

VARIACION ESTACIONAL Y GEOGRAFICA DE LA COMPOSICION
QUIMICA DE *Macrocystis pyrifera* EN LA COSTA OCCIDENTAL
DE BAJA CALIFORNIA

SEASONAL AND GEOGRAPHIC VARIATIONS OF *Macrocystis pyrifera*
CHEMICAL COMPOSITION AT THE WESTERN COAST
OF BAJA CALIFORNIA

Y.E. Rodríguez-Montesinos
G. Hernández-Carmona¹

Departamento de Pesquerías
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN
Apartado Postal 592
La Paz, Baja California Sur 23000, México

Ciencias Marinas (1991), Vol. 17, No. 3, pp. 91-107.

RESUMEN

Se estudió la variación estacional y geográfica del contenido de manitol, yodo, grasas, proteínas, fibra cruda, cenizas, humedad, alginato de sodio y la determinación de la viscosidad y pH de este último, en muestras de *Macrocystis pyrifera* colectadas estacionalmente en tres localidades de la península de Baja California: Ensenada, B.C., Santo Tomás, B.C. y Bahía Tortugas, B.C.S. Se encontró que los porcentajes más altos correspondieron a cenizas (34.22-41.43%) y alginato de sodio (18.88-26.50%). La viscosidad de los alginatos presentó una marcada variación estacional fluctuando de 132 a 999 cps en solución al 1.25. El contenido de proteína cruda varió de 5.13 a 12.72%, mientras que el manitol varió de 2.06 a 15.03% y fibra cruda de 6.38 a 8.86%. Los valores más bajos se registraron en el contenido de grasas (0.69-1.14%) y yodo (0.083-0.115%).

ABSTRACT

The seasonal and geographic variation of mannitol, iodine, lipids, proteins, crude fiber, ashes, humidity, sodium alginate content and the determination of viscosity and pH in the last were studied in samples of *Macrocystis pyrifera* that were collected seasonally at three localities of Baja California peninsula: Ensenada, B.C., Santo Tomas, B.C., and Bahia Tortugas, B.C.S. The highest percentages corresponded to ashes (34.22-41.43%) and sodium alginates (18.88-26.50%). The alginates viscosity showed a marked seasonal variation that ranges from 132 to 999 cps at 1.25% in solution. The crude protein content varied from 5.13 to 12.72%, whilst in mannitol these ranged from 2.06 to 15.03% and crude fiber from 6.38 to 8.86%. The lipids (0.69-1.14%) and iodine (0.083-0.115%) contents recorded the lowest values.

¹ Becario de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas del IPN.

INTRODUCCION

Los recursos algales se han investigado ya sea para su uso como alimento humano, forrajes, fertilizantes o como fuente de ficoloides (Jensen, 1977), de estos últimos los principales productos son agar-agar, alginatos y carragenanos (Percival y McDowel, 1967). Estos ficoloides se emplean por la propiedad que tienen de formar soluciones viscosas a concentraciones bajas, por su poder gelificante, por su capacidad de mantener partículas en suspensión, etc. El grupo de las feofitas se caracteriza por su alto contenido de laminarín, manitol, yodo y fucoidina (Haug, 1964; Casas, 1975).

Se ha observado que la composición química de las algas café varía de una especie a otra; también presentan diferencias de concentración entre estipe y fronda. Estas variaciones cambian con la ubicación geográfica de la especie (Haug y Jensen, 1956), con la estación del año, la exposición al oleaje, las corrientes, la concentración de nutrientes, la profundidad, la temperatura y el estado de desarrollo de las algas. Estas variaciones se estudian por muestreo de mantos en diferentes tiempos del año y diferentes localidades, y los resultados proporcionan la mejor época de cosecha para el uso de las algas en términos de estas variables (Percival y McDowel, 1967).

Se han estudiado las variaciones de la composición química de las algas café en varias especies de interés comercial, como *Laminaria flexicaulis* y *Laminaria saccharina* (Colin y Richard, 1929, citado por Black, 1948); *Laminaria cloustoni* (Black, 1948); *Laminaria digitata* y *Laminaria hyperborea* (Haug y Jensen, 1956); *Fucus virsoides* (Zavodnick, 1973); *Macrocystis integrifolia* y *Nereocystis leutkeana* (Rosell y Srivastava, 1984), entre otras.

En México, dentro del grupo de las feofitas la especie más importante es *Macrocystis pyrifera* debido a su alto contenido de alginatos (Casas, 1975; Hernández-Carmona, 1985) y por su gran abundancia en la península de Baja California (Guzmán del Proo *et al.*, 1971; Casas, 1985; Hernández-Carmona *et al.*, 1989; Hernández-Carmona *et al.*, 1990). A pesar de que existen algunos reportes sobre la composición química de esta especie (Casas *et al.*, 1985; Ortega y Zaragoza, 1983; González, 1983; Rivera Carro, 1984), sólo se refieren a una localidad y una estación del año y sólo en

INTRODUCTION

Algae resources have been studied either they are used as human food, liners, fertilizers or as phycocolloidal source (Jensen, 1977), from the last two, the main products are agar-agar, alginates and carrageenans (Percival and McDowel, 1967). These phycocolloids are used due to their properties to conform viscous solutions at low concentrations, because of their gelly power, their capacity to maintain particles in suspension, etc. This group of phaeophytes is characterized for its high content of laminaran, mannitol, iodine and fucoidine (Haug, 1964; Casas, 1975).

It has been observed that the chemical composition of brown algae varies from one species to other; these also show concentration differences between the stipe and the frond. These variations change with the species geographic location (Haug and Jensen, 1956), with the season of the year, waves exposition, currents, nutrient concentration, depth, temperature and the development stage of the algae. These variations are studied by sampling the kelp beds at different seasons and localities in a year and the results provide the best time to harvest for using the algae in terms of these variables (Percival and McDowel, 1967).

The chemical composition variations in brown algae have been studied in several kelp species of commercial interest, as *Laminaria flexicaulis* and *Laminaria saccharina* (Colin and Richard, 1929, cited by Black, 1948); *Laminaria cloustoni* (Black, 1948); *Laminaria digitata* and *Laminaria hyperborea* (Haug and Hansen, 1956); *Fucus virsoides* (Zavodnick, 1973); *Macrocystis integrifolia* and *Nereocystis leutkeana* (Rosell and Srivastava, 1984), among some others.

In Mexico, within the phaeophyte group the most important species is *Macrocystis pyrifera* due to their high content of alginates (Casas, 1975; Hernández-Carmona, 1985) and because of their great abundance at Baja California peninsula (Guzmán del Proo *et al.*, 1971; Casas *et al.*, 1985; Hernández-Carmona *et al.*, 1989; Hernández-Carmona *et al.*, 1990). Even when there are some reports about the chemical composition of this species (Casas, 1985; Ortega and Zaragoza, 1983; González, 1983; Rivera Carro, 1984), these only refer to one locality and in one season of the year and only in the case of the alginates content, the

el caso del contenido de alginatos se ha determinado su variación estacional para una sola localidad (Hernández-Carmona, 1985), por lo que se estableció como objetivo de este trabajo determinar la variación estacional y geográfica de algunos de los principales constituyentes químicos desde el punto de vista comercial, en tres localidades dentro de la distribución de los mantos de *Macrocystis pyrifera*. Considerando esta alga como una fuente potencial de harina vegetal que se puede emplear como complemento alimenticio directo o mezclado con otros componentes, se analizaron aquellos constituyentes que son importantes en la nutrición: yodo, grasas, proteínas, fibra cruda, cenizas y humedad. Esta especie también es una fuente potencial en México para la producción de alginato de sodio, por lo que se analizó este componente y se determinó su viscosidad y pH en solución. También se analizó el contenido de manitol, como un componente importante para la elaboración de hexanitrate de manitol, que es un vasodilatador. Estos análisis contribuirán al conocimiento de esta alga para un mejor uso y explotación.

MATERIALES Y METODOS

Se eligieron tres localidades de muestreo a lo largo de la distribución de *Macrocystis pyrifera*, considerando la factibilidad de acceso y la abundancia de esta especie. Dos puntos se localizaron en la zona norte, donde esta especie se cosecha comercialmente (Armenta, comunicación personal): Ensenada, B.C. y Santo Tomás, B.C. y un punto en la zona sur donde no se explota, pero que presenta volúmenes suficientes para considerarla un recurso potencial para su explotación (Hernández Carmona *et al.*, 1989): Bahía Tortugas, B.C.S. (Fig. 1).

Los muestreos se realizaron en invierno (febrero), primavera (junio), verano (septiembre) y otoño (diciembre) de 1986. Las muestras se tomaron de la biomasa superficial de los mantos, colectando al azar 50 unidades de un metro cuadrado sobre el manto, para cada zona. El tamaño de muestra se eligió de acuerdo con las recomendaciones de Baardseth y Haug (1953) y González (1983), para evitar la interferencia por variaciones individuales.

Las algas colectadas se secaron directamente al sol y se empaclaron para su trans-

seasonal variation has been determined just for one locality (Hernández-Carmona, 1985), so, for this study it has been established as an objective to determine the seasonal and geographic variation for some of the main chemical constituents in terms of the commercial point of view, at three localities throughout the kelp beds distribution of *Macrocystis pyrifera*. Considering this algae as a potential source of vegetable flour that could be used as a direct food complement or mixed with some other components, there were analyzed those constituents that are important for nutrition: iodine, lipids, proteins, crude fiber, ashes and humidity. This kelp species is also a potential source in Mexico for sodium alginate production, in this way the component viscosity and pH in solution were determined. Also mannitol content was analyzed as an important component for elaboration of mannitol hexanitrate, that is a vasodilator. These analyses contribute to the knowledge of this algae for a better use and exploitation.

MATERIALS AND METHODS

Three sampling sites were chosen along the distribution of *Macrocystis pyrifera*, in terms of the feasibility of access and this species abundance. Two points were located at the north zone, where the species is harvesting commercially (Armenta, personal communication): Ensenada, B.C. and Santo Tomas, B.C. and one point is located at the south zone where the species has not been exploited, but there are enough volumes in existence for considering this as a potential resource for its exploitation (Hernández Carmona *et al.*, 1989): Bahía Tortugas, B.C.S. (Fig. 1).

Samplings were carried out on winter (february), spring (june), summer (september) and autumn (december) of 1986. Samples were collected from surface biomass of the kelp beds, collecting randomly 50 units of one square meter over the kelp beds, for each one of the zones. Sample size was chosen according with the recommendations proposed by Baardseth and Haug (1953) and González (1983), to avoid interference due to individual variations.

The collected algae were dried by direct exposition to the sun and they were packed for their transportation, where these were grounded to a particle size of 40 mesh/inch.

The analysis was carried out by tripli-

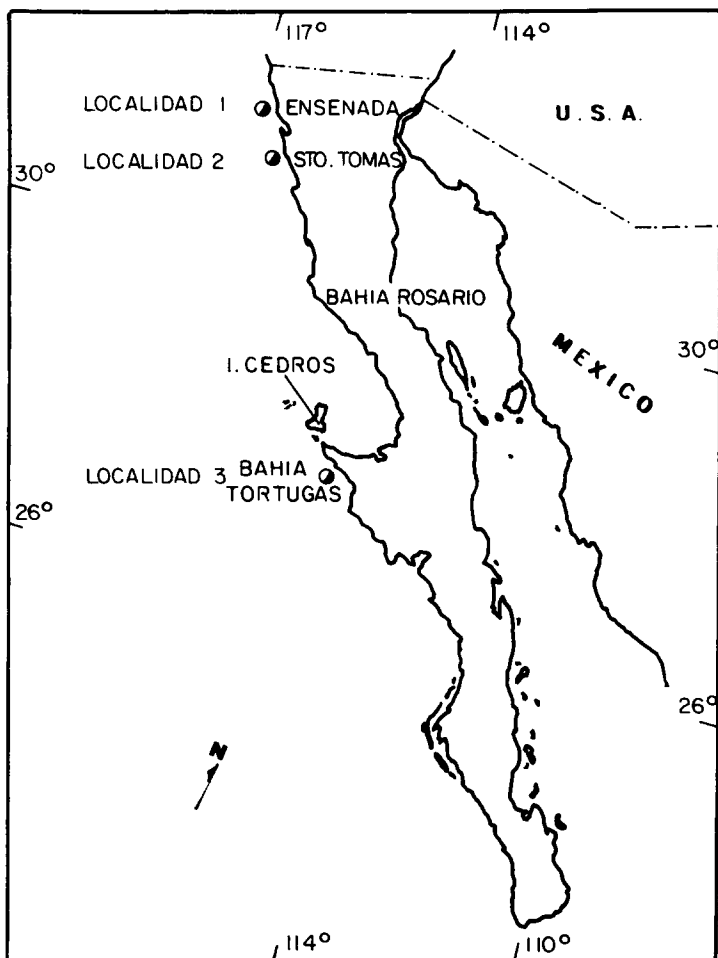


Figura 1.- Localidades de muestreo de *Macrocystis pyrifera* en la península de Baja California.
Figure 1.- Sampling localities of *Macrocystis pyrifera* at the peninsula of Baja California.

porte al laboratorio donde fueron molidas a un tamaño de partículas de 40 mallas/pulgada.

Los análisis se realizaron por triplicado para cada una de las zonas y estaciones, con lo cual se calculó un promedio.

El contenido de manitol se determinó por oxidación rápida del poliol con ácido peryódico, titulando con tiosulfato de sodio y solución de almidón como indicador (Larsen, 1975); el yodo se determinó por fusión en presencia de hidróxido de sodio para su liberación, adición de bromo y titulación con tiosulfato de sodio (Larsen, 1975); el contenido

cate for each of the zones and stations, and an average was calculated.

Mannitol content was determined by a fast oxidation of polyol with periodic acid, titrating with sodium thiosulphate and starch solution as an indicator (Larsen, 1975); iodine was determined by fusion in presence of sodium hydroxide for its release, bromine addition and titration with sodium thiosulphate (Larsen, 1975); the lipid content was determined by means of its extraction in soxhlet, using ether as a solvent (De León, 1961); macro Kjeldahl method was used for

de grasas se determinó mediante su extracción en soxhlet, utilizando éter como solvente (De León, 1961); para proteína se utilizó el método macro Kjeldahl, multiplicando el contenido de nitrógeno por 6.25 (Larsen, 1975); la fibra cruda se determinó por extracción de materiales solubles en ácido y en álcali a elevadas temperaturas y determinando la parte orgánica del remanente por pérdida de peso después de una combustión (Larsen, 1975). El análisis de cenizas se realizó calcinando la muestra en una estufa durante seis horas a 400°C (De León, 1961). La humedad se determinó calentando la muestra en una estufa a 105°C durante cuatro horas (De León, 1961) y el contenido de alginatos se determinó por el método de Haug (1964), modificando la pre-extracción de acuerdo con Myklestad (1968) y Hernández-Carmona y Vilchis (1987), que se basa en realizar el tratamiento ácido en flujo continuo. Se continuó con una extracción alcalina y precipitación del alginato con alcohol. Con el alginato de sodio obtenido se preparó una solución al 1.25% y se midió su viscosidad con un viscosímetro Brookfield, y su pH con un potenciómetro Orion (modelo 701).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se presentan los porcentajes promedio calculados a partir de tres réplicas, para cada uno de los análisis efectuados y en la Tabla 2 se presentan las desviaciones estándar de los promedios obtenidos. En la suma de los constituyentes analizados se excluyó el porcentaje de cenizas, ya que éstas están contenidas en algunos de los componentes analizados y otros que no fueron analizados. La suma de los porcentajes de los análisis fluctuó entre 47.25% a 60.69%, lo que indica que existen otros constituyentes en el alga que no se analizan en este trabajo.

Los resultados del análisis de yodo muestran que la zona de Ensenada fue donde se presentó la mayor variación estacional, con concentraciones de 0.092% en primavera a 0.153% en otoño. Es notable la similitud entre los valores de Santo Tomás y Bahía Tortugas. El yodo es un constituyente normal de las algas marinas y es particularmente abundante en las especies de *Laminaria* como *L. japonica*, donde fluctúa de 0.075 a 0.45%. Para *Macrocystis pyrifera* se han reportado valores más

proteínas, multiplicando nitrógeno content by 6.25 (Larsen, 1975); crude fiber was determined by the extraction of soluble materials in acid and alkali at elevated temperatures and determining the organic part of the residue by weight loss after combustion (Larsen, 1975). Ash analysis was carried out burning the sample in an oven for six hours at 400°C (de León, 1961). Humidity was determined heating up the sample in a furnace at 105°C for four hours (De León, 1961), and the alginates content was determined by Haug (1964) method, modifying the pre-extraction according to Myklestad (1968) and Hernández-Carmona and Vilchis (1987), acidifying in a continuous flux. With the sodium alginate obtained a 1.25% solution was prepared and the viscosity was measured with a Brookfield viscosimeter and the pH was measured with an Orion potentiometer (model 701).

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the average percentages calculated from three replicates for each one of the analysis done, and in Table 2 are shown the standard deviations of the obtained averages. The ash percentage has been excluded in the sum of the constituents analyzed, because those are included in some of the analyzed components and some others that were not analyzed. The analysis percentage sum ranged between 47.25% to 60.69%. This indicates that there are some others constituents in the algae that were not analyzed in this study.

The analysis results of iodine show that Ensenada was the place with the highest seasonal variations, with concentrations of 0.092% in spring to 0.153% in autumn. The similarity between Santo Tomas and Bahía Tortuga values is obvious. Iodine is a normal component of the algae and is particularly abundant in kelp species of *Laminaria* as *L. japonica*, where percentages range from 0.075% to 0.45%. For *Macrocystis pyrifera* the lowest values reported range from 0.13% (Kelco, 1976) to 0.149% (Ortega and Zaragoza, 1983). It is known that iodine is located in the peripheric tissue of the stipe, however there is no information about the way that this has been stored (Larsen, 1975) and the variations have not been explained either, but probably this is related with iodine availability in the environment.

Tabla 1. Variación estacional de los principales constituyentes químicos y viscosidad de alginatos de *Macrocystis pyrifera* para tres localidades de la península de Baja California. (Datos en porcentaje en base al peso seco del alga).

Table 1. Seasonal variation of the main chemical constituents and alginates viscosity of *Macrocystis pyrifera* for three localities at the Baja California peninsula. (Percentage data are based in the algae's dry weight).

| Localidad | Estación | Constituyentes | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------|----------------|-------|-------------------|----------------|---------|---------|----------------------|---------------------|------------------------|---------|----------------|
| | | Yodo | Grasa | Proteína cruda | Fibra cruda | Cenizas | Humedad | Alginato de sodio | Viscosidad (cps) | pH en sol. al 1.25% | Manitol | Total (%) * |
| Ensenada, B.C. | Invierno | 0.106 | 0.851 | 9.41 | 7.15 | 35.09 | 7.11 | 25.98 | 132 | 10.00 | 8.00 | 54.60 |
| | Primavera | 0.092 | 0.989 | 7.67 | 7.02 | 31.03 | 6.07 | 23.82 | 732 | 10.31 | 15.03 | 60.69 |
| | Verano | 0.110 | 0.978 | 7.64 | 8.29 | 38.33 | 7.21 | 21.88 | 140 | 9.59 | 3.94 | 50.04 |
| | Otoño | 0.153 | 0.897 | 7.90 | 6.92 | 38.32 | 6.42 | 24.33 | 153 | 10.38 | 6.94 | 53.56 |
| Santo Tomás, B.C. | Invierno | 0.093 | 0.858 | 9.88 | 8.27 | 36.41 | 8.07 | 24.01 | 417 | 9.73 | 7.30 | 58.48 |
| | Primavera | 0.120 | 0.823 | 12.72 | 7.08 | 36.17 | 6.29 | 20.67 | 450 | 10.61 | 6.15 | 53.85 |
| | Verano | 0.083 | 0.800 | 10.78 | 7.15 | 40.45 | 7.53 | 18.88 | 157 | 10.33 | 2.06 | 47.25 |
| | Otoño | 0.103 | 0.696 | 5.13 | 7.22 | 39.88 | 6.01 | 23.44 | 383 | 9.55 | 6.17 | 48.76 |
| Bahía Tortugas, B.C.S. | Invierno | 0.100 | 1.062 | 9.03 | 6.38 | 40.99 | 7.76 | 23.88 | 999 | 10.00 | 8.20 | 56.41 |
| | Primavera | 0.120 | 1.142 | 10.36 | 6.54 | 41.43 | 5.46 | 19.50 | 579 | 10.82 | 6.79 | 49.91 |
| | Verano | 0.083 | 0.835 | 12.43 | 7.01 | 39.76 | 6.50 | 20.00 | 388 | 10.42 | 7.31 | 54.16 |
| | Otoño | 0.120 | 0.974 | 9.15 | 8.86 | 34.22 | 7.65 | 26.50 | 176 | 10.23 | 4.04 | 57.29 |

* En la suma de los constituyentes químicos analizados se excluye la parte correspondiente a las cenizas, ya que éstas están contenidas en otros de los componentes analizados y otros no analizados.

Tabla 2. Desviación estándar de los valores obtenidos en cada uno de los análisis de los principales constituyentes químicos de *Macrocystis pyrifera* para tres localidades de la península de Baja California.

Table 2. Standard deviation of the obtained values for each one of the analysis of the main chemical constituents of *Macrocystis pyrifera* for three localities of the Baja California peninsula.

| Localidad | Estación | Yodo | Grasa | Proteína cruda | Fibra cruda | Alginato de sodio | Cenizas | Humedad | Manitol |
|---------------------------|-----------|--------|--------|-------------------|----------------|----------------------|---------|---------|---------|
| Ensenada, B.C. | Invierno | 0.0057 | 0.0095 | 0.0611 | 0.0503 | 1.3271 | 0.5182 | 0.2223 | 0.9720 |
| | Primavera | 0.0036 | 0.0005 | 0.0666 | 0.0305 | 0.1985 | 0.1513 | 0.2081 | 0.4067 |
| | Verano | 0.0000 | 0.0007 | 0.1365 | 0.0305 | 0.2389 | 0.8996 | 0.1950 | 0.6872 |
| | Otoño | 0.0115 | 0.0005 | 0.1473 | 0.0173 | 0.7678 | 0.3362 | 0.1250 | 0.5273 |
| Santo Tomás, B.C. | Invierno | 0.0057 | 0.0010 | 0.0635 | 0.0100 | 1.4846 | 0.9927 | 0.0568 | 0.2151 |
| | Primavera | 0.0000 | 0.0025 | 0.0862 | 0.0000 | 0.0611 | 0.1443 | 0.0321 | 0.7665 |
| | Verano | 0.0057 | 0.0011 | 0.0754 | 0.2080 | 0.1934 | 0.7501 | 0.1209 | 0.5451 |
| | Otoño | 0.0057 | 0.0000 | 0.1609 | 0.0173 | 0.2260 | 0.8122 | 0.2251 | 0.3775 |
| Bahía Tortugas, B.C.S. | Invierno | 0.0000 | 0.0349 | 0.2025 | 0.0057 | 0.4186 | 0.0503 | 0.4010 | 0.2913 |
| | Primavera | 0.0000 | 0.0040 | 0.1011 | 0.0100 | 0.1992 | 0.1601 | 0.4752 | 0.6407 |
| | Verano | 0.0057 | 0.0015 | 0.1001 | 0.0057 | 0.2328 | 0.3855 | 0.2145 | 0.8052 |
| | Otoño | 0.0000 | 0.0020 | 0.0115 | 0.0000 | 0.0655 | 0.2137 | 0.0493 | 0.6107 |

bajos, de 0.13% (Kelco, 1976) a 0.149% (Ortega y Zaragoza, 1983). Se sabe que el yodo se localiza en el tejido periférico del estipe, sin embargo no se tiene información sobre la forma en que es almacenado (Larsen, 1975) ni se han explicado sus variaciones, pero probablemente esté relacionado con la disponibilidad de yodo en el medio ambiente.

En los resultados del contenido de grasas, se observó que la zona con mayor variación fue Bahía Tortugas donde los valores fluctuaron de 0.835 a 1.142%, seguida por Santo Tomás y Ensenada. Se presenta una similitud en invierno para Santo Tomás y Ensenada y en verano para Santo Tomás y Bahía Tortugas, sin embargo las variaciones encontradas no son muy grandes.

En general el contenido de grasas en las algas es muy bajo; para *Macrocystis pyrifera* se ha reportado de 0.5 a 2.0% (North, 1971), de 1 a 1.2% (Kelco, 1976) y 2.2% (Ortega y Zaragoza, 1983), mientras que en este trabajo las fluctuaciones fueron de 0.69 a 1.1%.

Los valores promedio del contenido de proteína muestran que en invierno es muy similar para las tres localidades. Asimismo, se presentó un comportamiento muy parecido en la variación de este componente en Santo Tomás y Bahía Tortugas, mientras que en Ensenada se observó un comportamiento inverso al de las otras dos localidades. Para Ensenada los máximos valores se presentaron en invierno con 9.45%, Santo Tomás en primavera con 12.72% y Bahía Tortugas en verano con 12.43%. Se puede observar que este valor máximo se presentó con una diferencia de una estación a medida que la localidad de colecta se encuentra más al sur. Para *Macrocystis pyrifera* se han reportado concentraciones de 3 a 14% (North, 1971), de 5 a 6% (Kelco, 1976) y 2.2% (Ortega y Zaragoza, 1983), mientras que en este trabajo se registraron valores desde 5.13 a 12.72%. Si se comparan estos valores con los de otras algas, como por ejemplo *Ulva lactuca* (10.8%), *Enteromorpha compressa* (12.4%) o *Pelvetia canaliculata* (10.8%) (Larsen, 1975), se observa que sus porcentajes son muy similares, lo que la hace más atractiva para su uso como complemento alimenticio, ya sea para animales o el hombre. En este análisis se incluyen todos los compuestos nitrogenados, entre los aminoácidos más abundantes en *Macrocystis pyrifera* son alanina, ácido aspártico, ácido glutámico, valina y leucina (Schweiger, 1967).

Bahía Tortugas is the area with the highest lipids content variations where the values ranged from 0.835 to 1.142%, followed by Santo Tomas and Ensenada. A similarity is shown in winter and summer for Santo Tomas and Bahía Tortugas, however these variations are not very high.

In general the lipids content in algae is very low; for *Macrocystis pyrifera* it has been reported 0.5 to 2.0% (North, 1971); 1 to 1.2% (Kelco, 1976) and 2.2% (Ortega and Zaragoza, 1983), while the fluctuations in this study were from 0.69 to 1.1%.

The averaged values of the protein content show that these are very similar in winter for the three localities. Also, at Santo Tomas and Bahía Tortugas there is a very similar behaviour with this component variation, while Ensenada show an inverse behaviour to the other two sites. The maximum values for Ensenada were reported on winter, with 9.45%, in spring for Santo Tomas with 12.72% and in the summer for Bahía Tortugas with 12.43%. It can be seen that these maximum values were presented with a difference of one station when the sampling site was located the southernmost. For *Macrocystis pyrifera* there have been reported concentrations of 3 to 14% (North, 1971), 5 to 6% (Kelco, 1976) and 2.2% (Ortega and Zaragoza, 1983), while in this study the values range from 5.13 to 12.72%. If these values are compared with other algae as *Ulva lactuca* (10.8%), *Enteromorpha compressa* (12.4%) or *Pelvetia canaliculata* (10.8%) (Larsen, 1975), it can be observed that their percentages are very alike, which makes it more attractive as a food complement, either for animals as for humans. All the nitrogenated compounds have been included in this analysis, the most abundant aminoacids in *Macrocystis pyrifera* are alanine, aspartic acid, glutamic acid, valine and leucine (Schweiger, 1967).

The crude fiber averaged values show that Bahía Tortugas was the zone with the highest variation (6.38 to 8.86%), next was Ensenada (6.92 to 8.29%) and finally Santo Tomas (7.08 to 8.22%), with behavioural differences for each locality, however these are not very high. The values found for these three zones range from 6.38 to 8.86% which are very alike to those reported by Kelco (1976) from 6.0 to 7.0% and Ortega and Zaragoza (1983) of 7.81%.

The high content of crude fiber indicates

Los valores promedio de fibra cruda mostraron que la zona con mayor variación fue Bahía Tortugas (6.38 a 8.86%), la siguiente zona fue Ensenada (6.92 a 8.29%) y finalmente Santo Tomás (7.08 a 8.22%), con diferencias de comportamiento para cada localidad, sin embargo sus variaciones no son muy grandes. En general los valores encontrados para las tres zonas fluctuaron de 6.38 a 8.86%, los cuales son similares a los reportados por Kelco (1976) de 6.0 a 7.0% y Ortega y Zaragoza (1983) de 7.81%.

Un contenido alto de fibra cruda indica un bajo nivel nutritivo, ya que comprende principalmente celulosa, sin embargo es útil en la digestión, por lo que es importante su determinación cuando se piensa en el uso de las algas como un complemento alimenticio. Para tener una comparación, se puede observar que los valores obtenidos son más altos que en el garbanzo (4.03%) y similar a la soya (6.13%) (De León, 1961).

En cuanto al contenido de cenizas, en general en las algas es alto. Se observó en los resultados que los valores fluctuaron de un mínimo de 31.03% en Ensenada a un máximo de 41.43% en Bahía Tortugas. Las localidades de Ensenada y Santo Tomás coincidieron en la época de verano en que presentaron el valor más alto con 38.33% y 40.45% respectivamente, así también coinciden en la época de primavera donde se presentó el valor más bajo con 31.03% en Ensenada y 36.17% en Santo Tomás, por lo que se puede decir que el comportamiento en la variación del contenido de cenizas fue muy similar en estas dos zonas, mientras que en Bahía Tortugas la variación fue inversa. Para *Macrocystis pyrifera* Kelco (1976) reporta valores de 33 a 35%; North (1977) reporta de 6.24 a 38.96%, Etcheverry y López (1982) encontró de 40 a 44.2%; Ortega y Zaragoza (1983) con 28.87% y González (1983) de 47.60 a 65.65%. Este último es el valor más alto que se ha reportado para esta especie.

Debido a que las cenizas corresponden al material remanente después de la combustión del material orgánico, este representa los cationes y aniones presentes que son un reflejo de que estos organismos están creciendo en un ambiente marino, ya que la mayor parte de las cenizas consisten de cloruro y potasio (Larsen, 1975). El contenido de cenizas puede variar por la retención de agua de mar en las algas debido a las variaciones en el contenido de fucoídina, que permite una retención mayor

a low nutritious level, because this comprises mainly cellulose, however it is very useful for digestion, therefore its determination is very important when algae uses are thought as a food complement. It can be observed that the values obtained are higher than chick-peas (4.03%) and very similar to soybean (6.13%) (De León, 1961).

In regard to the ash content, this is high in algae. This could be seen in the results obtained here which ranged from a minimum of 31.03% at Ensenada to a maximum of 41.43% at Bahía Tortugas. Ensenada and Santo Tomás coincided on the summer with the highest values of 38.33% and 40.45% respectively, and also coincided in spring time with the lowest value 31.03% at Ensenada and 36.17% at Santo Tomás. Therefore, it can be said that the behaviour in the ashes content variation was very similar for these two zones, while Bahía Tortugas showed an inverse behaviour. For *Macrocystis pyrifera* Kelco (1976) reported values of 33 to 35%; North (1977) reported values from 6.24 to 38.96%; Etcheverry and López (1982) from 40 to 44.2%; Ortega and Zaragoza (1983) with 28.87% and González (1983) from 47.60 to 65.65%. The latter is the highest value that has been reported for this kelp species.

Because the ashes correspond to the residue after the combustion of organic material, they represent the cations and anions existing where the organisms grow, which is the marine environment, because most of the ashes consist of chloride and potassium (Larsen, 1975). The ashes content could vary in function of the algae sea water retention, due to variations in fucoídine content, however, in this study it has been assumed that this is constant.

In spite of the fact that humidity values are not a variable that could be affected by the station or the sampling site, these represent an important data in terms of the algae conservation, that has been related to the drying technique. The averaged values of humidity content range from a minimum value of 5.46% at Bahía Tortugas to a maximum value of 8.07% at Santo Tomás. The existing reports for *Macrocystis pyrifera* are as follows: Kelco (1976) from 10 to 11%; Etcheverry (1982) from 5.54 to 9.73%; Ortega and Zaragoza (1983) reported 9.60% and González (1983) 7.26%.

The values of the humidity analysis carried out were never higher than 8.07%,

de agua, sin embargo, en este trabajo se asume que ésta es constante.

A pesar de que los valores de humedad no son una variable que se vea afectada por la estación o la localidad de colecta, representan un dato importante desde el punto de vista de conservación de las algas, que se relaciona con la técnica de secado. Los valores promedio del contenido de humedad fluctuaron de un mínimo de 5.46% en Bahía Tortugas a un máximo de 8.07% en Santo Tomás. Los reportes que existen para *Macrocystis pyrifera* son los siguientes: Kelco (1976) de 10 a 11%; Etcheverry (1982) de 5.54 a 9.73%; Ortega y Zaragoza (1983) reportan 9.60% y González (1983) 7.26%.

En los análisis efectuados la humedad nunca fue mayor de 8.07%, por lo que se puede considerar que con la técnica de secado (directamente al sol) se obtiene un producto de baja humedad, lo cual permite que se pueda almacenar por un tiempo prolongado sin que se presente desarrollo microbiano que pueda alterar su calidad o que la descomponga.

Los valores promedio de alginato de sodio muestran que la mayor variación estacional corresponde a Bahía Tortugas con valores que fluctuaron de 19.50 a 26.50%, le sigue Santo Tomás, de 18.88 a 24.01% y finalmente Ensenada, de 21.88 a 25.98%. Existe un comportamiento similar en la variación en las tres localidades, donde se presentan los valores mínimos durante primavera y verano y los máximos durante otoño e invierno. Para *Macrocystis pyrifera* North (1977) reportó de 2.56 a 15.71%; Etcheverry (1982) 15.6%; Hernández-Carmona (1985) de 26.56 a 37.60%; Ortega y Zaragoza (1983) reportaron 32.20% y González (1983), 22.02%. Los valores mínimos de verano coinciden con el incremento de temperatura, la que generalmente en esta zona está asociada con la disminución de nutrientes (Zimmerman, 1983) y por lo tanto la mínima tasa de crecimiento (Hernández-Carmona, 1988), lo cual puede afectar la producción de alginato durante esta época, manteniéndolo en valores mínimos.

Los valores máximos de otoño e invierno, pueden estar relacionados con la época de mayor producción de frondas de otoño, cuando se presenta un aumento en la disponibilidad de nutrientes (Zimmerman, 1983) y las mayores tasas de crecimiento (Hernández-Carmona, 1988), por lo que probablemente también se incremente la producción de carbohidratos.

hence, it can be considered that with the drying technique (directly exposed to the sun) a product with low humidity can be obtained, and this could be stored for a long time without a microbial development that may affect its quality or its decomposition.

The averaged values of sodium alginate show that the highest seasonal variation corresponds to Bahía Tortugas with values that range from 19.50 to 26.50%, next was Santo Tomás, from 18.88 to 24.01% and the last is Ensenada, from 21.88 to 25.98%. There is a similar behaviour with the variation of the three localities, where the minimum values are shown for the spring and summer time and the maximum values for winter and fall. North (1977) reported values of 2.56 to 15.71% for *Macrocystis pyrifera*; Etcheverry (1982) 15.6%; Hernández-Carmona (1985) values of 26.56 to 37.60%; Ortega and Zaragoza (1983) reported 32.20% and González (1983), (22.02%) The minimum values for the summer coincide with the temperature increasing, which is associated in general with a decreasing of nutrients (Zimmerman, 1983) and therefore with the minimum growing rate (Hernández-Carmona, 1988), which could be affecting the alginate production during this time, maintaining at minimum values.

The summer and fall maximum values, could be related with the time of highest frond production, when there is an increasing of nutrients availability (Zimmerman, 1983) and the highest rates of growing (Hernández-Carmona, 1988), probably due to this the carbohydrate production also increases.

Table 1 shows the averaged values of the alginate viscosity at 1.25% in solution. The values obtained for Ensenada range from 132 to 732 cps, Santo Tomás, from 157 to 450 cps and Bahía Tortugas, from 176 to 999 cps. There is a high variation in viscosity for the three localities that ranges from 132 to 999 cps. These variations could represent very abrupt changes as is the case of Ensenada where a minimum has been obtained for winter and during the next season there is a maximum with a difference of 600 cps. The highest difference has been reported for Bahía Tortugas, with 823 cps. These viscosity differences could be related with natural fluctuations due to length changes of the polymeric chains. Drying in samples is another fact that could be affecting the alginates viscosity obtained due to bacterial decomposition that occurs during this time, however, it can be

En la Tabla 1, se presentan los valores promedio del análisis de viscosidad del alginato en solución al 1.25%. Los valores obtenidos en Ensenada van de 132 a 732 cps, Santo Tomás, de 157 a 450 cps y Bahía Tortugas, de 176 a 999 cps. En las tres localidades se presenta una gran variación con viscosidades que van de 132 cps a 999 cps. Estas variaciones pueden presentar cambios muy bruscos, como en Ensenada en donde se obtiene un mínimo en invierno y en la siguiente época se presenta el máximo con una diferencia de 600 cps. En Bahía Tortugas se presenta la mayor diferencia, con 823 cps. Estas diferencias de viscosidad pueden estar relacionadas con fluctuaciones naturales por cambios en la longitud de las cadenas poliméricas. El secado de las muestras es otro factor que puede influir en la viscosidad de los alginatos obtenidos debido a la degradación bacteriana que ocurre durante el tiempo de secado, sin embargo, se asume que en este caso es despreciable, ya que las muestras fueron secadas inmediatamente al sol, el cual en Baja California permite que se sequen en un tiempo no mayor a dos días.

La viscosidad de los alginatos puede variar de acuerdo a su uso por lo que en Kelco (1976) se produce el llamado Kelgin (alginato de sodio refinado) en tres categorías: viscosidad alta (HV) con 2300 cps en solución al 1.25%, viscosidad media (MV) con 960 cps y viscosidad baja (LV) con 140 cps, por lo que los alginatos obtenidos en este trabajo se pueden clasificar en los de baja y media viscosidad.

El valor de pH es un índice de calidad del alginato ya que se ha observado que la velocidad de despolimerización a valores de pH mayores que 11, es más rápida. Los valores de pH presentaron una variación muy pequeña, con fluctuaciones de 9.55 a 10.82 que corresponden a Santo Tomás y Bahía Tortugas, respectivamente.

Durante la determinación de manitol con periodato puede estar incluida la presencia de otros polioles en pequeñas cantidades, como laminitol 1 C-metil inositol (Schweiger, 1967), sin embargo, en este trabajo se asume que la mayor parte corresponde a manitol, por lo que no se consideran otros componentes en el análisis.

El contenido de manitol varió de un mínimo de 2.06% en Santo Tomás a un máximo de 15.03% en Ensenada. Los valores mínimos se presentaron en verano en Ensenada y Santo Tomás, y en otoño en Bahía

assumed that for this study it is negligible, because the samples were immediately dried by exposition to the sun, which takes no longer than two days at Baja California.

Alginates viscosity could vary according to its use. Kelco (1976) proposed that a Kelgin (refined sodium alginate) can be produced in three classes: high viscosity (HV) with 2300 cps at 1.25% in solution, medium viscosity (MV) with 960 cps and low viscosity (LV) with 140 cps. The alginates obtained in this study can be classified in low and medium viscosity.

The pH is an alginate quality index because it has been observed that the depolymerization rate is faster when pH values are higher than 11. The pH values show a very low variation that range from 9.55 to 10.82% at Santo Tomas and Bahía Tortugas, respectively.

Mannitol determination with periodate could include other few quantities of polyols as laminitol 1 C-methyl inositol (Schweiger, 1967), however this study assumes that the most part corresponds to mannitol, and other components were not considered.

The mannitol content varied from a minimum of 2.06% at Santo Tomas to a maximum value of 15.03% for Ensenada. The lowest values at Ensenada and Santo Tomas were reported for the summer, and at Bahía Tortugas these correspond to autumn, while the highest correspond to spring and winter. For each locality variation differences are shown and these are more obvious for Ensenada and Santo Tomas. At these places the highest values coincide with times of colder temperature waters when algae are in a healthier state (Hernández-Carmona, 1988), while on the summer the minimums could be attributed to the plants decay due to a warming up of the waters. There is a tendency at Bahía Tortugas in autumn that could be related with a higher algae resistance throughout the summer (North, 1971), then the symptoms of a thermic damage are not felt until the autumn. The water temperature increasings are related with a decreasing nutrient concentration (Zimmerman, 1983), and this is the time when the plants use the mannitol as a substance of reserve.

Figures 2, 3 and 4 show the seasonal variations for the major chemical constituents of *Macrocystis pyrifera* for each locality, and in Figure 5 the minor chemical analyzed constituents are shown (iodine and lipids).

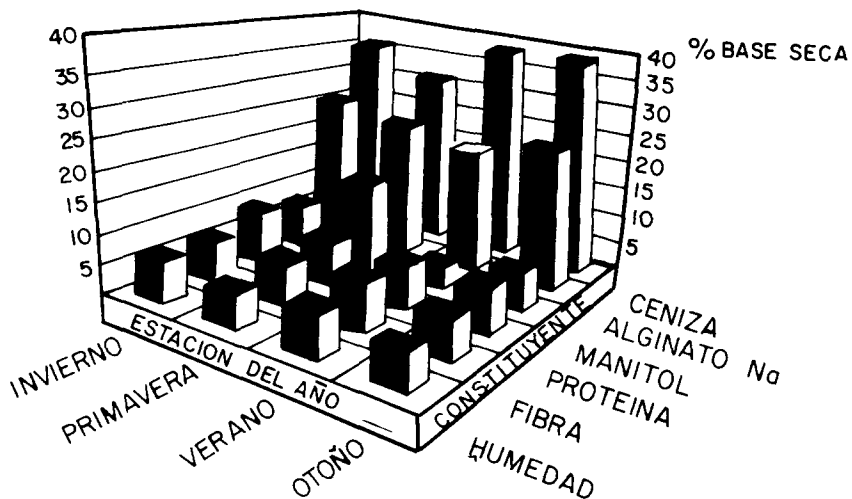


Figura 2.- Variación estacional de los constituyentes químicos mayores analizados para la localidad de Ensenada, B.C.

Figure 2.- Seasonal variation of the major chemical constituents analyzed for the locality of Ensenada, B.C.

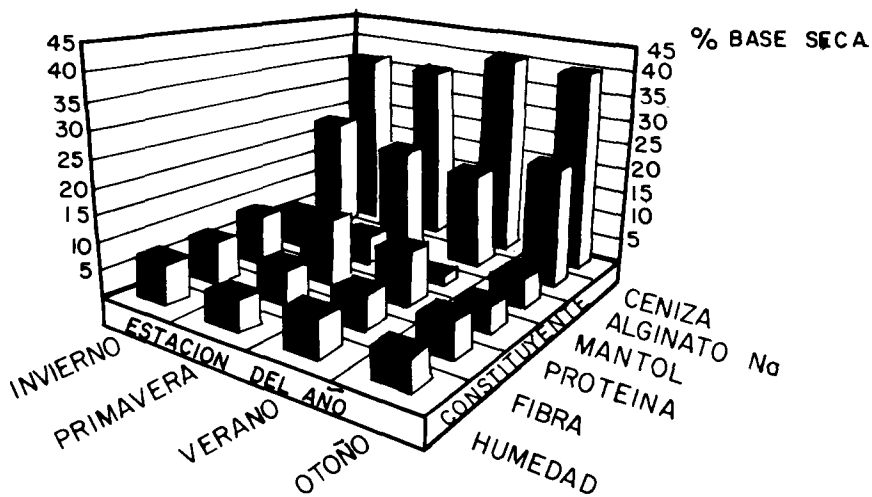


Figura 3.- Variación estacional de los constituyentes químicos mayores analizados para la localidad de Santo Tomás, B.C.

Figure 3.- Seasonal variation of the major chemical constituents analyzed for the locality of Santo Tomás, B.C.

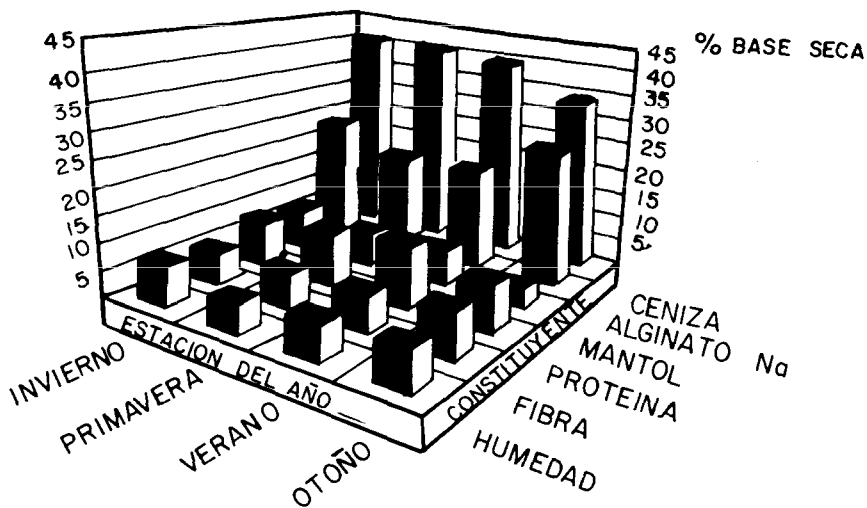


Figura 4.- Variación estacional de los constituyentes químicos mayores analizados para la localidad de Bahía Tortugas, B.C.S.

Figure 4.- Seasonal variation of the minor chemical constituents analyzed (iodine and lipids) at the Baja California peninsula.

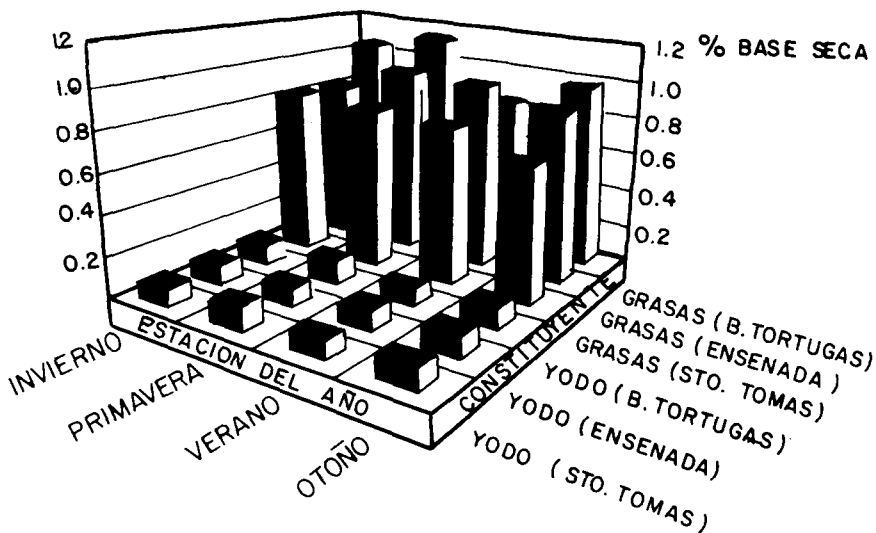


Figura 5.- Variación estacional y geográfica de los constituyentes químicos menores analizados (yodo y grasas) en la península de Baja California.

Figure 5.- Seasonal and geographic variation of the minor chemical constituents analyzed (iodine and lipids) at the Baja California peninsula.

Tortugas, mientras que los valores máximos se presentaron en invierno y primavera. Los resultados muestran que las variaciones son diferentes para cada localidad y son más marcadas en Ensenada y Santo Tomás. En éstas los valores altos coinciden con las épocas en que la temperatura del agua es más fría y las algas se encuentran más saludables (Hernández-Carmona, 1988), mientras que los mínimos de verano pueden ser un reflejo del deterioro de las plantas debido al calentamiento del agua. En Bahía Tortugas la tendencia de disminuir en otoño se puede relacionar con la mayor resistencia que presentan las algas durante verano (North, 1971), por lo que los síntomas de daño térmico se presentan hasta el otoño. Los incrementos de temperatura del agua se relacionan con una disminución en la concentración de nutrientes (Zimmerman, 1983), por lo que las plantas deben emplear durante esta época el manitol como sustancia de reserva.

Las Figuras 2, 3 y 4 presentan las variaciones estacionales para los constituyentes químicos mayores de *Macrocystis pyrifera* para cada localidad de estudio, y en la Figura 5 se presenta la variación estacional de los constituyentes químicos menores analizados (yodo y grasas), para las tres localidades.

En resumen, se observó que existe una secuencia en los porcentajes obtenidos; los mayores valores correspondieron a las cenizas, después se encuentran los valores de alginato de sodio, posteriormente proteína cruda, manitol, fibra cruda y humedad, finalmente los valores más bajos obtenidos corresponden a yodo y grasas. Este patrón en las proporciones de las concentraciones es similar al reportado por otros autores (Kelco, 1976; Etcheverry, 1982; Ortega y Zaragoza, 1983).

Jensen y Haug (1956) mencionan que en la variación estacional de la composición química de *Laminaria digitata* se presenta una fuerte correlación negativa entre el contenido de cenizas-manitol y cenizas-alginato. Los resultados presentados en este trabajo muestran que en general también se presentó una relación inversa entre el contenido de cenizas y manitol, la que es más evidente en Ensenada, seguida por Santo Tomás y en el caso de Bahía Tortugas sólo la estación de otoño se desvía de este patrón. También se observa que se presenta una relación inversa entre el contenido de cenizas y alginato, siendo ésta más evidente en Bahía Tortugas seguida por

Hence, there is a sequence for the obtained percentages; ashes show the highest values, next there are the sodium alginate values, crude protein, mannitol, crude fiber and humidity, and finally iodine and lipids show the lowest values obtained. This pattern on the concentration proportions is similar to the one reported by other authors (Kelco, 1976; Etcheverry, 1982; Ortega and Zaragoza, 1983).

Jensen and Haug (1956) mentioned that the seasonal variation of the chemical composition of *Laminaria digitata* show a strong negative correlation between ashes-mannitol and ashes-alginates content. In this study it has been shown that there is also an inverse relation between the ashes and mannitol content, which is more obvious at Ensenada, followed by Santo Tomas, and there is a pattern deviation for Bahía Tortugas only for the autumn. An inverse relation has been observed between the ashes and the alginates content, this is more obvious at Bahía Tortugas followed by Santo Tomas, and this relation changed only at Ensenada in spring time with a decreasing of both components.

Even when the relative proportions between the main constituents analyzed in *M. pyrifera* are more or less constant in the algae, there are some seasonal and geographic variations about the best time for harvesting this resource in function of the use and exploitation locality.

One of the main uses of this algae is to obtain alginates and in function of its content, the best time for harvesting at the three localities are the winter and autumn seasons, when the highest yields are obtained, even when these variations not always coincide with the highest biomass that occurs on the spring and the summer (Hernández-Carmona, 1988). Hence, it would be recommendable to establish that the harvesting time could be carried out only when this algae shows the highest concentrations. In fact, the harvesting of this algae in Mexico has been carried out throughout the whole year. However, the knowledge of the seasonal variations would give a good approach of the alginate percentages that could be exploited by the industry in different times of the year and also for planning their exploitation.

One of the main constituents of *Macrocystis pyrifera* is mannitol, which is a polyol

Santo Tomás, y en Ensenada sólo en la estación de primavera cambió esta relación, con una disminución de ambos componentes.

En general, se puede decir que aunque las proporciones relativas entre los principales constituyentes analizados en *M. pyrifera* se mantiene más o menos constante en el alga, se presentaron variaciones estacionales y geográficas las cuales dan una idea sobre las mejores estaciones para la cosecha de este recurso en función de la localidad de explotación y del uso que se pretenda darles.

Uno de los principales usos de esta alga es en la obtención de alginatos. En cuanto a su contenido, la mejor época de cosecha para las tres localidades son las estaciones de invierno y otoño, en las cuales se obtienen los más altos rendimientos, aunque estas variaciones no coinciden con las épocas de mayor biomasa que son en primavera y verano (Hernández-Carmona, 1988) por lo que no sería recomendable establecer que el período de cosecha se realizara sólo cuando el alga presenta sus mayores concentraciones. De hecho en la práctica, la cosecha de esta alga en México se realiza durante todo el año, sin embargo el conocimiento de las variaciones estacionales podrá permitir a la industria contar con un pronóstico del porcentaje de alginatos que pueden extraer en las diferentes épocas del año y planificar su explotación.

El manitol es otro de los constituyentes principales de *Macrocystis pyrifera*, el cual es un poliol que se emplea en la fabricación de resinas, en la elaboración de hexanitrate de manitol que es un vasodilatador, entre otros usos. De acuerdo con los resultados obtenidos la mejor época de cosecha en la que se obtienen los mayores rendimientos son para Ensenada en primavera (15.03%) y para Santo Tomás y Bahía Tortugas en invierno (7.3% y 8.2%, respectivamente).

Otro de los usos potenciales de esta alga es como complemento alimenticio, por lo que en este caso son más importantes las variaciones del contenido de proteína, fibra cruda y yodo. En el caso de la proteína las mejores épocas de cosecha son en invierno para Ensenada (9.41%), primavera para Santo Tomás (12.72%) y verano para Bahía Tortugas (13.43%), en las cuales se presentan las más altas concentraciones.

En el caso de la fibra cruda, este es un componente que proviene de la pared celular del alga y el consumo de ésta ayuda a la

that has been used in resin manufacture, in mannitol hexanitrate elaboration that is a vasodilator, among some other uses. According to the obtained results the best harvesting time with respect to the highest yields are in spring for Ensenada (15.03%) and for Bahía Tortugas and Santo Tomas winter is the best time (7.3% and 8.2% respectively).

Another potential use of this algae is as a food complement; in this case the variation of protein content, crude fiber and iodine are the most important facts. The best harvesting times in terms of proteins are the winter for Ensenada (9.41%), the spring for Santo Tomas (12.72%) and the summer time for Bahía Tortugas (13.43%), when the highest concentrations occur.

In regard to crude fiber, this is a component that originates from the algae cellular wall and the consumption of this helps for a good digestion (Kaufer, 1985). The fiber concentrations in the algae could be well considered and the seasonal and geographic variations will not have significant effects for the consumers.

In spite of the low iodine concentrations in *Macrocystis pyrifera*, the seasonal variations in relation to the maxima and minima, are very marked. In this case, the best harvesting time when the highest yields could be obtained, are the autumn for Ensenada (0.153%), spring time for Santo Tomas (0.120%) and spring time and autumn for Bahía Tortugas (0.120%).

English translation by Ana Luz Quintanilla M.

digestión (Kaufer, 1985). Las concentraciones de fibra en el alga pueden considerarse buenas y las variaciones estacionales y geográficas no tendrán efectos significativos para los consumidores.

A pesar de que las concentraciones de yodo en *Macrocystis pyrifera* son relativamente bajas, las variaciones estacionales en relación a los máximos y mínimos son muy marcadas. En este caso las mejores épocas de cosecha en las que se obtienen los máximos rendimientos son para Ensenada en otoño (0.153%), Santo Tomás en primavera (0.120%) y Bahía Tortugas en primavera y otoño (0.120%).

LITERATURA CITADA

- Baardseth, E. and Haug, A. (1953). Individual variation of some constituents in brown algae, and reliability of analytical results. Norwegian Institute of seaweed. Res. Norway, (2), 21 pp.
- Black, W.A.P. (1948). The seasonal variation in chemical constitution of some of the sublittoral seaweeds common to Scotland. Part I. *Laminaria cloustoni*. Res. Inst. Mus., pp. 165-168.
- Casas, V.M. (1975). Extracción, cuantificación y caracterización parcial de alginatos procedentes de seis especies de Phaeophyta de la costa de México. Tesis de Licenciatura. ENCB-IPN, 38 pp.
- Casas, V.M., Hernández-Carmona, G., Torres-V., J.R. y Sánchez-R., I. (1985). Evaluación de los mantos de *Macrocystis pyrifera* "Sargazo Gigante" en la Península de Baja California. Inv. Mar. CICIMAR, 2(1): 1-17.
- De León, H.S. (1961). Manual de análisis de alimentos. Esc. Nal. Cienc. Biol. IPN, 175 pp.
- Etcheverry, D.H. y López, L. (1982). Estudios químicos en *Macrocystis pyrifera* (L.) Ag. Constituyentes inorgánicos y orgánicos. Rev. Biol. Mar., 18(1): 73-99.
- González, F.J.G. (1983). Variaciones individuales en la composición química y determinación del tamaño mínimo de muestras en mantos de *Macrocystis pyrifera* (L.) Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Agrícolas, UABC, México, 45 pp.
- Guzmán del Proo, S.A., De la Campa, S. y Granados, J.L. (1971). El sargazo gigante (*Macrocystis pyrifera*) y su explotación en Baja California. Rev. Soc. Mex. de Hist. Nat., 32(12): 15-57.
- Haug, A. (1964). Studies on composition and properties of alginates. Ins. Mar. Biol. Chem., Univ. of Thronheim, Noruega, 337 pp.
- Haug, A. (1965). Alginic acid In: Whistler Roy L. and L.M. Wofstrom (eds), Methods in carbohydrate chemistry, V. Analysis and preparation of sugar, Academic Press, New York and London, pp. 69-73.
- Haug, A. and Jensen, A. (1956). Seasonal variation in chemical composition of *Laminaria digitata* from different parts of the Norwegian coast, (ed), Sec. Ind. Seaweed Symp. Pagamon Press, London, 1015.
- Hernández-Carmona, G. (1985). Variación estacional del contenido de alginatos en tres especies de feofitas de Baja California Sur. Inv. Mar. CICIMAR, 2(1): 29-45.
- Hernández-Carmona G. (1988). Evaluación, crecimiento y regeneración de mantos de *Macrocystis pyrifera* en la costa occidental de la península de Baja California. México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, 157 pp.
- Hernández-Carmona G., Rodríguez M., Y.E., Torres V. J.R., Sánchez, R. y Vilchis, M.A. (1989). Evaluación de los mantos de *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta, Laminariales) en Baja California, México. I. Invierno 1985-1986. Ciencias Marinas, 15(2): 1-27.
- Hernández, Carmona G., Rodríguez M., Y.E., Torres V., J.R., Sánchez R.I., Vilchis, M.A. y García de la R. O. (1989). Evaluación de los mantos de *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta, Laminariales) en Baja California, México. II. Primavera (1986). Ciencias Marinas, 15(4): 117-140.
- Hernández-Carmona G. y Vilchis, M.A. (1987). Propiedades de intercambio iónico de *Macrocystis pyrifera* durante la pre-extracción ácida, para la extracción de alginatos. Inv. Mar. CICIMAR, 3(2): 53-64.
- Jensen, A. (1977). Industrial utilization of seaweeds in the past present and future. Norwegian Inst. of Seaweed Res. In: Proceedings of X International Seaweed Symposium, Santa Barbara, USA, pp. 17-21.
- Jensen, A. and Haug, A. (1956). Geographical and seasonal variation in the chemical composition of *Laminaria hyperborea* and *Laminaria digitata* from the Norwegian coast. Norwegian Institute of Seaweed Research. Report No. 14, 20 pp.
- Kaufner, H.M. (1985). La fibra y su aporte a la salud. Cuaderno de nutrición. Inst. Nal. de Nutrición, 8(5): 17-32.

- Kelco, (1976). Kelco algin, hydrophilic derivatives of alginic acid for scientific water control. Kelco Division of Merck and Co. Inc. San Diego, 51 pp.
- Larsen, B. (1975). Brown seaweeds: analysis of ash, fiber, iodine, and mannitol. In: Handbook of Phycological Methods, 181-188.
- Myklestad, S. (1968). Ion-exchange properties of brown algae. I. Determination of rate mechanism for calcium-hydrogenion exchange for particles *Laminaria hyperborea* y *Laminaria digitata*. J. Appl. Chem., 18: 30-36.
- North, W.J. (1971). The biology of giant kelp beds (*Macrocystis*) in California, Nova Hedwigia, Alemania, 600 pp.
- North, W.J. (1977). Evaluación manejo y cultivo de praderas de *Macrocystis*. En: B. Santélices (ed.), Ecología de las algas marinas bentónicas - efecto de factores ambientales. Actas I. Simp. Algas Mar. Chilenas, Chile, pp, 72-128.
- Ortega, G. y Zaragoza, A. (1983). Determinación de los parámetros de extracción de ácido algínico del alga café *Macrocystis pyrifera*. Tesis de Licenciatura, UABC, 103 pp.
- Percival, E. y McDowel, R.M. (1967). Chemistry and enzymology of marine algal polisacarides. Academic Press. Londres y Nueva York, 219 pp.
- Rivera Carro, H. (1984). Block structure and uronic acid sequence in alginates. Norwegian Inst. of Mar. Bioch. Ph. D. Tesis, 144 pp.
- Rosell, K.G. and Srivastava, L.M. (1984). Seasonal variation in the chemical constituents of the brown algae *Macrocystis integrifolia* y *Nereocystis luetkeana*. Dep. of Biol. Sci., Simon Fraser University, Burnaby, B.C., 156 pp.
- Schweiger, G.R. (1967). Low molecular weight compounds in *Macrocystis pyrifera*, a marine alga. Biochem. and Biophys., (2): 383-387.
- Zavodnik, N. (1973). Seasonal variations in rate of photosynthetic activity and chemical composition of the littoral seaweeds common to North Adriatic. Part I. *Fucus virsoides* (Don) J. Ag. Bot. Mar., XVI: 155-165.
- Zimmerman, R.C. (1983). Seasonal patterns in the productivity of a giant kelp *Macrocystis pyrifera* forest: the effect of nutrient availability. Ph. D. Tesis. University of Southern California. 182 pp.