

## REFERENCES



- Armengol, J.; Crespo, M.; Morguí, J. A. and Vidal, A. (1986). Phosphorus budgets and forms of phosphorus in the Sau reservoir sediment: An interpretation of the limnological record. *Hydrobiologia* 143, 331-336.
- Armengol, J.; García, J. C.; Comerma, M.; Romero, M.; Dolz, J.; Roura, M.; Han, B.-H.; Vidal, A. and Šimek, K. (1999). Longitudinal processes in canyon type reservoirs: the case of Sau (N. E. Spain). In *Theoretical Reservoir Ecology and its Applications* (ed. J. G. Tundisi and M. Straškraba), pp. 313-345. Leiden: International Institute of Ecology. Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers.
- Armengol, J.; Toja, J. and Vidal, A. (1994). Seasonal rhythm and secular changes in Spanish reservoirs. In *Limnology Now: A paradigm of planetary problems* (ed. R. Margalef), pp. 237-253. Amsterdam: Elsevier Science B. V.
- Armengol, J. and Vidal, A. (1988). The use of different phosphorus fractions for the estimation of the trophic evolution of the Sau reservoir. *Archiv für Hydrobiologie ergebnisse der Limnologie* 30, 61-70.
- Arndt, H. (1993). Rotifers as predators on components of the microbial food web (bacteria, heterotrophic flagellates, ciliates) - a review. *Hydrobiologia* 255/256, 231-246.
- Azam, F.; Fenchel, T.; Field, J. G.; Gray, J. S.; Meyer-Reil, L. A. and Thingstad, F. (1983). The ecological role of water-column microbes in the sea. *Marine Ecology Progress Series* 10, 257-263.
- Bark, A. W. (1985). Studies on ciliated protozoa in eutrophic lakes: I. Seasonal distribution in relation to thermal stratification and hypolimnetic anoxia. *Hydrobiologia* 124, 167-176.
- Beaver, J. R. and Crisman, T. L. (1989). The role of ciliated protozoa in pelagic freshwater ecosystems. *Microbial Ecology* 17, 111-136.
- Beaver, J. R. and Crisman, T. L. (1990). Seasonality of planktonic ciliated protozoa in 20 subtropical Florida lakes of varying trophic state. *Hydrobiologia* 190, 127-135.
- Bell, R. T. (1990). An explanation for the variability in the conversion factor deriving bacterial cell production from incorporation of (<sup>3</sup>H)thymidine. *Limnology and Oceanography* 35, 910-915.

## References

---

- Bell, R. T. (1993). Estimating Production of Heterotrophic Bacterioplankton via Incorporation of Tritiated Thymidine. Chapter 56. In *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology* (ed. P. F. Kemp, B. F. Sherr, E. B. Sherr and J. J. Cole), pp. 495-503. London: Lewis Publishers.
- Bennett, S. J.; Sanders, R. W. and Porter, K. G. (1990). Heterotrophic, autotrophic, and mixotrophic nanoflagellates: Seasonal abundances and bacterivory in a eutrophic lake. *Limnology and Oceanography* 35, 1821-1832.
- Bergh, O.; Boersheim, K. Y.; Bratbak, G. and Heldal, M. (1989). High abundance of viruses found in aquatic environments. *Nature* 340, 467-468.
- Berman, T. (1990). Microbial food-webs and nutrient cycling in lakes: changing perspectives. Chapter 27. In *Large Lakes. Ecological Structure and Function*. (ed. M. M. Tilzer and C. Serruya), pp. 511-525. New York: Springer-Verlag.
- Berninger, U.-G.; Finlay, B. J. and Kuuppo-Leinikki, P. (1991). Protozoan control of bacterial abundances in freshwater. *Limnology and Oceanography* 36, 139-147.
- Bloem, J. and Bär-Gilissen, M.-J. B. (1989). Bacterial activity and protozoan grazing potential in a stratified lake. *Limnology and Oceanography* 34, 297-309.
- Bloem, J.; Ellenbroek, F. M.; Bär-Gilissen, M. B. and Cappenberg, T. E. (1989). Protozoan grazing and bacterial production in stratified Lake Veichten estimated with fluorescently labeled bacteria and by Thymidine incorporation. *Applied and Environmental Microbiology* 55, 1787-1795.
- Bloem, J.; Starink, M.; Bär-Gilissen, M. B. and Cappenberg, T. E. (1988). Protozoan grazing, bacterial activity, and mineralization in two-stage continuous cultures. *Applied and Environmental Microbiology* 54, 3113-3121.
- Børsheim, K. Y. and Bratbak, G. (1987). Cell volume to carbon conversion factors for a bacterivorous *Monas* sp. enriched from seawater. *Marine Ecology Progress Series* 36, 171-175.
- Bottrell, H. H.; Duncan, A.; Gliwicz, Z. M.; Grygierek, E.; Herzig, A.; Hillbricht-Ilkowska, A.; Kurasawa, H.; Larsson, P. and Weglenska, T. (1976). A review of some problems in zooplankton production studies. *Norwegian Journal of Zoology* 24, 419 - 456.

- Bratbak, G.; Thingstad, T. F.; Riemann, B. and Haslund, O. H. (1992). Incorporation of viruses into the budget of microbial C-transfer. A first approach. *Marine Ecology Progress Series* 83, 273-280.
- Caron, D. and Goldman, J. C. (1990). Protozoan nutrient regeneration. In *Ecology of Marine Protozoa*. (ed. G. M. Capriulo), pp. 283-306. New York: Oxford University Press.
- Carrias, J. F.; Thouvenot, A.; Amblard, C. and Sime-Ngando, T. (2001). Dynamics and growth estimates of planktonic protists during early spring in Lake Pavin, France. *Aquatic Microbial Ecology* 24, 163-174.
- Carrick, H. J.; Fahnenstiel, G. L. and Taylor, W. D. (1992). Growth and production of planktonic protozoa in Lake Michigan: *In situ* versus *in vitro* comparisons and importance to food web dynamics. *Limnology and Oceanography* 37, 1221-1235.
- Cole, T. M. and Hannan, H. H. (1990). Dissolved oxygen dynamics. Chapter 4. In *Reservoir limnology: ecological perspectives* (ed. K. W. Thornton, B. L. Kimmel and F. E. Payne), pp. 71-107. New York: A Wiley-Interscience Publication John Wiley&Sons, Inc.
- Comerma, M.; García, J. C.; Armengol, J.; Romero, M. and Šimek, K. (2001). Planktonic food web structure along the Sau Reservoir (Spain) in Summer 1997. *International Review of Hydrobiology* 86, 195-209.
- Christoffersen, K.; Riemann, B.; Hansen, L. R.; Klysner, A. and Sorensen, H. B. (1990). Qualitative importance of the microbial loop and plankton community structure in a eutrophic lake during a bloom of cyanobacteria. *Microbial Ecology* 20, 253-272.
- Chrzanowski, T. H. and Šimek, K. (1993). Bacterial growth and losses due to bacterivory in a mesotrophic lake. *Journal of Plankton Research* 15, 771-785.
- Del Giorgio, P. A. and Gasol, J. M. (1995). Biomass distribution in freshwater plankton communities. *The American Naturalist* 146, 135-152.
- Dobberfuhl, D. R.; Miller, R. and Elser, J. J. (1997). Effects of a cyclopoid copepod (*Diacyclops thomasi*) on phytoplankton and the microbial food web. *Aquatic Microbial Ecology* 12, 29-37.

## References

---

- Dolan, J. R. and Gallegos, C. L. (1991). Trophic coupling of rotifers, microflagellates, and bacteria during fall months in Rhode River Estuary. *Marine Ecology Progress Series* 77, 147-156.
- Dumont, J. H.; Van de Velde, I. and Dumont, S. (1975). The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia* 19, 75-97.
- Fenchel, T. (1988). Marine Plankton Food Chains. *Annual Review of Ecology Systems* 19, 19-38.
- Foissner, W. and Berger, H. (1996). A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste waters, with notes on their ecology. *Freshwater Biology* 35, 375-482.
- Ford, D. E. (1990). Reservoir transport processes. In *Reservoir Limnology. Ecological perspectives*. (ed. K. W. Thorton, B. L. Kimmel and F. E. Payne), pp. 15-41. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Fowler, J. and Cohen, L. (1990). Practical statistics for field biology, pp. 227. New York: John Wiley & Sons.
- Gaedke, U.; Straile, D. and Pahl-Wostl, C. (1995). Trophic structure and carbon flow dynamics in the pelagic community of a large lake. Chapter 5. In *Food webs. Integration of patterns and dynamics*. (ed. G. A. Polis and K. O. Winemiller), pp. 60-71. N.Y.: Chapman & Hall.
- Gasol, J. M.; Comerma, M.; García, J. C.; Armengol, J.; Casamayor, E. O.; Kojecká, P. and Šimek, K. (2002). A transplant experiment to identify the factors controlling bacterial abundance, activity, production, and community composition in a eutrophic canyon-shaped reservoir. *Limnology and Oceanography* 47, 62-77.
- Gasol, J. M.; del Giorgio, P. A. and Duarte, C. M. (1997). Biomass distribution in marine planktonic communities. *Limnology and Oceanography* 42, 1353-1363.
- Gasol, J. M. and Morán, X. A. G. (1999). Effects of filtration on bacterial activity and picoplankton community structure as assessed by flow cytometry. *Aquatic Microbial Ecology* 16, 251-264.
- Gliwicz, Z. M. and Umana, G. (1994). Cladoceran body size and vulnerability to copepod predation. *Limnology and Oceanography* 39, 419-424.

- Gonzalez, J. M.; Sherr, E. B. and Sherr, B. F. (1990). Size-selective grazing on bacteria by natural assemblages of estuarine flagellates and ciliates. *Applied and Environmental Microbiology* 56, 583-589.
- Grasshoff, K.; Erhardt, M. and Kremling, K. (1983). Methods of seawater analysis. Weinheim: Verlag Chemie.
- Guhl, B. E.; Finlay, B. J. and Schink, B. (1994). Seasonal development of hypolimnetic ciliate communities in a eutrophic pond. *FEMS Microb. Ecol.* 14, 293-306.
- Hadas, O. and Berman, T. (1998). Seasonal abundance and vertical distribution of Protozoa (flagellates, ciliates) and bacteria in Lake Kinneret, Israel. *Aquatic Microbial Ecology* 14, 161-170.
- Han, B.; Armengol, J.; García, J. C.; Comerma, M.; Roura, M.; Dolz, J. and Straskraba, M. (2000). The thermal structure of Sau Reservoir (NE: Spain): a simulation approach. *Ecological Modelling* 125, 109-122.
- Hara, S.; Terauchi, K. and Koike, I. (1991). Abundance of viruses in marine waters: assesment by epifluorescence and transmission electron microscopy. *Applied and Environmental Microbiology* 57, 2731-2734.
- Hart, D.; Stone, L. and Berman, T. (2000). Seasonal dynamics of the Lake Kinneret food web: The importance of the microbial loop. *Limnology and Oceanography* 45, 350-361.
- Hejzlar, J. and Straskraba, M. (1989). On the horizontal distribution of limnological variables in Rimov and other stratified Czechoslovak reservoirs. *Archiv für Hydrobiologie ergebnisse der Limnologie* 33, 41-55.
- Herndl, G. J.; Kaltenböck, E. and Müller-Niklas, G. (1993). Dialysis bag incubation as a nonradiolabeling technique to estimate bacterioplankton production *in situ*. In *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology* (ed. P. F. Kemp, Sherr, B. F., Sherr, E. B., Cole, J. J.), pp. 553-556. London: Lewis Publishers.
- Hobbie, J. E.; Daley, R. J. and Jasper, S. (1997). Use of Nucleopore Filters for Counting Bacteria by Fluorescence Microscopy. *Applied and Environmental Microbiology* 33, 1225-1228.

## References

---

- Imberger, J. (1979). Mixing in reservoirs. In *Mixing in Inland and Coastal Waters* (ed. H. G. Fisher, E. J. List, R. C. Y. Koh, J. Imberger and N. H. Brooks), pp. 148-228. New York: Academic Press.
- Imberger, J. and Patterson, J. C. (1981). A dynamic reservoir simulation model: DYRESM 5. In *Transport Models of Inland and Coastal Waters* (ed. H. G. Fisher), pp. 310-361. New York: Academic Press.
- James, M. R.; Burns, C. W. and Forsyth, D. J. (1995). Pelagic ciliated protozoa in two monomictic, southern temperate lakes of contrasting trophic state: seasonal distribution and abundance. *Journal of Plankton Research* 17, 1479-1500.
- Jansson, M.; Bergström, A.-K.; Blomqvist, P. and Drakare, S. (2000). Allochthonous organic carbon and phytoplankton/bacterioplankton production relationships in lakes. *Ecology* 81, 3250-3255.
- Jeffrey, S. W. and Humphrey, G. F. (1975). New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochimie und Physiologie der Pflanzen* 167, 191-194.
- Jürgens, K. (1992). Is there plenty of food for bacterivorous flagellates in eutrophic waters? *Archiv für Hydrobiologie ergebnisse der Limnologie* 37, 195-205.
- Jürgens, K. (1994). Impact of *Daphnia* on planktonic microbial food webs. A review. *Marine Microbial Food Webs* 8, 295-324.
- Jürgens, K.; Arndt, H. and Zimmermann, H. (1997). Impact of metazoan and protozoan grazers on bacterial biomass distribution in microcosm experiments. *Aquatic Microbial Ecology* 12, 131-138.
- Jürgens, K. and Jeppesen, E. (2000). The impact of metazooplankton on the structure of the microbial food web in a shallow, hypertrophic lake. *Journal of Plankton Research* 22, 1047-1070.
- Jürgens, K. and Šimek, K. (2000). Functional response and particle size selection of *Halteria cf. grandinella*, a common freshwater oligotrichous ciliate. *Aquatic Microbial Ecology* 22, 57-68.
- Jürgens, K.; Skibbe, O. and Jeppesen, E. (1999). Impact of metazooplankton on the composition and population dynamics of planktonic ciliates in a shallow, hypertrophic lake. *Aquatic Microbial Ecology* 17, 61-75.



- Jürgens, K.; Wickham, S. A.; Rothhaupt, K. O. and Santer, B. (1996). Feeding rates of macro- and microzooplankton on heterotrophic nanoflagellates. *Limnology and Oceanography* 41, 1833-1839.
- Kemp, P. F.; Sherr, B. F.; Sherr, E. B. and Cole, J. J. (1993). Handbook of methods in Aquatic Microbial Ecology. London: Lewis Publishers.
- Kennedy, R. H. and Walker, A. W. (1990). Reservoir nutrient dynamics. Chapter 5. In *Reservoir Limnology. Ecological Perspective*. (ed. K. W. Thornton, B. L. Kimmel and F. E. Payne), pp. 109-131. N.Y.: John Wiley & Sons, Inc.
- Kimmel, B. L. (1983). Size distribution of planktonic autotrophy and microheterotrophy: Implications for organic carbon flow in reservoir foodwebs. *Archiv fuer Hydrobiologie* 97, 303-319.
- Kimmel, B. L. and Groeger, A. W. (1984). Organic matter supply and processing in lakes and reservoirs. In *NALMS Proceedings in Lake and Reser.*, pp. 277-281. Mgt. U. S.: EPA 440/5/84-001.
- Kimmel, B. L.; Lind, O. T. and Paulson, L. J. (1990). Reservoir Primary Production. Chapter 6. In *Reservoir limnology: ecological perspectives* (ed. K. W. Thornton, B. L. Kimmel and F. E. Payne), pp. 133-193. New York: A Wiley-Interscience Publication John Wiley&Sons, Inc.
- Kirchman, D.; K'Neas, E. and Hodson, R. (1985). Leucine Incorporation and Its Potencial as a Measure of Protein Synthesis by Bacteria in Natural Aquatic Systems. *Applied and Environmental Microbiology* 49, 599-607.
- Kisand, V. and Kingel, P. (2000). Dominance of ciliate grazing on bacteria during spring in a shallow eutrophic lake. *Aquatic Microbial Ecology* 22, 135-142.
- Krambeck, H. J.; Milstein, A. and Zoran, M. (1992). Physical aspects of the ecosystem structure of dual purpose reservoirs in the Israeli cosatal area; Preliminary results of a solar driven data adquisition system. *Limnologica* 22, 129-135.
- Lampert, W. (1978). Release of dissolved organic carbon by grazing zooplankton. *Limnology and Oceanography* 23, 831-834.
- Lampert, W. and Sommer, U. (1997). *Limnoecology: The ecology of Lakes and Streams*, pp. 382. New York: Oxford University press.

## References

---

- Latja, R. and Salonen, K. (1978). Carbon analysis for the determination of individual biomasses of planktonic animals. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 20, 2556-2560.
- Laybourn-Parry, J. (1994). Seasonal successions of protozooplankton in freshwater ecosystems of different latitudes. *Marine Microbial Food Webs* 8, 145-162.
- Macek, M.; Šimek, K.; Pernthaler, J.; Vyhnálek, V. and Psenner, R. (1996). Growth rates of dominant planktonic ciliates in two freshwater bodies of different trophic degree. *Journal of Plankton Research* 18, 463-481.
- Mackereth, F. J. H.; Heron, J. and Talling, J. F. (1978). Water analysis: Some revised methods for limnologists. In *FBA Scientific Publication n° 36*, vol. 36, pp. 120.
- Maranger, R. and Bird, D. F. (1995). Viral abundance in aquatic systems: a comparison between marine and freshwaters. *Marine Ecology Progress Series* 121, 217-226.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*, pp. 1010. Barcelona: Ed. Omega.
- Margalef, R.; Mir, M. and Estrada, M. (1982). Phytoplankton composition and distribution as an expression of properties of reservoirs. *Canadian Water Resources Journal* 7, 26-49.
- Mason, C. F. (1996). *Biology of Freshwater Pollution*, pp. 356. Singapore: Longman Group Limited.
- McCauley, E. (1984). The estimation of the abundance and biomass of zooplankton in samples. In *A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters*, vol. 17 (ed. J. A. Downing and F. H. Rigler), pp. 228-265. Oxford: Blakwell.
- Menden-Deuer, S. and Lessard, E. (2000). Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton. *Limnology and Oceanography* 45, 569-579.
- Murphy, J. and Riley, J. P. (1962). A modified single solution for method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 27, 31-36.
- Nakano, S.; Ishii, N.; Manage, P. M. and Kawabata, Z. (1998). Trophic roles of heterotrophic nanoflagellates and ciliates among planktonic organisms in a hypereutrophic pond. *Aquatic Microbial Ecology* 16, 153-161.

- Nixdorf, B. and Arndt, H. (1993). Seasonal changes in the plankton dynamics of a eutrophic lake including the microbial web. *Internationale Revue gesamten Hydrobiologie* 78, 403-410.
- Norland, S. (1993). The relationship between biomass and volume of bacteria. Chapter 35. In *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology* (ed. P. F. Kemp, B. F. Sherr, E. B. Sherr and J. J. Cole), pp. 303-307. London: Lewis Publishers.
- Pace, M. L. (1982). Planktonic ciliates: their distribution, abundance, and relationship to microbial resources in a monomictic lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39, 1106-1116.
- Pace, M. L. and Funke, E. (1991). Regulation of planktonic microbial communities by nutrients and herbivores. *Ecology* 72, 904-914.
- Pace, M. L.; McManus, G. B. and Findlay, E. G. (1990). Planktonic community structure determines the fate of bacterial production in a temperate lake. *Limnology and Oceanography* 35, 795-808.
- Pedrós-Alió, C. and Guerrero, R. (1994). Prokaryotology for the limnologist. In *Limnology now: A paradigm of planetary problems* (ed. R. Margalef), pp. 37-57. Amsterdam: Elsevier Science B.V.
- Peterson, B. J. (1978). Radiocarbon uptake: its relation to net particulate carbon production. *Limnology and Oceanography* 23, 179-184.
- Pinel-Alloul, B. (1995). Spatial heterogeneity as a multiscale characteristic of zooplankton community. *Hydrobiologia* 300/301, 17-42.
- Pomeroy, L. R. (1974). The ocean's food web, a changing paradigm. *Bioscience* 24, 499-504.
- Pomeroy, L. R. and Wiebe, W. J. (1988). Energetics of microbial food webs. *Hydrobiologia* 159, 7-18.
- Porter, K. G. (1996). Integrating the Microbial Loop and the Classic Food Chain Into a Realistic Planktonic Food Web. In *Food Webs. Integration of Patterns&Dinamics* (ed. G. A. Polis, Winemiller, K.O.), pp. 51-59. N. Y.: Ed Chapman&Hall.
- Porter, K. G. and Feig, Y. S. (1980). The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnology and Oceanography* 25, 943-948.

## References

---

- Porter, K. G.; Pace, M. L. and Battey, J. F. (1979). Ciliate protozoans as links in freshwater planktonic food chains. *Nature* 277, 563-565.
- Porter, K. G.; Sherr, E. B.; Sherr, B. F.; Pace, M. and Sanders, R. W. (1985). Protozoa in planktonic food webs. *Journal of Protozoology* 32, 409-415.
- Putt, M. and Stoecker, D. K. (1989). An experimentally determined carbon: volume ratio for marine "oligotrichous" ciliates from estuarine and coastal waters. *Limnology and Oceanography* 34, 1097-1103.
- Riemann, B. (1984). Determining growth rates of natural bacteria by means of [<sup>3</sup>H]thymidine incorporation into DNA: comments on methodology. *Ergebnisse der Limnologie* 19, 67.
- Riemann, B. and Christoffersen, K. (1993). Microbial trophodynamics in temperate lakes. *Marine Microbial Food Webs* 7, 69-100.
- Riemann, B. and Søndergaard, M. (1986). Carbon dynamics in eutrophic, temperate lakes. Amsterdam: Sci. Publ.
- Ruttner-Kolisko, A. (1977). Suggestions for biomass calculations of plankton rotifers. *Archiv für Hydrobiologie ergebnisse der Limnologie* 8, 71-76.
- Sabater, F.; Armengol, J. and Sabater, S. (1991). Physico-chemical disturbances associated with spatial and temporal variation in a Mediterranean river. *Journal of the North American Benthological Society* 10, 2-13.
- Salençon, M. J. and Thébault, J. M. (1997). Modélisation d'écosystème lacustre., pp. 183. Paris: Masson.
- Sanders, R. W. (1990). Bacterivorous flagellates as food resources for the freshwater crustacean zooplankter *Daphnia ambigua*. *Limnology and Oceanography* 35, 188-191.
- Sanders, R. W.; Porter, K. G.; Bennet, S. J. and DeBiase, A. E. (1989). Seasonal patterns of bacterivory by flagellates, ciliates, rotifers, and cladocerans in a freshwater planktonic community. *Limnology and Oceanography* 34, 673-687.
- Sanders, R. W.; Porter, K. G. and Caron, D. A. (1990). Relationship between phototrophy and phagotrophy in the mixotrophic chrysophyte *Poterioochromonas malhamensis*. *Microbial Ecology* 19, 97-109.

- Servais, P.; Billen, G. and Hascoët, M. (1987). Determination of the biodegradable fraction of dissolved organic matter in waters. *Water Research* 21, 45-450.
- Sherr, E. and Sherr, B. (1988). Role of microbes in pelagic food webs: A revised concept. *Limnology and Oceanography* 33, 1225-1227.
- Sherr, E. B. and Sherr, B. F. (1987). High rates of consumption of bacteria by pelagic ciliates. *Nature* 325, 710-711.
- Sherr, E. B. and Sherr, B. F. (1993). Protistan grazing rates via uptake of fluorescently labeled prey. Chapter 80. In *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology* (ed. P. F. Kemp, B. F. Sherr, E. B. Sherr and J. J. Cole), pp. 695-701. London: Lewis Publishers.
- Šimek, K.; Armengol, J.; Comerma, M.; García, J. C.; Chrzanowski, T. H.; Kojecká, P.; Macek, M.; Nedoma, J. and Straškrabová, V. (1999a). Impacts of protistan grazing on bacterial dynamics and composition in reservoirs of different trophic. In *Theoretical Reservoir Ecology and its Applications* (ed. J. G. Tundisi and M. Straškraba), pp. 267-282. Leiden: International Institute of Ecology. Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers.
- Šimek, K.; Armengol, J.; Comerma, M.; García, J. C.; Chrzanowski, T. H.; Macek, M.; Nedoma, J. and Straškrabová, V. (1998). Characteristics of protistan control of bacterial production in three reservoirs of different trophic. *International Review of Hydrobiology* 83, 485-494.
- Šimek, K.; Armengol, J.; Comerma, M.; García, J. C.; Kojecka, P.; Nedoma, J. and Hejzlar, J. (2001). Changes in the epilimnetic bacterial community composition, production, and protist-induced mortality along the longitudinal axis of a highly eutrophic reservoir. *Microbial Ecology* 42, 359-371.
- Šimek, K.; Bobkova, J.; Macek, M.; Nedoma, J. and Psenner, R. (1995). Ciliate grazing on picoplankton in a eutrophic reservoir during the summer phytoplankton maximum: A study at the species and community level. *Limnology and Oceanography* 40, 1077-1090.
- Šimek, K. and Chrzanowski, T. H. (1992). Direct and indirect evidence of size-selective grazing on pelagic bacteria by freshwater nanoflagellates. *Applied and Environmental Microbiology* 58, 3715-3720.

## References

---

- Šimek, K.; Jürgens, K.; Nedoma, J.; Comerma, M. and Armengol, J. (2000). Ecological role and bacterial grazing of *Halteria* spp.: small freshwater oligotrichs as dominant pelagic ciliate bacterivores. *Aquatic Microbial Ecology* 22, 43-56.
- Šimek, K.; Kojecká, P.; Nedoma, J.; Hartman, P.; Vrba, J. and Dolan, J. R. (1999b). Shifts in bacterial community composition associated with different microzooplankton size fractions in a eutrophic reservoir. *Limnology and Oceanography* 44, 1634-1644.
- Šimek, K.; Macek, M.; Pernthaler, J.; Straškrabová, V. and Psenner, R. (1996). Can freshwater planktonic ciliates survive on a diet of picoplankton? *Journal of Plankton Research* 18, 597-613.
- Šimek, K.; Macek, M.; Seda, J. and Vyhnálek, V. (1990a). Possible food chain relationships between bacterioplankton, protozoans, and cladocerans in a reservoir. *International Review of Hydrobiology* 75, 583-596.
- Šimek, K.; Macek, M. and Vyhnálek, V. (1990b). Uptake of bacteria-sized fluorescent particles by natural protozoan assemblage in a reservoir. *Ergebnisse der Limnologie* 34, 275-281.
- Šimek, K. and Straškrabová, V. (1992). Bacterioplankton production and protozoan bacterivory in a mesotrophic reservoir. *Journal of Plankton Research* 14, 773-787.
- Skibbe, O. (1994). An improved quantitative protargol stain for ciliates and other planktonic protists. *Archiv fuer Hydrobiologie* 130, 339-347.
- Sokal, R. R. and Rohlf, F. J. (1995). *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research.*, pp. 850. New York: W. H. Freeman and company.
- Sommaruga, R.; Krössbacher, M.; Salvenmoser, W.; Catalan, J. and Psenner, R. (1995). Presence of large virus-like particles in a eutrophic reservoir. *Aquatic Microbial Ecology* 9, 305-308.
- Sommaruga, R. and Robarts, R. D. (1997). The significance of autotrophic and heterotrophic picoplankton in hypereutrophic ecosystems. *FEMS Microbiology Ecology* 24, 187-200.
- Stabell, T. (1996). Ciliate bacterivory in epilimnetic waters. *Aquatic Microbial Ecology* 10, 265-272.
- Stoecker, D. K. and Capuzzo, J. M. (1990). Predation on Protozoa: its importance to zooplankton. *Journal of Plankton Research* 12, 891-908.

- Straškraba, M. (1998). Limnological differences between deep valley reservoirs and deep lakes. *International Review of Hydrobiology* 83, 1-12.
- Straškraba, M.; Tundisi, J. G. and Duncan, A. (1993). State-of-the-art of reservoir limnology and water quality management. In *Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management*. (ed. M. Straskraba, J. G. Tundisi and A. Duncan), pp. 213-288: Kluwer Academic Publishers.
- Thornton, K. W.; Kimmel, B. L. and Payne, F. E. (1990). Reservoir Limnology: Ecological perspectives, pp. 246. New York: A Wiley-Interscience Publication.
- Uhlmann, D. (1972). Das Staugewässer als offenes System und als Reaktor. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 18, 761-778.
- Uhlmann, D. (1991). Anthropogenic perturbation of ecological systems: a need for transfer from principles to applications. In *Terrestrial and aquatic ecosystems: perturbation and recovery* (ed. O. Ravera), pp. 47-61. Chichester: Ellis Horwood.
- Urabe, J. (1989). Relative importance of temporal and spatial heterogeneity in the zooplankton community of an artificial reservoir. *Hydrobiologia* 184, 1-6.
- Vidal, A. (1977). Eutrofización del embalse de sau en el transcurso de sus primeros años (1963-1972). In *Trabajos de la II Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica.*, pp. 1955-1997. Barcelona.
- Vidal, A. and Om, J. (1993). The eutrophication process in Sau reservoir (NE Spain): A long term study. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 25, 1247-1256.
- Vyhnálek, V. (1994). Determination of chlorophyll *a* in fresh waters using the whole-water technique. *Journal of Plankton Research* 16, 795-808.
- Wehr, J. D. (1991). Nutrient and grazer-mediated effects on picoplankton and size structure in phytoplankton communities. *Internationale Revue gesamten Hydrobiologie* 76, 643-656.
- Weisse, T. (1990). Trophic interactions among heterotrophic microplankton, nanoplankton, and bacteria in Lake Constance. *Hydrobiologia* 191, 111-122.

## References

---

- Weisse, T. (1991). The microbial food web and its sensitivity to eutrophication and contaminant enrichment: a cross-system overview. *Internationale Revue gesamten Hydrobiologie* 76, 327-337.
- Weisse, T. and Müller, H. (1990). Significance of heterotrophic nanoflagellates and ciliates in large lakes: evidence from Lake Constance. Chapter 29. In *Large Lakes. Ecological Structure and Function*. (ed. M. M. Tilzer and C. Serruya), pp. 540-555. New York: Springer-Verlag.
- Weisse, T.; Müller, H.; Pinto-Coelho, R. M.; Schweizer, A.; Springmann, D. and Baldringer, G. (1990). Response of the microbial loop to the phytoplankton spring bloom in a large prealpine lake. *Limnology and Oceanography* 35, 781-794.
- Weisse, T. and Stockner, J. G. (1993). Eutrophication: the role of microbial food webs. In *Strategies for lake ecosystems beyond 2000. Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, vol. 52 (ed. R. Bernardi, R. Pagnotta and A. Pugnetti), pp. 133-150.
- Wickham, S. A. (1995). *Cyclops* predation on ciliates: species-specific differences and functional responses. *Journal of Plankton Research* 17, 1633-1646.
- Wickham, S. A.; Gilbert, J. J. and Berninger, U.-G. (1993). Effects of rotifers and ciliates on the growth and survival of *Daphnia*. *Journal of Plankton Research* 15, 317-334.



**RESUM**



## RESUM

### L'embassament de Sau

L'embassament de Sau és un ecosistema eutròfic (208 mg de clorofil·la  $a\ m^{-2}$ , mitjana anual pel període 1994-2000); monomíctic (es barreja des de desembre fins al març); amb una morfologia corresponent a un embassament de tipus canó, és a dir, llarg, estret i profund (18.5 km de llargada; 1.5 km d'amplada màxima i 63 m de fondària a la presa); amb temps de residència de l'aigua relativament llargs (90 dies, mitjana pel període 1996-2000); i amb unes càrregues molt elevades de nutrients que introdueix el riu Ter ( $10\ g\ m^{-2}\ any^{-1}$  de fòsfor reactiu soluble i  $514\ g\ m^{-2}\ any^{-1}$  de nitrogen inorgànic dissolt, mitjanes del període 1994-2000). Les característiques morfològiques de Sau i la influència de l'entrada del riu Ter, carregat de nutrients, per la capçalera de l'embassament, expliquen la gran heterogeneïtat longitudinal en aquest ecosistema. Aquesta heterogeneïtat espacial fou objecte del present estudi al llarg del període 1996-2000. Tant els aspectes físics, com els químics i els biològics que descriuen l'ecosistema planctònic de l'embassament de Sau es veuen fortament influenciats pel gradient ambiental que s'estén per l'eix espacial riu-presa.

### Gradients longitudinals físico-químics

El tipus de circulació longitudinal del Riu Ter a través de l'embassament de Sau és el resultat de les diferències de densitat entre les masses d'aigua del riu i la columna d'aigua de l'embassament. A partir de les sèries de temperatures mitjanes mensuals a la superfície i al fons de l'embassament i a l'entrada del riu a l'embassament pel període 1964-85, es va poder establir un model empíric de circulació longitudinal

al llarg de l'any. A l'hivern el riu circula pel fons de l'embassament, doncs l'aigua entrant és més freda que la del fons de l'embassament (en fase de barreja). A la primavera el riu s'escalfa més ràpidament que l'aigua superficial de l'embassament, pel que passa a circular per la superfície. L'efecte d'aquesta circulació, és la injecció de nutrients a la capa fòtica de l'embassament, que queda reflectida en els creixements massius del fitoplancton a la primavera. A mida que avança la primavera, la superfície de l'embassament es va escalfant i assoleix temperatures més elevades que les del riu. Llavors el riu s'enfonsa progressivament a capes per sota de la zona fòtica, és a dir, circula a una fondària intermèdia. Durant l'estiu, el riu s'enfonsa per sota de la termoclina de l'embassament i té un efecte d'estabilització tèrmica de la columna d'aigua de l'embassament. Aquesta circulació intermèdia es manté fins a la tardor, quan el riu torna a refredar-se i circular pel fons. Els tres patrons de circulació descrits (profunda, superficial i intermèdia) es succeeixen al llarg de cada any. Però la durada i intensitat de cadascun es veu al mateix temps afectada per la climatologia i la quantitat d'aigua emmagatzemada. Els hivern càlids poden reduir el temps de la circulació profunda. Les riudes a la tardor poden accelerar la barreja de l'embassament. D'aquesta manera, la hidrodinàmica de l'embassament es pot caracteritzar a partir dels patrons horitzontals d'estratificació tèrmica i la circulació del riu dins de l'embassament.

Un dels paràmetres que determina el patró de circulació del riu al llarg de l'embassament és el punt d'enfonsament del riu. Aquest punt separa clarament dins de l'embassament les zones amb característiques lòtiques (de riu) de les zones amb característiques lenítiques (lacustres). A partir de la localització d'aquest punt i, coneixent la composició química de l'aigua abans i després, es pot calcular la quantitat d'aigua del riu que es barreja amb l'epilimnion de l'embassament a cada moment.

La forma en que el riu circula al llarg de l'embassament influeix també en la distribució dels nutrients. Al llarg dels períodes de circulació profunda, intermèdia i superficial del riu, de menys a més nutrients són respectivament injectats a les capes superficials de l'embassament. Les concentracions de soluts al llarg de l'embassament descriuen patrons

decreixents que, en períodes d'estabilitat hidrològica, es poden aproximar a models de cinètica de primer ordre. Les diferències entre les variables conservatives (alcalinitat, clorurs i conductivitat) i les no conservatives (amoni, fòsfor reactiu soluble, i fòsfor i nitrogen totals) ens donaren una estima de la forta activitat biològica que es desenvolupa a l'embassament aprofitant les càrregues de nutrients entrants. Tot i que no sempre es poden aplicar aquestes corbes de caiguda exponencial en la concentració de soluts, de manera general, la qualitat de l'aigua sempre millora considerablement des del riu fins a la presa. La intensitat d'aquests gradients químics al llarg de l'eix longitudinal depèn no solament de la quantitat d'aigua del riu que es barreja amb l'epilimnion, sinó, també de la càrrega de nutrients que aporti el riu, pel grau d'activitat biològica i pels processos de sedimentació dins de l'embassament. Els nutrients que més efectivament són assimilats pels organismes i, per tant, retirats de l'aigua al llarg de l'eix longitudinal de l'embassament són l'amoni i el fòsfor reactiu soluble.

### **Gradients longitudinals biològics, de l'heterotròfia a l'autotròfia**

El següent pas de l'estudi ha estat analitzar l'activitat biològica associada a aquests gradients longitudinals observats en les variables físico-químiques. Les comunitats planctòniques de l'epilimnion de Sau s'han estudiat posant un èmfasi especial als processos heterotròfics microbians, i a partir de vuit campanyes de recollida de mostres al llarg de l'eix longitudinal (des del riu fins a la presa), que cobreixen totes les estacions de l'any (juliol de 1996, abril, juliol, octubre i desembre de 1997, febrer i maig de 1998, i abril de 1999). Per a l'estudi, es van establir nou punts de recollida de mostres, equidistants (uns 1'8km) al llarg de l'embassament (18.5 km de llargada total).

La variació estacional i espacial en l'abundància i l'activitat de les comunitats microbianes de l'epilimnion de Sau ha estat sempre fortament influenciada pel riu. L'elevada càrrega de matèria orgànica que introdueix el riu Ter a l'embassament, provoca una successió de les poblacions

microbianes al llarg de l'eix longitudinal en qualsevol moment de l'any. Les densitats màximes de bacteris, nanoflagel·lats heteròtrofs (HNF) i ciliats es succeeixen una darrera l'altre a la cua de l'embassament. El grau de desenvolupament de la comunitat microbiana es pot relacionar directament amb el tant per cent d'aigua del riu que es barreja amb l'aigua de l'epilimnion de l'embassament. En tres campanyes de recollida de mostres (abril de 1997 i febrer i maig de 1998) s'ha observat un elevat tant per cent de barreja entre el riu Ter i l'epilimnion (>50% de l'aigua de l'epilimnion provenia del riu), el que significa que el riu pràcticament circula per la superfície de l'embassament. En aquestes campanyes s'ha trobat els valors més alts de biomassa i producció bacterianes i, conseqüentment, un desenvolupament molt marcat de les poblacions de protistes. Tot i que hem parlat d'una certa estacionalitat en les condicions hidrològiques que determinen la circulació del riu per l'embassament i la quantitat de nutrients injectats a l'epilimnion, s'ha observat que el processos heterotròfics microbians es troben més directament relacionats amb la hidrologia que amb l'època de l'any. Mentre que en èpoques hivernals (ex. febrer de 1998) on les baixes temperatures i el model de circulació del riu per l'embassament (profunda a l'hivern) ens farien esperar una comunitat microbiana poc important, vam mesurar justament el contrari, una biomassa de ciliats molt elevada que consumia més del 100% de la producció bacteriana, per causa d'una avinguda puntual que va aportar un gran tant per cent d'aigua del riu a l'embassament.

Els màxims d'abundància i biomassa dels principals grups que componen el plàncton de l'embassament de Sau es troben distribuïts de forma heterogènia al llarg de l'eix longitudinal. Els resultats mostren una successió de la cadena tròfica (bacteris, HNF, ciliats, fitoplancton i zooplancton) des del riu fins a la presa, amb una comunitat microbiana que es desenvolupa molt ràpidament a les estacions properes al riu aprofitant els aportats al·lòctons de matèria orgànica. El fitoplancton i el zooplancton es desenvolupen a les estacions de transició entre la part lòtica i la lenítica, i els seus pics sovint es troben associats al punt d'enfonsament del riu. El fitoplancton que es desenvolupa a la zona de transició és l'inici d'una cadena tròfica autòtrofa i alhora constitueix una

font de carboni orgànic dissolt per a les poblacions de bacteris.

### **Els microorganismes a l'embassament de Sau**

L'abundància i composició de les poblacions planctòniques microbianes (bacteris, HNF i ciliats) registrades a l'embassament de Sau són similars a les descrites en altres llacs i embassaments eutròfics. Els màxims d'abundància i biomassa de bacteris, HNF i ciliats, així com les taxes de producció bacteriana i bacterivoria de protistes més elevades, es varen mesurar a la primavera i l'estiu prop de l'entrada del riu a l'embassament. Les poblacions de HNF i ciliats es desenvolupen en aquesta part de l'embassament, ingerint els bacteris del riu, tal i com indiquen les abundàncies i les taxes de bacterivoria d'aquests protistes a les estacions properes al riu. Associat al pic de bacterivoria dels protistes, es va poder observar un canvi significatiu en la composició del bacterioplancton a l'embassament de Sau, amb diferències en les estructures morfològiques i genotípiques d'aquestes poblacions. També es va observar un descens del volum mitjà cel·lular dels bacteris, al temps que els principals grups de la classe Proteobacteria, mostraven un descens aigües avall en les proporcions de la subclasse  $\beta$ -Proteobacteria i el grup de Citòfags/Flavobacteris. Una bacterivoria selectiva per part dels protistes podria explicar aquest canvi significatiu en la mida i l'estructura de la comunitat de les bactèries, indicant de fet l'existència de dos poblacions diferents de bacterioplancton: l'al·lòctona i l'autòctona.

Quan la mortalitat del bacterioplancton és bàsicament deguda a la depredació del protozooplancton, llavors la bacterivoria total dels protistes hauria de quedar compensada amb la producció bacteriana, tal i com succeeix a l'embassament de Sau. Els protistes, especialment els HNF i els ciliats estan reconeguts com els principals consumidors de bacteris. Fent la mitjana, els protistes de l'embassament de Sau consumeixen el 95% de la producció bacteriana. Si es consideren els diversos trams de l'embassament, HNF i ciliats retiren el 40 i el 47%,

respectivament, del total de la producció bacteriana a la part riveriana, on els HNF són més abundants. Aigües avall, especialment a les estacions intermèdies, els ciliats incrementen en nombre i passen a ser els principals protistes en el consum de bacteris, retirant el 64-74% del total de la producció bacteriana, mentre que el consum degut a HNF es redueix 24-37%. Un paràmetre important en els balanços entre la producció bacteriana i la mortaldat de bacteris per la depredació dels protistes és el factor de conversió de la incorporació de timidina. Per tal d'obtenir estimes reals de la producció bacteriana, és necessari l'obtenció d'un factor de conversió empíric ajustat a cada sistema. Encara que en els estudis preliminars s'esperava trobar una gran variabilitat en els factors de conversió empírics, aquests no van mostrar diferències significatives al llarg de l'eix longitudinal de l'embassament ni per les diferents èpoques de l'any. Per aquest motiu, s'ha utilitzat un únic factor de conversió per a l'embassament de Sau:  $4.7 \cdot 10^{18}$  de cèl·lules produïdes per mol de timidina incorporada. Cal destacar que aquest factor empíric és més de dos vegades superior al considerat com teòric ( $2 \cdot 10^{18}$  cèl. mol<sup>-1</sup>) i a altres factors de conversió empírics mesurats en diversos ecosistemes aquàtics continentals.

Entre els HNF de l'embassament de Sau, els principals consumidors de bacteris són els crisomònids, els bodònids i els coanoflagel·lats. Mentre que a la comunitat pelàgica de ciliats, els Oligotrics de mida  $<30\mu\text{m}$  (*Halteria* i *Rimostrombidium*), els Peritrics *Vorticella* i *Epistylis*, i l'Escuticociliat *Cyclidium* són els principals depredadors de bacteris. Altres ciliats pelàgics capaços de consumir bacteris tenen poca importància, donades les seves baixes abundàncies o les seves baixes taxes de retirada de bacteris de l'aigua. Aquests resultats concorden amb la composició dels ciliats bacterívors descrites en altres llacs i embassaments eutròfics.

### **Els ciliats com a principals bacterívors**

Encara que els HNF estan considerats com els principals



consumidors de bacteris en la major part d'aigües dolces, a l'embassament de Sau els principals consumidors de bacteris són els ciliats, tal i com es ve constatat en els darrers treballs a altres ecosistemes eutròfics. Per aquest motiu atribuïm un paper clau als ciliats en la transferència de carboni des del picoplancton cap a nivells tròfics superiors. En aquest flux de carboni destaquen determinats gèneres (ex. *Halteria*) i certs moments a l'embassament amb creixements massius de ciliats (ex. *Rimostrombidium* al febrer de 1998 i *Epistylis* cada primavera).

Els resultats detallats sobre les taxes de consum de bacteris, els volums cel·lulars i les taxes de neteja de bacteris de l'aigua per a cada un dels principals gèneres de ciliats localitzats en aquest embassament eutròfic, aporten informació no només d'aquests valors específics, sinó que serveixen per donar una idea del seu diferent paper ecològic en el plàncton. D'aquesta manera, s'ha constatat que l'Oligotric *Halteria* és el més voraç consumidor de bacteris de la comunitat de ciliats. Aquest petit ciliat que menja per filtració, és una espècie omnívora. *Halteria* té taxes d'incorporació i de neteja de bacteris de l'aigua dos ordres de magnitud més grans que les taxes d'incorporació *in situ* dels HNF, el que significa que és un seriós competidor pels flagel·lats. Aquest gènere ha estat identificat com un consumidor de bacteris molt abundant en llacs meso- i eutròfics. A més, *Halteria* sembla tenir una vulnerabilitat inferior a altres espècies comunes de ciliats com a presa per al metazooplankton. Totes aquestes particularitats ens porten a afirmar que *Halteria* juga un paper clau en l'estructuració de les cadenes tròfiques microbianes de Sau.

### **Importància de la xarxa tròfica microbiana a la comunitat planctònica de Sau**

Tots els grups planctònics de l'embassament de Sau tenen més biomassa a la primavera i l'estiu que a la tardor i l'hivern.

Les proporcions relatives dels grups microbianes i les seves activitats en la zona pelàgica de l'embassament varien tant temporalment com

especialment. Tot i que és sabut que les abundàncies dels microorganismes augmenten amb els aportos de nutrients i la producció primària, es creu que la contribució relativa de la xarxa tròfica microbiana al flux total de carboni disminueix en augmentar l'eutròfia. No obstant això, el present estudi documenta clarament que els microorganismes són els principals components de la xarxa tròfica a la part lòtica d'aquest ecosistema eutròfic. En aquestes zones és on es troben les majors biomasses i activitats microbianes. Això suposaria que en aquesta part de l'embassament existeix una important transferència del carboni orgànic a través dels microorganismes cap a nivells tròfics superiors (zooplancton).

A la zona lacustre de l'embassament, no directament afectada per la contaminació orgànica entrant, les biomasses dels microorganismes són inferiors que les trobades aigües amunt. Tot i així, les activitats microbianes eren elevades, indicant que podien ser una via significativa i eficient en la transferència de carboni del bacterioplancton al zooplancton. Això només és podria demostrar amb mesures directes que confirmin la importància de la ingestió de microorganismes per part del zooplancton. Però diverses observacions ens condueixen cap a aquesta hipòtesi. Per una banda, la major biomassa de zooplankton es troba a les zones de transició i lacustre de l'embassament. Per altra banda, es van mesurar valors molt elevats de producció bacteriana a les zones lacustres a la primavera i l'estiu, què no es poden explicar per la depredació per part dels protistes. Així, a la zona lacustre de les campanyes de juliol de 1997, maig de 1998 i abril de 1999, els protistes consumien escassament un 11% del total de la producció bacteriana. Altres grups situats tròficament darrera dels protistes (els rotífers, cladòcers i fitoflagel·lats) poden ser també importants consumidors de bacteris.

Les proporcions relatives dels grups microbians dins la xarxa tròfica pelàgica de la zona lacustre augmenten a la tardor i l'hivern. En altres sistemes eutròfics s'ha descrit al protozooplancton com el principal regulador de les bactèries durant les èpoques fredes. Mentre que, des de principis d'estiu, la influència del metazooplankton sobre la xarxa tròfica microbiana és important. També s'ha observat a l'embassament

de Sau el que s'anomena Fase Clara. Aquest fenomen es deu al creixement massiu del zooplancton (dominat per *Daphnia*) aprofitant els pics primaverals del fitoplancton. En aquesta fase, l'abundància de bacteris i protistes és molt baixa, al igual que la biomassa de fitoplancton. Tots aquests grups són depredats pel zooplancton.

### **Què controla les poblacions de protistes?**

Encara que tant el recursos alimentaris (bacterioplancton) com la depredació (zooplancton) controlen conjuntament les poblacions de protistes (HNF i ciliats), la importància relativa dels dos tipus de control a l'embassament canvia al llarg de l'eix longitudinal. Tal i com hem vist, els aports de matèria orgànica, elevats a l'entrada de l'embassament, desencadenen una important xarxa heteròtrofa microbiana. Per això, els recursos alimentaris controlen les poblacions de protistes a la part fluvial. Per contra, a la zona lacustre, les abundàncies elevades del zooplankton sempre es relacionen amb una menor biomassa relativa dels microbis, fent intuir un control dels depredadors sobre la xarxa tròfica microbiana.

Aquest control exercit pel zooplancton a la zona lacustre es va poder constatar amb un experiment curt de microcosmos al maig de 2000. Es va dissenyar un experiment per comprovar els dos tipus de control (recursos i depredació). Els resultats van demostrar el control dels metazous sobre els protistes, sobretot sobre els nanoflagel·lats heteròtrofs. Segons el nostre coneixement de la bibliografia, les taxes màximes de creixement de HNF i ciliats, en absència de zooplankton al llarg d'aquest experiment, són les més altes mesurades fins al moment.



**CONCLUSIONS**



## CONCLUSIONS

1. El patró anual de la circulació del riu Ter al llarg de l'embassament de Sau es caracteritza per tres fases: circulació profunda a l'hivern, circulació canviant entre superficial o intermèdia la primavera, i circulació intermèdia situada al nivell de la termoclina a l'estiu i la tardor.
2. La concentració de nutrients de l'epilimnion al llarg de l'embassament disminueix des del riu fins a la presa i, en situacions d'estabilitat hidrològica, es pot aproximar a un model de cinètica de primer ordre. Les concentracions d'amoni i de fòsfor reactiu soluble sempre són les més eficientment reduïdes.
3. L'elevada càrrega de nutrients i matèria orgànica alòctona que aporta el riu Ter a l'embassament és la base per al desenvolupament d'una cadena alimentària heteròtrofa composta pels següents esglaons tròfics: bacteris, nanoflagel·lats heteròtrofs i ciliats. Les densitats màximes d'aquests organismes, així com les seves activitats associades (producció bacteriana i bacterivoria per part del protistes), es desenvolupen successivament des de l'entrada del riu.
4. El grau de desenvolupament de les comunitats microbianes a l'embassament de Sau depèn directament de la hidrologia, i més concretament, del tant per cent de barreja de l'aigua del riu Ter amb l'aigua de l'embassament. Les biomasses i activitats dels microorganismes que es desenvolupen a Sau són més importants a tants per cents elevats de barreja (>50%).
5. Seguint la xarxa microbiana heteròtrofa, un gradient autòtrof (fitoplancton i zooplancton) es desenvolupa a la resta de l'embassament, amb els seus màxims d'abundància a la zona de transició entre la part riveriana i la

lacustre. Aquest és el punt de partida d'una xarxa tròfica basada en la producció de matèria orgànica autòctona.

6. A l'embassament de Sau, dos grans fonts de carboni orgànic mantenen el creixement bacterià: una font al·lòctona a partir dels aportats del riu i una font autòctona a partir de la producció primària del fitoplancton.
7. El factor de conversió empíric per a la incorporació de timidina tritiada de les poblacions bacterianes de l'embassament Sau és de  $4.7 \cdot 10^{18}$  cèl·lules  $\text{mol}^{-1}$  de timidina. Aquest factor no presenta variacions significants ni en l'espai ni al llarg del temps.
8. Els protistes de l'embassament de Sau consumeixen, de mitjana, el 95% del total de la producció bacteriana. A les zones més properes al riu domina la bacterivòria deguda als nanoflagel·lats heteròtrofs. Mentre que a la resta de l'embassament són els ciliats els majors consumidors de bacteris (consumint el 64-74% de la producció bacteriana). Els ciliats van tenir un paper destacat com a bacterívors.
9. Dins la comunitat pelàgica dels ciliats, els principals gèneres depredadors de bacteris són: els Oligotrics de mides  $<30\mu\text{m}$  (*Halteria* i *Rimostrombidium*), els Peritrics *Vorticella* i *Epistylis* i l'Escuticociliat *Cyclidium*, ordenats en ordre d'importància segons densitat i consum de bacteris.
10. *Halteria* és un gènere clau dins la xarxa tròfica microbiana, tant per la seva presència quasi permanent i dominant dins la comunitat de ciliats, com per les seves taxes de bacterivòria.
11. Els aportats de matèria orgànica a la part fluvial de l'embassament afavoreixen el desenvolupament d'una xarxa heteròtrofa microbiana que controla el plàncton d'aquesta zona. Per contra, el zooplancton controla les poblacions microbianes a la zona lacustre de l'embassament.



