



**UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS**

**CARACTERIZACION DE CARRAGENANOS DEL ALGA
Gigartina canaliculata (Harv. Rhodophyceae, Gigartinales),
A LO LARGO DE UN CICLO ANUAL, EN LA BAHIA
SAN QUINTIN, BAJA CALIFORNIA, MEXICO.**



TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
OCEANOLOGO
PRESENTA
JUDITH SANCHEZ RODRIGUEZ

Ensenada, B.C. Febrero de 1989

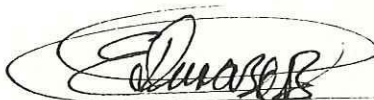
" CARACTERIZACION DE CARRAGENANOS DEL ALGA
Gigartina canaliculata (Harv. Rhodophyceae, Gigartinales) A
LO LARGO DE UN CICLO ANUAL, EN LA BAHIA DE SAN QUINTIN,
BAJA CALIFORNIA, MEXICO. "

T E S I S

QUE PRESENTA:

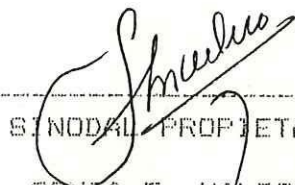
JUDITH SANCHEZ RODRIGUEZ

Aprobada por :



PRESIDENTE DEL JURADO

Q.F.B. EDUARDO DURAZO BELTRAN.



SINODAL PROPIETARIO

Q.F.B. SONIA E. MALDONADO B.



SINODAL PROPIETARIO

M.C. JOSE A. ZERTUCHE G.



SINODAL SUPLENTE

Q.F.B. GRACIELA GUERRA R.



SINODAL SUPLENTE

M.C. HECTOR MANZO M.

R E S U M E N

Se analizaron muestras de Gigartina canaliculata Harv. (Rhodophyceae, Gigartinales) de las fases gametofito y material estéril, colectadas en San Quintín B. C. de enero de 1987 a enero de 1988 , realizando una caracterización Química, Física e Instrumental.

Se realizó el análisis proximal de dichas plantas en sus dos fases reproductivas, haciéndose una comparación de sus constituyentes a lo largo del ciclo anual. De dichos análisis se encontró, que los constituyentes mayoritarios fueron carbohidratos y cenizas; obteniéndose también que el rendimiento de carragenanos en la fase gametofito fue de 40.05 %, y del material estéril 38.73 % ; en fuerza de gel se presentaron los valores mas altos en otoño e invierno . En espectroscopia de infrarrojo se encontró que los carragenanos no fraccionados fueron del tipo k(i); al realizarse la fraccionación con KCl 0.3 M., se presentó que los solubles en gametofitos de los de enero-87, mayo y septiembre y de material estéril de mayo fueron del tipo lambda y epsilon, y los insolubles del tipo k(i).

D E D I C A T O R I A

Con mucho amor, Respeto y Agradecimiento a mis padres:

Profra: RAFAELA RODRIGUEZ ESCOTO
SR : PABLO SANCHEZ RODRIGUEZ

Por su apoyo, comprensión, paciencia y Amor.

Para mi querida Hermana:

LIC. MARGARITA SANCHEZ RODRIGUEZ

Por su constante apoyo y estimulación para seguir adelante y además por todo su cariño por siempre.

P.O. ANTONIO IBARRA PREISSER.

Para Ti que llegaste a mi vida cambiandolo todo con tu Amor, Ternura, Comprensión, Respeto y Motivación.

A G R A D E C I M I E N T O S

Se agradece a CONACYT por el apoyo económico prestado como parte del proyecto de colaboración FCECCNA-050380. (CONACYT-U.A.B.C.).

Agradezco a la Facultad de Ciencias Marinas por la ayuda brindada en la realización de éste trabajo.

Mi agradecimiento principal al Q.F.B. Eduardo Durazo Beltrán, por su apoyo constante y su amistad durante el tiempo que trabajamos juntos en la realización de éste trabajo.

Muchas gracias Silvia, que de una u otra manera estuviste a mi lado siempre, brindandome tu cariño y tu amistad.

Con agradecimiento para:

Q.F.B. Eduardo Durazo Beltran.

Q.F.B. Graciela Guerra Rivas.

Q.F.B. Sonia E. Maldonado Radillo.

Ing. Quim. Armando Rodriguez Pinal.

Por sus enseñanzas y Paciencia.

Para los Sinodales de ésta Tesis:

Q.F.B. Eduardo Durazo Beltrán

Q.F.B. Sonia E. Maldonado Radillo.

Dr. José A. Zertuche Gonzalez

Q.F.B. Graciela Guerra Rivas

M.C. Hector Manzo Monroy.

Por haber revisado y examinado con gran interés el presente Trabajo.

INDICE

	Página
1. Introducción	1
1.2 Objetivo	7
2. Materiales y Métodos	8
2.1 Descripción del Organismo	8
2.2 Descripción del Area de Estudio	9
2.3 Muestreo	9
2.4 Acondicionamiento de Muestras	11
2.5 Análisis Proximal	12
2.6 Análisis Químico	13
2.7 Análisis Físico	14
2.8 Análisis Instrumental	14
3. Resultados	15
3.1 Composición Proximal	15
3.2 Cuantificación y Caracterización de carragenanos	19
3.3 Espectroscopia de Infrarrojo	22
4. Discusiones	26
5. Conclusiones	31
6. Literatura Citada	32

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla # 1 Composición Química Proximal Base Seca, de <u>Gigartina canaliculata</u> .	16
Tabla # 2 Coeficiente de Variación del Análisis Proximal de <u>G. canaliculata</u> .	17
Tabla # 3 Índice de % de Proteínas / % de Carbohidratos de <u>G. canaliculata</u> .	18
Tabla # 4 Cuantificación y Caracterización de carragenanos de <u>Gigartina canaliculata</u> .	21

INDICE DE FIGURAS

	Pagina
Figura # 1 Unidades Disacáridas de Carragenanos Idealizadas	3
Figura # 2 Descripción del Organismo de <u>Gigartina canaliculata</u> .	8
Figura # 3 Localización del Area de Estudio.	10
Figura # 4 Curva de Calibración de 3,6-anhidro-galactosa.	20
Figura # 5 Curva de Calibración de Reductores.	20
Figura # 6 Curva de Calibración de Sulfatos.	20
Figura # 7 Espectro de Infrarrojo de Carragenanos Fase Gametofito de <u>G. canaliculata</u> .	23
Figura # 8 Espectro de Infrarrojo de Carragenanos Fase Material Estéril de <u>G. canaliculata</u> .	24
Figura # 9 Espectro de Infrarrojo Fracción Soluble en KCl 0.3 M de Carragenanos de <u>G. canaliculata</u> .	25

1.0 INTRODUCCION

El alga Gigartina canaliculata es una especie que pertenece a la familia Gigartinaceae, la cual esta constituida por cuatro géneros ; Chondrus, Gigartina, Iridaea y Rhodoglossum. Estas algas han sido usadas tradicionalmente como alimento y en medicamentos desde hace 600 años (Towle, 1973). En particular G. canaliculata ha sido explotada en México como fuente de carragenano desde 1966 (Molina, 1986). La distribución de G. canaliculata la reportó Dawson (1961), desde Rosarito B.C. hasta Bahía Magdalena.

Los carragenanos son polisacáridos hidrocóloides presentes en ciertas algas rojas correspondientes a la clase Rhodophyceae; éstos tienen una amplia aplicación en la industria alimenticia y farmacéutica por sus propiedades estabilizadoras, emulsificantes, condensadoras, clarificantes y gelificantes (Molina, 1986). Están constituidos por cadenas lineales de unidades D-galactopiranosas; con enlaces glucosídicos alternados en las posiciones alfa (1 - 3) y beta (1 - 4) (Percival y McDowell, 1967); tienen alto peso molecular y elevado grado de sulfatación (20 al 50 %) (Craigie y Leigh, 1978). Rees et al. (1969) introdujeron un sistema de nomenclatura para dichos carragenanos en donde utilizaron las letras griegas kappa, lambda, nu, mu, iota y

epsilon para denominar a las unidades de disacáridos idealizados. (figura # 1).

La sulfatación específica y la subsecuente desulfatación de ésta molécula hipotética, puede generar familias de carragenanos que pueden dividirse en : aquellas que están esterificados con sulfato a la posición 4(familia kappa); y aquellos que no lo están (la familia lambda) (Towle, 1973).

Abbott (1980-a), realizó estudios acerca de la variación estacional de algunas agarofitas y carragenofitas, incluyendo Gigartina canaliculata:cita una máxima abundancia de la fase gametofita en primavera y sobre todo en la parte protegida del oleaje, además planteó que la explotación de ésta alga es importante, debido a la buena calidad y creciente demanda de los carragenanos que se extraen de la planta. Stancioff y Stanley (1969), analizaron la composición química de G. canaliculata de California, y encontraron un contenido de 30 a 70 % de fracción lambda carragenano, con absorciones características en espectroscopia de IR en los 820 a 850 cm^{-1} , 930 , 1070 y 1024 cm^{-1} . Estudios de Lawson et al. (1973) y Penman y Rees (1973), sobre la composición de carragenanos, plantean para la fracción lambda una proporción molar en galactosa: 3,6-anhidro-galactosa : sulfatos de 1.0:0.11:1.27 ; y una composición de 50 % de beta-D - galactosa-4- sulfato, 36 % de alfa-D- galactosa-2- sulfato, 6

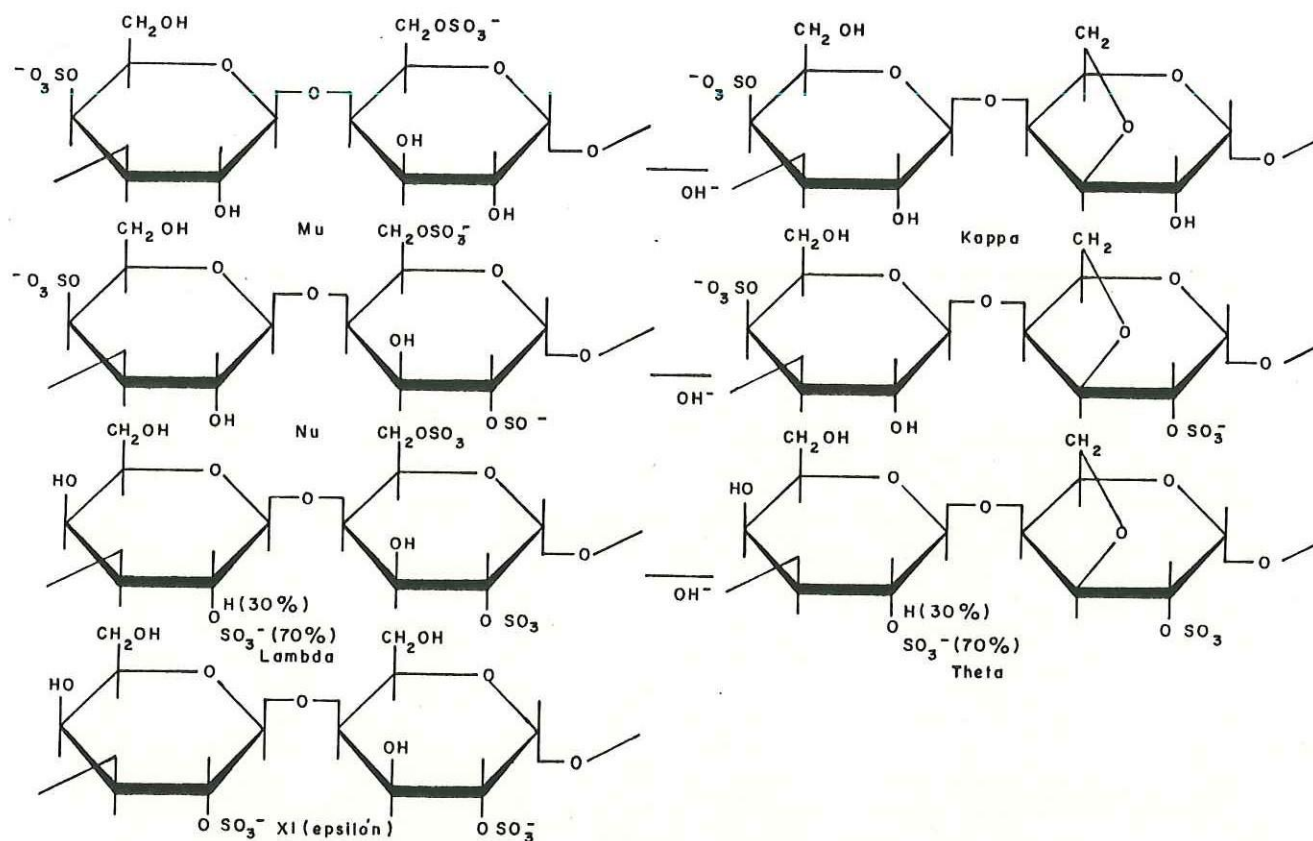


FIG. 1 - UNIDADES DISACARIDAS DE CARRAGENANOS IDEALIZADAS.

% de alfa-D- galactosa-2,6- disulfato y 8 % de 3,6-anhidro-
alfa-D- galactosa. En relación a la fracción kappa se
encontró una proporción molar galactosa: 3,6-anhidro-
galactosa : sulfatos de 1.0:0.64:1.20; caracterizandola con
un contenido de 40 % de beta-D-galactosa-4-sulfato, 10 % de
beta-D-galactosa, 34% de 3,6-anhidro-alfa-D-galactosa, 9 % de
3,6-anhidro-D-galactosa-2-sulfato y 7 % de alfa-D-galactosa-
6-sulfato o alfa-D-galactosa-2,6-di-sulfato.

McCandless et al. (1983), reportaron para Gigartina
canaliculata de California, en carragenano de gametofitos
insolubles en KCl, un contenido de 21% de 3,6-anhidro-
galactosa y 23 % de sulfatos, el cual se le caracterizó como
un híbrido k(i) por medio de espectroscopia de infrarrojo.
Para carragenano de tetrasporofita se reporta 6.6 % de 3,6-
anhidro-galactosa y 38 % de sulfatos, con un epsilon
carragenano de acuerdo a lo encontrado por espectroscopia de
IR. En gametofitos se determinó 50.2 - 51 % de carragenano,
21.1 -22.6 % de fracción soluble en KCl y 73.3 - 73.6 % de
fracción insoluble.

Hernández-Garibay et al. (1987) realizaron la
caracterización del carragenano de Gigartina canaliculata
efectuando pruebas físico-químicas antes y después de un
tratamiento alcalino. Los parámetros que se determinaron
fueron azúcares reductores totales, 3,6-anhidro-galactosa,
grupo sulfato y rigidez de gel. Se observó un aumento en el

contenido de 3,6-anhidro-galactosa y en la rigidez de gel debidas al tratamiento alcalino.

Rivera-Carro et al. (1987) determinaron la variación estacional y geográfica de la composición química de los carragenanos de Gigartina canaliculata, colectada en las costas de Rosarito y el Rosario B.C. La evaluación de los carragenanos se efectuó sin tratamiento alcalino . No se encontraron diferencias en el contenido de carragenano en las localidades; sin embargo, se encontró diferencias en la relación de 3,6-anhidro-galactosa/ grupo sulfato entre los carragenanos de gametofitos y esporofitos.

Los rendimientos de extracción de carragenanos reportados para Gigartina canaliculata fluctúan de 42.6 % (Zazueta-Gutiérrez, 1988) a 62.2 % (Abbott, 1980-a).

Sobre composición química y propiedades de carragenanos de G. canaliculata de B.C.; se ha reportado un contenido de 3,6-anhidro-galactosa del 23.6 % (Zazueta-Gutiérrez, 1988) al 38.2 % (González-Gómez, 1988) y 22.0 % para sulfatos (González-Gómez, 1988). El fuerza de gel han encontrado valores de 36.3 gr/cm² en solución 1.5 % de carragenano (González-Gómez, 1988) y 42.8 gr/cm² en gel 2 % de carragenano (Zazueta- Gutiérrez, 1988).

Zazueta- Gutiérrez (1988), caracterizó en carragenano no fraccionado, mediante espectroscopia de IR, la presencia del carragenano tipo kappa.

Considerando lo citado anteriormente es posible plantear la siguiente hipótesis :

El contenido de carragenano en las plantas gametofita y material estéril varia de acuerdo con las estaciones del año; plantas gametofita presentan del tipo kappa (iota); y las plantas del material estéril contienen tipos de la familia lambda.

1.2 OBJETIVO

Evaluar la composición proximal y rendimiento de carragenanos en fases gametofito y material estéril durante un periodo anual en el alga Gigartina canaliculata.

Caracterizar carragenanos de fases gametofito y material estéril mediante métodos Químicos, Físico e Instrumental.

2 MATERIALES Y METODOS

2.1 DESCRIPCION DEL ORGANISMO

Gigartina canaliculata mide poco más de 25 centímetros de altura , es de color purpúreo-olivo, con varios ejes erectos que se elevan de una base en forma de disco (Ortega, 1977).(Figura # 2).

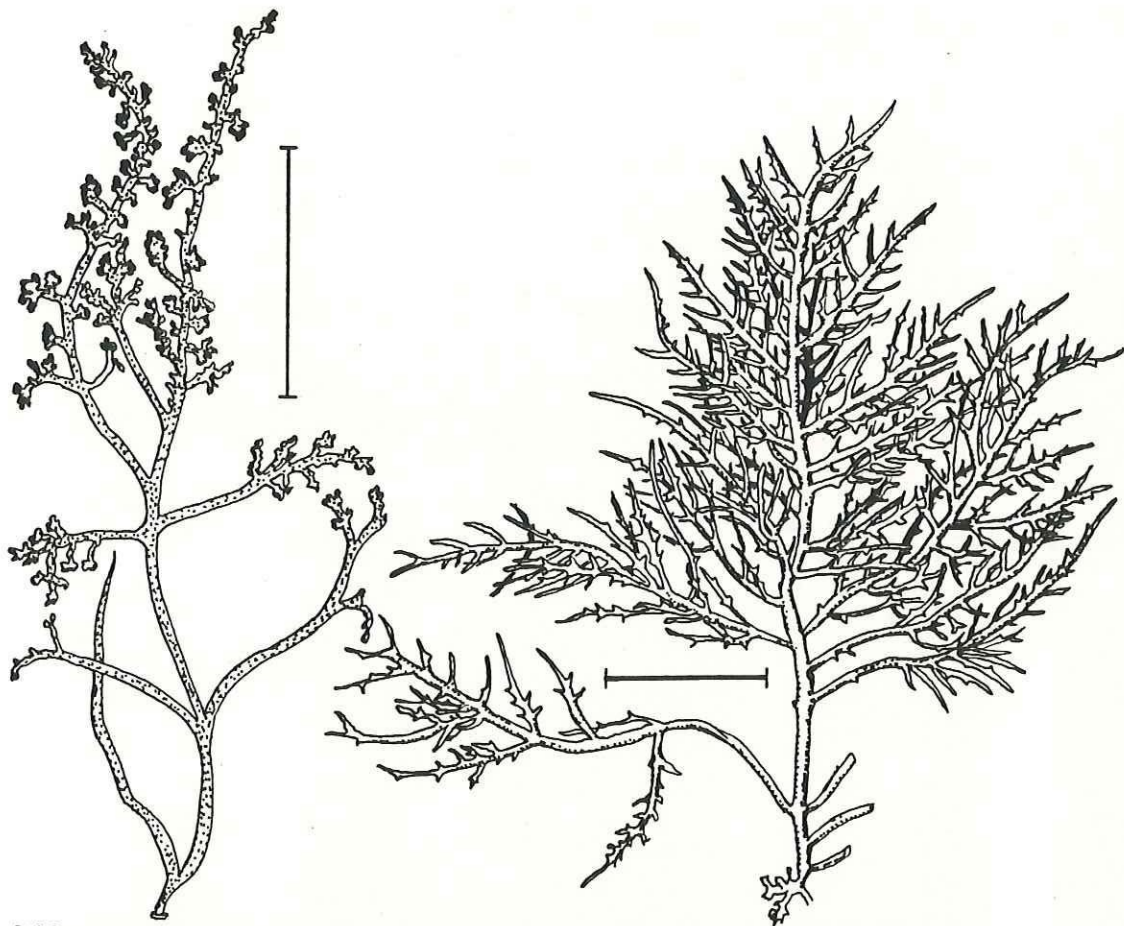


FIG. 2 - Gigartina canaliculata ; IZQUIERDA ,FASE GAMETOFITO ,
DERECHA ,MATERIAL ESTERIL .

2.2 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en la Bahía San Quintín a 220 km al sur de la Ciudad y Puerto de Ensenada B.C., se localiza en la costa noroccidental de Baja California entre los $30^{\circ} 24'$ y $30^{\circ} 30'$ de latitud Norte como $115^{\circ} 57'$ Oeste y $116^{\circ} 01'$ de longitud oeste. (Figura # 3).

El manto se encuentra localizado en la costa del océano Pacífico adyacente a Bahía San Quintín, con una longitud de de aproximadamente 10 km en donde se localizan tres zonas principales. Los muestreos se realizaron en una zona a la altura del vértice de Bahía Falsa, en frente de la planta "Desalinizadora " hasta aproximadamente 3.5 km al norte de ésta, la elección del lugar se realizó debido al fácil acceso a la zona de muestreo.

El área de estudio está en la zona de entremareas y el recurso estudiado se encontró sobre el sustrato rocoso y expuesto a un medio ambiente de alta energía.

2.3 MUESTREO

Se llevó a cabo un estudio anual con muestreos bimensuales que abarcaron de Enero de 1987 a Enero de 1988 en la Bahía San Quintín Baja California.

Los muestreos fueron al azar estratificado. Se utilizó un cuadrante de 1 metro cuadrado para realizar un mínimo de

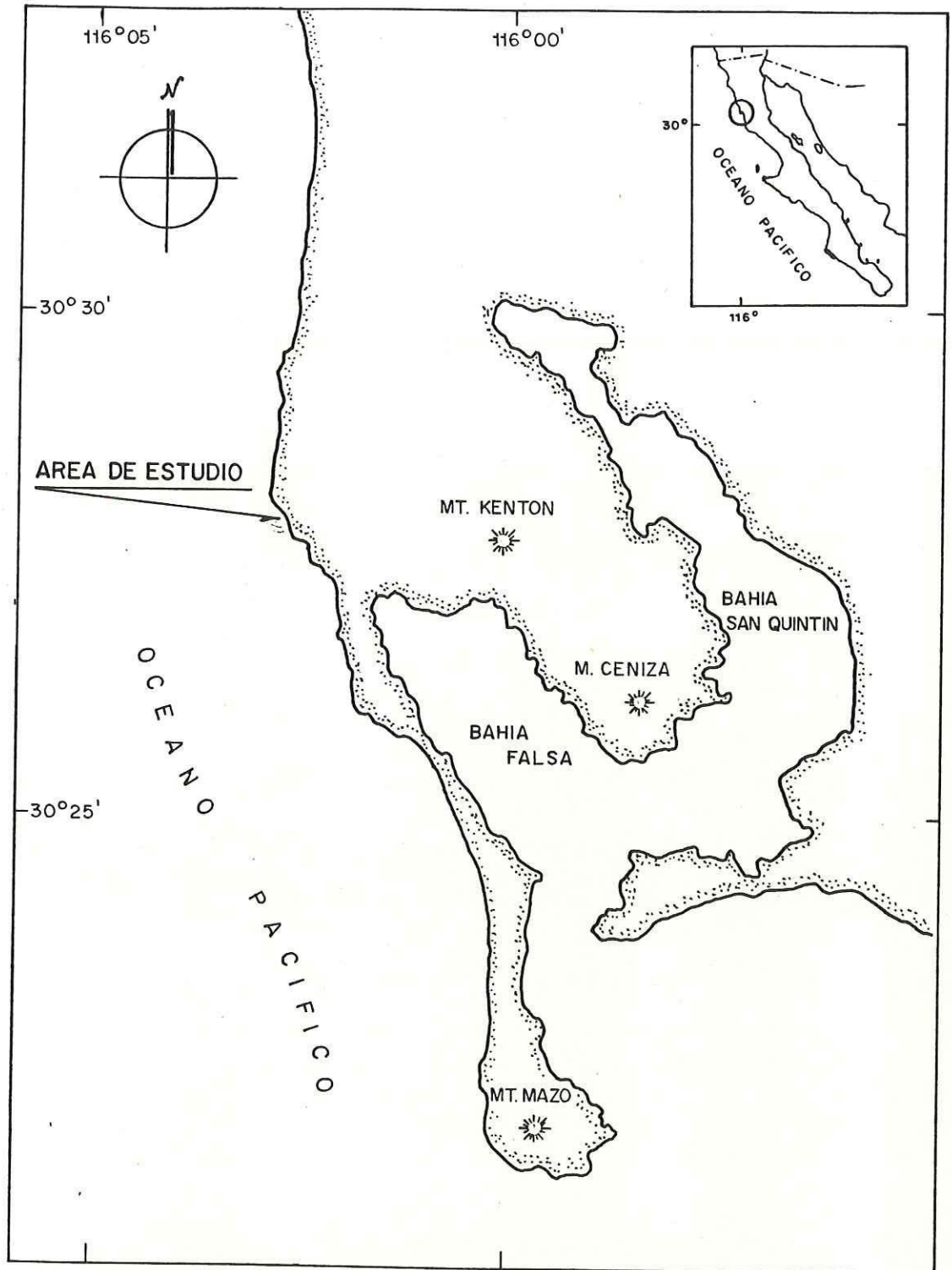


FIG. 3 - LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.

10 lances por estrato. El trabajo de colecta y clasificación fué realizado, por la Sección de Botánica Marina del Proyecto "Estimación de abundancia, fases reproductoras y análisis de carragenanos del alga Gigartina canaliculata Harv. en Bahía San Quintín , Baja California, México ", de la Facultad de Ciencias Marinas, de la Universidad Autónoma de Baja California.

2.4 ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Las algas clasificadas en las fases gametofita (femenina fecundada o cistocárpica) y material estéril (fase sexualmente no diferenciada), fueron sometidas a un lavado para la eliminación de sales y epifitas. Se colocó el material al sol por 48 horas y posteriormente a la estufa a 40 grados centígrados por 24 horas. Una vez secas, se les sometió a una molienda en un molino Wiley con malla de tamizado de 0.5 mm. y se almacenaron en bolsas de plástico etiquetadas.

2.5 ANALISIS PROXIMAL

HUMEDAD: Se considero a la pérdida de peso de la muestra al ser sometida a 110 grados C por 3 horas (A.O.A.C. , 1984).

CENIZAS: Se realizo por la calcinación a 550 grados C por 12 horas (Larsen, 1978).

LIPIDOS: Se efectuó por la extracción con éter etílico con un extractor Soxhlet por un periodo de 8 horas (Larsen, 1979).

PROTEINAS: Se evaluaron de acuerdo al método del Micro-Kjedahl en el cual se utilizó el factor $6.25 \times \% N$ (A.O.A.C.,1984).

FIBRA CRUDA: Se realizo por medio de una hidrólisis ácida y una alcalina, utilizando ac. sulfúrico 1.5 % e Hidróxido de sodio 2.5 % ; posteriormente el extracto fue calcinado a 540 grados C por 12 horas (Larsen, 1978).

CARBOHIDRATOS: Se obtuvieron mediante la diferencia del 100% de los sólidos totales (% cenizas + % lipidos + % proteínas + % fibra cruda) en base seca conforme a lo planteado por Egan et al. (1987).

2.6 ANALISIS QUIMICO

EXTRACCION DE CARRAGENANO: Se utilizaron los métodos modificados de Rees y Lawson (1973) y Stanley y Stancioff (1969) a partir de los cuales se realizó lo siguiente: Se sometió el alga molida a extracción en agua destilada a pH de 7.5 a 8.0, a una temperatura de 85 grados C por un período de 6 horas. Se obtuvo la solución viscosa por filtración y las partículas se reextractaron por espacio de 2 horas más. Enseguida, se realizó una filtración con filtro ayuda, para posteriormente precipitar el carbohidrato con 1.5 a 2.0 volúmenes de alcohol isopropílico. Por último se sometió al carbohidrato a un secado con alcohol acuoso (80 y 96 %), alcohol anhidro y a temperatura de 30 grados C por 12 horas.

3,6-ANHIDRO-GALACTOSA: Se efectuó el análisis mediante la determinación espectrofotométrica descrita por Yaphe y Arsenault, utilizando fructosa como estandar con concentraciones de 5 a 40 microgramos para la elaboración de la curva de calibración y 1.087 como factor de corrección, de acuerdo a Craigie y Leigh (1978).

REDUCTORES: Se realizó mediante al método descrito por Dubois et al (1956), con galactosa como estandar (20 a 50

microgramos).

SULFATOS: Se determinó mediante un método turbidimétrico con Cloruro de Bario, con Sulfato de Potasio como estandar (30 a 150 microgramos) conforme a lo planteado por Craigie et al. (1984).

DETERMINACION DE SOLUBILIDAD: Se cuantificaron las fracciones solubles e insolubles en cloruro de potasio al 0.3 M de acuerdo con lo descrito por Smith y Cook (1953).

2.7 ANALISIS FISICO

FUERZA DE GEL: Se determinó la fuerza de gel del carragenano al 2 % en Cloruro de potasio 0.2 % ,mediante el uso de una balanza de 2 platos y una varilla metálica (11 mm de diámetro) conforme a lo planteado por Abbott y Chapman (1981) y Pernas et al. . (1967).

2.8 ANALISIS INSTRUMENTAL

ESPECTROS DE INFRARROJO: Se determinaron espectros de IR a partir de películas de carragenanos (10 mg/ml agua) obtenidas por secado en navecillas de poliestireno, en un espectrofotómetro IR Perkin-Elmer modelo 1330, de acuerdo a lo planteado por Dawes et al. .(1977) y Correa-Díaz (1987).

3 RESULTADOS

3.1 COMPOSICION PROXIMAL

Los constituyentes de mayor proporción encontrados en el análisis proximal (tabla # 1), de las muestras de Gigartina canaliculata de San Quintín; estuvieron integrados por los carbohidratos y cenizas.

En lo que respecta a máximos en el análisis proximal para gametofitos y material estéril respectivamente, los encontramos para cenizas en mayo (35.471 y 40.119 %) , para proteínas en marzo (14.58 y 15.36 %) , para fibra cruda en mayo (2.023 y 1.863 %). Con mínimos para cenizas en septiembre y enero-88 (28.606 y 32.392 %), para proteínas en julio y enero-88 (11.740 y 11.359 %), para fibra cruda en enero-87 (0.674 y 0.585 %), para lípidos en marzo (0.152 y 0.176 %) y para carbohidratos en mayo (48.799 y 45.001 %).

El contenido de carbohidratos a lo largo del ciclo anual se mantuvo sin variación apreciable con un promedio de 52.15 % en la fase gametofito y 50.33 % en el material estéril; con un coeficiente de variación de 4.62 % y 5.30 % respectivamente (Tabla # 2).

El contenido de cenizas no mostró cambios apreciables a lo largo del ciclo anual, a excepción de la fase gametofito

en el mes de septiembre la cual presentó un contenido bajo.

Como constituyentes en menor proporción en el análisis proximal, se presentaron lípidos y fibra cruda, los cuales tuvieron porcentajes menores del 1 % y 2.1 % respectivamente. Estos mostraron un alto coeficiente de variación a lo largo del ciclo anual, ya que se encontraron en fibra cruda valores de 32.94 % y en lípidos de 51.44 % .

El índice de % proteínas/ % carbohidratos mostró el valor más alto en marzo en la fase gametofito (0.2823) siendo similar en le material estéril (0.3038) (Tabla # 3).

TABLA 1 - COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL EN BASE SECA, DE Gigartina canaliculata .

CONSTITUYENTE (%)	ENERO 87		MARZO 87		MAYO 87		JULIO 87		SEPTIEMBRE87		NOVIEMBRE87		ENERO 88		
	G	ME	G	ME	G	ME	G	ME	G	ME	G	ME	G	ME	
CENIZAS	\bar{x}	34.954	35.001	32.716	32.923	35.471	40.119	34.600	36.497	28.606	34.136	34.709	35.873	31.872	32.392
	S	1.047	0.904	0.489	0.324	0.495	0.396	0.167	0.059	0.229	0.940	0.537	0.252	0.320	0.265
PROTEINAS	\bar{x}	12.118	12.736	14.58	15.36	12.746	12.154	11.740	11.946	12.604	11.852	13.356	12.573	12.555	11.359
	S	0.584	0.653	0.378	0.575	0.473	0.561	0.107	0.108	0.162	0.344	0.472	0.387	0.056	0.052
FIBRA CRUDA	\bar{x}	0.674	0.585	0.912	0.983	2.023	1.863	1.015	1.543	1.318	1.537	1.291	1.404	1.554	1.519
	S	0.162	0.058	0.048	0.082	0.032	0.069	0.054	0.030	0.099	0.020	0.143	0.071	0.050	0.025
LIPIDOS	\bar{x}	0.535	0.426	0.152	0.176	0.961	0.861	0.321	0.547	0.664	0.603	0.660	0.653	0.259	0.318
	S	0.003	0.008	0.046	0.031	0.052	0.175	0.035	0.043	0.044	0.072	0.035	0.008	0.008	0.001
CARBOHIDRATOS	\bar{x}	51.717	51.253	51.632	50.552	48.799	45.001	52.320	49.461	56.806	51.870	49.981	49.494	53.759	54.410
	S	1.471	0.777	0.341	0.780	0.901	0.797	0.162	0.151	0.472	0.748	1.076	0.242	0.446	0.227

G : GAMETOFITO ME : MATERIAL ESTERIL

\bar{x} : PROMEDIO S : DESVIACION ESTANDAR

TABLA 2.- COEFICIENTE DE VARIACION DEL ANALISIS PROXIMAL DE
Gigartina canaliculata.

	FASE	COEF. DE VARIAC.
CENIZAS	G	6.77
	M.E	6,82
PROTEINAS	G	6.70
	M.E	9.67
FIBRA	G	32.94
	M.E	29.23
LIPIDOS	G	51.44
	M.E	41.04
CHO	G	4.62
	M.E	5.30
% PROT./CHO	G	8.87
	M.E	11.23
% CARRAG.	G	10.66
	M.E	5.48
FZA. DE GEL	G	58.45
	M.E	59.80

G = Gametofita.

M.E = Material estéril.

CHO = Carbohidratos.

El comportamiento a lo largo del ciclo anual de los constituyentes químicos proximales de mayor proporción, no mostró una variación evidente con relación a las estaciones del año.

TABLA 3.- INDICE % PROTEINAS / % CARBOHIDRATOS DE
Gigartina canaliculata.

MUESTREO		% Proteinas / % Carbohidratos	
		GAMETOFITO	MATERIAL ESTERIL
ENERO	87	0.2343	0.2484
MARZO	87	0.2823	0.3038
MAYO	87	0.2611	0.2700
JULIO	87	0.2243	0.2415
SEPTIEMBRE	87	0.2218	0.2284
NOVIEMBRE	87	0.2672	0.2540
ENERO	88	0.2335	0.2087

3.2 CUANTIFICACION Y CARACTERIZACION DE CARRAGENANOS

Los rendimientos de carragenanos a lo largo del ciclo anual en las fases gametofito y material estéril, presentaron máximos en julio (49.41 % y 43.16 %), y mínimos en mayo (35.49 % y 43.16 %) con un promedio de 40.345 y 38.73 % respectivamente (Tabla # 4). El coeficiente de variación encontrado fué de 10.66 % y 5.48 % para gametofita y material estéril (Tabla # 2).

El contenido de 3,6-anhidro-D-galactosa se evaluó como el % del contenido de azúcares reductores, a partir de las curvas de calibración de las figuras # 4 y 5, se observó un comportamiento sin diferencias apreciables a lo largo del ciclo anual, con un promedio de 21.45 % para la fase gametofito y 21.18 % para el material estéril. El contenido de sulfatos se determinó a partir de la curva de calibración respectiva (figura # 6). No se observó variación a lo largo del ciclo anual. Los promedios obtenidos fueron 16.36 % y 16.45 % para gametofito y material estéril respectivamente.

La solubilidad en KCl 0.3 M presentó máximos de 29.43 % y 25.10 % en la fracción soluble, y 95.90 y 87.12 % para la fracción insoluble; con mínimos de 4.7 y 9.9 % en la fracción soluble, y 66.20 y 50.93 % para la fracción insoluble (Tabla # 4).

En la fuerza de gel se observó un comportamiento

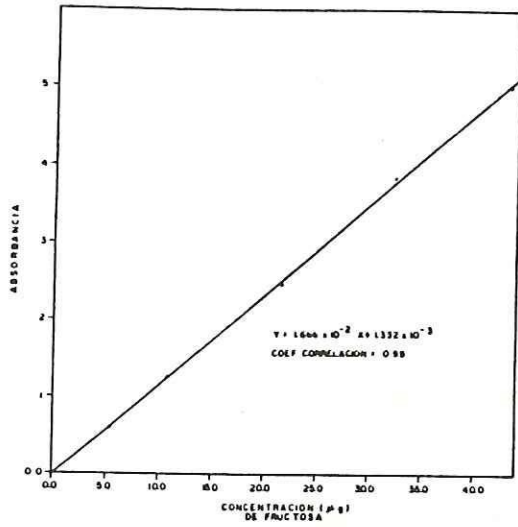


FIG 4 - CURVA DE CALIBRACION DE 3,6- ANHIDROGALACTOSA

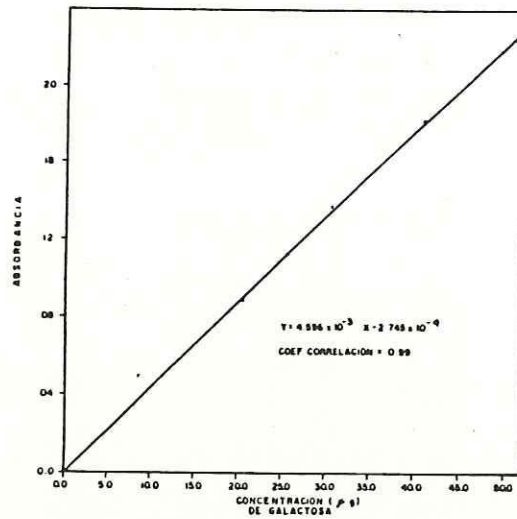


FIG 5 - CURVA DE CALIBRACION DE AZUCARES REDUCTORES.

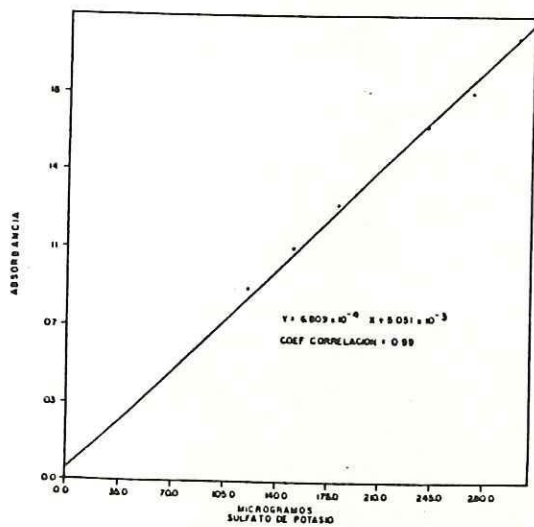


FIG 6 - CURVA DE CALIBRACION DE SULFATOS

irregular a lo largo del ciclo anual (Tabla # 4), con un coeficiente de variación de 58.45 % y 59.80 % para la gamentofita y material estéril respectivamente. Los valores más altos fueron encontrados en las muestras de otoño e invierno (máximos en enero-87, 65.55 y 97.55 gr/cm²), y valores mínimos en primavera (mayo, 4.90 y julio 13.95 gr/cm² para fase gametofito y material estéril.

TABLA H- CUANTIFICACION Y CARACTERIZACION DE CARRAGENANOS DE Gigartina canaliculata

MUESTRA		CARRAGENANO %	3,6-ANHIDROGALACTOSA % *	SULFATOS %	% SOLUBILIDAD EN KClO ₃ M		FUERZA DE GEL g/cm ²
					SOLUBLE	INSOLUBLE	
ENERO 87	G	36.54	19.59	13.63	4.70	95.90	65.55
	ME	37.29	19.78	14.45	10.89	81.40	97.85
MARZO 87	G	39.30	20.61	17.72	29.43	70.56	14.76
	ME	38.12	20.70	17.91	24.67	60.93	24.58
MAYO 87	G	35.49	21.15	18.90	27.40	69.90	4.90
	ME	36.74	19.52	19.99	25.10	68.40	19.24
JULIO 87	G	49.41	25.66	14.56	23.20	66.20	20.84
	ME	43.16	20.29	13.33	20.90	68.80	13.95
SEPTIEMBRE 87	G	38.67	17.23	15.36	19.60	72.16	50.97
	ME	37.83	24.54	17.13	23.01	76.41	60.50
NOVIEMBRE 87	G	42.69	25.70	16.17	14.61	66.63	42.11
	ME	37.46	25.59	14.49	18.12	73.25	62.16
ENERO 88	G	40.30	20.22	18.20	17.17	75.75	55.73
	ME	40.51	17.90	17.90	9.9	87.12	45.63

G: GAMETOFITO

ME: MATERIAL ESTERIL

* CONCENTRACION EXPRESADA COMO % DEL CONTENIDO DE AZUCARES REDUCTORES

3.3 ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO

En espectroscopia de Infrarrojo de carragenano no fraccionado para la fase gametofito y material estéril se encontraron bandas de absorción características a 795-805 (débil), 840-845 (mediana), 925-930 (mediana) y 1225 cm^{-1} (fuerte), asociadas a 3,6-anhidro-galactosa-2-sulfato, galactosa-4-sulfato, 3,6-anhidro-galactosa y ester sulfato respectivamente (Figuras # 7 y 8).

Los espectros de carragenanos de material estéril en KCl 0.3 M de las muestras de material estéril de los meses de enero-87, mayo y septiembre; y gametofito de mayo presentaron señales de 825-830 (mediana), 925-930 (débil) y 1225 cm^{-1} (fuerte), siendo dichas absorvancias características de galactosa-6-sulfato y galactosa-2- sulfato, 3,6-anhidro-galactosa y ester sulfato (Figura # 9).

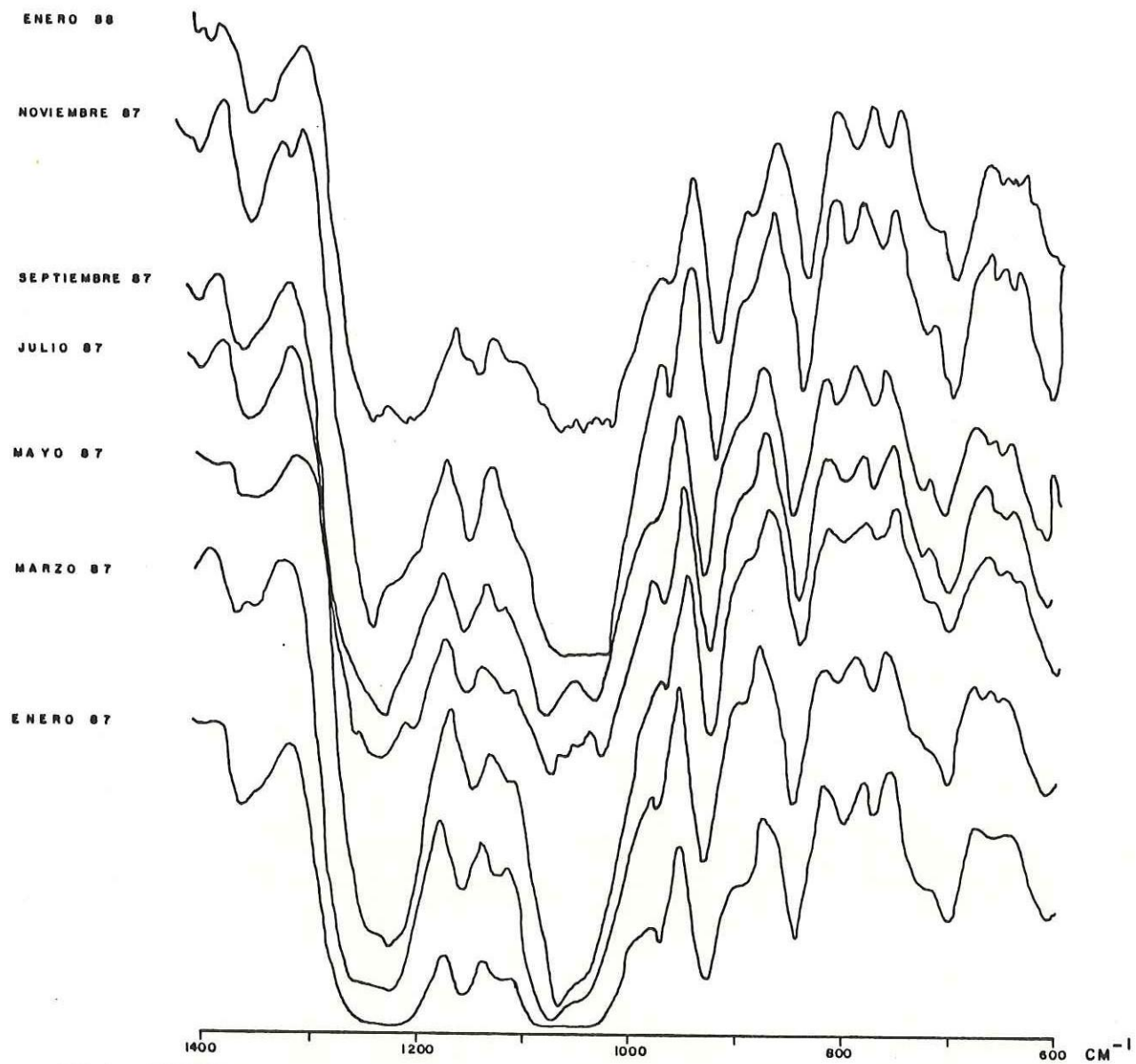


FIG. 4 - ESPECTROS DE INFRARROJO DE CARRAGENANOS DE Gigartina canaliculata FASE GAMETOFITO.

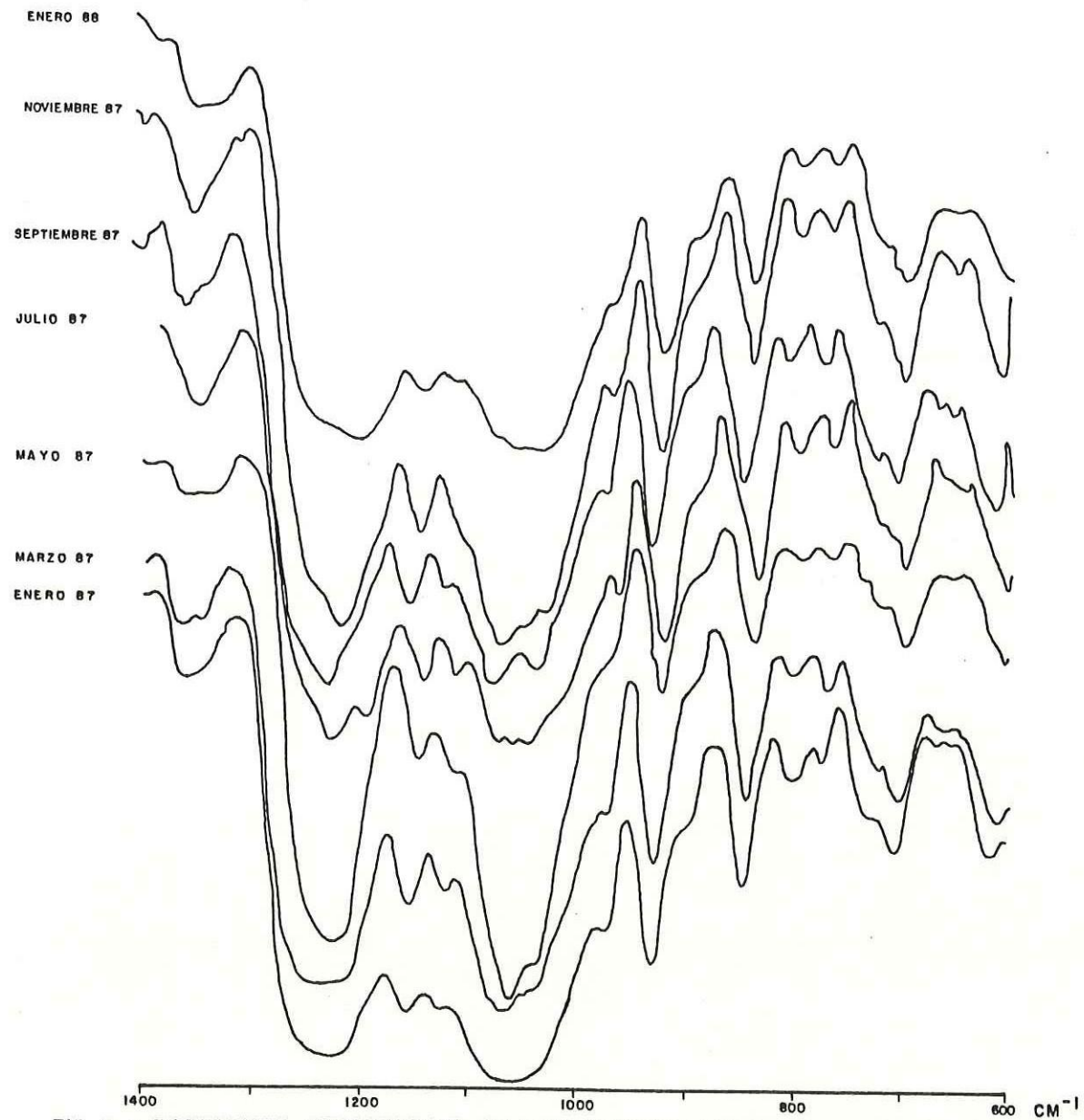


FIG. 5 - ESPECTROS DE INFRARROJO DE CARRAGENANOS DE Gigartina canaliculata FASE MATERIA ESTERIL.

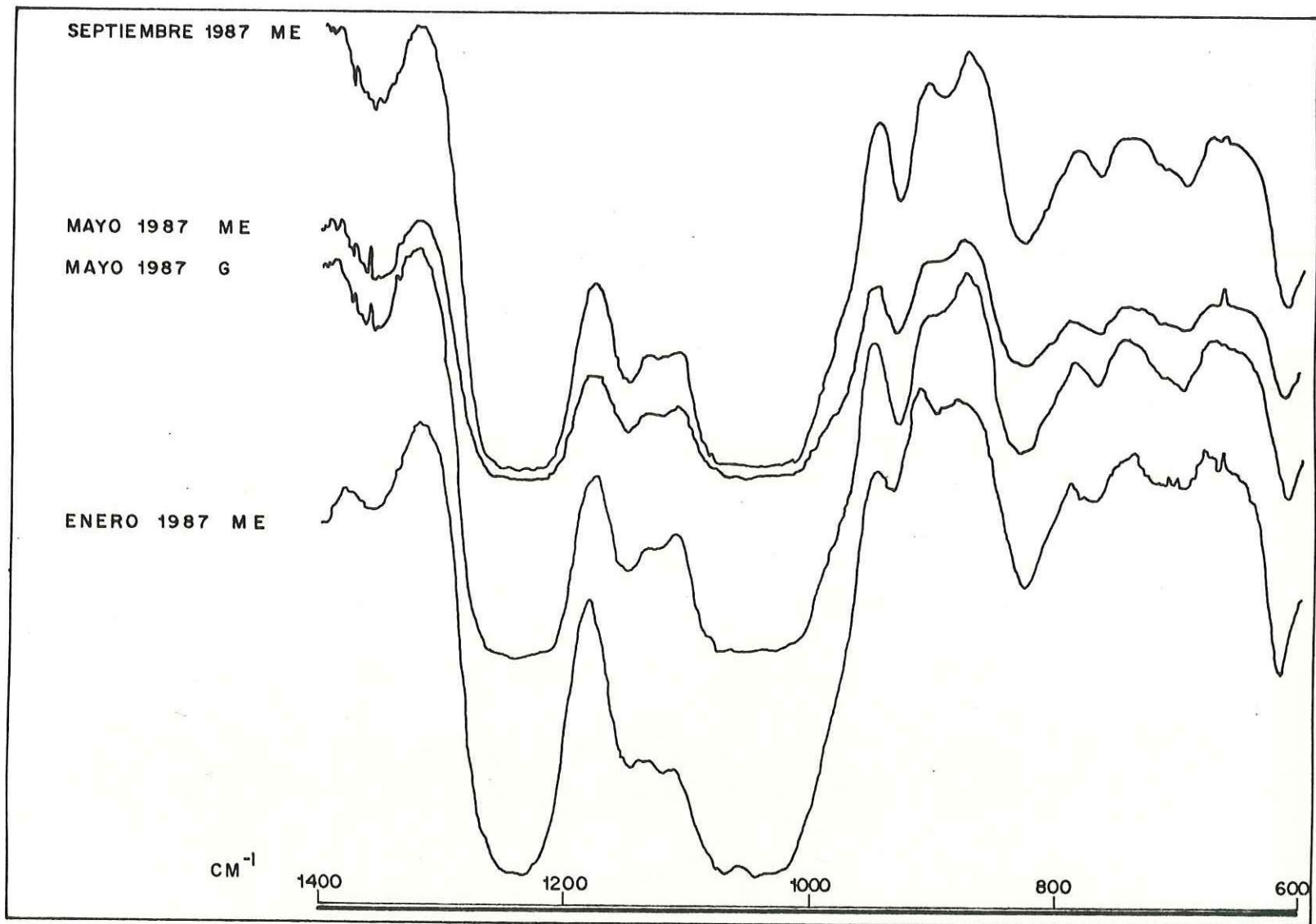


FIG. 6 - ESPECTROS DE INFRARROJO DE FRACCIONES SOLUBLES EN KCl 0.3 M DE CARRAGENANOS.

4 DISCUSIONES :

La composición proximal de gametofitos y material estéril, mostró similitud con respecto a lo reportado por Durazo (1986) para gametofitos y material estéril, de las localidades de Popotla y Eréndira, B.C. donde se observó que los macroconstituyentes como carbohidratos, cenizas y proteínas conformaron cerca del 98 % de los sólidos totales del alga.

Al considerar la relación % proteínas/ % carbohidratos para estimar el estado fisiológico de las plantas carragenofitas (Dawes et al. , 1974), se apreció que en los meses de marzo y mayo se presentaron las razones más altas, lo que se asocia a una fase de crecimiento rápido; en contraste con los meses de septiembre y enero-88, que presentan las razones más bajas denotando la presencia de plantas maduras y en fase de reproducción. En fase de crecimiento exponencial, la síntesis de proteínas y otros constituyentes protoplasmáticos es predominante, lo que trae consigo la acumulación de material en la pared celular o productos de reserva (Fogg, 1964) . El contenido de carbohidratos se presentó menos variable en gametofito con

relación a material estéril (coef. de variación de 4.62 % y 5.30 % respectivamente) posiblemente debido a una mayor heterogeneidad en el material estéril. El contenido promedio anual de carragenanos, para las fases gametofito (40.05 %) y material estéril (38.73 %) se encontró menor con respecto a lo reportado para plantas gametofito de G. canaliculata de California (50.6 %) por Abbott (1980-a) y McCandless et al. (1983-a) (50.2 a 51.0 %), siendo similar a lo reportado por González-Gómez (1988) en plantas cultivadas y fertilizadas en estanques (43.8 - 48.6 %), y a lo obtenido por Zazueta-Gutiérrez (1988) para plantas de Popotla, B.C. (42.6 %). Es factible considerar que las diferencias obtenidas con respecto a otros autores podrían ser debidas al método de extracción, ya que las fases de obtención del extracto y separación del carragenano determinan dicha eficiencia (Mathieson y Tveter, 1975).

El contenido de 3,6-anhidro-galactosa y sulfatos en carragenanos no fraccionados de las fases gametofito y material estéril fueron relativamente similares a los reportados por McCandless et al. (1983) para las fracciones insolubles en KCl de gametofitos femeninos de G. canaliculata. (21 % anhidro-galactosa y 23 % de sulfatos).

Se realizó el análisis de reductores para las fracciones

de carragenanos de las fases gametofito y material estéril y se encontraron valores bajos (gametofito 66.11% - 88.28% y material estéril 66.28 % - 81.75 %), de acuerdo a lo planteado por Rivera- Carro (1987); esto se podría atribuir a una fraccionación parcial en la cuantificación de reductores.

Fracciones insolubles en KCl 0.3 M de fases gametofito y material estéril se presentaron como las fracciones mayoritarias de carragenanos no fraccionados; confiriéndoles propiedades gelificantes . La variación de la fuerza de gel entre las muestras se puede asociar al contenido de 3,6-anhidro-galactosa , sulfatos y a la capacidad de solubilización en KCl (Pernas et al., 1967; McCandless et al. , 1983). Muestras de primavera y verano presentaron la menor fuerza de gel; encontrándose un valor de 4.90 gr/cm² en la muestra gametofito de mayo , el que puede estar relacionado con un carragenano degradado por efecto de las condiciones de extracción (por ejemplo; la temperatura), denotándose por una baja fuerza de gel. En contraste con otoño e invierno, donde se observó un apreciable incremento, este patrón fué similar a lo encontrado por Abbott (1980 - a) para gametofito de G. canaliculata de California con valores bajos en primavera y altos valores en otoño e invierno.

Se encontró en los carragenanos no fraccionados una fuerza de gel menor con respecto a una muestra de bactoagar " Difco " (218.9 g/cm²), lo que denotó un ficocoloide con baja capacidad como sustituto de agar para medios microbiológicos(Abbott y Chapman, 1981.) ; González -Gómez (1988) y Zazueta-Gutiérrez (1988) encontraron una característica similar en geles de Gigartina canaliculata.

De acuerdo con McCandless et al. (1982) y McCandless et al. (1983) la espectroscopia de infrarrojo denotó en carragenanos no fraccionados de gametofito y material estéril, la presencia de un carragenano híbrido k (i), el que se caracteriza por presentar bandas de absorción en 845-850 cm⁻¹. Los carragenanos solubles en KCl 0.3 M en las muestras de enero-87 M.E., mayo G. y M.E. y septiembre M.E. ; presentaron absorbancias características a 825- 830 cm⁻¹, las que se asocian a carragenano del tipo lambda y epsilon; para las demás muestras solubles en KCl 0.3 M no se encontró un comportamiento del tipo lambda y/o epsilon, sino que se comportaron como las muestras del carragenano no fraccionado, con bandas de absorción a 845-850 cm⁻¹ ; las cuales son características de un carragenano del tipo k(i). Esto puede atribuirse a una fraccionación deficiente o contaminación de las muestras; así mismo al presentarse

picos débiles a 930 cm^{-1} en las fracciones solubles se podría asumir la presencia de theta carragenano; por lo cual no se encontró el comportamiento esperado, como en las muestras antes mencionadas.

5 CONCLUSIONES

Los constituyentes mayoritarios de composición proximal fueron los carbohidratos y cenizas.

El contenido de carbohidratos y carragenanos de las plantas gametofita y material estéril no presentaron diferencias apreciables durante el ciclo anual.

La mayor fuerza de gel en carragenanos no fraccionados se presentó en otoño e invierno para las plantas gametofito y material estéril.

Carragenanos de gametofito y material estéril presentaron a la fracción insoluble en KCl 0.3 M en mayor proporción en relación a la fracción soluble.

Fracción insoluble en KCl 0.3 M., presentó carragenanos tipo k(i) (fracción gelificante).

Fracción soluble en KCl 0.3 M. se presentó carragenanos tipo lambda y epsilon (no gelificante).

LITERATURA CITADA

- Abbott, I.A., 1980a. Some field and laboratory studies on colloid producing red algae in Central California. *Aquat. Bot.*, 8: 255-266.
- Abbott, I.A. y A. Chapman, 1981. Evaluation of kappa carrageenan as a substitute for agar in microbiological media. *Arch. Microbiol.* 128: 355-359
- A.D.A.C., 1984. *Official Methods of Analysis*. 14th ed., Washington D.C.
- Correa-Díaz, F., 1987. Variación estacional del rendimiento de carragenano extraído de Eucheuma uncinatum, Setchell and Gardner (Rhodophyta) de Bahía de los Angeles B.C. Tesis, Fac. de Ciencias Marinas U.A.B.C., Ensenada B.C. 35 pp.
- Craigie, J.S. y C. Leigh, 1978. Carrageenans and Agars. En: J.A. Hellebust y J.S. Craigie (Eds.), "Handbook of Phycological Methods", Cambridge University Press, Cambridge, pp 109-131.

- Craigie, J.S., Z.C. Wen y J.P. van der Meer, 1984. Interspecific, intraspecific and nutritionally-determined variations in the composition of agar from Gracilaria spp. *Botanica Marina* 27(2): 55-61.
- Dawes, C.J., J.M. Lawrence, D.P. Cheney y A. Mathieson, 1974. Ecological studies on floridian Eucheuma (Rhodophyta, Gigartinales), III Seasonal variation of carrageenan, total carbohydrates, protein and lipid. *Bull Marine Science* 24 (2): 286-299.
- Dawes, C.J., N.F. Stanley y D.J. Stancioff, 1977. Seasonal and reproductive aspect of plant chemistry, and i-Carrageenan from floridian Eucheuma (Rhodophyta, Gigartinales). *Botanica Marina* 20 (3) : 137-147.
- Dawson, 1961. Marine red algae of Pacific México, IV. Gigartinales. *Pacific Nat.*, 2 (5): 191-341.
- Dubois, M., K.A. Guilles, J.K. Hamilton, P.A. Ribers y R. Smith, 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.* 28:350-354.

- Durazo, E. 1986. Informes de Avance del Proyecto:
" Alternativas de nutrición en el cultivo de
organismos acuáticos ", Sección Química, Fac. de
Ciencias Marinas, U.A.B.C. Ensenada B.C. (No
publicados).
- Egan, H., R.S. Kirk y R. Sawyer, 1987. Análisis Químico de
Alimentos de Pearson, 1a Ed. en español (8a en
inglés). CECSA, México, D.F. pp. 268-269.
- Fogg, G.E., 1964. Environmental conditions and the pattern of
metabolism in algae. En : D. Jackson (Ed.),
"Algae and man ". Plenum Press, New York, pp 77-85.
- González-Bómez, M.A., 1988 Efecto de los nitratos en
crecimiento y producción de carragenano en
Gigartina canaliculata Harv. en tanques de cultivo.
Tesis, Fac. de Ciencias Marinas U.A.B.C., Ensenada
B.C. 35 pp.
- Hernández-Garibay, E., H. Rivera-Carro y J. Euardado-
Puentes, 1987. Modificación alcalina de
carragenanos obtenidos de Gigartina canaliculata.
En: Resúmenes de VII Congreso Nal. de Oceanografía,
Inst. Nal. de Pesca, Ensenada B.C. p 414.

- Larsen, B. 1978. Brown seaweeds: analysis of ash, fiber, iodine and mannitol. En : J.A. Hellebust y J.S. Crigie (Eds.), " Handbook of Phycological Methods". Cambridge University Press, Cambridge. pp. 181-188.
- Larsen, B. 1979. Manual de métodos de laboratorio, Curso "Industrialización y Utilización Racional de los Recursos algales de Baja California Norte", Evaluación Química. 13 de julio- 27 julio. Unidad de Ciencias Marinas U.A.B.C., Ensenada B.C. (No publicado).
- Lawson, C.J., D.A. Rees, D.J. Stancioff y N.F. Stanley, 1973. Carrageenans. Part. VIII. Repeating structures of galactan sulphates from Furcellaria fastigiata, Gigartina canaliculata, Gigartina chamissoi, Gigartina atropurpurea, Ahnfeltia durvillaei, Gymnogocrus furcellatus, Eucheuma cottonii, Eucheuma isiforme, Eucheuma uncinatum, Aghardhiella tenera, Fachymenia hymantophora and Gloipeltis cervicornis. J. Chem. Soc. Perkin I : 2177-2182.

- Mathieson, A.C. y E. Tvetter, 1975. Carrageenan Ecology of Chondrus crispus stackhouse. Aquatic Botanic 1: 25-43
- McCandless, E.L., J.A. West y M.D. Guiry, 1982. Carrageenan Patterns in the Phyllophoraceae. Biochemical Systematics and Biology 10 (4): 275-284.
- McCandless, E.L., J.A. West y M.D. Guiry, 1983. Carrageenan Patterns in the Gigartinaeae. Biochemical Systematic and Ecology 11(3) : 175- 182.
- Molina-Martínez, J. 1986. Notas sobre tres especies de algas marinas: Macrocystis pyrifera, Gelidium robustum y Gigartina canaliculata; de interés comercial en la costa de occidente de B.C., México. En: Contribuciones Biológicas y tecnológico-pesqueras. Sec. de Pesca I.N.P. Centro Regional de Investigación Pesquera. Ensenada B.C. México. Documento informativo # 3 16-39 pp.
- Ortega, M.M. 1977. Felo de cochi. Instituto de investigaciones sobre recursos bióticos. A.C. Com. 15 . 4 pp.

- Perman, A. y D. A. Rees, 1973. Carrageenans. Part IX. Methylation analysis of galactan sulphates from Furcellaria fastigiata, Gigartina canaliculata, Gigartina chamissoi, igartina antropurpurea, Ahnfeltia durvillaei, Gymnogongrus furcellatus, Euclima isiformis, Euclima uncinatum, Aghardiella tenera, Pachymenia humantophora and Gloipeltis cervicornis. J. Chem. Soc. Perkin I: 2182-2187.
- Pernas, A.J., O. Smiderod, B. Larsen y A. Haug, 1967. Chemical heterogeneity with potassium chloride. Acta Chem. Scand. 21(1) : 98-110.
- Percival, E. y McDowell, R. H., 1967. Chemistry and Enzimology of Marine Polysaccharide. Academic Press, London and New York.
- Rees, D.A., 1969. Structure, conformation, and mechanisms in the formation of polysaccharide gel and networks. Adv. Chem. Biochem. 24: 267-332.

- Rivera-Carro, H., E. Hernandez-Garibay y J. Guardado-Puentes, 1987. Estudio de la variación estacional y geográfica de la composición de los carragenanos de Gigartina canaliculata de dos localidades de Baja Cfa. En : Resúmenes del VII Congreso. Nal. de Oceanografía, Inst. Nal. de Pesca, Ensenada B.C. p. 146.
- Smidsrod, D., B. Larsen, J. Pernas y A. Haug, 1967. The effect of alkali treatment on the heterogeneity and physical properties of some carrageenans. Acta Chem. Scand. 21 (10): 2585-2598.
- Smith, D.B. y W.H. Cook, 1953. Fractionation of carrageenin. Arch. Biochem. Biophys. 45:232-233.
- Stancioff, D. J. y N.F. Stanley, 1969. Infrared and chemical studies on algal polysaccharides. Proc. Intl. Seaweed Sym. 6: 595-609.
- Towle, G.A. 1973. Carrageenan. En : Whistler, R.L. (ed.), Polysaccharides and derivatives, capt. V 84 - 114. Academic Press. New York.

Zazueta-Gutierrez, E. 1988. Un estudio químico de los carragenanos de cuatro especies de Gigartina. Tesis, Fac. de Ciencias Marinas U.A.B.C., Ensenada B.C. 42 p.