

VARIACION ANUAL EN EL RENDIMIENTO Y FUERZA DE GEL DEL AGAR DE *GRACILARIOPSIS TENUIFRONS* (BIRD ET OLIVEIRA) FREDERICQ ET HOMMERSAND DE LA PENINSULA DE ARAYA, VENEZUELA.

LEONOR BRITO L. & ANDRÉS J. LEMUS C.

Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

RESUMEN: Se determinó el rendimiento y la fuerza de gel del agar de *Gracilariopsis tenuifrons*, colectada en las localidades de Chacopata y La Peña, estado Sucre, Venezuela. La extracción del agar se realizó mensualmente utilizando tratamiento alcalino con hidróxido de sodio al 3% y extracción directa en agua. Para Chacopata, los valores de rendimiento con tratamiento alcalino oscilaron entre 10-15%; mientras que para La Peña fluctuaron entre 9-16%. Cuando se realizó la extracción directa, estuvieron comprendidos entre 17-24% y 20-23% para Chacopata y La Peña, respectivamente. Al aplicar tratamiento alcalino, en Chacopata la fuerza de gel varió entre 242-720 g/cm² y para La Peña entre 224-831 g/cm², y los valores sin tratamiento, para Chacopata variaron entre 71-231 g/cm² y para La Peña entre 80-149 g/cm². Se observó una relación inversa entre el rendimiento y la fuerza de gel de esta especie, con respecto al pretratamiento aplicado. Mediante Anova se determinó que entre ambas localidades no existieron diferencias significativas en el rendimiento ni en la fuerza de gel del agar para ninguno de los dos métodos aplicados. Los valores de fuerza de gel obtenidos, después de aplicar tratamiento alcalino, indican que esta especie produce un hidrocoloide de importancia económica.

ABSTRACT: The yield and gel strength of agar from *Gracilariopsis tenuifrons* from Chacopata and La Peña, Sucre state, Venezuela were determined. The agar extraction was done monthly using alkali treatment with 3% sodium hydroxide and direct water extraction. To Chacopata, the yield values with alkali treatment oscillated between 10-15%, while to La Peña fluctuated between 9-16%. When direct extraction was done, were included from 17-24% and from 20 to 23% to Chacopata and La Peña, respectively. With alkali treatment, in Chacopata the gel strength varied from 242 to 720 g/cm² and to La Peña from 224 to 831 g/cm² and without treatment to Chacopata varied from 71-231 g/cm² and to La Peña from 80-149 g/cm². A reverse relationship was observed between the gel yield and strength of this species, according to the applied pretreatment. Through the Anova it was determined that between both localities there were not significant differences neither in the yield nor in the agar strength for none of the applied methods. The strength values obtained, after applying alkali treatment, showed that this species produces a hydrocolloid of economical importance.

INTRODUCCION

El aprovechamiento de los recursos marinos se encuentra enmarcado dentro de los objetivos planteados por los países en desarrollo como una manera de utilizar integral y sustentablemente los recursos naturales existentes.

A nivel mundial, los estudios referidos a la obtención de productos derivados de las algas marinas, particularmente sobre la extracción de agar, han sido efectuados, en su mayoría, en especies de *Gracilaria*, *Pterocladia* y *Gelidium*. En Venezuela, a partir de 1989 se iniciaron los ensayos de cultivo de *Gracilariopsis tenuifrons* (BIRD ET OLIVEIRA) FREDERICQ ET HOMMERSAND, encontrándose que presenta una tasa de crecimiento elevada de 7,90-8,63 %/dia (LEMUS, 1992), lo cual sirvió de base para continuar realizando estudios que permitan un mejor conocimiento sobre la biología y ecología de la misma.

Esta especie, según BIRD & OLIVEIRA (1986) es un alga de hábitos tropicales, encontrándose en varias zonas del Atlántico occidental desde Cuba hasta Sao Paulo, caracterizándose por la presencia de espermatangios superficiales y de células parenquimatosas del gonimoblasto de menor tamaño y por la ausencia de filamentos nutritivos en el cistocarpio.

Las investigaciones realizadas en *Gracilariopsis* spp., son muy escasas, y la mayoría están relacionadas con aspectos taxonómicos (BIRD & OLIVEIRA, 1986; RODRÍGUEZ, 1988; FREDERICQ & HOMMERSAND, 1989, 1990); genomas nucleares (KAPRAUN *et al.*, 1993); fisiología (RINCONES *et al.*, 1993). En Venezuela, desde el punto de vista ecológico, se pueden citar las efectuadas por LEMUS (1992); LEMUS *et al.*, (1993); BELLORÍN & LEMUS (1997). Por lo expresado anteriormente se evidencia que no se han publicado trabajos

relacionados con el ficocoloide producido por esta especie, por lo que el objetivo del presente estudio fue determinar la variación anual en el rendimiento y fuerza de gel del agar de *Gracilariopsis tenuifrons*, proveniente de dos localidades de la Península de Araya, estado Sucre, con la finalidad de demostrar su factibilidad económica como especie agarofita.

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron muestreos mensuales en las localidades de La Peña y Chacopata, ubicadas en la costa norte de la Península de Araya, Estado Sucre, a 10° 37' 22" Lat. N y 64° 7' 30" Long. W y 10° 39' 54" Lat. N y 63° 49' 33" Long. W, respectivamente, desde enero hasta diciembre 1994. La Peña se caracteriza por presentar aguas someras, turbias, de oleaje moderado con sedimento areno-fangoso. En Chacopata el oleaje es débil pero con fuertes corrientes constantes, aguas mas turbias con sedimento areno-fangoso. En ambas, las algas se encontraron a una profundidad de aproximadamente 0,5 m, algunas veces adheridas a materiales calcáreos.

Las muestras de *G. tenuifrons* fueron colectadas a mano, lavadas con suficiente agua para eliminar impurezas y el epifitismo existente. Fueron secadas al sol y posteriormente molidas hasta obtener una harina.

La extracción del agar se realizó mensualmente siguiendo la metodología señalada por BRITO & LEMUS (1996). Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza (SOKAL & ROHLF, 1979).

RESULTADOS Y DISCUSION

La caracterización física del agar de *G. tenuifrons* se realizó en base al rendimiento y fuerza de gel, ya que estos son los principales parámetros que determinan el valor comercial de las agarofitas (KIM, 1970).

Es de hacer notar que en Chacopata, durante diciembre, enero y febrero no se logró obtener muestras de *G. tenuifrons* en el medio natural; a diferencia de La Peña donde se colectó todo el año. LEMUS *et al.*, (1993) señalan que en algunos meses del año esta especie se encuentra enterrada en el sedimento aproximadamente a 5-10 cm, adheridas a tubos del

poliqueto *Americuniphis magna* con el cual mantiene una interesante relación simbiótica. Resultados similares, en cuanto a la localización subterránea del alga, han sido reportados por SANTELICES *et al.*, (1984) y ANDERSON *et al.*, (1993) para especies de *Gracilaria*. Estos últimos atribuyen la desaparición de los bancos de *Gracilaria* al extensivo dragado ocurrido en la zona y además al pastoreo ocasionado por la gran cantidad de herbívoros presentes en la bahía Saldanha. En Chacopata, esto pudiera ser explicado por las fuertes marejadas que se producen durante determinadas épocas del año, cuyas consecuencias serían arrastrar al alga hacia otras zonas.

Debido a lo explicado anteriormente, las diferencias mensuales con respecto al rendimiento y fuerza de gel del agar de esta especie fueron analizadas estadísticamente, en particular, para cada localidad, y sólo a las muestras a las cuales se le aplicó extracción directa. Para Chacopata, los valores de rendimiento con tratamiento alcalino oscilaron entre 10 - 15%; mientras que para La Peña fluctuaron de 9 - 16%. Cuando se realizó la extracción directa, es decir sin tratamiento alcalino, los valores estuvieron entre 17 - 24% para la localidad de Chacopata, mientras que para La Peña estos variaron de 20 - 23% (Tabla 1; Fig. 1 A-B). Al analizar el rendimiento del agar de *G. tenuifrons*, empleando tratamiento alcalino, se determinó mediante análisis de varianza que no existieron diferencias significativas entre ambas localidades ($F_s = 0,284$; $P > 0,05$), obteniéndose valores promedio de 12% para ambas localidades. Igualmente ocurrió con el rendimiento sin tratamiento alcalino ($F_s = 1,848$; $P > 0,05$); con promedios de 21 y 20% para La Peña y Chacopata, respectivamente. Mediante análisis de varianza se determinó que en Chacopata se encontraron diferencias mensuales muy significativas, con respecto al rendimiento ($F_s = 3,85$; $P < 0,01$), con la formación de tres grupos de datos homogéneos, uno conformado por marzo, agosto, septiembre, octubre y noviembre, otro por abril, junio y julio y otro por mayo (Fig. 1A). Para La Peña no se encontraron diferencias mensuales significativas ($F_s = 0,66$; $P > 0,05$), es decir que durante el año no hubo muchas variaciones en el rendimiento del agar de esta especie, siendo menor en septiembre y mayor en abril (Fig.1B). Con respecto a la fuerza de gel, al aplicar tratamiento alcalino, para las muestras de Chacopata estuvo comprendida entre 242 - 720 g/cm² y para La Peña entre 224 - 831 g/cm². Cuando se realizó la extracción directa, para las algas de Chacopata se obtuvieron valores entre 71 - 231 g/cm², mientras que para La Peña estos variaron de 80 - 149 g/cm² (Tabla 1; Fig. 2 A-B).

Tabla 1.- Resumen estadístico del rendimiento y fuerza de gel del agar de *Gracilariopsis tenuifrons*, en Chacopata y La Peña, Península de Araya, Edo. Sucre. N: Tamaño de la muestra; X: Promedio; S_x : Error standar.

	n	Rango	X	S_x
RENDIMIENTO (%)				
<i>CHACOPATA</i>				
Con NaOH	27	10 - 15	12	0,39
Sin NaOH	27	17 - 24	20	0,45
<i>LA PEÑA</i>				
Con NaOH	35	9 - 16	12	0,36
Sin NaOH	35	20 - 23	21	0,31
FUERZA DE GEL (g/cm²)				
<i>CHACOPATA</i>				
Con NaOH	18	242 - 720	442	34,98
Sin NaOH	18	71 - 231	116	10,83
<i>LA PEÑA</i>				
Con NaOH	25	224 - 831	447	35,57
Sin NaOH	25	80 - 149	108	4,67

Resultados similares a los del rendimiento se encontraron en las dos localidades cuando se analizó la fuerza de gel del agar de esta especie, con y sin tratamiento alcalino ($F_s = 0,007$; $P > 0,05$; $F_s = 0,672$; $P > 0,05$, respectivamente), con promedios de 447 g/cm² para La Peña y 442 g/cm² para Chacopata, cuando se aplicó tratamiento alcalino. Sin tratamiento alcalino se obtuvieron promedios de 108 g/cm² y 116 g/cm², para La Peña y Chacopata, respectivamente.

Cuando se analizaron las diferencias mensuales relacionadas con la fuerza de gel del agar, se encontraron diferencias muy significativas para ambas localidades ($P < 0,01$) evidenciándose que en Chacopata se formaron cuatro grupos de datos, uno constituido por marzo, mayo, junio, julio, agosto y noviembre, otro por abril, un tercero por septiembre y un cuarto por octubre (Fig. 2A); y para La Peña se observaron 4 grupos, uno formado por enero y febrero, otro por marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre, un tercero por octubre y el cuarto por noviembre y diciembre (Fig. 2B). Las diferencias mensuales encontradas tanto para el rendimiento como para la fuerza de gel en ambas localidades pueden ser debidas a que cada especie responde de manera particular de acuerdo a su comportamiento fisiológico, tal como lo señalan BIRD & HINSON (1992)

o a la influencia de las condiciones ambientales imperantes como lo indican CHRISTELLER & LAING (1989) y FREILE-PELEGRIN & ROBLEDO (1997). En este estudio se relacionaron las concentraciones de amonio, nitrito y fosfato con el rendimiento y fuerza de gel del agar, encontrándose que no se evidenció correlación significativa entre estas variables ($P > 0,05$).

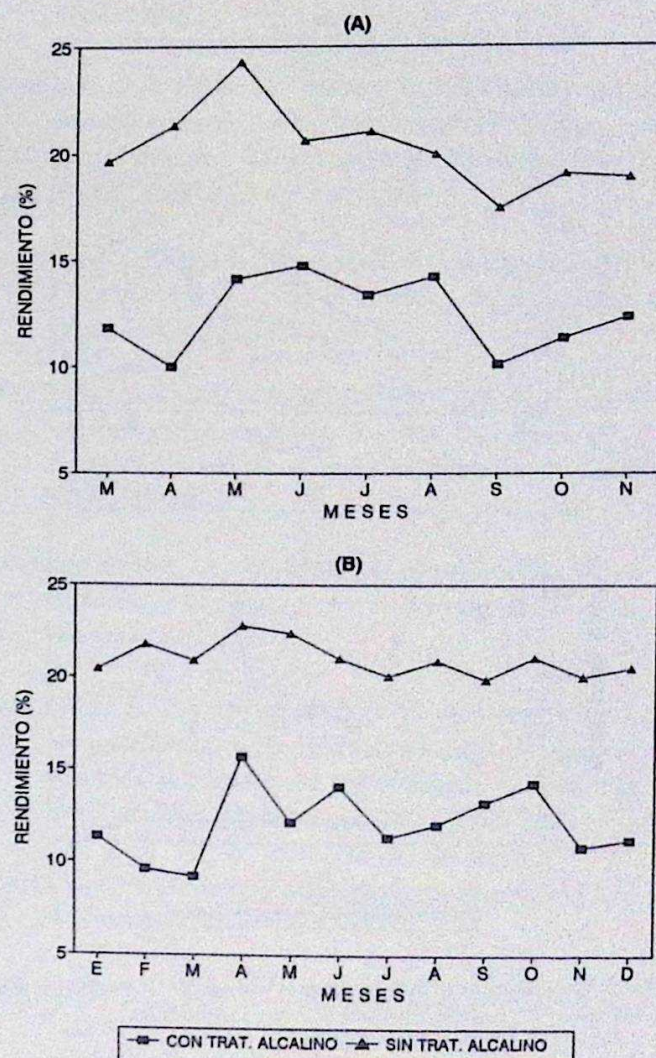


Fig. 1. Variación mensual del rendimiento del agar de *G. tenuifrons* en: (A) Chacopata y (B) La Peña, Península de Araya, Estado Sucre.

Los resultados expresados anteriormente señalan que existe una relación inversa entre el rendimiento y la fuerza de gel de esta especie, con respecto al pretratamiento aplicado. Resultados similares encontraron CHIRAPART & OHNO (1993) en *Gracilaria* sp. Se observa un aumento significativo de la fuerza de gel, pero una disminución del rendimiento del agar de esta especie cuando se aplica tratamiento alcalino,

lo contrario ocurre cuando no se utiliza éste, esto al parecer constituye un patrón típico para la mayoría de las agarofitas (LEMUS *et al.*, 1991). Este comportamiento ha sido reportado por varios autores (DURAIRATNAM, 1987; DURAIRATNAM & SANTOS, 1981; APONTE, 1987; APONTE & LEMUS, 1989; REYNA, 1991; YENIGUL, 1993; DUARTE, 1995; BRITO & LEMUS, 1996).

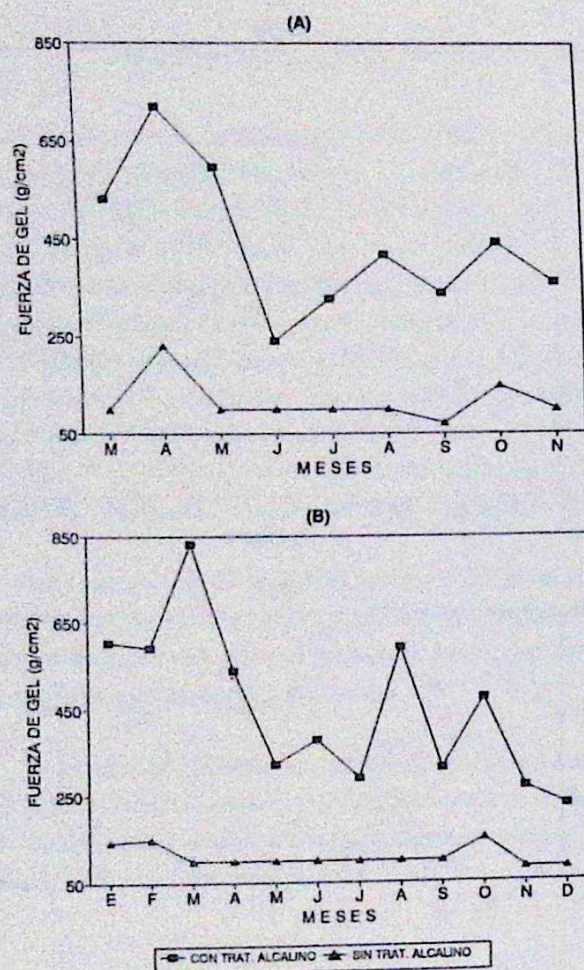


Fig. 2. Variación mensual de la fuerza de gel del agar de *G. tenuifrons* en: (A) Chacopata y (B) La Peña, Península de Araya, Estado Sucre.

Como lo señalan LAHAYE *et al.*, (1988), CHIRAPART & OHNO (1993) y BRITO & LEMUS (*op.cit.*), la comparación de resultados se hace complicada debido a las diferencias existentes en los métodos de extracción del agar y, a que los cambios estacionales varían geográficamente, por lo que los resultados obtenidos se compararon con los encontrados por autores que han utilizado la misma técnica de extracción, aunque no en la misma especie, pero sí en géneros pertenecientes en su mayoría al orden Gracilariales. Estos

autores (APONTE, 1987; APONTE & LEMUS, 1989; REYNA, 1991; DUARTE, 1995; BRITO & LEMUS, 1996), al igual que en este estudio, llegan a la misma conclusión señalada anteriormente, por lo tanto, se recomienda el uso del tratamiento alcalino como una manera de optimizar la calidad del agar obtenido.

Los valores de fuerza de gel, después de aplicar tratamiento alcalino, obtenidos en *G. tenuifrons* en Chacopata y La Peña (242 - 720 g/cm² y 224 - 831 g/cm², respectivamente) indican que éstos están dentro del rango del agar comercial (> 400-600 g/cm²) señalados por HURTADO-PONCE (1994), y coinciden con los aportados para *G. tenuifrons* por KAPRAUN *et al.*, (1993) (300-700 g/cm²), quienes sugieren que en Gracilariales existe una posible, pero no absoluta correlación entre los perfiles del genoma nuclear y la síntesis de agares de grado comercial. Sin embargo, los valores máximos de fuerza de gel (720 y 831 g/cm², para Chacopata y La Peña, respectivamente) son similares a los obtenidos para *Gracilariaopsis heteroclada* (850 g/cm²) creciendo a una salinidad de 24 ‰ y pretratada con NaOH 3% (HURTADO-PONCE, *op. cit.*).

De acuerdo a lo expresado anteriormente, *G. tenuifrons* puede ser utilizada como materia prima para la extracción de agar y podría constituir una fuente potencial de agarosa después de purificar el agar extraído, corroborando así su importancia económica.

AGRADECIMIENTO

Nuestro reconocimiento al técnico MIGUEL GÓMEZ, por su valiosa ayuda durante las labores de campo y de laboratorio. Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente por el financiamiento parcial de este estudio a través del proyecto C.I-5009-00633/94-95. A todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

- ANDERSON, R., G. LEVITT, D. KEATS & R. SIMMONS. 1993. The role of herbivores in the collapse of the *Gracilaria* resource at Saldanha Bay, South Africa. *Hydrobiologia* 260/261 : 285-290.

- APONTE, M. 1987. Localización de algunos bancos de agarofitas de los estados Sucre y Nueva Esparta, Reconocimiento de las especies y características de los agares obtenidos de las mismas. *Informe final presentado al CONICIT*. 73 pp.
- & A. J. LEMUS. 1989. Comparative study of the agar obtained from three species *Gracilaria* feasible for culture in Venezuela. *Workshop-Univ. S. Paulo/Int. Foundation for Science. "Cultivation of seaweeds in Latin America"*. April, 1989, S. Sebastiao, SP Brazil. E.C. de OLIVEIRA & N. KAUSKY, editors. pp. 117-119.
- BELLORÍN, A. M. & A. LEMUS. 1997. Efecto de la temperatura y la irradiancia en el crecimiento *in vitro* del alga *Gracilariopsis tenuifrons* (Bird & Oliveira) Fredericq & Hommersand (Gracilariales, Rhodophyta). *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 36(1&2):61-67.
- BIRD, C. J. & E.C. DE OLIVEIRA. 1986. *Gracilaria tenuifrons* sp. nov. (Gigartinales, Rhodophyta), a specie from the tropical western Atlantic with superficial spermatangia. *Phycologia* 25:313-320.
- BIRD, K. T & T. K. HINSON, 1992. Seasonal variations in agar yields and quality from North Carolina agarophytes. *Bot. Mar.* 35(4):291-295.
- BRITO L., L. & A. LEMUS. 1996. Rendimiento y consistencia del agar de *Gracilaria damaecornis* J. Agardh (Gracilariales, Rhodophyta). *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 35 (1&2) : 57-62.
- CHIRAPART, A. & M. OHNO. 1993. Seasonal variation in the physical properties of agar and biomass of *Gracilaria* sp. (chorda type) from Tosa Bay, southern Japan. *Hydrobiologia* 260/261:541-547.
- CHRISTELLER, J. T. & W.A. LAING. 1989. The effect of environment on the agar yield and gel characteristics of *Gracilaria sordida* Nelson (Rhodophyta). *Bot. Mar.* 32(5):447-455.
- DUARTE, V. 1995. *Aspectos biológicos y características del agar de Gracilaria domingensis* (Kützinger) Sonder ex Dickie (Gracilariaceae, Rhodophyta) en el Oriente de Venezuela. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 80 pp.
- DURAIRATNAM, M. 1987. Studies on the yield of agar, gel strength and quality of agar of *Gracilaria edulis* (Gmel.) Silva from Brazil. *Hydrobiologia* 151/152:509-512.
- & N. DE QUIEROZ SANTOS. 1981. Agar from *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss and *G. sjoestedtii* Kylin from northeast Brasil. *Proc. Int. Seaweeds Symp.* 10:669-674.
- FREDERIQ, S. & M. H. HOMMERSAND. 1989. Comparative morphology and taxonomic status of *Gracilariopsis* (Gracilariales, Rhodophyta). *J. Phycol.* 25:228-241.
- . 1990. Diagnoses and key to the genera of the Gracilariaceae (Gracilariales, Rhodophyta). *Hydrobiologia* 204/205:173-178.
- FREILE-PELEGRIN, Y. & D. ROBLEDO. 1997. Effects of season on the agar content and chemical characteristics of *Gracilaria cornea* from Yucatán, México. *Bot. Mar.* 40(4):285-290.
- HURTADO-PONCE, A. Q. 1994. Agar production from *Gracilariopsis heteroclada* grown at different salinity levels. *Bot. Mar.* 37:97-100.
- KAPRAUN, D. F., J. A. DUTCHER, & D. W. FRESHWATER 1993. Quantification and characterization of nuclear genomes in commercial red seaweeds: Gracilariales and Gelidiales. *Hydrobiologia* 260/261:679-688.
- KIM, D. H. 1970. Economically important seaweeds, in Chile -I *Gracilaria*. *Bot. Mar.* 13:140-162.
- LAHAYE, M., J. F. REVOL, C. ROCHAS, J. McLACHLAN & W. YAPHE. 1988. The chemical structure of *Gracilaria crassissima* (P. et H. Crouan in Schramm et Mazé) P. et H. Crouan in Schramm et Mazé and *G. tikvahiae* McLachlan (Gigartinales, Rhodophyta) cell-wall polysaccharides. *Bot. Mar.* 31:491-501.
- LEMUS, C., A. J. 1992. Ensayos de cultivo de la agarofita *Gracilariopsis tenuifrons* (Bird et Oliveira) Fredericq et Hommersand (Rhodophyta) en el Oriente de Venezuela. *Memorias del VII Simposio Latinoamericano de Acuicultura*. Barquisimeto, Venezuela. p 140-148.

- A. J., K. BIRD, D. F. KAPRAUN & F. KOEFIN. 1991. Agar yield, quality and standing crop biomass of *Gelidium floridanum* and *Pterocladia capillacea* in Venezuela. *Food Hydrocolloids* 5:469-479.
- I. LINERO, & J. ANDRADE. 1993. Interrelación entre el poliqueto *Americoniphis magna* (Annelida, Polychaeta) y el alga bentónica *Gracilariopsis tenuifrons* (Rhodophyta, Gracilariales). *Boletín de Resúmenes V Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, La Paz, México*. C-123.
- REYNA, J. E. 1991. *Composición química y propiedades reológicas de agares de tres especies de algas del género Gracilaria (G. verrucosa proax., G. domingensis, y G. cervicornis) colectadas en la Península de Araya, Estado Sucre*. Trab. Grad. Lic. Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 147 pp.
- RINCONES, R., S. YU., & M. PEDERSEN. 1993. Effect of dark treatment on the starch degradation and the agar quality of cultivated *Gracilariopsis lemaneiformis* (Rhodophyta, Gracilariales) from Venezuela. *Hydrobiologia* 260/261 : 633-640.
- RODRÍGUEZ DE R., N. 1988. *Gracilaria tenuifrons* Bird et Oliveira (Rhodophyta, Gigartinales) una nueva adición a la flora de algas marinas de Venezuela. *Ernstia* 50:1-8.
- SANTELICES, B., J. VÁQUEZ, U. OHME & E. FONCK. 1984. Managing wild crops of *Gracilaria* in Central Chile. *Hydrobiologia* 116/117 : 77-89.
- SOKAL, R. & F. J. ROHLF. 1979. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Ed. H. Blume. Madrid, España. 832 pp.
- YENIGUL, M. 1993. Seasonal changes in the chemical and gelling characteristics of agar from *Gracilaria verrucosa* collected in Turkey. *Hydrobiologia*. 260/261:627-631.