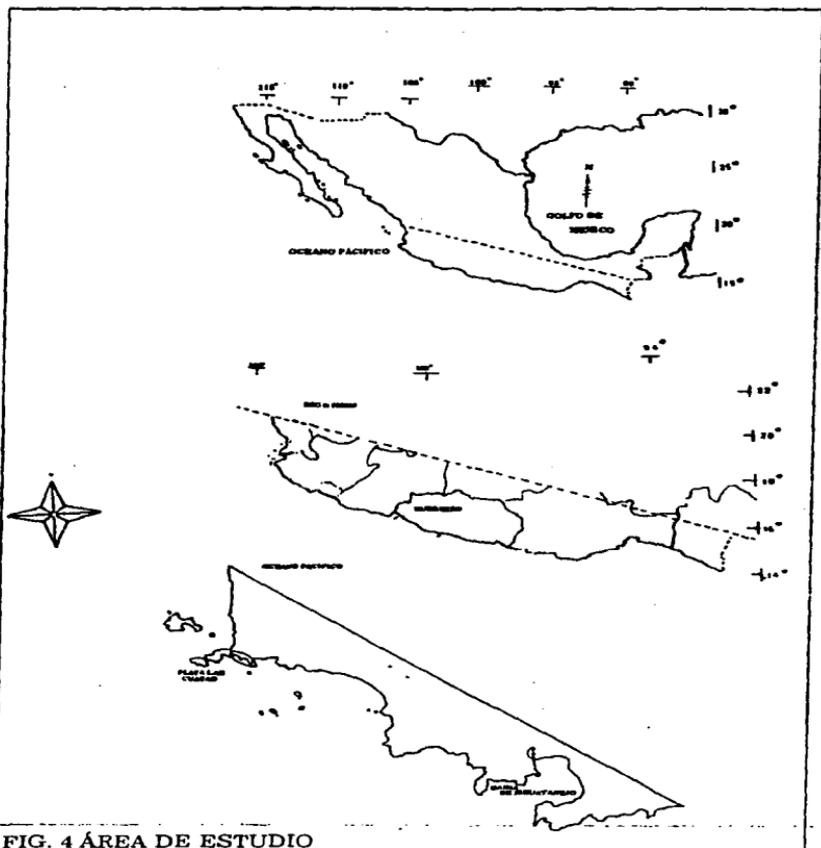


FIG. 4 ÁREA DE ESTUDIO

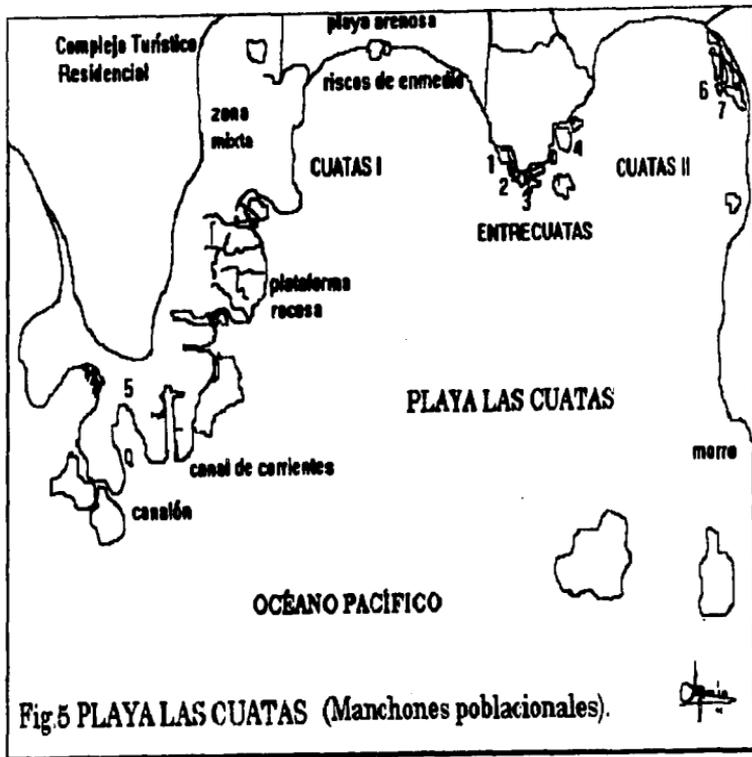


Fig 5 PLAYA LAS CUATAS (Manchones poblacionales).