

DISPERSIÓN DEL ALGA EXÓTICA *KAPPAPHYCUS ALVAREZII* (GIGARTINALES: RHODOPHYTA) EN LA REGIÓN NORORIENTAL DE VENEZUELA

JORGE E. BARRIOS

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

jebar@sucre.udo.edu.ve

RESUMEN: Con la finalidad de establecer cultivos comerciales de algas marinas, fue introducida en 1996 la carragenofita *K. alvarezii* (Gigartinales, Rhodophyta) en la región nororiental de Venezuela. Se recolectaron muestras de algas cultivadas en julio de 1999 (Ensenada de Guaranache, Península de Araya, Estado Sucre) y en mayo y diciembre de 2000 (Isla de Coche, Estado Nueva Esparta) y ejemplares de arribazón en varias localidades costeras; las muestras se preservaron con formalina al 5 %. Se realizaron observaciones de campo, estudios histológicos y se identificaron los organismos asociados al alga. El alga mostró tejidos vegetativos con una corteza de pequeñas células dispuestas radialmente y una médula de células grandes con filamentos rizoidales en el centro; no se encontraron estructuras reproductivas. Con escasas excepciones, no se observaron epibiontes, y las algas no presentaron marcas de pastoreo. Los cultivos instalados en aguas abiertas no presentaron estructuras que impidan la pérdida de talos, observándose una dispersión del alga hacia el ambiente circundante. Las altas tasas de crecimiento de *K. alvarezii*, su capacidad de reproducirse por fragmentación, su resistencia a la epibiosis y a la herbivoría, constituyen factores de riesgo que la convierte en potencial invasora al instalarse en un ambiente adecuado.

Palabras clave: cultivos, organismos asociados, taxonomía, ambiente marino.

ABSTRACT: The carrageenophytic alga *Kappaphycus alvarezii* (Gigartinales, Rhodophyta) was introduced in the northeastern Venezuela for commercial cultivation in 1996. Farmed samples were collected at Ensenada de Guaranache, in the Araya Peninsula, state of Sucre, in July, 1999, and on the Island of Coche, state of Nueva Esparta, in May and December, 2000. Nonfarmed samples drifting off at several shores were also collected for study. The samples thus collected were preserved in 5% formalin. Field research and histological studies were carried out and the organisms associated to the alga were identified. The samples displayed vegetative tissues borne on a crust of small cells radially arranged and a large-cell central medulla with rhizoidal filaments. No reproductive structures were seen. With a few exceptions, no epibiont species were observed, and the algae did not betray obvious grazing marks. The lack of limiting structures to prevent the dispersal of thalli when *K. alvarezii* is farmed in open waters constitutes a risk factor that may favor algal dissemination onto the surrounding environment. The high growth rate of *K. alvarezii*, its capacity to reproduce itself by fragmentation, and its resistance to colonization by fouling organisms and grazing make it a potential invader upon introduction into new environments.

Key words: Farms, associated organism, taxonomy, marine environment.

INTRODUCCIÓN

La macroalga *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty (Gigartinales, Rhodophyta) constituye una de las carragenofitas cultivadas que ha tenido mayor éxito en mares tropicales, constituyendo la principal fuente mundial de materia prima para la producción de carragenina semirrefinada (DAWES *et al.* 1994). Esta alga es exportada directamente después de ser cosechada y deshidratada, o luego de ser procesada para la obtención de carragenina en tres formas: hojuelas tratadas con álcali, polvo semirrefinado y pura (TRONO, 1993).

El potencial económico que representa esta especie originaria de Filipinas ha favorecido su introducción en otras regiones del mundo con características

ambientales adecuadas para su cultivo (DOTY, 1986; GLENN & DOTY, 1990). Por otra parte, el potencial de regeneración y elevadas tasas de crecimiento permiten obtener en poco tiempo abundantes cosechas a partir de siembras iniciales de clones de escasa biomasa (REVIERS, 1989).

El alga *K. alvarezii*, fue introducida en Venezuela en 1996 con fines comerciales, realizándose los primeros cultivos en la Ensenada de Guaranache, Estado Sucre. Posteriormente fue llevada y cultivada en Playa La Uva, Isla de Coche, Estado Nueva Esparta en 1997 (RINCONES & RUBIO, 1999).

Este trabajo presenta una evaluación fitotécnica de *K. alvarezii* proveniente de cultivos, además se discute su posible dispersión en el ambiente marino de los estados

Sucre y Nueva Esparta.

ÁREA DE ESTUDIO

Los cultivos de *K. alvarezii* estudiados fueron los siguientes:

Estado Sucre: Los cultivos establecidos en la Ensenada de Guaranache, Península de Araya (64°10' Long. W y 10°38' Lat. N) se encontraban conformados para julio de 1999 por 25 módulos flotantes de 36 m², con 24 cuerdas de polipropileno cada uno, para un área total de 900 m². La zona de cultivo presenta de dos a tres metros de profundidad, fondo arenoso-rocoso, corrientes moderadas y aguas turbias debido al abundante material en suspensión.

Estado Nueva Esparta: El área de cultivo en la Isla de Coche, se ubicaba en playa La Uva, sector El Oasis (63°58' Long. W y 10°49' Lat. N). Para mayo de 2000 se observaron 4 módulos con un área de 1.250 m² en producción, cada uno con 100 cuerdas de polipropileno de 5,2 metros, instalados cerca del fondo mediante una serie de estacas y cuerdas tensas que limitan las partes laterales de los módulos (sistema de fijación de líneas sobre estacas). El sustrato es arenoso con una pradera de *Thalassia testudinum* poco densa. En diciembre de 2000 los cultivos fueron trasladados tres kilómetros al este de su ubicación original, en un área somera similar a la anterior, y estuvieron conformados por dos módulos con 100 cuerdas cada uno.

Por otro lado, se colectaron en diferentes áreas costeras de la Isla de Coche (El Oasis, Punta Brasil, San Pedro de Coche) y Península de Araya (Punta Araya, Punta Escarceo, El Rincón, El Manglillo, La Vega, El Guamache) durante los años 1999, 2000 y 2001, talos de *K. alvarezii* flotando libremente en las aguas, o arribados a la playa (Figura 1).

MATERIALES Y METODOS

Los cultivos de *K. alvarezii* en el Estado Sucre se estudiaron en julio de 1999 y los de la Isla de Coche en mayo y diciembre de 2000. En cada muestreo se hicieron observaciones sobre el estado de los cultivos, se colectaron los organismos asociados y se tomaron al azar 30 porciones de algas listas para ser cosechadas. Los ejemplares de *K. alvarezii* colectados en zonas diferentes a las áreas de cultivo, fueron tomados a mano cuando se hallaron arribados a la playa o mediante buceo libre, para



Fig. 1. Localización geográfica de los cultivos de *K. alvarezii* en la Península de Araya, Estado Sucre (Guaranache) y en la Isla de Coche, Estado Nueva Esparta (Playa La Uva). Las zonas sombreadas en el borde costero indican las áreas en las que se han encontrado ejemplares de *K. alvarezii* arribados en la playa entre los años 1999 y 2001.

un total de 254 muestras.

Las algas fueron preservadas mediante refrigeración y con formalina al 5%. La fauna asociada se preservó con formalina al 10%. El procesamiento histológico de *K. alvarezii* y las algas asociadas se realizó según la técnica modificada de Womersley (RAMÍREZ, 1995) y las observaciones se realizaron con una lupa estereoscópica y un microscopio binocular. Para la identificación de las macroalgas se utilizaron las claves de TAYLOR (1960), JOLY (1967) Y APONTE (1985). Los invertebrados se identificaron utilizando el trabajo de GOSNER (1971).

RESULTADOS

Los cultivos estudiados estuvieron conformados por las variedades parda y verde de *K. alvarezii*. En Guaranache estaban en diferentes fases de crecimiento, en tanto que en la Isla de Coche, se hallaban cercanos a la fecha de cosecha (6 semanas desde el momento de la siembra), presentando talos bien desarrollados. Todos los cultivos estaban instalados en aguas abiertas, sin estructuras de contención para limitar el paso de *K. alvarezii* al medio circundante, observándose secciones de las cuerdas de cultivo en las que se habían desprendido implantes completos del alga y pérdida de ramas de las algas cultivadas debido al oleaje y las corrientes.

Las muestras de *K. alvarezii* de arribazón presentaron diferentes tamaños, encontrándose talos de hasta 1,2 Kg

peso fresco en San Pedro de Coche, todas con tejidos sanos.

Los talos de *K. alvarezii* estudiados a nivel citológico mostraron una corteza de pequeñas células pigmentadas dispuestas radialmente, células medulares grandes y un eje central con células rizoidales, ninguna de las muestras presentó estructuras reproductivas. Las algas en general, mostraron un aspecto saludable con numerosas proliferaciones correspondientes a zonas en crecimiento; no se observaron marcas de pastoreo.

Las muestras de *K. alvarezii* se encontraron libres de epibiontes (tanto las algas cultivadas como las de

arribazón), a excepción de cinco ejemplares de arribazón colectados en La Vega (Estado Sucre), los cuales mostraron dos epizoicos, *Lafoea* sp. (Cnidaria) y *Bugula* sp. (Bryozoa), presentes en poca cantidad sobre una cubierta de sedimentos adherida a las porciones menos expuestas de las algas. Se encontraron varias macroalgas creciendo sobre las cuerdas de los cultivos o enredadas (no fijas) en las estructuras y *Kappaphycus* (Tabla 1).

DISCUSIÓN

El alga introducida *K. alvarezii* se ha adaptado bien a las condiciones ambientales de la región nororiental de

Tabla 1. Macroalgas presentes en cultivos de *K. alvarezii* en Guaranache, Estado Sucre, y playa La Uva, Isla de Coche (A = sobre las cuerdas, B = sobre *Kappaphycus*, no epífitas).

Especies	Guaranache	La Uva
Chlorophyta		
<i>Ulva fasciata</i> Delile	A	
<i>Ulva reticulata</i> Forskål		B
<i>Chaetomorpha aerea</i> (Dilwyn) Kützing		B
<i>Cladophora vagabunda</i> (Linneo) C. Hoek		B
<i>Bryopsis pennata</i> Lamouroux	A	A
Phaeophyta		
<i>Dictyota bartayressiana</i> Lamouroux	A	B
<i>Dictyota pulchella</i> Hörning & Schnetter		B
<i>Dictyota volubilis</i> Vickers		B
<i>Lobophora variegata</i> (Lamouroux) Womersley ex Oliveira		B
<i>Spatoglossum schroederi</i> (C. Agardh) Kützing		B
<i>Sargassum vulgare</i> C. Agardh		A
Rhodophyta		
<i>Gracilaria cervicornis</i> (Turner) J. Agardh	A	
<i>Gracilaria lacinulata</i> (West) Howe	A	
<i>Hypnea musciformis</i> Lamouroux	A	B
<i>Hypnea spinella</i> (C. Agardh) Kützing		B
<i>Grateloupia filicina</i> (Lamouroux) C. Agardh	A	
<i>Ceramium flaccidum</i> (Kützing) Ardissonne		B
<i>Chondria dasyphylla</i> (Woodward) C. Agardh		B
<i>Polysiphonia denudata</i> (Dillwyn) Greville	A	

Venezuela y su presencia en diferentes localidades alejadas de los lugares de cultivo son una muestra de su dispersión. Las altas tasas de crecimiento de *K. alvarezii*, su capacidad de reproducirse por fragmentación, su resistencia a la epibiosis y a la herbivoría, son características que favorecen a esta especie como potencial invasora de nuevos territorios (BARRIOS, 1999).

RINCONES & RUBIO (1999) encontraron en la Ensenada de Guaranache tasas de crecimiento para *K. alvarezii* de 4,41 a 7,75% diario, las cuales superan las observadas para cultivos de esta alga en las islas Fiji, como lo demuestra un estudio realizado por LUXTON *et al.* (1987), que obtuvieron en cultivos instalados en siete arrecifes coralinos y en diferentes meses del año, un promedio de 3,4% de crecimiento diario. Se han registrado ejemplares individuales de *Kappaphycus* spp. con frondas de hasta 1 metro de longitud y 5-10 Kg peso fresco, demostrándose en cultivos experimentales que fragmentos de *Kappaphycus* han duplicado su biomasa en 10 días (Woo *et al.* 1999).

La ausencia de algas epífitas en los talos de *K. alvarezii* provenientes de los cultivos, los cuales mostraron una superficie completamente limpia, en contraste con la abundante presencia de algas en las estructuras de cultivo, constituye una muestra de la resistencia que tiene esta especie a la epibiosis. HURTADO-PONCE (1992), en una experiencia de cultivo mixto con el pez carnívoro *Lates calcarifer* y el alga *K. alvarezii* var. *tambalang* por el sistema de jaulas flotantes en Filipinas, obtuvieron después de 5 meses algas abundantemente ramificadas y libres de epífitas.

Por otro lado, la falta de marcas de pastoreo en los talos *K. alvarezii* estudiados en Venezuela, son un indicio de su resistencia al pastoreo por invertebrados y peces herbívoros. En un estudio de la depredación que experimenta *K. alvarezii* por peces arrecifales y otros fitófagos, SERPA-MADRIGAL *et al.* (1997) observaron que esta alga, introducida en Cuba en 1991, es poco sensible al herbivorismo. En experiencias de alimentación de juveniles de camarones *Litopenaeus monodon* con dietas complementadas con *K. alvarezii* y *Gracilaria heteroclada*, se observó que la supervivencia de juveniles alimentados con *K. alvarezii* decrecía a medida que aumentaba la concentración de esta alga de 3 a 10 % en la dieta suministrada (PENAFLORIDA & GOLEZ, 1996).

La ausencia de mallas de contención para impedir la pérdida de talos de *K. alvarezii*, junto a las frecuentes tormentas y marejadas en las zonas de cultivo, han facilitado la dispersión de esta alga. Durante este estudio se observaron en diciembre de 2000 abundantes talos de *K. alvarezii* flotando libremente sobre el sustrato, a profundidades de 1 a 2 metros, en la playa de Punta Arenas (San Pedro, Isla de Coche). En una revisión de la flora bentónica presente en El Rincón de Araya (Estado Sucre), MAZA (2000) encontró talos no fértiles de *K. alvarezii* arribados en la playa durante 6 meses, entre 1997 y 1998.

En la costa sur de la Isla de Margarita, entre Punta Los Algodones y El Guamache de Punta de Piedras, se han detectado desde 1999 arribazones de *K. alvarezii*, reportándose en enero de 2001 una extensa mancha de esta alga en las cercanías del muelle internacional de El Guamache (VÁSQUEZ, 2001). Es posible que el origen de *K. alvarezii* en la Isla de Margarita se deba al transporte accidental o por las corrientes desde la cercana Isla de Coche, no obstante, lo más probable es que su presencia se deba a ensayos de cultivo de esta alga realizados en la Isla de Margarita durante el primer semestre de 1997 (RINCONES & RUBIO, 1999).

Son numerosos los casos en los que el género *Kappaphycus* se presenta como un invasor de nuevos ambientes, así tenemos que RUSSELL (1983) determinó que *Eucheuma striatum* (= *Kappaphycus striatum*) llevada a Hawaii con fines de cultivo en 1974, afectó negativamente los arrecifes de coral de la isla Coconut. En varias localidades de la isla Oahu (Hawaii) fueron introducidos entre 1970 y 1978 implantes de *K. alvarezii* y *K. striatum* con fines comerciales, encontrándose en 1996 que ambas especies habían invadido con éxito áreas distantes a los lugares donde inicialmente habían sido cultivadas, acumulándose gran cantidad de biomasa a profundidades de un metro en lagunas arrecifales, determinándose que el movimiento de las aguas era el factor más importante en su dispersión (RODGERS, 1997). En la bahía Kane'ohe (O'ahu, Hawaii), un estudio de la velocidad de dispersión de las algas invasoras *K. alvarezii* y *K. striatum* mostró que éstas avanzaban con una tasa promedio de 250 m/año, presentando altas abundancias en aguas con moderado movimiento (RODGERS & COX, 1999).

En un estudio del impacto ambiental provocado por varias especies de *Kappaphycus* introducidas en Hawai,

Woo *et al.* (1999) determinaron que una combinación de las siguientes características en estas algas les confieren su éxito como invasoras: plasticidad fenotípica que favorece su persistencia en ambientes de alta y baja energía, reproducción asexual por fragmentación que incrementa las probabilidades para su dispersión, adaptaciones fisiológicas que les permiten la coalescencia y fijación posterior a un sustrato y características químicas y morfológicas que reducen sus consumo por parte de los herbívoros.

La presencia de *K. alvarezii* en varias localidades de la costa nororiental de Venezuela confirma su adaptación a las condiciones ambientales locales y su dispersión en áreas alejadas a los sitios de cultivo, por lo que se recomienda estudiar los posibles impactos que pudiera generar esta especie introducida.

AGRADECIMIENTO

Gracias al Ministerio del Ambiente, Dirección Estatal Ambiental de los estados Sucre y Nueva Esparta, y a los Comandos Costeros de la Guardia Nacional de Sucre y Nueva Esparta, por facilitar la logística y transporte a los lugares de estudio.

REFERENCIAS

- APONTE, M. 1985. *Evaluación taxonómica de las algas marinas de la costa noreste de la Isla de Margarita*. Trab. Grad. M.Sc. Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná. Venezuela. 381 pp.
- BARRIOS, J. 1999. La introducción de *Euclidean denticulatum* y *Kappaphycus alvarezii* (Gigartinales, Rhodophyta) en Venezuela. Una revisión crítica. *Fontus* 4: 135-153.
- DAWES, C. J., A. O. LLUISMA, & G. C. TRONO. 1994. Laboratory field growth of commercial strains of *Euclidean denticulatum* and *Kappaphycus alvarezii* in the Philippines. *J. Appl. Phycol.* 6(1): 21-24.
- DOTY, M. S. 1986. *The production and use of Euclidean*. In: Doty, M.S., Caddy, J. F. and Santelices, B. (Eds.). *Case Studies of Seven Commercial Seaweed Resources*. FAO Fish, Technical Paper 281, Rome, pp. 123-61.
- GLENN, E. P. & M. S. DOTY. 1990. Growth of the seaweeds *Kappaphycus alvarezii*, *Kappaphycus striatum* and *Euclidean denticulatum* as affected by environment in Hawaii. *Aquaculture* 84: 245-255.
- GOSNER, K. L. 1971. *Guide to identification of marine and estuarine invertebrates: Cape Hatteras to the bay of Fundy*. John Wiley & Sons, Inc. N. Y. USA. 693 pp.
- HURTADO-PONCE, A. Q. 1992. Cage culture of *Kappaphycus alvarezii* var. *tambalang* (Gigartinales, Rhodophyceae). *J. Applied Phycol.* 4: 311-313.
- JOLY, A. B. 1967. *Géneros de algas marinhas da costa atlántica latino-americana*. Edit. Universidad de São Paulo, Brasil. 461 pp.
- LUXTON, D. M., M. ROBERTSON, & M. J. KINDLEY. 1987. Farming of *Euclidean* in the South Pacific islands of Fiji. *Hydrobiologia* 151-152: 359-362.
- MAZA, Y. J. 2000. *Taxonomía de las algas bentónicas de "El Rincón de Araya", Península de Araya, Estado Sucre, Venezuela*. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 153 pp.
- PENAFLOREDA, V. D. & N. V. GOLEZ. 1996. Use of seaweed meals from *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria heteroclada* as binders in diets for juvenile shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 143(3-4): 393-401.
- RAMÍREZ, M.A. 1995. *Recolección y colecciones científicas de macroalgas marinas*. En: K. Alveal, M. E. Ferrario, E. C. Oliveira y E. Sar (Eds). *Manual de Métodos Ficológicos*. Universidad de Concepción. Chile. pp. 417-428.
- REVIERS, B. 1989. Realization d'une ferme de culture industrielle de *Euclidean* aux Maldivas. *Oceanogr. Doc. Oceanogr.* 15(5): 749-752.
- RINCONES, R. E. & J. N. RUBIO. 1999. Introduction and commercial cultivation of the red alga *Euclidean* in Venezuela for the production of phycocolloids. *World Aquac.* 30(2): 57-61.
- RODGERS, S. K. 1997. Oahu's invasive algae. *Aliens*. 6: 10.

- _____, & E. F., COX. 1999. Rate of spread of introduced Rhodophytes *Kappaphycus alvarezii*, *Kappaphycus striatum*, and *Gracilaria salicornia* and their current distributions in Kane'ohe Bay, O'ahu, Hawaii. *Pac. Sci.* 53(3): 232-241.
- RUSSEL, D. J. 1983. Ecology of the imported red seaweed *Eucheuma striatum* Schmitz on Coconut Island, Oahu, Hawaii. *Pac. Sci.* 27: 87-107.
- SERPA-MADRIGAL, A., A. J. ARECES, M. CANO & G. BUSTAMANTE. 1997. Depredación sobre las carragenofitas comerciales *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty y *Kappaphycus striatum* (Schmitz) Doty (Rhodophyta, Gigartinales) introducidas en Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 18(1): 65-69.
- TAYLOR, W. R. 1960. *Marine algae of the eastern tropical and subtropical coast of the Americas*. Lord Baltimore Press, INC., University of Michigan, USA. 870 pp.
- TRONO, G. C. 1993. *Eucheuma and Kappaphycus: Taxonomy and cultivation*. In: Masao O. and A.T. Critchley (Eds). Seaweed cultivation and marine ranching. Capitulo 8, JICA, Japan. pp. 75-88.
- VÁSQUEZ, G. 2001. *Informe de Inspección GV-01-2-2001*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Dirección Estatal Ambiental, Nueva Esparta, Venezuela. 3 pp.
- WOO, M., C. SMITH & W. SMITH. 1999. *Ecological interactions and impacts of invasive Kappaphycus spp., in Kane'Ohe Bay, a tropical reef*. En: J. Pederson (Ed.). Proc. of the First National Conference on Marine Bioinvaders, January 24-27, 1999. MIT Sea Grant College Program. Cambridge, USA. pp. 186-192.

RECIBIDO: julio 2005

ACEPTADO: septiembre de 2005