

SHORT COMMUNICATION

Influência da predação de tilápia (*Oreochromis* sp.) na estrutura da comunidade de algas perifíticas em tanque de piscicultura tropical

The influence of the predation of tilapia (*Oreochromis* sp.) in the periphytic algae community structure in a tropical pisciculture pond

Stéfano Zorzal-Almeida¹
stefanozorzal@gmail.com

Valéria de Oliveira Fernandes²
valeriaufes@yahoo.com.br

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo descrever a estrutura da comunidade perifítica nos períodos inicial e intermediário da colonização em tanques com presença e ausência de peixes. Varas de bambu foram utilizadas como substrato para o desenvolvimento do perífiton em tanque de piscicultura e submetidas a dois tratamentos: na presença e na ausência de tilápia (*Oreochromis* sp.). Foram realizadas coletas do perífiton 4, 11 e 18 dias após o início do experimento, quando foram avaliadas as variáveis limnológicas condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura da água, pH, sólidos totais suspensos, nitrogênio total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, fósforo total e ortofosfato. A estrutura do ficoperífiton foi avaliada através da densidade total e por classe, grupos funcionais baseados em morfologia, forma de vida, riqueza, índice de diversidade de Simpson, espécies dominantes e abundantes, clorofila *a* e feofitina. Na presença de peixes, a densidade da comunidade ficoperifítica tendeu a ser menor do que na ausência de peixes, principalmente nos estádios mais tardios da colonização. Algas menores colonizaram primeiramente o substrato, mas só se mantiveram dominantes ao longo do processo sucessional quando houve remoção da comunidade perifítica. O distúrbio causado pela predação por peixes pode causar não só uma diminuição na densidade total, como também alteração na composição do perífiton e renovação da comunidade.

Palavras-chave: distúrbio, aquicultura, ficoperífiton, dinâmica da comunidade.

Abstract

The present study aimed to describe the structure of the periphyton community in the initial and intermediate periods of colonization in ponds with and without fish. Bamboo poles were used as a substrate to the development of phycoperiphyton in a fish pond and submitted to two treatments: in the presence and absence of tilapia (*Oreochromis* sp.). Periphyton samples were collected 4, 11 and 18 days after the beginning of the experiment, when the following limnological variables were evaluated: electric conductivity, dissolved oxygen, water temperature, pH, total suspended solids, total nitrogen, nitrate, nitrite, ammoniacal nitrogen, total phosphorous and orthophosphate. The phycoperiphyton structure was evaluated by total and class density, functional groups based on morphology, life form, richness, Simpson diversity index, abundant and dominant species, chlorophyll-*a* and feofitin. Periphytic community density tended to be lower in the presence of fish than in fish absence, mainly in later colonization stages. Small algae colonized the substrate firstly, but they only kept being dominant when the periphytic community was removed. Disturbance caused by fish predation can lead total density decrease, as well as periphyton composition changes.

Keywords: disturb, aquaculture, phycoperiphyton, community dynamics.

¹ Doutorando do Instituto de Botânica de São Paulo/SMA, Av. Miguel Stéfano, 3687, 04301-012, São Paulo, SP, Brasil.
² Professora Adjunta II da Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari, 514, 29075-910, Vitória, ES, Brasil.

A comunidade perifítica contribui de forma significativa para a produção primária, especialmente em ambientes rasos (Whalen *et al.*, 2008; Vadeboncoeur e Steinman, 2002), sendo considerada excelente bioindicadora da qualidade da água e do grau de trofia do ambiente (Gaiser, 2009; Stevenson *et al.*, 2008; Salomoni *et al.*, 2006). Adicionalmente, algas representam a base de cadeias alimentares de diversos sistemas, servindo de recurso alimentar para peixes (Thapanand *et al.*, 2009), cladóceros (Siehoff *et al.*, 2009) e gastrópodes (Liess e Hillebrand, 2006; Stelzer e Lamberti, 2002), além de outros grupos (Hillebrand, 2009; Liboriussen e Jeppesen, 2006; Cattaneo, 1990). Essa característica tem levado à introdução de substratos artificiais, como, por exemplo, o bambu (Rai *et al.*, 2008; Azim *et al.*, 2001) em tanques de piscicultura de modo a aumentar o perifíton e, conseqüentemente, a oferta de alimento a diversas culturas, incluindo de tilápias (*Oreochromis sp.*) (Milstein *et al.*, 2009; Rai *et al.*, 2008; Mridula *et al.*, 2003).

As mudanças estruturais causadas pelo controle top-down na comunidade perifítica ainda é pouco estudada (Azim *et al.*, 2001; Huchette *et al.*, 2000), com trabalhos envolvendo a interação peixe e perifíton concentrados na biomassa algal (e.g. Asaduzzaman *et al.*, 2009). A simples mudança na quantidade de biomassa pode ser insuficiente para a avaliação da qualidade nutritiva do perifíton que é utilizado como suplemento na alimentação de culturas de peixes. Essas qualidades podem alterar concomitantemente com a mudança da estrutura da comunidade (Hardy e Castro, 2000), que, por sua vez, está sob a influência dos distúrbios causados pela predação (Steinman, 1996).

Dessa forma, faz-se necessário um melhor entendimento da estrutura da comunidade perifítica predada por tilápias, em especial nos estádios iniciais de colonização, quando o substrato artificial é adicionado

ao sistema. O presente trabalho tem como objetivo descrever a estrutura da comunidade perifítica nos períodos inicial e intermediário da colonização em tanques com presença e ausência de peixes.

A colonização da comunidade ficoperifítica sob influência da predação foi observada em tanque revestido de cimento com 24m³ (4m x 10m e 0,6m de profundidade) durante 18 dias, no mês de maio de 2008. Foi instalada, no centro do tanque, uma gaiola dividida em duas partes que, de um lado, permitia o acesso de tilápias ao substrato e, do outro, impedia o acesso, através de rede. O colmo de bambu (comprimento de aproximadamente 15 cm e diâmetro de 1,5 cm) foi escolhido como substrato devido à sua aplicabilidade na cultura de peixes (Azim e Wahab, 2005). Dois tratamentos foram aplicados aos substratos: isolados dos peixes (NP) e em contato com os peixes (P). Os substratos (24 colmos por tratamento) foram fixados horizontalmente em garrafas de politereftalato de etileno (PET), as quais foram presas na gaiola através de fios de arame galvanizado, submersos em uma profundidade aproximada de 0,2 m.

A coleta foi feita sempre no início da manhã após 4, 11 e 18 dias de colonização do substrato (4D, 11D e 18D), quando a comunidade atingiu um estágio maduro. Foram retirados, aleatoriamente, seis colmos de bambu por dia de coleta (dois para análise qualitativa, dois para análise quantitativa e dois para a análise de clorofila *a* e feofitina) de cada um dos tratamentos. Os substratos foram acondicionados em frascos PET contendo água do lençol freático que abastece o tanque, de modo a evitar a ruptura das células pela diferença osmótica. Em laboratório, o perifíton foi separado do substrato através de pincel macio e jatos de água destilada. A área do substrato foi medida com base na área do cilindro.

Para a análise qualitativa, as amostras foram fixadas em solução formalina 4% e analisadas em microscópio óptico Olympus CX41 equipado com

câmara clara, sendo os táxons medidos, esquematizados e identificados através de bibliografia especializada. Para a análise quantitativa, as amostras foram fixadas com lugol acético 5%, sedimentadas em câmaras (Utermöhl, 1931) e a contagem feita em campos aleatórios (Uehlinger, 1964) até que o táxon predominante atingisse, no mínimo, 100 indivíduos (Lund *et al.*, 1958), utilizando microscópio invertido Nikon Eclipse TS100. Os resultados foram expressos em indivíduos.cm⁻² e calculados de acordo com Apha (2005). A riqueza total de táxons, espécies abundantes e dominantes (Lobo e Leighton, 1986), Índice de Simpson complementar (1-D; Simpson, 1949), formas de vida (unicelular, filamentosa e colonial - Graham e Wilcox, 2000) e densidade total e por classes foram utilizados para avaliar a estrutura da comunidade ficoperifítica. A biomassa foi determinada através da concentração da clorofila *a* e da feofitina (réplicas) a partir do método de extração por acetona 90% (APHA, 2005) e calculados segundo Golterman *et al.* (1978).

Foram determinadas, na profundidade de 0,2m, as variáveis limnológicas: condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$), oxigênio dissolvido (mg/L) e temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) (medidor multiparâmetros YSI 85-50 FT); pH (potenciômetro digital Quimis Q400H), sólidos totais suspensos (mg L^{-1}) (STS - APHA, 2005) e concentração dos nutrientes (nitrogênio total, fósforo total - segundo Valderrama (1981) - nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, ortofosfato - conforme Aminot e Chaussepied (1983), em $\mu\text{g L}^{-1}$). A determinação do estado trófico do tanque foi dada através dos valores de nitrogênio total e fósforo total, segundo por Wetzel (2001). A análise dos dados foi realizada através da análise descritiva univariada e exploratória, utilizando média, máximo, mínimo, desvio padrão e coeficiente de variação (CV).

O tanque de piscicultura, durante o período de estudo, apresentou-se hipereutrófico, com baixa quantidade

de oxigênio dissolvido e transparência total (Tabela 1).

A densidade total de algas perifíticas apresentou o maior valor no 18º dia de colonização, em NP (1.895 ind. cm⁻² 10³) e o menor valor no 11º dia de colonização, em P (182 ind. cm⁻² 10³) (Figura 1). Com o passar dos dias de colonização, a comunidade tendeu a aumentar sua densidade na ausência de tilápia, enquanto diminuiu com a presença desses peixes. Reduções da biomassa perifítica são observadas em distúrbios causados pela predação (Peters e Traunspurger, 2012; Hillebrand, 2008). A predação por tilápia levou à diminuição da densidade total princi-

palmente na fase final do experimento, registrando valores menores do que o início da colonização (4º dia). No período inicial da colonização, a predação por tilápia provavelmente não teve influência na biomassa algal. Os valores de densidade total e clorofila *a* foram semelhantes nos dois tratamentos no 4º dia de colonização.

Foram observadas diferenças entre os tratamentos quanto à concentração de clorofila *a* e feofitina, as quais apresentaram maiores valores em NP, principalmente nos 11º e 18º dias (Tabela 2). Maiores valores de feofitina indicam maior grau de senescência na comunidade (Peterson e Stevenson,

1992). A biomassa registrada em NP apresentou estado fisiológico mais senescente do que em P. Isso indica que o consumo do perifíton pelos peixes pode causar a renovação da comunidade, onde algas mais senescentes são removidas do biofilme, dando lugar àqueles indivíduos mais jovens. Huchette *et al.* (2000) registraram diminuição da feofitina na presença de peixes, ao mesmo tempo que os níveis de clorofila *a* mantiveram-se, caracterizando assim a renovação da comunidade, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo.

As alterações causadas pela predação vão além da mudança na biomassa, sendo fator determinante na estrutura da comunidade (Kohler *et al.*, 2011; Rober *et al.*, 2011; Besemer *et al.*, 2007). No total, foram registradas 47 espécies de algas, distribuídas em sete classes, sendo 34 espécies no tratamento com peixes e 33 no tratamento sem peixes. Houve alta dominância de algas da classe Cyanophyceae, unicelulares, representadas principalmente por *Synechocystis aquatilis*, e de algas da classe Chlorophyceae, coloniais, com a maior representatividade atribuída à *Desmodesmus quadricauda* (Figura 2). A maior representatividade dessas classes pode ter sido favorecida pela alta disponibilidade de nutrientes no tanque de piscicultura. Blanco *et al.* (2008) observaram o aumento da representatividade de Chlorophyceae e Cyanophyceae quando o nível de nutriente foi aumentado.

A dominância no 4º dia de colonização de ambos os tratamentos foi da cianobactéria *S. aquatilis*, que continuou como espécie dominante no 11º e no 18º dia de colonização em P. Já em NP, a dominância nos 11º e 18º dias de colonização foi alterada para a espécie *D. quadricauda*. Apenas essas duas espécies foram abundantes na comunidade perifítica, mas outras algas das classes Chlorophyceae e Cyanophyceae também foram registradas durante o período de estudo, com abundância maior do que 2% do total.

Tabela 1. Análise descritiva das variáveis limnológicas (n=3) em tanque de piscicultura.
Table 1. Descriptive analysis of limnological variables (n=3) in a fish pond.

Variáveis limnológicas	Unidade	Média	Max.	Min.	DP	CV (%)
Condutividade elétrica	µS cm ⁻¹	66,43	72,60	61,90	4,52	6,80
Oxigênio dissolvido	mg L ⁻¹	3,54	1,40	4,86	1,87	52,84
Temperatura da água	°C	22,37	22,60	21,90	0,40	1,81
pH		6,98	7,40	6,55	0,36	5,17
Sólidos suspensos totais	mg L ⁻¹	8,27	13,00	1,75	4,94	59,73
Nitrato	µg L ⁻¹	608,0	698,8	442,9	143,3	23,56
Nitrito	µg L ⁻¹	61,9	92,9	43,1	27,0	43,63
Nitrogênio amoniacal	µg L ⁻¹	63,6	118,1	24,4	48,7	76,59
Nitrogênio total	µg L ⁻¹	1594,9	1914,30	1306,2	305,2	19,14
Ortofosfato	µg L ⁻¹	607,4	776,2	427,5	174,6	28,75
Fósforo total	µg L ⁻¹	789,7	1176,9	480,8	354,6	44,90

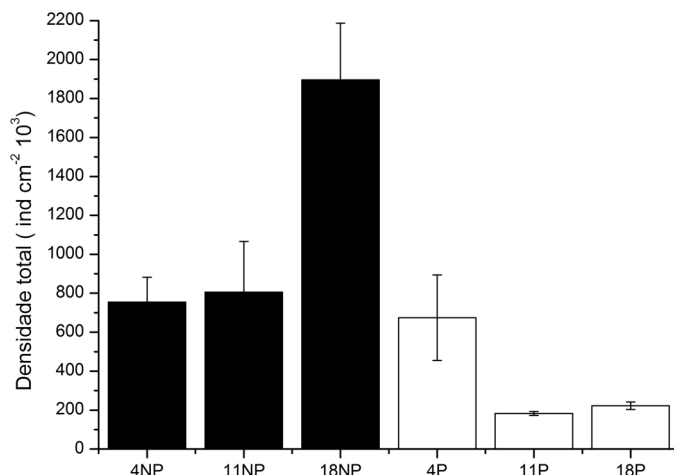


Figura 1. Efeito da predação e dos dias de colonização (4, 11 e 18 dias) na densidade total de algas perifíticas em tanque de piscicultura. NP = ausência de peixes; P = presença de peixes.

Figure 1. Effect of predation and the days of colonization (4, 11 e 18 days) in the total density of periphytic algae in a fish pond. NP = absence of fishes; P = presence of fishes.

Tabela 2. Valores médios e erro padrão da densidade total (DT), diversidade de Simpson (D-1), riqueza total de táxons, clorofila *a* e feofitina entre os tratamentos e os dias de colonização (4, 11 e 18 dias) por algas perifíticas em tanque de piscicultura. NP = ausência de peixes; P = presença de peixes.

Table 2. Mean values and standard error of the total density (DT), Simpson diversity (D-1), total richness, chlorophyll *a* and pheophytin between treatments and days of colonization (4, 11 and 18 days) by periphytic algae in a fish pond. NP = absence of fishes; P = presence of fishes.

	DT (10 ³ ind.cm ⁻²)	D-1	Riqueza táxons	Clorofila <i>a</i> (µg.cm ⁻²)	Feofitina (µg.cm ⁻²)
4P	674,2±310,4	0,29±0,03	8±1,41	1,96±1,91	0,38±0,06
11P	182,6±14,1	0,38±0,03	7±1,41	1,14±0,59	0,33±0,10
18P	222,9±25,3	0,39±0,10	9±1,41	0,85±0,02	0,53±0,05
4NP	754,1±181,6	0,45±0,09	10±1,41	1,99±0,04	0,99±0,16
11NP	805,6±368,9	0,54±0,02	11±0,71	2,68±0,83	2,23±0,59
18NP	1897,2±415,2	0,54±0,05	14±0,71	1,65±0,28	1,10±0,10

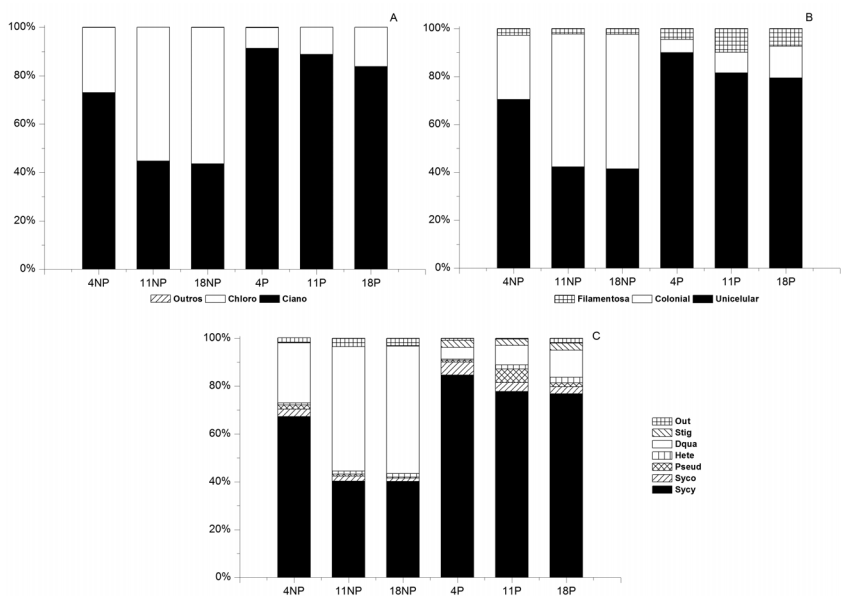


Figura 2. Representatividade das classes de algas (A), das formas de vida (B) e das espécies com abundância maior que 2% do total (C) entre tratamentos e dias de colonização. Em (A): Chloro = Chlorophyceae; Cyano = Cyanophyceae; outros = Bacillariophyceae, Oedogoniophyceae e Zygnemaphyceae. Em (B): Filamentosa = *Desmodesmus quadricauda* (Turpin) Hegewald; Hete = *Heteroleiblenia kuetzingir* (Schmidle) Compere; Out = outros táxons; Pseud = *Pseudanabaena articulata* Skuja; Stig = *Stigeoclonium* sp.; Syco = *Synechococcus* sp.; Sycy = *Synechocystis aquatilis* Sauvageau.

Figure 2. Representation of algae classes (A), forms of life (B) and species with abundance greater than 2% of the total (C) between treatments and days of colonization. In (A): Chloro = Chlorophyceae; Cyano = Cyanophyceae; other = Bacillariophyceae, Oedogoniophyceae and Zygnemaphyceae. In (B): Filamentosa = *Desmodesmus quadricauda* (Turpin) Hegewald; Hete = *Heteroleiblenia kuetzingir* (Schmidle) Compere; Out = other taxa; Pseud = *Pseudanabaena articulata* Skuja; Stig = *Stigeoclonium* sp.; Syco = *Synechococcus* sp.; Sycy = *Synechocystis aquatilis* Sauvageau.

O aumento da representatividade de *D. quadricauda* (Chlorophyceae) ao longo da colonização, na ausência de peixes, onde o distúrbio por predação foi menor, embora na presença de outros consumidores, pode estar

relacionado com o fato de os representantes de Chlorophyceae apresentarem crescimento mais acelerado que Cyanophyceae (Tang *et al.*, 1997), sua principal competidora por recursos. Já a dominância de *S. aquatilis* (Chloro-

phyceae) em todos os dias de colonização, na presença de peixes, indica a influência desse consumidor na estrutura da comunidade ficoperifítica. Essa espécie é classificada no grupo de algas de pequeno tamanho, alta razão superfície/volume, alta taxa de crescimento, além de uma alta vulnerabilidade ao consumo, contudo, com boa recuperação aos distúrbios (Biggs *et al.*, 1998), aumentando sua densidade rapidamente e ocupando espaços formados pela remoção da comunidade perifítica, devido à predação. Dessa forma, *S. aquatilis* possui vantagem ecológica sobre outras espécies mais suscetíveis ao consumo, como é o caso de *D. quadricauda*. Devido à alta dominância dessas duas espécies, o padrão observado da forma de vida das algas seguiu a abundância dessas algas.

Outros atributos estruturais avaliados também mostraram a influência da predação na determinação da comunidade perifítica. A ausência de peixes e, consequentemente, a menor remoção do perifíton, permitiu que um maior número de espécies se estabelecesse na comunidade, aumentando a riqueza total e sua diversidade (Tabela 2). Distúrbios em comunidades tendem a diminuir a riqueza de espécies (Begon *et al.*, 2006). Uma alta densidade de indivíduos pode reduzir os níveis de recursos nos extratos do biofilme perifítico mais próximos do substrato através do alto sombreamento. Isso dificulta o desenvolvimento de algas que necessitam iniciar seu crescimento no substrato, como é o caso de algas filamentosas aderidas (Hill, 1996). As algas filamentosas, como, por exemplo, *Stigeoclonium* sp., apresentaram maior desenvolvimento na presença de peixes. O fato de *S. aquatilis*, alga pequena de baixo biovolume, ter sido dominante na presença de peixes permitiu que *Stigeoclonium* sp. se desenvolvesse, já que *S. aquatilis* não proporcionou uma redução tão intensa nos recursos, como *D. quadricauda* promoveu na ausência de peixes.

Assim, foram observadas diferentes estruturas na comunidade de algas

perifíticas nos diferentes tratamentos, principalmente nas fases mais tardias da colonização. Contudo, outros estudos são necessários para responder questões sobre alterações, por exemplo, no estado nutricional e na estrutura da comunidade, seja em diferentes substratos como em diferentes densidades de peixes. Os estudos sobre a predação da comunidade perifítica no Brasil ainda são escassos, sendo necessário o desenvolvimento de pesquisas na área, incluindo aquelas voltadas para a utilização do perifíton como complemento alimentar na aquicultura.

Referências

- AMINOT, A.; CHAUSSÉPIED, M. 1983. *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. Brest, Centre National pour l'Exploration des Océans, 395 p.
- AMERICAN PUBLICATION HEALTH ASSOCIATION (APHA). 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21^o ed., Washington D. C., American Public Health, 1600 p.
- ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J.; MONDAL, M.N.; AZIM, M.E. 2009. Effects of stocking density of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* and addition of different levels of tilapia *Oreochromis niloticus* on production in C/N controlled periphyton based system. *Aquaculture*, **286**(1-2):72-79.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.09.006>
- AZIM, M.E.; WAHAB, M.E. 2005. Periphyton-based pond polyculture. In: M.E. AZIM; M.C.J. VERDEGEM; A.A. VAN DAM; M.C.M. BEVERIDGE (eds.), *Periphyton: ecology, exploitation and management*. Oxfordshire, CAB International, p. 207-222.
- AZIM, M.E.; WAHAB, M.A.; VAN DAM, A.A.; BEVERIDGE, M.C.M.; VERDEGEM, M.C.J. 2001. The potential of periphyton-based culture of two Indian major carps, rohu *Labeo rohita* (Hamilton) and gonia *Labeo gonius* (Linnaeus). *Aquaculture Research*, **32**(3):209-216.
<http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2109.2001.00549.x>
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.H. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. 4^a ed., Oxford, Blackwell Publishing, 746 p.
- BESSEMER, K. SINGER, G.; LIMBERGER, R.; CHLUP, A.; HOCHEDLINGER, G.; HODL, I.; BARANUI, C.; BATTIN, T.J. 2007. Biophysical controls on community succession in stream biofilms. *Applied and environmental microbiology*, **73**(15):4966-4974.
<http://dx.doi.org/10.1128/AEM.00588-07>
- BIGGS, B.J.F.; STEVENSON, R.J.; LOWE, R.L. 1998. A habitat matrix conceptual model for stream periphyton. *Archiv für Hydrobiologie*, **143**:21-56.
- BLANCO, S.; ROMO, S.; FERNÁNDEZ-ALÁEZ, M.; BÉCARES, E. 2008. Response of epiphytic algae to nutrient loading and fish density in a shallow lake: a mesocosm experiment. *Hydrobiologia*, **600**(1):65-76.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10750-007-9176-0>
- CATTANEO, A. 1990. The effect of fetch on periphyton spatial variation. *Hydrobiologia*, **206**(1):1-10.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF00018964>
- GAISER, E. 2009. Periphyton as an indicator of restoration in the Florida Everglades. *Ecological Indicators*, **9**(6-suppl.):37-45.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.08.004>
- GOLTERMANN, H.L.; CLYMOS, R.S.; OHMSTAD, M.A.M. 1978. *Methods for physical and chemical analysis of fresh water*. 2^a ed., Oxford, Blackwell Scientific Publication, 213 p.
- GRAHAM, L.E.; WILCOX, L.W. 2000. *Algae*. Prentice Hall, New Jersey, 640 p.
- HARDY, E.R.; CASTRO, J.G.D. 2000. Qualidade nutricional de três espécies de clorofícias cultivadas em laboratório. *Acta Amazonica*, **30**:39-47.
- HILL, W. 1996. Effects of light. In: R.J. STEVENSON; M.L. BOTHWELL; R.L. LOWE (eds.), *Algal Ecology: freshwater benthic ecosystems*. San Diego, Academy Press, p. 121-148.
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-012668450-6/50034-5>
- HILLEBRAND, H. 2008. Grazing regulates the spatial variability of periphyton biomass. *Ecology*, **89**(1):165-173.
<http://dx.doi.org/10.1890/06-1910.1>
- HILLEBRAND, H. 2009. Meta-analysis of grazer control of periphyton biomass across aquatic ecosystems. *Journal of Phycology*, **45**(4):798-806.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1529-8817.2009.00702.x>
- HUCHETTE, S.M.H.; BEVERIDGE, M.C.M.; BAIRD, D.J.; IRELAND, M. 2000. The impacts of grazing by tilapias (*Oreochromis niloticus* L.) on periphyton communities growing on artificial substrate in cages. *Aquaculture*, **186**(1-2):45-60.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00365-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00365-8)
- KOHLER, T.J.; MURDOCK, J.N.; GIDO, K.B.; DODDS, W.K. 2011. Nutrient loading and grazing by the minnow *Phoxinus erythrogaster* shift periphyton abundance and stoichiometry in mesocosms. *Freshwater Biology*, **56**(6):1133-1146.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02557.x>
- LIBORIUSSEN, L.; JEPPESEN, E. 2006. Structure, biomass, production and depth distribution of periphyton on artificial substratum in shallow lakes with contrasting nutrient concentrations. *Freshwater Biology*, **51**(1):95-109.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2005.01481.x>
- LISS, A.; HILLEBRAND, H. 2006. Role of nutrient supply in grazer-periphyton and grazer nutrient stoichiometry. *Journal of North American Benthological Society*, **25**(3):632-642.
[http://dx.doi.org/10.1899/0887-3593\(2006\)25\[632:RONSIG\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1899/0887-3593(2006)25[632:RONSIG]2.0.CO;2)
- LOBO, E.; LEIGHTON, G. 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenozes planktonicas de los sistemas de desembocaduras y esteros de rios de la zona central de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, **22**:1-29.
- LUND, J.W.; KLIPPL, C.; LECREN, E.D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. *Hydrobiologia*, **11**(2):143-170.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF00007865>
- MILSTEIN, A.; PERETZ, Y.; HARPAZ, S. 2009. Culture of organic tilapia to market size in periphyton-based ponds with reduced feed inputs. *Aquaculture Research*, **40**(1):55-59.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02062.x>
- MRIDULA, R.M.; MANISSERY, J.K.; KESHAVANATH, P.; SHANKAR, K.M.; NANDEESHAN, M.C.; RAJESH, K.M. 2003. Water quality, biofilm production and growth of fringe-lipped carp (*Labeo fimbriatus*) in tanks provided with two solid substrates. *Bioresource Technology*, **87**(3):263-267.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00228-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00228-6)
- PETERS, L.; TRAUNSPURGER, W. 2012. Temporal patterns in macrograzer effects on epilithic algae and meiofauna: a comparative approach to test for single species and whole grazer community effects. *Aquatic Science*, **74**(2):229-240.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00027-011-0214-7>
- PETERSON, C.G.; STEVENSON, R.J. 1992. Resistance and recovery of lotic algal communities: Importance of disturbance timing, disturbance history, and current. *Ecology*, **73**(4):1445-1461.
<http://dx.doi.org/10.2307/1940689>
- RAI, S.; YI, Y.; WAHAB, M.A.; BART, A.N.; DIANA, J.S. 2008. Comparison of rice straw and bamboo stick substrates in periphyton-based carp polyculture systems. *Aquaculture Research*, **39**(5):464-473.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01898.x>
- ROBER, A.R.; WYATT, K.H.; STEVENSON, R.J. 2011. Regulation of algal structure and function by nutrients and grazing in a boreal wetland. *Journal of the North American Benthological Society*, **30**(3):787-796.
<http://dx.doi.org/10.1899/10-166R.1>
- SALOMONI, S.E.; ROCHA, O.; CALLEGARO, V.L.; LOBO, E.A. 2006. Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. *Hydrobiologia*, **559**(1):233-246.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10750-005-9012-3>
- SIEHOFF, S.; HAMMERS-WIRTZ, M.; STRAUSS, T.; RATTE, H.T. 2009. Periphyton as alternative food source for the filter-feeding cladoceran *Daphnia magna*. *Freshwater Biology*, **54**(1):15-23.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02087.x>

- SIMPSON, E.H. 1949. *Measurement of diversity*. *Nature*, **163**: 688.
<http://dx.doi.org/10.1038/163688a0>
- STEINMAN, A.D. 1996. Effects of grazers on freshwater benthic algae. In: R.J. STEVENSON; M.I. BOTHWELL; R.L. LOWE (eds.), *Algal Ecology: freshwater benthic ecosystems*. San Diego, Academic Press, p. 341-374.
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-012668450-6/50041-2>
- STELZER, R.S.; LAMBERTI, G.A. 2002. Ecological stoichiometry in running waters: periphyton chemical composition and snail growth. *Ecology*, **83**(4):1039-1051.
[http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[1039:ESIRWP\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[1039:ESIRWP]2.0.CO;2)
- STEVENSON, R.J.; PAN, Y.; MANOYLOV, K.M.; PARKER, C.A.; LARSEN, D.P.; HERLIHY, A.T. 2008. Development of diatom indicators of ecological conditions for streams of the western US. *Journal of North American Benthological Society*, **27**(4):1000-1016.
<http://dx.doi.org/10.1899/08-040.1>
- TANG, E.P.Y.; TREMBLAY, R.; VICENT, W.F. 1997. Cyanobacterial dominance of polar freshwater ecosystems: are high-latitude mat-formers adapted to low temperature? *Journal of Phycology*, **33**(2):171-181.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.0022-3646.1997.00171.x>
- THAPANAND, T.; JUTAGATEE, T.; WONGRAT, P.; LEKCHOLAYUT, T.; MEKSUMPUN, C.; JANEKITKARN, S.; RODLOI, A.; MOREAU, J.; WONGRAT, L. 2009. Trophic relationships and ecosystem characteristics in a newly-impounded man-made lake in Thailand. *Fisheries Management and Ecology*, **16**(2):77-87.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2400.2008.00601.x>
- UEHLINGER, V. 1964. Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. *Journal of Archaeological Science*, **17**:121-123.
- UTERMÖHL, V. 1931. Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons. (Mit besondere Berücksichtigung des Ultraplankton). *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, **5**:567-595.
- VADEBONCOEUR, Y.; STEINMAN, A.D. 2002. Periphyton Function in Lake Ecosystems. *The Scientific World Journal*, **2**:1449-1468.
<http://dx.doi.org/10.1100/tsw.2002.294>
- VALDERRAMA, J.C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorous in natural waters. *Marine chemistry*, **10**(2):109-222.
[http://dx.doi.org/10.1016/0304-4203\(81\)90027-X](http://dx.doi.org/10.1016/0304-4203(81)90027-X)
- WETZEL, R.G. 2001. *Limnology: lake and river ecosystems*. San Diego, Academic Press, 1006 p.
- WHALEN, S.C.; CHALFANT, B.A.; FISCHER, E.N. 2008. Epipellic and pelagic primary production in Alaskan Arctic lakes of varying depth. *Hydrobiologia*, **614**(1):243-257.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10750-008-9510-1>

Submitted on March 25, 2013
Accepted on October 23, 2013