



# Universidad Autónoma de Baja California

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

EFFECTO DEL MOVIMIENTO DE AGUA SOBRE EL CRECIMIENTO

DE Gelidium robustum Gardn. Hollenb. & Abb.

(Rhodophyta, Gelidiaceae).



T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL  
TITULO DE  
OCEANOLOGO  
PRESENTA

ESTEBAN AVENDANO HERRERA


Ensenada, Baja Cfa.

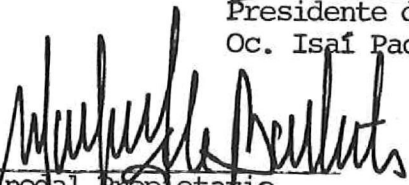
Octubre de 1988

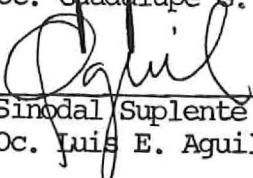
EFFECTO DEL MOVIMIENTO DE AGUA SOBRE EL CRECIMIENTO DE Gelidium  
robustum (GARDN.) HOLLENB & ABB. (RHODOPHYTA, GELIDIACEAE).

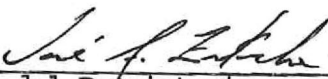
T E S I S  
QUE PRESENTA:  
ESTEBAN AVENDAÑO HERRERA

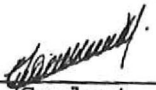
Aprobada por:

  
Presidente del Jurado  
Oc. Isai Pacheco Ruiz

  
Sinodal Propietario  
Oc. Guadalupe G. de Ballesteros

  
Sinodal Suplente  
Oc. Luis E. Aguilar Rosas

  
Sinodal Propietario  
Dr. José A. Zertuche González

  
Sinodal Suplente  
M.C. Guillermo Torres Moya

## RESUMEN

Se midió el crecimiento "in situ" de el alga roja Gelidium robustum en dos lugares con características ambientales iguales a excepción del movimiento de agua (una zona expuesta con velocidades entre 1.0 y 5.0 pies/seg y otra protegida con velocidades entre 0.5 y 2.5 pies/seg). El crecimiento fue medido en incrementos en longitud para plantas marcadas "in situ", e incrementos en longitud y peso para plantas contenidas dentro de bolsas de malla de plástico. Los resultados demostraron que el movimiento de agua ejerce influencia sobre el crecimiento de G.robustum, presentando el crecimiento máximo en la zona expuesta, aún cuando puede ser afectado fuertemente por las tormentas. Se sugiere que la mejor forma de medir el crecimiento de la especie es trabajando con peso.

## DEDICATORIA

A MI PADRE Y A MI MADRE :

Por todo el amor y amistad que siempre me han dado.

A MIS HERMANAS : Esther, Guadalupe, Adela, Ana, y Laura por  
su carino.

## AGRADECIMIENTOS

Al Oc. Isai Pacheco Ruiz por el tiempo y dedicación en la dirección de esta tesis.

Al Dr. José Zertuche González por sus observaciones y sugerencias.

A los sinodales Oc. Luis Aguilar Rosas, Oc. Guadalupe G. de Ballesteros, M.C. Guillermo Torres Moya por la corrección de este trabajo.

Al I.I.O. y a la Facultad de Ciencias Marinas por el apoyo brindado.

Al Oc. Marco Aurelio González por su ayuda en el procesado estadístico de la información.

Agradezco a mis amigos Artemio Rodríguez, Mauricio Bustos, Humberto Careaga y Gabriel Chavez por la valiosa ayuda que me brindaron con el trabajo de campo.

## INDICE

INTRODUCCION .....	1
OBJETIVO .....	4
AREA DE ESTUDIO .....	5
MATERIALES Y METODO .....	7
RESULTADOS .....	13
DISCUSIONES .....	26
CONCLUSIONES .....	32
LITERATURA CITADA .....	33

## LISTA DE FIGURAS

### Figura

1	Localización del area de estudio dentro de la Bahía de Todos Santos.....	6
2	Tipo de marcado de plantas "in situ".....	8
3	Tipo de marca para bolsa de malla con <u>G. robustum</u> ..	10
4	Flujometro .....	12
5	Incremento en mm (x) plantas marcadas "in situ"....	14
6	Incremento en mm (x) plantas marcadas dentro de bolsas .....	16
7	Incremento en gr (x) en plantas marcadas dentro de bolsas.....	17
8	Fluctuaciones en el tamaño de clase para plantas de <u>G. robustum</u> a través del tiempo .....	20
9	Porcentaje de humedad en <u>G. robustum</u> a lo largo del año .....	21
10	Velocidad de la corriente en la zona de estudio ....	22
11	Altura máxima de oleaje .....	22
12 y 13	Análisis de nutrientes muestras agua superficial y de fondo .....	23
14	Irradiancia a 3 mts de profundidad .....	25

## LISTA DE TABLAS

Tabla I .-

Crecimiento de G. robustum expresado en mm/día , gr/día y %  
de crecimiento en peso/día. ....18

## INTRODUCCION

Algunos autores han mencionado la posibilidad de que ciertas especies algales requieran de movimiento para estimular su crecimiento (Doty, 1971; Barilotti, 1980; Gerard y Mann, 1979; Gerard, 1982; Anderson y Charters, 1982 ). Westlake (1967), observó que los flujos de agua son un factor importante que gobierna la distribución de comunidades de plantas acuáticas. Santelices (1974), afirmó que las Gelidiales se encuentran asociadas con altos niveles de movimiento de agua. Gerard (1982) observó que el movimiento de agua a través de las macrofitas influye en el crecimiento y procesos vitales de éstas. Anderson y Charters (1982) encontraron que el movimiento causa tensión en las plantas, eleva la captación de nutrientes, gases y otras sustancias producto de que los flujos laminares que se impactan sobre estas son transformados en flujos turbulentos como resultado de la morfología de la especie y esto permite un incremento en la velocidad de crecimiento.

Dentro de la flora algal de Baja California existen varias especies de interés comercial, sobresaliendo el alga roja Gelidium robustum (Gardn.) Hollenb & Abb. la cual es procesada industrialmente en Ensenada B.C., México (Sria. de Pesca, Depto de Estadística e Inf. 1987). La importancia

que tiene G. robustum dentro de las explotaciones comerciales estriba en que proporciona la más grande cantidad de materia prima para la producción de agar en Norteamérica (Tseng y Sweeney, 1946; Barilotti y Silverthorne, 1972). Gelidium, es una especie con una amplia distribución mundial. Se extrae y se procesa extensivamente en Japón, España, Corea del Sur, Portugal, Marruecos y las Islas Canarias (McHugh, 1987).

Al igual que otras Gelidiales, esta especie presenta un crecimiento muy lento. Johnstone y Feeney (1944) encontraron que el crecimiento apical de G. cartilagineum, hoy G. robustum, es mayor en verano. Guzmán del Prío y de la Campa de Guzmán (1978) en Bahía Salsipuedes, B.C. encontraron los máximos crecimientos para G. robustum durante el verano (0.63 mm/día) y los mínimos en otoño (- 0.63 mm/día). Barilotti y Silverthorne (1972), mencionan que G. robustum presenta las máximas elongaciones (2.42 mm/semana) durante los meses de Agosto y Septiembre. Carter y Anderson (1986), midieron el crecimiento estacional de G. pristoides, en Puerto Alfred en Sur Africa, encontrando los valores más altos durante el verano (0.42 mm/día) y los más bajos en invierno (0.15 mm/día). Crecimientos similares han sido encontrados para G. robustum, con una razón de aproximadamente 1.8 mm/semana; G. nudifrons entre 0.57 y 0.92 mm/semana en pruebas de laboratorio; G. pusillum de la India, al igual que

Pterocladia capillacea en California presentan crecimientos lentos tanto "in situ" como en tanques de cultivo respectivamente (Stewart, 1968,1984). Fralick y Andrade (1981), llevaron a cabo mediciones del crecimiento en Pterocladia pinnata en Portugal, encontrando que presenta crecimiento durante todo el año, siendo óptimo en verano. El lento crecimiento encontrado en especies similares a G. robustum al parecer es una de las características inherentes de la familia de las Gelidiales, pero puede ser este comportamiento manipulado por factores físicos externos (Stewart, 1984). Entre los factores externos que influyen sobre la productividad de especies algales, Doty (1971, 1977), menciona que los determinantes físicos de granjas de cultivo están representados en la suma de cuatro factores físico - químicos, categorizados como movimiento del agua, luz, temperatura y nutrientes, siendo el movimiento del agua el factor más importante para satisfacer el sitio de selección de una granja de cultivo (Doty, 1987).

Barilotti (1980) afirma que G. robustum crece mejor en las partes expuestas y verticales de los fondos rocosos en comparación con zonas someras. Santelices (1978) en Hawaii encontró en algunas Gelidiales crecimientos mayores conforme aumentaba el movimiento de agua. Barilotti (comunicación personal) observó que G. robustum en California, crece a una razón de cinco milímetros por

semana al incrementarse la velocidad de la corriente hasta 0.3 m/seg dentro de tanques de cultivo. Los antecedentes planteados sugieren la siguiente pregunta:

Presenta realmente G. robustum un mayor crecimiento conforme aumenta la velocidad de la corriente?

#### OBJETIVOS

-- Conocer el efecto del movimiento de agua sobre el crecimiento de G. robustum.

## 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 estudio se encuentra localizada en la parte Noreste de la Bahía de Todos Santos, (Fig. 1) en el lugar conocido como Carioca. Se caracteriza por ser una zona del sublitoral, con un fondo rocoso-arenoso a una profundidad que va de los 4 a los 6 metros. Es una costa no protegida donde el oleaje incide con gran fuerza, siendo dominante el de 30 grados Noroeste (Metereology International, 1977). En la zona de rompiente, la dirección de las corrientes es afectada principalmente por el ángulo de incidencia de las olas (Inman *et al.*, 1971), y debido a que el oleaje dominante proviene del Noroeste, la dirección de las corrientes en la zona de rompiente se estima ser hacia el sur, siguiendo la topografía de la costa (Chee Barragan, y Pérez Higuera, 1982).

La salinidad en general presenta un rango en la Bahía de Todos Santos que va desde 33.4 ‰ en invierno hasta 33.7 ‰ en verano (Cabrera Muro, 1971). La variación anual de la temperatura superficial tiene un mínimo en febrero de 12. °C y un máximo de 22.5 °C en agosto (Morales, 1977).

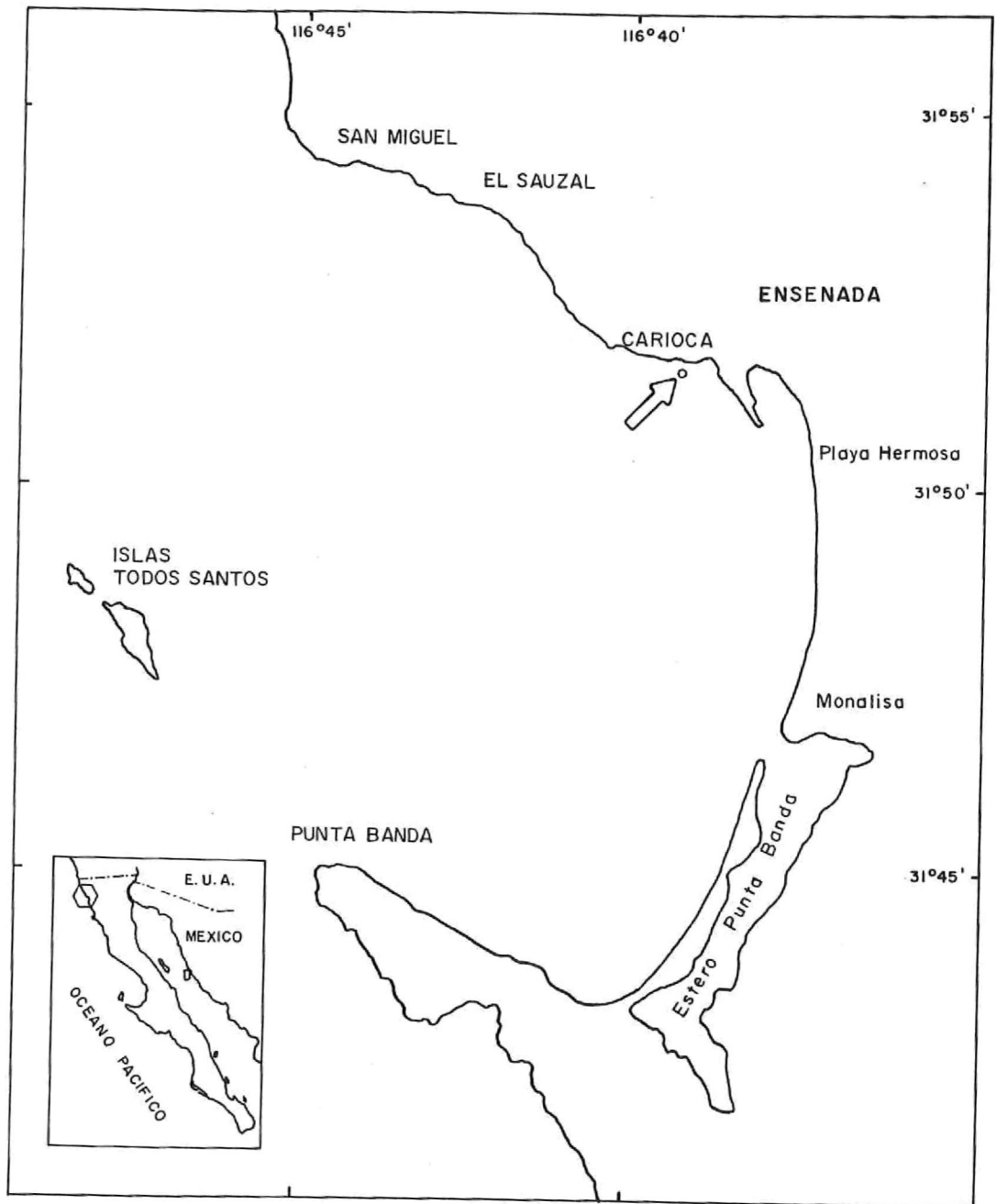


FIG.1- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO DENTRO DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS .

## MATERIALES Y METODO

Se localizó un manto de G. robustum. El trabajo de campo se realizó mediante buceos SCUBA.

En una área rocosa se ubicaron dos estaciones, la primera denominada zona expuesta por encontrarse sujeta a la acción del oleaje y la segunda protegida por ser menor su exposición. Ambas estaciones presentaron condiciones ambientales similares (luz, temperatura, profundidad etc.), siendo la única variante el movimiento de agua. Se midieron los incrementos en peso y longitud en cada estación con muestreos cada 5 semanas a lo largo de un año.

Se marcaron aproximadamente 30 plantas "in situ" (cercanas a 13 cm de longitud) por medio de cintas de plástico (dymo) numeradas, sujetas a la parte basal de la planta con alambre de cobre revestido con plástico (Fig. 2) en la zona expuesta y protegida respectivamente. Las plantas marcadas fueron medidas (con cinta métrica de plástico) en su eje central en centímetros, y se volvieron a medir cada 5 semanas aproximadamente, obteniendo el incremento en longitud.

Se colectaron de áreas rocosas vecinas plantas de G. robustum, en el laboratorio se limpiaron de epifitas, y se tomó la longitud (eje central) y peso individual (balanza analítica marca Bosch con precisión de 0.1 mg).

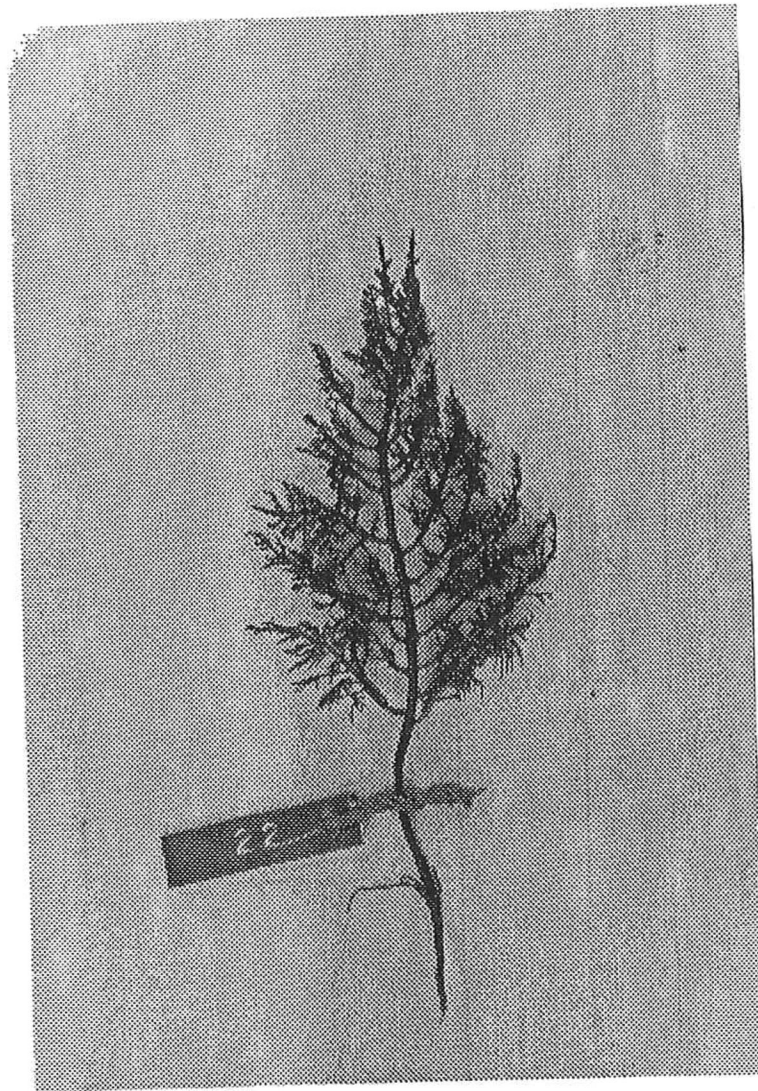


Fig. 2. Tipo de marcado de plantas "in situ"

Posteriormente fueron colocadas individualmente dentro de bolsas de malla de plástico (aproximadamente 20 cm de longitud y luz de malla de 0.25 cm) de color blanco y se numeraron usando cintas de plástico (dymo) y alambre de cobre revestido de plástico (Fig. 3) . Se colocaron 15 bolsas en cada una de las zonas de estudio (protegida y expuesta) sujetas a una barra de acero sobre el sustrato rocoso lo más cerca posible a el manto natural. Las bolsas se colectaron cada 5 semanas y los ejemplares fueron medidos y pesados nuevamente, obteniéndose longitudes y pesos. El material fue reemplazado en cada muestreo durante un año.

Se calculó el porcentaje de crecimiento diario en peso con la expresión de Penniman (1983).

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

G = Crecimiento  
 W<sub>o</sub> = Peso inicial  
 W<sub>t</sub> = Peso a un tiempo x

Los valores de crecimiento fueron sometidos a pruebas de bondad de ajuste a la distribución normal (Kolmonorov - Smirnov en Sokal y Rohlf, 1979.), y análisis de varianza para comparar los crecimientos entre ambas zonas.

Con el proposito de conocer las fluctuaciones en el tamaño de clase sobre el manto a través del tiempo se utilizó la técnica de Fralick y Andrade (1981) realizando colectas de 200 ejemplares escogidos al azar cada 5 semanas.

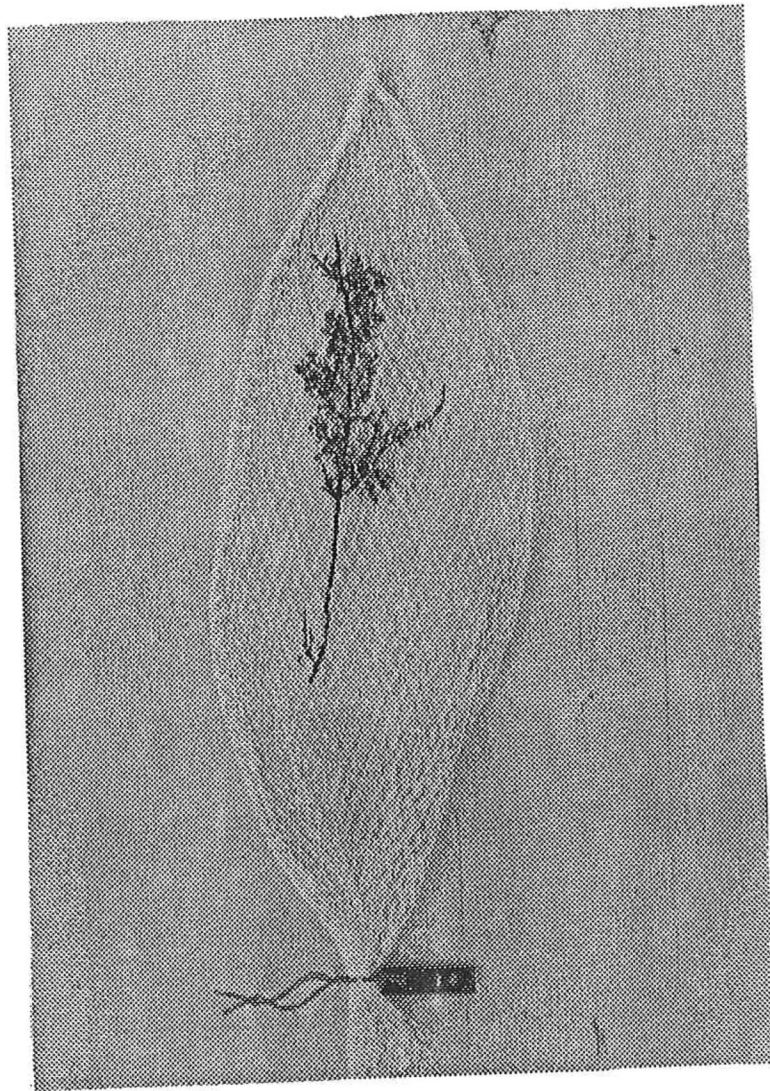


Fig. 3. Tipo de marca para bolsa de malla con G. robustum

El porcentaje de humedad de las plantas a lo largo del año fue calculado pesando 30 plantas húmedas, las cuales se colocaron dentro de un horno a 60 C secandolas hasta obtener peso constante.

La medición de la energía del flujo de agua se realizó cada muestreo según la técnica descrita por Vennard (1961) en Barilotti (1980), haciendo uso de un flujómetro (Fig. 4) instalado sobre una barra de acero en el fondo arenoso, lo más cercano posible a cada una de las estaciones de muestreo. En estas zonas se midieron las oscilaciones del flotador (ángulo) por intervalo de tiempo (aproximadamente de 5 a 10 minutos), se obtuvo la velocidad de la corriente según la fórmula  $\text{Velocidad (ft/sec)} = 2.8 (\tan \phi)$ . Para poder verificar que se encontraban expuestas a diferentes intensidades de movimiento se aplicó una prueba de bondad de ajuste para la distribución normal (Kolmonorov - Smirnov en Sokal y Rohlf, 1979) y un análisis de varianza. Del departamento de oceanografía física del I.I.O. (Martinez y Nava 1988) se obtuvieron los datos de altura máxima de oleaje a lo largo del tiempo que duro la investigación.

Las variables físico-químicas medidas fueron temperatura (superficial y del fondo). Nutrientes (nitratos y fosfatos de la superficie y del fondo), según la metodología descrita por Strickland y Parson (1977). La luz se midió a 4 metros de profundidad con un irradiómetro sumergible tipo KAHL SICO # 268WA310. Estas variables se

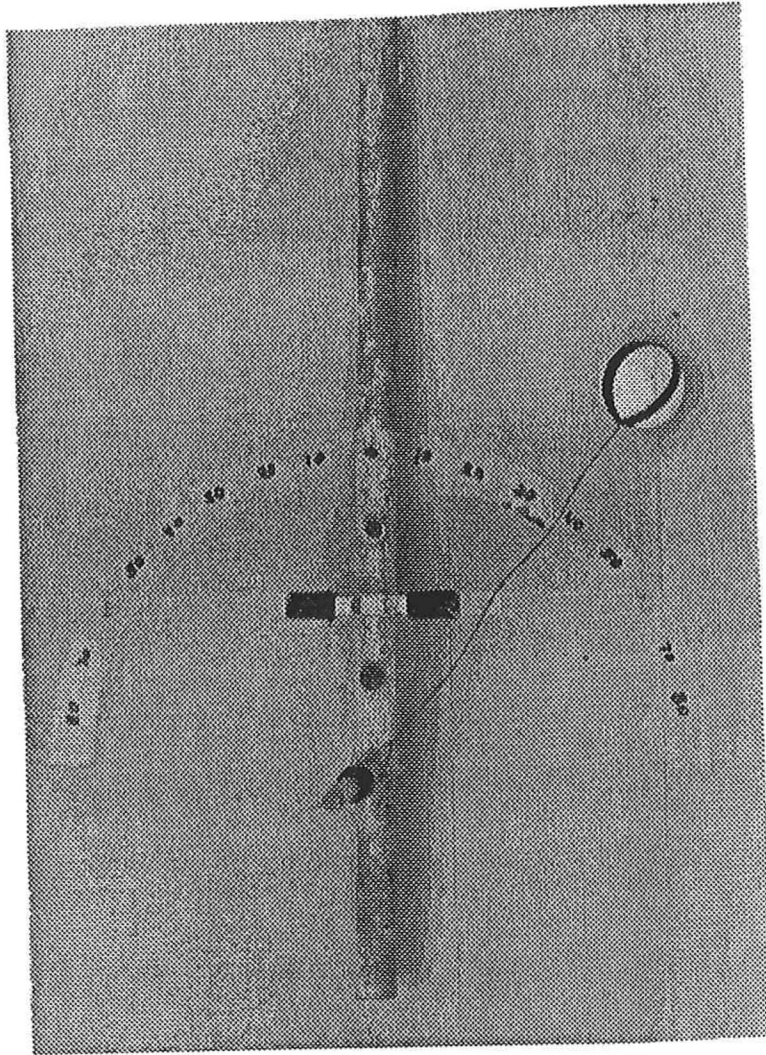


Fig. 4 Flujoómetro de mano.

midieron con el propósito de poder relacionar el crecimiento con otros factores además del movimiento del agua.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran que la intensidad del movimiento de agua creó diferencias significativas en el crecimiento de G. robustum, entre las dos zonas de estudio, siempre que el incremento fue medido en función del peso. Cuando el crecimiento de esta especie se midió tomando en cuenta la longitud, los análisis estadísticos no mostraron diferencias significativas entre las dos zonas de estudio.

Los incrementos en longitud en las plantas marcadas "in situ" mostraron el valor máximo (55.55 mm) en el periodo agosto- octubre 1987, en la zona protegida, y el valor mínimo (15 mm) en el periodo noviembre - diciembre de 1986 en la zona expuesta (Fig.5).

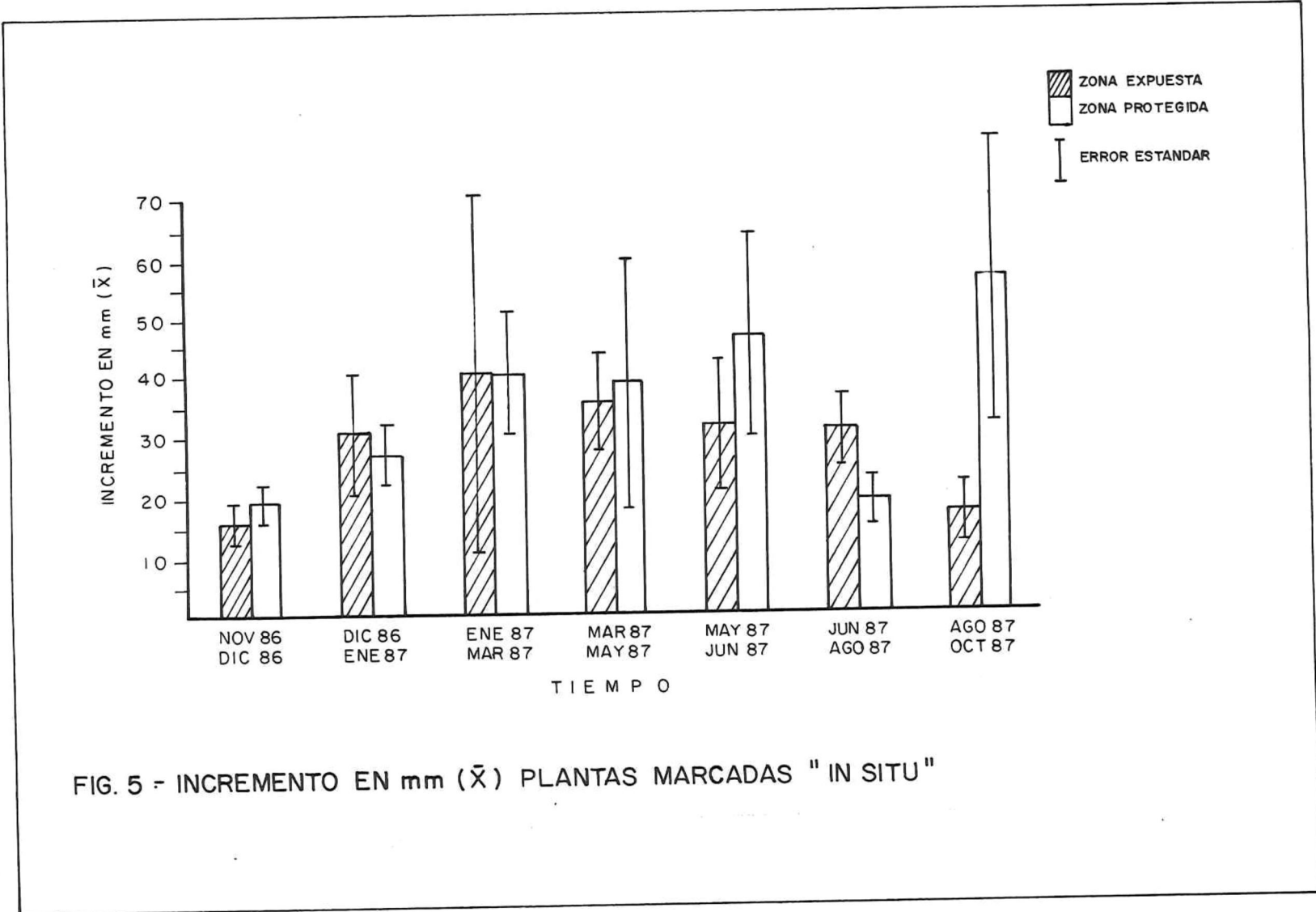


FIG. 5 - INCREMENTO EN mm ( $\bar{X}$ ) PLANTAS MARCADAS "IN SITU"

Los incrementos en longitud (mm) obtenidos dentro de bolsas a lo largo del tiempo, mostraron el valor medio máximo (97.5 mm) en la zona expuesta durante el periodo enero-marzo 1987 y el medio mínimo (10 mm) en la zona expuesta en el periodo diciembre 1986 - enero 1987 (Fig. 6).

En los incrementos en peso húmedo (gr) dentro de bolsas el valor medio máximo de 2.69 gr se observó en la zona expuesta durante el periodo marzo - mayo 1987, y el valor medio mínimo de 0.07 gr para la zona protegida durante el periodo noviembre - diciembre 1986 (Fig.7).

La tabla I presenta los datos de crecimiento diarios expresados en mm/día para plantas marcadas "in situ", mm/día, gr/día y porcentaje de crecimiento diario en gr para plantas dentro de bolsas. Los valores máximos correspondieron a 0.99 mm/día para las plantas marcadas "in situ" en la zona protegida durante el periodo may 87 - jun 87. El crecimiento máximo en longitud para las bolsas fue de 2.07 mm/día en la zona expuesta durante el periodo ene 87 - mar 87. Las plantas dentro de bolsas mostraron un crecimiento máximo de 0.05 gr/día en la zona expuesta durante el periodo mar 87 - may 87.

En enero y octubre de 1987 (invierno y otoño) predominaron las clases de tamaño pequeñas (hasta 10 cm). Las clases entre 15 y 25 cm aumentaron entre los meses de marzo y agosto (primavera-verano), lo que indica que el

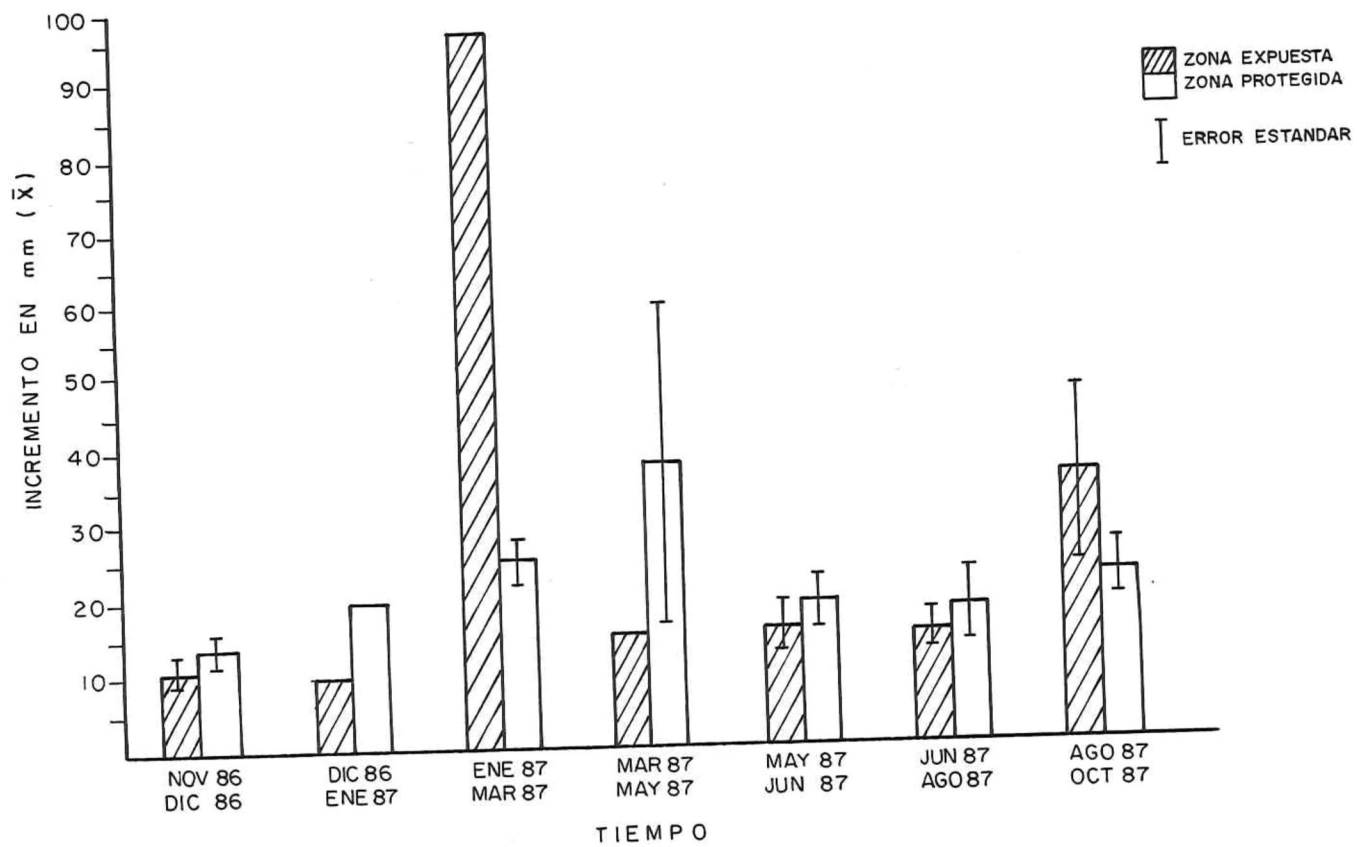


FIG. 6 - INCREMENTO EN mm ( $\bar{x}$ ) PLANTAS MARCADAS DENTRO DE BOLSAS.

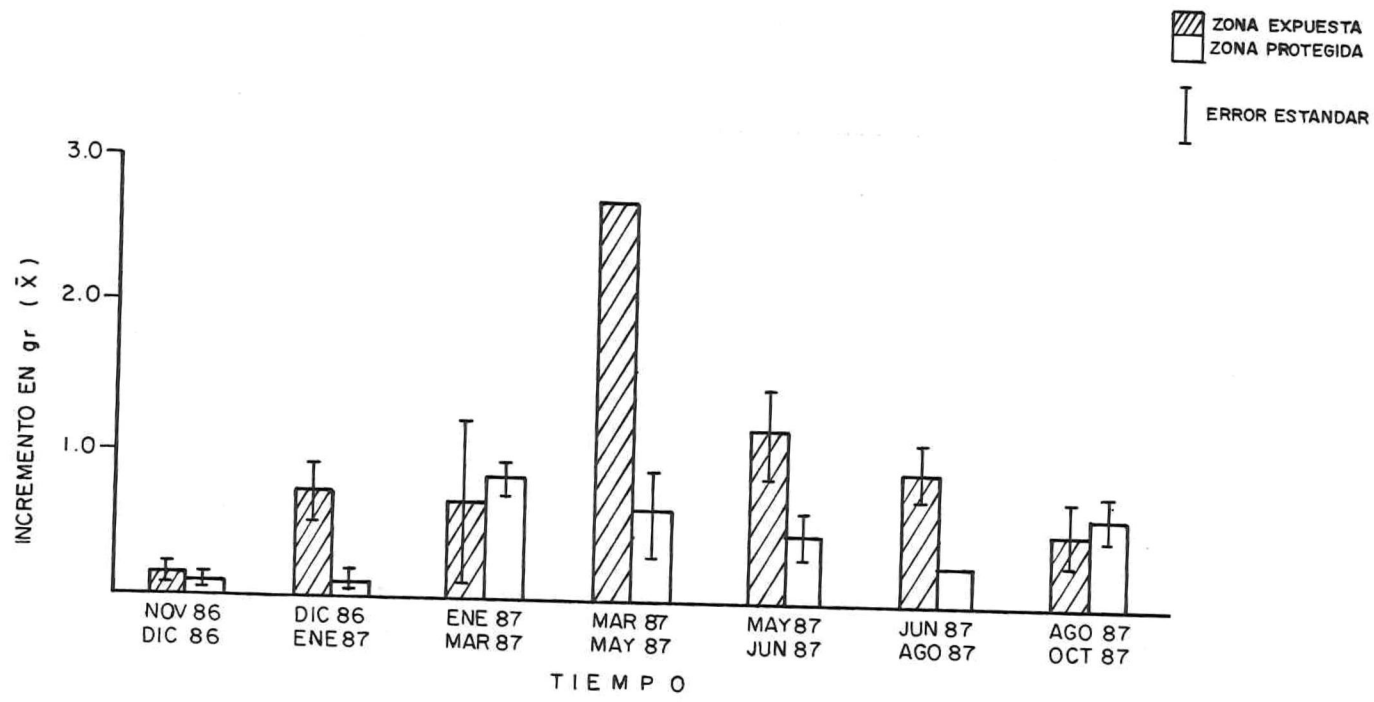


FIG. 7- INCREMENTO EN gr ( $\bar{X}$ ) EN PLANTAS MARCADAS DENTRO DE BOLSAS.

TABLA I - CRECIMIENTO DE G. robustum EXPRESADO EN mm/ día  
gr/día Y % DE CRECIMIENTO EN peso/día.

F E C H A	ZONA	DIAS	n	C mm/día "in situ"	n	C mm/día BOLSAS	n	C gr./ día BOLSAS	% CRECIMIENTO EN GRAMOS
12 NOV 86 / 10 DIC 86	EXP	29	2	0.5172	9	0.3793	9	0.0043	0.1140
	PROT	29	4	0.6465	8	0.4612	9	0.0025	0.8573
10 DIC 86 / 30 ENE 87	EXP	52	2	0.5769	1	0.1923	2	0.0130	1.844
	PROT	52	4	0.3125	2	0.3846	3	0.0017	0.3846
30 ENE 87 / 18 MAR 87	EXP	47	2	0.8510	2	2.0744	2	0.0138	1.244
	PROT	47	2	0.8510	3	0.5319	3	0.0174	0.9350
20 MAR 87 / 14 MAY 87	EXP	55	4	0.6363	1	0.2727	1	0.0489	4.6219
	PROT	55	2	0.7272	3	0.6969	5	0.0104	1.2927
14 MAY 87 / 30 JUN 87	EXP	47	6	0.6686	7	0.3372	9	0.0248	1.2912
	PROT	47	7	0.9878	9	0.4089	9	0.0104	0.8332
1 JUL 87 / 25 AGO 87	EXP	55	11	0.5537	9	0.2727	12	0.01619	1.4732
	PROT	55	5	0.3272	3	0.3332	7	0.004	0.4848
25 AGO 87 / 22 OCT 87	EXP	59	6	0.2824	3	0.6101	4	0.0092	0.8589
	PROT	59	9	0.9415	9	0.3898	9	0.0212	0.9753

crecimiento de Gelidium se da en este periodo de tiempo (Fig. 8).

La humedad máxima de Gelidium (78 %) se presentó en octubre y la mínima (74 %) en noviembre (Fig. 9).

La diferencia en la velocidad de la corriente entre las zonas de estudio (zona protegida y zona expuesta) fue máxima (aproximadamente 1.65 m/seg) para la zona expuesta en el mes de mayo de 1987 y el valor mínimo (aproximadamente 0.16 m/seg) para la zona protegida durante el mes de octubre (Fig. 10). Un análisis de varianza mostró que existe diferencia significativa (95 % nivel de confianza) entre las dos zonas. La altura máxima de oleaje un kilometro al sur de la zona de estudio, fue máxima durante el invierno y mínima en el verano (Fig.11).

Se encontró para muestras de agua superficial la concentración máxima de nitratos (1.48 gr At/l) en el mes de enero de 1987, y la mínima (0.29 gr At/l) en junio de 1987. La mayor concentración de fosfatos (0.48 gr At/l) se presentó en noviembre de 1986 y la mínima (0.21 gr At/l) en mayo de 1987, (Fig. 12). En las muestras de agua del fondo, la concentración de nitratos máxima (3.22 gr at/l) se detectó en noviembre de 1986 y la mínima (0.29 gr at/l) en junio de 1987. Los fosfatos presentaron la concentración máxima (1.07 gr at/l) en noviembre de 1986 y la mínima (0.24 gr at/l) en enero de 1987 (Fig. 13).

La intensidad luminosa a cuatro metros de profundidad

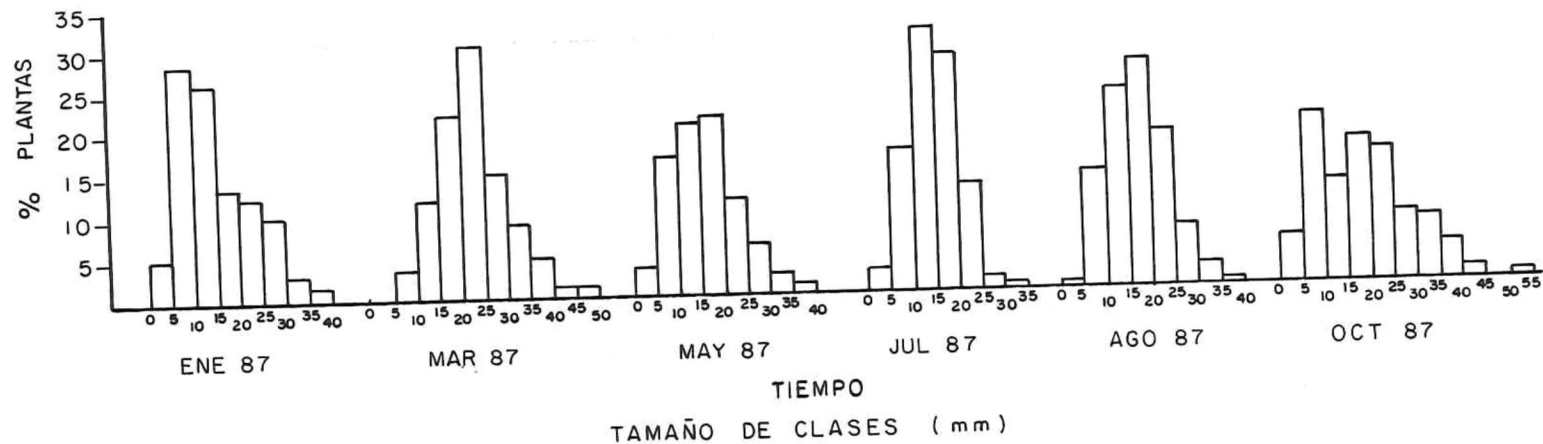
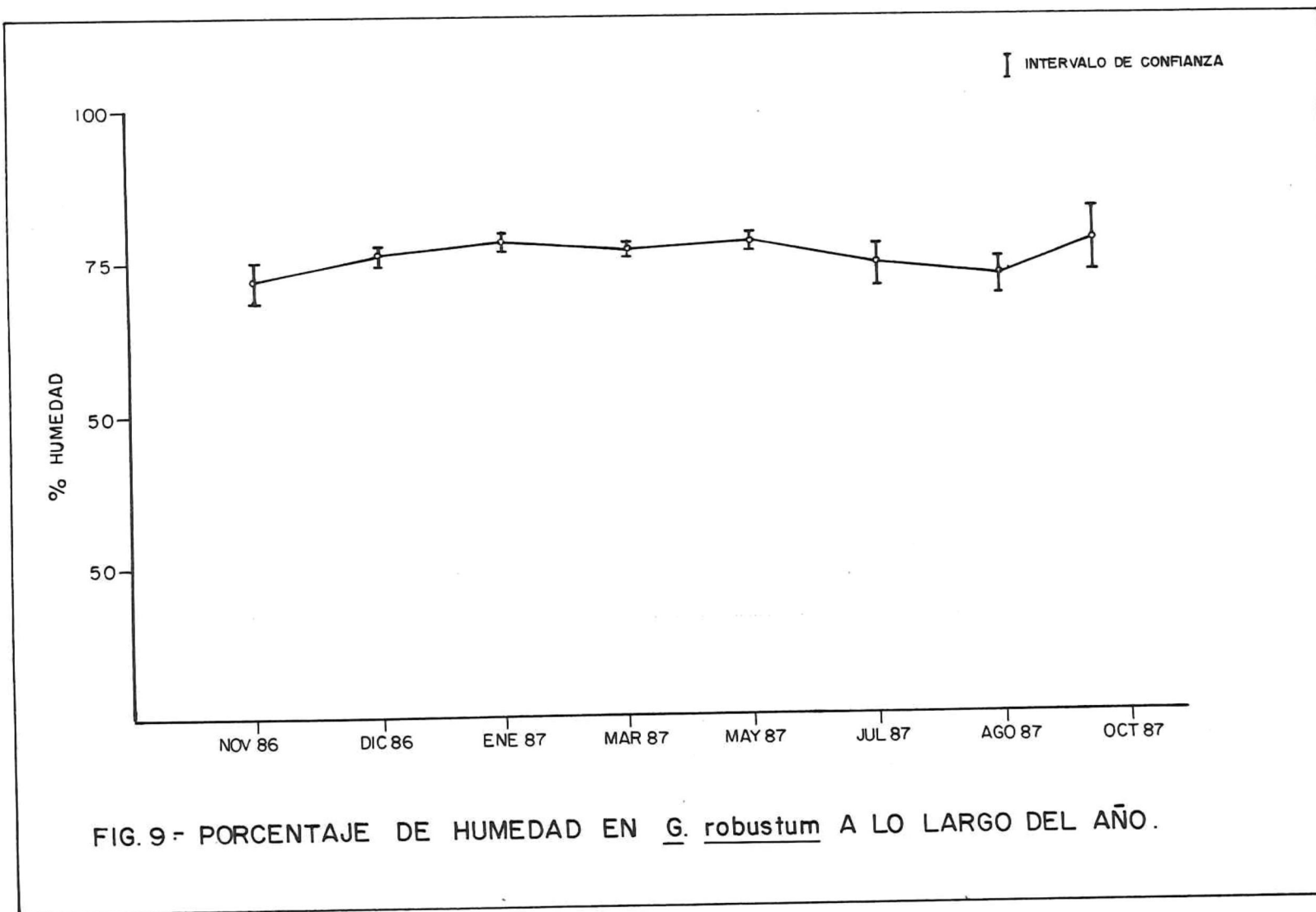


FIG. 8 - FLUCTUACIONES EN EL TAMAÑO DE CLASE PARA PLANTAS DE G. robustum A TRAVES DEL TIEMPO.



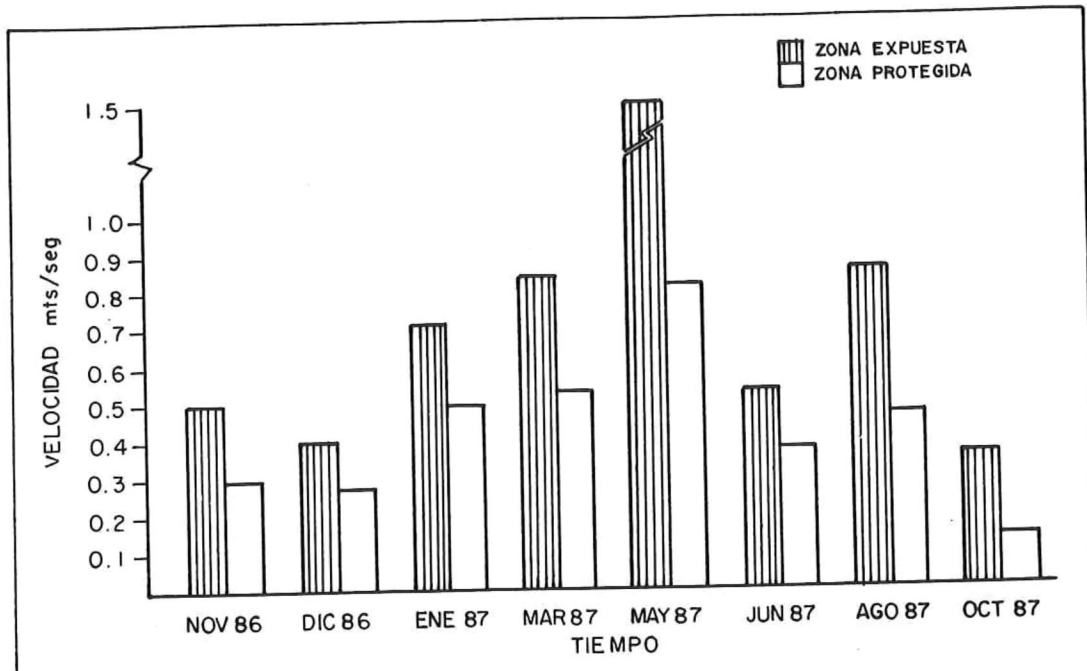


FIG. 10 - VELOCIDAD DE LA CORRIENTE EN LA ZONA DE ESTUDIO.

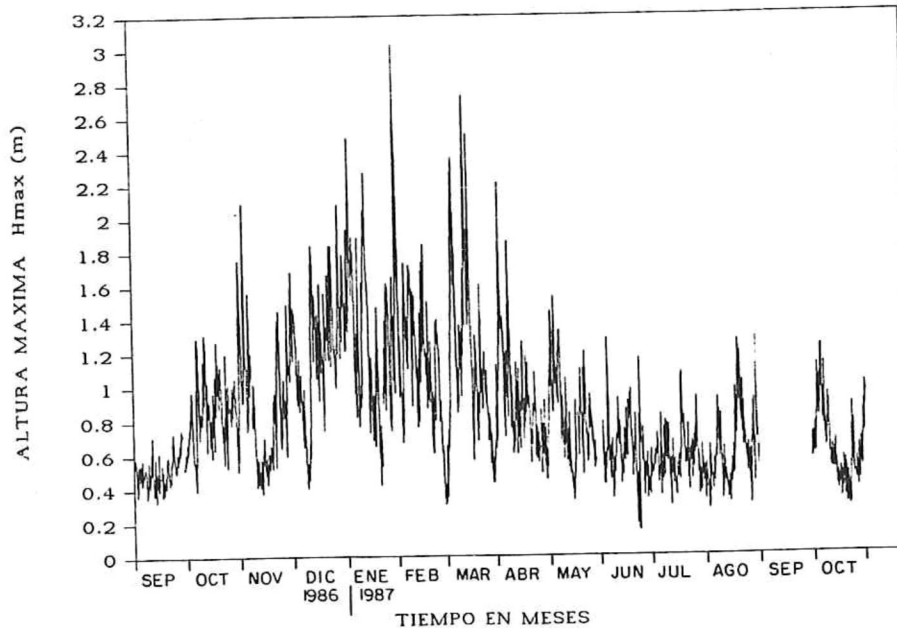


FIG. 11 - ALTURA MAXIMA DE OLAJE CON RESPECTO AL TIEMPO SEGUN MARTINEZ-NAVA (1988).

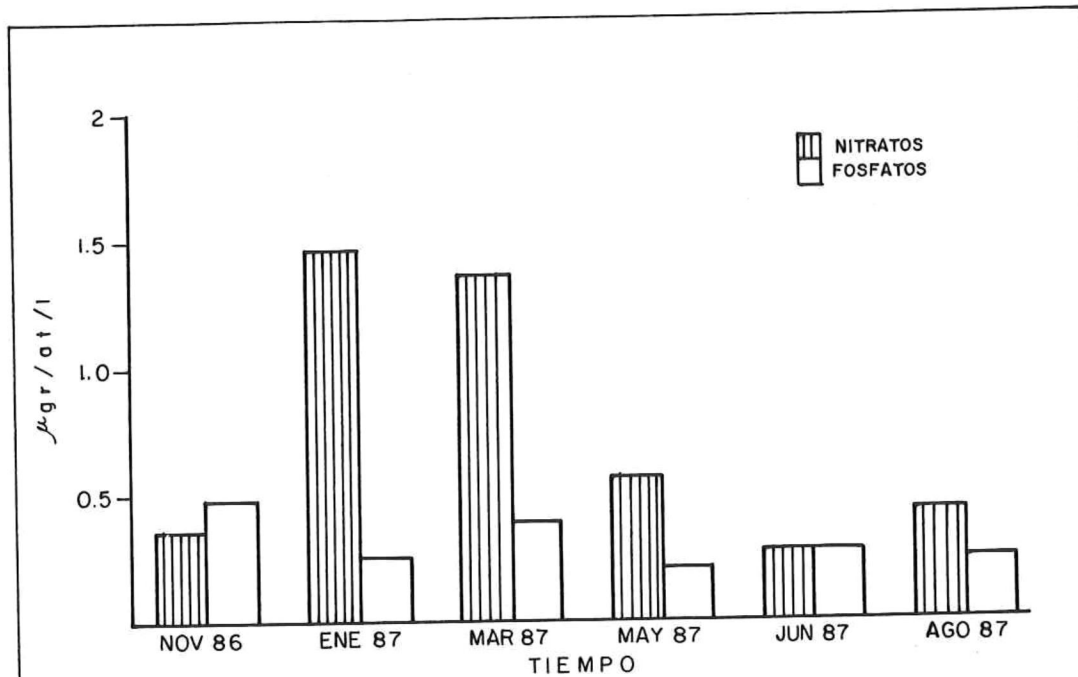


FIG. 12 - ANALISIS DE NUTRIENTES MUESTRAS DE AGUA SUPERFICIAL.

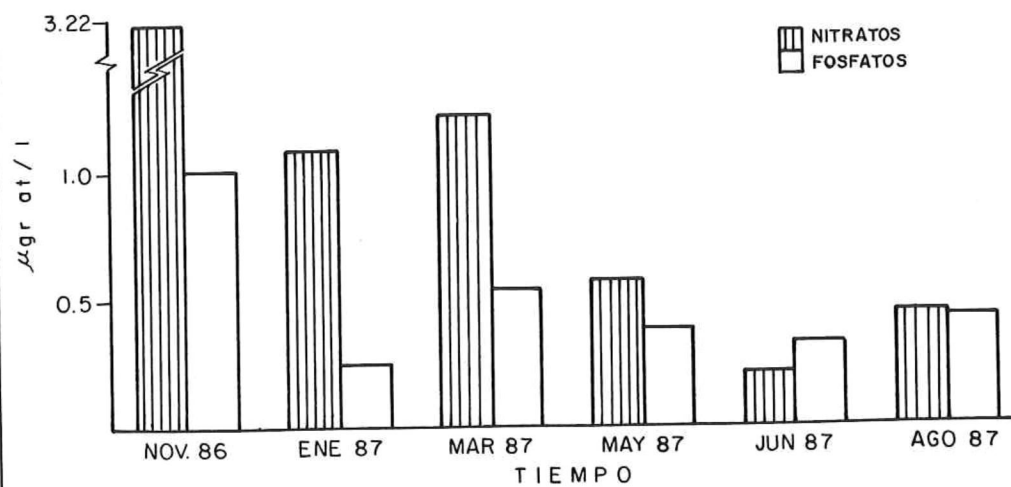


FIG. 13 - ANALISIS DE NUTRIENTES MUESTRAS DE AGUA DE FONDO.

en la zona de estudio presentó la mayor intensidad en mayo de 1987 (1110 W/cm ) y la menor en noviembre de 1987 (100 W/cm ) (Fig. 14).

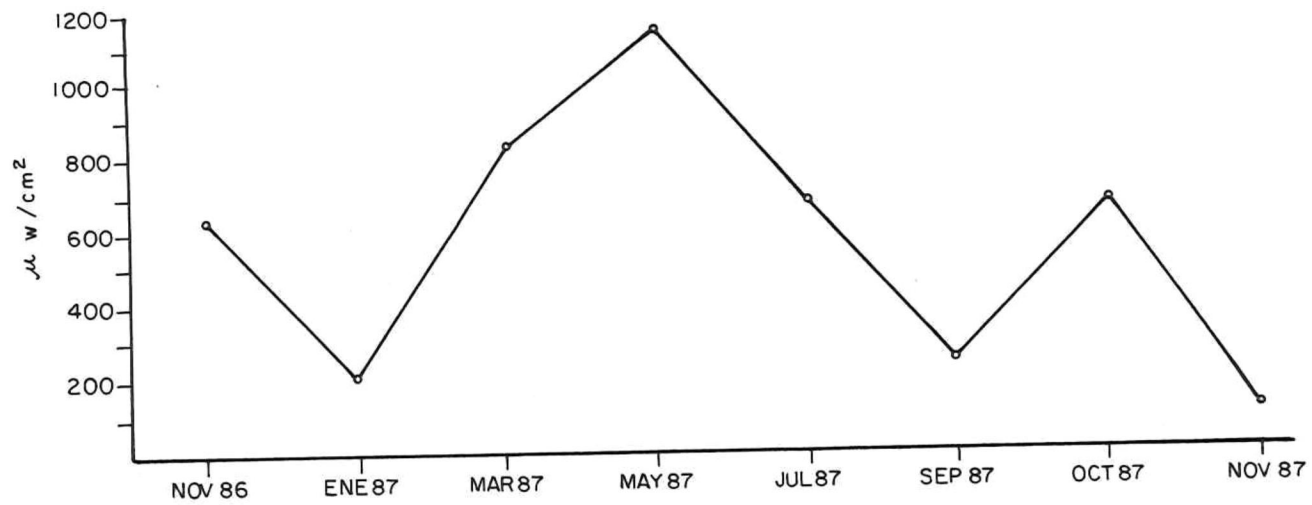


FIG. 14 - IRRADIANCIA A 3 mts. DE PROFUNDIDAD .

## DISCUSIONES

Los resultados obtenidos son similares a los crecimientos reportados por otros autores al observar el efecto de la velocidad de las corrientes sobre el crecimiento de algunas Gelidiales. Santelices, (1978), encontró un crecimiento de 3 %/día en peso húmedo para Pterocladia caerulea cuando aumento la velocidad de la corriente hasta 80 rpm; Gelidiella acerosa presentó un crecimiento de 2 %/día en peso húmedo cuando se incremento la velocidad de la corriente fue de 40 rpm; Pterocladia capillacea creció un 4%/día en peso húmedo al encontrarse expuesta a velocidades de 120 rpm. Barilotti \*\* (comunicación personal) obtuvo elongaciones de 0.67 mm/día para G.robustum al incrementar la velocidad de la corriente a 0.3 m/seg. Es probable que estos aumentos en el crecimiento al aumentar la velocidad de la corriente se deban a que el flujo de agua que pasa a través de la planta es transformado en flujo turbulento, el cual presenta una mayor difusión y por consiguiente una mayor asimilación de nutrientes, gases disueltos y otras substancias. (Doty, 1971; Gerard y Mann, 1979; Anderson y Charters, 1982). Westlake (1967), menciona que el mayor crecimiento se debe a que el movimiento de agua produce

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

efectos en la fotosíntesis y respiración de plantas, presentando las plantas metabolismos más acelerados. Sin embargo el incremento en crecimiento, producto del aumento en la velocidad de la corriente tiene un límite como lo observó Santelices (1978). El encontró en sus experimentos que cuando la velocidad se incrementó más allá de las 120 rpm, el crecimiento de Pterocladia capillacea permaneció igual o disminuyó, lo que demuestra que cada especie tiene un límite inferior y superior de tolerancia al movimiento de agua, en función de los requerimientos difusionales y resistencia mecánica de la planta.

El usar el incremento en peso húmedo como una medida de crecimiento resultó adecuado. Se pudo percibir con más facilidad el efecto del movimiento sobre la planta, puesto que se tomó en cuenta toda su biomasa y no solo una porción de ella. El incremento en peso que se determinó durante esta investigación correspondió a un aumento en biomasa y no a un aumento en el contenido de agua de la planta ya que las variaciones en el contenido de humedad de las plantas a lo largo del año fueron alrededor de 4 % (Fig. 9).

Cuando el efecto fue medido con el incremento en longitud del eje principal de la planta (plantas marcadas "in situ", Fig. 5) no se percibió diferencia alguna. Este método resultó inadecuado, ya que el ejemplar presentó un talo muy ramificado con crecimiento apical. Briunkius (1980) recomienda para este tipo de ejemplares, se

determine la longitud del eje principal, de las ramificaciones laterales y se cuantifique el número total de ramificaciones como medida de crecimiento cuando no se puede utilizar el peso seco o húmedo. Sin embargo, el realizar ese tipo de observaciones "in situ" resultaría demasiado difícil debido a la gran energía que existe en la zona donde se distribuye Gelidium sp (Fig. 10 y 11).

Los incrementos máximos diarios en longitud y peso para G. robustum fueron de 0.99 mm/día para plantas marcadas "in situ" (zona protegida) y de 2.07 mm/día para plantas marcadas dentro de bolsas (zona expuesta) (Tabla I). Estos crecimientos son un poco mayores a los encontrados por otros investigadores para el mismo género. Guzmán del Prío y de la Campa de Guzmán (1978), encontraron un máximo crecimiento de 0.63 mm /día, Barilotti y Silverthorne (1972) de 0.34 mm/día, Carter y Anderson, (1986) de 0.42 mm/día. A pesar de que el crecimiento diario encontrado en este trabajo fue relativamente más alto que lo reportado por otros autores, G. robustum sigue teniendo un crecimiento intrínscico bajo como es característico de las Gelidiales (Stewart, 1984). El mayor crecimiento medido en este trabajo (2.07 mm/día, localizado en la zona con mayor exposición a las corrientes), fue superior al encontrado por Barilotti (comunicación personal) de 0.67 mm/día a velocidades de 0.3 m/seg. Por otro lado el máximo incremento en peso

encontrado fue de 4.62 %/día (Tabla I). Este valor fue similar al encontrado por Rodríguez - Carrillo (1987) para ejemplares de G. robustum fertilizados dentro de tanques de cultivo (4.90 %/día) y superior al reportado por Harger y Neushul (1982) para ejemplares fertilizados en el campo.

Es necesario mencionar que los crecimientos reportados en este trabajo corresponden solamente a los valores positivos, los valores negativos no se tomaron en cuenta, ya que el objetivo fue observar el efecto del movimiento del agua sobre el crecimiento. Los mayores tamaños de clases (entre 20 y 25 cm) se presentaron durante primavera - verano (Fig. 8). Estos resultados son similares a los encontrados por otros investigadores al trabajar con Gelidiales (Johnstone y Feeney, 1944; Stewart, 1968; Guzmán del Prío y de la Campa de Guzmán, 1978; Barilotti y Silverthorne, 1972; Fralick y Andrade, 1981; Stewart, 1984; Carter y Anderson, 1986) quienes reportan máximos crecimientos para Gelidium entre primavera y verano. Este comportamiento es probable que se deba a que en esta época fue cuando se presentó la mayor cantidad de energía luminosa en el medio ambiente. Las concentraciones de nutrientes en los meses anteriores (invierno) fueron las más altas y es muy probable que el ejemplar los asimiló. Además, la temperatura registrada en esas épocas (18°C) es la óptima para el crecimiento de G. robustum (Bustos comunicación personal \*\*). \*\* Bustos Barrera Mauricio F.C.M.

Durante el periodo otoño - invierno, prevalecieron las clases de tamaño pequeñas (hasta 10 cm). Probablemente esto se debió a la gran pérdida de material (observaciones "in situ" demostraron que los ejemplares se encontraron erosionados), producto del fuerte oleaje causado por las tormentas de invierno, cuya velocidad de la corriente fue de aproximadamente 1.5 m/seg (Fig. 10) y altura de oleaje máxima de 3.5 m (figura 11). La alta presencia durante otoño - invierno de ejemplares juveniles (hasta 10 cm), puede ser también consecuencia directa del ciclo reproductivo de la especie (Guzmán del Prío et al. 1972), aunque Gelidium se encuentra en estado reproductivo durante todo el año, aparentemente solo las esporas de verano - otoño producen nuevas plantas (Barilotti y Silverthorne, 1972; Bustos comunicación personal). Lo anterior coincide con lo encontrado por Barilotti y Silverthorne (1972) en las costas de California, quien encontró que es en principios de otoño cuando existe la más grande cantidad de juveniles (de aproximadamente 10 mm de longitud) siendo quizás estos juveniles ejemplares adheridos al sustrato en la época de primavera - verano. Bustos Mauricio, (comunicación personal) colocó bloques de cemento sobre mantos naturales de G. robustum, encontrando ejemplares de aproximadamente 2 mm de longitud a finales de verano, aumentando su tamaño conforme avanzó el otoño. Los porcentajes máximos de crecimiento diario en peso húmedo

(4.62 %/día) reportados para la zona expuesta en la Tabla I, son similares a los reportados por Rodriguez - Carrillo (1987) para ejemplares de G. robustum fertilizados dentro de tanques de cultivo, y superiores a los reportados por Harger y Neushul (1982) para ejemplares fertilizadas en el campo.

Por haber presentado las dos zonas de estudio condiciones ambientales similares (luz, temperatura, nutrientes) a excepción del movimiento del agua, se asume que fue este parámetro el factor que creó las diferencias significativas en el crecimiento entre las dos zonas, lo cual se corroboró con los análisis estadísticos realizados.

## CONCLUSIONES

El movimiento de agua ejerce influencia sobre el crecimiento de G. robustum, incrementando su biomasa al encontrarse expuesto a la acción del oleaje.

El crecimiento en peso de G. robustum fue aproximadamente 20 % mayor en la zona expuesta en comparación con la zona protegida.

La mejor manera de medir el crecimiento de la especie es trabajando por peso.

## LITERATURA CITADA

- Anderson, Miles. S., and A. C. Charters. 1982. A fluid dynamics study of seawater flow through Gelidium nudifrons. Limnol. Oceanogr. 27(3), 1982; 399 - 412
- Barilotti, Craig. D. 1980. Genetic considerations and experimental design or outplanting studies. Pacific Seaweed Aquaculture. 1980.
- Barilotti, Craig. D., and Wesley Silverthorne. 1972. A resource management study of Gelidium robustum. Proc. Inter. Seaweed Symp. 7: 255 - 261. 1972.
- Brinkhius, B.H. 1980. Growth patterns rates. In: Handbook of Phycological Methods. Ecological Field Methods: Macroalgae. (Mark M. Littler and Diane S. Littler). Cambridge Univ. Press 461 - 477)
- Cabrera Muro, H.R. 1971. Distribución de temperaturas en la bahía de Todos Santos. Tesis Profesional E.S.C.M. U.A.B.C. 38 pp.
- Carter A. R., and R. J. Anderson. 1986. Seasonal Growth and Agar Contents in Gelidium pristoides (Gelidiales. Rhodophyta) from Port Alfred, South Africa. Botanica Marina. Vol XXIX. pp.117 - 123.

- Chee Barragán, A. y R. Pérez Higuera. 1982. Patrón de circulación costera a partir de algunas características naturales de sedimentos en la Bahía de Todos Santos. Informe anual. Instituto de Investigaciones Oceanológicas. U.A.B.C. Ensenada, B.C.
- Doty, Maxwell. 1971. Physical factors in the production of tropical benthic marine algae. Fertility of the sea. Vol 1. Gordon & Breach. Science. Publishers N.Y., London and Paris. pp 99 - 121.
- Doty, Maxwell. 1977. Eucheuma Current Marine Agronomy in the Marine Plant Biomass of the Pacific Northwest Coast. A Potencial Economic Resource, Ed. Krauss R.W., 203 - 214 pp
- Doty, Maxwell. 1987. The Production and use of Eucheuma in Case Studies of Seven Commercial Sea Weed Resource. FAO Fish. Tech. Paper. 281: 123 - 163.
- Fralick, R. A., and F. Andrade. 1981. The growth, reproduction, harvesting and management of Pterocladia pinnata (Rhodophyceae) in the Azores, Portugal.
- Gerard, V. A. 1982. In situ water motion and nutrient uptake by the giant kelp Macrocystis pyrifera. Marine Biology. 69: 51 - 54 (1982).

- Gerard, V. A., and Kenneth H. Mann. 1979. Growth and production of Laminaria longicruris (Phaeophyta) populations exposed to different intensities of water movement. J. Phycol. 15. 33 - 41.
- Guzmán del Prío, Sergio A., Sara de la Campa de Guzmán; y Jorge Pineda Barrera. 1972. La cosecha de las algas comerciales en Baja California. Instituto Nacional de Pesca, Subsecretaria de Pesca, Secretaria de Industria y Comercio, Serie divulgación. 1974.
- Guzmán del Prío, Sergio A. y Sara de la Campa de Guzmán. 1978. Gelidium robustum (Florideophyceae) an agarophyte of Baja California, Mexico. Proc. Int. Seaweed Symp. 9; 303 - 308; 1978.
- Harger, B.W.W.; M. Neushul. 1982. Macroalgal Mariculture. Biosaline Research. A look to the future. Plenum Publishing Corporation, 1982.
- Inman, D.L., R.J.Tait and C.Nordstrom. 1971. Mixing in the surf zone. Journal of Geophysical Research; Science. 181: 20 - 32 pp.
- Johnstone, R.G. and F.L. Feeney. 1944. Periodicity of Gelidium cartilagineum, a perennial red algae. Amer. Journal of Botany. 31: 25 - 29.

- Martínez - Díaz de León, A. y C. Nava - Button. Estadística del oleaje en las costas de Baja California. Reportes tecnicos 87 - 01 al 88 - 08. I.I.O. - U A B C.
- McHugh, D.J. 1987. Production and utilization of products from comercial seaweeds. FAO Fisheries Technical Paper, No 288: 1 - 210.
- Metereology International Inc. 1977. Deep water wave statistics for the California Coast. Station G. Dept. of Navigation and Ocean Development. Sacramento Calif. 1977.
- Morales Zuniga, I. 1977. Variaciones estacionales de la temperatura en la Bahía de Todos Santos B.C. Ciencias Marinas 4(1): 23 - 33 pp.
- Penniman, C. A. 1974. Ecology of Gracilaria thikvahiae Maclachlan (Gigartinales, Rhodophyta) in the Great Bay Estuary, New Hampshire. University of Maine.
- Rodriguez - Carrillo, Maria Isabel. 1987. Efecto de la concentración y fuente de nitrogeno en el crecimiento de Gelidium robustum (Gardn.) Hollenb. & Abb. (Rhodophyta, Gelidiales) en cultivo. Tesis Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autonoma de Baja California.

- Santelices, Bernabe. 1974. Gelidioid Algae, A brief resume of the pertinent literature. Marine Agronomy. Program of the University of Hawaii.
- Santelices, Bernabe. 1978. Multiple Interaction of Factors in the Distribution of Some Hawaiian Gelidiales (Rhodophyta). Pacific Science . Vol. 32. # 2. pp 119.
- Secretaria de Pesca. 1987. Instituto Nacional de Pesca. Depto de Estadistica e Informatica. Eda. B.C. Mexico.
- Stewart, J.G. 1968. Morphological variation in Pterocladia pyramidale. J. Phycol. 4: 76 - 84.
- Stewart, J.G. 1984. Vegetative Growth Rates of Pterocladia capillacea (Gelidiaceae, Rhodophyta). Botanica Marina. Vol.XXVI, pp.85 - 94.
- Sokal R. and Rohlf F.J. 1979. Biometry. W.H. Frelman and Company (Ed.): 716 - 721 pp.
- Strickland , J.D.H. and T.R.S. Parsons. 1977. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res.Bd. Canada. Bull. 167. 310 pp
- Tseng, C.K. and Beatrice M. Sweeney. 1946. Physiological studies of Gelidium cartilagineum. Photosynthesis, with special reference to the carbon dioxide factor. American Journal of Botany; Vol 33; 9; 706 - 715; 1946.

Westlake D.F. 1967. Some effects of Low - Velocity Currents on the metabolism of Aquatic Macrophytes. Journal of Experimental Botany, Vol.18, # 55, pp. 187 - 205, May 1967.