



PROPAGACIÓN DEL ALGA VERDE *CAULERPA SERTULARIOIDES* EN EL PACÍFICO DE COSTA RICA

CINDY FERNÁNDEZ GARCÍA *

JORGE CORTÉS NÚÑEZ *

Resumen

Muestreos recientes en el Pacífico de Costa Rica han revelado la propagación del alga verde *C. sertularioides* en dos localidades. Desde el 2003 se ha observado permanentemente en Bahía Culebra, Pacífico Norte y desde el 2006 en la Reserva Biológica Isla del Caño, Pacífico Sur. En ambas localidades el alga ha logrado colonizar varios sitios donde los parches han llegado a ser muy densos y extensos. La causa de la permanencia de esta alga es el enriquecimiento por nutrimentos que llegan vía escorrentía de aguas, sobre todo en época lluviosa. En general, la propagación de esta alga da como resultado una alteración en la dinámica y composición del ecosistema marino. Según estu-

dios, el alga afecta las tasas de crecimiento de los corales debido a la abrasión de las frondas, el sobrecrecimiento y la acumulación de sedimentos que ahogan los corales. Las investigaciones hechas en estas zonas muestran que estos arrecifes poseen altos valores de diversidad y/o son estructuras importantes, bien desarrolladas y son únicos en el Pacífico Tropical Este, por lo que es necesario iniciar un plan de protección de los ambientes coralinos, especialmente con respecto a las actividades de turismo y el vertimiento de aguas cargadas de nutrimentos.

Palabras clave

• Alteración arrecifal • Chlorophyta • Pacífico Este • Reproducción asexual.

Abstract

Recent samplings along the Pacific coast of Costa Rica have revealed the spreading of the green alga *C. sertularioides* in two localities. Since 2003 it has been observed permanently in Culebra Bay, North Pacific,

and since 2006 in the Biological Reserve Isla del Caño, South Pacific. In both localities the alga has colonized many substrates where the patches have come very dense and extensive. The cause of the spreading of this alga seems to be the enrichment of waters by nutriments mainly in the rainy season. In general, the spreading of this alga results in an alteration of the dynamics and composition of the marine ecosystem. According to studies the alga affects the growth rates of the corals due to the abrasion of the fronds, overgrowing and accumulation of sediments that drowns the corals. Investigations in these zones show that these reefs have high diversity, well developed structures and they are unique in the Eastern Tropical Pacific, for which is necessary to initiate a plan of protection of the coral environments, especially from the tourism activities and nutrient enrichment of water.

Key words

• Reef alteration • Chlorophyta • Eastern Pacific • Asexual reproduction.

* Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica y Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR). Universidad de Costa Rica. San Pedro, 11501-2060 San José, Costa Rica. cindy@biologia.ucr.ac.cr/ jorge.cortes@ucr.ac.cr

Recibido: 11/12/08

Aceptado: 12/01/09



El género *Caulerpa* (*caulos* =tallo, *erpo*=rastrero) (Bryopsidales, Caulerpaceae, Chlorophyta) se caracteriza por poseer un estolón rastrero en forma de tubo, del cual salen ramificaciones (frondas) que tienen diversas formas según las diferentes especies. Los estolones se adhieren por medio de rizoides al sustrato, el cual puede ser arenoso, fangoso o rocoso (Taylor 1967, Van den Hoek *et ál.*, 1998).

Todas las especies de este género se desarrollan en ambientes marinos y se encuentran en aguas templadas, aunque están más ampliamente distribuidas en aguas tropicales.

Muchas de las especies del género *Caulerpa* son arrecifales, por tanto, están expuestas a un daño considerable por herbivoría. Como mecanismo de

defensa contra herbívoros, en el contenido celular se encuentran metabolitos llamados caulerpinas y caulerpicinas, que pueden alcanzar una alta toxicidad.

La reproducción de *Caulerpa* es principalmente asexual, por fragmentación (se forma un talo nuevo cuando se corta una fronda o una sección del talo), por lo que estos organismos pueden propagarse de forma clonal con gran facilidad (Collado-Vides y Robledo, 1999). De las 84 especies de *Caulerpa* reportadas por Guiry y Nic Dhonncha (2008), 4 especies están presentes en el Pacífico de Costa Rica: *C. racemosa*, *C. racemosa var peltata*, *C. serrulata*, *C. sertularioides* (Fernández y Alvarado, en prensa).

Caulerpa sertularioides es una alga verde que se caracteriza por sus frondas en forma de pluma, ocasio-

nalmente ramificadas, con pínulas cilíndricas de forma puntiaguda (Figura 1), puede llegar a medir hasta 20 cm de altura y 1-2 cm de ancho. Es común observarla formando parches en áreas someras con una amplia distribución tropical y subtropical en todos los océanos (Schnetler y Bula-Meyer, 1982 y Littler, 2000). La capacidad fisiológica de *C. sertularioides* de resistir alta radiación solar sin desecarse, hace que los talos puedan permanecer flotando varios días hasta llegar a un sitio donde logran adherirse y colonizar un sustrato (Benzie *et ál.*, 2000). Una vez asentados los talos, se pueden propagar fácilmente, ya que *Caulerpa* es un género con crecimiento rápido y eficiente (Collado-Vides y Robledo, 1999).

En general, las poblaciones de *C. sertularioides* presentan propagaciones efíme-



FIGURA 1
Caulerpa sertularioides sobre el coral cirio (*Pocillopora elegans*).
 Fotografía de los autores.

ras, como ocurrió en la Isla Uva, en Panamá, donde esta se expandió por el sustrato marino durante un periodo de un año y produjo 100% de mortalidad del coral *Psammocora stellata* por sobrecrecimiento y desplazamiento de otras especies de algas (Bezy *et ál.*, 2006).

Desde el 2003, se ha observado una propagación permanente del alga verde *C. sertularioides* en Bahía Culebra, Pacífico Norte (Figura 2, Fernández y Cortés 2005; Bezy *et ál.*, 2006; Fernández, 2007). Esta se desarrolla principalmente desde la línea intermareal, en pozas entremareas, donde en marea baja llega

el rocío de las olas hasta profundidades de 20 m. Se observa en extensiones continuas que han colonizado gran cantidad de sustratos incluyendo rocas, arena, corales vivos y muertos. En algunas zonas, entre 3 m y 6 m de profundidad alcanza la mayor cobertura en el sustrato que puede llegar casi a 100%, con densidades de hasta 108 frondas por cada 10 cm². Después de los 12 m a 15 m de profundidad, la densidad y cobertura del alga cae a estolones aislados y poco densos en frondas.

Esta alga se propaga principalmente por reproducción asexual por cortes de frondas y estolones que constantemente se observan flotando en las aguas de la bahía. La propagación es muy acelerada ya que el estolón se alarga rápidamente, con un crecimiento promedio del estolón,



medido *in situ*, de $11,7 \pm 6,2$ cm/mes, un crecimiento mínimo de 1,4 cm/mes y un crecimiento máximo de 31,2 cm/mes.

La causa de la permanencia de esta alga en la bahía es el enriquecimiento por nutrientes que provienen del aporte de materia orgánica y nutrimentos que entran a la bahía vía escorrentía de aguas y a través del Estero Iganita, sobre todo en época lluviosa. Además, en Bahía Culebra, la dirección de las corrientes potencialmente puede transportar las aguas residuales ricas en nutrimentos de una zona a otra y la difusión ocurre por distancias y períodos de tiempo considerables (Jiménez, 1998). Esto es importante si se toma en cuenta que la infraestructura de la zona no tiene plantas para el tratamiento de aguas (Jiménez, 1998).

Las aguas tratadas y utilizadas para la irrigación pueden filtrarse por el suelo y llegar al mar, como se ha observado en otros ambientes y se ha demostrado que las aguas cargadas de nutrimentos son un factor responsable del crecimiento de macroalgas.

En general, la propagación de *C. sertularioides* da como resultado una alteración en la dinámica y composición del ecosistema, notándose en cambios de la abundancia de especies bénticas, donde hay especies que se ven disminuidas por eliminación de sus hábitats, depredación o competencia o, al contrario, son favorecidas. Principalmente, *C. sertularioides* está afectando el crecimiento y desarrollo de los corales de la bahía, según estudios el alga afecta las tasas de crecimiento de los corales debido a

la abrasión de las frondas, el sobrecrecimiento y la acumulación de sedimentos que ahoga los corales (Fernández, 2007).

Asimismo, recientemente en la Reserva Biológica Isla del Caño, Pacífico Sur, se ha notado una propagación semejante a la que ocurre en Bahía Culebra. Según observaciones anteriores, esta alga no se había informado para la isla, sin embargo aún no se ha podido determinar su origen. Los parches del alga se observan principalmente en el lado este de la isla (Figura 2) y se ha estimado que el parche alcanza más de una hectárea, con 61% de cobertura y con una densidad de frondas de 48 frondas/10 cm². Los ambientes marinos de esta isla tienen gran importancia ecológica por su desarrollo arrecifal, y económica por la explotación de los recur-



tos turísticos, de los cuales se benefician las comunidades aledañas. Por lo que es muy importante alertar

a los usuarios de los recursos marinos, especialmente al sector turismo, para que conozcan la problemática con respecto a posibles

repercusiones y cambios de comportamiento que tienen que adoptar para disminuir

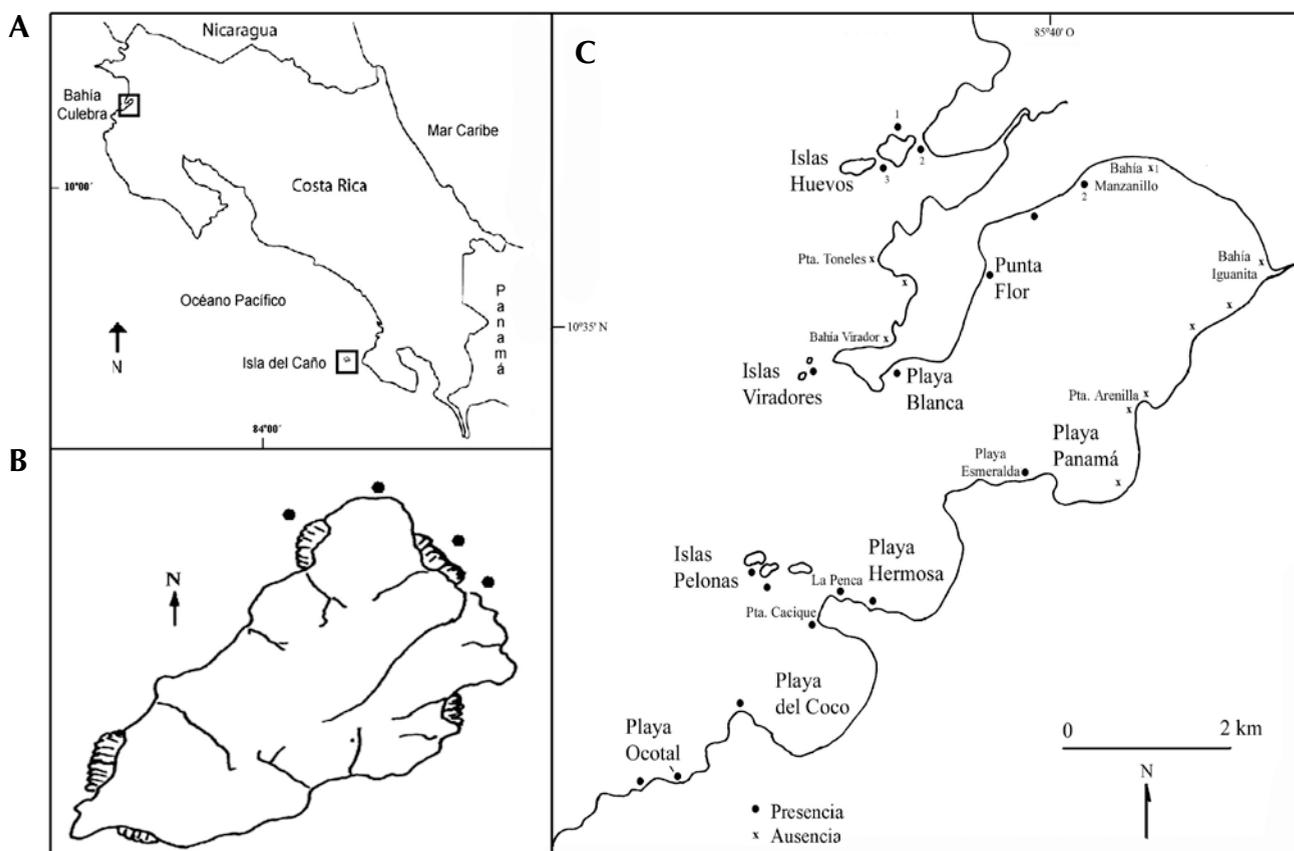


FIGURA 2

Localización de los sitios con propagaciones de *Caulerpa sertularioides*. A. Mapa de Costa Rica con la ubicación de Bahía Culebra e Isla del Caño, B. Reserva Biológica Isla del Caño, Pacífico Sur, C. Bahía Culebra, Pacífico Norte. Los puntos indican sitios con presencia del alga.



los impactos y distribución del alga en otros lugares.

En ambas localidades mencionadas, el alga ha logrado colonizar varios sitios donde los parches han llegado a ser muy densos y extensos (Figura 3). Los ecosistemas tienen el potencial para recuperarse de desequilibrios naturales, sin embargo, su recuperación puede ser crítica cuando hay factores humanos que causan su degradación, como por ejemplo la sobrepesca, la eutroficación, la sedimentación, y la escorrentía de nutrientes por el mal uso de la tierra contigua al ambiente marino, entre otros (McCook, 1999; McCook *et ál.*, 2001).

Al darse un cambio en la composición física y biológica de los arrecifes por efectos humanos o natu-

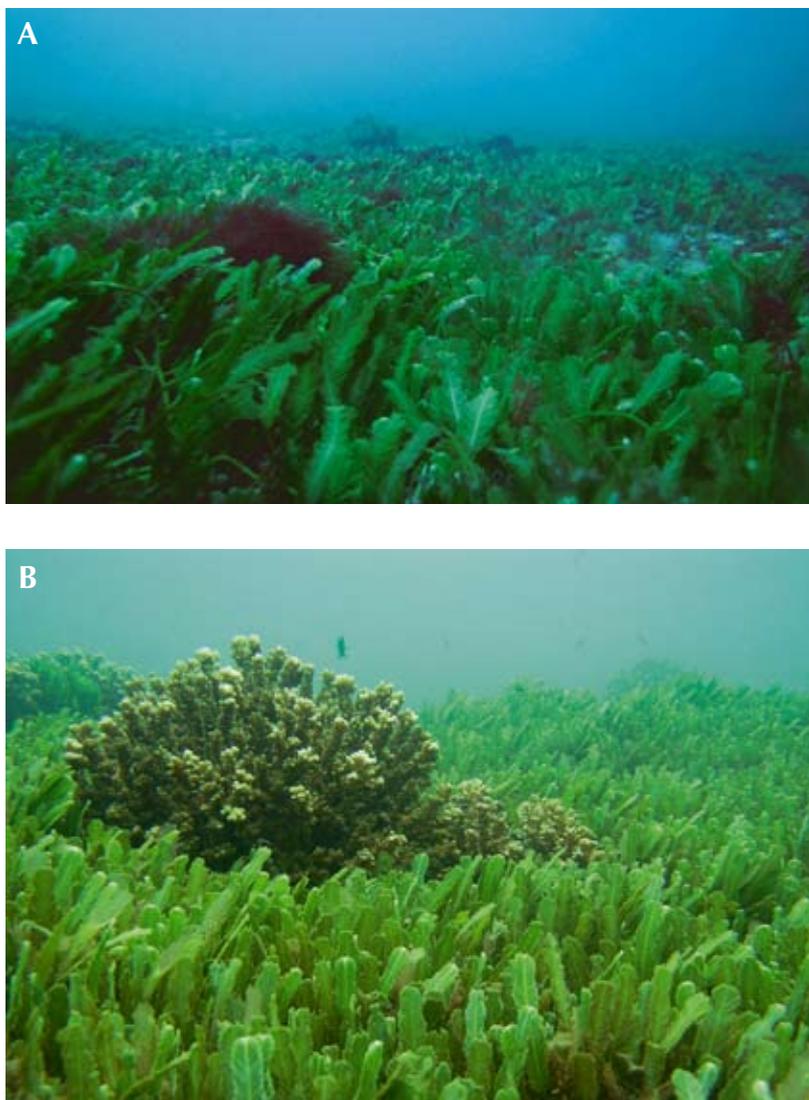


FIGURA 3
Propagación de *Caulerpa sertularioides*. A. Reserva Biológica Isla del Caño, B. Bahía Culebra, Golfo de Papagayo.
Fotografía de los autores.



rales, los parches del alga se han adaptado y permanecido con el tiempo. En muchos arrecifes, a nivel mundial, la pesca de peces herbívoros y la eutroficación de las aguas por actividades en tierra han causado cambios ecológicos en la dominancia de los corales hacia las algas (Hughes *et ál.*, 2003). Esto aunado al cambio climático global son agentes que provocan cambios en la dominancia de los corales sobre las algas, alterando la dinámica de los ecosistemas arrecifales (Hoegh-Guldberg *et ál.*, 2007).

Para los operadores de turismo de ambos sitios, el alga ha afectado la diversidad de peces que es lo que buscan como atractivo los turistas de buceo. En muchos casos los operadores de buceo no llevan turistas a estos sitios ya que no llaman la

atención y alegan que estos ambientes con *C. sertularioides* son muy monótonos. La mayoría de los usuarios acepta que se ha dado corte de frondas por las anclas de sus embarcaciones y han observado turistas inexpertos cortando trozos del alga con sus aletas. Esto favorece la dispersión del alga, ya que los fragmentos pueden recrecer y formar un talo nuevo. Una vez que el alga ha colonizado un sustrato nuevo, esta expande su estolón y el número de frondas, que fluctúa según las condiciones ambientales de cada mes (Fernández, 2007).

Recomendaciones

Los ambientes arrecifales de Bahía Culebra y de la Reserva Biológica Isla del Caño son económica y ecológicamente muy importantes para Costa Rica.

Dentro de estos sitios se pueden encontrar áreas arrecifales descritas, ya sea como estructuras de arrecifes coralinos, comunidades coralinas en basalto o comunidades coralinas en arena. Las investigaciones hechas en estas zonas muestran que estos arrecifes poseen altos valores de diversidad y/o son estructuras importantes, bien desarrolladas y muchas son únicas en el Pacífico Tropical Este.

De acuerdo con estas consideraciones, es necesario iniciar un plan de protección de los ambientes coralinos de estos sitios, especialmente centrado en las actividades de turismo y el vertimiento de aguas residuales. La protección efectiva de estas zonas implica controlar las posibles fuentes de contaminantes que se encuentren en zonas vecinas y que por



el transporte de las corrientes pueden afectar los ambientes dentro del área. Específicamente, el control de la calidad de las aguas que por escorrentía superficial debe ser monitoreado, ya que los enriquecimientos por materia orgánica y fertilizantes pueden alterar la composición y abundancia de los organismos de todo el ecosistema.

Asimismo se recomienda:

1. Realizar una campaña divulgativa y de Educación Ambiental dirigida a los operadores de turismo, pescadores y turistas, para hacer conciencia sobre la problemática y sensibilizarlos a no desprender trozos del alga con las manos o las aletas y asegurarse de no extraer trozos del alga con el ancla.
2. Limitar o cerrar la entrada de buzos a sitios donde la cobertura del alga en el sustrato es alta, tal es el caso de Islas Pelonas, Punta Cacique, Playa Blanca, Islas Huevos, playa La Penca y Ocotál, en la zona de Bahía Culebra.
3. Elaborar un reglamento de actividades responsables junto con los operadores de turismo, mediante el cual se vigile el impacto de las anclas y las actividades de buceo y se establezcan medidas de control para evitar la propagación.
4. Exigir plantas de tratamiento de desechos orgánicos en los hoteles y las comunidades aledañas a los sitios, para controlar y evitar el ingreso de nutrientes que favorecen el crecimiento de *C. sertularioides*.
5. Es importante continuar con los monitoreos de nutrientes en las zonas de construcción y de riego de zonas verdes para determinar posibles vertimientos de estos en el agua y así revertir la causa de la descarga de nutrientes, además esto facilitará la distinción entre disturbios naturales y antropogénicos.
6. Proteger y monitorear los sitios donde actualmente no se presenta el crecimiento del alga o se encuentra en baja cobertura, pero tiene el potencial de incrementarse. Así como sitios aledaños a Bahía Culebra e Isla del Caño y posibles zonas donde se transportan los operadores de turismo fuera del Pacífico Norte y Sur.



Referencias

- BENZIE, J.A.H., E. BALLMENT, J.R.M. CHISHOLM & J.M. JAUBERT. 2000. Genetic variation in the green alga *Caulerpa taxifolia*. *Aquatic Botany*, 66: 131-139.
- BEZY, M.B., C. JIMÉNEZ, J. CORTÉS, A. SEGURA, A. LEÓN, J.J. ALVARADO, C. GULLÉN & E. MEJÍA. 2006. Contrasting *Psammocora* dominated coral communities in Costa Rica, Tropical Eastern Pacific. *Proc. 10th Int. Coral Reef Symp. Okinawa*: 376-381.
- COLLADO-VIDES, L. & D. ROBLEDO. 1999. Morphology and photosynthesis of *Caulerpa* (Chlorophyta) in relation to growth form. *Journal of Phycology*, 35: 325-330.
- FERNÁNDEZ, C. & J. ALVARADO (en prensa). Chlorophyta de la costa pacífica de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*.
- FERNÁNDEZ, C. & J. CORTÉS. 2005. *Caulerpa sertularioides*, a green alga spreading aggressively over coral reef communities in Culebra Bay, North Pacific of Costa Rica. *Coral Reefs, Reef Site*, 24:10.
- FERNÁNDEZ, C. 2007. Propagación del alga *Caulerpa sertularioides* en Bahía Culebra Golfo de Papagayo. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. San Pedro, Costa Rica.
- GUIRY, M.D. & E. NIC DHONNCHA. 2006. *Algae Base* versión 2.1., Worldwide electronic publication. Universidad Nacional Irlanda, Galway. Revisado el 1 de Julio de 2008 de: <http://www.algaebase.org>.
- HOEGH-GULDBERG, O., P.J. MUMBY, A.J. HOOTEN, R.S. STENECK, P. GREENFIELD, E. GOMEZ, C.D. HARVELL, P.F. SALE, A.J. EDWARDS, K. CALDEIRA, N. KNOWLTON, C.M. EAKIN, R. IGLESIAS-PRIETO, N. MUTHINGA, R.H. BRDABURY, A. DUBI & M.E. HATZIOLOS. 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 318: 1737-1742.
- HOWE, M.A. 1905. Psychological studies - II. New Chlorophyceae, new Rhodophyceae and miscellaneous notes. *Bull. Torrey Bot. Club*, 32: 563-586.
- HUGHES, T.P., A.H. BAIRD, D.R. BELLWOOD, M. CARD, S.R. CONNOLLY, C. FOLKE, R. GROSBERG, O. HOEGH-GULDBERG, J.B. JACCKSON, J. KLEYPAS, J.M. LOUGH, P. MARSHALL, M. NYSTRÖM, S.R. PALUMBI, J.M. PANDOLFI, B. ROSEN, J. ROUGHGARDEN. 2003. Climate change, human impacts and the resilience of coral reefs. *Science*, 301: 929- 933.
- JIMÉNEZ, C.E. 1998. Arrecifes y comunidades coralinas de Bahía Culebra. Pacífico Norte de Costa Rica (Golfo de Papagayo). Tesis Maestría, Univ. Costa Rica. San José, Costa Rica. 218 p.



LITTLER, D.S. & M.M. LITTLER. 2000. Caribbean reef plants. Offshore Graphics, Washington, DC. 541 p.

MCCOOK, L.J. 1999. Macroalgae, nutrients and phase shifts on coral reefs: scientific issues and management consequences for the Great Barrier Reefs. *Coral Reefs*, 18: 357-367.

MCCOOK, L.J, J. JOMPA & G. DÍAZ-PULIDO. 2001. Competition between corals and algae on coral reefs: a review of evidence and mechanisms. *Coral Reefs*, 19: 400-417.

SCHNETTER, R. & G. BULAMEYER. 1982. *Algas marinas del litoral pacífico de Colombia*. Gantner Verlag, Alemania. 287 p.

TAYLOR, R. 1967. A *Caulerpa* newly recorded for the West Indies. *Le Botaniste*, 467-471.

VAN DEN HOEK, C., D.G. MANN & H.M. JAHNS. 1998. *Algae: An Introduction to Psychology*. Cambridge Univ. Press, United Kingdom. 627 p.