

# COMPARACIÓN BROMATOLÓGICA DE LAS ALGAS NATIVAS (*GRACILARIOPSIS TENUIFRONS*, *SARGASSUM FILIPENDULA*) Y EXÓTICAS (*KAPPAPHYCUS ALVAREZII*) DEL CARIBE COLOMBIANO\*

Liliana Sierra-Vélez<sup>1</sup> y Ricardo Álvarez-León<sup>2</sup>

## Resumen

En este estudio se realizó la evaluación bromatológica dos especies de algas nativas (*Gracilariopsis tenuifrons* y *Sargassum filipendula*) y una exótica (*Kappaphycus alvarezii*) provenientes de cultivos algales en La Guajira, costa Caribe de Colombia. Por los resultados obtenidos se pudo concluir que *K. alvarezii* es una fuente importante de potasio, sodio y fósforo y *S. filipendula* de fibra, calcio, magnesio, manganeso, fósforo y potasio; teniendo en cuenta que la primera tiene un sobresaliente aporte en potasio, y la segunda en fibra y calcio.

Los análisis muestran la riqueza en minerales que tienen las tres algas, en *K. alvarezii* predomina el contenido de potasio, en cambio en *S. filipendula* y en *G. tenuifrons* es el calcio. La cantidad de proteína bruta en *G. tenuifrons* es casi siete veces la contenida en *K. alvarezii* y dos veces la de *S. filipendula*, siendo para estas dos últimas, baja. Los valores estimados de la proteína cruda para *S. filipendula* se encuentran dentro de los intervalos registrados en la literatura.

En el caso del hierro, las concentraciones obtenidas en *G. tenuifrons* y *S. filipendula* están muy por encima de las cantidades aportadas por otros alimentos energéticos. Igualmente, la fibra contenida *S. filipendula* es muy elevada, ya que la mayor parte de los polisacáridos estructurales y de reserva, comunes en las algas pardas, como alginatos, furanos y celulosa pueden ser considerados como compuestos fibrosos. Similar consideración puede hacerse sobre la concentración de fibra en *G. tenuifrons*, ya que la contiene en un valor mayor al 80%. En cuanto a grasa total, fósforo y zinc los contenidos en las tres especies son similares. En las proteínas, es evidente la alta concentración de *G. tenuifrons*, sobre las otras dos especies. Por último, llama la atención la ausencia de cobre y manganeso en *G. tenuifrons* y *K. alvarezii*, mientras que en *S. filipendula*, son altas especialmente en cuanto al manganeso.

**Palabras clave:** algas marinas, *Gracilariopsis tenuifrons*, *Kappaphycus alvarezii*, *Sargassum filipendula*, Caribe, Colombia.

\* Recibido 6 de mayo de 2008, aceptado 19 de octubre de 2009.

<sup>1</sup> Univ. de Caldas, Facultad de Ingeniería de Alimentos. Manizales, Caldas, Colombia.

<sup>2</sup> Fundación Maguaré. Manizales, Caldas, Colombia. E-mail: ricardoalvarezleon@gmail.com

## BROMATOLOGICAL COMPARISON OF NATIVE (*GRACILARIOPSIS TENUIFRONS*, *SARGASSUM FILIPENDULA*) AND EXOTIC ALGAE (*KAPPAPHYCUS ALVAREZII*) OF THE COLOMBIAN CARIBBEAN SEA

### Abstract

This study presents the bromatological evaluation of two species of native (*Gracilariopsis tenuifrons* and *Sargassum filipendula*) and exotic (*Kappaphycus alvarezii*) algae from algal cultures in La Guajira, located on the Colombian Caribbean coast. From the results obtained, it was concluded that *K. alvarezii* is an important source of potassium, sodium and phosphorus, and *S. filipendula* is a source of fiber, calcium, magnesium, manganese, phosphorus and potassium; emphasizing that the first significantly contributes potassium, while the second contributes fiber and calcium.

The analysis shows the richness in minerals of the three algae, in *K. alvarezii* the potassium content is dominant; while in *S. filipendula* the calcium content predominates; and *G. tenuifrons* is rich in iron. The amount of crude protein in *G. tenuifrons* is almost seven times more than that found in *K. alvarezii*, and twice that of *S. filipendula*. The estimated values of crude protein in *S. filipendula* are within the ranges found in the scientific literature.

In the case of iron, concentrations found in *G. tenuifrons* and *S. filipendula* are well above the amounts provided by other energetic food. Similarly, the fiber contained in *S. filipendula* is very high, since most of the structural and reserve polysaccharides, common in brown algae, such as alginates, cellulose and furans can be considered as fibrous compounds. Similar consideration can be made regarding the concentration of fiber in *G. tenuifrons*, since it contains over 80%. As for total fat, phosphorus and zinc contents in the three species are similar. Regarding proteins, the high concentration found in *G. tenuifrons*, over the other two species is evident. Finally, the absence of copper and manganese in *G. tenuifrons* and *K. alvarezii* is notorious, whereas *S. filipendula* is particularly high in manganese.

**Key words:** marine algae, *Gracilariopsis tenuifrons*, *Kappaphycus alvarezii*, *Sargassum filipendula*, Caribbean Coast, Colombia.

### INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre las algas de Colombia se iniciaron con expediciones extranjeras entre las cuales sobresale la *Allan Hancock Expedition*, que en 1939 (ÁLVAREZ-LEÓN, 1979), descubrió en las costas colombianas grandes extensiones de *Sargassum filipendula* en aguas someras en el Cabo de la Vela (La Guajira) entre 9 y 24 m de profundidad y aún a más de 30 km de la costa; igualmente, en la misma localidad halló el alga verde comestible *Caulerpa prolifera* a unos 24 m de profundidad, acompañada de *Codium isthmocladum*; así mismo en Bahía Honda (La Guajira), fueron características las algas pardas (*Sargassum* sp.), junto con algas rojas, tanto coralináceas como frondosas (*Halymenia*, *Chrysymenia*, entre otras).

Entre 1970 y 1996, los departamentos de Química y de Farmacia de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, desarrollaron un ambicioso proyecto para evaluar el potencial aprovechamiento de las algas marinas del Caribe colombiano (ARTEAGA *et al.*, 1971). Dicho esfuerzo, trajo como consecuencia la elaboración 29 tesis de grado y diversas publicaciones, con una variada selección de resultados sobre algas verdes, pardas y rojas (ÁLVAREZ-LEÓN *et al.*, 2007).

Los antecedentes y resultados obtenidos en estudios previos en el Caribe colombiano de los géneros seleccionados (*Gracilariopsis*, *Kappaphycus*, *Sargassum*) pueden sintetizarse:

En *Gracilariopsis* sp., CABEZAS (1975) en la búsqueda de nuevas fuentes de proteínas a partir de algas marinas colombianas determinó los aminoácidos y evaluó *in vitro* la calidad de la proteína en *Gracilaria sjostedtii* (= *Gracilariopsis andersonii*).

En *Kappaphycus* sp., GARCÍA-VÁSQUEZ & PARDO-CASTRO (2002) realizaron observaciones de la adaptación y establecieron las variaciones de su tasa de crecimiento con talos introducidos en el Caribe colombiano, pero sin realizar análisis bromatológicos.

En *Sargassum* spp., BONILLA-GUTIÉRREZ & ROLDÁN-CHAPARRO (1970) en su estudio del contenido de ácido algínico en *S. filipendula* y *S. rigidulum* analizaron el efecto de diferentes condiciones de tiempo, temperatura, pH, en el rendimiento de dicho ácido; CEDEÑO-OCHOA (1973) analizó algunos minerales en *S. rigidulum*, así como la relación alga-hábitat y la correlación de la disponibilidad nutricional y agrícola; FORERO-VALDERRAMA & VARGAS-MARTÍNEZ (1973) evaluaron los alginatos, sus propiedades (relación ácido máurónico / ácido gulurónico, viscosidad, y ángulo de rotación) y su rendimiento en *S. rigidulum* (= *S. cymosum*); CHÁVEZ DE GONZÁLEZ (1974) realizó la extracción y purificación del ácido algínico en *S. rigidulum*; CABEZAS (1975) en la búsqueda de nuevas fuentes de proteínas a partir de algas marinas colombianas determinó los aminoácidos y evaluó *in vitro* la calidad de la proteína de *Sargassum* sp.; LAVERDE-PÉREZ & ÁVILA-REYES (1975) en su trabajo evalúan el contenido del manitol en *S. rigidulum*, *Sargassum* sp., para establecer las variaciones regionales y estacionales e identificar los sitios y épocas en que estas plantas tienen mayor proporción del polialcohol; CUERVO-DÍAZ (1979), realizó un estudio autoecológico de *S. cymosum*, *S. filipendula* y *S. polyceratium*, con muestreos periódicos proporcionó valores mensuales de biomasa, longitud de talos, valores calóricos y estado reproductivo, así como relación carbono-nitrógeno, proteína, ácido algínico y cenizas; GÓMEZ-CASTRO & QUIÑÓNEZ-OLAYA (1979) estudiaron algunas de las propiedades del ácido algínico, así como su variación frente a parámetros de tipo ecológico en *S. polyceratium*, *Sargassum* sp.; AYALA-ESLAVA (1982) evaluó los fenoles de algunas especies de *Sargassum* spp., permitiendo conocer su potencial; MARTÍNEZ-MARTÍNEZ (1990, 1992) contribuyó al estudio químico de *S. cymosum*, especialmente sobre el conocimiento de esteroides libres; finalmente, CAMACHO-HADAD (2003) hizo observaciones ecológicas sobre las especies del género *Sargassum* en el PNN Tayrona (Magdalena).

En estudios, como el realizado en México por MEZA (1998), harina de *Sargassum* sp. fue empleada como suplemento en dietas para gallinas, mejorando la calidad del huevo y disminuyendo el contenido de colesterol, y el de MARÍN *et al.* (2003), que utilizaron la harina en la alimentación de ovejas con buenos resultados a nivel metabólico y en los parámetros productivos de estos animales. Algunos estudios como el de CARRILLO *et al.* (1992), indican que esta especie es una buena fuente de minerales, carbohidratos y de algunos aminoácidos esenciales como la arginina, triptofano y fenilalanina; y no se le han detectado factores antinutricios como glucósidos cianogénicos, saponinas y taninos.

La composición química de la harina del alga *Sargassum* spp., según CASAS-VALDEZ *et al.* (2006), evidenció un alto contenido de material inorgánico y de carbohidratos, y un bajo contenido de extracto etéreo. Respecto a los elementos mayores se apreció que estas algas son una excelente fuente de potasio, sodio, magnesio, calcio y de elementos traza como el hierro, cobre y zinc. En cuanto al aporte vitamínico resaltaron las altas concentraciones de retinol y vitamina C. La composición en aminoácidos de la harina mostró que esta alga es una buena fuente de algunos aminoácidos esenciales como la lisina, fenilalanina, tirosina y treonina; asimismo, presentó altas concentraciones de glutamina y asparagina. Esta harina se evaluó en el ganado caprino; un grupo de cabras fue alimentado con una dieta elaborada con insumos regionales y el otro con una dieta que incluyó el 25% de *Sargassum* spp. La composición química proximal de *Sargassum* spp. fue de: 89% materia seca, 7,7% proteína, 31% cenizas, 2% extracto etéreo y 39% de carbohidratos. De estos resultados se dedujo que las algas marinas de este género pueden ser utilizadas como un forraje alternativo de mediana calidad para el ganado caprino.

En cuanto a la especie exótica *K. alvarezii*, ésta es muy empleada como ingrediente nutritivo para alimentos y bebidas como el “seamos” de las Antillas Menores (SMITH & RINCONES, 2005). En la India, se analizó esta alga y se dedujo que *K. alvarezii* es rica en proteína (1,24% w/w), contiene una alta cantidad de fibra (2,40% w/w), carbohidratos (2,4% w/w), y muestra una actividad de vitamina A de 865 mug retinal equivalentes/100 g de muestra. También contiene un alto contenido de ácidos grasos saturados (4,50% del total), en los cuales hay un porcentaje relativo de ácido oleico del 11%, ácido cis- heptadecanoico 1,50%, ácido linoleico ,3% y 3,0% de ácidos grasos saturados (principalmente ácido heptadecanoico). También se encontró una buena fuente de minerales (,16% de calcio, ,033% de hierro, y ,016% de zinc), los cuales son esenciales para varias actividades biológicas (FAYAZ *et al.*, 2005).

El propósito de este trabajo es comparar y analizar la bromatología de estas especies de algas, y según los resultados, considerarlas o no, como alternativas para la alimentación humana y animal.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En la figura 1 se muestran los sitios de colecta del alga parda *S. filipendula* en la Ensenada de Granate, Parque Natural Nacional Tayrona (Magdalena), el alga roja *G. tenuifrons* en el sector de Anas Mai de Riohacha (La Guajira) y *K. alvarezii*, el alga roja exótica, en Puerto Estrella al noreste de La Guajira colombiana, la cual estaba siendo cultivada como materia prima para la producción de carragenina, a través del Proyecto IBAVH / CORPOGUAJIRA / BIOTACOL Ltda. / FAO (RINCONES & GALLO, 2004), durante la prospección de áreas de colecta entre 2006 y 2007.



a



b



c

**Figura 1.** a) Sector de Anas Mai de Riohacha (La Guajira) donde se colectó a *G. tenuifrons*; b) Puerto Estrella al noreste de La Guajira colombiana, donde se colectó *K. alvarezii*. c) Ensenada de Granate (PNN Tayrona, Magdalena), donde se colectó *S. filipéndula*. (Fuente: Google).

Los análisis se realizaron en los laboratorios de bromatología de la Universidad de Caldas en Manizales (Caldas) entre 2008 y 2009, llevando a cabo los siguientes análisis químicos: humedad (en una estufa de secado a 60 °C a peso constante), cenizas (en una mufla eléctrica a 550 °C), fibra (tratamiento en caliente con HCL y posteriormente con NaOH) y grasa total (extracción por solvente, éter de petróleo), de acuerdo a los métodos establecidos por la *Association of Analytical Chemistry* (A.O.A.C., 1999).

El contenido de nitrógeno total fue determinado usando el método de Micro-Kjeldahl (A.O.A.C., 1999); para calcular el contenido de proteína se utilizó el factor de conversión de ,25. Para el análisis de los minerales las algas fueron sometidas a una digestión ácido; el Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Pb y Cu fueron determinados a través de un espectrofotómetro de absorción atómica y el fósforo por el método colorimétrico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis muestran la riqueza en minerales que tienen las tres algas, en *K. alvarezii* predomina el contenido de potasio, en cambio en *S. filipéndula* el contenido de calcio y en *G. tenuifrons* el de hierro (Tabla 1).

La cantidad de proteína bruta en *G. tenuifrons* es casi siete veces la contenida en *K. alvarezii* y dos veces la de *S. filipendula*, siendo para estas dos últimas, un contenido bajo. Los valores estimados de la proteína cruda para *S. filipendula* se encuentran dentro de los intervalos registrados en la literatura. Las diferencias pueden deberse a las variaciones geográficas y/o estacionales en las biomásas de algas muestreadas en cada estudio, como sugieren RODRÍGUEZ-MONTESINOS & HERNÁNDEZ-CARMONA (1991).

**Tabla 1.** Resultados analíticos de la bromatología realizada a las algas marinas del Caribe Colombiano.

Parámetro	<i>Gracilariopsis tenuifrons</i>	<i>Kappaphycus alvarezii</i>	<i>Sargassum filipendula</i>
Humedad	13,00	16,97	12,50
Materia seca	87,00	83,03	87,50
Nitrógeno total	3,26	0,62	1,44
Proteína bruta	20,9	3,87	9,00
Fibra bruta	83,21	6,66	48,95
Grasa total	0,26	0,19	0,15
Cenizas totales	4,29	54,31	38,06
Fósforo	0,12	0,03	0,05
Calcio	0,62	0,34	5,71
Magnesio	0,24	0,56	1,02
Potasio	0,19	15,58	2,90
Sodio	0,09	3,12	0,15
Hierro*	294,83	56,27	28,84
Zinc*	19,40	16,32	11,67
Manganeso*	0,00	0,00	49,35
Cobre*	0,0	0,0	3,57

Resultados en base seca. Concentraciones expresadas en porcentajes (%).

\*Hierro, zinc, manganeso y cobre expresados en ppm.

En los análisis de *K. alvarezii* comparados con lo registrado por FAYAZ *et al.* (2005) se encontró que el contenido de proteína y de fibra es cuatro veces menor, el contenido de hierro y calcio es notablemente mayor, y el contenido de zinc no varía. En el caso del hierro, las concentraciones obtenidas en *G. tenuifrons* y *S. filipendula* están muy por encima de las cantidades aportadas por otros alimentos energéticos (N.R.C., 1981).

Igualmente, la fibra contenida en *S. filipendula* es muy elevada, ya que la mayor parte de los polisacáridos estructurales y de reserva, comunes en las algas pardas, como alginatos, furanos y celulosa pueden ser considerados como compuestos

fibrosos (JIMÉNEZ-ESCRIG & GOÑI, 1999). Similar consideración puede hacerse sobre la concentración de fibra en *G. tenuifrons*.

En cuanto a grasa total, fósforo y zinc los contenidos en las tres especies son similares. En cuanto a las proteínas, es evidente la alta concentración de *G. tenuifrons*, sobre las otras dos especies.

Por último, llama la atención la ausencia de cobre y manganeso en *G. tenuifrons* y *K. alvarezii*, mientras que en *S. filipendula* los valores de manganeso encontrados fueron especialmente altos.

## CONCLUSIONES

La cantidad de hierro de *K. alvarezii* es dos veces mayor que la de *S. filipendula*, pero otros minerales como calcio, magnesio y fósforo son mucho más altos en la última; por tal motivo, *S. filipendula* resultaría más beneficiosa para la alimentación que *K. alvarezii*.

En *G. tenuifrons* se resalta el alto contenido de fibra y proteína, lo cual muestra su gran potencial como suplemento o como alimento para animales y personas. Los análisis de *K. alvarezii* difieren mucho a lo registrado por FAYAZ *et al.* (2005), por lo que se sugiere hacer más muestreos y análisis bromatológicos a esta especie.

Además, una ventaja adicional de incluir algas marinas en la dieta para animales y humana, es el hecho de que los minerales presentes en las mismas son altamente disponibles por encontrarse en forma orgánica, lo que los hace más asimilables, según lo señalan CHAPMAN & CHAPMAN (1980).

A pesar del gran potencial que tienen *S. filipendula* y *K. alvarezii* en las costas del Caribe, básicamente se han usado sólo en la industria de alginatos y carrageninas. Una manera de aprovechar las grandes cantidades de esas macroalgas es procesarlas sin lavar, secarlas y triturarlas como forraje para ganado y aves. Este proceso no es costoso y utiliza tecnología ya disponible (MANZANO & ROSALES, 1989).

## BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C., 1999.- *Official Methods of Analysis. Association of Analytical Chemists*. 16<sup>th</sup> Edit. Washington D.C. (USA). 1545 p.
- ÁLVAREZ-LEÓN, R., 1979.- Anotaciones sobre la investigación científica del mar en Latinoamérica. *UBJTL-Inf. Museo del Mar*, (23): 1-46.
- ÁLVAREZ-LEÓN, R., PARDO-PARDO, C. M. & TRESPALACIOS-RANGEL, A. A., 2007.- Evaluación y utilización potencial de las macroalgas marinas del Caribe y el Pacífico de Colombia: estado actual de su conocimiento. *UDC-Rev. BIOSALUD (Rev. Cienc. Básicas)*, 6: 113-129.
- ARTEAGA-CARVAJAL, M. C., PANIZZO-DURÁN, L. & SCHNETTER, R., 1971.- *Proyecto de investigación biológica, química y farmacológica de algas colombianas*. Fac. de Ciencias, Dpto. de Química y Farmacia. Univ. Nal. de Colombia. Bogotá D.E
- AYALA-ESLAVA, J. E., 1982.- *Evaluación de fenoles en Sargassum sp.*: Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, Depto. de Química. Univ. Nal. de Colombia, 121 p.
- BONILLA-GUTIÉRREZ, H. & ROLDÁN-CHAPARRO, J. E., 1970.- *Estudio del contenido de ácido algínico en tres especies de algas pardas pertenecientes a la costa atlántica colombiana*. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, Dpto. de Química. Univ. Nal. de Colombia.

- CABEZAS, H., 1975.- Determinación de aminoácidos y evaluación *in vitro* de la calidad de proteína de algunas especies de la costa Guajira colombiana. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, Dpto. de Química. Univ. Nal. de Colombia., 126 p.
- CAMACHO-HADAD, O. M., 2003.- El género *Sargassum* Agardh 1820 (Phaeophyta - Fucales) del Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano. Tesis Profesional. Fac. Biol. Marina. Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- CARRILLO, S., M. I. CASTRO, F. PÉREZ-GIL, E. ROSALES & R. E. MANZANO., 1992.- The seaweed (*Sargassum sinicola* Setchell & Gardner) as an alternative for animal feeding. *Cuban J. Agric. Sci.*, 26: 177-181.
- CASAS-VALDEZ, M., H. HERNÁNDEZ-CONTRERAS, H., MARÍNÁLVAREZ, A., AGUILA-RAMÍREZ, R. N., HERNÁNDEZ-GUERRERO, C. J., SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, I. & CARRILLO-DOMÍNGUEZ, S., 2006.- El alga marina *Sargassum* (Sargassaceae): una alternativa tropical para la alimentación de ganado caprino. *Rev. Biol. Trop.*, 54 (1): 83-92.
- CEDEÑO-CHOA, C., 1973.- *Contribución al estudio de minerales en algunas especies de algas colombiana*. Tesis Profesional., Fac. de Ciencias, Depto. de Química. Univ. Nal. de Colombia., 185 p.
- CHAPMAN, V. J. & CHAPMAN, D. J., 1980.- *Seaweeds and their uses*. Chapman and Hall, Londres, Reino Unido (U. K.), 334 p.
- CHÁVEZ DE GONZÁLEZ, S. N., 1974.- *Extracción y purificación de ácidos alginicos en cuatro especies de algas colombianas y factibilidad de aprovechamiento de los residuos en el campo agropecuario*. Tesis Profesional., Fac. de Química. Univ. Nal. de Colombia., 138 p.
- CUERVO DÍAZ, A., 1979.- *Contribución al estudio autoecológico del género Sargassum, en la región de Santa Marta, Caribe colombiano*. Tesis Profesional., Fac. de Ciencias. Depto. de Biología. Univ. Nal de Colombia., 123 p.
- FAYAZ, M., NAMITHA, K., MURTHY, K., SWAMY, M., SARADA, R., KHANAM, S., SUBBARAO, P. V. & RAVISHANKAR, G. A., 200. - Composición Química, Biodisponibilidad del Hierro, y Actividad Antioxidante de *Kappaphycus alvarezii* (Doty). *J. Agricul. Food Chem.*, 53 (3): 792-797.
- FORERO-VALDERRAMA, I. & VARGAS-MARTÍNEZ, D. A., 1973.- *Evaluación de alginatos, propiedades y rendimiento en cuatro especies de algas marinas Atlántico colombiano*. Tesis Profesional., Fac. de Ciencias, Dpto. de Química. Univ. Nal. de Colombia., 258 p.
- GARCÍA-VÁSQUEZ, A. & PARDO-CASTRO, P. V., 2002.- Observaciones de la adaptación de *Kappaphycus alvarezii* (Doty, 1988) y las variaciones de su tasa de crecimiento en el Acuario Mundo Marino. Seminario de Investigación. Fac. de Biol. Marina, Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- GÓMEZ-CASTRO, Y. & QUINÓNEZ-OLAYA, M. E., 1979.- *Identificación de algunos esteroides libres en cinco especies de algas marinas pertenecientes al litoral atlántico colombiano*. Tesis Profesional., Fac. de Ciencias, Dpto. de Química. Univ. Nal. de Colombia., 108 p.
- JIMÉNEZ-ESCRIG, A. & GOÑI, I., 1999.- Evaluación nutricional y efectos fisiológicos de macroalgas marinas comestibles. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, (49) 2: 114-120.
- LAVERDE-PÉREZ, C. & ÁVILA-REYES, E., 1975.- *Contenido de manitol de algunas especies de algas de la costa atlántica colombiana*. Tesis Profesional., Fac. de Ciencias, Depto. de Química. Univ. Nal. de Colombia., 76 p.
- MANZANO, M. & G. E. ROSALES., 1989.- *Aprovechamiento de las algas marinas *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola* en la alimentación humana y animal*. Tesis de Licenciatura, Univ. La Salle de México, 109 p.
- MARÍN, A., M. CASAS, S. CARRILLO, H. HERNÁNDEZ & A. MONROY., 2003.- Performance of sheep fed rations with *Sargassum* spp. sea algae. *Cuban J. Agric. Sci.*, 37 (2): 119-123.
- MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, A., 1990.- *Contribución al estudio químico de las algas colombianas *Grateloupia doryophora* (Rhodophyta) y *Sargassum cymosum* (Phaeophyta)*. Proy. UDA / COLCIENCIAS 1115-05-062-85. Medellín (Ant.). Inf. Final. A....., 1992.- Esteroides libres del alga parda marina *Sargassum cymosum*, Sargassaceae. *Vitae*, 1: 8-10.
- MEZA, A. M. I., 1998.- *Impacto sobre la calidad del huevo al incluir algas marinas en raciones para gallinas ponedora*. Tesis de Maestría., Fac. de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Univ. Nal. Autón. de México., 97 p.
- N.R.C. 1981.- *Nutrient requirements of goats National Academy*. Washington D.C. (USA.), 91 p.
- RIAÑO-CABRERA, N. O. & SARMIENTO-ÁVILA, L. G., 1975.- *Evaluación de algunos nutrientes en varias especies de algas marinas pertenecientes a la Guajira colombiana*. Tesis Profesional., Fac. de Ciencias, Dpto. de Química. Univ. Nal. de Colombia., 115 p.
- RINCONES, R. E. & GALLO, H. M., 2004.- *Programa de Capacitación en el cultivo de algas marinas "Jimoula" a las comunidades del Cabo de la Vela, Península de La Guajira*. Proy. IBAVH / FAO TCP / COL/2901 Fortalecimiento para el Desarrollo de Empresas Rurales a partir de Productos de la Biodiversidad en el Cabo de la Vela, Departamento de La Guajira. Bogotá D. C. Inf. Final., 192 p.
- RODRÍGUEZ-MONTESINOS, Y. E. & HERNÁNDEZ-CARMONA, G., 1991.- Variación estacional y geográfica de la composición química de *Macrocystis pyrifera* de la costa occidental de Baja California. *Ciencias Marinas*, 17 (3): 91-103.
- SMITH, A. & RINCONES, R. E., 2005.- *The seaweed resources of the Caribbean*. Seaweed Proc. Industry in the Caribbean., 13 p.