

## COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ALGA VERDE *Ulva lactuca* CHEMICAL COMPOSITION OF THE GREEN ALGA *Ulva lactuca*

María Isabel Castro-González  
Fernando Pérez-Gil Romo  
Sergio Pérez-Estrella  
Silvia Carrillo-Domínguez

Departamento de Nutrición Animal  
Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán  
Vasco de Quiroga 15  
Tlalpan, 14000 México, D.F.

Recibido en abril de 1995; aceptado en febrero de 1996

### RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio químico del alga verde *Ulva lactuca*, recolectada durante el verano en la ensenada de La Paz, B.C.S. (México). Los resultados fueron los siguientes: proteína cruda, 10.7%; carbohidratos, 30.9%; cenizas, 53.2%; fibra cruda, 4.8%; digestibilidad *in vitro*, 64.6%; digestibilidad multienzimática, 86.5%. Se detectó precipitación en la prueba cualitativa de alcaloides. Los minerales cuantificados fueron: calcio (0.84%), hierro (0.66%), fósforo (0.14%) y cloro (9.8%) en forma de cloruros. Se concluye que *U. lactuca*, debido a su composición química y, principalmente, su elevado contenido de minerales, puede ser empleada como ingrediente mineral en dietas para pollos, dados los grandes volúmenes que se obtienen de esta alga en la zona de recolección.

*Palabras clave:* *Ulva lactuca*, alga marina, composición química, alimentación animal.

### ABSTRACT

A chemical study was conducted on the marine alga *Ulva lactuca*, collected during the summer of 1994 in La Paz, B.C.S. (Mexico). The results were as follows: crude protein, 10.7%; carbohydrates, 30.9%; ashes, 53.2%; crude fiber, 4.8%; *in vitro* digestibility, 64.6%; multienzymatic digestibility, 86.5%. Precipitation was detected in the qualitative analysis of the alkaloids. The minerals analyzed were: calcium (0.84%), iron (0.66%), phosphorous (0.14%) and chloride (9.8%). *Ulva lactuca* is found in great abundance in the area and it is concluded that, due to its chemical composition and high mineral content, it can be used as a mineral supplement for poultry.

*Key words:* *Ulva lactuca*, seaweed, chemical composition, animal feeding.

### INTRODUCCIÓN

Las algas han sido utilizadas en alimentación humana y animal desde hace miles de años a través de diferentes civilizaciones. Estas especies se desarrollan en aguas continentales y ambientes marinos, o en los lugares en que encuentren las condiciones adecuadas de

### INTRODUCTION

Algae have been consumed by humans and animals for thousands of years in different civilizations. These species grow in continental waters and marine environments, or wherever adequate conditions of humidity and nutrients are found. The marine species dominate and are

humedad y nutrimentos, predominando las especies marinas, consideradas en muchas ocasiones como "la gran pradera del mar" (Ortega *et al.*, 1989; Pérez, 1992).

Varios países de Europa, Asia y América utilizan algunas especies del género *Ulva* en la alimentación humana y animal, entre las que se encuentra *Ulva lactuca*, considerada un alga cosmopolita que se presenta en todo el mundo en grandes proporciones durante la primavera y el verano (Chapman y Chapman, 1980).

A nivel mundial, se utiliza en la industria gastronómica en países como Chile, Filipinas, Jamaica, Perú, Escocia, Hong Kong y Taiwán; también se utiliza en América del Norte, Europa y Japón como complemento en la alimentación de pollos, ovinos y bovinos, como abono y en la fabricación de medicamentos y cosméticos, producción de energía y extracción de colorantes (Marshall, 1987).

*Ulva lactuca* tiene una amplia distribución en México, tanto en las costas del Pacífico como en las del Atlántico (Piña *et al.*, 1983; Rzedowski, 1983; Huerta *et al.*, 1987). No se utiliza de ninguna forma y causa problemas de contaminación cuando es arrojada a las playas por la marea, como sucede en La Paz, Baja California Sur (Casas-Valdez, comunicación personal).

El objetivo de este trabajo fue determinar la composición química del alga para su posible inclusión en la alimentación animal.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La recolección del alga se realizó aleatoriamente y de forma manual durante la estación de verano en la ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. Se lavó con agua de mar para eliminar residuos ajenos a la muestra y se secó al sol y aire sobre bastidores de malla de mosquitero durante 48 h y, finalmente, en estufa de secado a 40°C. Se molió hasta un tamaño de partícula de 1 mm, obteniéndose una harina homogénea para la realización de los siguientes análisis químicos. Análisis químico proximal (AQP): humedad, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y cenizas (AOAC, 1990); el extracto libre de nitrógeno (hidratos

dominate and are frequently considered "the great sea meadow" (Ortega *et al.*, 1989; Pérez, 1992).

Several countries of Europe, Asia and America utilize some species of the genus *Ulva* for human and animal nutrition. One of these species is *Ulva lactuca*, considered a cosmopolitan alga that occurs throughout the world in great abundance during spring and summer (Chapman and Chapman, 1980).

It is used in the gastronomic industry in countries such as Chile, Philippines, Jamaica, Peru, Scotland, Hong Kong and Taiwan. It is also used in North America, Europe and Japan as a food supplement for poultry, ovines and bovines, as fertilizer, as well as in the pharmaceutical and cosmetic industries, for energy production and the extraction of coloring matter (Marshall, 1987).

*Ulva lactuca* is widely distributed in Mexico, along both the Pacific and Atlantic coasts (Piña *et al.*, 1983; Rzedowski, 1983; Huerta *et al.*, 1987). It is not, however, used in any way and it causes pollution problems when it is washed up on the beach by the tide, as in La Paz, Baja California Sur (Casas-Valdez, personal communication).

The objective of this study was to determine the chemical composition of this alga, for possible use in animal feeding.

## MATERIAL AND METHODS

The algae were collected randomly by hand during the summer at La Paz Bay, Baja California Sur, Mexico. They were rinsed with seawater, dried in the sun on frames covered with mosquito net for 48 h and then in an oven at 40°C. They were ground to a particle size of 1 mm, resulting in a homogeneous meal that was used in the following chemical analyses. Proximate chemical analysis (PCA): water content, crude protein, ether extract, crude fiber and ashes (AOAC, 1990); the free nitrogen extract (carbohydrates) was calculated by subtracting the sum of the previous PCA fractions from 100. Crude energy, using a Parr calorimeter (Tejada, 1985). Fiber fractions: 1) neutral-detergent fiber (NDF): cell walls and

de carbono) se calculó por diferencia de cien menos las demás fracciones del AQP. Energía bruta, utilizando una bomba calorimétrica Parr (Tejada, 1985). Fracciones de fibra: 1) fibra neutro-detergente (FND): paredes celulares y contenido celular, y 2) fibra ácido-detergente (FAD): lignina, celulosa y sílice; la hemicelulosa se calcula por la diferencia entre FND y FAD (Tejada, 1985). Digestibilidad *in vitro*, por la técnica de Minson y McLeod (Tejada, 1985), y digestibilidad multienzimática de la proteína, de acuerdo con Hsú *et al.* (1977). Los minerales (Ca, Fe, Cu, Pb, cloruros) se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica (AOAC, 1990) y el fósforo por la técnica colorimétrica (AOAC, 1990). Se analizaron cualitativamente algunos factores antifisiológicos: hemaglutininas y saponinas (INNSZ, 1984), glucósidos cianogénicos (AOAC, 1990) y alcaloides (Domínguez, 1979). El ácido tánico se analizó cuantitativamente (AOAC, 1990).

El número de repeticiones fue variable en cada análisis químico; se utilizaron diferentes estándares dependiendo de la técnica analítica. De los resultados se obtuvo la media y desviación estándar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el análisis químico proximal (tabla 1) de *Ulva lactuca*, indican que las cenizas y carbohidratos son los componentes químicos más abundantes en este organismo. Aunque de modo general, la composición química de las algas marinas varía dependiendo de la época, zona de recolección y profundidad (Castro-González *et al.*, 1994; Ito y Tsuchiya, 1981; Okano *et al.*, 1983).

El contenido de cenizas (53.24%) fue un poco mayor que lo informado por Carrillo *et al.* (1994) para algas verdes, incluyendo *Ulva* sp. (38.5-50.7%), y menor que lo mencionado por Rodríguez (1995) para *U. lactuca* de Baja California Sur (57.46%). Los hidratos de carbono se detectaron en mayor concentración (30.92%) en comparación con lo reportado por Carrillo *et al.* (1994) y Rodríguez (1995) para algas verdes (20.4-25.8%) y *U. lactuca* (25.65%), respectivamente. De acuerdo con otros autores (Jegou y

cell content and 2) acid-detergent fiber (ADF): lignin, cellulose and silica; the hemicelulose was calculated from the difference between NDF and ADF (Tejada, 1985). *In vitro* digestibility, using the technique of Minson and McLeod (Tejada, 1985), and protein digestibility, using the multienzyme technique of Hsú *et al.* (1977). The minerals (Ca, Fe, Cu, Pb, chlorides) were determined by atomic absorption spectrophotometry (AOAC, 1990) and phosphorus by the colorimetric technique (AOAC, 1990). Some antiphysiological factors were qualitatively analyzed: hemagglutinins and saponins (INNSZ, 1984), cyanogenic glucosides (AOAC, 1990) and alkaloids (Domínguez, 1979). Tannic acid was analyzed quantitatively (AOAC, 1990).

The number of repetitions varied for each chemical analysis; different standards were used, depending on the analytical technique. The mean and standard deviation were obtained from the results.

## RESULTS AND DISCUSSION

The results obtained from the proximate chemical analysis (table 1) of *Ulva lactuca* indicate that ashes and carbohydrates are the most abundant chemical components in this organism. Generally, however, the chemical composition of marine algae varies according to the season, collection site and depth (Castro-González *et al.*, 1994; Ito and Tsuchiya, 1981; Okano *et al.*, 1983).

The content of ashes (53.24%) was slightly greater than that reported by Carrillo *et al.* (1994) for green algae, including *Ulva* sp. (38.5-50.7%), and less than that mentioned by Rodríguez (1995) for *U. lactuca* from Baja California Sur (57.46%). The carbohydrates were detected at a greater concentration (30.92%) than that reported by Carrillo *et al.* (1994) and Rodríguez (1995) for green algae (20.4-25.8%) and *U. lactuca* (25.65%), respectively. According to other authors (Jegou and Lahaye, 1993), the carbohydrates in green algae are principally made up of rhamnose, xylose, arabinose, mannan, galactin and glucan. *Ulva lactuca* contained 4.84% of crude fiber (table 1)

**Tabla 1.** Análisis químico proximal y energía bruta del alga *Ulva lactuca* (g/100 g materia seca).  
**Table 1.** Proximate chemical analysis and crude energy of *Ulva lactuca* (g/100 g dry matter).

Fracción	%
Proteína cruda (N × 6.25)	10.75 ± 0.47
Fibra cruda	4.84 ± 0.25
Extracto etéreo	0.25 ± 0.04
Cenizas	53.24 ± 0.36
Carbohidratos (por diferencia)	30.92
Energía bruta (Kcal/g)*	1.64 ± 0.00

Media y desviación estándar de 6 repeticiones.

\* Media y desviación estándar de 2 repeticiones.

Lahaye, 1993), los hidratos de carbono en las algas verdes están constituidos principalmente de ramnosa, xilosa, arabinosa, manano, galactano y glucano. *Ulva lactuca* presentó un 4.84% de fibra cruda (tabla 1) y es considerada un alga marina rica en fibras dietéticas (Jegou y Lahaye, 1993).

*Ulva lactuca* presentó un contenido de proteína cruda (PC) de 10.75%, el cual es alto en comparación con lo reportado para esta misma especie por Abbas *et al.* (1992) y bajo si se compara con los niveles encontrados en otras clorofíceas, como *Enteromorpha* sp. (29.2%) y *Ulva fasciata* (17.9%), o rodofíceas, como *Porphyra tenera* (38.5%) y *Rodhymenia palmata* (25.3%). En comparación con las algas pardas *Macrocystis pyrifera* (8.8%) y *Ascophyllum nodosum* (8.7%), el contenido de PC es mayor (Castro-González *et al.*, 1994; Lembi y Waaland, 1988; Piña *et al.*, 1983). El extracto etéreo, factor indicativo del contenido de lípidos y pigmentos, se presentó con un valor muy bajo (0.25%) comparado con otras especies: *R. palmata* (3.8%), *Enteromorpha* sp. (0.5%), *U. fasciata* (1.8%), *M. pyrifera* (0.6%) y *A. nodosum* (3.5%) (Castro-González *et al.*, 1994; Lembi y Waaland, 1988; Piña *et al.*, 1983). En otros estudios (Shameel y Khan, 1991), se ha determinado que en el contenido de lípidos de algunas especies del género *Ulva* (*U. lactuca*, *U. taeniata* y *U. anandii*), la mayor cantidad está representada por ácidos grasos saturados (palmitico, principalmente) y, en menor cantidad, los insaturados; sin embargo, Khotimchenko (1993) encontró, en diferentes

and is considered to be rich in dietary fiber (Jegou and Lahaye, 1993).

*Ulva lactuca* had a crude protein (CP) content of 10.75%, which is high in comparison to that reported for this species by Abbas *et al.* (1992) and low when compared to levels found in other Chlorophyceae, such as *Enteromorpha* sp. (29.2%) and *Ulva fasciata* (17.9%), or Rhodophyceae, such as *Porphyra tenera* (38.5%) and *Rodhymenia palmata* (25.3%). Compared to the brown algae *Macrocystis pyrifera* (8.8%) and *Ascophyllum nodosum* (8.7%), the PC content is greater (Castro-González *et al.*, 1994; Lembi and Waaland, 1988; Piña *et al.*, 1983). The ether extract, indicative of the lipid and pigment content, was very low (0.25%) compared to other species: *R. palmata* (3.8%), *Enteromorpha* sp. (0.5%), *U. fasciata* (1.8%), *M. pyrifera* (0.6%) and *A. nodosum* (3.5%) (Castro-González *et al.*, 1994; Lembi and Waaland, 1988; Piña *et al.*, 1983). In other studies (Shameel and Khan, 1991), it has been determined that the lipid content of some species of the genus *Ulva* (*U. lactuca*, *U. taeniata* and *U. anandii*) is made up primarily of saturated and to a lesser degree of unsaturated fatty acids (mainly palmitic); however, Khotimchenko (1993) found significant amounts of C<sub>16</sub> and C<sub>18</sub> polyunsaturated fatty acids in other Chlorophyceae (*U. fenestrata*, *Enteromorpha linza*, *E. flexuosa*, *Codium fragile*, among others).

Energy is an important factor in animal feeding. The energy requirements for maintenance represent the amount of energy needed

clorofíceas (*U. fenestrata*, *Enteromorpha linza*, *E. flexuosa*, *Codium fragile*, entre otras), cantidades significativas de ácidos grasos polinsaturados C<sub>16</sub> y C<sub>18</sub>.

La energía es un factor muy importante en la alimentación de los animales. Las necesidades energéticas de mantenimiento representan la cantidad de energía necesaria para que los animales se mantengan con el mismo peso y masa corporal; en general, las necesidades energéticas varían en relación con la superficie corporal (Miller, 1979; NRC, 1984). *Ulva lactuca* presentó una energía bruta de 1.64 Kcal/g (tabla 1).

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (64.61%) y de la materia orgánica (75.77%) (tabla 2) es baja comparada con la reportada para otras algas, como *M. pyrifera* (81.24-88.93%) (Castro-González *et al.*, 1994). La digestibilidad de la proteína (86.47%) es mayor que la informada por Rodríguez (1995), por lo que pudiera pensarse en un buen aprovechamiento de los nutrimentos por parte de los animales (Church and Pond, 1990).

De las fracciones de fibra (tabla 3), un 44.52% corresponde a paredes celulares, formadas por material poco disponible o aprovechable por los animales (Church y Pond, 1990).

En las algas verdes, la pared celular está compuesta de celulosa, hemicelulosa y otras pectinas (Dawes, 1991). El contenido celular (55.46%), que se calcula restando a cien la cantidad de paredes celulares, está representado por material fácilmente disponible para los animales, estando representado en las algas verdes por glúcidos de hidroxiprolina, xilanos, manosa, sacarosa y glucosa, así como por proteínas y lípidos, en menor proporción (Jegou y Lahaye, 1993; Bidwell, 1990; Bold *et al.*, 1989).

Con la determinación de fibra ácido-detergente (tabla 3), se estimó el contenido de los principales componentes de la pared celular: lignina, celulosa, hemicelulosa y sílice, presentando este último un valor muy alto (24.53%); esto explica el valor bajo de la digestibilidad *in vitro* representando la fracción indigerible tanto para rumiantes como para monogástricos (Church y Pond, 1990).

for animals to maintain the same weight and body mass. Generally, energy needs vary in relation to body area (Miller, 1979; NRC, 1984). *Ulva lactuca* presented a crude energy of 1.64 Kcal/g (table 1).

*In vitro* digestibility of dry matter (64.61%) and organic matter (75.77%) (table 2) is low compared to that reported for other algae, such as *M. pyrifera* (81.24-88.93%) (Castro-González *et al.*, 1994). Protein digestibility (86.47%) is greater than that reported by Rodríguez (1995).

In regard to fiber fractions (table 3), 44.52% correspond to cell walls, formed by that portion which is unavailable to the animals (Church and Pond, 1990).

In green algae, the cell wall is made up of cellulose, hemicellulose and other pectins (Dawes, 1991). The cell content (55.46%), calculated by subtracting the number of cell walls from 100, is represented by matter that is readily available to the animals, which in green algae consists of hydroxyproline glucides, xylans, mannose, saccharose and glucose and, to a lesser extent, of proteins and lipids (Jegou and Lahaye, 1993; Bidwell, 1990; Bold *et al.*, 1989).

From the acid-detergent fiber (table 3), the content of the principal components of the cell wall was determined: lignin, hemicellulose cellulose and silica. The silica had a very high value (24.53%), which explains the low *in vitro* digestibility value and represents the indigestible fraction for both ruminant and monogastric animals (Church and Pond, 1990).

In the analysis of the antinutritional factors (table 4), precipitation was detected with the Mayer, Marquis, Erdman and Wagner reagents, but the presence of alkaloids could not be detected. These reagents are used as presumptive or qualitative tests of their presence in natural products (Bidwell, 1990). Even though alkaloids are widely distributed in vegetables, more in-depth studies have not been conducted on these substances in marine algae (Bidwell, 1990). Tannic acid was detected at a concentration of 8.38 mg/100 g, but did not reach the toxic level established for poultry (2 g/100 g) (Pérez-Gil *et al.*, 1988).

**Tabla 2.** Digestibilidad *in vitro* y multienzimática del alga marina *Ulva lactuca* (g/100 g).  
**Table 2.** *In vitro* and multienzymatic digestibility of *Ulva lactuca* (g/100 g).

Digestibilidad <i>in vitro</i>	
Materia seca	64.61 ± 0.33
Materia orgánica	75.77 ± 0.36
Digestibilidad multienzimática*	86.47 ± 0.89

Media y desviación estándar de 4 repeticiones.  
 \* Media y desviación estándar de 2 repeticiones.

**Tabla 3.** Fracciones de fibra del alga marina *Ulva lactuca* (g/100 g).  
**Table 3.** Fiber fractions of *Ulva lactuca* (g/100 g).

Fracciones	%
Fibra neutro-detergente*	
Pared celular	44.52 ± 0.06
Contenido celular	55.48 ± 0.06
Fibra ácido-detergente	
Lignina	35.85 ± 0.49
Celulosa	3.07 ± 0.14
Sílice	7.79 ± 0.37
Hemicelulosa (por diferencia)	24.53 ± 0.32
	8.67

Media y desviación estándar de 5 repeticiones.  
 \* Media y desviación estándar de 3 repeticiones.

En los análisis de factores antinutricios (tabla 4), se detectó la presencia de un precipitado con los reactivos de Mayer, Marquis, Erdman y Wagner, sin que con esto se pueda identificar la presencia de alcaloides en la muestra. Estos reactivos se usan como prueba presuntiva o cualitativa de su presencia en los productos naturales (Bidwell, 1990). Aun cuando los alcaloides se encuentran ampliamente distribuidos en los vegetales, no se han realizado estudios más profundos de estas sustancias en las algas marinas (Bidwell, 1990). El ácido tánico se detectó en una concentración de 8.38 mg/100 g, sin alcanzar el nivel tóxico determinado para pollos (2 g/100 g) (Pérez-Gil *et al.*, 1988).

En general, las algas marinas son capaces de concentrar y acumular muchos compuestos inorgánicos (Hoope *et al.*, 1979). En la tabla 5 se presenta el contenido de minerales analizados en *U. lactuca* en comparación con otras algas

In general, marine algae are capable of concentrating and accumulating many inorganic compounds (Hoope *et al.*, 1979). Table 5 presents the mineral contents analyzed in *U. lactuca* compared to other marine algae. The calcium content (0.84%) was high compared to the Chlorophyceae *U. fasciata* (0.19%) and the Rhodophyceae *R. palmata* (0.47%), but not compared to any Phaeophyceae. Phosphorus was 0.14% in this study. Lead was 0.0138%, but it did not reach the toxic level for monogastric and ruminant animals (0.30%) (Church and Pond, 1990).

## CONCLUSIONS

The marine alga *Ulva lactuca*, collected during the summer at La Paz, B.C.S., had high amounts of ashes (minerals) and carbohydrates. Its protein content was low, although with good digestibility; no antinutritional factors that

**Tabla 4.** Factores antinutricios en el alga *Ulva lactuca*.

**Table 4.** Antinutritional factors in *Ulva lactuca*.

Factores antifisiológicos	
Hemaglutininas	
Sangre humana	ND
Sangre de vaca	ND
Sangre de caballo	ND
Factores tóxicos	
Alcaloides	
Reactivo de Mayer	++
Reactivo de Marquis	+++
Reactivo de Erdman	+++
Reactivo de Wagner	+++
Glucósidos cianogénicos	ND
Factores que afectan la digestión	
Saponinas	ND
Ácido tánico*	8.38 ± 0.05 (mg/100 g)

ND = No detectado.

Precipitado: ++ moderado; +++ abundante.

\* Media y desviación estándar de 3 repeticiones.

**Tabla 5.** Tabla comparativa del contenido de minerales de *Ulva lactuca* y otras algas marinas (g/100 g).

**Table 5.** Comparison of the mineral content of *Ulva lactuca* and other marine algae (g/100 g).

Mineral	Pardas			Roja	Verdes	
	<i>Macrocystis pyrifera</i> <sup>a</sup>	<i>Sargassum sinicola</i> <sup>b</sup>	<i>Ascophyllum nodosum</i> <sup>c</sup>	<i>Rodhymenia palmata</i> <sup>c</sup>	<i>Ulva fasciata</i> <sup>d</sup>	<i>Ulva lactuca</i> <sup>e</sup>
Calcio	1.2	3.8	2.1	0.47	0.19	0.84
Fósforo	0.25	2.7	0.1	0.32	0.03	0.14
Sodio	3.1	3.8	3.5	2.51	xx	xx
Potasio	5.5	3.3	2.5	7.1	0.13	xx
Cloro	8.6	6	3.7	6.41	xx	9.79
Magnesio	4.9	12.1	0.7	1.22	0.83	xx
Hierro (ppm)	355	1,287	575	1,500	3,800	6,600
Cobre	xx	xx	xx	xx	xx	0.06
Plomo	xx	xx	xx	xx	xx	0.0138

<sup>a</sup> Castro-González *et al.* (1991)

<sup>b</sup> Carrillo *et al.* (1992)

<sup>c</sup> Jensen (1972)

<sup>d</sup> Piña *et al.* (1983)

<sup>e</sup> Presente trabajo

marinas; se observa que el contenido de calcio (0.84%) fue elevado en comparación con la cloroficea *U. fasciata* (0.19%) y la rodoficea *R. palmata* (0.47%), no ocurriendo lo mismo con ninguna de las feoficeas. En este estudio, el fósforo presentó un 0.14%. El contenido de plomo fue de 0.0138%, sin que este valor se acerque al nivel tóxico para monogástricos y rumiantes (0.30%) (Church y Pond, 1990).

## CONCLUSIONES

El alga marina *Ulva lactuca*, recolectada durante el verano en la ensenada de La Paz, B.C.S., presentó valores altos de cenizas (minerales) y carbohidratos. Su contenido de proteínas fue bajo aunque con una buena digestibilidad; no se identificó la presencia de factores antinutricios que pudieran afectar el empleo del alga por parte de los animales. Se propone el empleo de *U. lactuca* como fuente de minerales en la alimentación de aves y rumiantes.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Margarita Casas-Váldez, del CICIMAR-IPN en B.C.S., la recolección y envío del material biológico, y a Rocío Sanchezarmas-Luna, la ayuda en el trabajo de laboratorio.

## REFERENCIAS

- Abbas, J.A., Vasson, P.W., El-Din, A.Y. (1992). Protein content of benthic marine algae from Bahrain coastline. *Indian J. Mar. Sci.*, 21(1): 62-63.
- AOAC (1990). Official Methods of Analysis. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Bidwell, R.G.S. (1990). Fisiología vegetal. AGT Editor, S.A., México, 784 pp.
- Bold, H.C., Alexopoulos, C. y Delevoryas, T. (1989). Morfología de las plantas y los hongos. Omega, Barcelona, España, 911 pp.
- Carrillo, S., Castro-González, M.I., Pérez-Gil, R.F., Rosales, E. and Manzano, R. (1992). The seaweed (*Sargassum sinicola* Setchel & Gardner) as an alternative in animal feeding. *Cuban J. Agric. Sci.*, 26: 177-181.

could affect its use by animals were identified. It is recommended that *U. lactuca* be used as a mineral source in poultry and ruminant feeding.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Margarita Casas-Valdez, of CICIMAR-IPN in B.C.S., for collecting and sending the biological material, and Rocío Sanchezarmas-Luna for her help in the laboratory.

English translation by Jennifer Davis.

- Carrillo, D.S., Casas, V.M., Ramos, F., Pérez-Gil, R.F. y Sánchez, I. (1994). Algas marinas de Baja California Sur: composición química y perspectivas de aprovechamiento en la alimentación animal. Resumen en Memorias VI Congreso Latinoamericano de Botánica, Argentina, p. 143.
- Castro-González, M.I., Carrillo, D., Pérez-Gil, R.F., Manzano, R. and Rosales, E. (1991). *Macrocystis pyrifera*: Potential resource for animal feeding. *Cuban J. Agric. Sci.*, 25: 77-81.
- Castro-González, M.I., Carrillo, D. y Pérez-Gil, R.F. (1994). Composición química de *Macrocystis pyrifera* (sargazo gigante) recolectada en verano e invierno y su posible empleo en alimentación animal. *Ciencias Marinas*, 20(1): 33-40
- Chapman, V.J. and Chapman, D.J. (1980). Seaweeds and their Uses. Chapman and Hall, New York, 334 pp.
- Church, D.C. y Pond, W.G. (1990). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Limusa, México, 438 pp.
- Dawes, E.Y. (1991). Botánica marina. Limusa, México, 658 pp.
- Domínguez, X. (1979). Métodos de investigación fitoquímica. Limusa, México, 281 pp.
- Hoope, A.H., Levring, T. and Tanaka, I. (1979). Marine Algae in Pharmaceutical Science. Walter de Gruyter and Co., U.S.A., pp. 27-93.
- Hsú, H.W., Vavak, D.L., Satterlee, L.D. and Miller, G.A. (1977). A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *J. Food Sci.*, 42(5): 1269-1273.



- Huerta, M.L., Mendoza, G.A.C. y Mateo-Cid, L.E. (1987). Avance sobre un estudio de las algas marinas de la península de Yucatán. *Phytologia*, 62(1): 23-33.
- INNSZ (1984). Manual de técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, División de Nutrición y Ciencia de los Alimentos, Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán, México, 171 pp.
- Ito, K. and Tsuchiya, Y. (1981). Differential fatty acids composition of some marine algae associated with their habitat depths. *Proc. Int. Seaweed Symp.*, 8: 573-577.
- Jegou, D. and Lahaye, M. (1993). Chemical characteristics of insoluble dietary fibre from sea-lettuce (*Ulva lactuca*). *Proc. Nutrition Soc.*, 52(2): 122A.
- Jensen, A. (1972). Nutritive value of seaweed meal for domestic animal. *Proc. Int. Seaweed Symp.*, 7: 7-14.
- Khotimchenko, S.V. (1993). Fatty acids of green macrophytic algae from the Sea of Japan. *Phytochemistry*, 32(5): 1203-1207.
- Lembi, C. and Waaland, R. (1988). *Algae and Human Affairs*. Cambridge Univ. Press, U.S.A., pp. 92-217.
- Marshall, W.D. (1987). *Biología de las algas*. Limusa, México, 236 pp.
- Miller, W.J. (1979). *Nutrición y alimentación del ganado vacuno lechero*. Acribia, Zaragoza, España, 458 pp.
- NRC (1984). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 6th revised edition. National Academy Press, Washington, D.C., 90 pp.
- Okano, M., Mizui, F., Funaki, Y. and Aratani, T. (1983). Seasonal variation of sterol, hydrocarbon, fatty acid, and phytol fractions in *Enteromorpha prolifera* (Mueller) J. Agardh. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. Nissui-shi*, 49(4): 621-626.
- Ortega, M.M., Godínez, J.L., Schilchting, M. y Schilchting, H. (1989). *Plantas que nadan, plantas que vuelan*. Pangea, México, 48 pp.
- Pérez, de E.C. (1992). El uso de las algas en la cocina. *Cuadernos de Nutrición*, 15(4): 41-47.
- Pérez-Gil, R.F., Arellano, M.L., Bourges, R.H., García, M.M. y Grande, C. (1988). Alimentos tradicionales y no tradicionales. V. Aspectos del valor nutritivo de la hoja de chaya (*Cnidioscolus chayamansa*), para la alimentación humana y animal. *Tecnología de Alimentos*, 23(3): 5-10.
- Piña, P.C., Ortega, M.M. y Landeros, D. (1983). Contribución al estudio de la composición química del alga mexicana *Ulva fasciata* Delile. *Anales del Instituto de Biología*, 54(4): 243-346.
- Rodríguez, B.G. (1995). Las algas marinas *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* como fuentes alternas de minerales y pigmentos en gallinas de postura. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 96 pp.
- Rzedowski, J. (1983). *Vegetación de México*. Limusa, México, 432 pp.
- Shameel, M. and Khan, R. (1991). Fatty acid composition of nine green algae. *Bot. Mar.*, 34(6): 501-504.
- Tejada, I.H. (1985). *Manual de laboratorio para el análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal*. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, México, 387 pp.