



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

INFLUENCIA DE LA LUZ Y TEMPERATURA SOBRE LA  
SUPERVIVENCIA DE LAS ESPORAS Y CRECIMIENTO DEL  
ALGA ROJA Gelidium robustum (Gardn.) Hollenb. & Abb.  
(Rhodophyta, Gelidiales).



TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
O C E A N O L O G O  
PRESENTA  
MAURICIO BUSTOS BARRERA

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA FEBRERO DE 1989


INFLUENCIA DE LA LUZ Y TEMPERATURA SOBRE LA SUPERVIVENCIA DE  
LAS ESPORAS Y CRECIMIENTO DEL ALGA ROJA Gelidium robustum  
(Gardn.) Hollenb. & Abb. (Rhodophyta, Gelidiales).


T E S I S

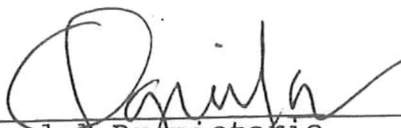
QUE PRESENTA:


MAURICIO BUSTOS BARRERA

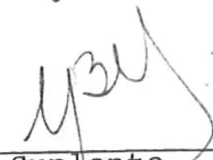
Aprobada por:

  
Presidente del Jurado  
Oc. Isaí Pacheco Ruiz

  
Sinodal Propietario  
Dr. José A. Zertuche González

  
Sinodal Propietario  
Oc. Luis E. Aguilar Rosas

  
Sinodal Suplente  
Oc. Guadalupe G. de Ballesteros

  
Sinodal Suplente  
Oc. Guillermo Ballesteros Grijalva

## RESUMEN

Se midió la viabilidad a distintas condiciones de luz y temperatura de las carposporas y tetrasporas del alga roja Gelidium robustum en distintas épocas del año para relacionar esta viabilidad con nuevas fijaciones y mayor abundancia de plantas tetrasporofitas "in situ". Las esporas mostraron ser viables en todo el año, no se observaron diferencias claras entre la viabilidad de las carposporas y tetrasporas. No se observaron fijaciones de juveniles en invierno y en otoño. Estos resultados muestran que el efecto de la luz y la temperatura en la viabilidad de las esporas no tiene significancia en el reclutamiento y distribución fenológica de esta alga en el medio natural.

Se midió el crecimiento en distintas condiciones de luz y temperatura en esporas y juveniles de G. robustum. El crecimiento de las esporas fué mayor que el de los juveniles. La luz y la temperatura mostrò significancia en el crecimiento de las esporas pero no el de los juveniles.

DEDICATORIA

A MIS PADRES: Ing. Carlos Bustos y Laura B. de Bustos.

A MIS HERMANOS: Carlos, Laurita, el gran Edgardo y  
Adelita.

A MI ESPOSA: Edna.

A MI HIJO (A)....

Con todo mi amor y cariño.

## AGRADECIMIENTOS

Al Señor Cristo Jesus por permitirme terminar mis estudios profesionales.

Al Oc. Isai Pacheco Ruiz y al Dr. José A. Zertuche González por su paciencia, sus observaciones, sugerencias y facilidades dadas para la dirección y elaboración de esta tesis.

A los Sres. sinodales: Oc. Luis E. Aguilar Rosas, Oc. Guillermo Ballesteros Grijalva y Oc. Guadalupe G. de Ballesteros por la participación en la corrección y revisión de este escrito.

Al Oc. Marco A. González G., Oc. Esteban Avendano, P.O. Artemio Rodriguez y Servicio Social Geraldine Escobar por su ayuda dada en el trabajo de laboratorio y campo.

Al I.I.O. por permitirme haber hecho uso de sus instalaciones.

A los tesisistas: Virginia, Irma, Aida, Lucia e Israel y Servicios Sociales con quienes compartí las instalaciones del Laboratorio de Macroalgas.

Al Oc. Horacio de Anda por el gran apoyo brindado a lo largo de mi carrera profesional.

A Esteban Avendano, Luis Miguel Hurtado, Francisco Becerril, Abraham Salazar, Fernando Torrero, Alejandro Estradas, Ricardo Peón, Joel Gaona, miembros y ex miembros de la cooperativa "Los mochos", Olga, Laura, Ma Auxilio, Paulina y Victor por su amistad.

A la generación XXV por su alegría.

A mis ex-alumnos de Salvamento, Natación y Buceo por su respeto y confianza.

## INDICE

INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	5
AREA DE ESTUDIO.....	5
MATERIALES Y METODO.....	7
A) Supervivencia de carposporas y tetrasporas de <u>G. robustum</u> .....	7
a.1) Cultivos de esporas en condiciones controladas de luz y temperatura.....	7
a.2) Estudio fenológico y fijaciones de esporas "in situ".....	10
B) CRECIMIENTO.....	12
b.1) Cultivo sobre la placa de gradientes.....	12
b.2) Tratamiento estadístico.....	13
RESULTADOS.....	16
A) Supervivencia de carposporas y tetrasporas de <u>G. robustum</u> .....	16
a.1) Cultivos de esporas en condiciones controladas de luz y temperatura.....	16
a.2) Fenología y fijaciones de esporas "in situ".	16
B) CRECIMIENTO.....	21
DISCUSIONES.....	30
CONCLUSIONES.....	35
LITERATURA CITADA.....	36

## LISTA DE TABLAS

- TABLA I .- Resultados de los ANOVAS realizados con los crecimientos de las esporas y juveniles.....24
- TABLA II .- Comparación de medias entre crecimientos de carposporas (C) y tetrasporas (T) a una misma temperatura e intensidad luminosa.....25
- TABLA III.- Resultados obtenidos del programa de superficie de respuestas (ESIMLS) para los datos de crecimiento de carposporas, tetrasporas y juveniles.....29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.-	Localización del area de estudio.....	6
Figura 2.-	Diagrama de la placa de gradientes con fuente de luz.....	9
Figura 3.-	Supervivencia en el tiempo de las esporas de principios de verano de 1988.....	17
Figura 4.-	Porcentajes de supervivencia de las carposporas y de plantas de <u>Gelidium robustum</u> a distintas condiciones de luz y temperatura.....	19
Figura 5.-	Frecuencia de plantas gametofitas, tetrasporofitas y estériles colectadas en la Bahía de Todos Santos.....	20
Figura 6.-	Fijación de juveniles de <u>G. robustum</u> en bloques de cemento en Bahía de Todos Santos.....	22
Figura 7.-	Porcentajes de crecimiento diario para ejemplares de <u>G. robustum</u> colectados en la Bahía de Todos Santos.....	23
Figura 8.-	Modelo de respuesta del crecimiento a distintas condiciones de luz y temperatura de las esporas y juveniles (Tallas 10-20 cm) de <u>G. robustum</u> .....	27

## INTRODUCCIÓN

*Gelidium coulteri* (Gardn.) Hollenb & Abb., especie distribuida desde Columbia Británica (E.U.A) hasta Isla Magdalena Baja California Mex. (Abbott & Hollenberg, 1970) es comercialmente explotada para la extracción de agar (Guzmán del Prado *et al.*, 1969; Silverthorne, 1976; Molina, 1988). En las costas mexicanas se encuentra en volúmenes comerciales desde Punta Descanso (32° 12' N, 117° 5' W) hasta Punta Asunción (27° 5' N, 114° 5' W) Baja California (Guzmán del Prado *et al.*, 1979). Crece bajo el cinturón de marea baja donde los cambios de temperatura y luz son muy reducidos y la desecación nunca ocurre (Johnstone & Feeney, 1944). Su reproducción es en forma vegetativa, y asexual-sexual (alternancia de generaciones) (Kylin, 1928; Santelices, 1974). Además tiene la capacidad de expulsar esporas todo el año. Sin embargo las investigaciones realizadas por Barilotti & Silverthorne (1972) muestran que sólo las esporas liberadas en primavera tienen la capacidad de producir juveniles en nuevos sustratos.

Por otro lado siempre se ha localizado en el campo una mayor abundancia de plantas tetrasporofitas (diploides) (Johnstone & Feeney, 1944; Guzmán del Prado *et al.*, 1972). Una de las posibles razones de este comportamiento dada por Guzmán del Prado *et al.* (1972) es la mayor expulsión de

esporas en las plantas carposporofitas (esporas diploides) que en las plantas tetrasporofitas (esporas haploides).

Carter (1985) en un estudio con esporas de G. pristoides (Turner) Kützting en el sur de Africa encontró una mayor viabilidad en las carposporas que en las tetrasporas. Este aspecto no ha sido estudiado en el caso de G. robustum y puede ser otra de las razones de la baja proporción de plantas haploides en el medio natural.

No se conoce aún la influencia del medio ambiente como la luz y la temperatura sobre la viabilidad de las esporas de G. robustum de tal manera que esto sea lo que está regulando la dominancia de la fase tetrasporofita sobre la carpospòrica, o bien si es la misma alga la que contribuye genéticamente a que exista una diferencia en la viabilidad de sus estructuras reproductoras.

Otro aspecto importante en la biología de G. robustum es su bajo crecimiento diario (máximos de 1.3% día) (Harger & Neushul, 1982) en comparación con el de otras agarofitas como Gracilaria verrucosa (Hudson) Papenfus (8% día) (Kim, 1970), y Gracilaria tikvahiae Mc Lachlan (12-35% día) (citado por Kain, 1987, Zertuche-González et al., 1988) e inclusive para algunas carragenofitas como Eucheuma uncinatum Setchell & Gardner (7-12% día) (citado por Kain, 1987, Zertuche-González, 1987) y Gigartina pectinata

(Dawson) (10% día Cabello-Pasini, 1988). Sin embargo Rodríguez-Carrillo (1987) logró crecimientos hasta de un 4.9% día con plantas fertilizadas y con aereación permanente en tanques de cultivo, bajo condiciones semicontroladas. Avendano-Herrera (1988) observó en el medio natural crecimientos hasta de 4.6% día en una zona de oleaje considerable. Correa & Santelises (1985) encontraron máximos de crecimientos (20% día) para esporas de G. chilense y G. lingulatum a 20°C y 50  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ .

D<sup>r</sup> Antonio & Gibor (1985) observaron que existe una relación entre el crecimiento y la morfología de las esporas de G. robustum en respuesta al fotoperiodo con crecimientos mayores y estadísticamente no diferenciados a intensidades dentro de los 40 y 85  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ .

Se desconoce si en todas las etapas de desarrollo desde juvenil hasta en estado adulto el crecimiento de G. robustum se mantiene constante.

Barilotti & Silverthorne (op. cit.) observaron en Coches California un mayor crecimiento en G. robustum (2.42mm/semana) en el periodo de tiempo en el cual la temperatura del agua alcanzó los 22°C. Sin embargo es posible que no sólo la temperatura afecte de manera determinante sino que la luz influya como un efecto sinérgico en su crecimiento.

La dificultad de probar el efecto que tiene uno o varios factores abióticos (Luz, temperatura, salinidad, nutrientes, etc.) sobre una especie algal en el medio natural sin la influencia de otros factores ha conducido a los investigadores a realizar cultivos unialgales en laboratorios donde se utilizan aparatos que simulan las condiciones ambientales, se mantienen constantes algunos parámetros y se controlan aquellos factores que se desean medir sus efectos. Halldal & French (1958) ideó un aparato conocido como placa de gradientes el cual permite trabajar a un mismo tiempo distintas temperaturas e intensidades luminosas, de tal manera que se aparentan algunas de las condiciones ambientales prevalecientes en cada estación del año. Este aparato también ha sido utilizado para obtener intervalos de temperatura y luz donde una especie puede desarrollarse mejor (Edwards & Van Baalen, 1970; Yaris *et al.*, 1979; Silver, 1983).

En el presente trabajo se da a conocer la relación de la viabilidad en las tetrasporas y carposporas de Gelidium robustum cultivadas a distintas condiciones de luz y temperatura con la distribución fenológica y fijaciones de nuevos reclutas en el medio natural. Se determina además la importancia que tiene la luz y la temperatura en distintas etapas de desarrollo de esta alga.

## OBJETIVOS

-Conocer la supervivencia de las esporas (Tetrasporas y Carposporas) de G. robustum a distintas temperaturas e intensidades de luz en el laboratorio y relacionarla con la fijación de nuevos organismos en el medio natural.

- Determinar si existen diferencias de crecimiento en las diferentes fases de desarrollo (espora, juvenil y adulto) de G.robustum a distintas temperaturas e intensidades luminosas.

## AREA DE ESTUDIO

La Bahía de Todos Santos está ubicada a 100 km al sur de la frontera México - Estados Unidos, en la costa occidental de la Península de Baja California.

El área de colecta y de muestreo (fig.1) está localizada en la Bahía de Todos Santos a 50 metros playa adentro a una profundidad que varía de 4 a 6 metros, frente al Motel Carioca ubicado en el Km 106 carretera escénica Tijuana-Ensenada. Es una playa abierta de sustrato rocoso arenoso y de oleaje considerable; habitat característico de G.robustum (Jhonstone & Feeney, op. cit, Molina, op. cit).

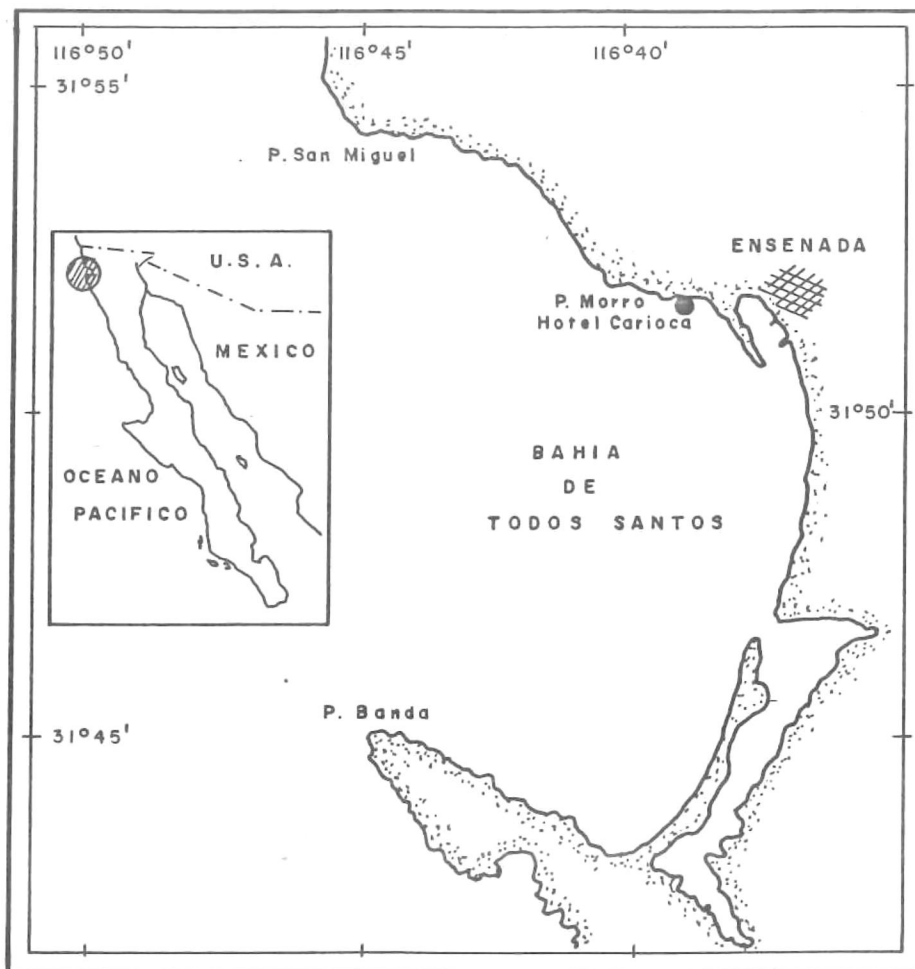


FIG.- 1\_ LOCALIZACION DE EL AREA DE ESTUDIO.

## MATERIALES Y METODO

A) SUPERVIVENCIA DE TETRASPORAS Y CARPOSPORAS DE G. robustum.

a.1) Cultivos de esporas en condiciones controladas de luz y temperatura.

Se realizaron cinco colectas de plantas de G. robustum: a finales de invierno (3 de marzo) de, en primavera (3 de mayo), en verano (2 de julio), en otoño (5 de noviembre) de 1987 y a principios de verano de 1988 (15 de junio) en el área de estudio. En el laboratorio se seleccionaron plantas femeninas (carpospòricas) y tetraspòricas. Estas fueron manualmente limpiadas de material epifito y por medio de ultrasonido (Bransonic modelo 284) durante 45 s (Polne et al., 1980). Limpiadas las plantas, se mantuvieron a 20°C y a una intensidad luminosa de 51 a 68  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$  por un día como periodo de aclimatación en un recipiente de cristal de dos litros. Posteriormente se seleccionaron cistocarpos y tetrasporangios y se colocaron por separado en cajas petri de plástico estériles de 60 x 15 mm con medio Provasoli (Bold & Wynne, 1978) durante 24 h, periodo en el cual se da una considerable expulsión de esporas (Guzmán del Pròo et al. 1972). Seguido de esto, las esporas de cada caja fueron colectadas en dos tubos de ensaye, uno para las tetrasporas

y otro para las carposporas, por decantación y un pincel fino. Las esporas se homogenizaron por medio de un agitador eléctrico (Lab-line instruments. Inc.) de acuerdo a la metodología descrita por García-Ezquivel (1986).

Se colocaron dos gotas de la muestra en cada una de 40 cajas petri (20 para tetrasporas y 20 para carposporas) con número homogéneo de esporas y no mayor de 150 esporas por caja para evitar competencia por espacio. Los conteos de las esporas se realizaron por medio de un microscopio estereoscópico (ZEISS) y guiado por medio de un rectángulo de hoja de papel milimétrico que abarcó la caja de petri.

Todas las cajas petri fueron puestas por pares (una con carposporas y la otra con tetrasporas) sobre una placa de aluminio de media pulgada de espesor (placa de gradientes) (fig.2) dentro de la cual circula por un lado agua con una temperatura aproximada de  $-2^{\circ}\text{C}$  y por el extremo lateral opuesto, agua de una temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$ . La circulación del agua dentro de la placa dió un gradiente en las cajas petri de  $14^{\circ}\text{C}$  a  $30^{\circ}\text{C}$ . Se colocaron lámparas de tubo doble fluorescentes (Sylvania de 40 watts) sobre la placa de gradientes para proporcionar luz a los cultivos. Así cada par de cajas tuvo una temperatura e intensidad luminosa diferente. Las temperaturas e intensidades luminosas con las cuales se experimentó fueron de 14, 18, 22, 26 y  $30^{\circ}\text{C}$ ; y 25, 68, 61 y  $102\ \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$  respectivamente.

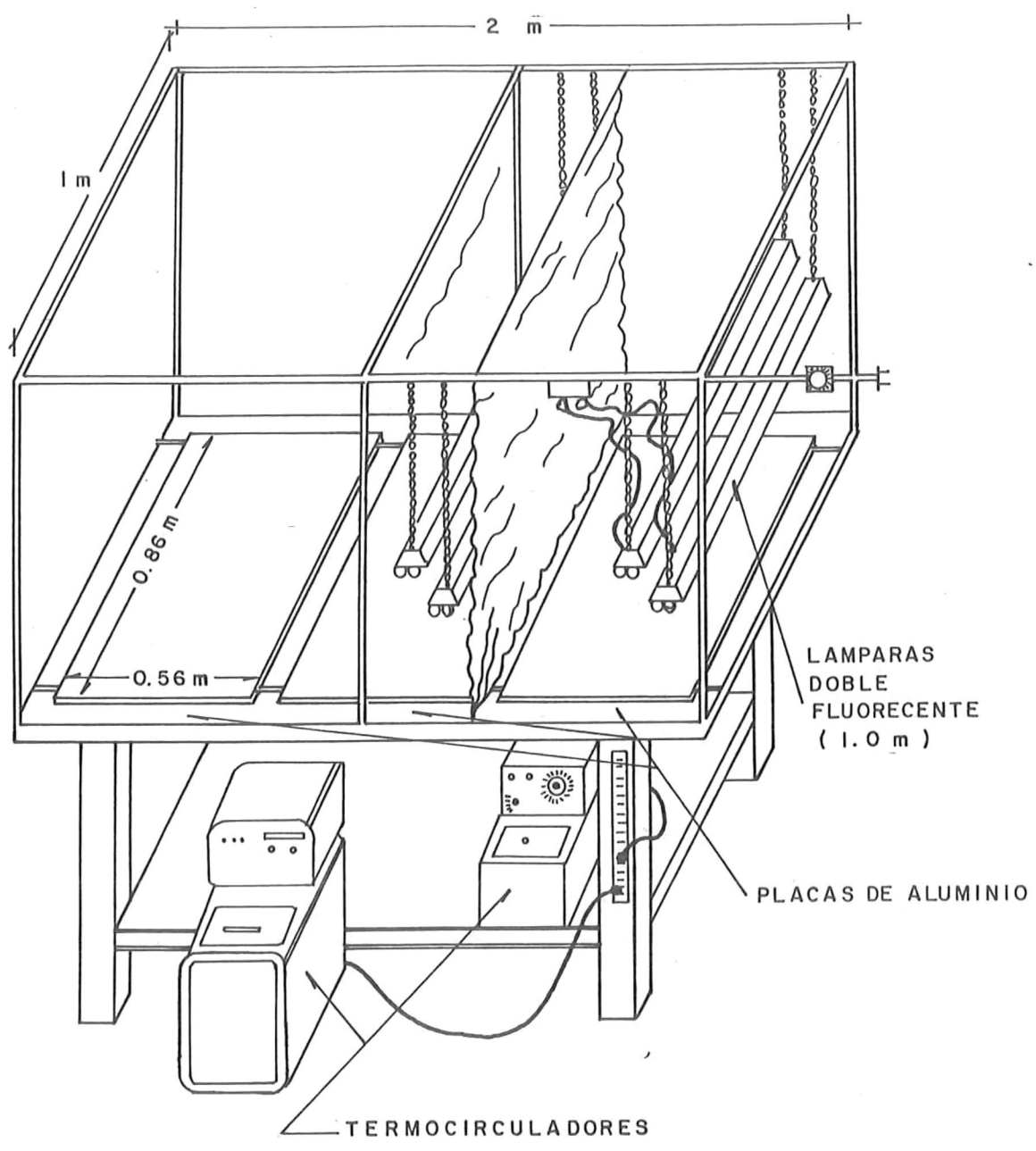


FIG. 2 — DIAGRAMA DE LA PLACA DE GRADIENTES CON FUENTE DE LUZ.

La temperatura fue medida por medio de un termómetro y la luz mediante un irradiómetro (Biospherical Instruments Inc. QSL-100). La luz se reguló variando la altura de las lámparas sobre la placa y sobreponiendo malla plástica de un milímetro de abertura en cajas que requirieron menores intensidades de luz (51 y 25  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ ).

Los medios de cultivo se renovaron cada semana. Al término de cuatro semanas se contó el número final de esporas de cada caja en cada experimento (Umamaheswara, 1976., Estavillo-Saucedo, 1988). El porcentaje de supervivencia de la esporas se calculó contando el número inicial y final de cada caja.

a.2) Estudio fenológico y fijaciones de esporas "in situ".

En el área de colecta se realizó un muestreo cada seis semanas a partir de el 2 de Octubre de 1985 hasta el 2 de junio de 1987. En cada muestreo se colectaron al azar 30 plantas de G. robustum. En el laboratorio se determinó la fase reproductiva de cada planta. De acuerdo a la cantidad de plantas de cada fase se obtuvo su proporción en porcentaje.

Con el fin de observar nuevas fijaciones de G. robustum, se colocaron tres bloques de concreto en invierno de 1987 (30 de Enero), y dos bloques; a mediados de

primavera (15 de mayo), a principios de verano (10 de julio), mediados de verano (24 de agosto) y en otoño (21 de octubre) de 1987. De los bloques pertenecientes a invierno; uno se sacó el 18 de mayo, otro bloque el 1 de julio y el último el 27 de septiembre. Los bloques de verano se sacaron en otoño (21 de octubre). Los bloques de otoño duraron en el agua seis semanas.

Cada bloque fue transportado del lugar de colecta al laboratorio del I.I.O. en una hielera de plástico con agua de mar, donde se revisaron cuidadosamente a simple vista y con una lámpara fluorescente con magnificador (LITE-MITE. U.L.) buscando nuevos reclutas de G. robustum. En el caso de observar reclutas, estos se separaron y se revisaron con un microscopio compuesto para determinar si el tejido celular era característico de G. robustum. Posteriormente los ejemplares fueron medidos con un vernier metálico, se colocaron en un recipiente de dos litros con medio de cultivo (Provasoli) y se pusieron en un incubador (PRECISION) por 8 semanas a 18°C, con 51  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$  y burbujeo a base de una bomba de acuario (APOLLO, 125 watts) hasta determinar si efectivamente correspondía a un ejemplar de G. robustum.

## B) CRECIMIENTO:

### b.1) Cultivos sobre la placa de gradientes.

Se midió el crecimiento de G. robustum, sobre la mesa de gradiente, en distintas etapas de desarrollo; esporas (30-35 micras), juveniles de tallas entre 3 y 10 cm (Juveniles "A"), juveniles de tallas entre 10 y 20 cm (Juveniles "B") y adultos en reproducción (fase carpospórica y fase tetraspórica) con tallas entre 25 y 35 cm

El crecimiento de las esporas se midió en las tetrasporas y carposporas de principios de verano de 1988. Estos ejemplares fueron medidos utilizando un microscopio estereoscópico (ZEISS) con un micrómetro integrado. Para los organismos juveniles ("A" y "B") se seleccionaron y se limpiaron los ejemplares. Posteriormente se colocaron sobre la placa de gradientes a una temperatura de 18-20<sup>o</sup> C con una Intensidad luminosa de 102-170  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$  y un fotoperiodo de 12:12.

En cada uno de los experimentos de juveniles "A" y "B" se midió con un vernier (MITUTOYO) y se pesó con una balanza analítica (Bouch S-2000) una planta y su réplica. Se colocaron dentro de una caja petri de vidrio esterilizada de 300 ml con medio de cultivo (Provasoli). Un total de 20 cajas para cada experimento fueron puestas en la placa de gradientes en intervalos de 4 grados

centígrados (14, 18, 22, 26 y 30<sup>0</sup> C) y con intensidades luminosas de 34, 102, 170 y 340  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ .

El mismo procedimiento para los juveniles descrito anteriormente fue utilizado para los ejemplares adultos sólo que se escogió una planta fase carpospórica y otra en la fase tetraspórica en cada caja petri.

Todos los experimentos de crecimiento tuvieron una duración de seis semanas, cada semana se renovaron los medios de cultivo (medio Provasoli). Cada dos semanas los ejemplares se midieron y se pesaron (juveniles y adultos). Se calculó el porcentaje de crecimiento diario en peso ("Cp") y longitud ("Cl") de acuerdo a la expresión de Peniman (1983).

$$C = \frac{1}{t} \left( \frac{W_t}{W_0} - 1 \right) \times 100$$

C = Crecimiento.  
 W<sub>0</sub> = Peso inicial  
 W<sub>t</sub> = Peso a un tiempo x  
 t = Tiempo.

#### b.2) tratamiento estadístico.

Todos los porcentajes de crecimiento en peso y/o longitud diario obtenidos en los experimentos con carposporas, tetratrasporas, juveniles "A" y juveniles "B" fueron tratados mediante la prueba de bondad de ajuste para la distribución normal de Kolmogorov-Smirnov, así como a la prueba de Barlet de homogeneidad de varianzas (Sokal & Rohlf, 1981).

Se realizaron pruebas de análisis de varianzas

(ANOVA) de dos vías para observar si entre cada experimento realizado existieron diferencias significativas de "Cp" o de "Cl" a las distintas temperaturas e intensidades luminosas expuestas y ANOVAS de tres vías para comparar "Cp" o "Cl" entre las distintas etapas de desarrollo; a una misma temperatura y luz, a las distintas temperaturas así como a las distintas intensidades luminosas.

Las diferencias en el crecimiento para cada experimento se probaron mediante el análisis de comparación múltiple de medias de Tukey-Kramer (Sokal & Rohlf, op. cit.).

Todas las pruebas y análisis estadísticos se realizaron mediante el paquete estadístico Biometry (Sokal y Rohlf, op. cit.) en una microcomputadora Packard Bell, utilizando un nivel de confianza del 95%.

Los datos de crecimiento ("Cp" y/o "Cl") de los experimentos que mostraron diferencias significativas a las distintas temperaturas y/o a las distintas intensidades luminosas se sometieron a un análisis de superficies de respuestas ESIMSL (CICESE) el cual nos ayuda a observar gráficamente cualquier cambio en respuesta a los factores experimentados (Lough, 1975); en este caso la temperatura y la luz. Para representar las superficies se usa la proyección en un plano con coordenadas (X, Y) que

representan a las variables independientes (luz y temperatura). La respuesta, que es una variable cuantitativa, en este caso el crecimiento, forma las curvas de nivel en el plano.

## RESULTADOS

### A) SUPERVIVENCIA DE TETRASPORAS Y CARPOSPORAS DE *G. robustum*.

#### a.1) Cultivos de esporas en condiciones controladas de luz y temperatura.

La supervivencia de las carposporas y tetrasporas en el tiempo fue similar. La mayor mortalidad se observó en la primer semana y tendió a mantenerse constante después de las tres semanas (fig. 3). Solo en el experimento de invierno se observan diferencias marcadas entre la supervivencia de las carposporas y tetrasporas (fig. 4a y 4b). Los máximos de supervivencia (33-38%) se obtuvieron con las -esporas de las plantas colectadas en primavera (1987) (fig.4c y 4d) y principios de verano (1988) (Fig. 4i y 4j). El máximo de supervivencia que se alcanzó en invierno fue de 11% obtenido en las carposporas (fig.4a), en verano de 9%, también obtenido en las carposporas (fig.4e) y en otoño de 12% para carposporas y tetrasporas (fig.4g y 4h).

#### a.2) Fenología y fijaciones de esporas "in situ".

De las observaciones fenológicas "in situ" se encontró que las plantas tetrasporofitas están en mayor proporción que las plantas femeninas, masculinas y estériles (fig.5).

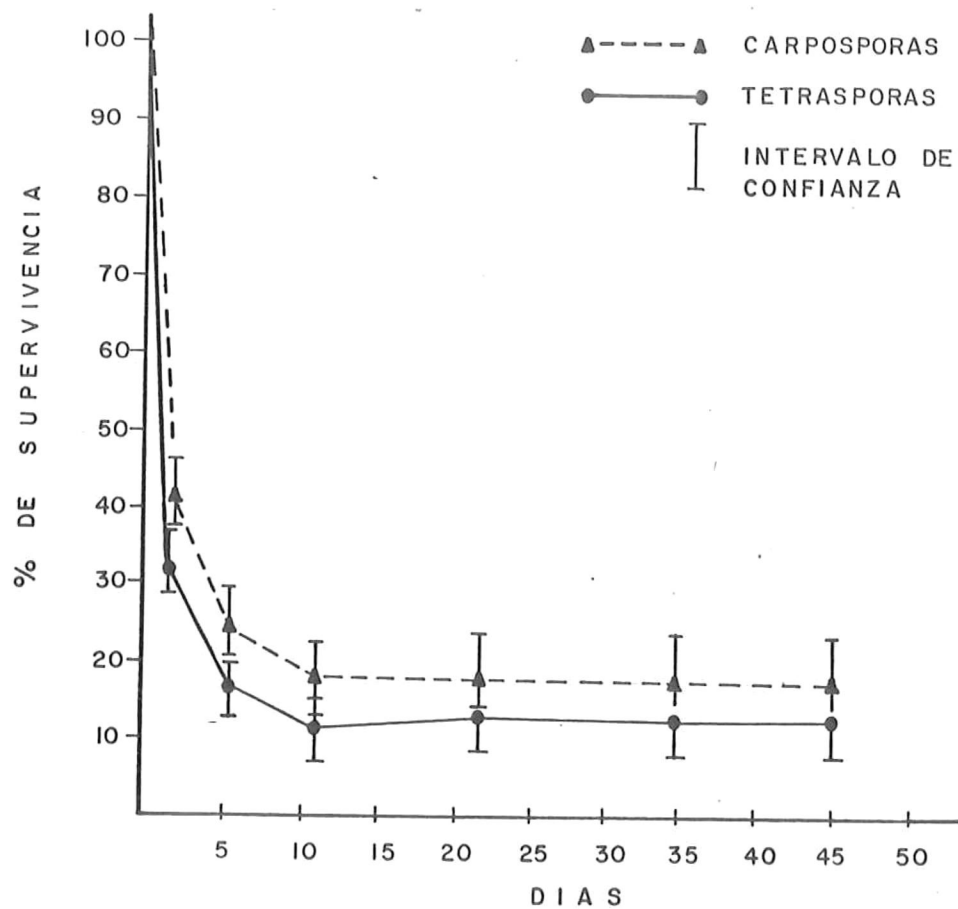


FIG. 3 - SUPERVIVENCIA EN EL TIEMPO DE LAS ESPORAS DE PRINCIPIOS DE VERANO DE 1988.

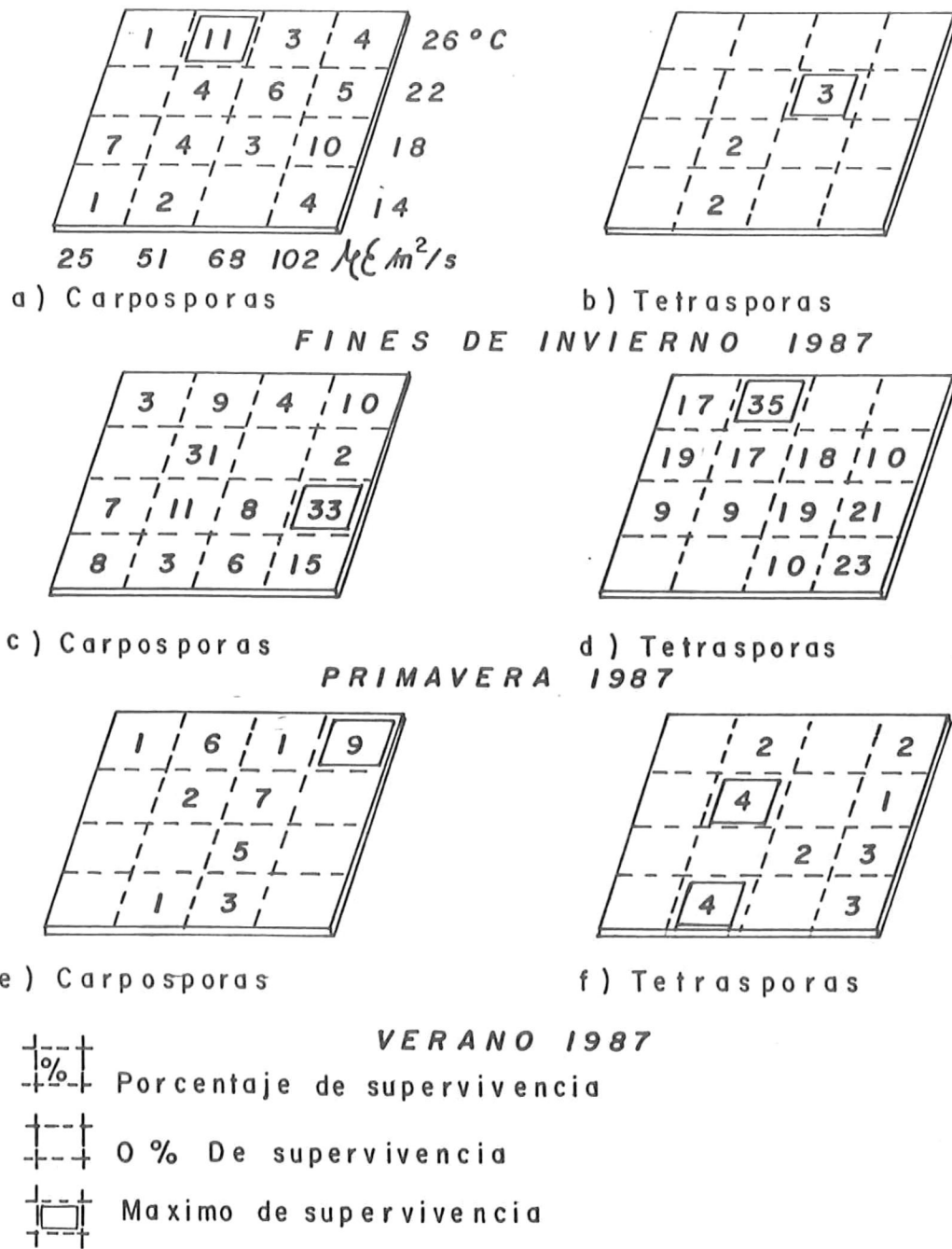


FIG. 4 - PORCENTAJES DE SUPERVIVENCIA DE LAS CARPOSPORAS Y TETRASPORAS DE PLANTAS DE G. robustum A - DISTINTAS CONDICIONES DE LUZ Y TEMPERATURA.

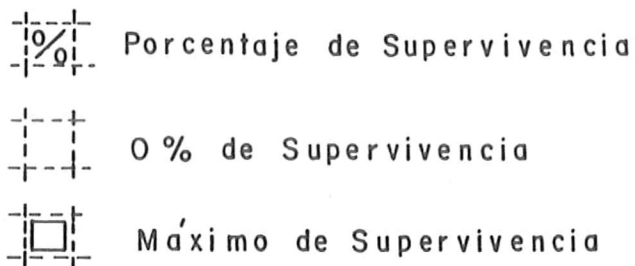
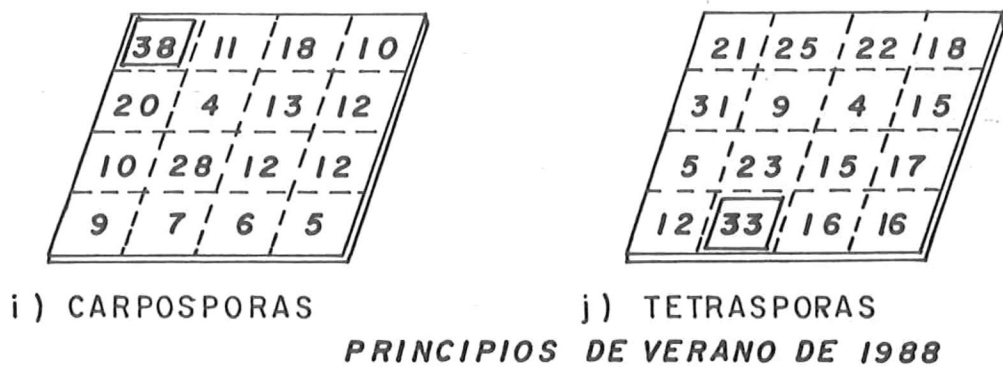
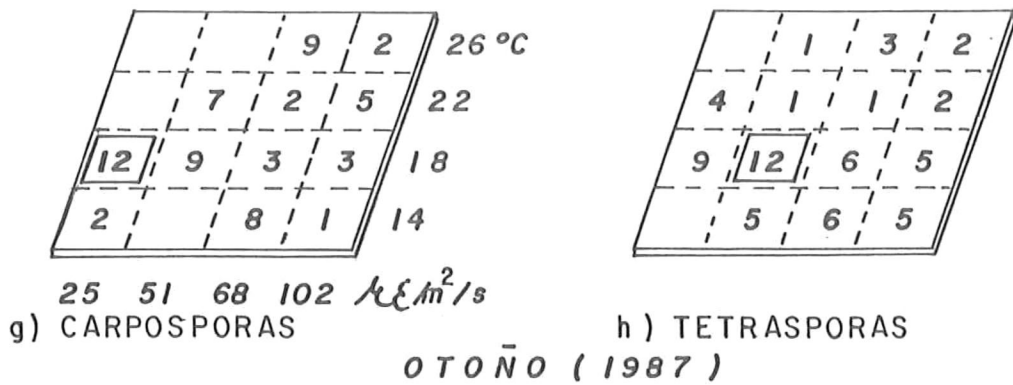


FIG. 4— (CONTINUACION). PORCENTAJES DE SUPERVIVENCIA DE LA CARPOSPORAS Y TETRASPORAS DE G. robustum A DISTINTAS CONDICIONES DE LUZ Y TEMPERATURA.

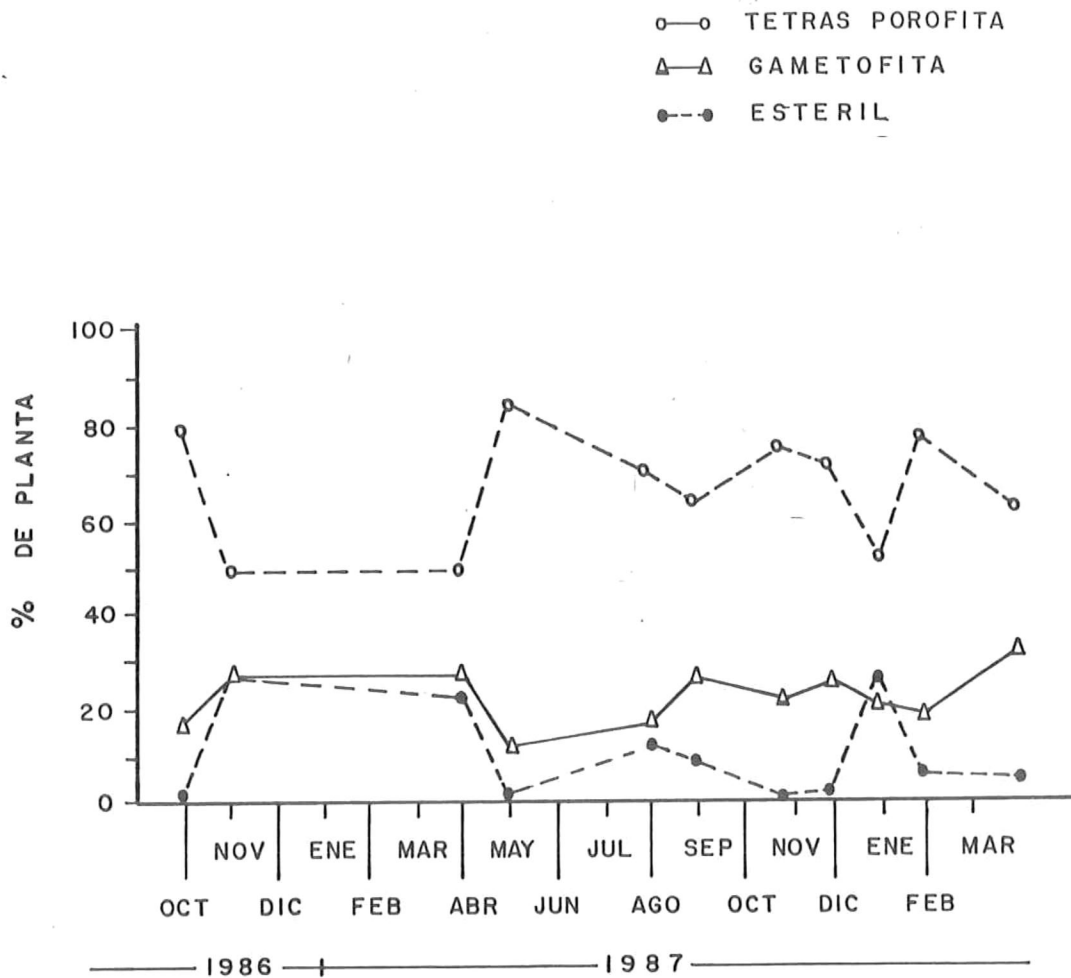


FIG. 5— FRECUENCIA DE PLANTAS GAMETOFITAS, TETRAS POROFITAS Y ESTERILES COLECTADAS EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS .

Se observaron fijaciones de juveniles de G.robustum en los bloques colocados a mediados de primavera y los puestos en verano. Los bloques con mayor número de reclutas fueron los colocados en verano, en estos bloques también se encontraron algas de otras especies de tamaño considerable (30 cm). En el periodo de invierno y mediados de primavera no hubo fijaciones, al igual que a finales de otoño en donde los bloques fueron encontrados cubiertos por arena (fig.6).

#### B) CRECIMIENTO.

Los crecimientos de las esporas superaron al de los juveniles a todas las temperaturas e intensidades luminosas experimentadas (fig.7). Existen diferencias en crecimiento de las esporas hacia distintas intensidades de luz y temperaturas, la interacción entre estos dos factores fue significativa (tabla. I). Solo en tres de los casos las medias comparadas entre las carposporas y tetrasporas a una misma temperatura y luz fueron significativamente diferentes (tabla. II). El máximo porcentaje de crecimiento diario en longitud ("Cl") fue de 10%/día que se obtuvo en las carposporas cultivadas a 22° C con 68  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$  y a 26 °C con 102  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$  (fig.7a).

En los juveniles "A" no se encontraron diferencias significativas de crecimiento y los juveniles "B" solo

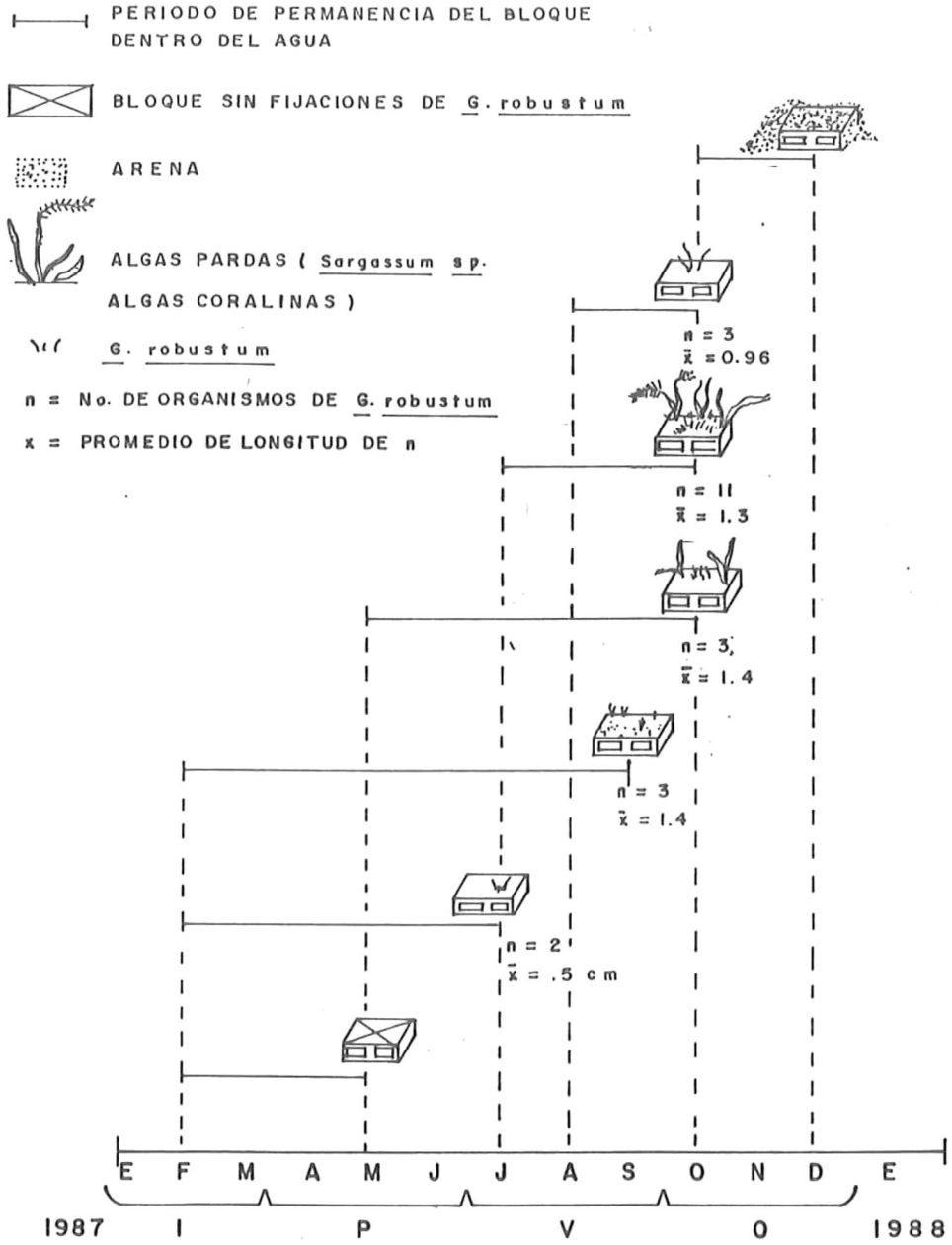


FIG. 6- FIJACION DE JUVENILES DE G. robustum EN BLOQUES DE CEMENTO EN BAHIA DE TODOS SANTOS.

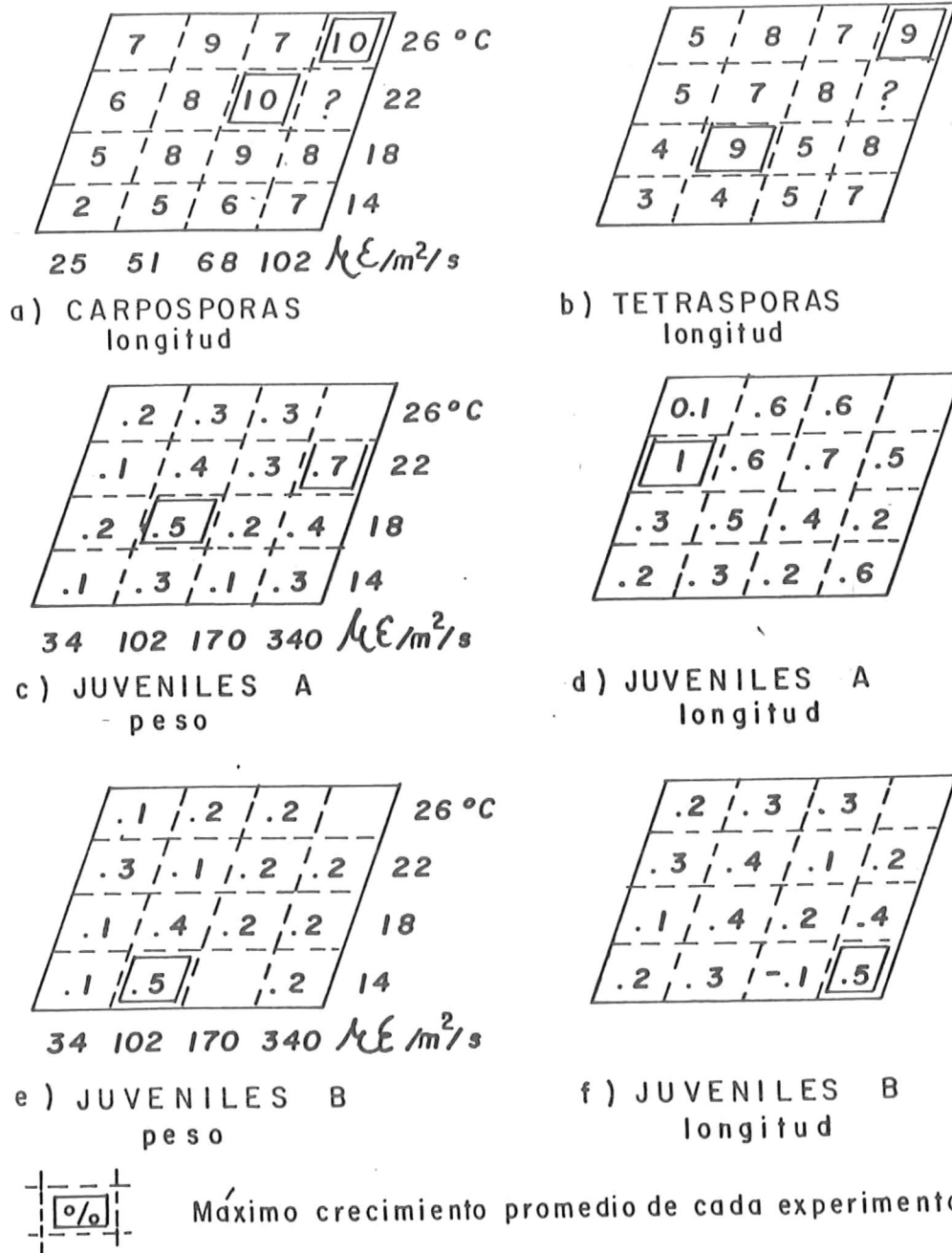


FIG. 7— PORCENTAJES DE CRECIMIENTO DIARIO PARA EJEMPLARES DE G. robustum COLECTADOS EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS.

TABLA I. Recopilacion de los ANOVAS realizados con los crecimientos de las esporas, juveniles "A" y juveniles "B".

	temp.	luz	temp x luz	vs tetra long.	vs Juv"A" long.	vs Juv"B" long.
Carposporas longitud.	**	**	**	**	**	**
Tetrasporas longitud.	**	**	**	-	**	**
Juv "A" longitud.	NS	NS	NS	**	-	NS
Juv "B" longitud.	NS	**	**	**	NS	-
Juv "A" Peso.	NS	NS	NS	-	-	-
Juv "B" Peso.	NS	**	**	-	-	-

\* Diferencias significativas al 95%.

NS Diferencias No significativas.

- Prueba no realizada.

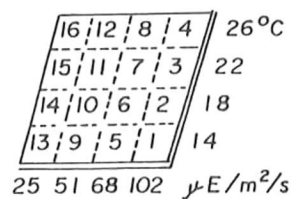
TABLA. II. Comparación de medias entre crecimientos de carposporas (C) y tetrasporas (T) a una misma temperatura e intensidad luminosa.

COMPARACION			F.CALCULADA	F.CRITICA	SIGNIFICANCIA
C1	VS	T1	0.355	4.00	NS
C2	VS	T2	0.297	"	NS
C3	VS	T3	-	-	-
C4	VS	T4	2.52	"	NS
C5	VS	T5	3.76	"	NS
C6	VS	T6	1.63	"	NS
C7	VS	T7	7.25	"	*
C8	VS	T8	3.60	"	NS
C9	VS	T9	0.55	"	NS
C10	VS	T10	3.99	"	NS
C11	VS	T11	3.59	"	NS
C12	VS	T12	1.92	"	NS
C13	VS	T13	3.70	"	NS
C14	VS	T14	3.86	"	NS
C15	VS	T15	4.00	"	*
C16	VS	T16	4.71	"	*

\* Diferencia Significativa.

NS Diferencia No significativa.

- Prueba No realizada



mostraron diferencias de crecimiento hacia las distintas intensidades de luz tanto en peso como en longitud. En los juveniles "B" la interacción entre la luz y la temperatura fue significativa (tabla. I).

En los juveniles "A" se obtuvieron "Cl" máximos de 1%/día a 22°C y 26°C con 34  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ . (fig.7d) y en los juveniles "B" el máximo es de 0.5%/día a 14°C y 340  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$  (fig.7f).

En los juveniles "A" obtuvo un "Cp" máximo a 22°C y 340  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$  (fig.7c) y en los juveniles "B" de 0.5%/día a 14°C y 102  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$  (fig.7e). No se obtuvo crecimiento en los juveniles "A" y "B" cultivados a temperaturas de 26°C con 340  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$  (fig. 7c-f). Las plantas adultas no se midieron ni pesaron debido a deterioro en estos ejemplares.

En todos los experimentos realizados tanto de viabilidad de esporas como de crecimiento la temperatura de 30°C fue letal para los ejemplares de G.robustum.

En los gráficos de superficie de respuesta obtenidos de los crecimientos de las carposporas, tetrasporas y juveniles "B" (fig. 8), Se observan similares comportamientos entre las carposporas y tetrasporas, crecimientos más altos a temperaturas entre los 17 y 24°C e intensidades luminosas entre los 60 y 90  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$  (fig. 8a y 8b). Los crecimientos de los juveniles "B" tienden a

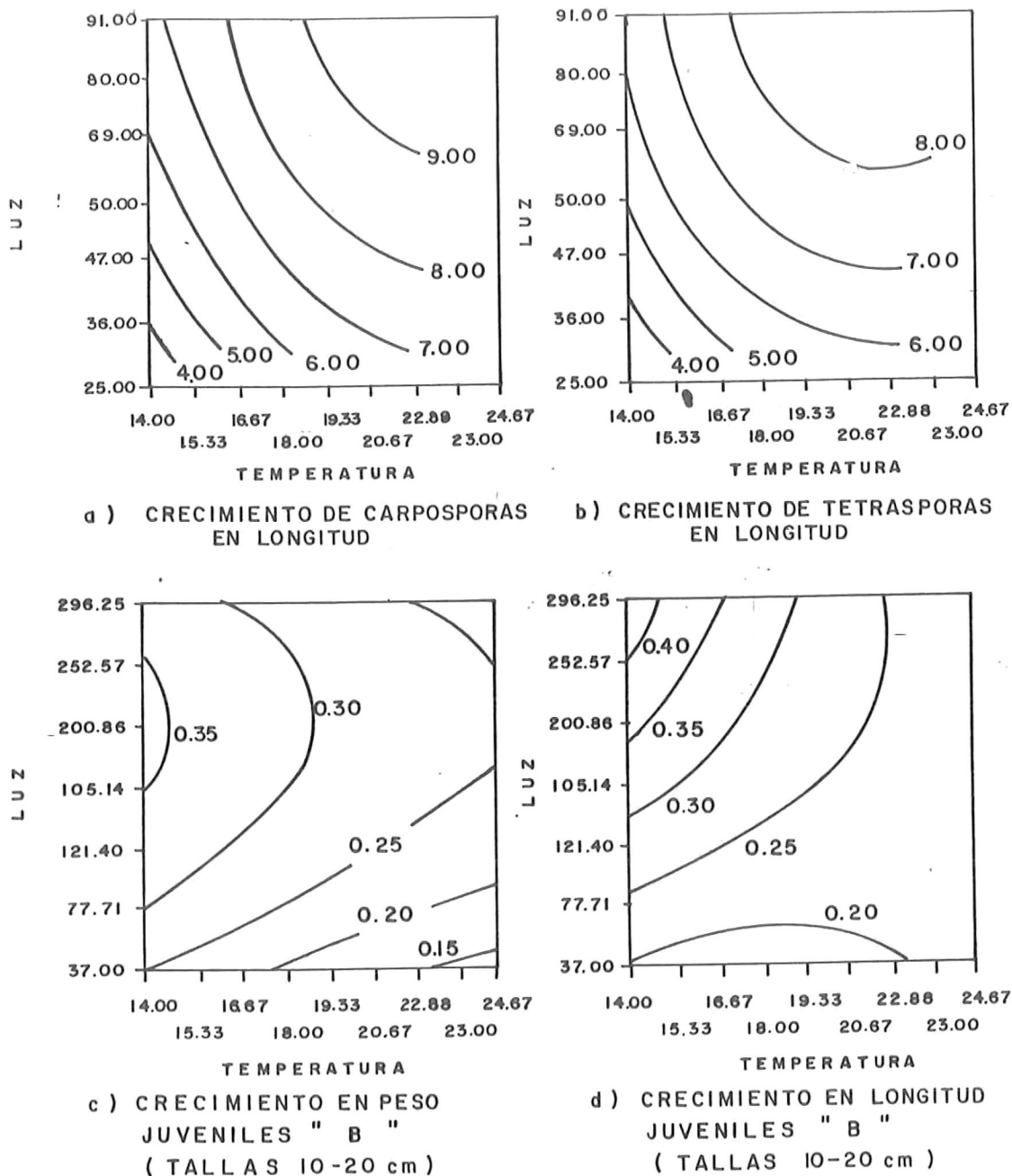


FIG. 8- MODELO DE RESPUESTA DEL CRECIMIENTO A DISTINTAS CONDICIONES DE LUZ Y TEMPERATURA DE LAS ESPORAS Y JUVENILES ( TALLAS 10-20 cm ) DE G. robustum

aumentar hacia temperaturas de  $19^{\circ}\text{C}$  con intensidades de luz por encima de los  $165 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$  (fig. 8c y 8d).

Solo se encontró significancia de los comportamientos observados en las gráficas de superficie de respuesta en las esporas así como también una alta correlación entre la temperatura y la luz. La correlación entre la temperatura y luz con los juveniles es baja (0.5-0.7) (Tabla. III).

Tabla III. resultados . obtenidos del programa de superficie de respuestas (ESIMSL) para los datos de crecimiento de carposporas, tetrasporas y juveniles.

	Significancia de la gráfica			Correlacion Temp-luz vs crecimiento
		F.cal	F.crit	
CARPOSPORAS	0.86	32.9	2.96*	0.89
TETRASPORAS	0.74	19.0	2.96*	0.86
JUV."A" P.	NS	NS	NS	0.68
JUV."A" L.	NS	NS	NS	0.69
JUV."B" P.	0.27	1.6	[3.22]	0.52
JUV."B" L.	0.34	2.3	[3.22]	0.58

\* Tendencias del comportamiento del gráfico significativo (95%).

[] Tendencia del comportamiento del gráfico No significativo (95%).

NS Crecimientos No significativos.

## DISCUSIONES

La alta mortalidad de las esporas en los primeros días de desarrollo es similar a los estudios realizados con esporas de Gracilaria corticata (Umamaheswara, 1976). Sin embargo, los valores máximos de supervivencia en las esporas son bajos en comparación con el de otras algas como Gigartina canaliculata Harv. (Estavillo-Saucedo, 1988.) y Euclima uncinatum (Polne et al. 1981). La variación en la supervivencia a grandes rangos de temperatura y luz puede ser una característica de la misma planta dado que el efecto combinado de estos factores determinan la habilidad de la planta a sobrevivir a una condición dada (Polne, 1982). Cabe la posibilidad de que existan épocas en donde las esporas sean más viables ya que en los experimentos de en primavera de 1987 y principios de verano de 1988 se observaron valores de supervivencias por encima del 15% .

Las observaciones con los bloques de concreto puestos en el medio natural son similares a los resultados obtenidos por Barilotti & Silverthorne (op. cit.) para la fijación de nuevos reclutas de G. robustum, sin embargo la viabilidad de las esporas en el medio natural no radicó en la capacidad de sobrevivir a las condiciones de luz y temperatura, dado que siempre se obtuvo supervivencia de

las esporas en todas las colectas realizadas para estos experimentos, sino que tal vez pudiera estar influenciada por otros factores ambientales. Los periodos de no fijación corresponden a periodos de tormenta, que provocaron para el mes de diciembre que los bloques se encontraran cubiertos por arena.

La aparición o crecimiento de otras algas aparentemente no dañó la fijación de nuevos reclutas como se observó para los bloques de julio que fue donde se encontró el mayor número de fijaciones y la mayor cantidad de algas de otras especies.

La falta de replicas impide corroborar la aparente no significancia de las diferencias de supervivencia entre las carposporas y tetrasporas, las observaciones realizadas en el campo al igual que en los estudios de Johnstone & Feeney (1944) y Guzmán del Prado y de la Campa de Guzmán (1979) demuestran que el talo tetraspórico (diploide) es relativamente más abundante que las plantas sexuales (haploides) en todo el año. Estas observaciones han sido reportadas para otras algas rojas (Hansen, 1977., Abbott, 1980., Carter, 1985). Al respecto Barilotti (1980) propone la hipótesis que este comportamiento puede ser causado por la mejor supervivencia de la generación diploide debido a un mayor vigor genético. Respuesta que no fue observada en

los experimentos realizados, por lo tanto estas diferencias en el medio natural pueden estar más relacionadas con la mayor expulsión de carposporas (diploides) observada por Guzmán del Prado *et. al.* (1972) a lo largo de todo el año o bien pudiera atribuirse también a procesos reproductivos como la ausencia de la meiosis en las esporas diploides (Santelices 1974, 1987).

Al igual que los estudios realizados por Oligier & Santelices (1981) y Correa & Santelices (1985) para *G. rex*, *G. lingulatum* y *G. chilense* los crecimientos de las esporas superan a obtenidos en los juveniles. Sin embargo los crecimientos obtenidos por estos autores son mayores a los obtenidos en este estudio, cabe señalar que estas tres especies de gelidiales habitan en zonas donde los movimientos de agua son relativamente bajos en comparación con el habitat de *G. robustum* (Santelices, 1987) y como lo señaló Avendano-Herrera (1989), el movimiento de agua puede ser un factor muy importante en el crecimiento de esta especie que posiblemente limitó el crecimiento de los organismos en los experimentos realizados en el presente estudio.

La necesidad hacia bajas intensidades luminosas en etapas tempranas de desarrollo para las esporas reportado por Låning (1981) no se observaron en el experimento

realizado, similares resultados son reportados también por D' Antonio & Gibor (1985) para esporas de G. robustum. Las bajas intensidades de luz ( $25 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ ) así como las bajas temperaturas ( $14^\circ\text{C}$ ) disminuyeron significativamente el crecimiento de las carpospras y tetrasporas de esta alga y de acuerdo a los resultados obtenidos del modelo de superficie de respuestas existe la probabilidad de que a temperaturas por encima de los  $23^\circ\text{C}$  y  $70 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$  los crecimientos de las esporas empiecen a disminuir o bien se mantengan constantes. El alto nivel de significancia para estas gráficas apoya la influencia que tiene luz y temperatura en el crecimiento de las esporas dado por el coeficiente de correlación.

Los crecimientos obtenidos con los juveniles son bajos en comparación de los reportados en laboratorio para otras agarofitas como Gracilaria sp y Pterocladia sp (Kain, 1987). Una de las causas aparentes puede ser la necesidad de un constante movimiento de agua en el crecimiento de G.robustum (Avendano-Herrera, 1988, Barilotti\*, comunicación personal), que puede ser apoyado con los resultados obtenidos por Ruenes & Tananger (1984) con plantas de Gelidium sp. con burbujeo permanente y por los resultados obtenidos por Rodriguez-Carrillo (1987) para las cosechas

\*Barilotti, Craig D. Investigador Kelco. San Diego Calif.

de G.robustum en tanques de cultivo con aereación permanente.

Las diferencias no significativas en los crecimientos de los experimentos con los juveniles sugiere que no existen diferencias entre los crecimientos en las distintas tallas de juveniles experimentadas. Sin embargo de los crecimientos obtenidos con los Juveniles "B" es posible que las intesidades de luz entre los 165 y 250  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$  pueden favorecer el crecimiento, como han sido observado para otras especies como Chondrus crispus (Braud, 1980) y otras Gelidiales (Santelices, 1987).

La baja correlación de la temperatura y la luz con el crecimiento de los juveniles da lugar a la influencia que pueden tener otros factores ambientales en el crecimiento de esta especie en el medio natural.

La incapacidad de crecimiento de G.robustum a temperaturas altas ( $30^{\circ}\text{C}$ ) observada en todos los cultivos ha sido reportada también para Pterocladia capillacea y G.cartilagineum (Schölm, 1966). La habilidad de poder crecer a un amplio rango de temperatura es característica en plantas de zonas templadas y submareales (Santelices, 1974).

Aparentemente los recipientes utilizados no fueron los apropiados para el cultivo de los ejemplares adultos, estos organismos se observaron frágiles en toda la placa de gradientes después de la primer semana de cultivo impidiendo ser pesados y medidos a la segunda semana.

## CONCLUSIONES

-Existe supervivencia de las esporas de Gelidium robustum a lo largo de todo el año en la Bahía de Todos Santos. Sin embargo, el periodo de fijación en el medio natural no está relacionado con los factores de luz y temperatura.

-La mayor abundancia de la fase tetrasporica de Gelidium robustum en el medio natural no se relaciona con la mayor supervivencia de las carposporas.

-El crecimiento de las esporas es superior al de los juveniles en Gelidium robustum en respuesta a cambios de temperatura y luz.

## LITERATURA CITADA

- Abbott, I.A. and C.J. Hollenberg. 1976. Marine algae of California. Stanford University Press, Stanford Ca. 827 pp.
- Abbott, I.A. 1980. Seasonal population biology of some carrageenophytes and Agarophytes. In Pacific Seaweed Aquaculture. Edited by Abbott, I.A., M.Foster & F. Eklund. La Jolla, California. Sea Grant College Program. 45-54 pp.
- Avendano-Herrera, E. 1988. Efecto del movimiento de agua sobre el crecimiento de Gelidium robustum Gardn. Hollenb. & Abb. (Rhodophyta, Gelidiaceae). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. U. A. B. C. Ensenada, B.C. 38 pp.
- Barilotti, D.C. and W. Silverthorne. 1972 A resource management study of Gelidium robustum. Proc. Intl. Seaweed Symp. 7:255-261.
- Barilotti, D.C. 1980. Genetic consideration and experimental design of outplanting studies. In Pacific seaweed aquaculture, edited by I. A. Abbott, M.S. Foster and L.F. Eklund. La Jolla, California, California Sea Grant College Program, pp. 10-8.

- Bold, C.H. and Wynne. 1978. Introduction to the algae structure and reproduction. Prentice-hall, Inc., New Jersey, 706 pp.
- Braud, F.J. and R. Delèpine. 1980. Growth response of Chondrus crispus (Rhodophyta, Gigartinales) to light and temperature in laboratory and outdoor tanks culture. Proc. Int. Seaweed Symp. 10:553-558.
- Cabello-Pasini, A. 1988. Fotosíntesis, respiración y crecimiento "in situ" de Gigartina pectinata (Dawson) en Bahía de los Angeles. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Marinas. U. A. B. C. Ensenada, B. C. Mex. 42 pp.
- Carter, A. R. 1985. Reproductive morphology and phenology, and culture studies of Gelidium pristoides (Rhodophyta) from Port Alfred in South Africa. Bot. Mar. 23:303-311.
- Correa, J., M. Avila and B. Santelices. 1985. Effects of some environmental factors growth of sporelings in two species of Gelidium (Rhodophyta). Aquaculture. 44:221-227.

D' Antonio, C. M. and A. Gibor. 1985. A note on some influences of photon flux density on the morphology of gerlings of Gelidium robustum (Gelidiales, Rhodopyta) in culture. Bot. Mar. 28:313-316.

Edwards, P. & C. Van Baalen. 1970. An apparatus for the culture of benthic marine algae under varying regimes of temperature and light intensity. Bot. Mar. 13: 42-43.

Estavillo-Saucedo, Ma de L. 1988. Efecto de algunos factores abioticos sobre la liberaci3n de esporas en Gigartina canaliculata Harv. (Rhodophyceae; Gigartinales), bajo condiciones controladas. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C. 31 pp.

Garcia-Ezquivel, Z. 1986. Estudios sobre la expulsión y viabilidad de esporas en el alga roja Gigartina canaliculata Harv. Tesis de licenciatura. Ciencias Marinas. U. A. B. C., Mex. 45 pp.

Guzmán del Proò, S.A. y de la Campa de Guzmán 1969. Investigaciones sobre Gelidium cartilagineum en la costa occidental de Baja California México Proc. Inter. Seaweed Symp. 6:179-186.

- Guzmán del Proò, S.A., S. de la Campa de Guzmán y J. Pineda-Barrera. 1972. Shedding rhythmic and germination of spores in Gelidium robustum. Proc. Intl. Seaweed Symp., 7:221-228.
- Guzmán del Proò, S.A., S. de la Campa de Guzmán. 1979. Gelidium robustum (Florideophyceae) an agarophyte of Baja California, México. I.N.P. pp 303-309.
- Halldal, P. & French, C.S. 1958. Algal growth in crossed gradients of light intensity and temperature. Plantn Physiology. 33:249-252.
- Hansen, 1977. Ecology and natural history of Iridea cordata (Gigartinales Rhodophyta) population estructure. J.Phycol. 12:273-278.
- Harger, R.W. and M. Neushul. 1982 Macroalgal mariculture. Biosaline research: A look to the future. Eds. by Anthony San Pietro. pp 393-404.
- Kain (Jones), J.M. 1987. Seasonal growth and photoinhibition in Plocamium cartilagineum (Rhodopyta) off the Isle of Man. Phycologia. 26. (1): 88-99.
- Kim, D. H. 1970. Economically Important Seaweeds in Chile-I Gracilaria. Bot. Mar. 13 (2):140-162.

- Kylin, H. 1928. Entwicklungsgeschichtliche Floridienstudien. Lunds Univ. Arssk. N. F. Avd. 2, Bd.24. Nr.4.
- Lough, G. 1975. A reevaluation of the combined effects of temperature and Salinity on survival and growth of bivalve larvae using response surface techniques. Fishery Bulletin: 73 (1):86-94.
- Lüning, K. 1981. Ligth. In: C.S. Lobban and M.J. Wyne (Editors). The Biology of Seaweeds. University of California Press, Berkeley, CA, pp 326-355.
- Molina, J. M. 1986. Notas sobretres especies de algas marinas Macrocystis pyrifera, Gelidium robustum y Gigartina canaliculata de interes comercial en la costa occidental de Baja California, Mex. Contribuciones Biológicas y Tecnológico-Pesqueras. Secretaria de Pesca. I.N.P. Documento Técnico No 3. pp. 16-39.
- Oliger, P., & B. Santelices, Phycological ecology studies on Gelidiales. J.Exp.Mar.Biol.Ecol., 53 (1):65-76.
- Penniman, C.A. 1983. Ecology of Gracilaria thikvahiae McLachlan (Gigartinales, Rhodophyta) in the Great Bay Estuary, New Hampshire. Ph. D. Thesis University of the New Hampshire. 267 pp.

Polne, M., A. Gibor and M. Neuchd, 1980. The use of ultrasound. for the removal of Macro-Algae epiphytes. Bot. Mar. 23:731-734.

Polne, M., M. Neushul, and A. Gibor. 1981 Studies in domestication of Eucheuma uncinatum. Xth Intl. Seaweed Symp. 619-624.

Polne, M. 1982. Studies towards the Domestication of Eucheuma uncinatum a Carrageenan Producing Red Alga. A Dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of Doctor in phycology. University California. Santa Barbara. 273 pp.

Reunes. and T. Tananger. (1984) Growth in culture of four red algae from Norway with potential for mariculture Hydrobiologia 116/117, 303-307.

Rodriguez-Carrillo, M. I. 1987. Efecto de la concentraci3n y fuente de nitr3geno en el crecimiento de Gelidium robustum (Gardn.) Hollenb & Abb. (Rhodophyta, Gelidiales) en cultivo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada. B.C. 36 pp.

Santelices, B. 1974. Gelidioid Algae. A brief resume of the pertinent literature. Marine Agronomy. U.S. Sea Grant Program. Hawaii. Technical report 1:111 pp.

Santelices, B. 1987. The wild harvest and culture of the economically important species of Gelidium in Chile. In Case studies of seven comercial seaweed resurces, F.A.O. fisheries technical paper. 281. Doty M.S., Caddy J.F. y Santelices B. Food and agriculture organization of the united Nation. Rome. 311 pp.

Scholm, H. 1966. Untersuchugen zur Wärmeresistenz von Tiefen Algen. Botanica mar. 9: 55-61.

Siver, P.A. 1983. A new thermal gradient device for culturing algae. Br. Phycol. J. 18:159-164.

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

Umamaheswara, R.M. 1976. Spore liberation in Gracilaria corticata J. Agard growing at Mandapan. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 21: 91-98.

Yarish, C., K. Lee and P. Edwards. 1979. An improved apparatus for the culture of algae under varying regimes of temperature and light intensity. Bot. Mar. 22:895-897.

Zertuche-González, J. A., Z. García-Ezquivel., B. H. Brinkhuis. 1987. Cultivo en tanques exteriores del alga roja Euclheuma uncinatum del golfo de california. Ciencias Marinas. 13 (2):1-18.

Zertuche-González, J. A., C. G. Schlenk, B. H. Brinkhuis. 1988. Cultivo de Gracilaria tikvahiae (McLahlan) (Rhodophyta, Gigartinales) en aguas no protegidas. Ciencias Marinas. 14 (1): 15-29.