

## ESTUDIOS QUIMICOS EN MACROCYSTIS PYRIFERA (L.) AG. CONSTITUYENTES INORGANICOS Y ORGANICOS

Héctor Etcheverry D.\* y Luis López G.\*\*

**ABSTRACT.** The organic and inorganic chemical component of *Macrocystis pyrifera* from Puerto Toro kelp beds (Navarino Island, Chile) were determined.

This research analyses the presence, content and seasonal variation of alginic acid, laminarin and manitol.

Other important mineral elements, like cations and anions are also determined.

The results obtained show that this alga could be an excellent source of alginic acid, manitol and laminarin. Their rich mineral content makes them an ideal supplement for fertilizers in agriculture and for live stock feed.

### INTRODUCCION

El presente trabajo tiene por objeto dar a conocer los principales constituyentes químicos, tanto orgánicos como inorgánicos de *Macrocystis pyrifera* (L.) Ag. Dentro de estos constituyentes se señala con especial énfasis al ficocoloide ácido algínico, el manitol y la laminarina.

Los diferentes métodos analíticos utilizados en este trabajo son los experimentados durante varios años por especialistas en química de algas tanto del Instituto de Investigaciones Alológicas de Edimburgo (Black *et al.* 1951), como de Montemar.

\* Facultad de Medicina División Académica de Ciencias, Universidad de Valparaíso.

\*\* Facultad de Medicina Escuela de Química y Farmacia, Universidad de Valparaíso Casilla 130-V, Valparaíso.

La composición química de las algas comparada con la de las plantas terrestres es más sencilla, sus componentes son en su mayor parte específicos y sufren variaciones estacionales (Cameron *et al.* 1948).

Si bien es cierto que la celulosa es el principal constituyente de la pared de las plantas terrestres en el caso particular de *Macrocystis pyrifera*; además de ésta, se encuentra, el ácido algínico, corrientemente denominado como algina, ficocoloide de molécula compleja, cuya estructura aún se discute (Jensen 1953). El producto de la fotosíntesis, que en las plantas terrestres es el almidón, es reemplazado en las algas pardas por la laminarina, substancia de estructura similar pero no idéntica al almidón. Otra diferencia entre las algas pardas y las plantas terrestres se refiere al manitol alcohol hexahídrico, que se forma como resultado del proceso de asimilación y que ocupa en ellas el lugar de la glucosa.

Las determinaciones químicas efectuadas, se refieren principalmente a los tres constituyentes citados, sin distinguir, estructuras o tipos especiales, se considera a la substancia como un todo.

Las algas pardas poseen usos variados que aumentan día a día con el desarrollo tecnológico y la demanda alimenticia (Tressler 1923). Nos parece acertado mirar hacia estos recursos algológicos como una de las reservas alimenticias del futuro, lo que justifica su importancia económica, el interés en su explotación racional y la importancia que reviste esta investigación en particular.

La riqueza en materia orgánica de este género ha hecho que ante la crisis energética se haya recurrido a él para producir carburantes que reemplacen el petróleo natural.

*Macrocystis pyrifera* es el alga parda, de tamaño más grande que existe, proporciona más del 50% del ácido algínico que se consume en el mundo, y en el Canal Beagle forma extensos bosques cuya cobertura aún no ha sido evaluada. (Bahamonde *et al.* 1976).

Una forma de conocer si es conveniente su explotación y en qué época, es recurriendo a un acabado análisis químico de la especie por un período prolongado que abarque todas las estaciones climáticas del año.

La investigación realizada tiene como objetivo principal analizar el ácido algínico, manitol y laminarina como compuestos de interés económico. Además se determinan los elementos, cationes y aniones principales.

Se presenta aquí, un espectro bastante completo de lo que es la composición química de la especie *Macrocystis pyrifera* (L.) Ag. conocida como huiro en Chile y como "kelp" por los norteamericanos. Se compara también la composición química de esta especie con la de *Macrocystis integrifolia* Bory, de Chile Central, procedente de la localidad de Horcón.

## MATERIALES Y METODOS

### Muestreo, preparación y almacenamiento del alga

Las muestras de *Macrocystis pyrifera* (L.) se recolectaron mediante buceo autónomo, a seis metros de profundidad en Puerto Toro, Isla Navarino, en el mismo lugar en el que se realizaron los demás trabajos que contempla el Proyecto de Estudios Biológicos de *Macrocystis pyrifera* (L.) Ag. Las fechas de muestreo corresponden a agosto 1979, diciembre 1979 (2 ocasiones), abril 1980 y julio 1980.

En cada fecha de recolección, se analizaron ejemplares completos y separadamente un conjunto de frondas y estípites, con excepción de diciembre.

Las plantas recolectadas, se secaron a 40°C, en la misma zona de recolección, y se enviaron en bolsas de polietileno hasta Valparaíso. Cada planta o porción de planta recibida en Valparaíso se limpió de epífitos y epifauna extraña y se secó en estufas a 40°C durante 15 horas aproximadamente. En seguida se molieron en molinillo eléctrico, pasando por un tamiz de 40 mallas. En este estado, las muestras se almacenaron en bolsas de papel, en lugar seco, para su posterior análisis. Todos los resultados obtenidos son corregidos para el contenido de humedad remanente.

## Métodos de análisis

### Peso seco

Ejemplares completos se pesaron recién recolectados denominándose al valor obtenido peso fresco. Después del tratamiento de secado descrito se volvieron a pesar, y se determinó la pérdida de peso, por diferencia de pesada (peso seco).

### Humedad

10 gr del alga seca y molida se calentaron 4 horas en una estufa a 100°C. La pérdida de peso fue usada para calcular el porcentaje de humedad.

$$\% \text{ humedad} = \frac{10 - \text{pesada final}}{10} \times 100$$

### Cenizas totales

2 gr del alga seca y molida se calcinaron durante 4 horas en una mufla eléctrica a 500°C. La pérdida de peso es un índice para calcular el porcentaje de cenizas totales.

### Cenizas insolubles

Las cenizas totales obtenidas en el análisis se lavan 3 veces con 5 ml de agua destilada hirviente y posteriormente en el mismo filtro se lavan 4 veces más. Se calcina el residuo durante 3 horas a 500°C, se enfría y se pesa. Se calcina el residuo durante 3 horas a 500°C, se enfría y se pesa. Se calcula así el porcentaje de cenizas insolubles.

### Cationes y aniones

2 gr del alga seca y molida se calcinaron durante 4 horas en una mufla eléctrica a 500°C. Las cenizas resultantes se trataron con porciones sucesivas de 5 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado

hasta decoloración casi total. Se filtró y se enrasó a 100 ml, la solución original.

- Sodio y Potasio

0,5 ml de la solución anterior se enrasaron a 100 ml y se determina Na y K por fotometría de llama con un instrumento "Baird Atomic".

- Calcio

5 ml de la solución inicial se enrasaron a 100 ml con agua destilada y se determina el Ca en un espectrofotómetro de absorción atómica (E.A.A.) Perkin Elmer 260.

- Magnesio

Con la misma solución preparada para determinar Na y K se analiza Mg en el E.A.A. anterior.

- Cloruros

Se determinaron por el método de Mohr diluyendo 0.15 ml de la solución original a 20 ml aproximadamente y valorando con nitrato de plata 0,01 N, en presencia de cromato de potasio.

- Sulfatos

Se determinaron según método standard (1963) diluyendo 3 ml de la solución inicial hasta 100 ml con agua destilada, agregando 5 ml de una solución acondicionadora, 0,5 gr de  $BaCl_2$  sólido, agitando durante 5 minutos con agitador magnético, la turbidez provocada por la presencia de sulfatos se lee a 420 nm en un fotocolorímetro "Coleman Junior II A".

- Hierro y Cobre

En la solución original se leen directamente Fe y Cu en el mismo E.A.A. usado previamente.

### - Fósforo

Se determinó según Chen *et al.* (1956). 0,1 ml de la solución inicial, se trataron en medio sulfúrico, con ácido ascórbico y molibdato de amonio para formar el complejo azul de fosfomolibdato y se leyó su absorbancia a 825 nm en el fotocolorímetro ya mencionado.

### Nitrógeno

Se procedió a digerir 0,25 gr según Kjeldahl, con ácido sulfúrico en presencia de  $K_2SO_4$  y HgO hasta decoloración total. En seguida se destiló el  $NH_3$  liberado por adición de NaOH y tiosulfato sódico y se recibió en ácido bórico saturado titulando con HCl 0,02 N.

### Acido algínico

Se analizaron 0.1 gr de alga seca y molida por el método de Cameron, Ross y Percival (1948) que se basa en la extracción del ácido algínico (mezcla de ácidos urónicos), por tratamiento del alga con un ácido mineral diluido ( $H_2SO_4$ ), conversión a alginato sódico y luego a alginato cálcico, reconversión a ácido algínico por tratamiento con acetato cálcico y valoración final del ácido acético liberado.

### Manitol

0,1 gr de alga seca y molida se analizaron por el método de Cameron, Ross y Percival (1948), que consiste en hidrolizar el alga, adicionar  $HIO_4$  y KI y valorar el  $I_2$  liberado con tiosulfato 0,1 N.

### Laminarina

1 gr de alga seca y molida se analizó por el método de Black, Cornhill, Dewar y Woodward (1951) que consiste en hidrolizar el polisacárido y valorar la glucosa liberada según Schaffer

y Simogyi (1954).

Estas tres últimas determinaciones, ácido algínico, manitol y laminarina fueron elaboradas y experimentadas durante varios años por Black, Cameron, Ross, Percival y otros investigadores de "The Scottish Seaweed Research Institute" de Edimburgo ya citados.

## RESULTADOS

Los contenidos determinados para los diferentes elementos y compuestos analizados se ordenan a continuación en tablas, y se grafican contra el tiempo de recolección. Los dos muestreos realizados en diciembre 1979 aparecen informados como uno solo, correspondiendo el dato informado a un término medio de los análisis de ambas muestras.

En la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos en la determinación del contenido de humedad remanente en el alga seca y molida que se usará para los análisis posteriores; la primera fila identifica la fecha de recolección, la segunda los resultados en el alga completa C, la tercera los resultados en la fronda en particular F y la cuarta, los resultados en el estípite E. Este conjunto de datos, está graficado en la fig. 1.

Los contenidos de humedad varían entre 4,3 y 9,9% con un promedio de 7,1%. Es necesario hacer notar que la humedad analizada corresponde a la absorbida por el agua según las condiciones de almacenamiento, y que su determinación es importante para el cálculo de los porcentajes en peso seco de los diferentes componentes analizados.

El peso seco real se determinó sólo en los pocos ejemplares completos cuyo peso fresco se conocía, y el promedio corresponde a 89,72%.

Las cenizas totales e insolubles determinadas, están ordenadas en la tabla 2 y graficadas en la fig. 2. Los contenidos de cenizas totales varían entre 34,4 y 44,5% con un promedio de 42,1%, observándose una relativa constancia en las distintas estaciones. De todas maneras, es posible deducir contenidos mayores de cenizas totales en el período invernal, agosto

1979 y julio 1980.

El contenido de las cenizas insolubles oscila entre 2,4 y 10,2% con un promedio de 6,66%. A diferencia de los valores obtenidos para las cenizas totales, en este caso se aprecia una variación irregular en relación a la época de muestreo, aunque se puede deducir una tendencia a la disminución en el tiempo.

La diferencia entre las cenizas totales y las insolubles da el contenido de cenizas solubles.

En la tabla 3 están los resultados para los análisis de sodio y potasio y en la fig. 3 los gráficos correspondientes. Los contenidos de sodio varían entre 2,60 y 3,85% con un promedio de 3,23%. Se observa que en igual forma que el contenido de cenizas totales, el del sodio es mayor en los períodos invernales que en los períodos de mayor temperatura. En la planta completa, el contenido de sodio se mantiene más constante que en sus partes separadas.

Los contenidos de potasio varían entre 10,1 y 16,6% con un promedio de 13,2%. Existe una relación entre porcentaje de potasio y sodio de 4,0 que confirma la información general de concentración de potasio por las algas a pesar que en su medio natural, el sodio es el elemento principal. El contenido de potasio, del mismo modo que el del sodio, es mayor en los períodos invernales.

Los análisis de calcio y magnesio están informados en la tabla 4 y graficados contra el tiempo en la fig. 4. El calcio está presente entre 0,46 y 1,97% con un promedio de 1,07%. La variación estacional del porcentaje de calcio es irregular, siendo más abundante en las frondas en el mes de abril.

En cambio, los contenidos de magnesio son más constantes, variando entre 0,66 y 0,82%, aunque sin mostrar mayor abundancia en determinadas estaciones. El contenido promedio de magnesio alcanza a 0,70% y la relación Ca/Mg es de 1,5.

En la tabla 5 están los resultados de los análisis de cloruros y sulfatos y en las figuras 5.1 y 5.2 respectivamente, los gráficos correspondientes. Para los cloruros, los valores obtenidos varían entre 1,2 y 15,4% con un promedio de 6,4%. Los resultados anotados corresponden a un promedio de determinaciones efectuadas por tres operadores diferentes. Los

mayores contenidos de cloruros se presentan en el período invernal.

En cambio, los contenidos de sulfatos presentan un rango de variación, más constante entre 2,55 y 7,00% con un promedio de 4,07%. Este contenido aumenta regularmente desde agosto 1979 hasta julio 1980.

En la tabla 6 están los resultados de los análisis de hierro y cobre y en las figuras 6.1 y 6.2 están los gráficos correspondientes. Los valores de cobre varían entre 10 y 118 ppm con un promedio de 56,4 ppm; estas bajas concentraciones y su variación sin patrón de referencia no guarda relación con los elementos mencionados anteriormente. Los contenidos de hierro son levemente superiores a los de cobre, variando entre 24 y 120 ppm con un promedio de 59,1 ppm. En este caso se puede apreciar un mayor contenido en los períodos invernales.

Los análisis de nitrógeno y fósforo están ordenados en la tabla 7 y graficados en las figuras 7.1 y 7.2 respectivamente. En el caso del nitrógeno, su contenido es razonablemente constante a través del tiempo, aunque es posible apreciar una tendencia a la disminución gradual en el curso del año. Esta disminución se relaciona estrechamente con posibles procesos de senescencia o baja de nutrientes en el medio. El máximo contenido de nitrógeno es de 3,25% y el mínimo de 1,39%, con un promedio de 2,14%. Todo este nitrógeno convertido en proteína habla de un contenido proteínico que varía entre 19,8 y 8,7% con un promedio de 13,2%.

En cambio el fósforo, fig. 7.2, con un contenido máximo de 0,70%, un mínimo de 0,34% y un promedio de 0,52%, se presenta en forma muy irregular. No es posible deducir alguna tendencia especial.

En la tabla 8 están ordenados los análisis de laminarina y manitol y en las figuras 8.1 y 8.2 los gráficos correspondientes. El contenido de laminarina tiene un máximo de 9,03% y un mínimo de 4,36 con un promedio de 5,47%. Se aprecia que este contenido disminuye en forma regular a lo largo del año.

El contenido de manitol varía entre 0,80 y 2,50 con un promedio de 1,39%. En este caso se observa claramente que en los períodos invernales el contenido de manitol es menor que en los períodos de primavera y verano, tanto en las muestras completas como en sus partes separadas.

Mientras que el contenido de la laminarina es similar en la fronda y estípite, el manitol es levemente mayor en las frondas.

Los porcentajes de ácido algínico, que como máximo alcanzan a 21% y como mínimo a 13,5% y en promedio a 17,0%, están en la tabla 9, y su relación con las fechas de muestreo en la fig. 9. El análisis de los datos, muestra una disminución suave, pero constante en el contenido de ácido algínico, de igual forma que los contenidos de laminarina, tanto en la planta completa como en la fronda; sin embargo, en el estípite, el contenido de ácido algínico varía en forma irregular, siendo más abundante en el período diciembre-abril.

Si sumamos los contenidos de manitol, laminarina y ácido algínico en las diferentes fechas de muestreo, se obtienen las cifras entregadas en la tabla 10. La fig. 10 contiene los porcentajes comparados de estos tres componentes en la planta completa.

En la planta completa y en la fronda se observa una disminución constante del total de estos tres componentes, mientras que en el estípite, la variación es más irregular. Convirtiendo todo el nitrógeno a proteína, el contenido de materia orgánica varía entre 30 y 45%. Si sumamos a esta cifra el peso de las cenizas totales, completamos entre 70 y 85% de la planta. El 15 a 30% restante queda momentáneamente sin analizar, incluyendo entre los posibles responsables a lípidos, azúcares solubles y otros.

También hemos analizado ejemplares de *Macrocystis integrifolia* procedentes de Horcones, V Región. Estos ejemplares se muestrearon el mes de diciembre de 1979 en tres ocasiones y los resultados obtenidos se entregan en la tabla 11 y se comparan con los promedios de *Macrocystis pyrifera* y *M. integrifolia* de Vancouver (Canadá).

Los contenidos en las especies chilenas de cada uno de los componentes analizados son muy similares destacándose un mayor porcentaje de ácido algínico en *M. integrifolia* mientras que el manitol y la laminarina son más abundantes en *M. pyrifera*. Hecho que está de acuerdo con los mayores contenidos de cenizas totales de *M. pyrifera*.

Tabla 1. Contenido de humedad del alga seca y molida.

	% Humedad *				Promedio **
	Agosto 1979	Diciembre 1979	Abril 1980	Julio 1980	
Muestra Completa C	5,54	-	7,06	9,37	7,32
Fronda F	4,35	6,76	8,69	7,19	6,75
Estípites E	5,18	9,51	9,64	7,26	7,90

\* Los valores indicados en cada tabla corresponden a un promedio de los análisis en triplicados, en cambio los valores máximos y mínimos indicados en el texto, corresponden a análisis individuales.

\*\* Los promedios indicados en cada tabla se calcularon en base al total de análisis practicados para cada tipo de muestra y los promedios indicados en el texto, se calcularon en base al total de análisis practicados, sin diferenciar el tipo de muestra.

Tabla 2. Contenido de cenizas totales (C.T.) y cenizas insolubles (C.I.).

	% C.T.				Promedio
	Agosto 1979	Diciembre 1979	Abril 1980	Julio 1980	
C	43,4	-	40,0	44,2	42,9
F	44,2	38,4	37,5	41,9	40,5
E	44,4	41,3	43,5	41,7	42,5

	% C.I.				Promedio
	Agosto 1979	Diciembre 1979	Abril 1980	Julio 1980	
C	8,27	-	8,41	5,42	5,53
F	10,2	5,08	8,78	7,25	7,87
E	5,60	4,28	5,60	4,90	5,09

Tabla 3. Contenido de Sodio y Potasio. Determinados por fotometría de llama.

% Na					
	Agosto 1979	Diciembre 1979	Abril 1980	Julio 1980	Promedio
C	3,42	-	3,53	3,70	3,57
F	3,38	2,48	2,74	3,29	2,96
E	2,88	2,63	3,32	2,97	2,95
% K					
C	14,8	-	11,7	14,2	13,3
F	13,0	11,5	10,8	12,5	12,0
E	13,3	15,1	14,3	14,3	14,3

Tabla 4. Contenido de Calcio y Magnesio. Determinados por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

% Ca					
	Agosto 1979	Diciembre 1979	Abril 1980	Julio 1980	Promedio
C	1,04	-	1,97	1,08	1,36
F	1,02	1,00	1,64	1,08	1,19
E	1,37	0,90	0,46	0,99	0,93
% Mg					
C	0,66	-	0,64	0,82	0,73
F	0,74	0,70	0,74	0,69	0,72
E	0,74	0,63	0,60	0,78	0,71

Tabla 5. Contenido de Cloruros y Sulfatos.

	% Cl <sup>-</sup>				
	Agosto 1979	Diciembre 1979	Abril 1980	Julio 1980	Promedio
C	7,63	-	1,76	5,00	4,80
F	14,7	5,84	1,76	7,03	7,33
E	12,4	6,86	1,59	7,11	6,99
	% SO <sub>4</sub> <sup>m</sup> (turbidimetría)				
C	3,62	-	5,11	5,79	4,84
F	3,22	4,27	6,01	7,00	5,12
E	2,55	4,00	2,44	5,39	3,59

Tabla 6. Contenido de Cobre y Hierro. Determinados por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

	ppm Cu				
	Agosto 1979	Diciembre 1979	Abril 1980	Julio 1980	Promedio
C	10	-	60	118	62,7
F	103	31,3	45	60	59,8
E	101	55	10	70	59
	ppm Fe				
C	30	-	55	41,5	42,2
F	120	44,9	30	110	76,2
E	55	32,3	30	23,8	35,3

Tabla 7. Contenido de Nitrógeno y Fósforo.

% N (Kjeldahl)					
	Agosto 1979	Diciembre 1979	Abril 1980	Julio 1980	Promedio
C	2,35	-	2,17	2,03	2,18
F	2,61	1,94	2,11	2,32	2,48
E	2,56	1,45	1,39	1,08	1,73
% P (Espectrofotometría visible)					
C	0,36	-	0,44	0,68	0,49
F	0,61	0,34	0,62	0,70	0,57
E	0,62	0,38	0,43	0,58	0,50

Tabla 8. Contenido de Laminarina y Manitol.

% Laminarina					
	Agosto 1979	Diciembre 1979	Abril 1980	Julio 1980	Promedio
C	5,96	-	5,74	4,43	5,38
F	9,03	5,07	4,59	3,51	5,55
E	7,45	4,66	5,37	4,36	5,46
% Manitol					
C	0,95	-	1,42	0,80	1,06
F	0,87	2,28	2,50	0,93	1,65
E	1,07	1,64	1,70	1,11	1,38

Tabla 9. Contenido de Acido Algínico.

	% Acido algínico				Promedio
	Agosto 1979	Diciembre 1979	Abril 1980	Julio 1980	
C	15,6	-	14,8	14,4	14,9
F	21,0	18,2	17,8	16,1	18,3
E	15,8	18,8	20,8	13,5	17,2

Tabla 10. Contenidos totales de Manitol + Laminarina + Acido Algínico.

	Contenidos totales de Manitol + Laminarina + Acido Algínico				Promedio
	Agosto 1979	Diciembre 1979	Abril 1980	Julio 1980	
C	22,5	-	22,0	19,6	21,34
F	31,2	25,6	24,9	20,5	25,5
E	24,3	25,1	27,9	19,0	24,0

\* El promedio indicado corresponde al promedio aritmético simple de cada valor

Tabla 11. Cuadro Comparativo. Contenido de constituyentes inorgánicos y orgánicos en especies de *Macrocystis* de Chile y Canadá.

Elemento o Compuestos	<i>M. pyrifera</i>	<i>M. integrifolia</i> Horcones	<i>M. integrifolia</i> Columbia británica (30)
Humedad	7,1%	8,63%	---
Cenizas totales	42,1%	35,81%	39,4%
Cenizas insolubles	6,66%	6,77%	6,9%
Na	3,23%	4,52%	4,14%
K	13,2%	10,7%	13,1%
Ca	1,07%	1,08%	0,65%
Mg	0,70%	0,64%	0,51%
Cl <sup>-</sup>	6,4%	3,23	---
SO <sub>4</sub> <sup>m</sup>	4,45%	4,16%	---
Cu	56,4 ppm	192 ppm	2 ppm
Fe	59,1 ppm	30 ppm	93 ppm
N	2,14%	1,64%	---
P	0,52%	0,31%	0,34%
Laminarina	5,47%	5,31%	---
Manitol	1,39%	0,98%	---
Ac. algínico	17%	19,9%	---

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

Antes de considerar las conclusiones que fluyen del trabajo realizado, deseamos hacer algunas consideraciones de carácter general. La mayor parte de las investigaciones químicas de algas, realizadas previamente, se refieren a especies del orden Laminariales (*Laminaria* sp.) y Fucales (*Fucus* sp.) que crecen en el hemisferio norte, entre 0 a 120 mts o más. *Macrocystis pyrifera* (L.) Ag. en los lechos o praderas de California se ubica entre 3 y 30 m encontrándose mucho más alejada de la costa que su congénere de Puerto Toro, donde se distribuye próximo a la línea costera.

Estos hechos, junto a la temperatura del agua de mar y la iluminación, son determinantes de las variaciones, a veces muy marcadas, de los diferentes ficocoloides: laminarina, manitol, ácido alginico, que en ellas se presentan.

Las praderas de Puerto Toro, en las que se ha trabajado no pasan de los 8 mts y las muestras recolectadas, proceden de estas profundidades. Creemos que ésto explica en cierto modo la regularidad con que varían los constituyentes orgánicos e inorgánicos a lo largo del año. En Puerto Toro tampoco se ha apreciado una variación estacional brusca de los ficocoloides.

Los resultados obtenidos, no difieren de los encontrados para la misma especie en otras localidades como Nueva Zelanda, California y Vancouver. Tampoco son diferentes a los obtenidos para *Macrocystis integrifolia* Bory, aunque en este caso los valores mínimos y máximos son más altos que los de *M. pyrifera* de Chile.

Las poblaciones de praderas inexplotadas de *M. pyrifera*, sufren un proceso de senescencia que pese a los fenómenos de translocación de nutrientes, influyen en el crecimiento, el que se retarda en las zonas apicales, y que es donde se genera el proceso de renovación total de la planta, y que en consecuencia debe afectar el proceso de elaboración de los diversos constituyentes.

Igualmente las condiciones de iluminación, en praderas muy antiguas y muy cerradas, impide en parte el proceso de fotosíntesis y éste afecta directamente la formación de sustancias elaboradas por el alga, como son los diversos ficocoloides.

La disminución constante de los contenidos totales de laminarina, manitol y ácido algínico, permite concluir que la planta no ha completado el ciclo de estos constituyentes. Recomendamos en consecuencia un período de análisis mayor (2 años) mes a mes y en lugares de mayor rango de profundidad que permita detectar los posibles cambios.

En todo caso, los resultados de los contenidos de ácido algínico, manitol y laminarina son relativamente altos. El ácido algínico, varía de 13,5% a 21%, con un término medio de 17%.

El contenido de materia orgánica varía entre 30 y 45% y hace comparable esta especie con otras Laminariales y con las del género *Fucus*.

Cuando se comparan las variaciones de estos constituyentes en la fronda y estípite separadamente, se observa que disminuyen gradualmente en la fronda, no así en el estípite. Podemos afirmar que los diversos nutrientes que contribuyen a la organización morfológica de la planta, circulan por vía del estípite y son más estacionarios en la fronda. Estas fluctuaciones estarían dependiendo del medio abiótico y en especial de la composición química del agua de mar.

El análisis del alga lavada con agua dulce muestra que las sales inorgánicas especialmente las de potasio son en su mayoría solubles y se presentan de preferencia en la fronda. Estas sales aumentan la riqueza de los componentes orgánicos (ac. algínico, laminarina y manitol). El ácido algínico en este análisis llegó a valores de 23,8%, la laminarina de 4,91% y el manitol de 0,91%. Las cenizas disminuyen hasta 20,3%.

Los valores obtenidos para los constituyentes inorgánicos y orgánicos de *Macrocystis pyrifera*, especialmente, el ácido algínico, manitol y laminarina, hacen recomendable su aprovechamiento no presentándose variaciones extremas de ellos.

AGRADECIMIENTOS. Este trabajo es parte de un programa de estudio "Biología y utilización de *Macrocystis pyrifera*" en Chile Austral, financiado a través de un convenio entre la Armada Nacional y la Pontificia Universidad Católica, con la colaboración de las Universidades de Chile y Concepción.

Agradecemos el trabajo responsable en la parte experimental de la Técnico Laboratorista Srta. N. Montino R. y la colaboración en tareas de laboratorio y de terreno de los Sres. J. Avila A., A. Cáceres A. y J. Lindemann S.

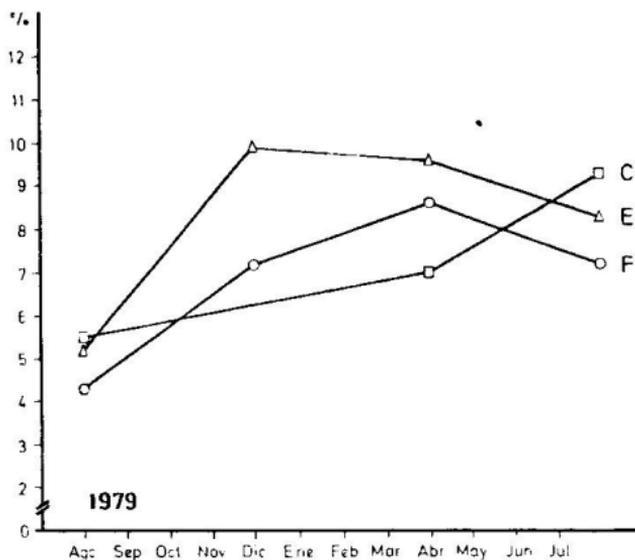


Fig. 1. Porcentaje de humedad.

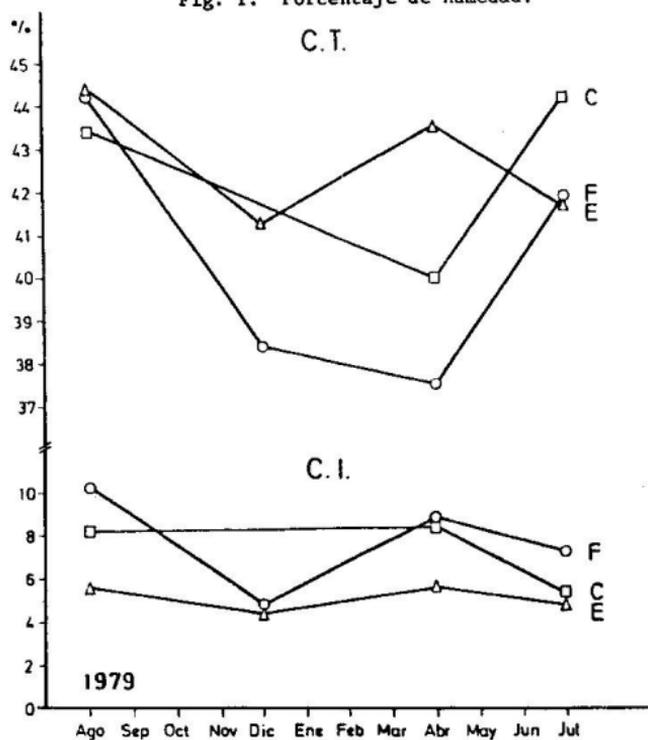


Fig. 2. Porcentaje de cenizas totales y cenizas insolubles.

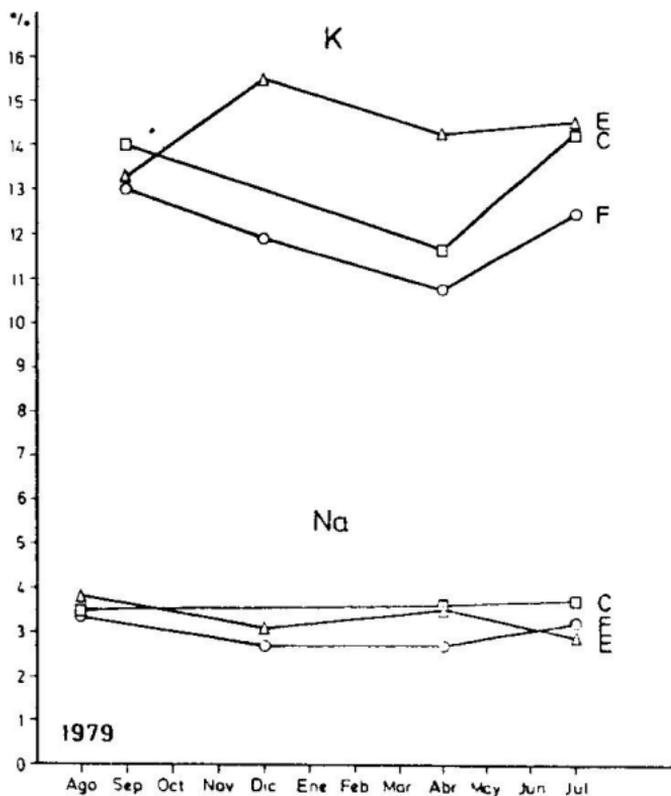


Fig. 3. Porcentaje de Sodio y Potasio.

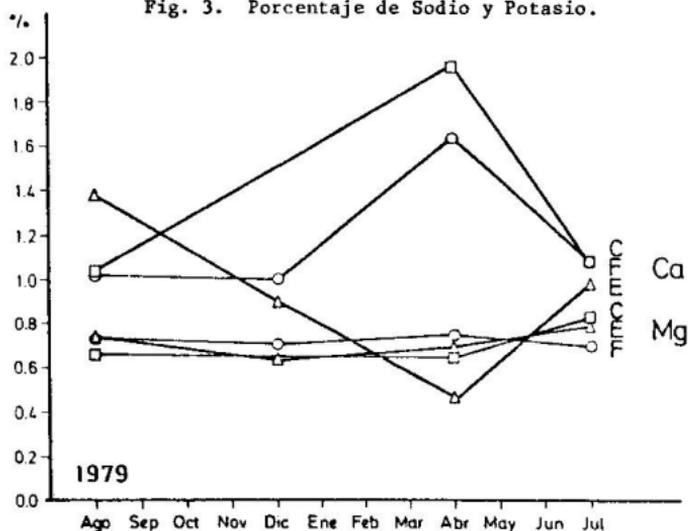


Fig. 4. Porcentaje de Calcio y Magnesio.

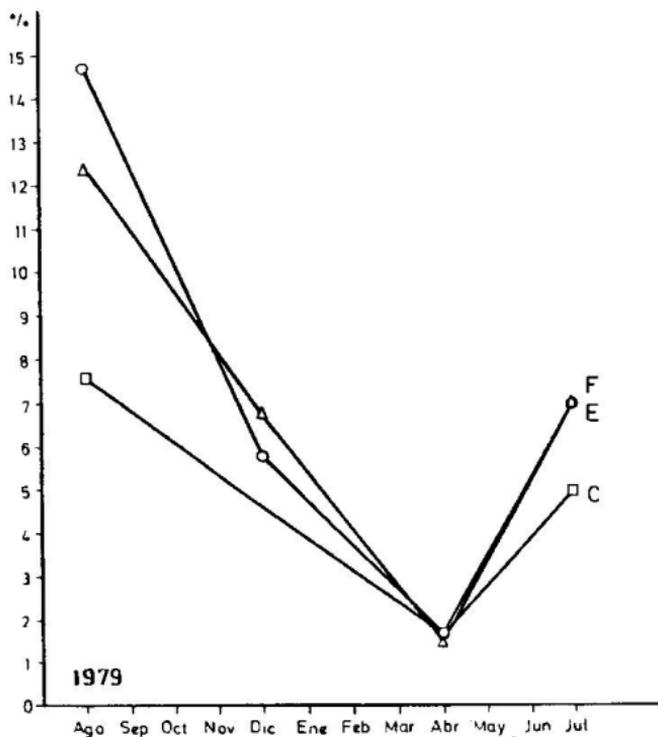


Fig. 5.1. Porcentaje de Cloruros.

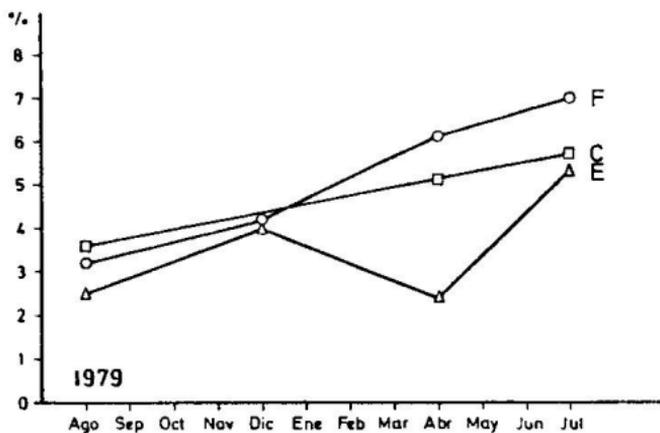


Fig. 5.2. Porcentaje de Sulfatos.

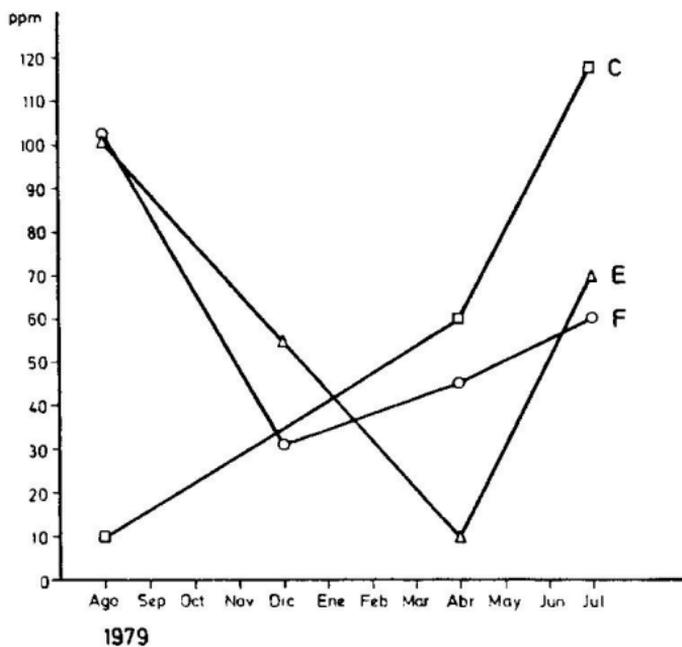


Fig. 6.1. Contenido de Cobre.

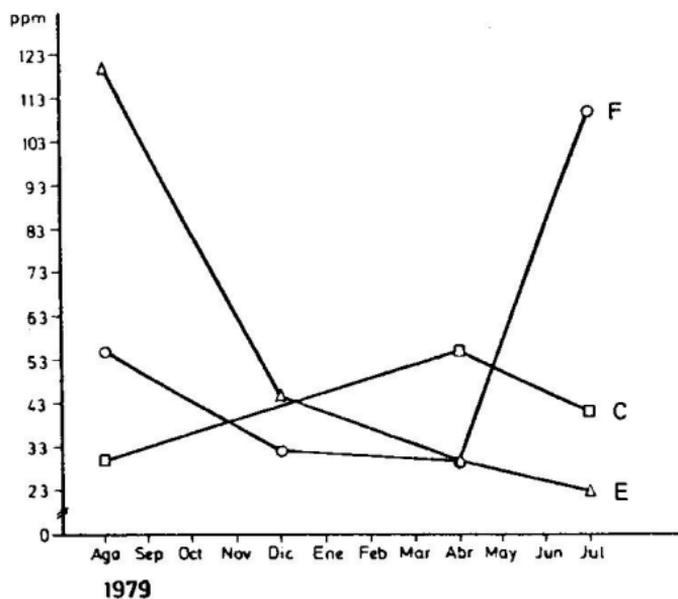


Fig. 6.2. Contenido de Hierro.

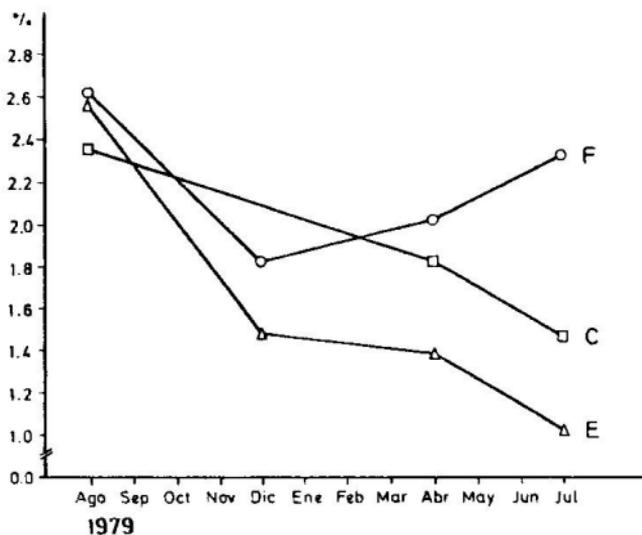


Fig. 7.1. Porcentaje de Nitrógeno.

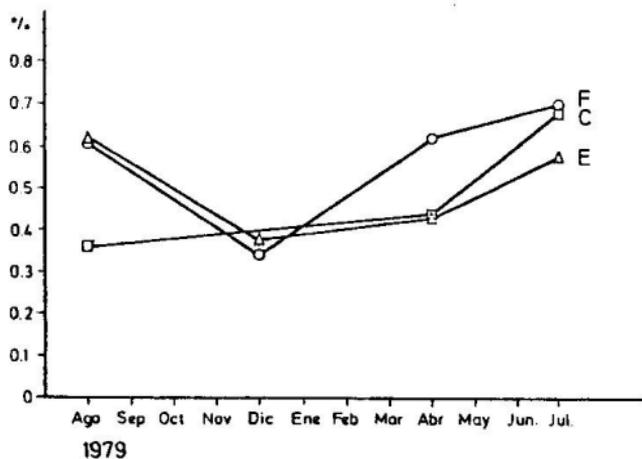


Fig. 7.2. Porcentaje de Fósforo.

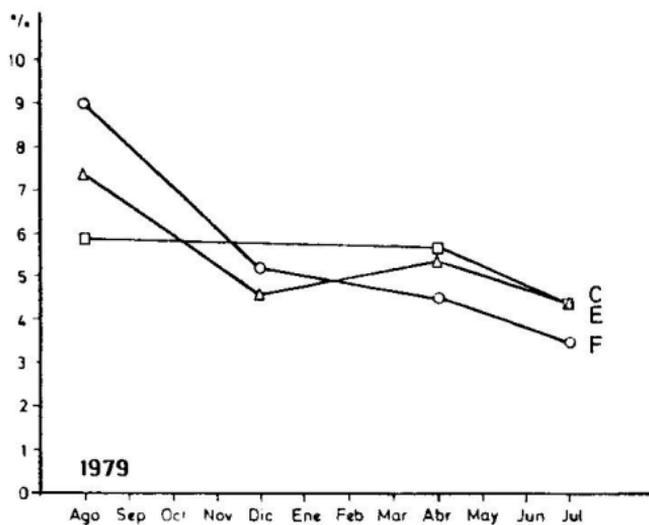


Fig. 8.1. Porcentaje de Laminarina.

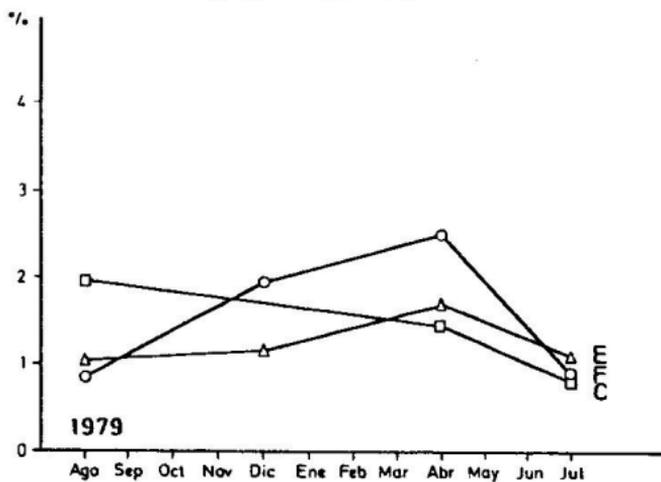


Fig. 8.2. Porcentaje de Manitol.

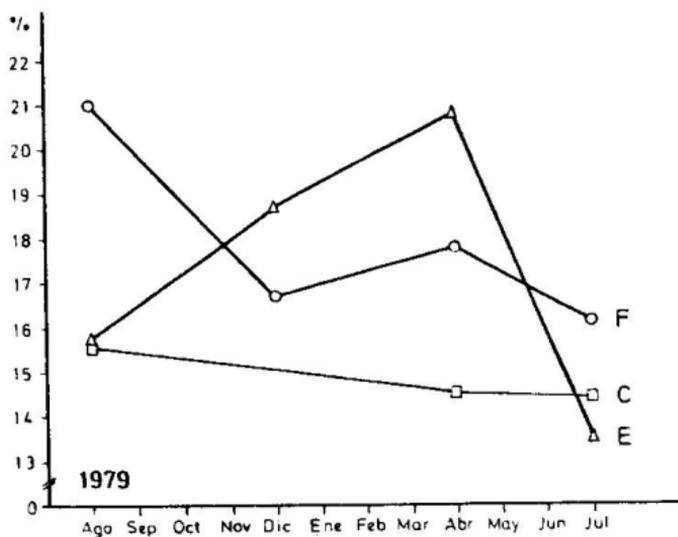


Fig. 9. Porcentaje de Acido Algínico.

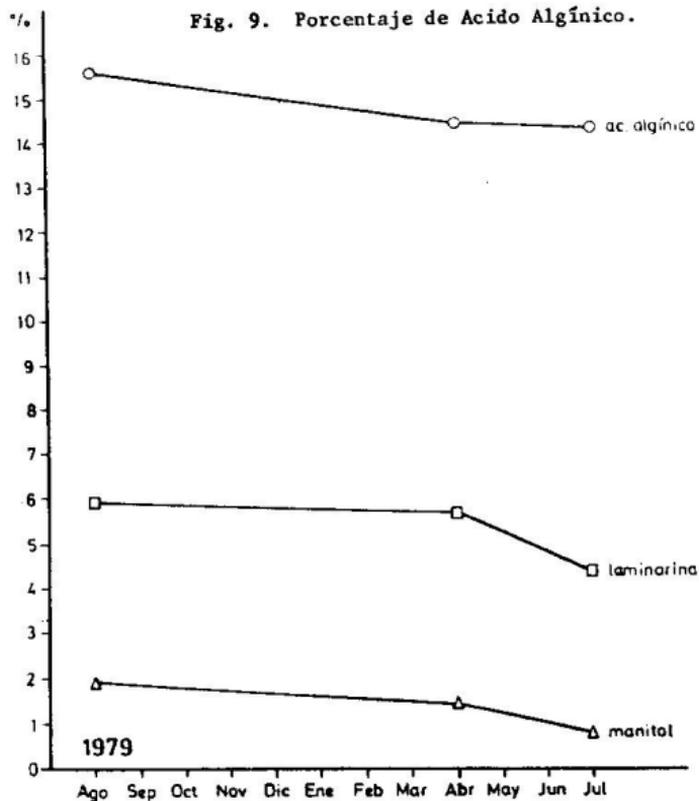


Fig. 10. Porcentajes comparados de ácido algínico laminarina y manitol.

## BIBLIOGRAFIA

- Baardseth, C. Investigaciones sobre algas marinas de importancia industrial. Unesco, Montevideo. Doc.In. 4, pp. 1-18.
- Bahamonde, R., Aranda, C. y Riutort, A. Evaluación de las praderas de algas pardas (*Macrocystis pyrifera*) en zona de Navarino. Fomento Pesquero, Chile. pp. 1-30.
- Black, W.A.P., Dewar, E.T. y Woodward, F.N. Manufacture of algal Chemicals, 1951 II Laboratory scale isolation of, mannitol from Brown Marine Algae. Journ.appl.Chem.Vol. 1, pp. 414-424.
- Black, W.A.P. and Dewar, E.T. Correlation of some of the physical and chemical properties of the sea with the chemical constitution of the Algae. Journ.Mar.Biol.Ass.U.K. 28: 673-699.
- Black, W.A.P., Cornhill, W.J. y Dewar, E.T. The properties of Algal Chemicals, I The evolutions of the common British Brown Marine Algae as a source of Alginate. Journ.Sc.Food Agr. 11: pp. 542-550.
- Black, W.A.P. and Dewar, E.T. The properties of the Algal Chemicals II. 1954 Some derivatives of Laminarin. J.Sc.Food Agric. 4, pp.176-183.
- Brandt, R.P. Potash from kelp. Early development and growth of the kelp giant, *Macrocystis pyrifera*. Int.St.Dep. of Ag.Bull. 1191 W.D.C. pp. 1-40.
- Braud, J.P., H. Etcheverry et R.Pérez. Développement de l'algue *Macrocystis pyrifera* (L.) Ag. sur les côtes bretonnes Science et Pêche. Bull. Inst.Pêches Marit., 233: 1-22.
- Cameron, M.C., Ross, A.G. and Percival, E.G. Methods for the routine estimation of mannitol, alginic acid and combined fucose in seaweeds. Journ.Soc.Chem.Ind. 67: 161-164.
- Cardinal, A. et M. Breton - Provencher. Variations de la teneur en acide alginique des Laminariales de l'estuaire maritime du Saint-Laurent 1977 Bot.Mar. 20: 243-251.
- Cabrero, G.F. Estudio de las algas marinas españolas desde el punto de vista de su aprovechamiento industrial, Madrid 110 pp.
- Chen, P.S. Jr., Toriba, T.Y. and Warnes Huber. Microdetermination of 1956 Phosphorus. Analyt. Chemist. Vol. 28, N°11, pp. 1756-1758.
- Christian, G.D. "Analytical Chemistry", 2 Ed. John Wiley and Sars, 1977
- Etcheverry, H. y G. Collantes. Cultivo artificial de *Macrocystis pyrifera* 1978 (L.) C.A. Agardh (Phaeophyta, Laminariales). An.Mus.Hist.Nat. Valparaíso, 11: 9-17.
- Halperin, D. y Boraso, A.L. Bibliografía preliminar sobre aprovechamiento 1971 e industrialización de las Algas Marinas Bentónicas. Inst.Nac. de Tech.Ind. B.A. pp. 1-152.
- Haug, A. Composition and properties of Alginates. Repr.Norw.Inst. Seaweed 1964 Res. 30: 1-123.
- Jensen, A., I. Sunde y Haug, A. On the quantitative determination of alginic acid. Rep.Norw.Inst. Seaweed Res. 12: 1-20.
- Kuhnemann, O. Algunas consideraciones sobre los bosques de *Macrocystis* 1970 *pyrifera*. Physis 29 (79): 273-296 B.A.
- Kain, J. Aspects of the Biology of *Laminaria hyperborea* - I. Vertical 1962 distribution. Journ.Mar.Biol.Ass.U.K. 42: 377-385.

- Kain, J. Aspects of the Biology of *Laminaria hyperborea* - II. Age, Weight 1963 and Length. Journ.Mar.Biol.Ass.U.K. (1963) 43: 129-152.
- Levring, T., H.A. Hoppe and O.J. Schmid. Marine Algae, a survey of research 1969 and utilization. Bot.Mar.vol. I Cram. De Gruyter and Co.Hamburg, 421 pp.
- Michanek, G. Seaweeds resources of the Ocean F.A.O. Fish - Tech Pap.138: 1975 127.
- North, W.H. The Biology of giant kelps beds (*Macrocystis*) in California, 1971 Beihefte zur Nova Hedwigia. Heft, 32, pp. 1-600.
- "Official Methods of Analysis-AOAC 1970". The Assoc. of Of.Analy.Chem.,Inc.
- Pérez, R. Teneur en acide alginique d'une population de *Laminaria digitata* 1967 Lmx. du plateau de Calvados. Rev.Trav.Inst.Peches Marit. 31 (2): 1-7.
- Rose, R.C. Determination of alginic acid. Canad.Journ.Technol. 29: 19-29. 1951
- Saiz, F. An acidometric method for alginic acid. Investigaciones Pesqueras 1966 30: 541-560.
- Suzuki, N. Studies on the manufacture of algin from brown algae. Me.Fac. 1955 Fish.Hokk.Univ. 3 (2): 93-160.
- Standar Methods for Analysis of Water. American Public. Health Associa- 1963 tion, 11 Ed., Editorial Americana.
- Tresler, D.K. Marine products of commerce N.Y. Reinhold 321 pp. 1923
- Tseng, C.K. The terminology of Seaweed colloids. Science 101(2633):597-602. 1945
- Tseng, C.K. Phycolloids; useful seaweed Polysaccharides. J.Chem. (Ed. J. 1946 Alexander) 6: 629-734.
- Whyte, J.N.E. and Englas, J.R. The content of Inorganic elements in the 1976 Marine Alga *Macrocystis integrifolia* Over the growing season. Tech.Rep. N°695 Fish and mar.Serv.Can.