

Floración de *Trichodesmium erythraeum* en la región costera tropical de Brasil

Trichodesmium erythraeum bloom on the tropical coastal region of Brazil

Helen Michelle de J. Affe^{1,2}, Taiara A. Caires^{2,3}, Eduardo M. da Silva¹ y José Marcos de C. Nunes^{1,3}

¹Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, 40170-115, Salvador, Bahia, Brasil. helenmaffe@gmail.com

²Laboratório de Algas Marinhas, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil

³Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas, 44031-460, Feira de Santana, Bahia, Brasil

Abstract. A bloom of *Trichodesmium erythraeum* with average densities of 3.5×10^6 trichomes L^{-1} was recorded in February 2014, in an extensive range of beaches on the northern coast of Bahia, Brazil. High water temperatures and rainfall, associated with wind frequency and intensity may have triggered the bloom, which led to a strong odor and change in the color of the water, it obliged the authorities to shut down the affected beaches. These blooms negatively affected tourism and fishing, the main economic activities in the region, highlighting the importance of monitoring these events in the area.

Key words: Cyanobacteria, bloom, harmful species, Brazil beaches

INTRODUCCIÓN

Las cianobacterias del género *Trichodesmium* son organismos capaces de fijar el nitrógeno atmosférico (N_2) convirtiéndolo en amonio (NH_4^+), contribuyendo significativamente a los ciclos del nitrógeno en los océanos (Capone *et al.* 1997).

Descrito por Ehrenberg (1830), el género se caracteriza por presentar hábito planctónico, con tricomas sin vaina, formando fascículos con arreglos paralelos o con disposición radial. Los tricomas son cilíndricos levemente aplanados, formados por células isodiamétricas o ligeramente más largas que anchas, con aerótopos irregularmente distribuidos y células apicales redondeadas o ligeramente capitadas (Komárek & Anagnostides 2005). La ocurrencia de *Trichodesmium* es común en el Atlántico Norte (0° y $15^\circ N$), donde la gran disponibilidad de hierro, nutriente de carácter limitante para las cianobacterias, propicia su desarrollo (Tyrril *et al.* 2003).

Disperso a lo largo de la costa brasileña por la Corriente de Brasil y ocurriendo, típicamente en aguas cálidas y calmadas, *Trichodesmium* es capaz de sobrevivir, incluso en condiciones abióticas relativamente inhóspitas, debido a su capacidad de fijación del nitrógeno y de llevar a cabo la fotosíntesis bajo una alta intensidad luminosa (Siqueira *et al.* 2006), contribuyendo significativamente a la producción primaria de las regiones oceánicas oligotróficas (Capone *et al.* 1997).

El primer registro de *Trichodesmium* en la costa del Brasil fue realizado por Darwin (1845), con la descripción de una floración en el litoral del Estado de Bahia. A partir de esta

reseña, se han realizado diversos reportes de floraciones del género en la costa brasileña: Rio Grande do Norte (Chellappa *et al.* 2005), Pernambuco (Satô *et al.* 1966), Bahia (Proença *et al.* 2009), São Paulo (Carvalho *et al.* 2008, Ganesella-Galvão *et al.* 1995), Paraná (Siqueira *et al.* 2006) y Santa Catarina (Rörig *et al.* 1998).

Las floraciones de *Trichodesmium* se caracterizan por presentar extensas manchas de diferentes tonos, con diversas formas y tamaños, que van desde pocos metros hasta varios kilómetros de largo, pudiéndose observar en las imágenes de satélite (Proença *et al.* 2009). Estas proliferaciones de *Trichodesmium* pueden afectar las zonas turísticas debido a alteraciones estéticas del agua (color y olor), comprometiendo sus usos en virtud de la descomposición celular.

El objetivo del presente trabajo fue describir el registro de una floración de *Trichodesmium* en la costa brasileña, que se presentó en el Litoral Norte de Bahia, causando la prohibición de uso de algunas playas de la región durante 5 días en febrero 2014, destacando sus posibles impactos en el sistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se observó una mancha de tono marrón y olor intenso en varias playas en el Municipio de Camaçari ($12^\circ 82' 66'' S$ y $38^\circ 22' 27'' W$) (Fig. 1). El muestreo se llevó a cabo en 2 momentos de la floración, la primera el 15 de febrero de 2014 y la segunda después de un intervalo de 3 días. Fueron

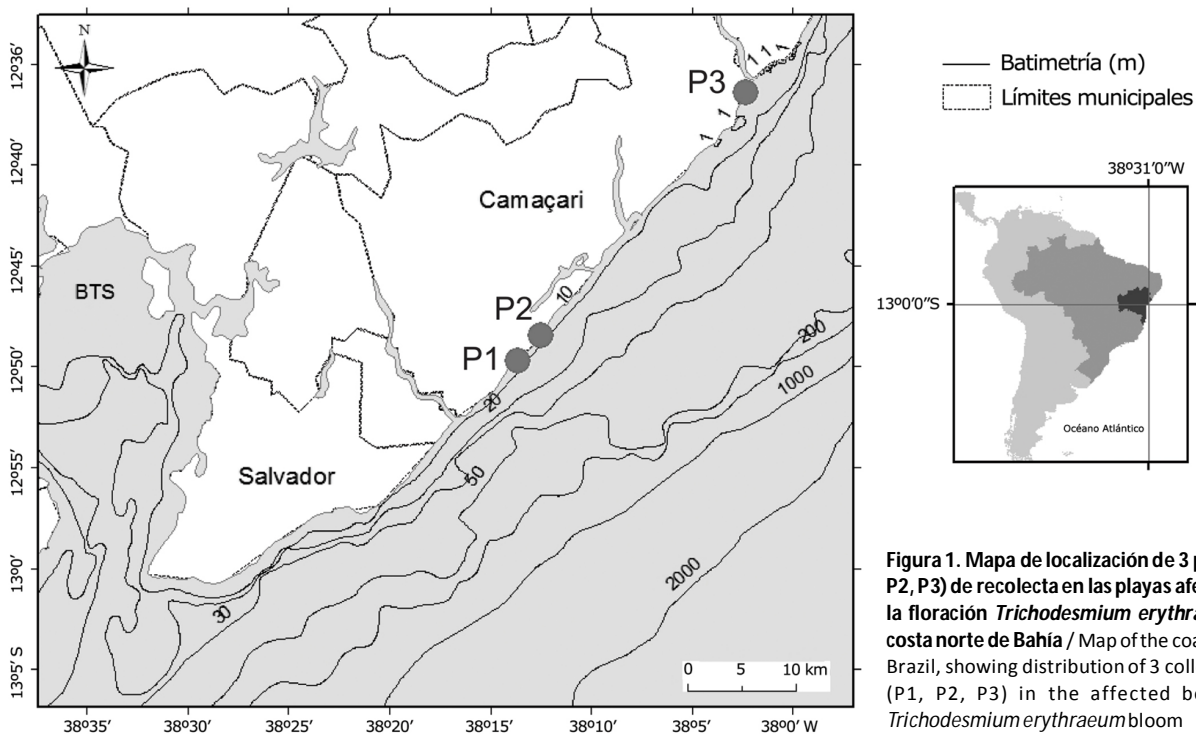


Figura 1. Mapa de localización de 3 puntos (P1, P2, P3) de recolección en las playas afectadas por la floración *Trichodesmium erythraeum* en la costa norte de Bahía / Map of the coast of Bahia, Brazil, showing distribution of 3 collecting sites (P1, P2, P3) in the affected beaches by *Trichodesmium erythraeum* bloom

recolectadas muestras (1500 mL) de agua, en la superficie usando botellas de plástico, en 3 sitios diferentes afectados por la floración. La temperatura y la salinidad del agua fueron medidas *in situ*, utilizando un termómetro (Incoterm®) y un refractómetro (Biobrix® mod. 211), respectivamente.

Análisis de la concentración de nutrientes inorgánicos disueltos (nitrito, nitrato, amonio, fosfato y silicato) fueron realizadas utilizando kits específicos (Spectrokit-Alfakit®), seguido por una lectura espectrofotométrica (Kasuki®). Las concentraciones finales fueron calculados de acuerdo con Grasshoff *et al.* (1983).

Una alícuota (500 mL) de la muestra se mantuvo sin fijadores y otra (1 L) fue fijada con solución de formaldehído al 4% para la identificación de las especies implicadas y los análisis cuantitativos.

Para la identificación taxonómica, realizada de acuerdo con Komárek & Anagnostidis (2005), se realizaron microfotografías con la ayuda del programa de captura de imagen (QCapture Pro) y una cámara digital (QImaging GO-3) acoplada al microscopio Olympus® trinocular CX31RTS5.

La densidad celular fue determinada contando el número medio de filamentos en base a 30 fascículos/muestra, y el

número de células en 30 filamentos, de acuerdo con el método Utermöhl (1958), utilizando cámaras de sedimentación de 2 mL en un microscopio invertido (Motic® E2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Basado en las características morfológicas de las células observadas, tanto en el material vivo y como en el fijado, se identificó la especie *Trichodesmium erythraeum* (Fig. 2). Las células tienen 9,3-12,1 μm de ancho y 4,1-5,4 μm de longitud, similar a los valores reportados por Komárek & Anagnostidis (2005) para esta especie.

Las densidades registradas en las 3 muestras fijadas fueron de $3,3 \times 10^6$ tricomas L^{-1} ($\pm 2 \times 10^6$ tricomas L^{-1}); $2,4 \times 10^6$ tricomas L^{-1} ($\pm 1,3 \times 10^5$ tricomas L^{-1}) y $4,8 \times 10^6$ tricomas L^{-1} ($\pm 2,7 \times 10^5$ tricomas L^{-1}), inferiores a las registradas, por ejemplo ($113,2 \times 10^6$ tricomas L^{-1}) en la plataforma continental de Santos/São Paulo (Carvalho *et al.* 2008). Sin embargo, los valores observados en este estudio fueron más altos que en las zonas oceánicas de la costa del estado de Pernambuco, donde Medeiros *et al.* (1999) reportaron densidades de 3×10^4 tricomas L^{-1} . En términos de número de células, las densidades de este estudio ($7,2 \times 10^7$ a $1,5 \times 10^8$ células L^{-1}) fueron superiores a los registrados en la plataforma adyacente a la

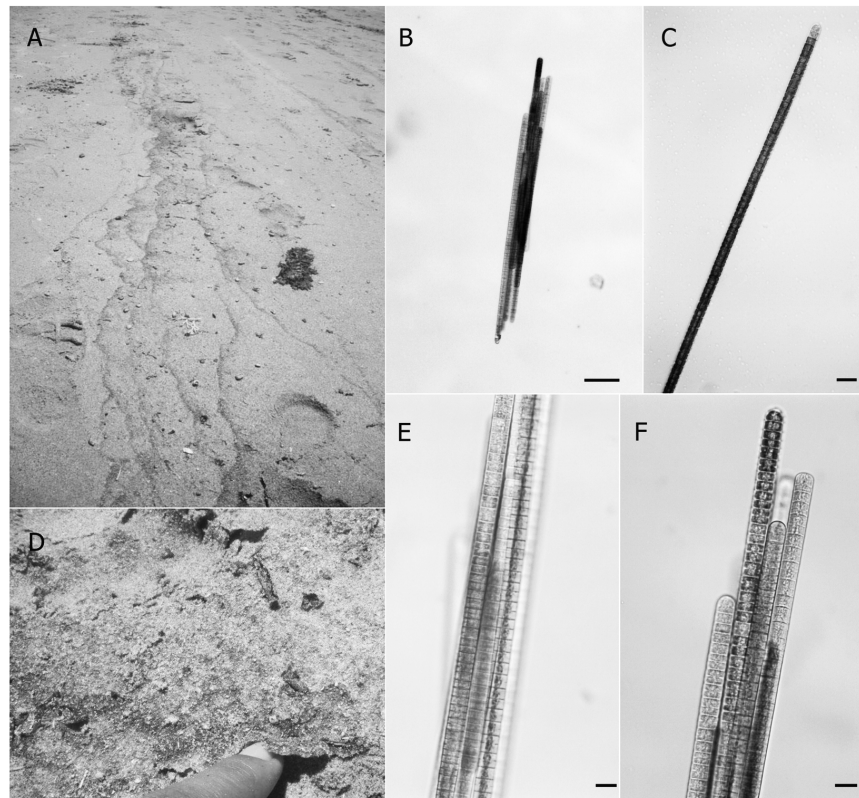


Figura 2. *Trichodesmium erythraeum*. A) Fascículos acumulados en la arena. B) Aspecto general del fascículo. C) Tricoma libre. D) Detalle de los fascículos en la arena. E) Fascículo. F) Porciones apicales de los tricomas. Barra: 20 μm / *Trichodesmium erythraeum*. A) Fascicles accumulation in the sand. B) General aspect of the fascicle. C) Solitary trichome. D) Detail of accumulated fascicles in the sand. E) Detail of fascicle. F) Apical portions of trichomes. Bars= 20 μm

Bahía de Camamu, región situada en el sur de Bahia (8,32 x 10⁶ a 577,20 x 10⁶ células L⁻¹) (Proença *et al.* 2009). Estas son las 3 últimas floraciones de *Trichodesmium erythraeum* registradas en la costa brasileña, antes del incidente en la costa de Camaçari en el norte de Bahia.

En el primer muestreo, y cuando se detectaron las densidades más altas, se observó que las células mostraron un claro estado de degradación, aspecto común en la senescencia de la floración (Fig. 3). En el segundo muestreo se observó la presencia de muchos tricomas libres y densidad media de 3 x 10³ tricomas L⁻¹, lo que indicaba el final de la floración.

Las floraciones de *Trichodesmium* en las regiones costeras están asociadas con periodos cálidos y posteriores a las lluvias, como ocurrió en febrero 2014 en el litoral bahiano, cuando la salinidad fue de 35 y la temperatura de 30°C. Estos valores obtenidos corroboran las condiciones abióticas discutidas por Satô *et al.* (1966) y Capone *et al.* (1997) para la proliferación de estos organismos.

A través del análisis de los nutrientes inorgánicos disueltos, recolectadas en el primero día de muestreo, se observó que las concentraciones de amonio y nitrito estaban por debajo de 0,01 μM . Se detectaron bajas concentraciones de nitrato (1,5 μM), fosfato (0,6 μM) y silicato (0,3 μM), las concentraciones típicas de ambientes oligotróficos, donde el género *Trichodesmium* presenta una alta productividad en función de su capacidad de asimilación de nitrógeno atmosférico, en detrimento de otros organismos fitoplanctónicos (Carpenter 1983, Gallon *et al.* 1996).

En el noreste de Brasil, *Trichodesmium erythraeum* ha sido citada formando floraciones en las regiones oceánicas (Satô *et al.* 1966, Medeiros *et al.* 1999, Siqueira *et al.* 2006, Carvalho *et al.* 2008, Proença *et al.* 2009). Favorecidas por el mecanismo de fluctuación que determina su posicionamiento en la superficie del agua, estas floraciones son transportadas por la acción de los vientos cerca de la costa, donde pueden entrar en proceso de senescencia. La lisis celular que se produce

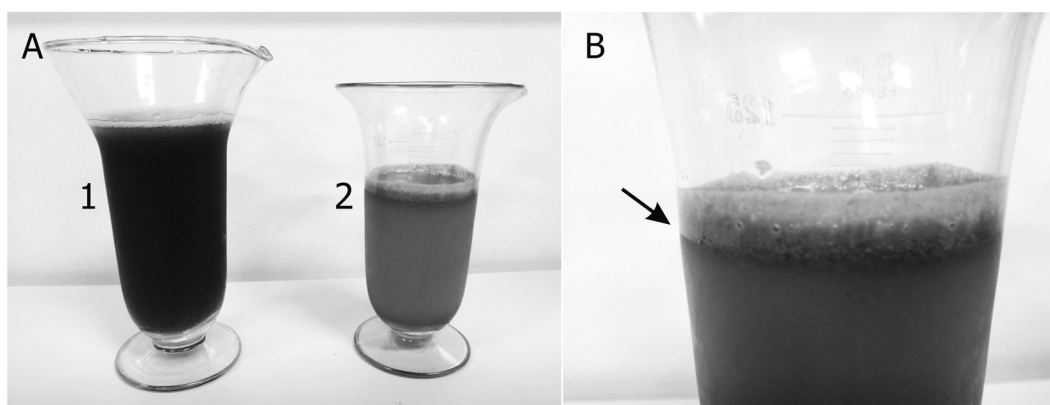


Figura 3. A) Aspecto general del agua recolectada en la playa de Interlagos (Camaçari): muestreo del 15/02/2014 punto 1 (1) y punto 2 (2). B) Detalle de la capa en suspensión de fascículos de *Trichodesmium erythraeum* / A) General aspect of water collected on the Interlagos Beach (Camaçari): water collected on 02.15.2014 point 1 (1) and point 2 (2). B) Detail of layer suspended fascicles of *Trichodesmium erythraeum*

en este momento provoca la liberación de pigmentos fotosintéticos accesorios (ficoeritrina), responsable de alterar el color del agua comúnmente observada (Rörig *et al.* 1998).

Trichodesmium erythraeum se clasifica como una especie potencialmente dañina debido a su alta producción de biomasa (Proença *et al.* 2011, Castro & Moser 2012). En general, las floraciones de esta especie no están relacionadas a importantes efectos nocivos en el ambiente, sin embargo, a medida que cambia el color del agua, por ejemplo, provocando el deterioro de la belleza escénica y las actividades recreativas del área, puede generar consecuencias negativas para la economía local, como se observa en este estudio. Algunos estudios, sin embargo, discuten el efecto nocivo de *Trichodesmium erythraeum* asociado con la producción de metabolitos de acción dermatotóxica que causan irritación en la piel y las mucosas al entrar en contacto con el aerosol marino en las regiones costeras afectadas por una floración (Satô *et al.* 1966, Rörig *et al.* 1998).

Las floraciones de *Trichodesmium erythraeum* pueden causar daños a los peces y moluscos (Negri *et al.* 2004, Bhat & Verlecar 2006), principalmente debido a condiciones anóxicas y altos niveles de amoníaco en el agua ocasionadas por la descomposición de las células al final de la floración (Suvapepun 1989). Sin embargo, en estudios con ratones no han observado ninguna actividad tóxica de la especie, mostrando que la mera presencia de una floración de *Trichodesmium erythraeum* no significa riesgo de intoxicación (Negri *et al.* 2004).

En la zona afectada por la floración en Camaçari, algunos bañistas informaron dermatitis de contacto después de entrar en el agua, además de pescadores que observaron la muerte de algunos peces en ese período. Estos hechos pueden estar asociados con posibles efectos nocivos de la floración de *Trichodesmium erythraeum*, que sirvió de base para la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes para la interdicción de las playas por un período de 5 días.

La dinámica de las floraciones de *Trichodesmium* representa un tema de interés por su rol en la facilitación para los organismos pelágicos en aguas oligotróficas tropicales, y representar la mayor fuente de nitrógeno para la cadena alimentaria, que proporciona más de la mitad del nitrógeno utilizado en la productividad primaria del fitoplancton marino (Capone *et al.* 1997, Carvalho *et al.* 2008).

Por tratarse de una zona donde el turismo y la pesca son principales actividades económicas desarrolladas, se advierte la importancia de monitorear las floraciones, incorporando en lo posible análisis específicos para la detección de dermatotoxinas y la identificación de posibles taxones tóxicos asociado con estas floraciones.

LITERATURA CITADA

- Bhat SR & XN Verlecar. 2006.** Some enigmatic aspects of marine Cyanobacterial genus, *Trichodesmium*. *Current Science* 91(1): 18-19.
- Capone DG, JP Zehr, HW Paerl, B Bergman & EJ Carpenter. 1997.** *Trichodesmium*, a globally significant marine cyanobacterium. *Science* 276(5316): 1221-1229.

- Carpenter EJ. 1983.** Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria* (*Trichodesmium*). *Marine Biology Letters* 4: 69-85.
- Carvalho M, SMF Giancesella & FMP Saldanha-Corrêa. 2008.** *Trichodesmium erythraeum* bloom on the continental shelf off Santos, Southeast Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* 56(4): 307-311.
- Castro NO & GAO Moser. 2012.** Florações de algas nocivas e seus efeitos ambientais. *Oecologia Australis* 16(2): 235-264.
- Chellappa NT, AKA Lima & T Chellappa. 2005.** Occurrence and dominance of an invasive toxin producing marine cyanobacteria into mangrove environment of the Potengi river estuary, in Natal, Rio Grande do Norte State, Brazil. *Arquivos de Ciências do Mar* 38: 19-27.
- Darwin C. 1845.** Voyage of the Beagle. The Online Literature Library. <<http://literature.org/authors/darwin-charles/the-voyage-of-the-beagle/chapter-01>>
- Ehrenberg EO. 1830.** Neue Beobachtungen über blauartige Erscheinungen in Aegypten, Arabien und Siberien, nebst einer Übersicht und Kritik der früher bekannten. *Annual Review of Physical Chemistry* 94(4): 477-514.
- Gallon JR, DA Jones & TS Page. 1996.** *Trichodesmium*, the paradoxical diazotroph. *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes* 83: 215-243.
- Giancesella-Galvão SMF, MPF Costa & MBB Kutner. 1995.** Bloom of *Oscillatoria* (*Trichodesmium*) *erythraea* (Ehr.) Kutz. in coastal waters of the Southern Atlantic. *Publicação Especial do Instituto Oceanográfico* 11: 133-140.
- Grasshoff K, M Ehrhardt & K Kremling. 1983.** Methods of seawater analysis, 419 pp. Verlag Chemie, Weinheim.
- Komárek J & K Anagnostidis. 2005.** Cyanoprokaryota 2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. In: Büdel B, L, Krienitz, G Gärtner & M Schagerl (eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, 19/2 pp. 364-369. Elsevier/Spektrum, Heidelberg.
- Medeiros C, SJ Macedo, FAN Feitosa & ML Koenig. 1999.** Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of North-East Brazilian waters. *Archive of Fishery and Marine Research* 47(2/3): 133-151.
- Negri AP, O Bunter, B Jones & L Llewellyn. 2004.** Effects of the bloom forming alga *Trichodesmium erythraeum* on the pearl oyster *Pinctada maxima*. *Aquaculture* 232(1-4): 91-102.
- Proença LAO, MS Tamanaha & RS Fonseca. 2009.** Screening the toxicity and toxin content of blooms of the Cyanobacterium *Trichodesmium erythraeum* (Ehrenberg) in Northeast Brazil. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases* 15(2): 204-215.
- Proença LAO, RS Fonseca & OP Thatiana. 2011.** Microalgas em área de cultivo do litoral de Santa Catarina, 90 pp. Rima, São Carlos.
- Rörig LR, SCP Guimarães, DO Lugli, LAO Proença, GC Manzoni & AC Marenzi. 1998.** Monitorização de microalgas planctônicas potencialmente tóxicas na área de maricultura da Enseada de Armação de Itapocoroy, Penha, SC. *Notas Técnicas da FACIMAR* 2: 71-79.
- Satô S, MN Paranaguá & E Eskinazi. 1966.** On the mechanism of red tide of *Trichodesmium* in Recife northeastern Brazil, with some considerations of the relation to the human disease 'Tamandare fever'. *Trabalhos do Instituto Oceanográfico da Universidade do Recife* 5: 7-49.
- Siqueira A, HE Kolm & FP Brandini. 2006.** Offshore distribution patterns of the cyanobacterium *Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg and associated phyto- and bacterioplankton in the southern Atlantic coast (Paraná, Brazil). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49(2): 323-337.
- Suvapepun S. 1989.** Occurrences of red tide in the Gulf of Thailand. In: Okaichi T, DM Anderson & T Nemoto (eds). *Red tides: Biology, environmental science and toxicology*, pp. 41-44. Elsevier, New York.
- Tyrrel T, E Marañón, AJ Poulton, AR Bowie, DS Harbour & MS Woodward. 2003.** Large-scale latitudinal distribution of *Trichodesmium* spp. in the Atlantic Ocean. *Journal of Plankton Research* 25(4): 405-416.
- Utermöhl H. 1958.** Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitteilungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 9: 1-38.

Recibido el 10 de julio de 2015 y aceptado el 9 de diciembre de 2015

Editor Asociado: Pilar Muñoz M.