

Algas marinas de Baja California Sur, México: Valor nutrimental

Silvia Carrillo Domínguez, Margarita Casas Valdez, Felipe Ramos Ramos, Fernando Pérez-Gil,
Ignacio Sánchez Rodríguez

Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán", México D.F., Laboratorio de Macroalgas,
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México

RESUMEN. La península de Baja California constituye una de las regiones más ricas en recursos algales de México. El objetivo de este trabajo fue conocer la composición química de algunas especies de algas marinas de Baja California Sur, consideradas económicamente potenciales por su distribución y abundancia y promover su empleo en la alimentación humana y animal. Las algas estudiadas fueron: Verdes (*Ulva spp.*, *Enteromorpha intestinalis*, *Caulerpa sertularoides* y *Bryopsis hypnoides*), Rojas (*Laurencia johnstonii*, *Spyridia filamentosa* e *Hypnea valentiae*) y Parda (*Sargassum herporizum*, *S. sinicola*, *Padina durvillaei*, *Hydroclathrus clathrathus* y *Colpomenia sinuosa*). Los ejemplares se secaron al sol y molieron en un molino de cuchillas. Los resultados mostraron en las algas, un contenido de proteína menor de 11%, excepto en *L. johnstonii* con 18% y bajo aporte de energía. El contenido de extracto etéreo en general, fue menor al 1%. Las fracciones más abundantes resultaron ser los carbohidratos totales y la materia inorgánica, radicando en estos componentes químicos la principal riqueza de estos recursos.

Palabras clave: Composición química, algas, alimentación, minerales, Baja California.

SUMMARY. Marine algae of Baja California Sur, México: nutrimental value. The Baja California Peninsula is one of the richest regions of seaweed resources in México. The objective of this study was to determine the chemical composition of some marine algae species of Baja California Sur, with an economical potential due to their abundance and distribution, and to promote their use as food for human consumption and animal feeding. The algae studied were Green (*Ulva spp.*, *Enteromorpha intestinalis*, *Caulerpa sertularoides*, *Bryopsis hypnoides*), Red (*Laurencia johnstonii*, *Spyridia filamentosa*, *Hypnea valentiae*) and Brown (*Sargassum herporizum*, *S. sinicola*, *Padina durvillaei*, *Hydroclathrus clathrathus*, *Colpomenia sinuosa*). The algae were dried and ground before analysis. In general, the results showed that algae had a protein level less than 11%, except *L. johnstonii* with 18% and low energy content. The ether extract content was lower than 1%. However, the algae were a good source of carbohydrates and inorganic matter.

Key words: Chemical composition, seaweed, nutrition, minerals, Baja California.

INTRODUCCION

El empleo de las algas marinas en la alimentación humana y animal es una práctica que se remonta a hace muchos siglos. En la actualidad en los países orientales es donde su consumo está más extendido y en lo que respecta a la alimentación animal, es en los países escandinavos y Francia donde la práctica de llevar a los animales a las costas para que consuman algas, es algo común (1,2). Existen muchos otros países, como es el caso de México, que por su situación geográfica también cuentan con una abundante diversidad y biomasa algal; sin embargo, su uso se ha circunscrito principalmente como materia prima para la obtención de ficocoloides, los cuales se emplean en las industrias textil, química y alimentarias (3,4). En México, la mayor diversidad y biomasa algal se encuentran en la costa occidental de la Península de Baja California (5). Las especies comprendidas en el presente estudio son consideradas económicamente potenciales porque tienen una amplia distribución y abundancia en las costas de Baja California Sur y en otras

regiones del país (5); sin embargo, es escasa la información que se ha publicado sobre la composición química de estos recursos (6-12). Por lo tanto, se planteó como objetivo de este trabajo conocer el valor nutrimental de estas especies algales para estimular su empleo en la alimentación humana y animal.

MATERIALES Y METODOS

Lugar de recolecta

Las algas se recolectaron en diferentes localidades de la Bahía de La Paz (24° 47' y 24° 06' N y 110° 45' y 110° 18' W) y de Bahía Concepción (26° 55' y 26° 30' N y 112° y 110° 40' W), en la costa este de Baja California Sur, México. La temperatura promedio anual en estas dos localidades es de 25°C y 24°C respectivamente. Las especies recolectadas fueron: Verdes: *Ulva spp.*, (1) *Enteromorpha intestinalis* (Linnaeus) Link 1820, (2) *Caulerpa sertularoides* (Gmelin) Howe 1905, (1) *Bryopsis hypnoides* Lamouroux 1809. Rojas: (3) *Laurencia johnstonii* Setchell & Gardner 1924, (1)

Spyridia filamentosa (Wulfen) Harvey 1833, (1) *Hypnea valentiae* (Turner) Montagne 1840. Pardas: (4) *Sargassum herporizum* Setchel & Gardner 1924, (4) *Sargassum sinicola* Setchel & Gardner 1924, (4) *Padina durvillaei* Bory 1827, (4) *Colpomenia sinuosa* (Roth) Derbes & Solier 1856, (4) *Hydroclathrus clathratus* (Bory) Howe 1920. (1) Se recolectaron en Mano de León; (2) en El Mogote; (3) en la Isla Espíritu Santo, estas tres localidades se ubican dentro de la Bahía de La Paz. (4) Se recolectaron en Santispac, que se ubica en Bahía Concepción. Todas las algas fueron recolectadas en el mismo año, durante el mes de mayo, época en que presentaron su mayor abundancia.

Método de recolecta

Las algas se obtuvieron de las zonas intermareal y submareal de cada una de las localidades. Se recolectaron manualmente por medio de buceo libre, o equipo SCUBA cuando se encontraban a profundidades mayores a tres metros. En cada manto se llevó a cabo una poda parcial de la especie de interés. Las algas se secaron al sol sobre una superficie dura y limpia. Las algas secas se limpiaron de epífitas, conchas y material extraño, posteriormente se molieron en un molino de cuchillas con criba de 2 mm.

Análisis químicos

Una vez secas y molidas, cada especie de alga fue sometida a las siguientes determinaciones químicas, que se realizaron por triplicado: Análisis químico proximal en cuanto a humedad, proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, según A.O.A.C. (13), fibra cruda con el método No. 962.09 del A.O.A.C (13), el extracto no nitrogenado se obtuvo por diferencia. La energía bruta se determinó utilizando la bomba calorimétrica de Parr, la digestibilidad *in vitro* de la proteína por un método multienzimático (14), minerales: Ca, Na, K, Mg, Cu, Zn y Fe por absorción atómica mediante el método No. 968.08 del A.O.A.C. (13) y P por el método colorimétrico (13).

RESULTADOS Y DISCUSION

El contenido de humedad en las algas secas y molidas es un dato muy importante, ya que está muy relacionado con la técnica de secado empleada así como con la conservación del alga. Para que un producto pueda ser almacenado por largo tiempo, y disminuir la posible presencia de bacterias y hongos que podrían alterar su calidad a través de la descomposición, el contenido de humedad debe ser bajo. En este caso, los valores de humedad que se obtuvieron, fueron en todos los casos menores a un 11%, valor que se considera apropiado para la preservación de las algas. Por lo tanto, se puede decir que con la técnica de secado al sol, sobre una base de cemento, se obtuvieron productos que pueden ser almacenados, en condiciones apropiadas, por largo tiempo.

Aguilera (15) demostró que al usar esta técnica de secado en *Enteromorpha spp.* no se incrementó el contenido de coliformes totales, coliformes fecales y mesófilos aerobios, cuyos valores estuvieron por debajo de la norma sanitaria. Respecto a la calidad sanitaria de las algas aunque no se realizaron análisis microbiológicos se puede considerar que esta es buena ya que en las localidades de Bahía Concepción y Bahía de La Paz donde fueron recolectadas no existen asentamientos humanos, ni se desarrollan actividades agrícolas o industriales que pudieran verter contaminantes al mar.

Factores antinutricios como taninos, alcaloides, glúcidos cianogénicos y saponinas que podrían afectar la digestibilidad, han sido determinados por otros autores (15-17) en *Sargassum spp.*, *S. sinicola* y *Enteromorpha spp.* encontrándolos de escasos a nulos, por lo que consideraron que no representan ningún riesgo para el consumo humano y animal.

En cuanto a la proteína, en la Tabla 1 se observa que las algas verdes presentaron, en general, los valores más altos. Johnston (18) informa hasta un 32.3% de proteína materia seca en *Enteromorpha compressa* y 30.8% en *Ulva thuretii*. Del grupo de las algas rojas destacó notablemente en esta fracción química, *L. johnstonii*. Jensen (3) señala un intervalo similar al encontrado en este trabajo, para algas verdes y rojas. Respecto a las algas pardas, aunque éstas generalmente no se distinguen por su contenido de proteína, los valores encontrados en las especies estudiadas están dentro de lo informado por otros autores para este grupo (8,10,19). Otros autores (6,11,12) concuerdan con el hecho de que las algas verdes presentan, en general, un mayor contenido de proteína y por lo tanto constituyen una mejor fuente de este nutrimento con respecto a los otros grupos. Como referencia se puede decir que su contenido es similar al de algunos cereales como el maíz, trigo y avena (7%-15%) (20) y superior a ingredientes usados en la alimentación animal como una paja (3%) y similar al heno (13%-17%) (21).

La digestibilidad de la proteína en todos los casos resultó superior al 70% (Tabla 1), lo que indica que las proteínas de estas algas tienen una buena digestibilidad y coincide con lo señalado por otros autores (11,22).

El extracto etéreo (el cual comprende a las grasas, vitaminas y pigmentos) en general fue bajo en los tres grupos de algas. Destacando en forma individual, por su mayor contenido, las algas *L. johnstonii* y *C. sertularoides*. Los datos obtenidos en las algas pardas concuerdan con los informados por otros autores (9,10,12,23). Las rodofitas contienen también pequeñas cantidades, menores al 3% (18,24). En cuanto a las clorofíceas, Johnston (18) informa un contenido de grasa de 0.5% en *Enteromorpha spp.* El contenido de grasa en las algas es similar al de cereales (arroz y centeno) y leguminosas (frijol, garbanzo y haba) que tienen menos de un 2% (20).

TABLA 1
Composición aproximada de doce especies de algas marinas de Baja California Sur, México (g/100g de harina algal)

	Humedad	Proteína cruda	Extracto etéreo	Fibra cruda	Cenizas	Extracto libre nitrógeno	Energía bruta	Digestibilidad proteica
Verdes								
<i>Ulva spp.</i>	10.58±0.20	11.40±0.09	0.54±0.07	5.11±0.18	46.62±0.20	25.75	1241±0.05	85.79±0.57
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	8.67±0.04	10.51±0.13	0.67±0.08	4.66±0.19	55.14±0.20	20.35	1162±0.03	72.76±1.77
<i>Caulerpa sertularoides</i>	8.48±0.20	11.27±0.07	5.12±0.20	13.50±0.20	38.50±0.19	23.13	2282±0.04	83.99±1.40
<i>Bryopsis hypnoides</i>	6.97±0.24	8.37±0.18	0.92±0.09	12.53±0.33	50.70±0.00	20.51	1550±0.02	79.93±0.57
Rojas								
<i>Laurencia johnstonii</i>	10.39±0.20	17.67±0.18	2.56±0.16	6.14±0.14	38.36±0.11	24.88	2578±0.06	83.13±0.23
<i>Spyridia filamentosa</i>	8.39±0.16	6.90±0.00	0.42±0.02	3.89±0.12	35.84±0.07	44.56	3395±0.14	74.03±0.31
<i>Hypnea valentiae</i>	8.36±0.24	6.57±0.19	0.45±0.05	3.97±0.09	47.78±0.19	32.87	1543±0.03	83.11±0.95
Cafés								
<i>Sargassum sinicola</i>	9.34±0.17	6.97±0.02	0.63±0.04	6.46±0.28	38.33±0.40	38.27	2008±0.06	90.79±0.91
<i>Sargassum herporizum</i>	8.18±0.03	5.12±0.06	0.63±0.04	5.82±0.19	36.70±0.05	43.55	2189±0.03	75.26±0.70
<i>Padina durvillaei</i>	7.89±0.01	5.24±0.04	0.69±0.03	7.57±0.11	34.43±0.07	44.18	2064±0.04	72.33±0.64
<i>Colpomenia sinuosa</i>	5.48±0.16	3.13±0.02	0.60±0.04	6.60±0.04	62.57±0.01	21.62	2860±0.04	75.86±0.42
<i>Hydroclathrus clathratus</i>	4.66±0.03	3.57±0.01	0.52±0.08	4.73±0.03	63.74±0.16	22.78	1876±0.08	75.26±0.78

La cantidad de fibra cruda encontrada en las especies estudiadas varió de 3.9% a 13.5%, sin embargo, se debe considerar que este aporte es subestimado por el método utilizado, ya que las algas contienen un porcentaje elevado de fibra soluble (16), por lo que sería recomendable analizarla como fibra dietaria. Como referencia se puede mencionar que alimentos para consumo humano, como las hojuelas de avena tienen 7% y el germen de trigo 14%, leguminosas como el frijol, el garbanzo y las alubias tienen aproximadamente 5% (20). Algunos ingredientes empleados frecuentemente en la alimentación animal y considerados altamente fibrosos como el heno de alfalfa y de avena tienen entre 25% y 35% (21).

Por otra parte, resultó notable el alto contenido de materia inorgánica que presentaron tanto las algas cafés como las verdes. Esto es algo muy común en tales organismos debido al medio marino en que se desarrollan, que es rico en elementos minerales y a la gran capacidad que tienen las algas de almacenarlos (2,25). Los valores obtenidos en las algas pardas fueron cercanos a los mencionados por otros autores (8,10,12,26). En cuanto a las algas verdes el contenido de materia inorgánica en *Enteromorpha intestinalis* resultó muy superior al informado por Johnston (18) para *Enteromorpha sp.* (16.5%). Piña et. al. (6), señalan un contenido de 26.01% para *Ulva fasciata*, mientras que Castro et al. (11) mencionan 53.2% para *U. lactuca*. Ingredientes para consumo animal como el heno de alfalfa y el de avena tienen aproximadamente 8% de cenizas, la paja de trigo 11% y una harina de pescado 24% (21).

Otra fracción química que también resultó muy elevada en todos los grupos algales fue el extracto libre de nitrógeno,

el cual comprende principalmente carbohidratos solubles, como el almidón y azúcares pero también incluye una considerable cantidad de ácido algínico, agar y carragenanos (27,28). Los carbohidratos como el almidón, manitol y laminarina pueden ser fácilmente utilizados por humanos y animales debido al tipo de enlace alfa-glicósido 1,4 y 1,6, así como beta 1,3 que poseen. El ácido algínico, agar y carragenanos que tienen enlaces alfa y beta 1,3 y beta 1,4 solo pueden ser utilizados por aquellas especies animales que poseen enzimas específicas para romperlos (28,29).

Respecto al valor calórico, aunque el método utilizado para determinar el aporte energético en las algas lo sobrestima porque no considera la biodisponibilidad de los carbohidratos, los resultados obtenidos en este trabajo en general son bajos, excepto en *L. johnstonii*, *S. filamentosa* y *C. sinuosa*. Este bajo contenido calórico en las algas seguramente ha sido un factor muy importante que ha influido en las culturas orientales para favorecer el consumo de estas plantas (2). Alimentos para consumo humano como los cereales y las leguminosas aportan aproximadamente 3700 kcal/g (20).

Por lo que se refiere a la composición mineral en las especies estudiadas, el calcio resultó ser uno de los elementos mayoritarios en las algas (Tabla 2). El contenido de este mineral estuvo dentro de los valores informados por otros autores (6,9,11,12). Como referencia se puede decir que alimentos como la leche fresca de vaca, contienen aproximadamente 0.12%, la sardina en aceite 0.30% (20) y la harina de alfalfa 1.8% (30).

TABLE 2
Composición mineral de algas marinas de Baja California Sur, México (g/100g de harina algal)

Especies	Calcio	Fósforo	Sodio	Potasio	Magnesio
Verdes					
<i>Ulva spp.</i>	5.80	0.52	2.19	2.50	4.54
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	5.10	0.52	3.51	2.24	3.30
<i>Caulerpa sertularoides</i>	6.35	0.53	13.44	1.18	1.18
<i>Bryopsis hypnoides</i>	9.77	1.03	8.58	6.42	1.52
Rojas					
<i>Laurencia johnstonii</i>	13.20	0.51	1.76	7.96	1.12
<i>Spyridia filamentosa</i>	6.49	0.52	3.09	1.81	5.40
<i>Hypnea valentiae</i>	1.80	0.51	15.77	3.37	1.01
Cafés					
<i>Sargassum sinicola</i>	7.28	0.50	3.20	5.59	1.39
<i>Sargassum herporizum</i>	6.74	0.53	3.44	3.91	1.40
<i>Padina durvillaei</i>	5.56	0.51	2.30	6.54	1.79
<i>Colpomenia sinuosa</i>	6.82	0.51	14.75	20.32	1.59
<i>Hydroclathrus clathratus</i>	6.96	0.51	12.69	20.56	1.27

La concentración de fósforo encontrada en las algas estudiadas varió entre 0.50% y 1.03%. Etcheverry y López (26), Boda (23) y Castro et al. (9), han informado concentraciones de 0.1-5.5 g/100g en las algas pardas. En las verdes Johnston (18), Castro et al. (11) y Piña et al. (6) señalan una concentración de 0.03%-0.5%. Las cantidades encontradas en el presente estudio son similares a las del espárrago y la coliflor y superiores a las del aguacate, apio, calabaza y chayote (20). Bondi (21) informa un contenido de 0.21% en el heno de alfalfa y en la harina de pescado 2.7%, ingredientes comunes en la alimentación animal.

El sodio resultó ser uno de los elementos minerales que mayor concentración y variación presentó en las algas. En algas pardas como *Macrocystis* se han informado concentraciones de hasta 3.42% a 7.1% (26), en *S. sinicola* 3.8% y en *A. nodosum* 3.5% (11). Aun cuando las cantidades de sodio obtenidas en el presente son altas, alimentos como el atún en aceite (0.80%) y la sardina en aceite (0.51%), son consumido frecuentemente sin representar problema alguno, mientras no se llegue a un exceso. La mayoría de los granos y concentrados proteínicos empleados en la alimentación animal son bajos en este elemento, contienen entre 0.01% y 0.06%, los forrajes entre 0.007% y 0.12% (30).

El potasio también presentó altas concentraciones, sobre todo en las algas pardas, lo que es común en ellas (18,26,31). Los granos contienen 0.3% a 0.8%, productos vegetales 1.0% a 5%, productos de origen animal 0.3% a 2% como la leche, el pescado y las carnes rojas (20,30).

En cuanto al magnesio las concentraciones encontradas se consideran altas en relación a otras algas como *M. pyrifera*

que tienen 0.79%-0.82% (18,26), a alimentos como la avena (0.15%), la cebada (0.12%) y el frijol (0.14%); y a la que aportan la mayoría de las verduras. Suplementos de origen animal aportan entre 0.11% y 1.22% (30).

Los valores de hierro encontrados en las algas variaron entre 204 ppm en *Hydroclathrus clathratus* 787 ppm en *Enteromorpha intestinalis*, estos son superiores o similares a fuentes que se consideran ricas en este elemento traza como los cereales que tienen de 16-60 ppm (20,30) o harinas de carne y de pescado (400-600 ppm) (34).

El contenido de cobre varió de 47 a 62 ppm, valores superiores a los informados para productos considerados ricos en este elemento como crustáceos, moluscos, hígado de res y de cordero y nueces (34).

Las concentraciones de zinc halladas en este estudio hacen de estas algas una excelente fuente de este mineral. Alimentos ricos en Zn como la avena, algunas leguminosas (garbanzo, frijol, haba, lenteja, semillas de soya) y carnes contienen de 28 a 49 ppm (20).

TABLE 3
Microelementos presentes en algas marinas de Baja California Sur, México (mg/kg de harina algal)

Especies	Zinc	Cobre	Hierro
Verdes			
<i>Ulva spp.</i>	51	62	376
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	45	61	787
<i>Caulerpa sertularoides</i>	24	62	419
<i>Bryopsis hypnoides</i>	30	47	372
Rojas			
<i>Laurencia johnstonii</i>	19	47	420
<i>Spyridia filamentosa</i>	19	47	375
<i>Hypnea valentiae</i>	11	47	417
Cafés			
<i>Sargassum sinicola</i>	32	47	419
<i>Sargassum herporizum</i>	50	47	458
<i>Padina durvillaei</i>	11	61	455
<i>Colpomenia sinuosa</i>	9	61	397
<i>Hydroclathrus clathratus</i>	30	47	204

En todos los grupos algales, las variaciones en el contenido de cada uno de los componentes analizados resultó ser muy amplia incluso dentro de un mismo grupo, debido a que la composición química de las algas varía según el grupo taxonómico y en función de factores ambientales, geográficos y variaciones fisiológicas (35). Sin embargo, hay aspectos que resultaron ser comunes en todas las especies estudiadas. Tienen un bajo contenido de proteína y energía pero un alto contenido de minerales y metales traza así como un alto contenido de carbohidratos.

Son numerosas las aplicaciones y los posibles beneficios de las macroalgas marinas en la alimentación humana y ani-

mal (35). Además de las ya mencionadas se puede decir que los minerales, presentes en las algas marinas no solo se encuentran en elevadas cantidades sino que también, de acuerdo con Stephenson (33) y Jiménez (35), tienen una alta disponibilidad biológica debido a su origen orgánico y a que se encuentran en combinación natural con almidones, azúcares y carbohidratos de las mismas algas. Algunas de ellas, han reportado efectos antihelminéticos (24), otras como *Porphyra*, *Sargassum muticum* y *S. Vulgare* reducen en algunos animales las concentraciones plasmáticas de colesterol, al parecer por el tipo de esteroides que estas poseen (ej. colesterol y fucosterol) (24). *Ulva lactuca*, *S. sinicola* y otras algas han demostrado reducir el contenido de colesterol en el huevo (36,37). El sarganin, sustancia antibiótica presente en *S. natans*, ha mostrado efectividad para reducir la mortalidad de pollos infectados con *Salmonella gallinarum* (24).

Por todas estas propiedades, así como otras que no han sido consideradas en este estudio pero de las cuales existen referencias, se puede decir que las algas marinas constituyen un recurso potencial del cual se podrían obtener enormes beneficios tanto para la nutrición humana como animal. Sin embargo, existe una creciente necesidad de ampliar las investigaciones en esta área y sobre estos recursos y existe el compromiso de hacer llegar a la mayor parte de la población de cada país los conocimientos científicos que se están generando día a día, para que ellos también puedan obtener los beneficios a la salud y a la nutrición, que aportan estos recursos que hasta la fecha no han sido utilizados cabalmente

REFERENCIAS

- Jensen A. The nutritive value of seaweed meal for domestic animals. Proceedings of the Seventh International Seaweed Symposium. August 8-12, 1971. Sapporo, Japón. John Wiley and Sons (Eds). USA. 1972;7-14 pp.
- Chapman VJ and Chapman DJ. Seaweeds and their Uses. Chapman and Hall, Third edition, London, 1980;334 pp.
- Jensen A. Present and future needs for algae and algal products. Hydrobiologia 1993;260/261:15-23.
- Zertuche GJ. Situación actual de la industria de las macroalgas productoras de ficocoloides en América Latina y el Caribe. FAO Documento de campo No. 13, México 1993;5-15.
- Casas VM, Núñez LR, Cruz AM, Sánchez RI, Vázquez BR and López GE. Biodiversity and biogeographic affinities of bioalgal flora of Baja California Sur: A synthesis of the literature. 273-282. In: Munawar M, I. F. Munawar and D. F. Malley (eds.) Aquatic Ecosystem of Mexico. Status & Scope. Backuys Publishers 2000;435 pp.
- Piña PC, Ortega MM y Landeros D. Contribución al estudio de la composición química del alga mexicana *Ulva fasciata* Delile. An Inst Biol. Serie Botánica, UNAM. 1983;54:243-246.
- De la Lanza G, Ortega MM, Laparra JL, Carrillo MR y Godínez JL. Análisis químico de metales pesados en algas marinas de Baja California. Anales del Instituto de Biología, UNAM. México D.F. 1989;59(1):89-102.
- Rodríguez ME and Hernández CG. Seasonal and geographic variations of *Macrocystis pyrifera* chemical composition at the Western coast of Baja California. Ciencias Marinas 1991;17(3):91-107.
- Castro GM, Carrillo DS, Pérez-Gil F, Manzano R and Rosales E. *Macrocystis pyrifera* potential resource for animal feeding. Cuban J Agr Sci. 1991;25:77-84.
- Castro GM, Carrillo DS and Pérez-Gil F. Chemical composition of *Macrocystis pyrifera* (Giant Sargazo) collected in summer and winter and its possible use in animal feeding. Ciencias Marinas 1994;20(1):33-40.
- Castro GM, Pérez-Gil F, Pérez ES, and Carrillo DS. Chemical composition of the green alga, *Ulva lactuca*. Ciencias Marinas 1996;22(2):205-213.
- Carrillo DS, Castro GM, Pérez-Gil F, Rosales E and Manzano RE. The seaweed (*Sargassum sinicola* Setchel & Gardner) as an alternative for animal feeding. Cuban J Agric Sci. 1992;26:177-184.
- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
- Hsu HW, Vavak DL, Saterlee LD and Miller GA. Multienzyme technique for estimating protein digestibility. J Food Sci. 1977;42:1269-1273.
- Aguilera MM. Evaluación química, microbiológica y toxicológica de *Enteromorpha spp.* como fuente potencial de alimento. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 1999;100 pp.
- Marín AA. Utilización del alga *Sargassum spp.* como complemento alimenticio de ganado ovino. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 1999;86 pp.
- Manzano MR y Rosales GE. Aprovechamiento de las algas marinas *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum spp.* en la alimentación humana y animal. Tesis Profesional, Facultad de Química, Universidad La Salle, México, D.F. 1989;106 pp.
- Johnston HW. The biological and economic importance of algae. Part 2. Tatuara 1966;14:30-63.
- Rojkind AR. Algas marinas bentónicas como suplemento en la alimentación animal. 2. Ensayos con bovinos. Revisión bibliográfica. Centro de Investigación en Biología Marina. Contribución técnica No.21. Buenos Aires, Argentina. 1979;9 pp.
- Chávez MM, Chávez VA, Roldán AJ, Ledesma SJ, Mendoza ME, Pérez-Gil F, Hernández CS, Chaparro FA. Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en Latinoamérica. Edición Internacional. Instituto Nacional de la Nutrición, Instituto Nacional de Cancerología, Editorial Pax, México. 1996.
- Bondi A. Animal Nutrition. John Wiley and Sons. Great Britain. 1987;540 pp.
- Cooper MJ. The Sea Vegetable Book. Foraging and Cooking Seaweed. Clarkson N. Potter, Inc. Publishers, New York. 1977;24-27.

23. Boda K. Nonconventional Feedstuffs in the Nutrition of Farm Animals. Elsevier, Czechoslovakia. 1990;258 pp.
24. Hoppe HA. Marine algae and their products and constituents in pharmacy. In: Marine Algae in Pharmaceutical Science. Edited by H. A. Hoppe, T. Levring and Y. Tanaka. 1979;pp.25-39, 54-93. Walter de Gruyter and Co., Berlín.
25. Lobban C and Harrison P. Seaweeds ecology and Physiology. Cambridge Press University, England. 1994;366 pp.
26. Etcheverry H y López GL. Estudios químicos en *Macrocystis pyrifera* (L) AG. constituyentes inorgánicos y orgánicos. Rev Biol Marina. 1982;18(1):73-79.
27. Englyst HN, Quigley ME and Hudson GJ. Definition and measurement of dietary fibre. European J Clin Nut. 1995;49,Suppl.3:S48-S62.
28. Klasing KC. Comparative Avian Nutrition. CAB International, London. 1998;350 pp.
29. Percival E and McDowell RH. Algal Polysaccharides. In: Dey P.M. and Harborne J. B. Methods in Plant Biochemistry. Vol.2. Carbohydrates, Academic Press, London, U.S.A. 1990.
30. McDowell LR. Minerals in animal and human nutrition. Academic Press, Inc. U.S.A. 1992;524 pp.
31. Rojkind AR. Algas marinas bentánicas como suplemento en la alimentación animal. 1. Ensayos con pollos y gallinas ponedoras. Revisión bibliográfica. Centro de Investigación en Biología Marina, Contribución técnica No.19. Buenos Aires, Argentina 1977;24 pp.
32. Puls R. Mineral levels in Animal Health. Diagnostic data. Sherpa International, Canadá. 1990;240 pp.
33. Stephenson WA. Seaweed in Agriculture and Horticulture. Bargyla and Glyver Rateaver Editors, Second edition, U.S.A. 1974;231 pp.
34. Underwood EJ. Trace elements in human and animal nutrition. Fourth edition. Academic Press, U.S.A. 1977;545 pp.
35. Jiménez EA, Goñi CI. Evaluación nutricional y efectos fisiológicos de macroalgas marinas comestibles. Arch Latinoamer Nut. 1999;49:114-120.
36. Ramos RF, Carrillo DS, Pérez-Gil F, Avila GE, Carranco JM y Castillo DR. Modificación en el contenido de colesterol en el huevo al incluir las algas marinas *Macrocystis pyrifera* y *Ulva spp.* en la ración de ponedoras. Memorias XXIII Convención Anual de la Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas. 6-9 mayo de 1998. Puerto Vallarta, Jalisco, México. 1998;202-204.
37. Rodríguez RH. Manejo de alternativas alimenticias para aves de postura destinadas a la obtención de huevos con bajo contenido de colesterol. Tesis de Doctorado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima, México. 2000.

Recibido: 06-09-2001

Aceptado: 28-06-2002