

ALQUÍBLA

Boletín informativo de la

Asociación
Ibérica de
Limnología

Associação
Ibérica de
Limnologia

AIL



Año 2015. Nº54

ALQUIBLA se publica una vez al año por la Asociación Ibérica de Limnología, para distribuir a sus miembros y otros colectivos la información y los trabajos en relación con el agua y sus múltiples facetas, tanto teóricas como aplicadas. Está disponible en formato PDF en la página web de la asociación en <http://www.limnologia.eu> donde también pueden descargarse los números anteriores.

Toda la correspondencia relacionada con este boletín, así como contribuciones al mismo deben enviarse al encargado de Publicaciones de la Asociación, por correo electrónico o bien ordinario:

C/ Porche, 2 – 1º. 46920 - Mislata (Valencia)
Teléfono: 649 836 836. E-mail: juan.soria@uv.es

Edita: ASOCIACION IBÉRICA DE LIMNOLOGIA
ISSN: 1134-5535. Depósito Legal: M-44149-1988

Directiva de la Asociación Ibérica de Limnología:

Presidencia: Antonio Camacho (Univ. Valencia)

Vicepresidencia: Manuel S. Graça (Univ. Coimbra)

Tesorería: Juan Miguel Soria (Univ. Valencia)

Secretaría: Arturo Elósegui (Univ. País Vasco)

Vocales: Isabel Muñoz (Univ. Barcelona)

Julia Toja (Univ. Sevilla)

Nuria Bonada (Univ. Barcelona)

Maria Joao Feio (Univ. Coimbra)

Sergi Sabater (Univ. Girona – ICRA)

Eugenio Rico (Univ. Autónoma Madrid)

Pablo Almela (Univ. Autónoma Madrid)

Para todos vosotros, un nuevo número con los contenidos habituales.



In Memoriam: Maria Rieradevall (1960-2015)

Núria Bonada, Miguel Cañedo-Argüelles, Núria Cid, Biel Obrador, Pablo Rodríguez-Lozano and Iraima Verkaik

Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona (UB),
Diagonal 643, 08028 Barcelona, Catalonia, Spain.

On October 15th 2015, our friend, colleague, and mentor Maria Rieradevall passed away. She was born in Barcelona (February 23th 1960), where she grew up combining her studies with outdoor activities related to nature.

Maria finished the Degree in Biology at the University of Barcelona in 1983. She was initially fascinated by marine ecology but soon after started to discover the beauties of freshwaters (“bentos dolç” or “sweet benthos” as she used to call it in the lab). She graduated in 1991 with a PhD thesis on the benthos of the Banyoles Lake and under the supervision of Prof. Dr. Narcís Prat.

Maria was a very versatile researcher who helped to advance the knowledge of Iberian limnology. She studied a wide variety of ecosystems, from rivers to lakes to coastal lagoons, focusing on macroinvertebrates (specially Chironomidae) as model organisms. Her contributions on these topics have been acknowledged by many national and international researchers. In the following sections, we aim to pay tribute to Maria by reviewing her contribution to research, and highlighting her past passion for teaching, mentoring, and her strong commitment with scientific outreach.

Chironomidae

Maria was fascinated by Chironomidae and was one of the worldwide specialists on this group. She combined morphological with caryological characters to describe larvae and pupa (Michailova *et al.*, 1994), and described several new species records for the Iberian Peninsula and for several South American countries (Rieradevall *et al.*, 2007; Prat *et al.*, 2013). In addition to the taxonomic notes, Maria also contributed to understand the ecology and, in particular, the environmental factors determining Chironomidae communities in Mediterranean Iberian rivers and coastal lagoons (e.g., Sahuquillo *et al.*, 2008; Puntí *et al.*, 2009). Her interests for Chironomidae extended also to the study of the fossil record of Chironomidae in lakes, contributing also with a taxonomic key of Tanypodinae based on cephalic setation that has been used by many researchers (Rieradevall & Brooks, 2001). She was so excited by Chironomidae that she seemed to see





them in many places in her life. For example, we all remember how often she identified the contour of the north side of the Montserrat Mountain with a mentum of Chironomidae larvae (Figure 1).

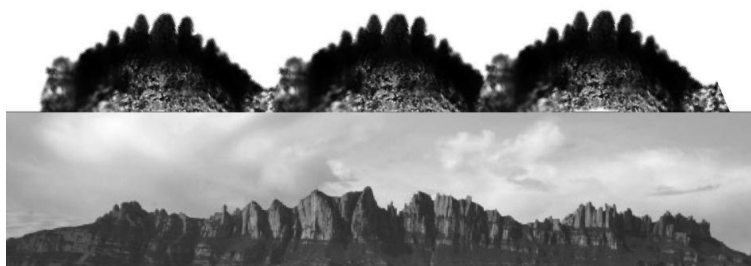


Figure 1. Parallelism between the contour of the north side of the Montserrat Mountain (Barcelona) with a mentum of Chironomidae larvae. Paralelismo entre la silueta de la cara norte de Montserrat (Barcelona) y el méntum de una larva de Quironómido

Paleolimnology of lakes

Maria's passion for Chironomidae was also very useful for understanding how past events have shaped the present. By studying the ecological preferences of the present Chironomidae communities, she used the fossil records of Chironomidae in lake sediments to infer past climate and habitat conditions. Using this technique she took an amazing journey from the Holocene period in Ordesa Natural Park (Valero-Garcés *et al.*, 2013) to the Medieval times in Lake Estanya (Morellón *et al.*, 2009). During that journey she was able to reveal the traces of past agricultural expansion in Bassa de la Mora (Pérez-Sanz *et al.*, 2013), understand how climate has changed in the past (Valero *et al.*, 2010), and how aquatic ecosystems have reacted to global warming during the last decades (Catalán *et al.*, 2015).

Costal lagoons and wetlands

Maria devoted part of her research to studying one of the most endangered ecosystems in the planet: coastal lagoons and wetlands. She was very concerned about how human action was rapidly and profoundly transforming coastal ecosystems, and she particularly worried about the situation of the Llobregat Delta. Maria understood urban deltas as mosaics, little islands of water and life surrounded by human-made structures. She found that freshwater effluents rich in nutrients were leading to the eutrophication of most coastal lagoons (Cañedo-Argüelles *et al.*, 2012a), and that the hydrology of the lagoons was a key driver of the biochemical processes (Roselli *et al.*, 2013), the organization of the invertebrate communities (Cañedo-Argüelles & Rieradevall, 2010), and the colonization of new habitats (Cañedo-Argüelles & Rieradevall, 2011). Finally, she participated in the design and implementation of a new biotic index that used Chironomidae pupal exuviae to assess the ecological status of coastal lagoons and wetlands in the context of the European Water Framework Directive (Cañedo-Argüelles *et al.*, 2012b).

Biomonitoring of rivers

Maria's research career also stands out for her contributions to several tools to assess the ecological status of rivers. For example, she cofounded the ECOBILL team who was pioneer in the study of the ecological status of Iberian rivers and was also an active member of the GUADALMED project. Her creative ideas and her large field experiences were very valuable to adapt the BMWP' index to Mediterranean rivers (IBMWP, Alba-Tercedor *et al.*, 2002), or to design the QBR index to assess the quality of riparian vegetation (Munné *et al.*, 2003) and the IHF for instream habitat diversity (Prat *et al.*, 2009). Her research in this field also extended to other regions, contributing to develop biomonitoring tools for South American rivers (the CERA protocol,



www.ub.edu/fem). In addition, more recently she was involved in the European project MIRAGE (www.mirage.eu) and the Life project TRivers (www.lifettrivers.eu) to design tools for the biological quality assessment of intermittent rivers (e.g., see Prat *et al.*, 2014; Cid *et al.*, 2016).

Drought and fire in Mediterranean streams and rivers

Within her research on river ecosystems, she was one of the first to consider two important natural disturbances affecting Mediterranean ecosystems that commonly co-occur: drought and fire. She notably contributed to the study of intermittent streams and rivers (e.g., Rieradevall *et al.*, 1999; Chaves *et al.*, 2008; García-Roger *et al.*, 2011; Cid *et al.*, 2016), and inspired the work of others following this topic. For instance, she used the ratio EPT/OCH to assess the level of flow intermittency in Mediterranean rivers (Bonada *et al.*, 2006).

Regarding fire, she was a pioneer beginning the studies of the effects of fire in streams in 1993 and received an award to visit Australia to compare her data with those collected in Australia. She led two consecutive and complementary projects (FURIMED and FURIMED 2) that contributed to understand the effects of fire in Mediterranean rivers (Vila-Escalé, 2007; Verkaik *et al.*, 2013a; Rodríguez-Lozano *et al.*, 2015a). She demonstrated that extreme seasonal drought may override wildfire effects in stream macroinvertebrate communities (Verkaik *et al.*, 2013b) and that past wildfires can also modify key ecosystem processes such as leaf litter breakdown (Rodríguez-Lozano *et al.*, 2015b).

Passion for teaching

Maria was a true university professor. Her passionate and demanding understanding of the role a professor plays in the University influenced her colleagues and students. She taught a wide variety of courses, from general community ecology to limnology and paleoecology, and covered both applied and fundamental perspectives at graduate and postgraduate levels. She devotedly prepared her classes and participated actively in any aspect of teaching and student management. Her efficient organizational skills were recognised by her academic colleagues in any coordination activity she was involved. Her students' motivation and performance increased as a result of her ability to translate difficult issues into accessible things. In her classes, full of art and history, Calder's mobiles represented the interconnectivity of ecosystems, and paleo proxies (i.e. fossil Chironomidae, tree rings) were the Rosetta Stone to read the past climate.

Maria enjoyed her classes, and her true belief to go towards the highest quality in university teaching brought her to lead and participate on different teaching innovation projects. As a result, Maria's teaching heritage includes conference presentations, lab manuals, and publications on innovative teaching methodologies such as Problem Based Learning (Mauri *et al.*, 2009; Llorente *et al.*, 2011).

Scientific outreach

Along her research career, Maria put lots of efforts on bringing her research to the general public. Her creativity, imagination, and her passion for teaching were very valuable to design tools that are being used by many social groups. Her drawing of the health status of Mr. River linked to the biological quality of a river is an example of her original ideas to share her research. No one who saw her dancing with her hands on the head to reproduce Simuliidae antennae will ever forget how these larvae catch their food.

Among all her contributions, her main highlight was probably the design and implementation of the "Projecte Rius" program (www.projecterius.org), an environmental education program that aims to bring biomonitoring of river ecosystems to the society. Following this, she was a key member in the development of the cell phone application Riu.net to assess the ecological status of a study site.



Maria as mentor

Along her research career, Maria supervised 23 Bachelor/Master, 5 PhD, and 2 ongoing PhD theses and trained a generation of very enthusiastic researchers who are following her paths.

She was a very demanding mentor. She not only demanded scientific excellence, she also demanded integrity, teamwork, creativity, enthusiasm and, above all, independent thinking. She demanded all that because she had those qualities, and she knew that they were extremely important to be successful in the scientific career. Her way to the top was not easy, and she wanted her students to be ready for healthy competition. Maria always had time for a meeting with her students and she took the meetings very seriously. Proof of this is that they were efficient and long at the same time. No matter what she had, all could wait. She enjoyed talking to students, explaining new concepts, opening their minds to innovative ideas. She asked for reports and manuscripts on a regular basis. When you delivered a report or a paper to her you knew that it would come back to you full of changes and comments (it was mostly black when you had written it, it was mostly red when it came back to you). She looked into every detail, nothing escaped her strict scrutiny. She could be hard sometimes, but that is because she knew that science (as a professional career) is hard, and we needed to be ready for criticism. However, in the end, she was the person you could always count on. She put all her energy and time on her students. She expected a lot from them because she gave them all she had.

Nevertheless, and above all these research contributions, Maria was a caring wife to her husband Narcís and their family. She could easily end a meeting with nice, proud, and fascinated words about her beloved son Ernest. Now that her river of life has reached the sea, we are all feeling honoured for taking part in her journey and we are grateful for her ideas and creativity, which will remain among us. Maria Rieradevall... what a nice family name for a woman who worked so devotedly in understanding and preserving rivers!

More information about the personal and scientific biography of Maria: www.ub.edu/fem
www.mariarieradevall.name

References

- ALBA TERCEDOR, J., JÁIMEZ-CUÉLLAR, P., ÁLVAREZ, M., AVILÉS, J., BONADA I CAPARRÓS, N., CASAS, J., ... & RIERADEVALL I SANT, M. 2002. Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP'). *Limnetica*, **21**(3-4): 175-185.
- BONADA, N., RIERADEVALL, M., PRAT, N., & RESH, V. H. 2006. Benthic macroinvertebrate assemblages and macrohabitat connectivity in Mediterranean-climate streams of northern California. *Journal of the North American Benthological Society*, **25**(1): 32-43.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M., & RIERADEVALL, M. 2010. Disturbance caused by freshwater releases of different magnitude on the aquatic macroinvertebrate communities of two coastal lagoons. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **88**(2): 190-198.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M., & RIERADEVALL, M. 2011. Early succession of the macroinvertebrate community in a shallow lake: response to changes in the habitat condition. *Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters*, **41**(4): 363-370.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M., RIERADEVALL, M., FARRÉS-CORELL, R., & NEWTON, A. 2012a. Annual characterisation of four Mediterranean coastal lagoons subjected to intense human activity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **114**: 59-69.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M., BOIX, D., SÁNCHEZ-MILLARUELO, N., SALA, J., CAIOLA, N., NEBRA, A., & RIERADEVALL, M. (2012b). A rapid bioassessment tool for the evaluation of the water quality of transitional waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **111**: 129-138.
- CATALAN, J., PLA, S., RIERADEVALL, M., FELIP, M., VENTURA, M., BUCHACA, T., ... & GRYTNES, J. A. 2002. Lake Redó ecosystem response to an increasing warming the Pyrenees during the twentieth century. *Journal of Paleolimnology*, **28**(1): 129-145.
- CHAVES, M. L., RIERADEVALL, M., CHAINHO, P., COSTA, J. L., COSTA, M. J., & PRAT, N. 2008. Macroinvertebrate communities of non-glacial high altitude intermittent streams. *Freshwater Biology*, **53**(1): 55-76.
- CID, N., VERKAIK, I., GARCÍA-ROGER, E. M., RIERADEVALL, M., BONADA, N., SÁNCHEZ-MONTOYA, M. M., ... & BUFFAGNI, A. 2016. A biological tool to assess flow connectivity in reference temporary streams from the Mediterranean Basin. *Science of The Total Environment*, **540**: 178-190.



- GARCÍA-ROGER, E. M., DEL MAR SÁNCHEZ-MONTOYA, M., GÓMEZ, R., SUÁREZ, M. L., VIDAL-ABARCA, M. R., LATRON, J., ... & PRAT, N. 2011. Do seasonal changes in habitat features influence aquatic macroinvertebrate assemblages in perennial versus temporary Mediterranean streams?. *Aquatic Sciences*, **73**(4): 567-579.
- LLORENTE, G. A., M. SOLER, M. I. ALVARO, B. ARIAS, C. AULADELL, J. AZCON, N. BONADA N., J. FERRER, J. GOMA, J. MARTINEZ, E. M. MATEOS, F. MESTRES, M. RIERADEVALL & D. VINYOLÉS. 2011. Biología I: una experiencia de aprendizaje activo para asumir competencias generales y específicas. Cuadernos de Docencia Universitaria 21. ICE-UB (Institut de Ciències de la Educació-Universitat de Barcelona) y Ediciones OCTAEDRO S.L. Barcelona.
- MAURI, T., COLOMINA, R., MARTÍNEZ I TABERNER, C., & RIERADEVALL I SANT, M. 2009. La adquisición de las competencias de autorregulación. Análisis de su concepción y aprendizaje en diferentes estudios universitarios. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, **2**(2): 33-60.
- MICHAILOVA, P., RIERADEVALL, M., & REAL, M. 1994. New chromosome arm combination of genus *Glyptotendipes* Kieff (Diptera, Chironomidae). *Caryologia*, **47**(1): 81-95.
- MORELLÓN, M., VALERO-GARCÉS, B., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., VEGAS-VILARRÚBIA, T., RUBIO, E., RIERADEVALL, M., ... & LÓPEZ-VICENTE, M. 2011. Climate changes and human activities recorded in the sediments of Lake Estanya (NE Spain) during the Medieval Warm Period and Little Ice Age. *Journal of Paleolimnology*, **46**(3): 423-452.
- MUNNÉ, A., PRAT, N., SOLA, C., BONADA, N., & RIERADEVALL, M. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **13**(2): 147-163.
- PÉREZ-SANZ, A., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., MORENO, A., VALERO-GARCÉS, B., GIL-ROMERA, G., RIERADEVALL, M., ... & SANCHO, C. 2013. Holocene climate variability, vegetation dynamics and fire regime in the central Pyrenees: the Basa de la Mora sequence (NE Spain). *Quaternary Science Reviews*, **73**: 149-169.
- PRAT, N., FORTUÑO, P., & RIERADEVALL, M. 2009. Manual d'utilització de l'Índex d'Hàbitat Fluvial (IHF). *Diputació Barcelona*.
- FORNELLS, N. P., ACOSTA, R., & I SANT, M. R. 2013. Presence of *Symbiodiellus wygodzinskyi* Roback, 1965 (Diptera, Chironomidae). *Graellsia: revista de zoologia*, **69**(1): 117-121.
- PRAT, N., GALLART, F., VON SCHILLER, D., POLESSELLO, S., GARCÍA-ROGER, E. M., LATRON, J., ... & DE GIROLAMO, A. M. 2014. The mirage toolbox: an integrated assessment tool for temporary streams. *River Research and Applications*, **30**(10): 1318-1334.
- PUNTÍ, T., RIERADEVALL, M., & PRAT, N. 2009. Environmental factors, spatial variation, and specific requirements of Chironomidae in Mediterranean reference streams. *Journal of the North American Benthological Society*, **28**(1): 247-265.
- RIERADEVALL, M., N. BONADA, & N. PRAT. 1999. Community structure and water quality in the Mediterranean streams of a natural park (St. Llorenç, del Munt, NE Spain). *Limnetica*, **17**: 45-56.
- RIERADEVALL, M. & S. J. BROOKS. 2001. An identification guide to subfossil Tanyptodinae larvae (Insecta: Diptera: Chironomidae) based on cephalic setation. *Journal of Paleolimnology*, **25**: 81-99.
- RIERADEVALL, M., M. L. CHAVES & N. PRAT. 2007. High altitude Chironomidae (Diptera) of Serra da Estrela (Portugal): additions to the portuguese and iberian peninsula fauna. *Graellsia*, **63**(2): 273-278.
- RODRÍGUEZ-LOZANO, P., I. VERKAIK, M. RIERADEVALL & N. PRAT. 2015a. Small but powerful: top predator local extinction affects ecosystem structure and function in an intermittent stream. *PLoS One*, **10**(2): e0117630.
- RODRÍGUEZ-LOZANO, P., M. RIERADEVALL, M. A. RAU & N. PRAT. 2015b. Long-term consequences of a wildfire for leaf-litter breakdown in a Mediterranean stream. *Freshwater Science*, **34**(4): 1482-1493.
- ROSELLI, L., CAÑEDO-ARGÜELLES, M., GOELA, P. C., CRISTINA, S., RIERADEVALL, M., D'ADAMO, R., & NEWTON, A. 2013. Do physiography and hydrology determine the physico-chemical properties and trophic status of coastal lagoons? A comparative approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **117**: 29-36.
- SAHUQUILLO, M., M. R. MIRACLE, M. RIERADEVALL & R. KORNÍJOW. 2008. Macroinvertebrate assemblages on reed beds, with special attention to Chironomidae (Diptera), in Mediterranean shallow lakes. *Limnetica*, **27**(2): 239-250.
- VALERO-GARCÉS, B. L., MORENO CABALLUD, A., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., MORELLÓN, M., RICO, M. T., CORELLA, J. P., ... & LÓPEZ-MERINO, L. 2010. Evolución climática y ambiental del Parque Nacional de Picos de Europa desde el último máximo glacial. *Organismo Autónomo Parques Nacionales (España). Proyectos de investigación en parques nacionales 2006-2009*: 55-71.
- VALERO-GARCÉS, B. L., OLIVA-URCIA, B., MORENO CABALLUD, A., RICO HERRERO, M. T., MATA-CAMPO, P., SALAZAR-RINCÓN, A., ... & PÉREZ SANZ, A. 2013. Dinámica glacial, clima y vegetación en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido durante el Holoceno. *Organismo Autónomo Parques Nacionales (España). Proyectos de investigación en parques nacionales 2009-2012*: 7-37.
- VILA-ESCALÉ, M., VEGAS-VILARRÚBIA, T., & PRAT, N. 2007. Release of polycyclic aromatic compounds into a Mediterranean creek (Catalonia, NE Spain) after a forest fire. *Water Research*, **41**(10): 2171-2179.
- VERKAIK, I., M. RIERADEVALL, S. D. COOPER, J. M. MELACK, T. L. DUDLEY & N. PRAT. 2013a. Fire as a disturbance in mediterranean climate streams. *Hydrobiologia*, **719**: 353-382.
- VERKAIK, I., VILA-ESCALÉ, M., RIERADEVALL, M., & PRAT, N. 2013b. Seasonal drought plays a stronger role than wildfire in shaping macroinvertebrate communities of Mediterranean streams. *International Review of Hydrobiology*, **98**(6), 271-283.



Contenidos del boletín Alquibla Nº 54, 2015

XVIII Congreso de la Asociación Ibérica de Limnología	2
¡Limnoiberia cabalga de nuevo!/Limnoiberia rides again!	4
Datos limnológicos a largo plazo/Limnological long-term data	7
Reseñas, noticias y comentarios:	
Cine y limnología	8
Narcís Prat, premiado por su labor de divulgación	17
Libro “Ramon Margalef, ecólogo de la biosfera. Una biografía científica”	19
Libro “Ecología de reservatórios e interfaces”	20
Curso “Systems Ecology and Ecosystems Theory”	21
Resúmenes Tesis Doctorales, TFM y TFG:	
CRISTINA SALGADO. Microbial decomposers diversity and litter decomposition along an altitudinal gradient in tropical and temperate streams ecosystems.	
MARIA SORIA. A meta-analysis on the biodiversity in perennial and intermittent rivers (CHAPTER 1). Macroinvertebrate patterns between perennial and intermittent rivers in reference and non-reference conditions: a comparison between the Mediterranean basin and Chile (CHAPTER 2).	
CARMEN GABALDÓN TEBAR. Persistence, niche differentiation and ecological similarity in two cryptic rotifer species.	
NURIA FLOR ARNAU. Diversidad, ecología y usos en bioindicación de algas caráceas y macrófitos en la Península Ibérica.	
CRISTINA COCCIA. La invasión biológica de <i>Trichocorixa verticalis</i> en Doñana, sureste de España.	
CARLOS EDO CUESTA. A study of aerosols as transport system for cyanotoxins.	
SARA CUBERO ALGUACIL. Microbial decomposers diversity and litter decomposition along an altitudinal gradient in tropical and temperate streams ecosystem.	
DANIEL BRUNO COLLADOS. Structural and functional responses of Mediterranean riparian communities to environmental filters.	
PABLO ALMELA GÓMEZ. Estudio de la red trófica de tapetes microbianos de la Península Byers, Antártida.	
ODEI BARREDO DÍAZ. Bioacumulación de As, Se, Cd y Hg en macroinvertebrados de la cuenca minera del Nalón (Asturias, España): niveles base en condiciones de referencia.	
DOMIPEX ‘Effects of labile DOC additions over DOM dynamics as a function of discharge variability’	40
Listado de artículos publicados en Limnetica 2015	55

XVIII Congreso de la Asociación Ibérica de Limnología



Asociación
Ibérica de
Limnología

Associação
Ibérica de
Limnologia

AIL



IRTA
INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA
AGROALIMENTARIA

El agua es vida

La Asociación Ibérica de Limnología (AIL) y el Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) de la Generalitat de Catalunya, le invitan a participar en el **XVIII Congreso de la Asociación Ibérica de Limnología** que se celebrará en Tortosa (Cataluña, España) del 4 al 8 de Julio de 2016.

El pasado Congreso de la AIL en Santander tuvo como lema “entendiendo la resiliencia de los ecosistemas acuáticos: la base de un futuro sostenible”, y la web del evento iniciaba el texto de presentación con la popular expresión “el agua es vida”. Nosotros hemos adoptado esta expresión como lema del Congreso, tanto por su mensaje científico como social, pues el agua es esencia de vida para los seres vivos y las sociedades. Este lema es compartido por el movimiento social del Sur de Cataluña (Terres de l’Ebre), capitaneado por la Plataforma en Defensa de l’Ebre, a favor de una nueva forma de entender el uso del agua que permita una convivencia armónica de los humanos en la naturaleza. La gente de estas tierras tiene claro que el agua (aquí representada por el gran Ebro) es mucho más que economía, es también sociedad, paisaje, naturaleza, ocio, cultura, identidad y símbolo, algo que últimamente se ha convenido en llamar “servicios ecosistémicos”.

Los ecosistemas acuáticos, en todas sus manifestaciones, proveen funciones y servicios de magnitudes impresionantes, pero a menudo difíciles de cuantificar. Sin embargo, los Ibéricos están fuertemente impactados y son muy vulnerables a las actividades humanas y los fenómenos naturales extremos, aunque a la vez muestran una sorprendente capacidad de recuperación si se gestionan adecuadamente. Los persistentes conflictos por la disponibilidad de recurso, así como los crecientes impactos causados por inundaciones y sequías, ponen de manifiesto la precariedad con la que todavía se aborda la gestión integral de este recurso básico para nuestra civilización, más aún en un escenario de cambio climático que se agrava.

Los ecosistemas acuáticos Mediterráneos son buenos ejemplos de ecosistemas “noveles” que sufren cambios permanentes de difícil comprensión por su complejidad, donde la concurrencia de múltiples factores de estrés supone un reto para la Limnología. En este contexto, la visión ecosistémica propugnada por Ramón Margalef cobra su mayor sentido... Tratamos de comprender sistemas dinámicos y complejos, en constante evolución, donde nuestra especie forma parte “naturalmente” de un entramado termodinámico y juguetón. También cobra sentido recuperar esta visión “Margalefiana” en el contexto geográfico del Congreso, pues el Profesor tenía sus raíces familiares muy cerca de aquí (su apellido es común en el Sur de



Cataluña) ¿Sabían que en la famosa comarca vinícola del Priorat hay un pueblo llamado Margalef, donde el río Montsant (afluente del Ebro) “sufre” el embalse de Margalef? ¡Esperamos que lo puedan descubrir en una de las excursiones del Congreso!

El Congreso se desarrollará a la orilla del río Ebro en su tramo final, muy cerca del Delta, flanqueados por la impresionante cordillera de Els Ports, enmarcado en el ámbito de la Reserva de la Biosfera de las Terres de l'Ebre y de sus dos Parques Naturales. Un entorno extraordinario para poder explorar ecosistemas acuáticos únicos: bienvenidos al dominio de las marismas, marjales, lagunas costeras, bahías, surgencias de agua, arrozales, salinas, estuarios, grandes ríos, embalses y arroyos de montaña. Un sistema complejo y dinámico asociado a la desembocadura de uno de los grandes ríos ibéricos, que recibe en mayor o menor grado todos los impactos de una extensa cuenca. Este gran sistema entre la tierra y el mar sufre pues diversas presiones pero, al mismo tiempo, ha sido objeto de grandes proyectos de mitigación, restauración o recuperación, como la construcción de filtros verdes, la restauración de bosques de ribera, la creación de nuevos humedales o la descontaminación del embalse de Flix. Toda esta experiencia acumulada en el estudio y restauración de los ecosistemas fluviales y deltaicos, será puesta en valor en el marco del Congreso.

El XVIII Congreso de la AIL quiere promover una visión multidisciplinar e innovadora de la Limnología, que permita integrar los avances realizados en distintos campos de conocimiento básicos de disciplinas como la ecología, la fisiología, la química, la física, la geomorfología y la hidrología, entre muchas otras; que se someterán a análisis y debate en un entorno espectacular, en la segunda zona húmeda más importante del Mediterráneo Occidental.

Esperamos su participación en este excitante evento.

Más información en: www.limnologia2016.org

En nombre del comité organizador,

Carles Ibáñez, Director del Programa de Ecosistemas Acuáticos del IRTA





¡Limnoiberia cabalga de nuevo!/Limnoiberia rides again!

Los miembros de la AIL quizá recuerden que el año pasado unos socios, pertenecientes al Grupo de Investigación del Agua, lanzamos la iniciativa LIMNOIBERIA. En breve, pretendíamos poner a disposición de cualquiera esos estudios de limnología gris, generados casi siempre con dinero público y que nunca se hacen públicos, pero que pueden servir para mejorar el conocimiento, o incluso hablar por primera vez, de ambientes o de aspectos de las aguas continentales. Los estudios se confeccionan mayoritariamente en formato electrónico y se venden muy baratos, casi al precio de coste. Suelen llevar numerosas gráficas y fotografías, además de un resumen y leyendas de figuras y tablas en inglés. Todos se pueden conseguir en la hoja "web" www.humedalesibericos.com.

AIL members might recall that some scientists belonging to the Spanish Water Research Group launched the LIMNOIBERIA Initiative last year. In short, we attempted at disseminating the Spanish grey limnology, most of which is funded by public money but that is rarely published. These studies may broaden the knowledge of, or even dealing for the first time with, limnosystems. They are published as e-books and sold very cheaply, almost at their cost price. They usually include many figures and photographs, also having long English summaries and bilingual legends of tables and figures. All can be gathered from www.humedalesibericos.com.

Los últimos volúmenes disponibles son los siguientes/*Recent books are the following:*

LA LAGUNA DE ZÓÑAR Y LA ELIMINACIÓN DE SUS CARPAS (Limnoiberia nº 4)

En este libro se refieren los datos limnológicos y botánicos obtenidos en la laguna de Zóñar (Córdoba) antes y después de la retirada masiva de carpas realizada en los meses de junio y julio de 2006. Se describe la laguna de Zóñar, se evalúan los aportes externos de agua, sus variables físico-químicas, nutrientes, aportes de nutrientes, tasas de sedimentación, perfiles de diversas variables y nutrientes en un punto central de la cubeta, fitoplancton, zooplancton, vegetación subacuática en sus aspectos cualitativos y cuantitativos y, finalmente, se discuten aspectos relacionados con la gestión de esta zona húmeda.

EFFECTS OF CARP WITHDRAWAL ON ZÓÑAR LAKE LIMNOLOGY (Limnoiberia # 4)

This book reports limnological and botanical data gathered from Zóñar lake (Córdoba, Southern Spain) before and after carp withdrawal carried out in June and July 2006. In addition to lake description, external water inputs, nutrient loadings, settling rates of particulate nutrients, nutrient dynamics, plankton dynamics and submerged plant responses are covered here over more than a year after carp withdrawal. The environmental management of this lake is also taken into account.

CONTAMINACIÓN DEL RÍO GUADARRAMA (Limnoiberia nº 5)

Este trabajo comienza señalando brevemente algunos procesos de interés para la calidad del agua en esta cuenca, así como una sucinta descripción de la misma. Dentro de los resultados, se mencionan la localización y el estado de los vertidos de aguas residuales, la caracterización físico-química de las aguas fluviales (caudal, temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto, sólidos en suspensión, nutrientes, metales pesados y compuestos orgánicos), especialmente en cuanto a las condiciones que suponen para la vida de los peces, realizándose después una discusión de los resultados con vistas a proporcionar una imagen del estado actual de la físico-química de la cuenca del Guadarrama, desde su nacimiento hasta el límite de la Comunidad Autónoma de Madrid con la de Castilla-La Mancha. Finalmente y tras las conclusiones, se proponen algunas recomendaciones de gestión ambiental para facilitar la recuperación de la calidad de los ecosistemas fluviales de la cuenca del río Guadarrama.

**GUADARRAMA RIVER POLLUTION (Limnolberia # 5)**

This book deals with some interesting processes of water quality in Guadarrama river catchment (Madrid, Central Spain). Results report site location of wastewater inputs and water quality of streams (discharge, temperature, pH, salinity, dissolved oxygen, nutrients, heavy metals and organic compounds), mostly relating them to life conditions of fish. This information enables us to provide a picture of the current physico-chemical status of this catchment in Madrid County. Some recommendations for managing this impaired basin are reported intending to restore water quality of this stream environment.

INVASIÓN DE AZOLLA EN DOÑANA (Limnolberia nº 6)

Durante buena parte de la década pasada, el helecho tropical *Azolla filiculoides* ha invadido los humedales del Parque Nacional de Doñana. Este estudio plurianual refiere los resultados habidos durante su estudio, centrándose en las condiciones ambientales y antrópicas que hicieron posible su proliferación masiva por gran parte del humedal y realizando sugerencias para la gestión futura de sus poblaciones.

THE AZOLLA INVASION OF WETLANDS (Limnolberia # 6)

The aquatic tropical fern Azolla filiculoides invaded Doñana National Park wetlands (Southwestern Spain) during the last decade. This multiyear study reports the results of a research project, aimed at describing man-made and environmental conditions enhancing its mass development throughout most areas of the wetland. We also make some suggestions to tackle with their populations in the near future.

TRAMPA DE NUTRIENTES EN LA COLA DE MENDIXUR (Limnolberia nº 7)

Se trata de una bahía muy contaminada del embalse de Ullivarri-Ganboa (Álava), el cual es usado para ocio y abastecimiento a grandes poblaciones del País Vasco. Se trataba de comprobar cuánta carga de nutrientes se eliminaba por sedimentación y por ingestión por los macrófitos sumergidos durante un año en dicha bahía, que está represada impidiendo parcialmente el paso del agua hacia la zona principal del embalse.

MENDIXUR BAY AS NUTRIENT TRAP (Limnolberia # 7)

Mendixur bay is a water body connected to the Ullivarri-Ganboa reservoir (Alava), which is devoted to water supply and recreation for big cities (Vitoria, Bilbao) of Northern Spain. Mendixur bay is separated from the main reservoir body by a retention facility. Our study aimed at evaluating the performance of that bay for retention of nutrients coming from catchment wastewaters. The main processes removing nutrients are sedimentation and uptake by submerged macrophytes, which were measured over an annual cycle.

IMPACTO DE LAS DEPURADORAS SOBRE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS (Limnolberia nº 8)

Lamentablemente, muchos ecosistemas acuáticos de gran valor padecen la llegada de aguas residuales tratadas en depuradoras. Los efectos de esta contaminación son múltiples y son revisados en este libro dedicado a algunos casos concretos en Castilla-La Mancha, en el cual se considera el funcionamiento de cada depuradora y el impacto que ejerce sobre cada humedal en cuestión. El libro finaliza con unas propuestas de mejora de cada depuradora para paliar dichos efectos.

ENVIRONMENTAL IMPACT OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS ON LAKES (Limnolberia # 8)

Regrettably, many valuable limnosystems experience changes arising from entering partially treated wastewater. Its environmental effects are numerous and are reviewed in this book, dealing with case studies in Castilla-La Mancha County (Southern Spain). The book also makes some proposals to improve wastewater treatment in order to mitigate its effects on lakes and wetlands of the area.



LIMNOLOGIA DE CANTALEJO (Limnolberia nº 9)

En Cantalejo (Segovia) hay varias lagunas someras sobre arenales, las cuales reciben el agua residual tratada de una depuradora cercana. A pesar del tratamiento, la condición ecológica de las lagunas lleva muchos años empeorando. Este libro describe el contexto hidrogeológico local, junto con el funcionamiento de la depuradora y de cuatro de dichas lagunas, incluyendo datos sobre factores abióticos, plancton, macrófitos y macroinvertebrados. Al término del mismo, se refieren una serie de recomendaciones para la gestión ambiental de las lagunas y del agua residual que reciben.

CANTALEJO LIMNOLOGY (Limnolberia nº 9)

There are several shallow lakes in Cantalejo (Segovia, Central Spain) that experience treated wastewater inputs from a nearby treatment plant. In spite of the treatment, the environmental status of the lakes has been impaired for long. This book describes the hydrogeological local context, along with treatment plant performance and lake features, dealing with abiotic factors, plankton, macrophytes and macroinvertebrates. We also suggest some recommendations to improve environmental management of the lakes and their receiving polluted inputs.

FUTUROS LIBROS PARA 2015-2016/FORTHCOMING BOOKS OF LIMNOIBERIA

Limnolberia nº 3. Flor Ribera. Un pescador de río cuenta su vida. Editado por Miguel Alvarez Cobelas & Santos Cirujano Bracamonte. En versión electrónica y en papel como libro artístico. *A fisherman recalls his long life in a flooding wetland. Edited by Miguel Alvarez-Cobelas and Santos Cirujano-Bracamonte. This book can be purchased as e-book and artistic book as well.*

Limnolberia nº 10. Limnología de las lagunas del Guadiana. Edición a cargo de Oscar Soriano Hernando. *Limnology of Spanish Guadiana lakes. Edited by Oscar Soriano-Hernando.*

Limnolberia nº 11. Limnología de un espacio urbano: Las Rozas de Madrid. Editado por Miguel Alvarez Cobelas. *Limnology of a urban environment (Las Rozas de Madrid, Central Spain). Edited by Miguel Alvarez-Cobelas.*

Limnolberia nº 12. Limnología de un ambiente cárstico (Somolinos, Guadalajara). Editado por Miguel Alvarez Cobelas. *Limnology of a karstic environment (Somolinos, Guadalajara, Central Spain). Edited by Miguel Alvarez-Cobelas.*



DATOS LIMNOLÓGICOS A LARGO PLAZO *LIMNOLOGICAL LONG-TERM DATA*

A pesar de la utilidad de los estudios a largo plazo para múltiples aspectos del conocimiento ecológico y aunque algunas instituciones los realicen, los datos generados rara vez se ponen a disposición de las personas potencialmente interesadas que no hayan participado en aquéllos. Los motivos son numerosos y no vamos a entrar aquí en ellos. Solo queremos facilitar aquí los nuestros gratuitamente como una manera de animar a otros investigadores para que hagan lo mismo.

El estudio lo está realizando Miguel Alvarez Cobelas en la laguna de Las Madres (Madrid), un ambiente meromítico de origen artificial. Comenzó en 1991 y se prolonga hasta la actualidad (2015). Mensualmente se miden la meteorología (temperatura del aire, velocidad del viento, radiación solar), la transparencia del agua, la temperatura del agua, el oxígeno disuelto, el pH, la conductividad, los nutrientes de nitrógeno y fósforo y la clorofila "a" en la columna de agua. El formato de salida de los datos es Excel, se cuelgan una vez acabado cada año y son de libre uso. Se pueden descargar de www.humedalesibericos.com.

In spite of the usefulness of long-term studies for many features of limnological knowledge and the fact that some scientific institutions undertake these studies, data are seldom aired for people who do not participate in gathering them. Reasons are many and we are not dealt with them here. Suffice is here to give our data as an attempt to encourage other limnologists to do the same.

This study is carried out by Miguel Alvarez Cobelas in an artificial, meromictic lake close to Madrid. It started in 1991 and is still in progress (2015). Monthly, meteorology (air temperature, wind velocity, solar radiation), Secchi disk, water temperature, dissolved oxygen, pH, conductivity, N and P nutrients and chlorophyll-a are measured in the water column. The Excel format is used to depict data, which are loaded once in a year and that can gathered for free. They can be downloaded from www.humedalesibericos.com.



Cine y Limnología

Miguel Álvarez Cobelas

Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Serrano 115 dpdo., 28006 Madrid

A cualquier persona interesada por el cine y la ecología acuática, enseguida le vienen a la cabeza unas cuantas películas que transcurren en el mar, empezando –quizá– por Moby Dick o por cualquiera de piratas. En el caso de los paisajes de aguas continentales, ya es otro cantar. ¿Cuántos limnólogos podrían mencionar alguna película donde los ecosistemas acuáticos tengan algún papel, aunque sea pequeño?

Mi propósito aquí es mencionar algunas películas en las cuales aparezcan ecosistemas acuáticos continentales o algunos de sus componentes. No tiene pretensiones de exhaustividad, pero agradecería cualquier adición. En general, hay muy pocas cintas que transcurran en un ambiente acuático continental durante todo el metraje; en la mayor parte de los casos, se trata de algunas escenas, a veces importantes para el desarrollo del film, a veces irrelevantes, pero que el limnólogo puede saborear y/o descifrar.

En esta lista, pasaré por alto la ingente cantidad existente de documentales (a excepción de uno, que me parece una gran obra) y de películas o series de televisión, aunque valga la pena mencionar aquí Cañas y barro (Rafael Romero Marchent, 1978), adaptación para la tele de esa novela, la cual también habla de limnología, y que fue escrita por Vicente Blasco Ibáñez hace más de un siglo. La mayoría de las películas que citaré aquí las he visto, aunque bastantes hace muchos años; y la memoria es bien traicionera, como bien sabían Marcel Proust y Celso Arévalo.

Ambientes estancados

Que yo sepa, la película más antigua donde sale un lago es Amanecer (Sunrise, 1928), una cinta muda de Friedrich W. Murnau, rodada en EE UU. Murnau es un cineasta-clave del expresionismo alemán, director de Nosferatu, entre otras. Amanecer describe las vicisitudes de un triángulo amoroso, pero al final de la misma hay una larga secuencia nocturna de una tempestad en un lago, con la pareja de protagonistas “buenos” remando como locos, pasándolo fatal y naufragando.

En el clásico de James Whale Frankenstein (1931), la primera dedicada al pobre monstruo desgraciado sin nombre, hay una escena magnífica, la de su encuentro con la niña al borde del lago. La película, en blanco y negro y ya hablada, está tan bien rodada que en esa escena se ve perfectamente la vegetación acuática sumergida.

Las guerras entre blancos e indios en Norteamérica comienzan con la conquista española. Durante el dominio inglés, hubo varias que en realidad escondían un conflicto mundial entre los imperios inglés y francés. En la frontera entre las colonias norteamericanas de uno y otro, cada cual trataba de alistar en su bando a las numerosas tribus indígenas que allí vivían. Una película que retrata esto es Paso al Noroeste



(Northwest Passage, King Vidor, 1940), con Spencer Tracy haciendo de protopersonaje de John Ford durante una época que transcurre un siglo antes de las famosas películas sobre la caballería yankee. Combates, machismos y heroicidades aparte, la película cuenta con unas bellas secuencias en los bosques, los lagos y los ríos del NE americano, al norte del estado de Nueva York y al sur del estado de Quebec. En particular, hay un salvamento tremebundo de alguien o algo (no recuerdo quién o qué ahora) por los “valientes” militares en medio de un río caudalósísimo.

Un personaje importantísimo de la película de Jean Renoir Aguas pantanosas (Swamp water, 1941) es el humedal donde acontece la aventura, rodada en Okefenokee, un sitio entre Georgia y Florida. La película describe la difícil vida de un proscrito, que habita en un pantano salvaje, con cipreses, mosquitos y caimanes, pero –y ese es uno de los mensajes de la película– son mucho peores los humanos que el ambiente decididamente hostil. Es una de las primeras películas que filmó gran Renoir, hijo del ilustre impresionista Pierre Auguste Renoir, en su exilio de EE UU, huyendo de los “malvados” nazis.

Sobre humedales hay varias películas recientes. Una es la co-producción francesa Zaman, el hombre de los juncos (Zaman, l’homme des roseaux, dirigida por Amer Alwan en 2003), aparentemente rodada en los ambientes del Tigris y el Eufrates, donde se describe la vida de los árabes de las marismas y su contraste con la vida en las ciudades iraquíes. El humedal está bien retratado, especialmente la vegetación emergente, y se ven las viviendas construidas en las zonas más elevadas del mismo. También se ve cómo se traslada la gente en pequeñas barcas a remo y con perchas, y cómo pescan y se relacionan a través del agua.

Otra película que transcurre en un humedal es la alemana Antaño el río fue un hombre (Der Fluss war einst ein Mensch, Jan Zabeil, 2011), rodada en el delta del Okavango (Botswana). Al ser en color, están muy bien retratados la vegetación acuática, el color del agua, los barcos pobretes, los árboles, los grandes animales, etc. La película describe el encontronazo de un alemán de ciudad con las personas que viven en el humedal y la incompreensión entre ambos no procede tanto de no compartir el idioma como de lo alejado de las dos culturas. Cualquiera de nosotros lo hubiera pasado muy mal allí si se nos hubiese muerto el guía, como le pasa al prota.

Otro lago excepcionalmente bien retratado es Mikolajskie, ambiente polaco donde transcurre casi toda la película El cuchillo en el agua (Nóż w wodzie, 1962), una de las primeras de Roman Polanski antes de marcharse a Hollywood. La película, rodada durante la época comunista, describe la insatisfacción vital de un trío de intelectuales (dos hombres y una mujer) y sus vicisitudes más o menos perversas durante unos días de vacaciones que pasan en ese lago somero, gran lugar de investigaciones limnológicas de la escuela polaca en los años 60-80 del siglo pasado. Y sí, en blanco y negro y todo, se ven estupendamente el agua, la vegetación emergente, la tormenta, la lluvia...

El lago de Como, en el norte de Italia, ha sido escenario de muchas películas, sobre todo, por las hermosas villas que tapizan algunas de sus orillas. A bote pronto, hay escenas del lago en Rocco y sus hermanos (Rocco



e i suoi fratelli, Luchino Visconti, 1960), *Ocean's Twelve* (2004, Steven Soderbergh), alguna de James Bond (*Casino Royale*, 2006, Martin Campbell)...

Siguiendo con los cineastas italianos, el mismo Visconti retrata bastante bien el malsano ambiente acuático veneciano en su famosísima *Morte a Venezia* (1971), en la cual prácticamente se “huele” la anoxia de los canales. Venecia ha sido también escenario de multitud de películas, como algunas de James Bond y de Indiana Jones (la tercera, si no recuerdo mal, donde también salía Sean Connery haciendo de padre de Indy). Más antigua que esas es la tiernísima *Las noches de Cabiria* (*Le notti di Cabiria*), realizada por Federico Fellini en 1957, donde nos cuenta las aventuras de una inocente prostituta, que sufre unos intentos de asesinato al principio y al final de la cinta durante sendos robos. Lo interesante para nosotros aquí es que uno y otro acontecen en ambientes acuáticos: el segundo, en el lago Bracciano (creo), un lago volcánico del centro de Italia; el primero en un río, el Tíber, quizá, un simple canal fluvial con orillas totalmente deforestadas.

Más películas en humedales: *Beasts of the wild South* (*Bestias del Sur salvaje*, 2012, debida a Benh Zeitlin) fue rodada en los humedales del delta del Mississippi y relata la (mala) vida de unos seres humanos muy pobres que viven allí y padecen inundaciones súbitas que les dejan sin nada. Tampoco puedo olvidar aquí la muy reciente y premiada *La isla mínima* (2014), del cineasta sevillano Alberto Rodríguez, un policíaco ambientado durante los primeros años de la democracia, con un retrato magnífico de la marisma antropizada y cultivada del Guadalquivir, artes y barcos de pesca incluidos. Y una película inglesa que transcurre en un humedal oriental de la isla es *Waterland*, aquí titulada *El país del agua* (1992, Stephen Gyllenhaal); la cinta la protagoniza un Jeremy Irons joven y describe la interacción entre historia individual e historia colectiva; y el humedal está muy bien filmado.

Los cineastas mexicanos también han hecho contribuciones a este apartado, rodadas en canales y chinampas (islas artificiales). En blanco y negro, el Indio Fernández (Emilio Fernández Romo) inmortalizó esos humedales con la ayuda de la famosa actriz Dolores del Río en la película *María Candelaria* (1943), también llamada *Xochimilco*, que es el nombre de lo que hoy queda del antiguo macrolago azteca en el sureste de la ciudad. Muchos años más tarde, ya en color, Enrique Rivero muestra las aguas oscuras repletas de carbono orgánico de todos los tamaños, los altos árboles en las islas artificiales, el calor saliendo del agua en invierno en su aburridísima cinta *Mai morire* (2012).

Una directora argentina, Ana Piterbarg, ha ambientado una peripecia policial en el delta del Paraná, en el humedal de El Tigre, muy bien fotografiado en su época invernal, con un ambiente grisáceo, neblinoso y tristón, y unas acciones sórdidas, sangrientas, desengañadas e infelices a cargo de Viggo Mortensen. Estoy hablando de la película *Todos tenemos un plan* (2012).

Volviendo a los lagos, la primera película de cine negro donde uno tiene un papel relevante es *La dama del lago* (*The lady in the lake*, 1947), de Robert Montgomery, basada en la novela de Raymond Chandler del mismo título y filmada en un pequeño lago de montaña californiano donde se ven los restos de geología glaciaria y el bosque de coníferas que rodea al lago donde se oculta un cadáver. Muchos años después, unas



escenas terribles acontecen en el Tahoe durante la película de Francis Ford Coppola El padrino II (The Godfather Part II, 1974), cuando el jefe de la familia mafiosa Michael Corleone (Al Pacino) ordena matar a su hermano, cosa que un sicario hace durante una jornada de pesca en un día muy gris del lago. Al fondo, las montañas de Nevada observan la escena.

El lago Ness es escenario de muchas películas. Ahora solo recuerdo dos, una buena y una tonta. La primera es de Billy Wilder (La vida privada de Sherlock Holmes, 1970), en la que el insufrible detective acude al lago a investigar unos sucesos extraños; el amigo H acabará descubriendo que el famoso monstruo es el prototipo de un submarino cuyos planos quiere robar una espía alemana de la que se enamorará; lo más chocante de la cinta son los colores oscuros de orillas y aguas, poco naturales. La película tontaina se llama Lago Ness (Loch Ness, 1996, John Henderson); está protagonizado por el televisivo Ted Danson que hace de limnólogo contratado para descubrir al famoso monstruo usando un barquito con ecosondas y un ayudante becario: gracias a la hija de la patrona de su pensión (y futura novia), nuestro héroe descubre que Nessie es hembra y ha procreado monstruitos, como ya predijeran Sheldon & Kerr (1972, *Limnology and Oceanography* 17: 796-798).

En un lago de Africa tipo-playa, con flamencos (¿Nakuru, en Kenia?) se rodaron algunas secuencias de una película *The constant gardener* (El jardinero fiel, 2005, Fernando Meirelles), basada en una novela de John LeCarré, donde se describen los manejos de las multinacionales farmacéuticas. Las imágenes lacustres, si no recuerdo mal, se refocilan en los colores de las orillas, la sedimentación, las bacterias bentónicas, todo en planos muy breves, pero emocionante para cualquier limnólogo.

Cambiando de continente, tenemos la reciente cinta rusa de Andrei Konchalovsky, cuyo título aquí ha sido El cartero de las noches blancas (Belye nochi pochталона Alekseya Tryapitsyna, 2014). La peli tiene un tufo a propaganda de Putin y describe las pacíficas vidas de unas gentes que viven en el Parque Nacional del lago Kénozero, situado en la zona de Arkangelsk e integrado por un montón de lagos. El cartero del título es un hombre que reparte la correspondencia y el dinero de las pensiones a la gente que vive aislada al borde de aquéllos y, un buen día, se encuentra con que le han robado el motor de la lancha con la que hacía los recorridos. La película está filmada durante el verano nórdico y lo más interesante para un limnólogo son las orillas lacustres, el color del agua, las plantas litorales y, poco, la avifauna palustre.

Entre las películas contra el fundamentalismo islámico, destaca la llamada *Le chagrin des oiseaux* (Timbuktu, 2014), realizada por Abderrahmane Sissako y ambientada en un país al sur del Sahara (¿Mali o similar?). Además de escenas en un gran río (¿el Níger?) rodeado de dunas, también se ve una gran charca donde va a abreviar el ganado, y que es escena de un crimen inocente, valga la paradoja. La película describe un paisaje moral y político, pero también otro natural, éste bastante bien.

En la Península Ibérica, las lagunas de Ruidera han sido escenario de algunas películas. Que yo sepa, la primera fue una con el tema del último mohicano, titulada *Uncas: el fin de una raza* (1965), una coproducción realizada por Mateo Cano, donde salen un montón de lugareños disfrazados de indios. Luego,



en 1977, la guapa estarlete Amparo Muñoz protagonizaría allí una de destape, ambientada en una época pseudomedieval y llamada Del amor y la muerte, que fue dirigida por Antonio Giménez Rico, quien elabora un remake carpetovetónico de la famosa película de John Huston de título parecido. Más recientemente, tenemos un improbable encuentro entre Shakespeare y Cervantes en las lagunas (Miguel y William, 2007, a cargo de Inés Paris) y El capitán Trueno y el Santo Grial (2011, Antonio Hernández), donde el héroe del tebeo imperial tiene un encuentro con unos “malos” en la laguna Salvadora, mientras cae el agua por la cascada desde la laguna Lengua.

Y el gran documental del que hablaba más arriba: La pesadilla de Darwin, un ejemplo extraordinario de limnología aplicada que debería analizarse en los cursos de la especialidad. La cinta describe la compleja realidad de las pesquerías de los lagos centroafricanos (Darwin's nightmare, 2004, a cargo de Hubert Sauper), especializadas en producir pescado (perca del Nilo, *Lates niloticus*, un pez introducido en el lago Victoria) para el voraz mercado europeo. Esquilación de las pesquerías autóctonas, cambios en la red trófica del lago, burócratas de la UE, pilotos rusos ex-militares, prostitución local, armas, explotación de los pescadores y de los obreros en las fábricas de producción de filetes para envasar, corrupción de las autoridades locales, contaminación por la materia orgánica de los restos de pescado, ¿quién da más en una película sobre nuestra disciplina?

¿Y no hay ninguna peli donde salgan embalses? Ahora solo recuerdo unas escenas de Doctor Zhivago (David Lean, 1965), donde Alec Guinness hace de general soviético hermano del infeliz héroe de Pasternak y que están filmadas en el embalse de Aldeadávila (Salamanca). La presa, sus instalaciones monumentales y el agua saliendo de ella impresionan al más pintado, sea limnólogo o no. También hay al menos una película china reciente, Naturaleza muerta (Still life 2006, a cargo de Jia Zhangke), un trozo de la cual transcurre en el embalse de las Tres Gargantas, una obra faraónica del régimen chino; la película describe los conflictos familiares y sociales producidos por la transición del comunismo de Estado al capitalismo de Estado; el agua del embalse, que ya sabemos eutrofizada porque somos unos limnólogos muy leídos y escritos, tiene un ominoso color gris.

Ambientes fluviales

La primera película que conozco donde un río tiene papel es El héroe del río, gran cinta cómica muda a cargo de Buster Keaton (1928, Steamboat Bill jr.), que hace de petimetre de ciudad y debe hacerse cargo del barco fluvial de su cascado padre. La película está llena de gags graciosísimos e incluye precipitaciones tormentosas, desbordamiento de ríos, salvamentos in extremis, vegetación terrestre inundada. No da respiro al espectador. Ni al limnólogo.

L'Atalante (1934) es una peli sonora de Jean Vigo, rodada en el Sena a bordo de una barcaza que transporta materiales. Es una historia de amor de dos jóvenes, pero también una buena descripción de un canal fluvial



muy antropizado e incluye una magnífica interpretación del gran actor francés Michel Simon en el papel de marinero de agua dulce cascarrabias y borrachín.

Las orillas degradadas del río Grande en la frontera entre EE UU y México son el escenario de las secuencias finales del películón *Sed de mal* (*A touch of evil*, 1958), un policiaco de Orson Welles con grandes interpretaciones de él mismo y de Marlene Dietrich, entre otros. En esas secuencias, el corrupto jefe de policía se ve perseguido y muerto por un poli mexicano entre los desmontes urbanos de la ribera fluvial.

Jean Renoir, ya citado más arriba, dedicó –al menos– dos cintas a los ríos. La primera la rodó cerca de París y es la deliciosa *Una partie de campagne* (*Un día de campo*, 1936), una oda al deseo amoroso y al gozo de vivir. En su metraje final, un joven vidador seduce a la hija joven de la familia que ha ido a pasar el día al río y lo hace en la espesura de un bosque de galería de una isla fluvial, muy bien filmada.

El río es otra película de Renoir, realizada mucho más tarde (1950, *The river*) en la India y donde se aprecian unas vistas en color del Ganges en el seno de una película sobre una familia de ingleses y el choque cultural que experimentan al residir en un país como la India. Más o menos en los mismos años, hay una hermosa cinta del cineasta hindú Satyajit Ray, *Pather Panchali* (1955, aquí titulada *La canción del camino*), quien muestra unas imágenes de un río donde pueden apreciarse bien el canal fluvial y sus orillas legamosas, erosionadas y muy deforestadas por la agricultura y el ganado.

La primera película española donde aparece un río y, además, habla de la contaminación fluvial es *Las aguas bajan negras*, basada en una novela de Armando Palacio Valdés y dirigida por José Luis Sáenz de Heredia en 1947. La cinta describe la lucha entre ganaderos y mineros en la aparentemente idílica Asturias de mediados del siglo XIX. Pero la minería, ya se sabe, contamina el paraíso y ennegrece las aguas de nuestros ríos salmoneros.

Basada también en una novela, *Las ratas* de Miguel Delibes, la película del mismo título describe las atribuladas vidas de unas pobres gentes que sobreviven en un río de Castilla la Vieja dedicadas a la caza de la rata de agua (*Arvicola sapidus*). La película, dirigida por Antonio Giménez Rico en 1997, acaba con un asesinato; hasta que llega, el avisado espectador puede disfrutar de un río estrecho, muy limpio, con vegetación de ribera y sumergida, caza con una especie de vara leñosa, pasiones primarias y un niño –llamado el Nini– protoecologista.

Otra novela, esta vez de José Luis Sampedro, da lugar a la cinta *El río que nos lleva*, dirigida por Antonio del Real en 1988. Más pasiones desbocadas en el submundo de los gancheros del Tajo, gente dedicada a bajar troncos por el río, una actividad muy común en los cursos fluviales de la Península Ibérica anterior a la proliferación de los embalses. Esta película no la he visto, pero sospecho que debe tener algunos planos de los que el limnólogo arriscado puede disfrutar sin avergonzarse.

Ya en años más recientes, Manuel Gutiérrez Aragón filma *El rey del río* en 1996, donde nos cuenta la educación sentimental de un joven de buena familia que vive en el norte de España y se dedica, en sus ratos



libres, a la pesca del salmón. Un buen día captura un ejemplar enorme y luego lo lleva a cocinar. Si no recuerdo mal, el asunto desencadena la explosión de un conflicto entre familias que hasta entonces permanecía larvado. El río está muy bien filmado y los lances de pesca se dejan querer.

Al año siguiente, Montxo Armendáriz rueda *Secretos del corazón*, una de esas películas delicadas que hablan de historias inconfesables dentro de las familias. Repetidamente sale un río a su paso por un pueblo y está tan bien filmado que –creo recordar– se puede vislumbrar el perifiton.

Dejando ya nuestro solar, hay dos novelas de Mark Twain parte de las cuales transcurren en el río Mississippi. Se trata de *Las aventuras de Tom Sawyer* y *Las aventuras de Huckleberry Finn*. Ambas han tenido varias adaptaciones cinematográficas. Yo solo he podido ver una versión de la primera a cargo del director Norman Taurog en 1938, que retrata bien en color la vegetación de ribera, el légamo pardo oscuro, las raíces del bosque de galería, el agua gris-marronosa y, sobre todo, la libertad de que disfrutaban los chicos cuando se van a vivir al río.

La famosísima *Apocalypse now* (Francis Ford Coppola, 1979) transcurre durante la guerra del Vietnam, como todo el mundo sabe, pero se rodó en Filipinas. La cinta cuenta fundamentalmente el viaje Mekong arriba de una patrulla de americanitos en busca de un militarote descarriado y resulta una buena descripción del colonialismo y de los horrores de cualquier guerra. ¿Un ecólogo acuático con qué podría quedarse, además? La patrullera surca unas aguas con mucho carbono orgánico donde –de cuando en cuando– aparecen unas islas flotantes de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*); el bosque llega en muchos casos hasta el canal fluvial, a base de enormes árboles, entre los cuales pueden esconderse tigres; la lluvia torrencial arrastra sedimentos hacia el río cuyos márgenes muestran las oscilaciones del caudal debidas, presumiblemente, a los monzones; río arriba, antes de llegar a la plantación francesa, hay unas escenas misteriosas con una neblina espesa causada por la radiación de onda larga que emite el río.

Ambientada en los años '20 del siglo pasado, *El río de la vida* (*A river runs through it*, 1992) es una película de Robert Redford que ocurre en los ríos salmonícolas de EE UU. Según parece, porque no le he visto, dedica bastante metraje a la pesca.

La moda del “rafting” fluvial en España probablemente deba mucho a la película *Río salvaje* (*The river wild*, 1974, dirigida por Curtis Hanson), que transcurre en un cauce turbulento de EE UU y donde Meryl Streep se deshace de “los malos” entre grandes mojaduras, vuelcos, disparos y demás actividades “de aventura”.

Siguiendo en América, pero al sur del Ecuador, el cineasta alemán Werner Herzog ha rodado un par de películas. La primera es *Aguirre, der Zorn Gottes* (*Aguirre, la cólera de Dios*, 1972), en la cual la lujuriente e inhóspita naturaleza del ¿Orinoco? resulta un actor tan deslumbrante como Klaus Kinski en su papel del ferocísimo Aguirre. El agua y la vegetación están muy bien filmados.

Otra cinta posterior es *Fitzcarraldo* (1982) donde se relata la abracadabrante construcción de un teatro de la ópera en Manaus, en pleno Amazonas. Además de a una Claudia Cardinale ya madura, pero guapísima,



vemos la épica del transporte de un barco fluvial a través de la selva y una tormenta tropical con arrastre de sedimentos.

En ríos africanos, la película más clásica es *La reina de África* (*The African queen*, debida a John Huston en 1952), con Katherine Hepburn y Humphrey Bogart, triscando por un río caudaloso y un lago terminal en un barquichuelo traqueteante durante la Primera Guerra Mundial. El río es bastante protagonista, con sus rápidos, su corriente muy caudalosa, sus piedras en medio del cauce, sus zonas angostas, el humedal terminal de vegetación tupida en la desembocadura al lago, sus sanguijuelas, sus mosquitos. Una gran película de aventuras con detalles limnológicos impagables.

Los ríos han sido objeto de numerosas escenas en películas del Oeste americano. Un río es imprescindible para que beban los caballos y para que descansen y se bañen los jinetes, pero eso los hace proclives a las emboscadas, bien durante su cruce –que debe ser necesariamente lento–, bien durante la acampada. Las películas de Sam Peckinpah *Major Dundee* (1965) y *The wild bunch* (*Grupo salvaje*, 1969) muestran una batalla casi nocturna a caballo en medio del río somero y un tiroteo a mediodía contra los ladrones de un tren que escapan con unas cajas de armas, respectivamente. Las escenas de la primera son oscuras y feroces; las del tiroteo muestran un cauce atravesado por un puente, con una vegetación de ribera a base de tarayes o árboles similares (salt cedars) y unos taludes blandos, acaravados y rojizos en las orillas.

No es extraño, pues, que haya bastantes filmes con la palabra “río” en el título. A algunas se lo ha puesto el doblaje español, como es el caso de *Río de sangre* (*The big sky*, 1952), debida a Howard Hawks. Pero luego tenemos *Río Rojo*, *Río Bravo*, *Río Lobo* (las tres de Hawks también, producidas en 1948, 1959 y 1970, respectivamente), *Río Grande* (1950, John Ford), *Río Conchos* (1964, a cargo de Gordon Douglas), entre otras. Aunque los argumentos lógicamente difieran, las escenas fluviales de todas ellas se confunden en mi memoria.

Y ahora, un parrafito de “alta cultura”: en la última versión del clásico shakesperiano *Macbeth* (2015, dirigida por el australiano Justin Kurzel), el paisaje tiene un papel decisivo y está muy bien filmado. Sale algún lago de lejos, pero lo más notable son los arroyos anastomosados de las tierras altas de Escocia, por los que cabalgan los personajes enfebrecidos por la ambición, la violencia y el miedo. Paisajes retratados en otoño, no dan ganas de ir a muestrear allí, por si acaso se te aparecen las tres brujas y te cambian (para muy mal) la vida.

Algunas cintas de aventuras en tierras extrañas, como las series de *Tarzán* y *Cocodrilo Dundee* tienen que ver con animales traicioneros, monstruosos y malignos, como son los grandes saurios fluviales. Las vi hace tanto tiempo que apenas recuerdo otra cosa que alguna lucha a muerte donde gana siempre el primate humano. Con animales (semi)acuáticos, pero más malos que la tiña, ha habido otros productos cinematográficos de baja estofa, como *Piraña* (*Piranha*, 1978, Joe Dante) o *Anaconda* (1997, Luis Llosa), aunque no las he visto.



Finalmente, hay un paisaje “acuático” muy usado en el cine. Se trata de las ramblas. Almería ha sido un escenario pródigo en persecuciones por ramblas donde rara vez se vislumbra nada de agua, pero sí se aprecia la rala vegetación que sufre las polvorientas galopadas o carreras de vehículos. Estoy hablando de películas del Oeste, filmadas casi siempre en las mismas ramblas (Trujillo, El Búho, Indalecio), pero también de otras con Indy (Indiana Jones and the last crusade, Steven Spielberg, 1989), John Lennon (How I won the war, 1967, realizada por Richard Lester), Cleopatra (1963, Joseph Mankiewicz) o Conan el bárbaro (1982, John Milius). Los westerns donde salen ramblas son legión: Valdez is coming! (¡Que viene Valdez!, 1971, Edwin Sherin), Por un puñado de dólares (1964), La muerte tenía un precio (1965), El bueno, el feo y el malo (1966), Érase una vez en el oeste (Once upon a time in the West, 1968), ¡Agáchate maldito! (Giú la testa, 1971, las cinco últimas de Sergio Leone), 800 balas (Alex de la Iglesia, 2002), etc.

Y por hoy, nada más: ¡esto es todo, amigos! Como habéis visto, hay unas cuantas películas donde la limnología tiene un papel, pequeño muchas veces, pero sugestivo. Espero que este escrito mío os incite a ver alguna que no hayáis visto todavía, o a mirar con otros ojos alguna ya disfrutada. De nada.

Narcís Prat, premiado por su labor de divulgación

El catedrático de Ecología Narcís Prat ha sido galardonado con el III Distinción de la UB a las mejores actividades de divulgación científica y humanística. Este reconocimiento, impulsado por el Consejo Social y el Claustro de Doctores de la Universidad de Barcelona, tiene como objetivo fomentar la difusión de la actividad científica y el conocimiento al conjunto de la sociedad. El galardón se entregó el miércoles 2 de marzo a las 18h.30 el Paraninfo de la Universidad en un acto con el rector, Dídac Ramírez, y el presidente del Consejo Social, Salvador Alemany, y en el que también intervino Ángel Simón, presidente ejecutivo del Grupo Agbar. Puede consultar aquí la intervención del catedrático Narcís Prat durante el acto.

Narcís Prat es director del Grupo de Investigación Freshwater Ecology and Management (FEM) y miembro fundador de la Fundación Nueva Cultura del Agua. Ha presidido la Asociación Española de Limnología y ha sido asesor de la Agencia Catalana del Agua. También ha liderado 76 proyectos de investigación sobre contaminación y gestión del agua y ha publicado 63 artículos científicos en revistas nacionales e internacionales. Ha publicado más de cien trabajos de difusión de su investigación, tanto en el ámbito de servicio (generación de datos para tomar decisiones) como artículos de divulgación para un público más general.

La tarea del profesor Prat se centra en la defensa de los ríos y la mejora de la gestión del agua, y las acciones para que la ciudadanía conozca los ríos y como se puede valorar la calidad mediante el estudio de los invertebrados que viven. Actualmente, coordina el proyecto europeo LIFE Trivers, que tiene como meta aportar herramientas para diagnosticar correctamente el estado



ecológico de los ríos temporales y mejorar la gestión de acuerdo con los objetivos de la Directiva Marco del Agua (DMA) de la Unión Europea. En esta línea, Prado encabeza el proyecto de ciencia ciudadana Riu.net, una aplicación que permite a las personas interesadas evaluar de forma sencilla y fácil el estado ecológico de un río y transmitir esta información a los investigadores.

Entre sus actividades recientes, también figura la de coautor del libro publicado en 2015 Ramon Margalef, ecólogo de la biosfera (Publicaciones y Ediciones de la Universidad de Barcelona), junto con Joandomènec Ros y Francisco Peters. La obra, editada con el patrocinio de la Fundación Agbar, es la biografía científica de este catedrático de la Universidad de Barcelona, el ecólogo español de más renombre internacional, con ocasión del décimo aniversario de su muerte.



El acta del jurado destaca las tareas de divulgación de la ciencia del profesor Prat, fundamentalmente en el ámbito de la ecología, y su participación en diversos órganos de asesoramiento público sobre la cuestión. A la hora de concederle el premio se ha valorado, «especialmente, la intensa actividad de divulgación y participación en los medios de comunicación, para aportar el conocimiento y criterio científico en el debate público sobre cuestiones con un alto impacto social, como la gestión del agua y la preservación medioambiental en su conjunto ».

Fuente: Universitat de Barcelona.



Ramon Margalef, ecólogo de la biosfera. Una biografía científica

Narcís Prat, Joandomènec Ros y Francesc Peters

Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona

Páginas: 188

ISBN: 978-84-475-3747-1

Fecha de edición: 2015

Este libro es un homenaje al Profesor Margalef (1919-2004) en el décimo aniversario de su muerte. El profesor Margalef fue el primer catedrático de Ecología de España y uno de los mejores científicos de España en la segunda mitad del siglo XX. La primera parte del libro ofrece una panorámica sintética pero completa de la obra científica de Margalef, destacando los aspectos esenciales de su obra que todavía están muy vigentes, pero que están relativamente olvidados. Precisamente el libro lo que pretende es que la figura de Margalef sea revisitada por las generaciones actuales que casi ni conocen quien fue y lo que Margalef supuso para la Ecología española y mundial. La segunda parte del libro revisita un trabajo clásico sobre los organismos indicadores en la Limnología que Margalef publicó en 1969. Su texto es comparado con la situación actual de estos estudios y se demuestra que ya en aquel momento Margalef sentó cátedra en este asunto. Finalmente se ofrece, en un último capítulo, un listado de todos los trabajos que publicó.



Pedidos en: <http://www.publicacions.ub.edu/ficha.aspx?cod=08311>

«En la actualidad la atención de muchos científicos se concentra en la conservación y en el cambio climático. En mi opinión, esto distrae de un concepto de la biosfera más importante, realista y unitario. Se habla mucho del efecto invernadero y del “agujero” de la capa de ozono a gran altura, una preocupación que puede ir acompañada de una indiferencia casi total hacia los cambios topológicos en el paisaje y de [hacia] los intentos de controlar una fracción exagerada del agua de lluvia». (Ramón Margalef, “Our biosphere”, 1997)



Ecologia de reservatórios e interfaces

Marcelo Pompêo, Viviane Moschini-Carlos, Paula Yuri Nishimura, Sheila Cardoso da Silva & Julio Cesar López-Doval

IB/USP Editora

Páginas: 460

ISBN: 978-85-85658-52-6

Fecha de edición: 2015

Descargar: <http://ecologia.ib.usp.br/reservatorios/>

O livro Ecologia de reservatórios e interfaces foi lançado em 14/03/2015. Foi organizado pelos grupos de pesquisa dos Laboratórios de Limnologia, do Departamento de Ecologia, do Instituto de Biociências, da Universidade de São Paulo e da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Sorocaba (Brasil), que possuem sólida experiência em ecologia de reservatórios. Composto por 30 capítulos, o livro é uma tentativa de integrar os conhecimentos no intuito de mostrar a necessidade de estudos multi e interdisciplinares para a maior compreensão da estrutura, função e dinâmica dos reservatórios. Por meio de alguns estudos de casos, o livro discute sobre a ecologia de reservatórios, do ponto de vista teórico, mas também apresenta questões aplicadas relacionadas ao monitoramento e manejo, mas sem se esquecer da proteção e recuperação da qualidade das águas dos degradados ecossistemas aquáticos continentais. Em outros capítulos versam questões mais abrangentes, teóricas, opinativas ou aplicadas, voltadas à bacia hidrográfica e ao entorno dos reservatórios, pois, segundo os organizadores, para melhor compreender aspectos do próprio corpo de água, cada vez mais é necessário avançar na compreensão do que ocorre na sua respectiva bacia hidrográfica.



Ecologia de reservatórios e interfaces

Organizadores

Marcelo Pompêo
Viviane Moschini-Carlos
Paula Yuri Nishimura
Sheila Cardoso da Silva
Julio Cesar López Doval

Instituto de Biociências – IB/USP
Universidade de São Paulo

El libro Ecologia de reservatórios e interfaces fue lanzado el 14/03/2015. Fue organizado por los grupos de investigación de los Laboratorios de Limnología del Departamento de Ecología del Instituto de Biociencias de la Universidad de São Paulo y la Universidad Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de Sorocaba, Brasil, que poseen una sólida experiencia en ecología de embalses. Compuesto por 30 capítulos, el libro es un intento de integrar conocimientos con la intención de mostrar la necesidad de estudios multi- e interdisciplinares para una mayor comprensión de la estructura, la función y la dinámica de los embalses. Por medio de algunos casos de estudio, el libro discute sobre la ecología de los embalses, desde un punto de vista teórico, pero también presenta cuestiones aplicadas relacionadas al monitoramiento y gestión, pero sin olvidar la protección y recuperación de la calidad de las aguas de los ecosistemas acuáticos continentales degradados. En otros capítulos se tratan cuestiones más generales, teóricas, opiniones o aplicadas, versadas hacia la cuenca hidrográfica y el entorno de los embalses, pues, según los organizadores, para comprender mejor los aspectos de la propia masa de agua, cada vez es más necesario avanzar en la comprensión de lo que ocurre en su cuenca respectiva.



Curso “Systems Ecology and Ecosystems Theory”

Del 16 al 19 de noviembre al Centro IRTA de Sant Carles de la Ràpita tuvo lugar el curso “Systems Ecology and Ecosystems Theory”, impartido por el profesor Sven E. Jørgensen de la Universidad de Copenhagen. El curso fue organizado por el Programa de Ecosistemas Acuáticos del IRTA y por la Asociación Ibérica de Limnología, con una participación de 15 estudiantes e investigadores, que recibieron clases teóricas por las mañanas y realizaron prácticas de modelización con el programa STELLA por las tardes.

De 16 a 19 de novembro teve lugar, no Centro IRTA de Sant Carles de la Ràpita, o curso “Systems Ecology and Ecosystems Theory” dado pelo professor Sven E. Jørgensen da Universidade de Copenhagen. O Curso foi organizado pelo programa de Ecosistemas Aquáticos e pela Associação Ibérica de Limnologia com uma participação de 15 estudantes, que receberam aulas teóricas de manhã e à tarde puderam praticar modelização usando o programa STELLA.



Microbial decomposers diversity and litter decomposition along an altitudinal gradient in tropical and temperate streams ecosystems

Cristina Salgado

Supervisor and co-supervisor: Manuel A.S. Graça and Andrea Encalada

This thesis was presented the 17th of September, 2015 to obtain the Master in Ecology degree at the University of Coimbra.

A gradual increase of species richness toward to the tropic has been widely reported for several organisms in aquatic and terrestrial ecosystems (e.g. WILLING *et al.*, 2003). This pattern might be explained by several factors such as the species-area relationship, the higher primary productivity associated with higher diversity, climatic stability and biotic factors such as competition and predation (MOLLES, 2010).

In the tropics, the annual temperature is more stable than in the higher latitudes and as a consequence tropical organisms may display narrow thermal tolerance ranges, constraining their colonization ability and their distribution (JANZEN, 1967). Since temperature decreases with latitude and with the elevation, is it could be expected that altitudinal gradients would mirror the latitudinal pattern in biological, structural and functional parameters. Besides, considering that the area becomes smaller with the elevation (LOMOLINO, 2001), lower number of species inhabit higher altitudes (Island Biogeography theory; MACARTHUR & WILSON, 1963). On the other hand, the variation of species along habitat gradients (β diversity) such as the elevation is likely to be higher in the tropical than in the temperate latitude because of the organisms narrow thermal niche (physiological constrain).

I tested five hypothesis regarding diversity, function and biogeography. The two first ones relate temperature and

function. If the temperature controls metabolisms then, higher decomposition rates are expected at lower altitudes (Hypothesis 1) and in tropical than in temperate latitudes (Hypothesis 2). The remaining hypothesis are related with the diversity. If the distribution of species richness depends of physiological constrains (thermal tolerance ranges) then, species diversity of bacterial and fungi would decrease as the elevation increases (Hypothesis 3) and in the temperate than in the tropical system (4 Hypothesis). Furthermore, higher microbial diversity is expected at lower elevations. On the other hand, higher species turnover would expected along elevations it the tropic than in the temperate latitude (Hypothesis 5). These hypotheses were studied in 10 low order streams along an altitudinal gradient in a tropical (Ecuador) and temperate latitude (Colorado, USA). For

the first two hypotheses, fine mesh bags (0.5 mm) containing native alder leaves from tropical (*Alnus acuminata* Kunth) and temperate (*Alnus incana* (L.) Moench) zones were incubated in five streams along the altitudinal gradient from 1600 to 3800 m.a.s.l. in Ecuador (0° Lat) in the Napo catchment and from 1992 to 3200 m.a.s.l. in Colorado USA (40°N), where the five streams were located at Rocky Mountains Range . Litter bags were retrieved at selected sampling dates to decomposition rates and diversity of decomposers.

Decomposition rates (k) were faster in Colorado (0.0197 - 0.0453 range) than in Ecuador (0.0065 - 0.014 range; Figure). In Ecuador litter decomposition decreased with elevation (linear regression, $p < 0.001$; $R^2 = 0.95$), which was explained by temperature difference across sites. The dependence of microbial decomposition

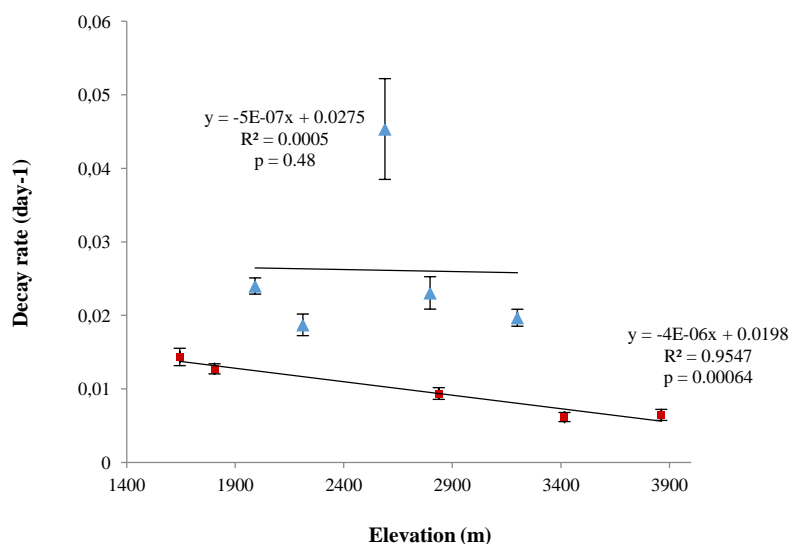


Figure | Breakdown (k /day) of *A. acuminata* (Ecuador, red squares) and *A. incana* (Colorado, blue triangles) along elevation gradients and respective regression parameters.



was corroborated by the temperature coefficient ($Q_{10} = 1.89$). In Colorado litter decomposition did not change with altitude (linear regression, $p = 0.48$; $R^2 < 0.001$) and was not related to any of the measured environmental parameters. When the decay rates (k/d) were expressed in terms of degree days (k/dd), differences of decomposition rates among the tropical streams and along elevation disappeared (linear regression, $p = 0.002$; $R^2 = 0.0036$), whereas in Colorado the faster decomposition was observed in the three highest sites, compared with the two lowest sites ($0.0016-0.0044$ k/dd ; $p = 0.76$; $R^2 = 0.402$). Nitrates in Colorado were ~ 30 fold higher than in Ecuador (11.28 vs. 0.40 $\mu\text{g/L}$; t-test, $p = 0.04$) and might be overridden the temperature effect, despite the temperature coefficient determined the dependence of the process to the temperature ($Q_{10} = 1.27$).

Microbial decomposers diversity was estimated applying the denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) technique and assessing specific ribosomal DNA (rDNA) sequences for aquatic fungi (ITS2 region) and bacteria (V3 variable region). Primary material for DNA extraction was obtained from 3 replicate of fine mesh bags containing 2-3 *Alnus* leaves species in Ecuador (*A. acuminata*) and Colorado (*A. incana*). Replicate bags were recovered after 3, 12 and 32 days in Ecuador and 3, 12, 23 and 28 days in Colorado. Fungal and Bacteria DNA extraction was performed with MoBio Power Soil DNA Isolation Kit™ using 3 freeze-dried leaf discs of 12 mm of diameter (1/4 of 4 leaf discs was cut from each replicate and pooled) following the manufacturer's instruction. The protocol for the amplification of the target sequences is detailed by SAHDEVAN *et al.* (2012). The PCR products were resolved in an 8% polyacrylamide denaturing gel in 1X TAE buffer and run 56 °C, 55 V during 16 hours in a DCode™ Universal mutation Detection System (BIO-RAD). Three

acrylamide gels were prepared for fungi and bacteria, separately. The denaturing gradient used for fungal amplification products was 40% to 70%, where 100% denaturant corresponds to 40% formamide and 7M urea, whereas for bacteria was 30% to 70%. The alignment and normalization of the acrylamide gels were performed with the BioNumerics software (version 5.0). Each DGGE band selected was considered as an operational taxonomic unit (OTU), taking into account that more than one species could migrate to the same position in the gel.

Aquatic fungi diversity in Ecuador increased with elevation (linear regression, $p = 0.03$; $R^2 = 0.83$), whereas in Colorado the maximum number of taxa peaked at middle altitudes (polynomial regression; $p = 0.7$; $R^2 = 0.57$). The three PCA axis in Ecuador explained 93% of the total variability and the number of fungal OTUs related with PO4. In Colorado, the three PCA axis explained 92% of the total variability and taxa richness was related with CPOM standing stock, shallow waters and moderate concentrations of NO3. The evidence points out that nutrients dissolved in water are important determining diversity more than the temperature variation and the island effect.

The number of fungal taxa recorded in Ecuador and Colorado (13.3 and 15.2 OTUs) was not statistically different (t-test; $p = 0.2$; $t = 1.43$; $df = 8$). The MDS analysis using Bray-Curtis similarity coefficient determined that fungi taxa is biogeographically distributed by latitude. It is possible that fungal decomposers diversity do not follow the pervasive species richness gradient reported for the majority of eukaryotic organisms, as was reported by HILLEBRAND (2004), in which meta-analysis study concluded that this pattern becomes weaker as the organism size decreases, supporting the current result.

Bacteria taxa units in Ecuador and Colorado decreased with altitude (linear regression; $p = 0.0001$; $R^2 = 0.58$ and $p = 0.0004$; $R^2 = 0.99$). The higher number of OTUs along the Ecuadorian gradient was primarily correlated with the 2nd PCA axis, which in turn was correlated with CPOM standing stock, NO3 and NO2. In Colorado the taxa variability was negatively correlated with the first PCA axis, which was mainly correlated with temperature and NO3 concentrations. The number of OTUs decreased along the altitudinal gradient in both latitudes, which conforms to our hypotheses. Nevertheless, it is plausible that the biological variability might be influenced strongly by higher quantities of CPOM that increases the probability of the colonization and food uptake (HARGRAVE 1972; YANAMOTO & LOPEZ, 1985; MOLLES, 2010).

The number of bacterial taxonomical units (33 vs 32) were not significantly different (t test; $p = 0.84$; $t = 0.21$ $df = 8$), suggesting that the latitudinal pattern in species richness do not apply for small size organisms, as happened with the aquatic fungi. On the other hand, bacteria community exhibited a cosmopolitan distribution (MDS; stress value: 0.19), probably because the high dispersal ability of this type of organisms, which allow them to colonize broader areas.

The dissimilarity among communities along the altitudinal gradients (β diversity) was lower in Ecuador than in Colorado for aquatic fungi (ANOSIM, $p = 0.51$; Global $R = 0.004$ vs. $p = 0.003$; Global $R = 0.54$) and bacteria (ANOSIM, $p = 0.54$; Global $R = -0.021$ vs. $p = 0.003$; Global $R = 0.51$). In both cases the explanations could be: 1) low thermal range of aquatic systems, b) wide thermal tolerance of microorganisms and 3) other factors that may override temperature effect.

In conclusion: 1) litter decomposition is a temperature dependent process that can



be overridden by other factors such as nutrients in the water. 2) Species richness and the community composition of microbial decomposers may be controlled by local environmental variables, such as dissolved nutrients in water, which may imply that broadly patterns observed on large organisms might not affect small size organisms. Besides, latitudinal species richness trend could be barely observed along an altitudinal gradient, considering the temperature as the mainly environmental factor driving the diversity and the taxa turnover •

References

- HARGRAVE, B.** 1972. Aerobic decomposition of and detritus as a function of particle surface area and organic sediment content. *Limnology and Oceanography*, **17**(4): 583–586.
- HILLEBRAND, H., & AZOVSKY, A.** 2001. "Body Size Determines the Strength of the Latitudinal Diversity Gradient." *Ecography*, **24**: 251–56.
- JANZEN, D.** 1967. "Why Mountain Passes Are Higher in the Tropics." *The American Naturalist*, **101**(919): 233–49.
- MACARTHUR, R. & WILSON, E.** 1963. "An Equilibrium Theory of Insular Zoogeography." *International Journal of Organic Evolution*, **17**(4): 373–87.
- MOLLES, M.** 2010. *Natural History and Evolution. In Ecology, Concepts and Applications.* 10–77. McGraw-Hill. Boston.

LOMILINO, M. V. 2001. Elevational gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography*, **10**: 3–13.

SAHDEVAN, S., DUARTE, S., PASCOAL, C. & CÁSSIO, F. 2012. "Intraspecific Variation of the Aquatic Fungus *Articulospora Tetracladia*: An Ubiquitous Perspective." *PloS One*, **7**(4): e35884.

YAMAMOTO, N., & LOPEZ, G. 1985. Bacterial abundance in relation to surface area and organic content of marine sediments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **90**(3): 209–220.

WILLIG, M.R., KAUFMAN D.M. & STEVENS. R.D. 2003. Latitudinal Gradients of Biodiversity: Pattern, Process, Scale, and Synthesis. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, **34**(1): 273–30.

(CHAPTER 1) A meta-analysis on the biodiversity in perennial and intermittent rivers

(CHAPTER 2) Macroinvertebrate patterns between perennial and intermittent rivers in reference and non-reference conditions: a comparison between the Mediterranean basin and Chile

Maria Soria

Directora: Núria Bonada

Departament d'Ecologia (FEM), Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona

Este trabajo se defendió el 5 de octubre de 2015 en la Universidad de Barcelona/Universitat de Barcelona.

Chapter 1

Despite research on intermittent rivers (IRs) has increased during the last decade (DATRY *et al.*, 2013; SHELDON, 2005), no studies have been done so far that provide a general overview of the biodiversity of IRs. There is controversy about whether IRs hosts more or less biodiversity than permanent rivers (PRs). While some studies found that species richness is lower in IRs than in PRs (DELUCCHI & PECKARKY, 1989; DEL ROSARIO & RESH, 2000), other studies found the contrary, or similar biodiversity values between both river types (CASAS & LANGTON, 2008; FEMINELLA, 1996; BOULTON & SUTER,

1986; PROGRAM & MOLDENKE, 2002; GRUBBS, 2011; MILLER & GODAY, 1996; BONADA *et al.*, 2008). The aim of chapter 1 was to determine if biodiversity in IRs differs from PRs, and how biodiversity in both river types is influenced by several factors, such as climate, catchment area, sampling season, taxonomic group, sampled habitat, and the level of anthropogenic disturbance.

A meta-analysis was conducted on 68 published papers that compared biodiversity in PRs with that of IRs, 48 with replicated data and 20 with non-replicated data (Figure 1). Richness means and standard deviations were extracted from both river types in replicated studies, and effect sizes were obtained using Hedge's *g*. Publication bias on the replicated studies was visually analysed by applying funnel plots. Because of the heterogeneity of the studies, a random effects model was applied on replicated studies to obtain the weighted mean effect size and its

confidence interval. A forest plot was used to illustrate the individual and overall results of the model. Finally, publication bias and random effects models were also applied splitting studies by each factor and all the corresponding categories.

Overall, biodiversity was significantly greater in PRs than IRs. Among the factors that did not show publication bias, the B, C and multiple general climates, multiple catchment areas, autumn, multiple and summer seasons, macroinvertebrates taxonomic group, multihabitat samples, and medium anthropogenic disturbance had a significant difference and a positive effect size, showing a greater diversity in PRs than IRs. However, effect sizes did not vary significantly as a function of D and E general climates, intermediate size catchment area, diatom and algae-macrophytes taxonomic group, pools, stones and riffles habitats, and high anthropogenic disturbance.



Figure| Distribution of publications, identified from an ISI web of knowledge literature search that examine biodiversity in perennial and intermittent independent rivers (PRs and IRs, respectively). White stars refer to studies with non-replicated data for PRs and/or IRs (n = 20), whereas black stars refer to studies with replicated data for PRs and IRs (n = 48).

Our meta-analysis, encompassing different continents, suggests a worrying scenario. Global change is increasing the intermittency of PRs in many regions. This trend, coupled with our results, suggest that human-induced changes in hydrology (mainly river intermittency) will be a major driver of biodiversity loss in aquatic systems. Despite global change is increasing the occurrence of IRs in many regions, IRs can still host a relatively high biodiversity value, which should promote conservation efforts in these ecosystems.

Chapter 2

In contrast to natural disturbances, such as drought, which have occurred long enough to select adapted species, anthropogenic disturbances are relatively young in evolutionary time, which could explain their dramatic consequences on river ecosystems. Mediterranean climate rivers, for example, are really dynamic and are characterized by severe and predictable floods and droughts, whereas drought are almost absent in temperate climate rivers and floods much less predictable (BONADA & RESH, 2013). Although research in IRs has increased notably during the last two decades (DATRY *et al.*, 2013; SHELDON, 2005), most of this research has been done in reference conditions. Given that IRs host species with particular traits adapted to drought conditions (BONADA *et al.*, 2008;

BOGAN *et al.*, 2013), the study of non-reference (NREF) IRs is highly needed to preserve their unique biodiversity.

There are indications that macroinvertebrate communities from distant river ecosystems display similar responses to variation in flow intermittency (DATRY *et al.*, 2013). In Mediterranean climate regions, for example, richness was significantly different between regions but not between PRs and IRs (BONADA *et al.*, 2008). However, none of these studies included data from the Mediterranean climate region of Chile.

The aim of chapter 2 was to analyse aquatic macroinvertebrate differences and similarities between non-reference (NREF) and reference (REF) PRs and IRs from the Mediterranean-climate regions of Catalonia and Chile. In particular, we determined (a) whether biodiversity and community composition differs between PRs and IRs in a similar way in both regions, (b) whether biodiversity and community composition differs between REF and NREF rivers in a similar way in both regions, (c) whether higher similarities between regions are found when comparing the effect of the anthropogenic disturbance (REF vs NREF) than the drought disturbance (PRs vs IRs), and (d) to building up a biological traits database for some of the genera found in the Mediterranean region of

Chile in order to accomplish the above objectives.

About study area, 3 sites were considered as reference PRs (REF_PRs) and reference IRs (REF_IRs) in each Mediterranean region; 2 and 3 as non-reference PRs (NREF_PRs) in Catalonia and Chile, respectively, and 1 and 2 sites as non-reference IRs (NREF_IRs) in Catalonia and Chile, respectively. In Catalonia, sites were located in the Barcelona province (41°22'57"N 2°10'37"E), whereas in Chile were located between the VI O'Higgins Region (34°10'02"S 70°43'37"O) and the VIII Biobío Region (36°50'S 73°03'W).

For Chile, information was compiled from several existing published databases in the southern hemisphere to create the biological trait matrix for each genera (TOMANOVA & USSEGLIO-POLATERA, 2007; REYNAGA & DOS SANTOS, 2012). Some taxa were also coded using biological information from different literature sources (DOMÍNGUEZ & FERNÁNDEZ, 2009; STARK *et al.*, 2006; DOMÍNGUEZ *et al.*, 2006), visual observations, and expert opinion. Despite the lack of biological information about the biology of most of the collected genera in Chile, 9 biological traits with 52 categories were considered. These traits included information about the morphology, behaviour, and physiology of each genus. Each category was coded using a fuzzy-coding approach (i.e., giving a weight between 0 to 3, depending on whether the category was present or not in a particular genus and their affinity level). This approach is very convenient because it allows including trait plasticity within genera, or across space, and provides semi-quantitative data (BONADA & DOLÉDEC, 2011). Genera from all aquatic insects except Diptera were used to create this matrix. For Catalonia, the same biological traits were extracted from the Tachet *et al.* (2002) database and Bonada & Dolédec (2011).

Biodiversity was considered using richness, Shannon, and Simpson diversity indexes for the taxonomic structure, and the Rao diversity index for the functional structure.

Macroinvertebrate composition was analysed by applying Correspondence Analysis (CA) for the



taxonomic structure and Fuzzy Correspondence Analysis (FCA) for the functional trait structure. Kruskal Wallis for the biodiversity metrics and Monte Carlo Randomisation tests for the composition analyses were applied.

As expected, no difference between PRs and IRs were found for any biodiversity metric in the Mediterranean climate regions of Chile and Catalonia. Lytle and Poff (2004) argue that flow predictability results in species adapted to particular flow conditions. The high predictability of the drought period in the Mediterranean climate has triggered many adaptations to drought conditions, such as species with synchronised life cycles to the drought period or with particular resistance strategies (BONADA & RESH, 2013), which could explain the similar richness in PRs and IRs in the two regions.

Regarding REF and NREF in both regions, a higher taxonomic biodiversity was found in REF than in NREF in Chile but not in Catalonia, which partially confirm that anthropogenic disturbances affecting NREF rivers are supposed to reduce their biodiversity (Bonada *et al.*, 2008). In addition, higher values observed in REF_PRs and REF_IRs in both regions, agrees with other studies which have shown that sites with similar hydrological characteristics should share similar biodiversity composition. Therefore, as Poff *et al.* (2010) suggested, ecological responses of flow regimes to a given anthropogenic change (NREF) should be broadly similar in rivers with PRs than with IRs.

Finally, almost no overlap in taxonomic and trait composition was found between PRs and IRs sites in both regions. Again, drought conditions have acted long enough in these Mediterranean climate regions to triggered evolutionary adaptations in river types (Bonada and Resh, 2013). However, functional trait composition should be more similar, because traits are less sensible to regional differences. Despite

resistance strategies are recognized in almost all groups of aquatic organisms (Lytle and Poff 2004), specific traits were observed for PRs and IRs in both regions. On the other hand, a higher overlap in taxonomic and trait composition was found in NREF than in REF sites in both regions because anthropogenic disturbances are supposed to homogenize their communities, reduce biodiversity and select for generalist taxa (BONADA *et al.*, 2008).

To conclude, both in chapter 1 as in chapter 2, different historical and environmental factors affecting regions have resulted in particular and different species adapted to PRs and IRs in each region (Bonada and Resh, 2013). Moreover, despite global change is increasing the occurrence of IRs in many regions (Datry *et al.*, 2013), IRs can still host a relatively high biodiversity value, which should promote conservation efforts in these systems to halt freshwater biodiversity loss and to preserve the multiple goods and services they provide •

Keywords: Anthropogenic; Biodiversity; Biological traits; Fish; Flow intermittency; Macroinvertebrates; Mediterranean; Meta-Analysis; Permanent rivers; Temporary rivers.

References

- BOGANA, M.; BOERSMA, K. & LYTLE, D. (2013). Flow intermittency alters longitudinal patterns of invertebrate diversity and assemblage composition in an arid-land stream network. *Freshwater Biology* **58**: 1016-1028.
- BONADA, N.; DOLEDEC, S. & STATZNER, B. (2007). Taxonomic and biological trait differences of stream macroinvertebrate communities between mediterranean and temperate regions: implications for future climatic scenarios. *Global Change Biology* **13**: 1658-1671.
- BONADA, N., RIERADEVALL, M., DALLAS, H., DAVIS, J., DAY, J., FIGUEROA, R., RESH, V. & PRART, N. (2008). Multi-scale assessment of macroinvertebrate richness and composition in Mediterranean-climate rivers. *Freshwater Biology* **53**: 772-788.
- BONADA, N. & DOLÉDEC, S. (2011). Do Mediterranean genera not included in Tachet *et al.* 2002 have Mediterranean trait characteristics? *Limnetica* **30**: 129-142.
- BONADA, N. & RESH, V. (2013). Mediterranean-climate streams and rivers: geographically separated but ecological comparable freshwater systems. *Hydrobiologia*, **719**: 1-29.

BOULTON, A. & SUTER, P. (1986). Ecology of temporary streams - an Australian perspective. *Limnology in Australia*: 313-327.

CASAS, J. & LANGTON, P. (2008). Chironomid species richness of a permanent and a temporary Mediterranean stream: a long-term comparative study. *Journal of the North American Benthological Society*, **27**: 746-759.

DATRY, T., LARNED, S., FRITZ, K., BOGANA, M., WOOD, P., MEYER, E. & SANTOS, A. (2013). Broad-scale patterns of invertebrate richness and community composition in temporary rivers: effects of flow intermittence. *Ecography*, **36**: 001-011.

DEL ROSARIO, R. & RESH, V. (2000). Invertebrates in intermittent and perennial streams: is the hyporheic zone a refuge from drying? *Journal of the North American Benthological Society*, **19**: 680-696.

DELUCCHI, C. & PECKARSKY, B. (1989). Life History Patterns of Insects in an Intermittent and a Permanent Stream. *Journal of the North American Benthological Society*, **8**: 308-321.

DOMÍNGUEZ, E. & FERNÁNDEZ, H. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. *Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo. Tucumán-Argentina.

DOMÍNGUEZ, E.; MOLINERI, C.; PESCADOR, M. HUBBARD, M. & NIETO, C. 2006. Ephemeroptera of South America. Volume 2. *Aquatic Biodiversity in Latin America*.

FEMINELLA, J. (1996). Comparison of benthic macroinvertebrate assemblages in small streams along a gradient of flow permanence. *Journal of the North American Benthological Society*, **15**: 651-669.

GRUBBS, S. (2011). Influence of flow permanence on headwater macroinvertebrate communities in a Cumberland Plateau watershed, USA. *Aquatic Ecology*, **45**:185-195.

LYTLE, D. & POFF, N. (2004). Adaptation to natural flow regimes. *Trends in Ecology and Evolution*, **19**: 94-100.

MILLER, A. & GOLLADAY S. (1996). Effects of spates and drying on macroinvertebrate assemblages of an intermittent and a perennial prairie stream. *Journal of the North American Benthological Society*, **15**: 670-689.

PROGAR, R. & MOLDENKE, A. (2002). Insect production from temporary and perennially flowing headwater streams in Western Oregon. *Journal of Freshwater Ecology*, **17**: 391-407.

REYNAGA, M. & DOS SANTOS, D. (2012). Rasgos biológicos de macroinvertebrados de ríos subtropicales: patrones de variación a lo largo de gradientes ambientales espacio-temporales. *Ecología Austral*, **22**: 112-120.

SHELDON, F. (2005). Incorporating natural variability into the assessment of ecological health in Australian dryland rivers. *Hydrobiologia*, **552**: 45-56.

TACHET, H.; RICHOUX, P.; BOURNAUD, M. & USSEGLIO-POLATERA, P. (2002) *Invertébrés d'Eau Douce* (2nd corrected impression). CNRS editions. Paris. 588pp.

TOMANOVA, S. & USSEGLIO-POLATERA, P. (2007). Patterns of benthic community traits in neotropical streams: relationship to mesoscale spatial variability. *Fundamental and Applied Limnology*, **170**: 243-255.



Persistence, niche differentiation and ecological similarity in two cryptic rotifer species

Carmen Gabaldón Tébar

Directores: Manuel Serra Galindo, María José Carmona Navarro y Javier Montero Pau.

Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva (ICBI) y Facultad de Ciencia Biológicas, Universidad de Valencia (UV)

Esta tesis se defendió el 17 de julio de 2015 en la Universidad de Valencia/Universitat de Valencia.

Comprender el mantenimiento de la diversidad de especies en la naturaleza es uno de los principales problemas de la intersección entre la ecología y la evolución, especialmente cuando se trata de especies ecológicamente similares. En las últimas décadas, el número de especies crípticas conocidas, es decir, especies morfológicamente muy similares y relacionadas filogenéticamente, ha incrementado. Este incremento se debe principalmente a la identificación de especies mediante técnicas moleculares. Se espera que las especies crípticas presenten nichos ecológicos similares debido a su gran similitud morfológica y la retención de los requerimientos ecológicos ancestrales (conservadurismo de nicho). Consecuentemente, se esperaría una fuerte interacción competitiva entre ellas favoreciéndose la exclusión de todas las especies menos una. Entre los rotíferos las especies crípticas son muy comunes y frecuentemente se encuentran en simpatria. Por lo tanto, la comprensión de cómo estas especies son capaces de persistir en la misma localidad es un fenómeno interesante que necesita ser explorado. En este contexto se encuentra la presente tesis que trata de abordar los mecanismos o factores que favorecen la persistencia conjunta y estable de dos especies de rotíferos del complejo de especies crípticas *Brachionus plicatilis*: *B. plicatilis* y *B. manjavacas*. Estas especies se reproducen por partenogénesis cíclica, lo que significa que se reproducen asexualmente y, puntualmente, mediante reproducción sexual dando como resultado formas de resistencia denominadas huevos de diapausa. Ambas especies coexisten en lagunas salobres de la península ibérica

caracterizadas por una fuerte variación temporal de factores bióticos y abióticos. Estudios previos demuestran que *B. plicatilis* y *B. manjavacas* presentan rangos de tolerancia a la salinidad que solapan, aunque *B. plicatilis* crece mejor a bajas salinidades. En base a las diferencias en la respuesta a este factor abiótico, se ha sugerido que su coexistencia esté promovida por un ambiente donde la salinidad fluctúe temporalmente, favoreciendo a una u otra especie en tiempos distintos. La coexistencia de especies que pertenecen al complejo *B. plicatilis* ha sido estudiada previamente en especies que, a diferencia de *B. plicatilis* y *B. manjavacas*, difieren en el tamaño corporal. La coexistencia de esas especies está mediada, en parte, por un uso diferencial de los recursos y por la diferenciación que presentan en la susceptibilidad a la depredación por copépodos, ambas relacionadas con las diferencias morfológicas. *B. plicatilis* y *B. manjavacas* representan un caso extremo de similitud morfológica por lo que parece improbable que una diferenciación de nicho de este tipo explique su persistencia en la misma localidad.

Los objetivos concretos de esta tesis son: (1) caracterizar la diferenciación de nicho biótico y abiótico de ambas especies; (2) explorar las diferencias en rasgos relacionados con la reproducción sexual y diapausa; (3) explorar empíricamente la función de la salinidad en su dinámica de competencia a largo plazo considerando el ciclo vital completo; y (4) explorar teóricamente la dinámica de competencia a largo plazo.

Los estudios presentados en esta tesis demuestran que *B. plicatilis* y *B. manjavacas* no presentan una diferenciación de nicho biótico que pueda explicar su persistencia en la misma laguna tal y como se esperaba dada su extrema similitud morfológica. Sin embargo, se evidencia que estos rotíferos difieren en la respuesta a la salinidad en términos de crecimiento poblacional e inversión en reproducción sexual. *B. manjavacas* crece mejor que *B. plicatilis* en prácticamente

todas las salinidades que toleran excepto a baja salinidad a la que ambas especies presentan tasas de crecimiento similares. Sin embargo, *B. plicatilis* invierte mucho más en reproducción sexual cuando la salinidad es baja, presentando así una mayor eficacia que *B. manjavacas*. Además, se demuestra que estas especies de rotífero difieren en otros rasgos relacionados con la reproducción sexual y la diapausa. *B. plicatilis* invierte en reproducción sexual a menores densidades poblacionales (la inversión en sexo en estas especies es denso-dependiente), y como consecuencia, produce sus huevos de diapausa en la columna de agua antes que *B. manjavacas*. Además, esos huevos son viables durante más tiempo que los de *B. manjavacas* y eclosionan de forma extendida en el tiempo.

Con el objetivo de probar si estas diferencias promueven la coexistencia de estas dos especies de rotífero, se estudió su dinámica de competencia experimental y teóricamente bajo diferentes regímenes de salinidad, constantes y fluctuantes. Además, se exploró el resultado competitivo teniendo en cuenta todas las fases del ciclo vital de los organismos, es decir, explorando la fase de crecimiento activo de los individuos y la dinámica de la diapausa. Los resultados prueban que la coexistencia de estas especies a largo plazo requiere de un régimen de salinidad fluctuante en el tiempo (a salinidad constante una u otra especie es consistentemente excluida). Además de la salinidad fluctuante, se demuestra el papel fundamental de los huevos de diapausa en la persistencia conjunta de ambas especies.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que, bajo un ambiente de salinidad fluctuante en el tiempo, *B. plicatilis* podría persistir a largo plazo con *B. manjavacas* aprovechando los periodos de baja salinidad, favorables para esta especie, al invertir antes y más en reproducción sexual y diapausa a expensas de una menor proliferación y capacidad competitiva. Esta estrategia podría hacer que *B. plicatilis* se excluyese de la dinámica competitiva a corto plazo, es decir, en la columna de

agua, pero favorece su persistencia a largo plazo mediante los huevos de diapausa. En

la siguiente estación de crecimiento con condiciones favorables, los huevos de

diapausa pueden eclosionar y la población proliferar •

Diversidad, ecología y usos en bioindicación de algas caráceas y macrófitos en la Península Ibérica

Núria Flor Arnau

Director: Jaume Cambra Sánchez

Esta tesis se defendió el 12 de diciembre de 2014 para obtener el grado de Doctora con mención europea en la Universidad del Barcelona/Universitat de Barcelona.

En esta tesis doctoral se abordan diferentes aspectos acerca de las algas caráceas y, por extensión, de los macrófitos acuáticos en la Península Ibérica. Los contenidos en forma de manuscritos independientes se agrupan en tres apartados temáticos: (i) bloque florístico (capítulo 1, apéndices 1 y 4), (ii) bloque de diferenciación de especies de caráceas (capítulo 2) y (iii) bloque de bioindicación (capítulos 3, 4 y 5).

Bloque florístico

El inicio de esta tesis se enmarca en el proyecto Flora Ibérica de las Algas Continentales (REN2002-04397-CO3-02) del Ministerio de Ciencia y Tecnología de España, que fue coordinado por el Grupo de Ficología del Departamento de Biología Vegetal (Unidad de Botánica) de la Universidad de Barcelona. El primero de los volúmenes se decidió que se dedicaría a las algas caráceas y, para llevarlo a cabo, se planificaron campañas de prospección a lo largo de la Península Ibérica e islas Baleares de las que derivan parte de los resultados del catálogo florístico presentado en los apéndices 1 y 4 de la tesis. Una vez acabada esta etapa y publicado el volumen resultante, el catálogo florístico fue creciendo a partir de recolecciones personales y otras provenientes de diversos proyectos y cesiones.

Resulta paradójico que un territorio tan diverso como la Península Ibérica en cuanto a tipos de masas de agua lólicas y leníticas sean tan escasas las publicaciones referentes a la flora. Por

otra parte, se debe considerar que precisamente son los ambientes más frecuentes en la península, los que presentan una mayor heterogeneidad espacio-temporal, a los que se han dedicado menos esfuerzos a la hora de conocer su biota. De manera que un estudio florístico extensivo que prospectara nuevas localidades y actualizara los datos obtenidos en estudios anteriores quedaba justificado dado que ofrecía la información de base para cualquier estudio posterior.

Como resultado del estudio florístico de las caráceas presentes en España y después de la identificación de 846 muestras recogidas en 456 masas de agua de diferente tipo, se ha elaborado un catálogo de 28 especies o variedades de los 5 géneros actualmente presentes en la Península Ibérica e Islas Baleares. El material vegetal estudiado se ha depositado en el CeDocBiV (Herbario BCN-PHYC) de la Universidad de Barcelona. A partir de los datos presentados en esta tesis, el área de distribución disponible en la Flora Ibérica de las Algas Continentales para 18 especies o variedades de caráceas se ha ampliado, así como la ecología de 8 de ellas, algunas en peligro de extinción (*Nitella ornithopoda*, *Nitellopsis obtusa* y *Tolypella prolifera*) o vulnerables (*Chara imperfecta*, *Nitella gracilis*, *N. hyalina* y *N. tenuissima*) (Figura 1).

Desgraciadamente, la elevada riqueza y diversidad de caráceas en la Península Ibérica está disminuyendo en comparación con los resultados de las primeras monografías sobre esta familia de la primera mitad del siglo XX. Un ejemplo de degradación botánica se trata en el estudio acerca la riqueza de especies de caráceas en los lagos y lagunas de la cuenca del Duero del capítulo 1 de la tesis. Al comparar

nuestros resultados con los de ALONSO & COMELLES (1987), se hace evidente el notable empobrecimiento florístico, sobre todo de los taxones menos comunes y más sensibles. Mientras que géneros como *Nitella* o *Tolypella* se encuentran en claro retroceso debido a la contaminación, desaparición o alteración del régimen temporal de sus hábitats, taxones generalistas sustituyen a otros más sensibles y se encuentran en sistemas de reciente creación, donde actúan como especies pioneras en la colonización. Además, en contraste con la situación anterior, en 2005 la gran mayoría de las masas de agua habían desaparecido o bien estaban afectadas por una o diversas presiones antropogénicas caracterizadas en el estudio.

Bloque de diferenciación de especies de caráceas

Conocedores de la plasticidad morfológica que presentan las caráceas y fruto de la dificultad en la identificación de ciertos taxones considerados como problemáticos o complejos de especies, se decidió incorporar al planteamiento

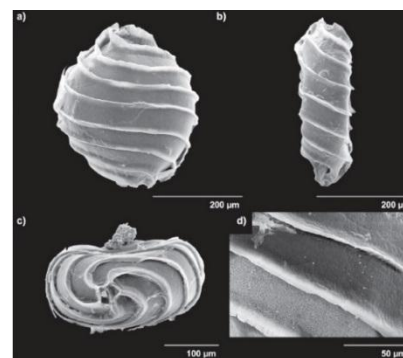


Figura 1| Oóspora de *Nitella hyalina* recolectada en el Delta del Llobregat (Barcelona): a) visión frontal, b) visión lateral, c) visión basal y d) detalle de la pared.

inicial de esta tesis el experimento de cultivo presentado en el capítulo 2. Se sopesaron diferentes posibilidades pero se seleccionó la pareja de taxones *Chara aspera* y *Chara galioides* para hacerlos crecer bajo la misma batería de condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y salinidad) (Figura 2) y probar de diferenciarlos en base a algún carácter vegetativo no considerado hasta entonces.

Se trata de dos taxones polimorfos, frecuentes en la Península Ibérica, que suelen compartir hábitat y que pueden presentar formas híbridas. Además, la relativa similitud morfológica que muestran ha causado controversia a la hora de considerarlas como una o dos especies. Existen varios caracteres morfológicos que difieren entre los dos taxones, sin embargo, el único carácter tradicionalmente aceptado como discriminatorio es el diámetro de los anteridíoforos maduros, pero los rangos medidos difieren notablemente según la obra consultada. Todos estos aspectos reflejan la dificultad de delimitar estos dos taxones y la importancia de encontrar algún otro carácter vegetativo que la haga factible.

Como resultado del experimento de cultivo bajo variables ambientales controladas, se ha diferenciado ecológicamente *Chara aspera* de *Chara galioides*, especialmente en el caso de las variables luz y temperatura. Por el contrario, ambos taxones presentan requisitos muy similares en términos de la salinidad del agua. Por otra parte, el diámetro del eje principal fue la única medida que mostró diferencias significativas entre los dos taxones de



Figura 2| Cámara de cultivo para *Chara aspera* y *Chara galioides*, con los microcosmos dispuestos según el tratamiento lumínico.

forma independiente de las variables ambientales. Este carácter ha sido sugerido por algunos autores como diferenciador, pero actualmente no está incluido en ninguna clave de identificación. Esta posibilidad debe ser estudiada con mayor precisión con el fin de ofrecer una alternativa a la discriminación clásica. Así, sobre la base de estos resultados y de acuerdo con muchos otros autores, se apoya la teoría de que *Chara aspera* y *Chara galioides* son dos especies diferentes.

Bloque de bioindicación

Dado que la contaminación química suele ser transitoria e impredecible, el seguimiento biológico es una herramienta apropiada para evaluar la contaminación de los ecosistemas acuáticos y, como muchos macrófitos tienen rangos ecológicos bien definidos, son especialmente efectivos en seguimientos a largo plazo. Sin embargo, no fue hasta la entrada en vigor de la Directiva Marco del Agua -DMA- que a nivel europeo se pasó a contar con estos organismos en la estimación de la salud de los ecosistemas que ocupaban. Es por ello que la DMA incorporó el concepto de estado ecológico como herramienta fundamental en la gestión integral del agua. Aunque la DMA especifica cuáles son los atributos de las comunidades biológicas que se han de evaluar, no concreta cuáles son los índices que se deben emplear y la decisión queda en manos de los estados miembros de la Unión Europea.

Lagos y lagunas

A nivel estatal existen varias métricas e índices de macrófitos disponibles para evaluar el estado de las masas de agua leníticas. No obstante, sólo son oficiales las siete métricas que contemplan la presencia/ausencia, riqueza y cobertura de hidrófitos, de helófitos, o de macrófitos en general, así como de especies exóticas invasoras.

Primeramente se estudió el uso de macrófitos en bioindicación para conocer el estado de conservación de las masas de agua leníticas de la cuenca del Duero, lo que reveló un empeoramiento botánico a lo largo del tiempo (capítulo 3). Además de la reducción de la riqueza de especies, los taxones muestreados

eran en su mayoría comunes y corrientes a nivel de la Península Ibérica. Sin embargo, sí que tenían preferencias ecológicas bien definidas, y podrían ser evaluados en función de su frecuencia, la rareza y la representatividad en el territorio. Gracias a esta información, muchas de las masas de agua visitadas presentaron un mal estado de conservación, especialmente si su estado se comparaba con los resultados de estudios anteriores en las mismas localidades. Algunas de las causas de esta degradación parecían estar relacionadas con el impacto de la agricultura y la ganadería.

Una vez estudiamos los cambios en la evaluación botánica de los lagos y lagunas de la cuenca del Duero, con el fin de determinar su estado ecológico actual se aplicaron dos de los índices ecológicos disponibles en la bibliografía: ECELS y ECOFRAME. Ante la falta de una herramienta oficial para determinar el estado ecológico de tales sistemas en España, se optó por diseñar el índice INEQUAL (capítulo 4). Durante su desarrollo se tuvo en cuenta que los efectos indirectos de la eutrofización sobre la intensidad de la luz eran factores clave para la presencia de macrófitos en masas de agua leníticas del sur de Europa y que, por tanto, otras variables alternativas diferentes a la disponibilidad de nutrientes se consideraron en la evaluación de su estado ecológico: recubrimiento de caráceas y helófitos, datos hidromorfológicos, fisicoquímicos y diferentes presiones antropogénicas.

Como resultado de la comparativa entre los índices, se observó el estado ecológico de los lagos y lagunas de la cuenca del Duero no alcanzaba los niveles mínimos exigidos por las regulaciones que promovían su conservación (Figura 3). Por otra parte, aunque el INEQUAL llena un vacío actual en términos de la evaluación del estado ecológico de los lagos y lagunas de la cuenca del Duero, su extrapolación a otras regiones del Mediterráneo requiere más investigación, especialmente para estudiar cómo funciona en relación con la variabilidad estacional y anual. Además, para que el INEQUAL cumpla con los requisitos de la DMA, tendría que ser intercalibrado con otros índices que son aplicables a las masas de agua

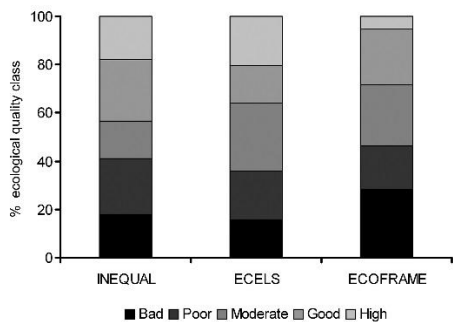


Figura 3] Porcentaje de las categorías de calidad por índice ecológico.

leníticas de ámbito mediterráneo. Sin embargo, el INEQUAL es una herramienta sencilla y eficaz y puede servir para fomentar el diseño y la aplicación de programas de gestión, conservación y restauración de los sistemas acuáticos.

Ríos

A pesar del preocupante estado en el que se encuentra un elevado porcentaje de las masas de agua corriente de España y, aunque existen varios métodos para conocer su estado ecológico empleando los macrófitos (IM, IVAM CLM e IVAM FBL), los únicos datos sobre su conservación no son muy actualizados y casi no existen experiencias previas consultables en cuanto a la utilización de las herramientas citadas anteriormente. Por otra parte, debido a la baja resolución taxonómica requerida en estos índices y a otros déficits metodológicos que presentan, ninguno

de los tres no se pudo intercalibrar durante el ejercicio de intercalibración de ríos mediterráneos a nivel europeo. Como consecuencia, España tuvo que adoptar como oficial el índice francés IBMR. Para cumplir con los requerimientos de la DMA y subsanar los inconvenientes metodológicos detectados, en el capítulo 5 de esta tesis se desarrolló una nueva herramienta para evaluar el estado ecológico de los ríos de ámbito mediterráneo, el Índice de Macrófitos Fluviales (IMF).

Tal y como sucede en el caso de las masas de agua leníticas, en la comparativa de índices de macrófitos fluviales se observa que las evaluaciones difieren notablemente según el índice aplicado (Figura 4). Por su parte, el IMF se ha diseñado a partir de las muestras recolectadas en 298 estaciones y se han podido establecer las valoraciones de sensibilidad y amplitud ecológica para 124 taxones (50 angiospermas, 31 algas, 30 musgos, 8 hepáticas y 5 helechos). La puntuación del IMF se obtiene a partir de la fórmula de ZELINKA & MARVAN (1961). Al valor obtenido se le asigna una de las cinco clases de calidad determinadas por la DMA. Esta asignación se hace en base al grupo fluvial al que pertenece la estación de muestreo. Cada grupo engloba distintos tipos fluviales mediterráneos en función de la similitud de los inventarios obtenidos y para cada uno de ellos se han calculado los valores de referencia y

los umbrales entre las clases de calidad. Se ha correlacionado el IMF con otros índices biológicos, hidromorfológicos e indicadores fisicoquímicos. La mayoría de las correlaciones son significativas y los coeficientes obtenidos elevados. Además, el IMF es capaz de discriminar estadísticamente las estaciones de referencia de las perturbadas en gran parte de los grupos fluviales obtenidos. Por otra parte, si se aplican los índices recogidos en la Instrucción de Planificación Hidrológica (Orden Ministerial ARM/2656/2008, de 10 de septiembre), el IMF discrimina eficazmente entre las estaciones con un estado ecológico igual o superior a bueno del resto. Por todo ello, el IMF se presenta como una herramienta eficaz para clasificar el estado ecológico de los ríos de ámbito mediterráneo ●

Acceso Tesis Completa:

<http://www.tdx.cat/handle/10803/285506>

Contacto: nuriaflornau@gmail.com

Referencias

- ALONSO, M. & COMELLES, M. (1987). Catálogo limnológico de las zonas húmedas esteparias de la cuenca del Duero. Dirección General de Urbanismo y Medio Ambiente (Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio, Junta de Castilla y León). Valladolid.
- ZELINKA, M. & MARVAN, P. (1961). Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. Archiv für Hydrobiologie, 57: 389-407.

Publicaciones derivadas

- FLOR ARNAU, N., REVERTER, F., SOULIÉ-MÄRSCH, I. & CAMBRA, J. (2006). Morphological differentiation of *Chara aspera* Detharding ex Willdenow and *Chara galioides* De Candolle under different environmental variables. Cryptogamie-Algologie, 27(4): 435-449.
- SEGUÍ, J.M., FLOR ARNAU, N. & CAMBRA, J. (2006). Noves aportacions al coneixement de la flora hidrofítica de Catalunya. Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural, 74: 91-94.
- FLOR ARNAU, N., CAMBRA, J. & VELASCO I BATLLE, E. (2013). Valoración de lagos y lagunas de la cuenca del Duero a partir de los macrófitos acuáticos. Limnetica, 32(2): 373-390.
- FLOR ARNAU, N. & CAMBRA, J. (2015). Biodiversity changes of charophytes in lakes and ponds of the Duero basin (NW-Spain) over a twenty-year period. Wetlands, 35(1): 159-169.
- FLOR ARNAU, N., REAL, M., GONZÁLEZ, G., CAMBRA, J., MORENO, J.L., SOLÀ, C. & MUNNÉ, A. (2015). Índice de Macrófitos Fluviales (IMF), una nueva herramienta para evaluar el estado ecológico de los ríos mediterráneos. Limnetica, 34(1): 95-114.
- FLOR ARNAU, N., CAMBRA, C., VELASCO I BATLLE, E., VEGAS, E. & AGUIAR, F. (no publicado). INEQUAL, a new index to assess the ecological status of lakes and ponds in the Duero river basin (NW-Spain).

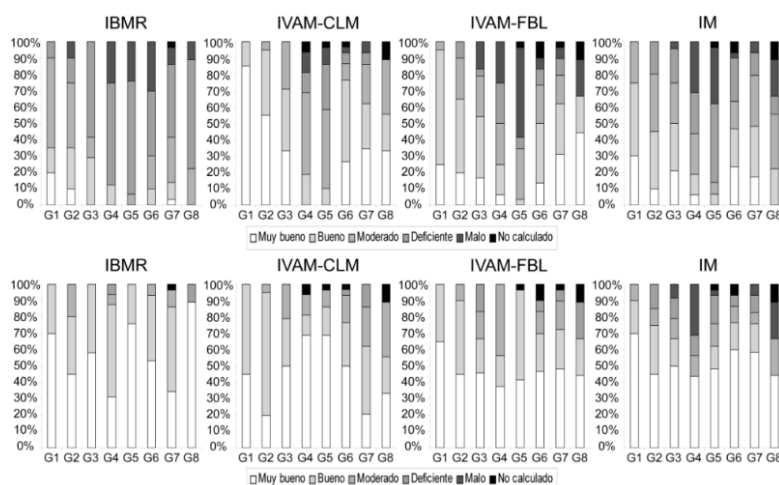


Figura 4] Distribución de las clases de calidad de los índices de macrófitos publicados para todos los grupos fluviales (arriba: umbrales originales, abajo: umbrales recalculados).



La invasión biológica de *Trichocorixa verticalis* en Doñana, sureste de España

Cristina Coccia

Directores: Andy J. Green¹ y Luz Boyero²

Tutora: Matilde Forteza Gonzalez³

¹Estación Biológica de Doñana (EBD-CSIC)

²Estación Biológica de Doñana (EBD-CSIC) & Ikerbasque & Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

³Universidad de Sevilla

Esta tesis se defendió en octubre de 2015 para obtener el grado de Doctora en la Universidad de Sevilla.

Globalmente, las invasiones biológicas constituyen una de las principales amenazas para la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas, y son los sistemas de agua continentales los más susceptibles a estas invasiones. El éxito de una especie como invasora depende de sus cualidades, las que le permiten invadir un nuevo hábitat, pero también de las interacciones de éstas con la comunidad invadida, además de otros muchos factores. Recientemente, el corixido de Norte América *Trichocorixa verticalis* (Hemiptera: Corixidae) ha sido incluido en la lista de invertebrados acuáticos invasores en los ecosistemas europeos. Hasta hoy, se trata de la única especie de heteróptero acuático invasor en estos ecosistemas. Tras 18 años desde su primera detección en la Península Ibérica, su área de distribución se ha expandido por la costa desde Aveiro en Portugal hasta Barbate en Cádiz, encontrándose en el delta del Guadalquivir, así como en otros lugares de interés para la conservación en Andalucía, incluyendo humedales RAMSAR y Reservas Naturales. Por lo general, *T. verticalis* domina en aguas salinas donde los corixidos autóctonos son poco comunes, pero es rara en aguas dulces donde los corixidos autóctonos son dominantes.

La presente tesis investiga el papel de cuatro factores principales involucrados en una invasión (plasticidad, competencia trófica, parásitos e interacción entre especies exóticas) para comprender el éxito de *T. verticalis* en aguas salinas en Doñana y su escasa presencia en aguas más dulces. Además, examinamos su potencial impacto en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en lucios artificiales que fueron creados durante el proyecto de restauración de humedales realizado en 2005 en Doñana, en los que sabemos que *T. verticalis* se reproduce abundantemente. Para abordar estos cuatro factores, usamos un método comparativo especie exótica frente a especies autóctonas aplicado a datos de campo y experimentales.

En el Capítulo 1, detectamos experimentalmente, que *T. verticalis* tiene una mayor plasticidad fisiológica cuando es expuesta a diferentes condiciones de temperatura y salinidad, y que su tolerancia al calor y al frío aumenta después de ser aclimatada a elevadas salinidades. En el Capítulo 2, investigamos mediante el uso de isótopos estables de Carbono (C) y Nitrógeno (N), la partición de recursos entre la especie exótica y las especies autóctonas de corixidos, en diferentes ecosistemas. Encontramos una fuerte segregación en los recursos usados en lagunas permanentes, pero también un cierto nivel de solapamiento en los nichos isotópicos en lagunas temporales. El Capítulo 3, describe el papel de las infecciones realizadas por parásitos en esta especie invasora. En agua dulce, la prevalencia total, la abundancia total y la infección media de parásitos es mayor en *T. verticalis* que en los corixidos autóctonos. En aguas salina no hemos

encontrado parásitos. En el Capítulo 4, nos centramos en el papel de las "facilitative interactions" entre especies exóticas. Descubrimos que *T. verticalis* no sufre una menor tasa de depredación en comparación con los corixidos autóctonos por parte de depredadores exóticos. Al contrario, debido a su menor tamaño, *T. verticalis* parece sufrir una mayor tasa de depredación por parte de larvas de Odonatos nativos. Por último, en el Capítulo 5, investigamos el éxito de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en los ecosistemas restaurados de Caracoles, donde sabemos que *T. verticalis* cría abundantemente, por tanto su presencia podría influir en la recuperación de los macroinvertebrados acuáticos. Los resultados muestran que 6-7 años después de la restauración, los lucios artificiales, a pesar de tener condiciones abióticas muy diferentes en comparación con los sitios naturales de referencia, tienen el mismo nivel local de riqueza taxonómica y diversidad, y mayor abundancia que los sitios de referencia. Sin embargo, las diferencias en la abundancia y distribución de *T. verticalis* entre los lucios artificiales y los de referencia, a lo largo de los dos años de estudio, podrían explicar las diferencias anuales encontradas en la composición de especies de hemípteros.

La combinación de estos resultados indican que *T. verticalis* tiene mayor éxito en los cuerpos de agua más salobres debido a que su tolerancia fisiológica es más efectiva, donde está libre de parásitos, depredadores y tampoco compite con los corixidos nativos por los recursos tróficos. Además, los resultados de esta tesis proporcionan información útil acerca del potencial impacto que *T. verticalis* podría tener sobre especies nativas de corixidos en el futuro ●



A study of aerosols as transport system for cyanotoxins

Carlos Edo Cuesta

Director: Synne Kleiven

Faculty of Arts and Sciences, Telemark University College (Norway)

This thesis was presented the 22th of September, 2015 to obtain the Master of Inland Water Quality Assessment degree at the Universidad Autónoma de Madrid (UAM).

While a lot of research has been done about ecotoxicological effects of cyanobacteria and their subproducts on water communities, very few studies have been performed with the essential aim of understanding the development of aerosols with cyanotoxins in the aerial medium close to aquatic environments with cyanobacteria blooms. This is particularly interesting not only to lake users but also to people and animals living near the shores of the lakes or the coast since it is known that MCs are stable compounds and once airborne could be transported many kilometres without degrading (Wood & Dietrich, 2011).

A study of aerosolization of microcystins under laboratory conditions was conducted based on a system designed by Miguel Medina (CEDEX). The system was focused on the possible differences that exist between two perspectives of aerosolization, one based on collection of entire cells and their toxins, as can be found in natural conditions and the other formed exclusively by the toxins. It was developed a system in which a water trap may collect the aerosolized microcystins that escape from the sample container when some turbulences are created inside. In addition it was studied the capability of fixation on the plastic tubes which connect the different parts and in Sep Pak® cartridges filters used.

To perform the experiments three different toxic isolates of *Microcystis aeruginosa* PCC7806 were used. The aerosolization period in each experiment was 24 hours in order to produce a measurable amount of aerosols. After

that the samples with microcystins were analysed by an ELISA method. The total content of microcystins was quantified with the Microcystins-ADDA ELISA commercial kit obtained from Abraxis LLC (USA) and is based on the methods of Fischer *et al.* (2001).

The results showed that after 24 hours microcystins were detected in measurable amount in the water trap, and also in subsequent structures like Sep Pak® cartridges filters and fixed in the plastic tubes used.

The experiments with entire cell collection showed different results in both cell and microcystin reduction inside the container and in aerosolization rates depending on the air flow used (Fig.1). At higher pressures (higher air flow rate) the amount of MCs that left the sample container was higher (more aerosolization rate), but at the same time the amount of microcystin caught in water trap, Sep Pak® filters and tubes was lower. The reasons were twofold; on the one hand a new aerosolization step produced in the water trap removed the microcystins caught and on the other hand a higher air current reduced the microcystin fixation on the tubes. That means a great percentage of loss of microcystins that has to be reduced in future experimentation.

In the experiments with toxins only, all experiments used the same conditions. The amount of microcystins aerosolized was more variable in each structure than the other experiment (Fig. 2). More experimentation is required to understand the behaviour of microcystins when outside of the cells.

As a conclusion, the present work has proved that with the developed system microcystins can become aerosolized in laboratory conditions and be measured. The system was able to demonstrate differences in aerosolization by changing the flow rate when the toxins are inside the cells. Also, this system proved that when the toxins are outside the cells the aerosolization followed a completely different behaviour. The future studies

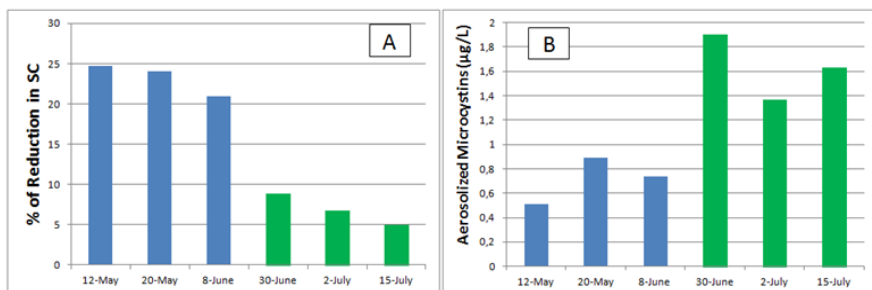


Figure 1| A- Percentage of reduction in the sample container, B- Aerosolized Microcystins concentration in µg/L. Blue colour represents the experiments done with 1 L/min flow and the green bars represent the experiments done with 0.5 L/min flow.

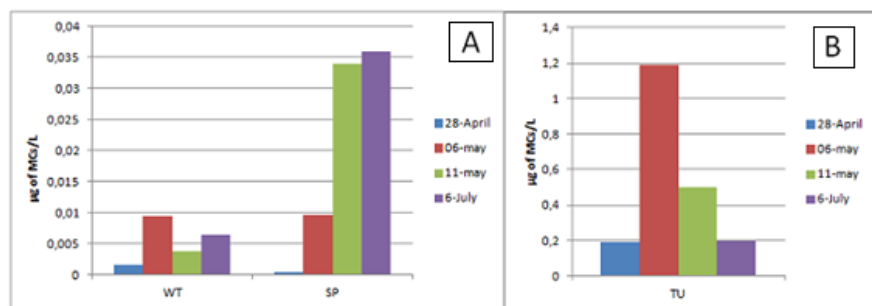


Figure 2| Concentrations obtained in catching structures. A. WT-Water Trap and SP-Sep Pak concentrations. B. TU-Tube concentrations.



should increase the effectiveness of the system by reducing the amount of non measured aerosolized microcystins. To develop this further, a new more closed approach without water trap was designed as a starting point that may be

useful for increasing in the knowledge of aerosolization of microcystins •

Contacto: carlos.edo@estudiante.uam.es

References

FISCHER, W., GARTHWAITE, I., MILES, C., ROSS, K., AGGEN, J., CHAMBERLIN, R., TOWERS, N. &

DIETRICH, D. 2001. Congener-Independent Immunoassay for Microcystins and Nodularins. *Environmental Science and Technology*, **35**, pp. 4849-4856. American Chemical Society. SPRINGER.

WOOD, S. & DIETRICH, D. 2011. Quantitative assessment of aerosolized cyanobacterial toxins at two New Zealand lakes. *Journal of Environmental Monitoring*. **13**(6):1617-24.

Microbial decomposers diversity and litter decomposition along an altitudinal gradient in tropical and temperate streams ecosystems

Sara Cubero Alguacil

Director: Elvira Perona Urizar

Biology Department, Science Faculty, Universidad Autónoma de Madrid (UAM), Spain.

This thesis was presented the 21th of September, 2015 to obtain the Master of Inland Water Quality Assessment degree at the Universidad Autónoma de Madrid.

Cyanobacteria are known to be present from hot springs to cold waters forming biofilms or mats. Biofilms are defined as complex microbial communities, these communities change continuously in time and space providing a better survival opportunities and growth rates to the organisms that live there (Declerck, 2010). The first evidence of biofilms formation was at hydrothermal environments, but similar structures can be found now in biofilms from hot springs and Deep-sea hydrothermal rocks. The biofilms are formed as life strategy to increase stability and growth of the bacteria in environment (Hall-Stodley *et al*, 2004). The variability in function and form of cyanobacteria makes possible that we can find it in extreme conditions. One example of cyanobacteria that can growth in thermal environments is *Phormidium* (Garcia-Pichel and Pringault, 2001; Noguero, 1991).

But also, the aquatic environment is the natural habitat for bacteria which can be pathogens for the health of animals and humans. The principal bacteria to take account in the aquatic health risk are

Clostridium and *Legionella*. *Legionella* is a slow growing bacterium that is ubiquitous in freshwater systems and is usually to found in substrates associated to biofilms (Declerck, 2010; Aurell *et al*, 2004). *Legionella* are a gram-negative bacillus and there are 50 species described, and one half has been associated with human legionellosis disease (Charpentier *et al*, 2011; Wullings *et al*, 2011). *Legionella* can hold a temperature from 5.0°C to 63°C and pH ranges from 5.0 to 9.2 in nature (Declerck, 2010; Parthuisot *et al*, 2010). Although a few limited studies have revealed the presence of *Legionella* spp. in aquatic environments and there is still unknown about how natural populations are affected by anthropogenic and environmental factors (Parthuisot *et al*, 2010). Besides, we can find in natural environments *Legionella pneumophila*, one of the most common pathogenic *Legionella* species. Invades the human lung and destroy them generating a fatal pneumonia, the legionellosis disease. The *Legionella* can also affect other cells producing the Pontiac fever (Coscollá *et al*, 2011; Reuter *et al*, 2013). *Legionella pneumophila* is detected in hot springs where the temperature is usually higher than the environmental temperature, between 35-40°C (Declerck, 2010).

One important association is that *Legionella* is able to perform it growing in association with prokaryotes in aquatic systems. There is knowledge that *Phormidium* and other Oscillatoriales species can associate with *Legionella*. This association was found in mat

communities in thermal effluents (Taylor *et al*, 2009).

So, in this work we study the potential health risk of biofilms from different thermal environments analyzing the presence of *Legionella* and their relations with the cyanobacterial dominance communities. To develop that, we use 15 samples from 3 type's different areas in Spain (hot springs in Ourense, a thermal river in Castellon and a cold river in Cuenca). The thermal river studied was Mijares River and the cold river was Guadiela River. At photomicroscope we analyze and describe the different morphotypes present in the biofilms. The genetic studies were performing with a PCR and a quantitative PCR, so we quantified the presence of *Legionella* spp. and *Legionella pneumophila* in our samples. The data analysis was performed using SDS 1.1 Software (Applied Biosystems) and with IBM SPSS Statistics 19 and Sigmatol 12.3.

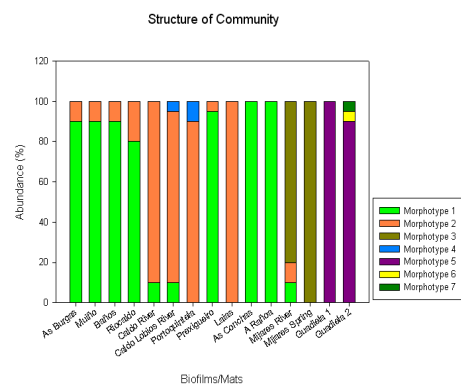


Figure 1] Showing the proportion of each morphotype at every biofilms studied.

Our results shown that in the hot springs samples there are a high dominance of

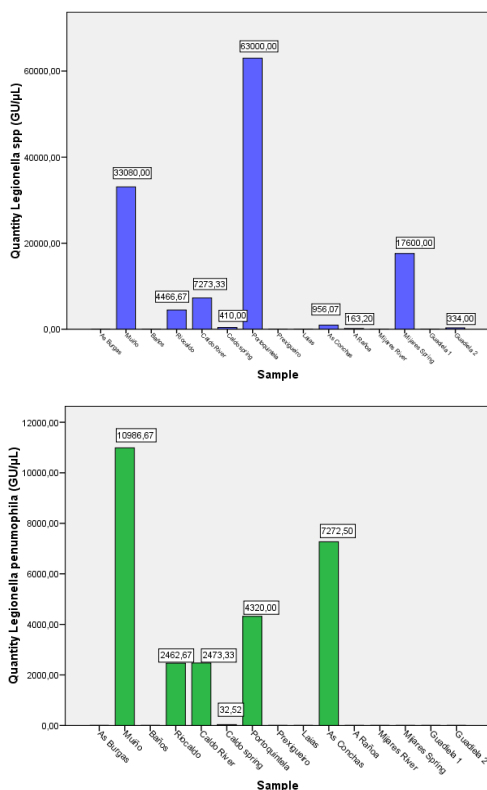


Figure 2| Amount of *Legioenlla spp.* (graph A) and *Legionella pneumophila* (graph B) (GU/μL), found in cyanobacterial biofilms by the use of q-PCR.

Phormidium luridum and *P. ornatum*. We can observe also that the structure community in Mijares and Guadiela Rivers are totally different (Figure 1). After the analysis performed by PCR and q-PCR, we can observe that *Legionella* is quite abundant in environmental biofilms. *Legionella spp.* is present at 60% of the samples and in a 40% for *Legionella pneumophila* (Figure 2), besides *L. pneumophila* is present only in thermal waters. Specific relations with temperature and cyanobacterial composition of the mats have been found and can be explain by the presence of cyanobacterial species.

For that, we demonstrate that cyanobacteria is an important organism related with the health risk and we propose to continue with these studies in order to evaluate better the risks and include the study of presence of *Legionella* in biofilms/mats in the monitoring programs •

Contacto: sara.cubero@estudiante.uam.es

References

AURELL, H., CATALA, P., FARGE, P., WALLET, F., LE BRUN, M., HELBIG, J.H., JARRAUD, S. AND LEBARON, P. (2004). Rapid detection and enumeration of *Legionella pneumophila* in hot water systems by solid-phase cytometry. *Applied and Environmental Microbiology* **70**(3), pp.1651-1657.

CHARPENTIER, X., KAY, E., SCHNEIDER, D. AND SHUMAN, H.A. (2011). Antibiotics and UV radiation

induce competence for natural transformation in *Legionella pneumophila*. *Journal of Bacteriology* **193**(5), pp.1114-1121.

COSCOLLÁ, M., COMAS, I. AND GONZÁLEZ-CANDELAS, F. (2011). Quantifying Nonvertical inheritance in the evolution of *Legionella pneumophila*. *Molecular Biology Evolutive*, **28**(2), pp.985-1001.

DECLERCK, P. (2010). Biofilms: the environmental playground of *Legionella pneumophila*. *Environmental Microbiology* **12**(3), pp.557-566.

GARCIA-PICHEL, F. AND PRINGAULT, O. (2001). Cyanobacteria track water in desert soils. *Nature*, **413**, pp.380-381.

HALL-STOODLEY, L., WILLIAM, J. AND STOODLEY, P. (2004). Bacterial Biofilms: from the natural environment to infectious diseases. *Nature Reviews*, **2**, pp.95-108.

NOGUEROL SEOANE, A. (1990). Phycological study of the thermal spring of Torneiros (Lovios, Orense, Spain). *Anales Jard. Bot. Madrid* **47**(2), pp.295-300.

PARTHUISOT, N., WEST, N.J., LEBARON, P. AND BAUDART, J. (2010). High diversity and abundance of *Legionella spp.* in a pristine river and impact of seasonal and anthropogenic effects. *Applied and Environmental Microbiology* **76**(24), pp.8201-8210.

REUTER, S., HARRISON, T.G., KÖSER, C.U., ELLINGTON, M.J., SMITH, G.P., PARKHILL, J., PEACOCK,S.J., BENTLEY, S.D. AND TÖRÖK, M.E. (2013). A pilot study of rapid whole-genome sequencing for the investigation of a *Legionella* outbreak. *BMJ Open*, **13**(3), pp.1-7.

TAYLOR, M., ROSS, K. AND BENTHAM, R. (2009). *Legionella*, Protozoa and Biofilms: Interactions within complex microbial systems. *Microb. Ecol.* **58**, pp.538-547.

WULLINGS, B., BAKKER, G. AND VAN DER KOOIJ, D. (2011). Concentration and diversity of uncultured *Legionella spp.* in two unchlorinated drinking water supplies with different concentrations of natural organic matter. *Applied and Environmental Microbiology* **77**(2), pp.634-641.

Structural and functional responses of Mediterranean riparian communities to environmental filters

Daniel Bruno Collados

Director: Josefa Velasco García y David Sánchez Fernández

This thesis was presented the 11th of December, 2015 at the Universidad de Murcia.

There is a long-standing interest among ecologists in understanding and predicting ecosystem responses to environmental changes. In the current context of global change, the world's ecosystems are experiencing an increase

in human impact intensity leading to an unprecedented biodiversity loss. This is especially worrying in inland aquatic ecosystems, as they have been recognised as one of the most threatened habitats in the world. Nevertheless, in comparison with terrestrial ecosystems, aquatic conservation science is still lagging in quality and quantity of empirical studies. From a more applied perspective, bioassessment techniques should allow

an early, precise and mechanistic understanding of the consequences of environmental changes on the relationship biodiversity – ecosystem functioning. Accordingly, to guide conservation efforts and the management of natural resources, it is necessary to move forward in the detection and prediction of aquatic ecosystems responses to multiple environmental stressors.



The effect of global change could be especially dramatic in arid and semiarid areas, whose climatic conditions will become even more extreme in the short term. Thus, the loss of freshwater biodiversity is of particular concern in the Mediterranean Basin, one of the Earth's biodiversity hotspots. Mediterranean river basins have also a particular interest for environmental sciences, as they provide wide environmental gradients (both natural and anthropogenic), making them an ideal scenario to test the influence of different types of environmental filters on biological communities.

Although frequently overlooked in limnological studies, riparian zones, as transitional areas between aquatic and terrestrial ecosystems, are an integral part of freshwater ecosystems conditioning both the structure and functioning of rivers. Riparian vegetation provides essential functions (e.g. soil fixation, organic matter supply) and services (e.g. clean water, recharge aquifers, mitigate flash flood impacts). Besides, these communities are diverse and taxonomically very well-known. Riparian zones are the paradigm of biologically interesting yet highly impacted ecosystems, particularly in the Mediterranean basins, as they are surrounded by a landscape subjected to high anthropogenic pressures and impacts.

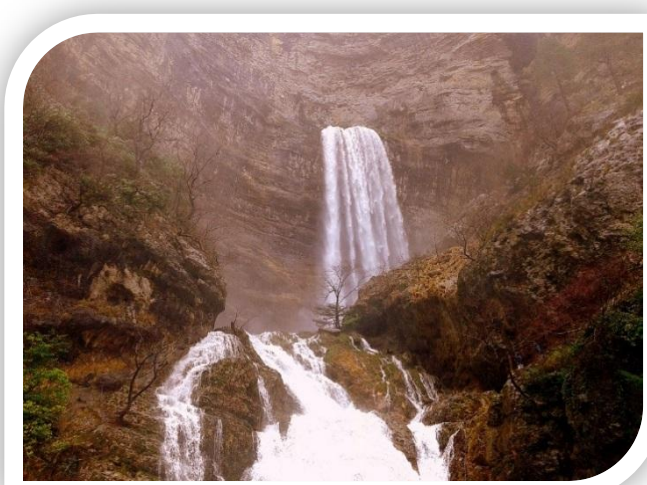
In this context, this thesis aims to explore the structural and functional responses of riparian communities to natural and anthropogenic environmental filters that affect and threaten Mediterranean river ecosystems, specially drought, land use intensification and hydromorphological alteration. It contributes to a better knowledge and prediction about the effect of natural and anthropogenic stressors on the diversity, ecological quality and functionality of riparian and aquatic communities in order to improve bioassessment and environmental management. Besides having an essential role in Mediterranean areas, woody riparian plants constitute the core of this research since they are long-lived, stable and sensitive to human pressures, which make them a good candidate to be used as suitable indicator of disturbance.

All the studies that compose this thesis have been carried out in the Segura river basin. It is a Mediterranean watershed located in the south east of the Iberian Peninsula (West Mediterranean) with marked environmental gradients. The climate ranges from sub-humid in the northwestern highlands, where rivers have relatively stable flows and high discharges, to semiarid in the southeastern lowlands, where streams show more variable flows and lower mean discharges. An anthropogenic disturbance gradient is also present, from sparsely populated forested headwaters to lowland rivers with a predominantly shrubby landscape, densely populated cities, intense flow regulation and irrigated agriculture as the main human activity. Despite the areas currently impacted by agriculture (45.2 % of the basin extent) or hydrological alterations (150 dams > 2 m height), this basin still holds an important number of rivers with a good ecological status, the study of which allows an assessment of human impacts on biological communities. Finally, studying such a semi-arid basin in a western Mediterranean context could be useful to anticipate changes in biological communities in other most temperate European watersheds as a consequence of climate change.

The current thesis is structured in four chapters that address different aspects (diversity, ecological quality and functionality) of riparian Mediterranean communities and their relationships with

environmental filters. First, in Chapter 1, the similarities and differences in taxonomic diversity patterns between woody and herbaceous riparian species are explored, using a wide set of environmental filters as explanatory variables. After finding a notable convergence in richness riparian patterns but a greater significance for woody vegetation, Chapter 2 is focused on the effect of various types of human pressures (agriculture and hydromorphological alteration), at different spatial scales, on the ecological condition and diversity of woody riparian plants compared with strictly aquatic macroinvertebrate communities. On the other hand, as it is well-known that trait-based approaches show clear advantages over conventional taxonomic methods to predict biological changes in response to environmental conditions (e.g. better inter-taxon comparability, lower biogeographical influence, mechanistic links to environmental change and ecosystem functioning), the objective of Chapter 3 was to explore the functional response of riparian woodlands (using both functional diversity and redundancy measures) to environmental filters. Finally, in Chapter 4, the use of functional redundancy (it was found as the most sensitive functional index in the previous chapter) as a tool for bioassessment is tested and compared with traditional biomonitoring indices.

Next, a detailed summary of the approach, objectives, results and conclusions of the four chapters is



Source of Mundo river (Albacete)



presented:

Chapter 1 describes the composition and richness patterns of both woody and herbaceous riparian vegetation, and identifies the main environmental variables shaping them. We explored a wide variety of variables (i.e. climatic, geologic, topographic, hydromorphologic, land use) with potential effect on riparian communities. Among them, hydromorphology and land use variables strongly affected species composition and diversity for both riparian life forms. On the other hand, woody species richness was mainly influenced by flow conditions and valley shape, whereas herbaceous one was more dependent on substrate features. Both composition and richness showed a longitudinal pattern following the environmental gradient in the basin, although patterns were clearer for woody than for herbaceous species. Thus, in Mediterranean basins, considering species of both groups jointly or even selecting only one of them (preferably woody ones) could be suitable when studying Mediterranean riparian communities.

Chapter 2 focuses on riparian woodlands and the main human pressures that affect freshwater communities in Mediterranean rivers, i.e. land use intensification (using agriculture as surrogate) and hydromorphological alteration. The responses of riparian and aquatic macroinvertebrate communities to such pressures were assessed and compared taking into account that these biological responses could also vary depending on the spatial scale considered and the indicators used as response variable. Human pressures negatively influenced both riparian and aquatic communities, regardless of the spatial scale considered (basin or reach), the nature of the human pressure (agriculture or hydromorphological alteration) or the type of indicator used (ecological condition or biodiversity). Agricultural land use was the most important disturbance for riparian communities, whereas hydromorphological alteration had a clearer effect on aquatic communities. The extent and intensity of agriculture and hydromorphological alteration upstream (basin scale) had an effect at

least comparable to or even greater than that occurring just at the reach scale. Finally, ecological condition indices were more sensitive to human pressures than species richness.

Chapter 3 explores how functional redundancy of riparian communities (a functional feature related to the stability, resistance and resilience of ecosystems) responds to the main environmental filters in Mediterranean basins (i.e. drought, flow regulation and agriculture) and their interactions. Besides, its response is compared with those of different functional diversity measures (i.e. functional richness, evenness and divergence). All functional indices decreased with increasing environmental filter intensity, especially in response to agriculture, the most important stressor for riparian functionality in the study area. However, functional redundancy was more sensitive than the other functional measures to single and multiple environmental filters and displayed a non-random decline along stress gradients. Functional redundancy was predicted from coarse-grain and remote (SIG) environmental variables for the entire river network, constituting a potential useful tool for biomonitoring and environmental management at basin level.

Chapter 4 tests the applicability of functional redundancy as a tool for bioassessment, comparing it with traditional (taxonomic and ecological status) biomonitoring indices. Concretely, both the response of these indices to anthropogenic environmental filters (hydrological alteration and agriculture) considering the underlying natural stress gradients (e.g. drought), and their ability to discriminate between different categories of human alteration were assessed. Although all indices (functional redundancy, species richness and riparian quality index) showed significant negative responses to environmental filters, functional redundancy was the most explicative and sensitive one, being the only index able to detect subtle human impacts in both perennial and intermittent rivers. In addition, taking the values of functional redundancy as a base, we established different categories of functional disturbance (reference, moderate and

high), both in perennial and intermittent rivers of the study area. Using the threshold values of these categories and the best-fitting functional redundancy model, we obtained a human impact map for the entire river network, which can assist decision-makers in setting goals and designing strategies for conservation and restoration at wide scale. Functional redundancy can be used as a meaningful indicator to evaluate and monitor the impact of human disturbances on ecosystem functions. Its integration as a complementary tool in bioassessment programmes can help to anticipate changes in the amount and stability of ecosystem functions provided by biological communities.

In summary, it can be concluded that as the intensity of environmental filters increased, riparian communities change in species composition, turning less diverse, and reducing habitat quality, functional diversity and redundancy. This jeopardises their ability to face new disturbances (low resistance and resilience) as well as the amount and quality of the goods and services provided by these ecosystems. Headwaters were the most favourable areas not only for riparian communities but also for aquatic ones due to the absence of anthropogenic pressures and milder environmental conditions. In general, agriculture and hydromorphological alteration seemed to be the most important anthropogenic pressures for riparian and aquatic communities, respectively. In particular, the extent of agriculture upstream exerted the stronger effect on species diversity, quality and functionality of riparian communities. Accordingly, land use and hydrological planning at basin scale seem essential complements to traditional conservation and restoration measures at reach scale, in order to successfully preserve rivers ecosystems. Although taxonomic richness, riparian quality and functional diversity indices seem to respond clearly to such anthropogenic impacts, functional redundancy proved to be more sensible than the other indices. In addition, it shows a non-random reduction in response to increased environmental filters, providing complementary information to species richness on how biological communities respond to stress.

Finally, its response can be predicted from large-scale geographic variables for entire river catchments of large administrative areas. Underlying natural stress gradients (e.g. drought), which influence taxonomic and functional patterns in Mediterranean basins, must be considered when assessing riparian

communities in these areas. In fact, reference values for functional redundancy differed depending on flow permanence. Functional Redundancy was the only biological index able to detect from minor to large human impacts in both perennial and intermittent rivers. In conclusion,

functional redundancy can be considered as a useful complementary tool for bioassessment and environmental management, since it shows clear advantages over traditional taxonomic and ecological status biomonitoring indices •

Estudio de la red trófica de tapetes microbianos de la Península Byers, Antártida

Pablo Almela Gómez

Director: Antonio Quesada

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid.

Esta tesis se defendió el 9 de septiembre de 2015 para obtener el Máster en Microbiología en la Universidad Autónoma de Madrid.

Los ambientes fríos representan alrededor del 75% de la superficie terrestre. La mayor parte de la criósfera se encuentra localizada en las regiones polares del planeta, principalmente en el *inlandsis* de la Antártida. Habitualmente se considera que la biodiversidad disminuye con el aumento progresivo de la latitud, dados los cambios en las condiciones climáticas, llegando a registros mínimos en las zonas polares más extremas. Pero es en estos hábitats donde las comunidades microbianas bénticas no marinas adquieren un papel fundamental. De hecho, se han descrito diversidades altísimas, incluso mayores que en zonas más meridionales del planeta, tanto de procariontas como de eucariotas y virus (López-Bueno *et al.*, 2009).

Las comunidades acuáticas están dominadas principalmente por cianobacterias, diatomeas y algas verdes. Las cianobacterias se convierten en una pieza clave debido a que son consideradas los principales productores primarios bénticos no marinos de la Antártida (Tang *et al.*, 1997). Estos microorganismos, además de virus, tardígrados, ciliados, nemátodos y rotíferos (Imagen), entre otros, forman los tapetes microbianos, complejas comunidades que desarrollan una

estrecha relación que lleva a la formación de comunidades dinámicas, y en ocasiones, muy estructuradas. Los tapetes microbianos dominan los ecosistemas polares terrestres no marinos de la Antártida (Vincent y Quesada, 2011; Quesada y Vincent, 2011). Se les puede encontrar desde las zonas costeras más meridionales hasta las zonas del continente con las condiciones más extremas, como es el caso de Dufek Massif (84°S) donde constituyen una de las pocas formas de vida presentes (Hodgson *et al.*, 2010). En ellos se establecen relaciones alimentarias, redes tróficas, entre los distintos integrantes del ecosistema, que marcan los flujos de energía y la circulación de la materia.

Este trabajo profundiza en el estudio de las redes tróficas de las comunidades bénticas microbianas que se desarrollan en la Península Byers, Antártida, a partir del estudio de los isótopos estables del carbono $\delta^{13}\text{C}$. Estas interacciones tróficas entre los diferentes grupos dentro de los tapetes microbianos polares son bastante desconocidas, quizá debido a que la metodología necesaria para su estudio resulta complicada. Dentro de estos ecosistemas microbianos sabemos que las cianobacterias representan el grupo de fotótrofos más importante, pues son las responsables de la creación de la matriz de los tapetes microbianos, estructura sobre la que se asienta y desarrolla el resto de la comunidad de microorganismos. Se pensaba además que representaban la fuente principal de carbono para el ecosistema, pero se ha visto en recientes estudios que realmente suponen una aporte de C y energía al ecosistema bastante pobre

(Velázquez y Quesada, 2011). Es aquí donde el resto de fotótrofos (diatomeas y algas verdes) podrían estar jugando un papel esencial en lo que al aporte de C y energía se refiere. Algunas algas verdes han sido descritas como verdaderas psicrófilas, presentando una actividad metabólica óptima a temperaturas más frías que el resto de la comunidad fotótrofa, que se define como psicotolerante, al igual que el resto de la comunidad integrante de los tapetes microbianos.

Hipotetizamos que las *Chlamydomonas*, género de algas verdes que abunda, junto con las *Chloromonas*, en la comunidad fotosintética de los tapetes microbianos, es una de las fuentes más importantes de entrada de C autóctono y energía al ecosistema, contribuyendo así al mantenimiento del resto de la red

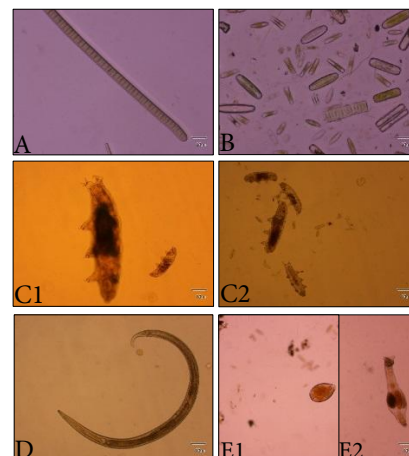


Imagen | Microfotografías de los grupos analizados. FUENTES: (A) Cianobacterias filamentosas, *Phormidium* sp. (B) Diatomeas. CONSUMIDORES: (C1) y (C2) Tardígrados. (D) Nemátodo. (E1) y (E2) Rotíferos.

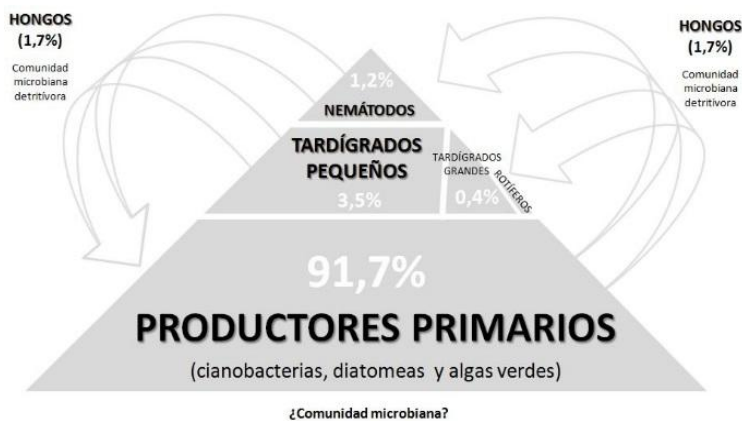


Figura | Red trófica de un tapete microbiano de Península Byers, Antártida, donde se muestra posición y abundancia relativa de los organismos incluidos en el estudio.

trófica del tapete microbiano de la Península Byers. Además, por ser ecosistemas activos unas pocas semanas al año, dado que la presencia de agua líquida constituye el factor determinante de estos ecosistemas microbianos, los flujos de C a través de la red trófica estudiada deberían de ser rápidos, permitiendo un crecimiento activo durante la época favorable.

La abundancia natural de los distintos grupos de microorganismos estudiados se utilizó como base para establecer sus posiciones tróficas, a partir de donde se realizaron dos experimentos de enriquecimiento en ambientes controlados, añadiendo el compuesto con carbono inorgánico marcado directamente o a partir de la incubación de *Chlamydomonas spp.* con este compuesto y su posterior incorporación al tapete microbiano. Estas incubaciones *in situ* fueron seguidas de muestreos a distintos intervalos de tiempo, utilizando las variaciones en la composición isotópica del carbono en cada grupo como trazador a través de las redes tróficas.

Además, estos resultados se complementaron con la descripción de la comunidad bacteriana y eucariota a partir del perfil metagenómico y metatranscriptómico, la determinación de la abundancia relativa y biomasa de los consumidores incluidos en el estudio, y el cálculo de la biomasa algal y fúngica, a partir de la clorofila-a y el ergosterol por HPLC.

Los resultados mostraron que las fuentes o productores primarios, principalmente

diatomeas y cianobacterias de las capas superiores, asimilan los compuestos inorgánicos marcados durante las primeras 8 horas, volviendo a valores iniciales de abundancia natural de forma distinta. Los consumidores (rotíferos, tardígrados y nemátodos) mostraron perfiles tróficos muy distintos, dadas las diferencias en sus hábitos alimenticios. Rotíferos y tardígrados asimilaron los compuestos inorgánicos marcados durante las primeras 24-48 horas, mientras que los nemátodos lo hicieron a los 11 días, situándose en la cúspide de la cadena trófica de los tapetes microbianos polares. En la Figura podemos apreciar la relación entre la estimación de la abundancia relativa de las fuentes y consumidores incluidos en este estudio, junto con la posición que ocupan en la red trófica.

Por lo que respecta a los enriquecimientos del tapete microbiano con *Chlamydomonas spp.* incubadas, no apreciamos variaciones en la composición isotópica del carbono en ninguno de los grupos estudiados. Pero cuando analizamos la evolución de las propias *Chlamydomonas*, comprobamos como existía un enriquecimiento durante el periodo de incubación previo a su adición al tapete microbiano. Se comprueba así que las *Chlamydomonas* incorporaron el carbono marcado durante las 24 horas previas al inicio del estudio, al estar metabólicamente activas y fotosintetizando, pero no parecen ser depredadas y/o asimiladas por el resto de la comunidad trófica.

Podemos afirmar que las redes tróficas de los tapetes microbianos de la Península

Byers son cortas y parecen estar estructuradas en dos niveles tróficos. La longitud de las redes en estos ecosistemas parece estar controlada por la duración del agua en estado líquido, que se limita a unas pocas semanas durante el verano austral. Cianobacterias y diatomeas formarían parte de las fuentes, mientras que rotíferos, tardígrados y nemátodos lo harían de los consumidores. Hongos y bacterias, que constituirían la comunidad detritívora, se han estudiado pero no se han podido incluir en la cadena trófica de los tapetes microbianos de la Península Byers, dada la imposibilidad para aislarlos de forma manual.

No podemos afirmar que las *Chlamydomonas* constituyan una de las fuentes más importantes de entrada de carbono autóctono y energía para el tapete microbiano de Península Byers, tal y como se hipotetizaba en un principio, pero sí que durante el verano austral se encuentran en una etapa de resistencia de su ciclo vital y no pueden ser depredadas. El estudio del papel de las *Chlamydomonas* durante una etapa flagelada de su ciclo vital, cuando son susceptibles de ser depredadas, probablemente durante un periodo anterior o posterior al verano austral, cuando las condiciones ambientales comienzan a cambiar, ayudaría a la comprensión del rol que adoptan en las cadenas tróficas de los tapetes microbianos polares ●

Contacto: pablo.almela@estudiante.uam.es

Referencias

- HODGSON, D.A., CONVEY, P., VERLEYEN, E., VYVERMAN, W., MCINNES, S.J., SANDS, C.J., FERNÁNDEZ-CARAZO, R., WILMOTTE, A., DE WEVER, A., PEETERS, K., TAVERNIER, I. & A. WILLEMS. (2010). The limnology and biology of the Dufek Massif, Transantarctic Mountains 82° South. *Polar Science*; 4: 197-214.
- LÓPEZ-BUENO, A., TAMAMES, J., VELÁZQUEZ, D., MOYA, A., QUESADA, A., & ALCAMÍ, A. (2009). High diversity of the viral community from an Antarctic lake. *Science*, 326(5954): 858-861.
- TANG, E. P. Y., TREMBLAY, R., VINCENT, W. F. (1997). Cyanobacterial dominance of polar freshwater ecosystems: are high latitude mat-formers adapted to the low temperature environment? *J. Phycol.*; 33(2): 171-181.
- VELÁZQUEZ, D., QUESADA, A. (2011). Las cianobacterias en ambientes polares. *Ecosistemas* 20 (1): 14-22.
- VINCENT, W. & QUESADA, A. (2011). Cyanobacteria in High Latitude Lakes, Rivers and Seas. In: Whitton BA (ed). *Ecology of Cyanobacteria II*. Springer.



Bioacumulación de As, Se, Cd y Hg en macroinvertebrados de la cuenca minera del Nalón (Asturias, España): niveles base en condiciones de referencia

Odei Barredo Díaz

Directoras: Maite Martínez¹ y Pilar Rodríguez²

¹Departamento de Genética, Antropología Física y Fisiología Animal
²Departamento de Zoología y Biología Celular Animal

Esta tesis se defendió el 7 de septiembre de 2015 para obtener el Máster en Biodiversidad, Funcionamiento y Gestión de Ecosistemas en la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

Se han estudiado los niveles de referencia para la bioacumulación de As, Se, Cd y Hg en macroinvertebrados de la cuenca del río Nalón (Asturias, España). Se escogieron 9 localidades de referencia (no contaminadas) analizándose la concentración de metales en sedimento y en tejido de 3 taxones representativos de distintos grupos tróficos (*Rhyacophilidae* = depredador; *Hydropsychidae* = colectores-filtradores;

Heptageniidae = raspador-fitófago). La zona de estudio presentó niveles de metales en sedimento superiores al TEC para As y al PEC para Se, evidenciando que los niveles de metales en el entorno geológico de la cuenca del Nalón son naturalmente altos. De los 4 metales, únicamente los niveles de Se en tejido superaron los valores críticos reportados en bibliografía, por lo que es necesario el establecimiento de criterios específicos para la zona de estudio. Las concentraciones de metales esenciales (As, Se) en tejido fueron netamente más elevados que las de no-esenciales (Cd, Hg), siguiendo el siguiente orden: Se>As>Cd>Hg. La influencia de la posición trófica queda reflejada en este trabajo, obteniendo los raspadores niveles superiores a los colectores-

filtradores y los depredadores, excepto para el Hg. Este último metal fue, sin embargo, el único que mostró biomagnificación en *Rhyacophilidae* respecto a *Heptageniidae* como presas potenciales. El As no mostró riesgo de bioacumulación en ninguno de los taxones, al contrario que el Se y el Cd (especialmente en *Heptageniidae*), y el Hg en *Rhyacophilidae* e *Hydropsychidae*. Finalmente, se analiza la influencia de las tipologías fluviales basadas en las comunidades de macroinvertebrados en la bioacumulación de metales ●

Palabras clave: Bioacumulación; Metales; Metaloides; Minería; Riesgo ecológico; Referencia; Sedimento; Macroinvertebrados; Tipología; Grupo trófico; *Rhyacophilidae*; *Hydropsychidae*; *Heptageniidae*; BAF; Biomagnificación; Nalón.



DOMIPEX 'Effects of labile DOC additions over DOM dynamics as a function of discharge variability'

INFORME FINAL- Proyecto seleccionado en la I Convocatoria AIL de proyectos colaborativos entre jóvenes AIL

Contenido

1.- Descripción de DOMIPEX.....	41
Objetivos	41
Desarrollo	41
2.- Participantes.....	42
3.- Metodología	45
Lugares de estudio	45
Métodos de campo	46
Análisis de muestras.....	46
4.- Principales resultados alcanzados.....	47
Características fisicoquímicas de los ríos estudiados	47
Metabolismo	49
Captación de nutrientes	49
5.- Difusión de los resultados	51
6.- Distribución del presupuesto	52
7.- Valoración del proyecto	53
Bibliografía.....	54

1.- Descripción de DOMIPEX

Objetivo

El proyecto DOMIPEX- *Effects of labile dissolved organic carbon (DOC) additions over dissolved organic matter (DOM) dynamics as a function of discharge variability*- fue el proyecto seleccionado en la I Convocatoria AIL de proyectos colaborativos entre jóvenes (http://limnologia.com/J-AIL_Project_Call.pdf). Su objetivo principal fue examinar la respuesta de la materia orgánica disuelta a adiciones experimentales de carbono (C) orgánico disuelto lábil en condiciones hidrológicas contrastadas (caudal bajo y después de una crecida).

Por el contexto de la convocatoria, objetivos ancilares al proyecto son el propiciar interacciones positivas entre los investigadores jóvenes de la asociación y desarrollar una red de contactos entre esta cohorte.

Desarrollo

El proyecto se ha desarrollado durante 2013-2015 (Tabla 1), según tres fases establecidas en la Propuesta de Proyecto.

La **Fase I** incluyó la atracción de participantes al proyecto y la creación de grupos de trabajo y ocupó los nueve primeros meses de trabajo. En esta fase se incluyó la tarea de identificación de lugares de estudio, que se realizó a partir de la información previa disponible en cada grupo. Esta tarea fue larga y costosa, en primer lugar debido a la especificidad de los lugares de estudio (sitios calcáreos, con bajo caudal, cambio de caudal verano/otoño y relativamente prístinos) y en segundo lugar debido a la diversidad de información de la que cada grupo disponía. En esta primera fase se elaboraron también los protocolos de campo, de manera que contuvieran la información necesaria para la correcta ejecución del experimento independientemente del *background* de los participantes y se realizó una campaña preliminar para asegurar la idoneidad de los métodos propuestos.



Así mismo se testaron las analíticas de laboratorio, tanto en el Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona como en el Department of Limnology de la Universidad de Uppsala. Durante el congreso del AIL (Santander, julio 2014) se convocó una reunión abierta a todos los asistentes en la que se presentó el protocolo, se resolvieron dudas, se añadieron más participantes, se acabaron de perfilar grupos y se entregaron los materiales necesarios para las campañas de muestreo a todos los grupos asistentes. Durante dicha conferencia también se presentó un poster sobre la estructura, metodología y organización del proyecto.

Tabla 1 Desarrollo del proyecto

	Fecha	Tareas desarrolladas
Fase I	Oct –Dec 13	Creación de equipos
	Ene - Mar 14	Selección de los sites y recogida de información previa
	Apr-May 14	Desarrollo de protocolos de campo y laboratorio
	Jun- 14	Campaña preliminar
	Jul- 14	<i>Follow-up meeting</i> en Santander: evaluación, presentación de primeros resultados y reparto de material
Fase II	Ago – Nov 14	Trabajo de campo: adiciones de acetato y nitrato antes y después de las lluvias otoñales
	Oct 14- Mar 15	Analíticas de laboratorio
Fase III	Oct 14- Mar15	Recopilación de resultados y datos de campo
	Mar – Dic. 15	Análisis de los datos
	Mar – Dic 15	Escritura

En la **Fase II**, se desarrollo el trabajo de campo y analíticas de laboratorio. Desafortunadamente, en 2014 las precipitaciones no acompañaron mucho y ambas campañas de muestreo se vieron retrasadas, siendo la primera campaña experimental del primer grupo en agosto y la del último en octubre. Un período temporal similar ocupó la segunda campaña, que acabó a finales del mes de Noviembre. Esto ha hecho que se hayan retrasado unos meses las fases de desarrollo del proyecto respecto a lo previsto inicialmente. Además de los parámetros incluidos en la propuesta original se ha analizado métricas de captación de nitrato y se ha caracterizado cualitativamente la materia orgánica disuelta mediante espectrometría de fluorescencia y absorción.



En la **Fase III**, se ha procedido al análisis de los datos, discusión y escritura de resultados. Gracias a la implicación de los participantes y su background diverso se han podido valorar análisis no considerados originalmente, como por ejemplo la nueva metodología TASC para analizar métricas de captación de nutrientes en ríos.

2.- Participantes

En esta primera convocatoria, participaron 42 jóvenes investigadores de la Asociación repartidos en 11 equipos de muestreo en Alemania, Suiza y España. La edad de los participantes varió de 23 a 37 años. La mayoría de los participantes eran estudiantes de doctorado (67%) y Post-Docs de corto plazo (21%; la Fig. 1). Quedan listados a continuación:

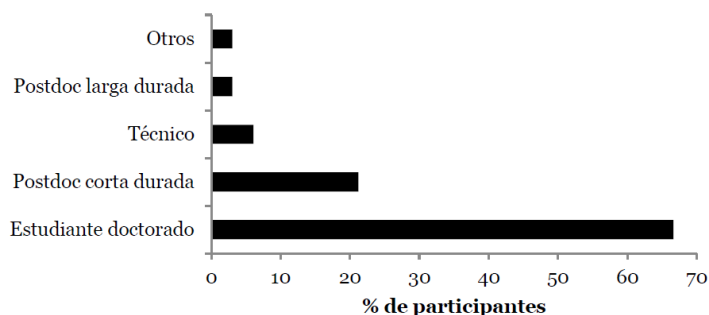


Fig. 1 Estadio de la carrera de los participantes

A continuación, se listan a todos los participantes de DOMIPEX.

Coordinadoras del proyecto: Ada Pastor¹, Núria Catalán²,

Participantes (por orden alfabético):

Meritxell Abril ¹ ,	Anna Freixa ⁹ ,	Carlos Palacin-Lizarbe ¹⁰ ,
María Isabel Arce ³ ,	Pau Giménez-Grau ¹⁰ ,	Olatz Pereda ⁴ ,
Ibon Aristi ⁴ ,	Lluís Gómez-Gener ¹ ,	NúriaPerujo ⁹ ,
Maite Arroita ⁴ ,	Rafael Marcé ⁶ ,	Sílvia Poblador ¹ ,
Angelina Borobia,	Alexia M. González-Ferreras ⁷ ,	Rubén Rasines-Ladero ¹² ,
Andrea G. Bravo ² ,	Elena Hernández-del Amo ⁹ ,	Marta Reyes ¹² ,
Núria de Castro-Català ¹ ,	Ana Herrero,	Tamara Rodríguez ⁷ ,
Rubén del Campo ⁵ ,	Anna Lupon ¹ ,	Pablo Rodríguez-Lozano ¹ ,
Joan Pere Casas-Ruiz ⁶ ,	Eduardo J. Martín ¹¹ ,	Celia Ruiz ¹³ ,
Sergi Compte ⁶ ,	Aingeru Martínez ⁴ ,	Isis Sanpera-Calbet ¹ ,
Edurne Estévez ⁷ ,	Silvia Monroy ⁴ ,	Jessica Subirats ⁶ ,
Diego Fernández ⁸ ,	Juanita Mora-Gómez ⁹ ,	Libe Solagaistua ⁴ ,
Mireia Fillol ⁶ ,	Biel Obrador ¹ ,	Irene Tornero ⁹
Lorea Flores ⁴ ,		



Núria Catalán y Ada Pastor

Con las siguientes afiliaciones:

- 1: Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, España
- 2: Limnology/Department of Ecology and Genetics, Uppsala University, Uppsala, Suecia
- 3: Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB), Müggelseedamm 301, 12587 Berlin, Alemania
- 4: Laboratory of Stream Ecology, Department of Plant Biology and Ecology, University of the Basque Country, P.O. Box 644, 48080 Bilbao, España
- 5: Department of Ecology and Hydrology, Faculty of Biology, Regional Campus of International Excellence "Campus Mare Nostrum", University of Murcia, Campus de Espinardo, 30100 Murcia, España
- 6: Catalan Institute for Water Research (ICRA), Emili Grahit 101, 17003 Girona, España
- 7: Environmental Hydraulics Institute "IH Cantabria", University of Cantabria, PCTCAN, C/ Isabel Torres 15, 39011 Santander, Spain
- 8: Institute for Environmental Sciences, University Koblenz-Landau, Alemania
- 9: Institute of Aquatic Ecology, Facultat de Ciències, Universitat de Girona, Campus Montilivi s/n, 17071 Girona, España
- 10: Centre for Ecological Research and Forestry Applications (CREAF), Cerdanyola del Vallès, España
- 11: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG), 8600, Dübendorf, Suiza.
- 12: IMDEA Water Institute, Av. Punto Com, nº 2, Scientific Technological Park of the University of Alcalá, 28805, Alcalá de Henares, Madrid, España
- 13: The National Museum of Natural Sciences (MNCN-CSIC), José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid, España

3. - Metodología

Lugares de estudio

Los participantes se dividieron en equipos según su área geográfica para realizar el trabajo de campo. En total se muestrearon 11 ríos (Fig. 2), los cuales tenían características similares (litología calcárea, caudal bajo y no afectados por las actividades humanas), pero diferían en la disponibilidad de luz (i.e. cubierta arbórea y por tanto, en el potencial de la actividad autótrofos) y concentraciones basales de nutrientes. El amplio rango geográfico cubierto por estos equipos permitió abarcar seis ecoregiones, desde el sur de la península Ibérica hasta el sur de Alemania (Fig. 2).

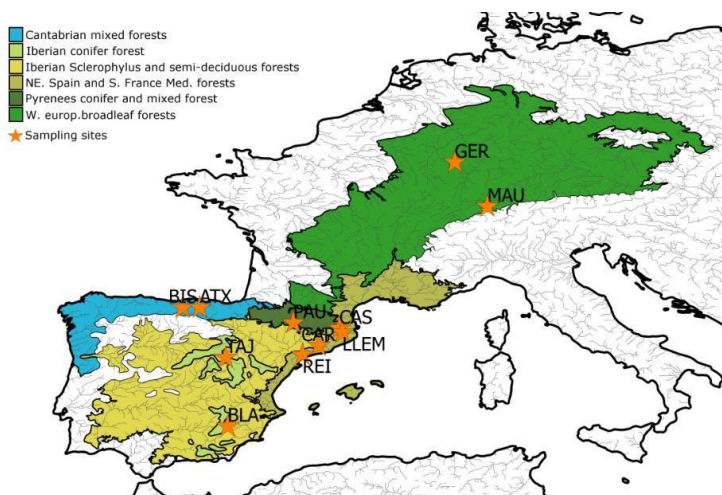


Fig. 2 Localización de los ríos de estudio

Los muestreos se realizaron durante dos períodos: verano 2013 y otoño 2013. La hipótesis de partida para realizar ambas visitas fue que la captación de C y nitrógeno disuelto debería variar en función del momento hidrológico, y de manera especialmente contrastada en los momentos de contracción y expansión, que en la región mediterránea corresponden a verano y otoño (Fig. 3). Debido a las condiciones meteorológicas de ese año, los períodos de muestro se alargaron respecto a lo inicialmente previsto. La primera campaña experimental del primer grupo fue en agosto y la del último en octubre; la segunda campaña, que acabó a finales del mes de Noviembre. Los ríos MAU y GER, los más septentrionales del estudio, solo fueron muestreados en otoño.

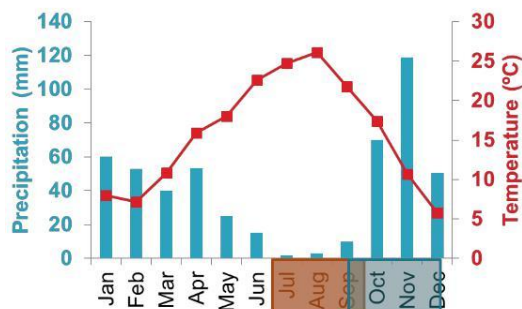


Fig. 3 Climograma típico de la zona mediterránea, en naranja y azul meses previstos para la primera y segunda campañas respectivamente.

Métodos de campo

En cada período de muestreo (verano y otoño), cada grupo realizó dos visitas al río. En la visita inicial (día 0) se estimó el caudal y el tiempo de viaje soluto conservativo (NaCl) mediante una adición instantánea (Gordon *et al.*, 2004). Cuando fue posible, en esta visita, se instalaron *data-loggers* de oxígeno, recogiéndolos durante la siguiente visita, para obtener mediciones de metabolismo. (Bott, 2006). También, se realizaron las medidas hidromorfológicas, incluyendo el protocolo de Calidad del Bosque de Ribera (QBR) e Índice de Hábitat Fluvial, estimación de sustrato, y de *canopy cover*.

En la segunda visita (día 2), se procedió a realizar las adiciones instantáneas de acetato (carbono orgánico muy lábil), nitrato y NaCl recogiendo muestras de agua río abajo para obtener las métricas de captación de nutrientes (Martí & Sabater, 2009). Las muestras de agua (condiciones basales y durante la adición) fueron filtradas con filtros GFF (0.7 μm) y congeladas en el laboratorio. En cada visita se midió oxígeno disuelto (concentración y porcentaje de saturación), conductividad, temperatura y pH.

Para homogenizar la recogida de muestras entre todos los grupos participantes, el material se adquirió conjuntamente y se distribuyó entre los participantes. Además, se desarrolló un extenso protocolo de muestreo y durante el congreso del AIL en Santander (Julio 2014), se realizó una sesión informativa en la que se explicaron los detalles del mismo y se distribuyeron:

- una guía de muestreo (15 páginas)
- protocolos para obtener los índices QBR e IHF
- una lista de material necesario para realizar las campañas
- un formulario para incluir los datos recogidos en el campo.

Para más detalles, consultar <http://jiail.blogspot.com.es/>

Análisis de muestras

Todas las muestras de agua fueron analizadas en los mismos laboratorios. En el *Dept. d'Ecologia* de la Universidad de Barcelona, se analizó la concentración de amonio mediante el método de salicilato (Reardon *et al.*, 1966) y la concentración Total de Nitrógeno (TN) y Carbono Orgánico Disuelto (COD) en un Shimadzy TOC-VCS acoplado a un analizador de TN. La concentración de nitrógeno orgánico disuelto se calculó a partir de la diferencia de la concentración TN y el nitrógeno disuelto inorgánico (nitrato más amonio).

En el *Dept. of Limnology* de la Universidad de Uppsala, se analizó por cromatografía iónica las concentraciones de nitrato, acetato, fosfato y cloruro. Además se realizaron análisis de espectrométricos (absorbancia y fluorescencia) para obtener medidas cualitativas del COD.

Las matrices de Excitación-Emisión obtenidas por espectrometría de fluorescencia, tras de aplicar las correcciones habituales, se descompusieron matemáticamente usando *PARAllel FACtor analysis* (PARAFAC) mediante la herramienta drEEM (Murphy *et al.*, 2013) en el *software* Matlab ®. Se obtuvieron y validaron tres componentes (Fig. 4), habituales en otros estudios llevados a cabo en sistemas acuáticos, tal y como se vio al cruzar nuestros resultados en el database OpenFluo (Murphy *et al.*, 2014). Los dos primeros componentes tienen un carácter húmico, sin embargo, el Comp 1 está relacionado con material de carácter marcadamente aromático y en general poco degradado de origen terrestre (Ishii & Boyer, 2012) mientras

Núria Catalán y Ada Pastor

que el Comp 2 corresponde a la región conocida como pico M (Coble, 1996), relacionada con materiales húmicos que han sufrido cierto grado de degradación (Kothawala *et al.*, 2014). Finalmente, el Comp 3 se encuentra en la región proteica, generalmente identificado como fruto de la actividad microbiana.

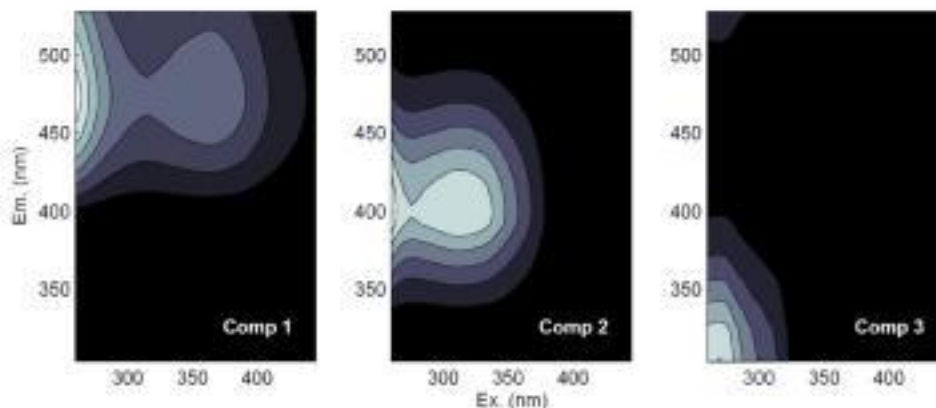


Fig. 4 Gráfico de isolíneas del espectro tridimensional para las tres componentes de PARAFAC.

4.- Principales resultados alcanzados

Características fisicoquímicas de los ríos estudiados

Los ríos muestreados presentaron caudales bajos (de 4 a 31 L/s) y las conductividades fueron altas (de 208 a 1060 $\mu\text{S}/\text{cm}$) debido a la litología calcárea de los ríos seleccionados (Tabla 2). Las concentraciones de nutrientes así como las de COD fueron mayoritariamente bajas (promedios: 1.96 mgN-nitrato/L y 1.69 mg C/L, respectivamente). Aún así, algunos ríos presentaron valores altos de nutrientes (MAU: 9.5 mgN-nitrato/L) reflejando el impacto de la actividad agrícola que sostiene esta cuenca.

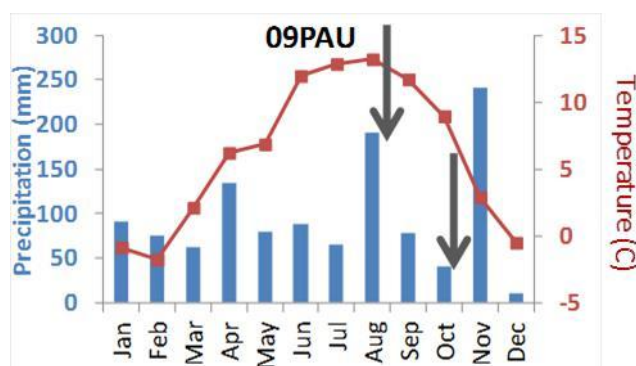


Fig. 5 Ejemplo de climograma en el lugar de estudio PAU para el año 2014. Las flechas indican los momentos de muestreo

Las diferencias de caudal no presentaron cambios consistentes entre periodos muestreados y no en todos los casos, el caudal fue mayor en otoño respecto a verano (Fig. 5). Esto se debe a que el verano de 2014 fue en general más lluvioso que el otoño de ese mismo año, dificultado la programación de las campañas, pero también testar una de las hipótesis de trabajo.

Núria Catalán y Ada Pastor

Tabla 2 Principales características biogeoquímicas de los lugares de estudio.

Rio	Clima	Verano				Otoño			
		Cond.	Caudal	Nitrato	COD	Cond.	Caudal	Nitrato	COD
		$\mu\text{S/cm}$	L/s	mg N/L	mg/L	$\mu\text{S/cm}$	L/s	mg N/L	mg/L
ATX	Cfb	314	10.7	0.9	1.0	239	27.8	2.3	2.1
BIS	Cfb	353	14.4	0.5	0.8	337	25.8	0.5	1.1
MAU	Cfb	-	-	-	-	468	3.8	9.5	2.1
GER	Cfb	-	-	-	-	208	5.5	1.6	2.7
PAU	Dfb	359	30.8	0.2	2.9	439	14.1	0.3	1.8
BLA	Bsk	481	9.1	0.5	1.9	470	22.3	1.1	1.7
CAR	Csa	967	7.5	2.1	1.9	1060	9.7	5.7	1.9
CAS	Csa	500	14.2	0.1	2.3	556	7.4	0.4	1.4
LLEM	Csa	515	19.3	0.9	1.0	512	11.2	2.3	1.2
REI	Csa	781	18.3	3.0	2.4	728	5.5	1.3	1.6
TAJ	Csb	594	23.9	3.1	1.1	632	24.9	2.8	0.9

En cuanto a la caracterización del COD, se observan diferencias entre ríos, seguramente asociado a las diferentes bioregiones analizadas, cómo también entre períodos muestreados (Fig. 6).

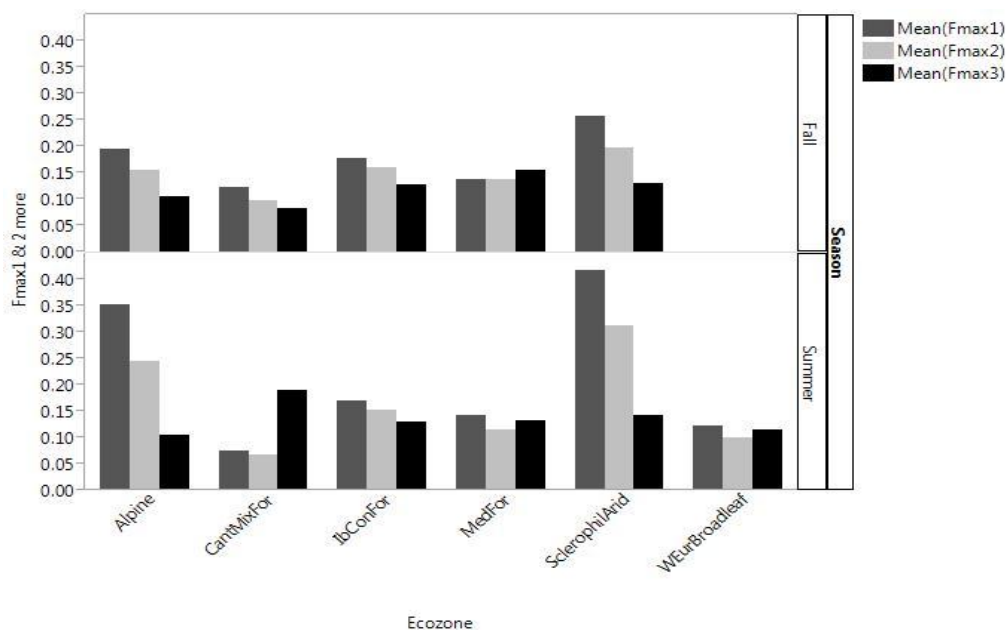


Fig. 6 Intensidad de fluorescencia de los tres componentes identificados mediante PARAFAC en los ríos de estudio agrupados por regiones, para los dos períodos de estudio.

Metabolismo

Los ríos muestreados presentaron un comportamiento claramente heterotrófico (i.e. producción < respiración; Fig. 7), a excepción de BLA, el cual es el río estudiado más meridional, se encuentra en una región árida y la cobertura arbórea es menor.

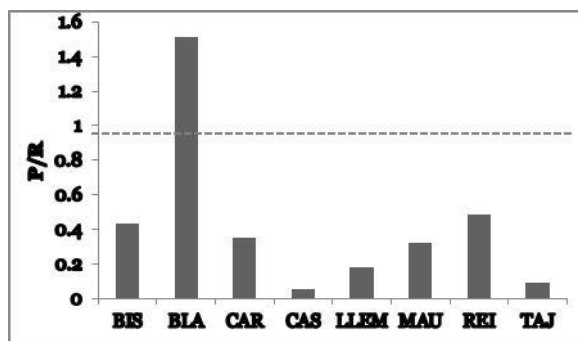


Fig.7. Ratio producción/respiración para los ríos estudiados.

Captación de nutrientes

Las medidas de asimilación de carbono presentaron valores muy diferentes entre los diferentes sites. Agrupados por ecoregiones, parece que la captación de carbono (variables corregidas por la temperatura) viene determinada por el clima, siendo especialmente alta en los sites Mediterráneos (Fig. 8).

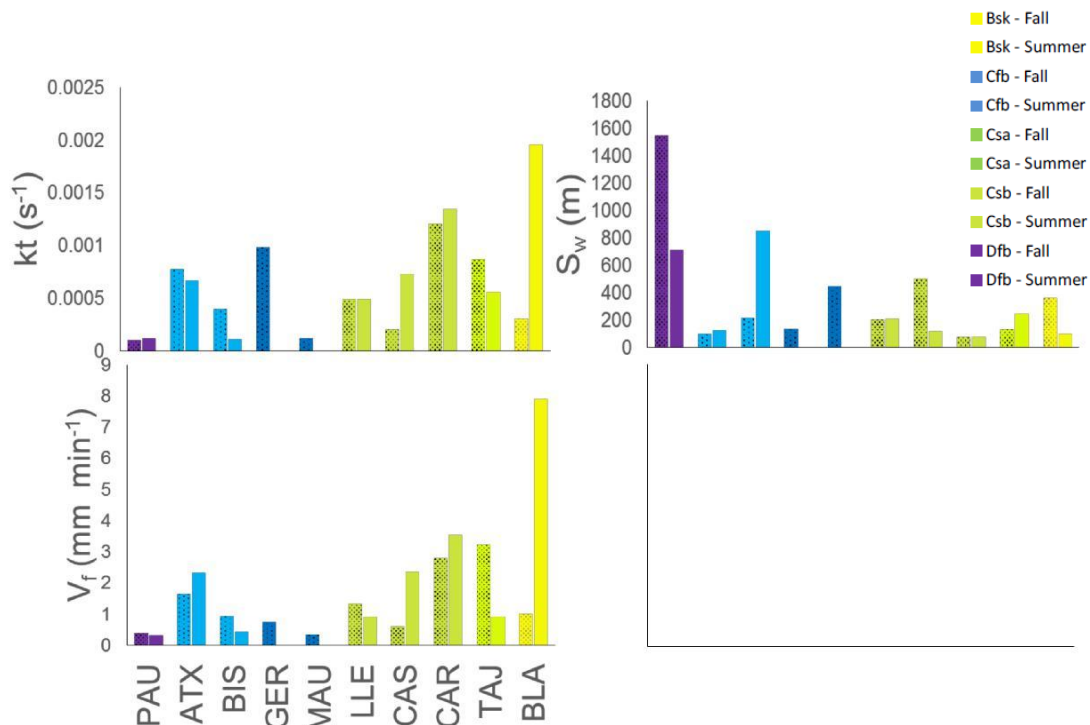


Fig.8 Métricas de asimilación de carbono en los lugares de estudio. Los colores indican las diferentes bioregiones estudiadas. kt indica tasa de asimilación, Sw distancia de la espiral, Vf velocidad de asimilación y U uptake.

A pesar de nuestra hipótesis inicial, las tasas de retención de carbono y las métricas de distancia de asimilación no se relacionaron con el caudal y en consecuencia con las variaciones estacionales del mismo (Fig. 9).

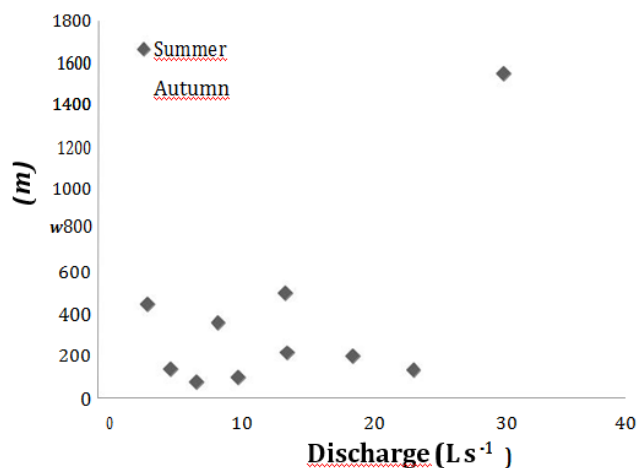


Fig. 9 Relación entre la distancia de asimilación y el caudal.

Entre los mecanismos que explican la captación de carbono, las concentraciones basales de nitrógeno inorgánico disuelto, un indicador del estado trófico de los sistemas, parecen ser un factor clave. Aún más interesante, la captación de carbono parece estar relacionada con la calidad del COD pero no con su concentración. Así, por ejemplo, el *Comp 1* (Fig. 10) presenta una relación negativa con la asimilación de carbono durante otoño pero no en verano para el conjunto de lugares de estudio. Por todo esto, DOMIPEX proporciona información valiosa sobre los principales controles de la captación de carbono de escala local a regional.

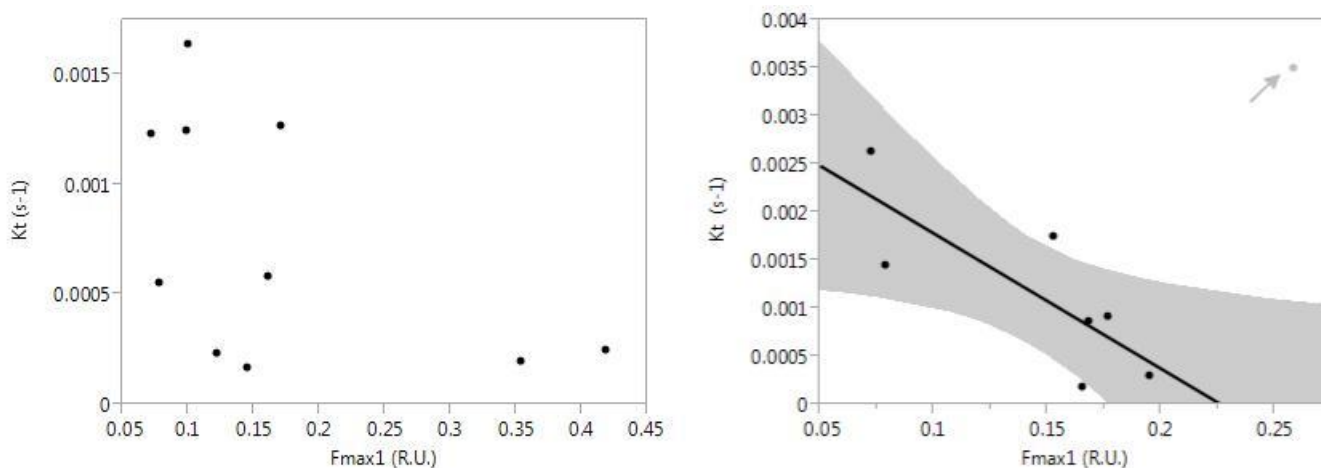


Fig. 10 Relación entre el *Comp 1* (substancias húmicas aromáticas) y la tasa de asimilación de carbono en verano y otoño.



5.- Difusión de los resultados

Los *outputs* del proyecto se detallan en la Tabla 3. Se han llevado a cabo acciones de difusión tanto en el ámbito del AIL como a nivel internacional. Dichas acciones han incluido tanto comunicaciones en congresos en formato poster y oral como comunicaciones escritas. Entre estas últimas, destacan un artículo para *Limnetica* (en preparación actualmente) y un artículo en revisión en *Hydrobiologia*.

Asimismo, cabe destacar el impacto positivo que han tenido las acciones de difusión del proyecto en cuanto a la promoción del AIL. A modo de ejemplo, los posts en el Blog de J-AIL han incrementado en más de diez veces las visitas al Blog (Fig. 11).

Fecha	Título	Tipo de comunicación	Lugar
Ámbito del AIL			
Julio 2014	<i>DOMIPEX Project Meeting</i>	XVII Congress of the Iberian Association of Limnology; sesión	Santander, España
Julio 2014	<i>DOMIPEX project: Effects of labile DOC additions over DOM dynamics as a function of discharge variability</i>	XVII Congress of the Iberian Association of Limnology; poster	Santander, España
Abril 2015	Informe de seguimiento	ALQUIBLA	
Enero 2016	Informe final	<i>e-book limnetica</i>	
Marzo 2016	<i>En preparación</i>	Limnetica; artículo	
Julio 2016	<i>En preparación</i>	XVIII Congress of the Iberian Association of Limnology	
Durante todo el proyecto	http://jiail.blogspot.com/es/ Etiqueta: "Project J-AIL 2013-2014"	Jóvenes AIL blog; seguimiento del proyecto mediante diversos <i>posts</i>	
International context			
Febrero 2015	<i>Colaborações internacionais. meio para identificar padrões globais</i>	Um 2º Simposio Processos Ecológicos, Restauração e Ecoavaliação em Zonas Ripárias ; comunicação oral por V. Ferreira)	Brasília, Brasil
Abril 2015	<i>Potential of collaborative experiments among young scientists: the example of the DOMIPEX project</i>	open Symposium Freshblood for Freshwater Sciences; comunicación oral	Mondsee, Austria
Julio 2015	<i>The potential of collaborative experiments among young scientists: the DOMIPEX project</i>	Symposium of European Freshwater Sciences; poster	Ginebra, Suiza
Julio 2015	<i>Carbon uptake in headwater streams: insights from a collaborative experiment</i>	Symposium of European Freshwater Sciences; comunicación oral	Ginebra, Suiza
Diciembre 2015	<i>Coordinated distributed experiments among young researchers: a fresh tool to study large-scale patterns in aquatic ecosystems</i>	Hydrobiologia; artículo en revisión	

Tabla 3 Difusión de los resultados



Fig. 11 Visitas al Blog de J-AIL entre mayo 2010 y enero 2016. Se indica el momento en que tuvo lugar el primer post relacionado con el proyecto DOMIPEX.

6.- Distribución del presupuesto

En la Figura 12 se detallan los gastos que ya se han realizado y el remanente del presupuesto inicial (4500 euros, IVA incluido). Respecto al presupuesto inicial, la partida de presupuesto que iba a ser inicialmente destinada a las analíticas de acetato mediante cromatografía iónica en los Servicios científico-técnicos de la UB no se ha gastado finalmente. Esto es debido a que en el *Department of Limnology* de la Universidad de Uppsala, donde actualmente trabaja la Dra. Catalán, se dispone de manera gratuita de la posibilidad de realizar estas analíticas.

Por otra parte, el segundo excedente, correspondiente a la partida de desplazamientos, tampoco ha sido agotado en su totalidad, debido a la buena gestión de los participantes durante las campañas de muestreo. Finalmente se ha destinado, o se prevé destinar, a la comunicación de los resultados mediante asistencia en congresos y/o publicaciones open-access.

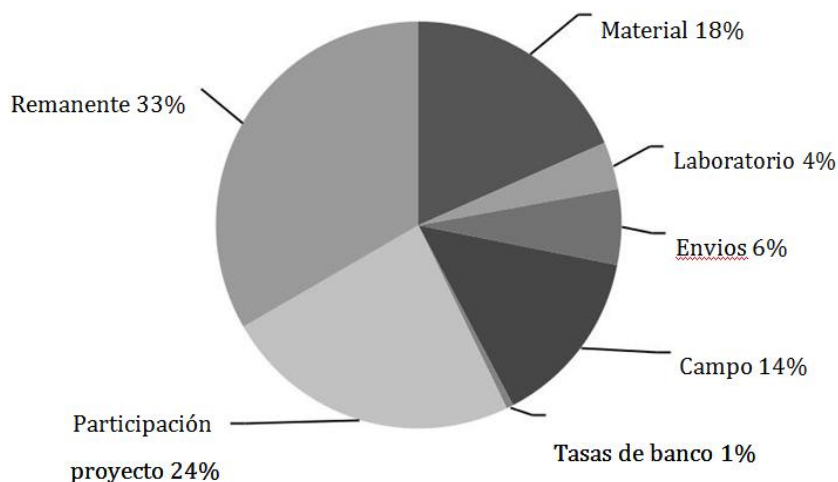


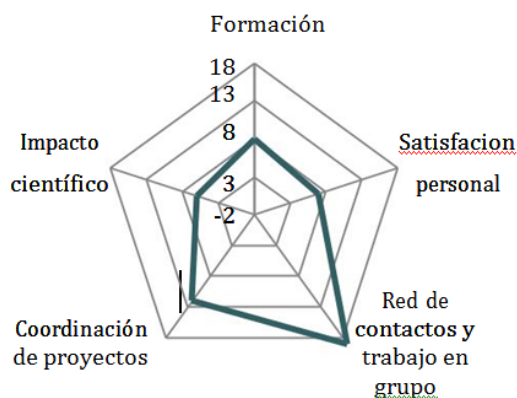
Fig. 12 Distribución del presupuesto

7.- Valoración del proyecto

De acuerdo con la encuesta respondida por los participantes (agosto 2015), estos se muestran mayoritariamente satisfechos con su participación en DOMIPEX (Fig. 13). En concreto, destacaron la oportunidad de desarrollar su red de contactos entre los jóvenes limnólogos y ampliar su formación en nuevos conceptos y técnicas (Fig. 13a). Según su opinión, el principal desafío al que se enfrentarán los futuros proyectos de este tipo es mejorar la interacción entre los participantes (Fig. 13b). Por lo tanto, la comunicación entre los participantes y la organización de talleres y reuniones se consideran aspectos que se deben promover en el futuro. Por otra parte, la participación activa durante todo el proyecto, más allá de las tareas de campo, sería deseable.

Según la encuesta, en las futuras ediciones se podría considerar la creación de un consejo de administrativo para lograr una distribución más equilibrada de la carga de trabajo y responsabilidades, además de la posibilidad de asignar una parte del presupuesto a un salario para cubrir la gestión de datos y el trabajo de laboratorio. Se pueden encontrar los resultados de dicha valoración discutidos en detalle y situados en un contexto más amplio de potenciación de la comunidad investigadora joven en el manuscrito actualmente en revisión en *Hydrobiologia*.

a) Aspectos positivos



b) Retos

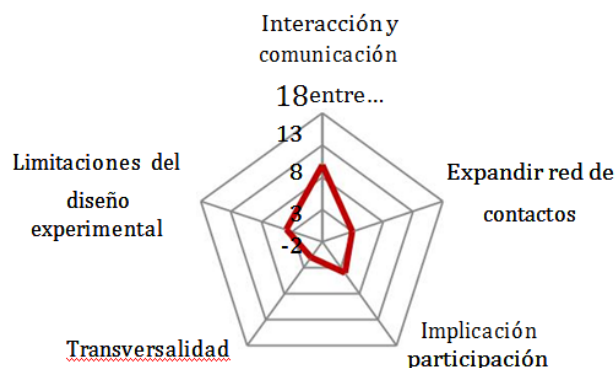


Fig. 13 Valoración del proyecto según los participantes mediante las respuestas obtenidas en la encuesta (agosto 2014)



Bibliografía

- Bott, T. L.**, 2006. Primary productivity and community respiration In Lamberti, F. R., & G. A. Hauer (eds), *Methods in Stream Ecology*. Academic Press, San Diego: 663–690.
- Coble, P. G.**, 1996. Characterization of marine and terrestrial DOM in seawater using excitation-emission matrix spectroscopy. *Marine Chemistry* 51: 325–346.
- Gordon, N. D., T. A. McMahon, B. L. Finlayson, C. J. Gippel, & R. J. Nathan**, 2004. *Stream hydrology: an introduction for ecologists*. Wiley.
- Ishii, S. K. L., & T. H. Boyer**, 2012. Behavior of reoccurring parafac components in fluorescent dissolved organic matter in natural and engineered systems: A critical review. *Environmental Science and Technology* 46: 2006–2017.
- Kothawala, D. N., C. A. Stedmon, R. a. Müller, G. a. Weyhenmeyer, S. J. Köhler, & L. J. Tranvik**, 2014. Controls of dissolved organic matter quality: Evidence from a large-scale boreal lake survey. *Global Change Biology* 20: 1101–1114.
- Martí, E., & F. Sabater**, 2009. Retención de nutrientes en ecosistemas fluviales. *Conceptos y técnicas en ecología fluvial* 115–132.
- Murphy, K. R., C. A. Stedmon, D. Graeber, & R. Bro**, 2013. Fluorescence spectroscopy and multi-way techniques. PARAFAC. *Analytical Methods* 5: 6557, <http://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2013/ay/c3ay41160e>.
- Murphy, K. R., C. A. Stedmon, P. Wenig, & R. Bro**, 2014. OpenFluor- an online spectral library of auto-fluorescence by organic compounds in the environment. *Analytical Methods* 6: 658–661.
- Reardon, J., J. A. Foreman, & R. L. Searcy**, 1966. New reactants for the colorimetric determination of ammonia. *Clinical Chimica Acta* 14: 403–405.



Listado de artículos publicados en *Limnetica* 2015

Publicación científica de la Asociación Ibérica de Limnología

Autores	Fecha	Título	Volumen	Páginas
Mahmood Sasa, Xavier Armengol, Fabián Bonilla, Francesc Mesquita-Joanes, Rubén Piculo, Carmen Rojo, Ricardo M. Rueda & Juan S. Monrós	2015	Seasonal wetlands in the Pacific coast of Costa Rica and Nicaragua: environmental characterisation and conservation status	Limnetica 34 (1)	1-16
Additional figures and tables				
A. Merino-Martos, J. de Vicente, L. Cruz-Pizarro, & I. de Vicente	2015	Single-ion interferences when using magnetic microparticles for phosphorus removal in aquatic ecosystems	Limnetica 34 (1)	17-28
Manuel A. S. Graça, Wander R. Ferreira, Kele Firmiano, Juliana França & Marcos Callisto	2015	Macroinvertebrate identity, not diversity, differed across patches differing in substrate particle size and leaf litter packs in low order, tropical Atlantic forest streams	Limnetica 34 (1)	29-40
Martínez Salvador, A., Conesa García, C., García Lorenzo, R. y Pérez Cutillas, P.	2015	Estimación de aportes sedimentarios a embalses de pequeñas cuencas mediterráneas mediante GeoWEPP. Ensayo en la cuenca vertiente del río Mula al embalse de la Cierva (cuenca del río Segura)	Limnetica 34 (1)	41-56
Ignasi Arranz, Jordi Sala, Stéphanie Gascón, Albert Ruhí, Xavier D. Quintana, Joan Amoedo, Mònica Martinoy and Dani Boix	2015	Contribution to the knowledge of the distribution of <i>Chaoborus</i> species (Diptera: Chaoboridae) in the NE Iberian Peninsula, with notes on the spatial and temporal segregation among them	Limnetica 34 (1)	57-68
List of localities				
Frank A. Ocaña, Alberto de Jesús-Navarrete, José Juan Oliva-Rivera, Rosa María de Jesús-Carrillo & Abel Abraham Vargas-Espósitos	2015	Population dynamics of the native apple snail <i>Pomacea flagellata</i> (Ampullariidae) in a coastal lagoon of the Mexican Caribbean	Limnetica 34 (1)	69-78
Margarita Florencio, Rocío Fernández-Zamudio, David T. Bilton & Carmen Díaz-Paniagua	2015	The exotic weevil <i>Stenopelmus rufinus</i> Gyllenhal, 1835 (Coleoptera: Curculionidae) across a "host-free" pond network	Limnetica 34 (1)	79-84
Table geographical coordinates of ponds				
Willy Montoya-Palomino, Enrique Javier Peña-Salamanca y Gerardo Andrés Torres-Rodríguez	2015	Variaciones ultraestructurales inducidas por Cromo (VI) en hojas de jacinto acuático (<i>Eichhornia crassipes</i>)	Limnetica 34 (1)	85-94
Núria Flor-Arnau, Montserrat Real, Gloria González, Jaume Cambra Sánchez, José Luis Moreno, Carolina Solà y Antoni Munné	2015	Índice de Macrófitos Fluviales (IMF), una nueva herramienta para evaluar el estado ecológico de los ríos mediterráneos	Limnetica 34 (1)	95-114
Tablas adicionales				



Carmen Casado, Salvador Mollá, José Manuel González, Neftalí Roblas y Enrique Descals	2015	Procesado de hojarasca en arroyos del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama (Madrid)	Limnetica 34 (1)	115-134
Javier García-Alonso, Julio Gómez, Francisco Rafael Barboza & Francisco José Oliva-Paterna	2015	Pollution-toxicity relationships in sediments of the Segura River Basin	Limnetica 34 (1)	135-146

Publicaciones del III Congreso Ibérico de Cianotoxinas (Blanes, 2013)

Autores	Fecha	Título	Volumen	Páginas
Vitor Vasconcelos	2015	Global changes and the new challenges in the research on cyanotoxin risk evaluation	Limnetica 34 (1)	149-158
Elsa Dias & Sérgio Paulino and Paulo Pereira	2015	Cyanotoxins: from poisoning to healing –a possible pathway?	Limnetica 34 (1)	159-172
Catarina Churro, Elisabete Valério, Paulo Pereira and Vitor Vasconcelos	2015	Applicability of the real-time PCR assay in the amplification of cyanobacterial DNA from preserved samples	Limnetica 34 (1)	173-186
Lanero, R., y Cobo, F.	2015	Características ambientales, composición del fitoplancton y variación temporal de microcistina-LR disuelta en el embalse de As Forcadas (Galicia, NW España)	Limnetica 34 (1)	187-204
Beatriz Martín-Luna, Emma Sevilla, M. Teresa Bes, María F. Fillat & M. Luisa Peleato	2015	Variation in the synthesis of microcystin in response to saline and osmotic stress in <i>Microcystis aeruginosa</i> PCC 7806	Limnetica 34 (1)	205-214
Diana Miguéns & Elisabete Valério	2015	The impact of some microcystins on the growth of heterotrophic bacteria from Portuguese freshwater reservoirs	Limnetica 34 (1)	215-226
Ana L. Pereira, Tiago Parente & Vitor Vasconcelos	2015	Cyanobionts from the coralloid roots of Cycadales: is there any molecular evidence of cyanotoxins?	Limnetica 34 (1)	227-236
Laura Ceballos-Laita, Laura Calvo, María Teresa Bes, María F. Fillat & María Luisa Peleato	2015	Effects of benzene and several pharmaceuticals on the growth and microcystin production in <i>Microcystis aeruginosa</i> PCC 7806	Limnetica 34 (1)	237-246
Fernando Cobo	2015	Métodos de control de las floraciones de cianobacterias en aguas continentales	Limnetica 34 (1)	247-268
Figuras adicionales				
Adriana Sturion Lorenzi, Mathias Ahii Chia, Viviane Piccin-Santos & Maria do Carmo Bittencourt-Oliveira	2015	Microcystins and cylindrospermopsins molecular markers for the detection of toxic cyanobacteria: a case study of northeastern Brazilian reservoirs	Limnetica 34 (2)	269-282
Adriana O. Medeiros, Marcos Callisto, Manuel A.S. Graça, Verónica Ferreira, Carlos A. Rosa, Juliana França, Ana Eller, Renan S. Rezende & José Francisco Gonçalves Jr.	2015	Microbial colonisation and litter decomposition in a Cerrado stream are limited by low dissolved nutrient concentrations	Limnetica 34 (2)	283-292



Silvia Medina-Villar, Álvaro Alonso, Beatriz R. Vázquez de Aldana, Esther Pérez-Corona & Pilar Castro-Díez	2015	Decomposition and biological colonization of native and exotic leaf litter in a Central Spain stream	Limnetica 34 (2)	293-310
		Additional table		
Elías D. Dana, Juan García de Lomas, David M. García-Ocaña, Vanesa Gámez, Jose M. Ortíz, Francisco J. Galindo, Silvia Rubio y Guillermo Ceballos	2015	Primer hallazgo de <i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck & Schlegel, 1846) (Cyprinidae) en la Cuenca Sur de España	Limnetica 34 (2)	311-320
		Figuras adicionales		
Lúcia Helena Sipaúba-Tavares, Rodrigo Ney Millan & Iara Carolina Penariol	2015	Effects of biological treatments on water quality in neotropical fishponds	Limnetica 34 (2)	321-332
María Sahuquillo & María Rosa Miracle	2015	Crustacean diversity and conservation value indexes in pond assessment: implications for rare and relict species	Limnetica 34 (2)	333-348
Eric Puche & María A. Rodrigo	2015	Increased water salinity negatively affects charophytes from a spring created within the Albufera de València Natural Park	Limnetica 34 (2)	349-364
Marta Reina, M. Carmen Portillo, Laura Serrano, Esther C.H.E.T. Lucassen, Jan G.M. Roelofs, Antonio Romero & Juan M. González	2015	The interplay of hydrological, chemical and microbial processes in the formation of iron-rich floating films in aquatic environments at a circumneutral pH	Limnetica 34 (2)	365-380
Rubí Mendoza, Fabiola Cruces, Denisse Álvarez, Fernando Torrejón, Alberto Araneda y Roberto Urrutia	2015	Respuesta de diatomeas a eventos de incendios en las cuencas de dos lagos de Patagonia Norte, Chile: Análisis del registro sedimentario	Limnetica 34 (2)	381-396
Noelia S. Ferrando, Hernán H. Benítez, Néstor A. Gabellone, María C. Claps & Pablo R. Altamirano	2015	A quick and effective estimation of algal density by turbidimetry developed with <i>Chlorella vulgaris</i> cultures	Limnetica 34 (2)	397-406
Carmen Díaz-Paniagua & David Aragonés	2015	Permanent and temporary ponds in Doñana National Park (SW Spain) are threatened by desiccation	Limnetica 34 (2)	407-424
		Additional tables and figures		
Sara Calero, William Colom & Maria A. Rodrigo	2015	The phenology of wetland submerged macrophytes related to environmental factors	Limnetica 34 (2)	425-438
Laura Jiménez, Lidia Romero-Viana, José María Conde-Porcuna & Carmen Pérez-Martínez	2015	Sedimentary photosynthetic pigments as indicators of climate and watershed perturbations in an alpine lake in southern Spain	Limnetica 34 (2)	439-454

**Publicaciones del XVII Congreso de la Asociación Ibérica de Limnología** (Santander, Julio 2014)

Autores	Fecha	Título	Volumen	Páginas
Narcís Prat	2015	Stability, resilience and sustainability: a tribute to Ramon Margalef, 10 years after his death	Limnetica 34 (2)	457-466
Sabine Hilt	2015	Regime shifts between macrophytes and phytoplankton – concepts beyond shallow lakes, unravelling stabilizing mechanisms and practical consequences	Limnetica 34 (2)	467-480
Paula Arribas, Pedro Abellán, Josefa Velasco & Andrés Millán	2015	Evolutionary ecology, biogeography and conservation of water beetles in Mediterranean saline ecosystems	Limnetica 34 (2)	481-494
Lúcia Ribeiro Rodrigues, David da Motta Marques & Nelson Ferreira Fontoura	2015	Fish community in a large coastal subtropical lake: how an environmental gradient may affect the structure of trophic guilds	Limnetica 34 (2)	495-506
Gemma Núñez, Camino Fernández-Aláez, Margarita Fernández-Aláez & Cristina Trigo	2015	Proposal of a typology of Spanish mountain lakes and ponds using the composition of functional groups of macrophytes Additional tables	Limnetica 34 (2)	507-526
José Pahissa, Carmen Fernández-Enríquez & Caridad de Hoyos	2015	Water quality of Lake Sanabria according to phytoplankton. A comparison with historical data	Limnetica 34 (2)	527-540
Gabriela Onandia, Juliana D. Dias & Maria Rosa Miracle	2015	Zooplankton grazing on natural algae and bacteria under hypertrophic conditions	Limnetica 34 (2)	541-560

Asociación Ibérica de Limnología

SOLICITUD DE SOCIO – ACTUALIZACIÓN DE DATOS

Nombre: _____ Apellidos: _____
Lugar de trabajo: _____
Dirección: _____
Ciudad: _____ Código Postal: _____ País: _____
Teléfono: _____ Fax: _____
Correo electrónico (E-mail): _____
Campo de interés limnológico: _____
Campo de interés taxonómico: _____
Area geográfica en la que investiga: _____

Categorías de socio:	Cuota anual 2015
• Ordinario	50 €uros
• Estudiante	20 €uros
• Corporativo	120 €uros

Publicaciones que reciben los socios:

LIMNETICA, revista de la Asociación que publica artículos científicos de su campo previa revisión de los mismos por especialistas. Su periodicidad es semestral.

ALQUIBLA, boletín informativo de la Asociación, enviado por correo electrónico en formato PDF, que pretende ser vehículo de comunicación entre sus miembros y mantenerlos informados de eventos, novedades, problemáticas de su campo, etc. Su periodicidad es anual.

Pagos:

El pago de la cuota de socio se realiza mediante domiciliación bancaria o, para socios extranjeros, mediante transferencia bancaria o cheque a la cuenta de la tesorería de la Asociación. Para la domiciliación bancaria, de acuerdo con la normativa europea SEPA, debe cumplimentar el formulario de la página siguiente y enviarlo por correo postal o electrónico a la dirección indicada en el mismo.

Asociación
Ibérica de
Limnología

Associação
Ibérica de
Limnologia

AIL

