

Contenido de algunos nutrientes, minerales y variaciones estacionales en *Porphyra columbina*, alga comestible de la Costa Patagónica argentina

María Angélica Fajardo, Fabiana Alvarez, Oscar Héctor Pucci, María Luz Pita Martín de Portela

Universidad Nacional de la Patagonia S. Juan Bosco - Comodoro Rivadavia y Facultad de Farmacia y Bioquímica.
Universidad de Buenos Aires, Argentina

RESUMEN. Las algas roja, *Porphyra sp.*, son comestibles, de sabor agradable y abundantes en las costas patagónicas de Argentina. Por la carencia de datos nacionales de composición, y dada su creciente incorporación en la alimentación humana de Occidente, se estudió el contenido de algunos minerales esenciales de *Porphyra columbina* Montagne (Rodophyta Bangiales). Las algas se recolectaron mensualmente, en forma manual, en el Golfo de San Jorge (30 Km al Sur de la ciudad de Comodoro Rivadavia), desde abril de 1993 hasta febrero de 1994. Se lavaron con agua de mar y se secaron a la temperatura ambiente de las viviendas (20-25°C) tal como se comercializan en la región. Se determinaron humedad y cenizas (según AOAC) y, luego de mineralizar con ácido nítrico, sodio y potasio (fotometría de llama), calcio, magnesio y hierro (espectrofotometría de absorción atómica) y fósforo (método de Gomori). Los resultados, expresados por 100g de alga seca, evidenciaron un contenido de humedad entre 7,03 y 11,00 g/100g y de cenizas entre 16,18 y 22,70 g/100g. Los minerales mayoritarios fueron: sodio (3,18 a 6,41 g/100g), potasio (1,24 a 1,96 g/100g) y magnesio (600 a 836 mg/100g). El fósforo osciló entre 78 y 276 mg/100g, el calcio entre 63 y 108 mg/100g y el hierro entre 3,9 y 26,4 mg/100g. Fueron importantes las variaciones mensuales, encontrando los mayores valores de cenizas, sodio, potasio y magnesio en los meses de invierno (junio y julio). **Palabras clave:** Algas rojas, *Porphyra columbina*, minerales, costa patagónica.

SUMMARY. Mineral values and seasonal fluctuations of *Porphyra columbina*, an edible marine algae from the Southern Argentine coast. *Porphyra columbina* (Rodophyta Bangiales), one of the most important edible seaweeds, grows abundantly in the southern Argentine coast. Their mineral content and seasonal fluctuations were determined because there is no national data about their nutritional value. Samples were collected from April 1993 to February 1994 from Golfo San Jorge (30 Km South of Comodoro Rivadavia). Algae were washed with sea water and dried at room temperature (20-2 °C) for 24 hs, following the local processing procedure. Moisture and ashes were determined according to A.O.A.C. After mineralization with nitric acid sodium and potassium were determined by flame photometry; calcium, magnesium and iron by atomic absorption spectrophotometry (AAS); and phosphorus by Gomori's method. The results, expressed per 100g dry algae showed the following values: moisture content: 7,03 to 11,00 g/100g; ashes: 16,18 to 22,70 g/100g; sodium: 3,18 to 6,41 g/100g; potassium 1,24 to 1,96 g/100g; magnesium: 600 to 836 mg/100g; phosphorus: 78 to 276 mg/100g; calcium: 63 to 108 mg/100g and iron: 3,9 to 26,4 mg/100g. The results of composition of algae as manufactured in the region showed important seasonal differences, with the highest values of ashes, sodium, potassium and magnesium in winter season (June and July). **Key words:** Red algae, *Porphyra columbina*, mineral, Patagonic Coast.

INTRODUCCION

Las algas han sido utilizadas como alimento desde hace siglos, fundamentalmente en Japón y otros países orientales, donde se consumen habitualmente cantidades importantes; por ello en esos países se comercializan tradicionalmente más de 100 especies, ya sea frescas o secas (1,2).

Actualmente están consideradas a nivel mundial como una fuente importante de nutrientes esenciales, siendo creciente su incorporación en las dietas occidentales (3).

Entre las algas rojas comestibles, que son apreciadas en alimentación humana, la *Porphyra columbina* es importante por su elevado contenido de nitrógeno, y, por consiguiente de proteínas; es de sabor agradable; con aspecto arrollado en el

estadio juvenil y luego, en estado adulto, se presenta como hojas similares a verduras, de color pardo violáceo o dorado. Por todos esos motivos es muy apreciada y en Japón es cultivada en escala industrial, alcanzando una producción anual de más de 100.000 toneladas, transformándola para su comercialización en láminas secas llamadas «Hoshi-Nori» o «Asakusa-Nori» (4,5). También es consumida en otros países

* Este trabajo es parte de la Tesis de la Bioquímica María Angélica Fajardo, a ser presentada para aspirar al Título de Doctor de la Universidad de la Patagonia San Juan Bosco.

Financiado por la UNPSJB (subsido 10/C019) y UBA (subsido TA 04/94)

donde se la conoce con distintos nombres: en China e la llama «Zicai» (2); en Corea: «Kim» (4); en Chile: «Luche» o «Luchi» (6).

Dada la abundancia de algas en el litoral marítimo de la región Patagónica Argentina y el interés creciente en su consumo, su comercialización podría contribuir a satisfacer las demandas del mercado internacional constituyendo una fuente potencialmente importante de recursos a nivel regional y nacional.

Por otra parte, la composición de las algas, en general, presenta variaciones geográficas y estacionales que están relacionadas con las condiciones ambientales y con el estadio vegetativo (7,8). Por ello, y ante la carencia de datos nacionales acerca de su composición, se ha encarado un estudio nutricional integral de algas comestibles, que ha comenzado por el análisis de la *Porphyra columbina*. En el presente trabajo se describen los resultados del contenido en algunos minerales de importancia nutricional: sodio, potasio, calcio, fósforo, magnesio y hierro, así como sus variaciones a lo largo de 11 meses consecutivos, desde abril de 1993 hasta febrero de 1994.

MATERIALES Y METODOS

Recolección de las algas

Las muestras fueron recolectadas en Punta Maqueda, lugar situado en el Golfo de San Jorge (Provincia de Santa Cruz), 30 Km al Sur de la ciudad de Comodoro Rivadavia a 46° 01' de latitud Sur y 67° 34' de latitud Oeste (Figura 1). Los muestreos fueron realizados de acuerdo a criterios biológicos de mantenimiento de recursos renovables, en una zona de muy bajo nivel de contaminación. Las algas adheridas a los mejillines, se extrajeron manualmente de la restinga rocosa en un área muy expuesta al oleaje, durante los niveles medios del intermareal, desde abril de 1993 hasta febrero de 1994. Se efectuó en el lugar la clasificación sistemática (9), se separaron las epifitas y se lavaron con abundante agua de mar.

Preparación de las muestras

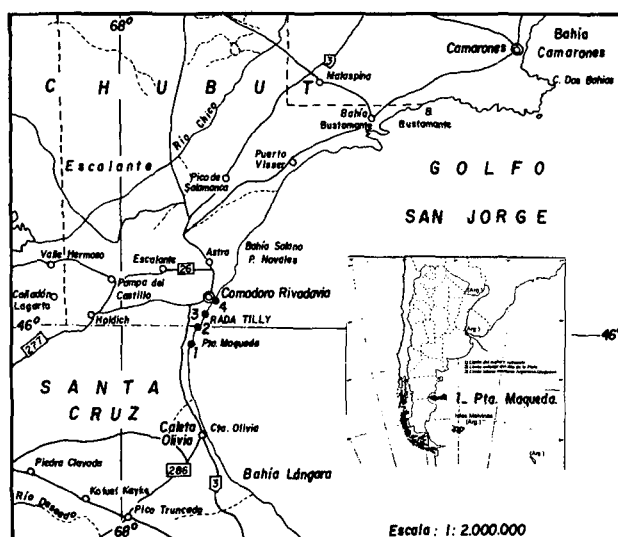
Las algas se trasladaron refrigeradas inmediatamente después de la recolección. En el laboratorio se extendieron sobre papeles absorbentes, dejándolas secar a la temperatura ambiente (20-25°C) durante 24 hs; se molieron en una procesadora Moulinex con cuchillas de Titanio. Las algas comestibles secas que no se procesaron inmediatamente fueron guardadas en congelador, a -20°C en recipientes de plástico, con tapa hermética, hasta la realización de las determinaciones.

Metodología analítica

Determinación de minerales: se pesaron exactamente, por triplicado, alrededor de 100 mg de la muestra de cada mes. Se efectuó la digestión por vía húmeda, con 1.5 mL de NO_3H concentrado de calidad cromatográfica, en un horno a microondas utilizando «bombas» Parr (10). Luego de enfriado

el producto de la digestión se llevó a un volumen de 10 mL, efectuando, por duplicado, las diluciones que fuesen necesarias en cada caso; se determinó: sodio y potasio de fotometría de llama; calcio, magnesio y hierro, por espectrofotometría de absorción atómica (E.A.A.) (11); fósforo, mediante el método colorimétrico de Gomori (12). Todo el material utilizado se lavó con NO_3H al 20% enjuagándolo 6 veces con agua destilada y 6 veces con agua desionizada. Se utilizaron estándares Merck para absorción atómica. Cuando los replicados se desviaron en más de un 5% con respecto a los valores promedio, se repitieron las determinaciones. Se determinó, además, en cada muestra: humedad, por desecación en estufa a 1000°C hasta peso constante y cenizas por incineración en mufla a 500°C (13).

FIGURA 1



Referencias

1. Pta. Maqueda
2. Playa Límite
3. Rada Tilly-Pta. Marques
4. Com. Rivadavia-Pta. Borja

Análisis estadístico de los resultados

Se calcularon las diferencias significativas entre los valores promedio y aplicando el análisis de ANOVA de un factor (14).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 figuran los valores promedio del contenido de humedad, de cenizas y de los minerales estudiados, expresados por 100g de alga comestible seca, tal como es comercializada y consumida en la región. Puede observarse que el porcentaje de humedad varió entre 7,03 y 11,0 g/100g. El contenido de cenizas osciló entre 16,18 y 22,70g por 100g,

presentándose los valores más altos en los meses de junio y julio, siendo significativamente menores desde agosto a febrero. Los minerales mayoritarios fueron sodio (3,18 a 6,47 g/100g), potasio (1,24 a 1,96 g/100g) y magnesio (600 a 832 mg/100g). Fue muy bajo el contenido de calcio (63 a 108 mg/100g) y el de fósforo fue 2 a 3 veces superior al de calcio (152 a 256 mg/100g). El de hierro fue sumamente variable (3,9 a 26,4 mg/100g), presentando los valores más bajos en los meses del período reproductivo (agosto a noviembre).

En la Tabla 2 se expresó el contenido de minerales por

100g de base seca, para poder visualizar y comparar las variaciones mensuales en la composición. Dado que el porcentaje de humedad presentó un rango no muy amplio (7,03 a 11,0 g/100g de alga seca) las variaciones entre los distintos meses fueron similares a las observadas en la Tabla 1. Al expresar los resultados por 100g de base seca se puede observar que el contenido de cenizas presentó los valores más altos en los meses de junio y julio, siendo significativamente menor desde agosto a febrero; los valores de sodio, potasio y magnesio presentaron los valores más altos en el mes de julio.

TABLA 1
Composición de algas comestibles secas (*Porphyra col*)

Mes	Promedio ± DE g por 100 g de alga comestible seca				Promedio ± DE mg por 100 g de alga comestible seca			
	Humedad	Cenizas	Sodio	Potasio	Magnesio	Calcio	Fósforo	Hierro
Abril	9,12±0,01	21,10±0,19	5,83±0,08	1,90±0,01	695±1	108±10	187±14	26,4±1,0
Mayo	9,63±0,56	20,12±1,03	4,04±0,18	1,44±0,04	604±40	63±14	152±9	11,7±1,0
Junio	11,00±0,30	22,70±0,50	5,73±0,42	1,70±0,13	786±40	94±4	200±7	13,1±0,3
Julio	8,14±0,01	22,21±1,09	6,47±0,21	1,96±0,08	836±60	83±7	232±7	13,3±0,7
Agosto	7,56±0,01	18,23±1,58	5,03±0,38	1,67±0,02	776±50	79±10	226±12	8,8±0,7
Septiembre	10,40±0,16	16,18±0,10	5,18±0,18	1,73±0,09	600±3	93±12	232±20	3,9±0,7
Octubre	9,45±0,10	19,95±0,02	4,10±0,22	1,72±0,09	679±70	74±3	240±4	10,5±0,3
Noviembre	10,37±0,06	19,54±0,02	4,24±0,38	1,45±0,13	690±50	68±2	192±13	10,8±2,0
Enero	8,11±0,13	17,53±0,16	4,82±0,15	1,56±0,07	690±27	78±2	179±13	13,3±1,0
Febrero	7,03±0,19	18,19±0,03	3,18±0,67	1,24±0,22	657±24	66±6	73±9	19,3±1,0

TABLA 2
Composición de algas comestibles (*Porphyra col*)*

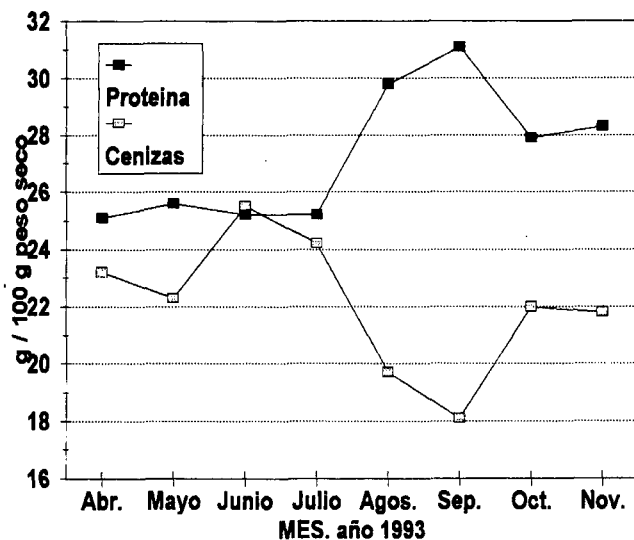
Mes	Promedio ± DE g por 100 g de base seca			Promedio ± DE mg por 100 g de base seca			
	Cenizas	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Fósforo	Hierro
Abril	23,22±0,19 ^b	6,42±0,08 ^b	2,09±0,01 ^{ab}	119±9 ^a	765±1 ^c	206±14 ^{ef}	29±1 ^a
Mayo	22,7±1,03 ^{bc}	4,70±0,17 ^e	1,59±0,04 ^e	70±13 ^f	668±39 ^e	168±9 ^g	14±1 ^c
Junio	25,51±0,50 ^a	6,44±0,42 ^b	1,91±0,13 ^{bc}	106±4 ^b	884±36 ^{ab}	225±7 ^{cd}	15±1 ^c
Julio	24,18±1,09 ^a	7,03±0,21 ^a	2,12±0,08 ^a	90±7 ^c	906±56 ^a	253±7 ^b	15±1 ^c
Agosto	19,72±1,59 ^d	5,44±0,37 ^{cd}	1,81±0,16 ^{cd}	85±10 ^{cd}	844±52 ^b	244±12 ^{bc}	10±1 ^e
Septiembre	18,06±0,10 ^e	5,80±0,18 ^c	1,93±0,09 ^{abc}	104±12 ^b	670±3 ^e	259±18 ^b	4±1 ^f
Octubre	22,03±0,021 ^c	4,53±0,23 ^e	1,90±0,09 ^{bc}	82±3 ^{cde}	755±73 ^{cd}	276±4 ^a	12±1 ^d
Noviembre	21,80±0,02 ^c	4,30±0,36 ^e	1,62±0,13 ^{de}	76±2 ^{def}	766±54 ^c	215±13 ^{de}	12±2 ^d
Enero	19,08±0,16 ^{de}	5,25±0,15 ^d	1,69±0,07 ^{de}	85±2 ^{cd}	751±27 ^{cd}	195±13 ^f	14±1 ^c
Febrero	19,57±0,03 ^d	3,42±0,67 ^{bf}	1,33±0,22 ^f	71±6 ^{ef}	706±25 ^{de}	78±9 ^h	21±1 ^b

* Superíndices diferentes, en una misma columna, indican diferencias significativa (p<0,05)

Se sabe que la composición de los distintos tipos de algas, dentro del mismo género y especie, presenta variaciones geográficas y estacionales, relacionadas con las condiciones ambientales y con el estadio vegetativo (7,8); en consecuencia, el crecimiento es función de una serie de factores como época del año, profundidad de la masa de agua, temperatura, salinidad, exposición con respecto al oleaje y latitud geográfica (15,16).

En el caso particular de *Porphyra* se han descrito variaciones estacionales en el contenido de nitrógeno y de ácido ascórbico en algas recolectadas en el Pacífico y en Nueva Zelanda (7,15). Asimismo, en nuestro caso, en un trabajo previo donde estudiamos el contenido de nitrógeno en *Porphyra columbina* y su variación estacional en el mismo año que el de este trabajo, observamos una mayor concentración de nitrógeno y ácido ascórbico en la primavera (mes de septiembre) (17,18) (Figura 2). Esta época corresponde a la etapa de mayor crecimiento, donde la *Porphyra* se presenta con forma de láminas nuevas largas y grandes, con sus bordes rojos y áreas internas amarillas. Posteriormente, comienza el período de activa reproducción, y las formas adultas parecen deshilacharse, dejando una estructura de hidrocoloide, transparente en los bordes; en consecuencia, disminuye la concentración de nutrientes. Esta etapa reproductiva tiene lugar al finalizar el invierno, variando, a su vez, según los factores regionales de latitud geográfica y climáticos del año.

FIGURA 2
Proteínas y cenizas en *Porphyra columbina*



Por otra parte, el contenido de minerales refleja composición intrínseca de las algas, más las sales propias del agua de mar en la que quedan embebidos los talos. El elevado contenido de sodio proviene principalmente del agua de mar, que en la zona fue de 8,6 g/l, siendo retenido en los talos y formando parte de las algas secas. Este hecho contribuye a que las algas

secas puedan ser almacenadas a temperatura ambiente durante períodos prolongados de tiempo, fundamentalmente en zonas como la de Comodoro Rivadavia, donde la humedad ambiente es sumamente baja durante todo el año.

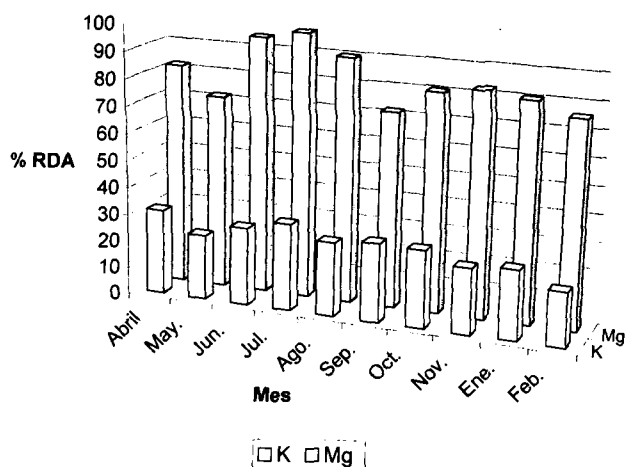
Nuestros resultados concuerdan con las variaciones estacionales descritas para otros nutrientes en varias especies de *Porphyra* extraídas de diversos lugares del Mar Mediterráneo y del Océano Pacífico, extendiendo los resultados de las variaciones estacionales al contenido de nutrientes minerales. Por otra parte, revelaron la existencia de una relación inversa entre el contenido de nitrógeno y el de cenizas (Figura 2), que se ve reflejada también en el contenido de sodio, potasio y magnesio.

Es de destacar que el elevado contenido de sodio, que osciló entre 3,18 y 6,47 g/100g de alga comestible seca, podría ser considerado perjudicial desde el punto de vista nutricional, dada la conveniencia de disminuir el consumo de sal para prevenir enfermedades crónicas como la hipertensión arterial y los problemas cardio y cerebrovasculares. Sin embargo, la *Porphyra col.* se consume en la zona de Comodoro Rivadavia seca y molida, ya sea en sopas o espolvoreándola sobre comidas a base de arroz y guisos de distinto tipo, a los que confiere un típico «gusto marino». Teniendo en cuenta los resultados obtenidos acerca del contenido de los minerales estudiados, el aporte de dos cucharas soperas por plato, cantidad normalmente utilizada por los consumidores habituales, representaría, según la época de recolección, de 1.026 a 2.109 mg de sodio. De ese modo la *Porphyra col.* podría sustituir a la sal común, pero aportaría también entre 400 y 636 mg de potasio y entre 200 y 272 mg de magnesio, cantidades que representarían un porcentaje importante de las ingestas recomendadas de esos nutrientes (19): entre 19% y 29% para el potasio y entre el 51% y 72% para el magnesio (Figura 3). Estos aportes pueden constituir cifras considerables sobre todo en zonas donde es escaso y poco frecuente el consumo de alimentos vegetales. Por otra parte, si bien no se han realizado aún las determinaciones de yoduro, es de suponer que su aporte debe ser importante.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran en la *Porphyra col.* de la costa Patagónica Argentina un contenido importante de nutrientes minerales por 100g de alga comestible seca, tal como es comercializada en la región, con importantes variaciones estacionales. Entre los minerales son mayoritarios el sodio, potasio y magnesio, encontrando los mayores valores en el invierno, indicando la importancia de la época de recolección en la concentración de nutrientes. Estos minerales pueden constituir aportes considerables en zonas donde el consumo de alimentos vegetales es escaso y poco frecuente.

FIGURA 3
 Porcentaje de cobertura en potasio y magnesio,
 para mujeres al consumir dos cucharadas de alga
 comestible secas (19)



REFERENCIAS

1. Fujiwara-Arasaki TF, Mino N & Kuroda M. The protein value in human nutrition of edible marine algae in Japan. *Hydrobiologia* 1984;116/117: 513-516.
2. Tseng CK & Fei XG. Macroalgae commercialization in the Orient. *Hydrobiologia*, 1981;151/152: 167-172.
3. Halperin DR. Algas en la alimentación humana. - Contribución técnica, número 10 - CIBIMA (Centro de Investigación en Biología Marina); Buenos Aires, 1978.
4. Kazutossi Nisizawa, Hiroyuki Noda, Ryo Kikuchi & Tadaharu Watanabe. The main seaweed foods in Japan. *Hydrobiologia*, 1987;151/152: 5-29.
5. Miura A. *Porphyra* cultivation in Japan. *Advances of Phycology in Japan*. J. Tokida H. Hirose eds. W. Junk - The Hague, 1975;p 273-274.
6. Schmidt- Hebbel H, Pennacchiotti Monti Y et al. Tabla de Composición Química de Alimentos Chilenos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Santiago de Chile, 1985.
7. Aitken KA, Melton LD, Brown MT. Seasonal protein variation in the New Zealand seaweeds *Porphyra columbina* Mont. and *Porphyra subtumens*. J. Ac. (Rodophyceae) *Jpn J Phycol* 1991;39:307-317.
8. Wheeler PA & Bjornsater BR. Seasonal fluctuation in tissue nitrogen phosphorus and NN for five macroalgal species common to the Pacific northwest coast. *J Phycol* 1992; 28:1-6.
9. Boraso de Saixso A, Fajardo MA. Estudio en *Porphyra columbina* montagne (BANGIALES) en la costa Patagónica Argentina. Morfología, composición química y distribución vertical. XVII Reunión Argentina de Ecología, Mar del Plata (Argentina) 24-28 de Abril, 1995.
10. Sapp RE & Davidson SD. Microwave digestion of multi-component foods for sodium analysis by atomic absorption spectrometry. *J Food Science*, 1991;5 (5):1412-1414.
11. Analytical methods for Atomic Absorption Spectrophotometry. Perkin-Elmer Corp-Norwol K,C.I., 1971.
12. Gomori GA. Modification of the colorimetric phosphorus determination for use with the photoelectric colorimeter. *J Lab Clin Med* 1942;27:955-960.
13. Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis of The A.O.A.C. 12th ed., Washington, D.C. US Government Printing Office, 1985.
14. Sokal RR & Rohlf FJ. The principle and practice of statistic in biological research. WE Freemore & Company, San Francisco, 1969.
15. Friedlander SF, Melton LD & Brown MT. Ascorbic acid in the New Zealand seaweeds *Porphyra columbina* Mont. and *Porphyra subtumens*. J.Ac. (Rhodophyceae) *Jpn. J. Phycol (sorui)*, 1989;370:259-301.
16. Mukai LS, Craigies JS & Brown R. Chemical composition and structure of the cell walls of the conchocella and the tallus phases of *Porphyra tenera* (Rodophyceae). *J Phycol*, 1981;170, 192-198.
17. Fajardo MA, Alvarez F, Risso S, Pucci OH, de Portela ML. Contenido de nitrógeno y ácido ascórbico de algas patagónicas, *Porphyra sp.* y sus variaciones estacionales. Actas de VI Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos y 1er Encuentro de Técnicos de Alimentos del Cono Sur, 1994;288-290.
18. Fajardo MA, Alvarez F, Risso S, Pucci OH, de Portela ML. Variación del contenido de ácido ascórbico durante el almacenamiento en algas *Porphyra sp.* Actas del VI Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos y 1er Encuentro de Técnicos de Alimentos del Cono Sur, 1994;291-293.
19. Recommended Dietary Allowances, 10th ed. National Academy of Sciences. National Academic Press. Washington, D.C., 1989.

Recibido: 09-03-1998

Aceptado: 28-07-1998