

Danzando con quironómidos. Una mirada retrospectiva personal a la investigación y gestión del agua en España

Narcís Prat 

Profesor Emérito de Ecología. Grup de Recerca Freshwater Ecology and Management, Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Catalonia.

* Corresponding author: nprat@ub.edu

Received: 12/02/21

Accepted: 17/03/21

RESUMEN

Danzando con quironómidos: Una mirada retrospectiva personal a la investigación y gestión del agua en España

Mi trayectoria como limnólogo me ha permitido observar el desarrollo de la Limnología en la Península Ibérica desde el momento en que el Profesor Ramón Margalef creó en la Universidad de Barcelona el equipo de investigación para estudiar el lago de Banyoles (1967). En 45 años he sido docente, investigador, presidente de la AIL (1981-1992), he hecho muchos esfuerzos para divulgar mi trabajo, y para que se use en la gestión y conservación de los ecosistemas acuáticos.

El nexo de unión de todo mi trabajo han sido los macroinvertebrados acuáticos y en especial la taxonomía, biología y ecología de los quironómidos. He formado a muchos investigadores (25 tesis, muchas tesis de grado, de máster etc...) lo que se ha reflejado en múltiples publicaciones y buenas amistades. Actualmente la taxonomía, biología y ecología de los macroinvertebrados están sufriendo una revolución, especialmente con la identificación de las especies mediante código de barras. El reto para los limnólogos es encajar todos estos cambios para que el trabajo desarrollado en los últimos 50 años tenga continuidad.

He dedicado mucho tiempo a intentar que los ciudadanos y los gestores presten atención a los macroinvertebrados como herramienta para la diagnosis y restauración del estado de las aguas. Hemos desarrollado metodologías para la implementación de la Directiva Marco del Agua (DMA) y colaborado con la administración en su uso. Cuando ha sido necesario he puesto mi tiempo y conocimientos al servicio de grupos de ciudadanos que intentaban defender sus ecosistemas (p.ej. el Delta del Ebro) o colaborando con la justicia haciendo de perito del fiscal de delitos ecológicos. La Limnología en España es hoy una realidad, los alumnos han superado a los profesores, de ellos es ahora la responsabilidad para que la Limnología española siga creciendo y sea útil para la sociedad.

Palabras clave: quironómidos, macroinvertebrados, biomonitorio, docencia, gestión del agua, difusión de la ciencia, limnología

ABSTRACT

Dancing with Non-biting midges: A Personal Retrospective Look at Water Research and Management in Spain

My career as a limnologist has allowed me to observe the development of Limnology in the Iberian Peninsula from the moment professor Ramón Margalef created in the University of Barcelona the research team to study Lake Banyoles (1967). In 45 years I have been a teacher, researcher, president of the AIL (1981-1992), I have made many efforts to disseminate my work, and for it to be used in the management and conservation of aquatic ecosystems.

The connecting link of all my work has been the aquatic macroinvertebrates and especially the taxonomy, biology and ecology of chironomids. I have trained many researchers (25 Ph.D. theses, many graduate and master's thesis, etc...) which has been reflected in multiple publications and good friendships. Currently the taxonomy, biology and ecology of macroinvertebrates are undergoing a revolution, due to the identification of species by barcode. The challenge for limnologists is to fit in all these changes so that the work developed in the last 50 years has continuity.

I have spent a lot of time trying to get citizens and managers to pay attention to macroinvertebrates as a tool for the diagnosis and restoration of the status of the waters. We have developed methodologies for the implementation of the Water Framework Directive (DMA) and collaborated with the administration in its use. When necessary, I have put my time and knowledge at the service of groups of citizens who were trying to defend their ecosystems (e.g. the Delta del Ebro) or collaborating with the

courts as an expert to the ecological crime prosecutor. Limnology in Spain is now a reality, the students have surpassed the teachers, it is now their responsibility that Spanish Limnology continues to grow and be useful for society.

Key words: *chironomids, macroinvertebrates, biomonitoring, teaching, water management, dissemination of science, limnology*

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

INTRODUCCIÓN

La Limnología tiene un largo recorrido como ciencia en España desde los trabajos pioneros de Ramón Margalef (Prat et al., 2015). El punto de inflexión para su crecimiento fue el estudio del lago de Banyoles (1967-69) y más tarde la fundación de la Asociación Española (ahora Ibérica) de Limnología en 1981. Desde mi colaboración como voluntario en el estudio de Banyoles he sido testigo de esta evolución y he contribuido en diferentes aspectos al crecimiento de la Limnología en España e Iberoamérica. Este trabajo corresponde a la charla presentada en el día 29.10.2020 en el XX Congreso Ibérico de Limnología, organizado por la Asociación Ibérica de Limnología (AIL) y la Universidad de Murcia, que se celebró de forma virtual. Corresponde a una ponencia con motivo de la distinción que la AIL me otorgó por mi trayectoria y dedicación a la Limnología, tanto en los aspectos científicos como en los de servicio a la comunidad y en tareas de difusión y conservación de los ecosistemas acuáticos. En primer lugar, he de dar gracias a la AIL por esta distinción que para mí tiene un gran valor, ya que yo fui uno de los fundadores de la misma en 1981, presidente durante 12 años y organizador de dos congresos, el de la fundación (1981) y el del 25 aniversario de la Asociación (2006), los dos celebrados en Barcelona.

Toda reflexión sobre la Limnología en España debe empezar con el profesor Ramón Margalef de quien celebramos en 2019 el centenario de su nacimiento. Como podría llenar muchísimas páginas sobre su figura, voy a limitarme a enviar al lector al libro de Prat et al. (2015) donde hay una amplia reseña de lo que fue su contribución científica a la Ecología en General y a la Limnología en particular. Durante 2019 fueron muchas las actividades en su honor las cuales

se pueden encontrar en la página web: <http://icmdivulga.icm.csic.es/any-margalef/>. Él fue mi profesor y mi mentor, una persona excelente, con un sentido particular del humor, un gran tipo.

¿Cómo llegué yo a la Limnología? Cursé Ciencias Biológicas en la Universidad de Barcelona (1967-1972). Me lo pasé muy bien en la Facultad, hice grandes amigos y aprendí mucho a pesar de algún que otro profesor. Mi vinculación con el Departamento de Ecología empezó en tercer curso, justo cuando se inició el estudio del Lago de Banyoles, a dónde iba a ayudar a muestrear los fines de semana. La importancia del lago de Banyoles para la Limnología ibérica ha sido puesta de manifiesta en muchos escritos, uno de ellos un libro reciente editado con motivo del centenario de Margalef (Gich & Sarquella eds., 2020). Gracias a esta colaboración en 1972, se me propuso entrar a formar parte del equipo que iba a estudiar la limnología de los embalses españoles, que por entonces empezaba los muestreos. Así empecé mi carrera como limnólogo.

El título de este trabajo “Danzando con quironómidos” viene del tema de tesis que me propuso el Prof. Margalef, que me encargó que estudiara el bentos de los embalses españoles y en especial los quironómidos, un grupo prácticamente desconocido en aquellos momentos en la Península Ibérica. Desde entonces he trabajado con los macroinvertebrados acuáticos del bentos de lagos, embalses y ríos, y en especial, con los quironómidos. He intentado danzar elegantemente, como hacen los quironómidos adultos, entre la taxonomía, la ecología y los aspectos aplicados en la gestión del agua. Parece que lo hice razonablemente bien, por lo menos suficiente como para merecer el primer premio a la trayectoria en Limnología que la AIL ha otorgado.

El jurado del premio resaltó como méritos para darme este premio:

- La contribución a la Limnología en la Península Ibérica
- Una producción científica amplia y abundante
- El ser un docente entusiasta.
- El realizar actividades de interés para la sociedad y para la gestión de los ecosistemas acuáticos
- El compromiso con la conservación de los ecosistemas acuáticos.

Voy a desarrollar de forma sintética cada uno de estos puntos para terminar con unas breves perspectivas de futuro.

CONTRIBUCIÓN A LA LIMNOLOGIA

Como ya hemos dicho quien impulsó la Limnología en España fue Ramón Margalef (Prat et al., 2015). En 1967, cuando ganó la cátedra en la Universidad, empezó su trabajo como formador de investigadores y docentes en este campo. Además del estudio del lago de Banyoles (Gish & Sarquella, 2020) y del de los embalses españoles (Margalef et al., 1976), organizó numerosos cursos entre los que destacaremos los realizados en el Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ) donde se formaron numerosos investigadores, muchos de los cuales son ahora profesores o investigadores en diferentes países, especialmente en España, Portugal (e.g. Chaves et al., 2008) e Iberoamérica. Resultado de estos cursos fue un libro donde colaboramos la mayoría de profesores de los diferentes cursos (Margalef, 1994).

Yo soy de la F1-limnológica de Margalef, o sea de quienes realizaron la tesis con él directamente. Don Ramón encomendó a sus alumnos de doctorado realizar tesis en temas en los que él no pudo profundizar. Cuando escogió el plancton como tema principal de su investigación, no pudo seguir su propósito de joven de abordar todo lo referente a la Hidrobiología. A mí me encomendó el estudio de los quironómidos de los cuales él había publicado tres notas antes (Margalef, 1944).

En el caso de Banyoles después de los estudios de la limnología del lago, el fitoplancton y el zooplancton (Guich & Sarquella, 2020), quedó pendiente el estudio del bentos, lo que hicimos a finales de los ochenta y principios de los noventa con la tesis de Maria Rieradevall (ej. Rieradevall & Prat, 1989). Los factores clave para entender la

composición y dinámica del bentos del lago eran las diferentes condiciones de óxido-reducción de cada una de las cubetas y la presencia de sulfatos en el agua ya que se generaba mucho sulfhídrico. Esto provocaba una composición simplificada del macrobentos (solo quironómidos y oligoquetos) hasta su total desaparición en una cubeta mero-míctica. Resultado: en un lago oligotrófico se daban unas condiciones en el bentos profundo más propias de eutrofia extrema. El bentos está desacoplado de la producción de materia orgánica del plancton. Esto afecta a los ciclos biológicos y la producción secundaria de los organismos (Prat & Rieradevall, 1995). Por otra parte en la zona litoral, las macrófitas presentes en 1967 habían desaparecido y en 1989 la presión de los peces hacía que la fauna no fuera muy diversa (Rieradevall et al., 1995). Lamentablemente el estudio limnológico del lago no ha tenido la continuidad que se pretendía, por lo que, por lo que se refiere al bentos de este y otros lagos cársticos, sabemos lo mismo que hace 30 años.

El Ministerio de Obras Públicas (MOP) en 1970 se había comprometido a presentar un estudio sobre eutrofización de los embalses españoles para el congreso internacional de grandes presas que se iba a celebrar en Madrid en 1973. Para ello, le propusieron al Dr. Margalef realizar un informe rápido sobre el tema, aceptando a cambio de que le dieran dinero para estudiarlos. Así nació el programa de estudio de los embalses españoles (1972-1976) que resultó ser una escuela de limnólogos (Margalef et al., 1976; 1983). Las metodologías de muestreo y análisis de agua y organismos que se desarrollaron todavía se usan en muchos laboratorios y aulas universitarias. A mí me encomendó el estudio del bentos, donde aparecían especialmente quironómidos y oligoquetos. A parte de la taxonomía de estos grupos, se pretendía relacionar la eutrofia de los embalses con la composición y estructura del bentos. Resultó que la misma cantidad de clorofila en el epilimnion no daba lugar a las mismas comunidades de bentos, como era habitual en los lagos templados (Prat, 1978). De norte a sur y de este a oeste de la Península influían otros factores (temperatura, profundidad, sales disueltas), y especialmente la presencia de sulfato (como hemos indicado anteriormente en el lago de Banyoles),

lo que hacía que el patrón general del eje oligotrofia-eutrofia en el plancton no fuera tan claro para el bentos al no estar estrictamente correlacionado con la biomasa o la producción del plancton como en los lagos templados. En estudios posteriores se repitieron los resultados lo que dio paso a un modelo conceptual que todavía creemos que es válido (Real & Prat, 1992).

Finalmente haré mención de nuestras aportaciones a la Limnología de los lagos de montaña. El Prof. Margalef, con ocasión de los premios que recibía, fue abordado por el Ministerio para ver como lo podían ayudar y el pidió un laboratorio en la boca sur del túnel de Vielha para estudiar el lago Redò, el único lago de montaña grande del Pirineo que no estaba agujereado o represado y que pudiera ser una base científica para repetir estudios en los lagos del Pirineo que él había estudiado previamente en los años '40. Está claro que la apuesta le salió muy bien pues hoy en día el equipo que estudia estos lagos es bien conocido internacionalmente y el centro ha sido, y sigue siendo una escuela de formación para muchos estudiantes y un laboratorio de investigación de primer orden (Catalán et al., 2017).

Por nuestra parte, hemos contribuido al estudio de la fauna bentónica del lago Redó i de otros lagos (Rieradevall et al., 1999). A lo largo de los años nuestro grupo ha ido realizando estudios de la fauna actual y también de paleolimnología de diversos lagos, lagunas y humedales (Cañedo-Argüelles et al., 2012). Recientemente hemos abordado el estudio del lago Enol (Picos Europa, Tarrats et al., 2017), la laguna de la Mosca (Sierra Nevada, Pérez-Martínez et al., 2018) y el lago de Marboré (Pirineos, Rieradevall et al., 2018). El estudiar a la vez la fauna bentónica actual y los subfósiles presentes en el sedimento, permite identificar las especies de forma detallada y por lo tanto establecer aquellas que son indicadoras de las condiciones ambientales del lago en el presente y en el pasado y hacer predicciones en el futuro frente al cambio climático (Tarrats, et al., 2017). Lamentablemente, el estudio del bentos de los lagos y embalses no se ha desarrollado tanto en la Península Ibérica para poder hacer alguna síntesis a nivel global (e.g. Marcè & Obrador, 2019). Todavía son válidas las conclusiones de nuestros estudios (Prat et al., 1992; Real & Prat, 1992).

Existe una buena base de conocimiento para llegar a nuevos hitos, pero actualmente no tenemos especialistas en taxonomía, y especialmente de quironómidos y oligoquetos que permitan abordar su estudio más detalladamente.

UNA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA VASTA

A lo largo de mi carrera he publicado más de 400 trabajos según Google Scholar y 366 trabajos según Research Gate (https://www.researchgate.net/profile/Narcis_Prat/research) tanto en revistas indexadas, como libros, capítulos de libro, revistas de divulgación etc. He dirigido 20 Tesis doctorales, 80 trabajos entre tesinas, trabajos de grado, trabajos de máster y otros trabajos así como múltiples informes así como he sido Investigador Principal en múltiples proyectos de ámbito local, regional, estatal o internacional. El tema transversal han sido los macroinvertebrados acuáticos en general y los quironómidos en particular. Los quironómidos incluyen más de 600 géneros y unas 6300 especies en todo el mundo (Ferrington, 2007). Su taxonomía se puede abordar mediante la morfología, con tres sistemas diferentes de clasificación, larvas, pupas y adultos, tanto en organismos del presente como en fósiles en ámbar o subfósiles como restos en los sedimentos. Para ciertos géneros existe una taxonomía usando los cromosomas politénicos de las glándulas salivales (e.g. *Chironomus*) y una taxonomía moderna basada en métodos moleculares (Véanse p.ej. Prat et al., 2017 y Acosta et al., 2017). Las larvas no se pueden clasificar a especie en la mayoría de los casos, los diferentes morfotipos suelen ser representativos de varias especies. Hemos elaborado diversas claves tanto para los ríos mediterráneos ibéricos (<http://www.ub.edu/fem/index.php/ca/resultats/guies-identificacio>) como para los ríos altoandinos (<http://www.ub.edu/riosandes/index.php/guiachiros.html>) para que sean útiles para estudios de comunidades. En los estudios de biodiversidad los métodos moleculares ya son un complemento necesario a la taxonomía tradicional (Hajibabaei et al., 2011). Por ejemplo, en un análisis preliminar de toda la fauna de quironómidos de los ríos de los Andes tenemos más de 140 especies (como OTU's, Unidades taxonómicas operacionales por sus siglas en inglés)

para ser descritas. De las cuales desde el punto de vista morfológico solo se conocen unas 40 (Prat et al., 2014). Todavía es pronto para saber hasta que punto esta metodología va a complementar o a sustituir a la larga los estudios clásicos de biodiversidad, pero sin duda abre posibilidades, y también retos para el futuro (De Leon et al., 2020).

El estudio de los macroinvertebrados como bioindicadores ha sido una de las líneas de investigación más fructíferas que hemos cultivado a lo largo del tiempo. Un proyecto emblemático (Proyecto Guadalmed), que coordiné (Prat, 2002), nos permitió conocer mucho más de la taxonomía de muchos macroinvertebrados, especialmente de tricópteros, (Bonada et al., 2004) y quironómidos (Prat et al., 2016). La gran cantidad de datos recogidos desde el Pirineo hasta Sierra Nevada nos informó de las características autoecológicas de muchas especies (preferencias y tolerancias a parámetros ambientales), distribución de asociaciones en altitud o latitud, tipos de sustrato y determinar los rasgos biológicos de los diferentes grupos (ej. Puntí et al., 2009). Diferentes tesis ahondaron en estos aspectos con aportes de taxonomía pero también de ecología de los ríos para todos los macroinvertebrados. Además de los múltiples estudios en la cuenca del Mediterráneo, también hemos estudiado los ríos mediterráneos de Australia, Chile, California (Bonada et al., 2006a) y Sudafrica (Bonada et al., 2006b). El mismo tipo de trabajo se hizo más tarde en los ríos altoandinos (por encima de los 2000 m.s.n.m) en lugares donde apenas se conocía la fauna de los ríos (Acosta & Prat, 2010; Ríos-Touma et al., 2011; Villamarín et al., 2020).

El conocimiento de la fauna nos permitió profundizar en muchos aspectos como la razón de puedan existir especies congénicas de quironómidos o tricópteros en un mismo punto de muestreo (Prat & Garcia-Roger, 2018). Estudios en canales artificiales nos ha permitido conocer los cambios en comunidades sometidas a perturbaciones por aguas residuales (Grantham et al., 2012a) o sales (Cañedo-Argüelles et al., 2012, 2014) incluyendo un trabajo de síntesis a nivel global (Cañedo-Argüelles et al., 2016). Otros estudios en mesocosmos "*in situ*" nos permitieron conocer cuál era el efecto de diferentes densidades de peces sobre la composición y densidad

de los macroinvertebrados y nos demostró, una vez más, la importancia de clasificar los quironómidos a género o especie, ya que la respuesta a cambios abióticos o bióticos de las comunidades no puede ser bien determinada sólo a nivel de familia (Rodríguez-Lozano et al., 2015). También demostramos la importancia de los quironómidos en los contenidos estomacales de los peces y la selección que estos hacían de los diversos macroinvertebrados presentes (Rodríguez-Lozano et al., 2016a) o el efecto de los peces sobre la descomposición de las hojas por su predación de los macroinvertebrados (Rodríguez-Lozano et al., 2016b). Igualmente hemos abordado el estudio del impacto de las especies introducidas sobre las comunidades de macroinvertebrados (Ladrera et al., 2018).

Muchos de estos estudios fueron realizados en ríos mediterráneos (incluyendo los ríos temporales) de los cuales nuestro grupo se puede decir que además de pionero, sigue trabajando muy activamente (Bonada & Resh, 2013; Bonada et al., 2020). Lo más relevante del estudio de estos ríos es la gran capacidad de resistencia y resiliencia frente a diferentes perturbaciones (sequías, fuegos, tormentas...) y como las especies se adaptan a las sequías anuales mediante la dispersión (Múrria et al., 2010). También hemos mostrado como las características hidrológicas (años secos vs húmedos) son, en general, más importantes que otras perturbaciones en los ríos mediterráneos (Verkaik et al., 2013a). El poseer una base de datos de más de 20 años de seguimiento de estos ríos (<http://www.ub.edu/barcelonarius/web>) nos ha permitido interpretar estos cambios con una perspectiva a largo término (Cañedo et al., 2020). Por ejemplo cuando sobrevino un gran incendio forestal en 2003 en la zona del Parque Natural de Sant Llorenç del Munt i la Serra de l'Obac, los datos que se habían obtenido en muestreos rutinarios, dos veces al año desde 1995, fueron cruciales para conocer el grado de recuperación de la comunidad respecto al fuego (Verkaik et al., 2013b).

En resumen, gracias en gran medida a las tesis doctorales, tesinas, trabajos de grado o de máster y al esfuerzo de todos los componentes del grupo FEHM (Freshwater Ecology, Hydrology and Management), podemos decir que hemos investigado mucho y bien en diversos campos. Es algo

de lo que me siento orgulloso a la vez que deudor de mis estudiantes que han dado lo mejor de sí mismos para responder preguntas, generar otras y a que mi labor haya sido reconocida por la AIL.

ENTUSIASMO EN LA DOCENCIA

La docencia es un privilegio para los investigadores. Más allá de la obligación que podemos sentir y de la rutina que puede suponer para un profesor universitario su dosis semanal o semestral de clases, la docencia permite tener una perspectiva mucho más amplia de la disciplina en la que trabajas. Por otra parte el contacto seguido con los alumnos, que siempre tienen la misma edad, te incita a no dormirte en los laureles. A muchos profesores les parece que los estudiantes cada vez son “peores” y que no se interesan por lo que les explicas. Para los estudiantes la perspectiva es que el profesor se ha quedado anticuado y no comprende ni el pensamiento ni el lenguaje de los más jóvenes. No es fácil ponerse en la piel de los otros, aunque vale la pena intentarlo.

A lo largo de mi vida he dado clases a más de 2000 personas, tanto en los estudios de graduación como en másteres aparte de los múltiples cursos sobre diferentes temas, tanto de Limnología general como de bioindicadores (unos 500 alumnos más). La estrategia del profesor es importante en la calidad de la docencia y la percepción que los alumnos tienen de ella. Si el profesor presenta las clases de forma impecable con unos buenos gráficos y sin dar pie a lecturas diversas de lo que explica, suele tener mucha más atención y devoción de los alumnos que si genera preguntas o dudas o propone trabajos que pueden ser más formativos pero que si requieren más esfuerzo. El número de alumnos es también importante, no es lo mismo un curso de master de 15-20 personas, que los cursos de Ecología con más de 100 alumnos donde a una mayoría lo único que parece que le importaba era aprobar aquella asignatura obligatoria. Al profesor le toca adaptarse a estas circunstancias para que su curso sea atractivo para los estudiantes.

El entusiasmo que los miembros del jurado me atribuyen para la docencia me llena de satisfacción. En Ecología, siempre tienes la impresión que no dominas suficientemente el tema y te

quedas insatisfecho de tus clases. A medida que han pasado los años he procurado que mis cursos fueran lo más prácticos posibles y tuvieran una visión propia, especialmente los que tenían que ver con aspectos de gestión. Recuerdo con cariño los cursos de Limnología del IAMZ en los años ochenta y noventa del siglo pasado (Mut, 2006), así como en los muchos cursos sobre biomonitorio tanto en la Península Ibérica como en Iberoamérica. Uno de mis trabajos más leídos es precisamente uno sobre la utilización de los indicadores biológicos en la docencia en secundaria (Ladrera et al., 2013).

ACCIONES DE DIVULGACIÓN, CIENCIA CIUDADANA Y TRANSFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN A LA GESTIÓN

He dedicado bastante tiempo a los temas de divulgación, tanto en los estudios de los embalses, como especialmente en los de los ríos, especialmente en temas de indicadores biológicos (Prat et al., 2008). De alguna manera me vi obligado a ello si quería que los trabajos e instrumentos de valoración de la calidad del agua o de gestión del ciclo del agua que creábamos fueran conocidos e utilizados (Prat, 1979).

Más de una tercera parte de los trabajos que he publicado versan sobre biomonitorio. Primero en embalses (Prat, 1978), los cuales no tuvieron ni mucha continuidad ni popularidad. En los ríos hemos tenido más éxito tanto a nivel de investigación como de aplicación a la gestión (Prat & Rieradevall, 2006; Prat & Munné, 2004; Soria et al., 2020.). Mi publicación más citada versa sobre este tema (Bonada et al., 2006c). Clave en este camino ha sido la ayuda de la Diputación de Barcelona (1979-1981 y 1994 hasta ahora) para mantener un estudio continuado que ha generado una base de datos extensa a disposición de todos los investigadores (<http://www.ub.edu/barcelonarius/web>). Desde 1979 hasta el año 2000 el trabajo era casi exclusivamente científico y divulgativo (Prat & Puig, 1982) y apenas se usaba para la gestión (Prat, 1990). Dicho por un gestor “Sus estudios e ideas son muy interesantes, pero no me constan en ningún documento oficial”. Sin embargo, a partir del año 2000 con la aprobación de la DMA nuestros estudios sirvieron de base para el desa-

rollo normativo del uso de los bioindicadores en la gestión (ej. Munné et al., 2003). El proyecto Guadalmed (1999-2005) fue concebido para realizar la transferencia desde la investigación a la gestión (Prat, 2002) y tuvimos, gracias a nuestro conocimiento anterior, un éxito considerable, lo que se reconoció más tarde en la Instrucción de Planificación Hidrológica (IHF, 2008) y en normativas posteriores que incorporan algunos de nuestros métodos e indicadores (ej. IBMWP, QBR, IHF...) (Munné & Prat, 2011). Además, participamos en el proceso de intercalibración Europea y una reflexión sobre los logros de la DMA y los cambios necesarios para el futuro (Reyjol et al., 2014). También hemos trabajado en la definición de indicadores biológicos en la zona altoandina (Villamarín et al., 2013)

Paralelamente al estudio científico y el desarrollo normativo, nuestra intención fue desarrollar algún sistema de bioindicadores para que los ciudadanos pudieran realizar una tarea similar a la que realizan los investigadores (lo que ahora se llama ciencia ciudadana). Con los materiales desarrollados, desde nuestra primera propuesta de 1982 (Prat & Puig, 1982) hasta la reciente app (RiuNet; <http://www.ub.edu/fem/index.php/es/inici-riunet-es>) (Rieradevall et al., 2016), los ciudadanos pueden realizar un diagnóstico del estado de los ríos, tomar conciencia de la necesidad de su restauración y presionar a la administración para que cumpla la ley y mejore su calidad. También se adaptó y simplificó la metodología para ser usado por el “Projecte Rius” (<http://www.projecterius.cat/el-projecte>), un proyecto de ciencia ciudadana con más de 20 años de experiencia. Conjuntamente con diversos “Proyecto Ríos” en toda la península, miles de voluntarios realizan cada año análisis del estado de los ríos <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/quienes-quien/red-proyecto-rios.aspx> siguiendo estas metodologías o similares.

Actualmente el grupo FEHM (<http://www.ub.edu/fem/index.php/ca/divulgacio2/consumh2o>) cuenta con diversos materiales disponibles en su web que permiten analizar el conjunto del ciclo del agua, contribuyendo a la popularización de la “Ciencia Ciudadana” que tanto aporta en muchos trabajos científicos ya que los ciudadanos llegan a muchos lugares donde los cientí-

cos y gestores no pueden llegar. A partir de estos materiales y estudios, hemos incidido de forma directa e indirecta en la gestión y la conservación de los ecosistemas acuáticos españoles, lo que abordamos a continuación.

COMPROMISO CON LA CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

La actividad científica puede, o no, generar una interacción social o unos beneficios para la colectividad. En algunas disciplinas esto es evidente (biomedicina) en otras puede no estar tan claro (el estudio de los quironómidos), aunque de forma indirecta siempre puede usarse este conocimiento, lo que va en función de la voluntad y capacidad del científico y que en última instancia depende de la percepción de la sociedad sobre la importancia y la prioridad del tema (Ladrera et al., 2020).

El compromiso que adquirimos desde hace años en la defensa de nuestros ecosistemas acuáticos se ha plasmado en artículos de prensa o intervenciones en radio o televisión (Prat, 1990; 1996). En ocasiones hemos sido críticos con la administración (Prat, 2001) o hemos dado nuestra visión particular de la gestión del agua en los últimos años (Prat, 2009), comparando la gestión que se realiza de los ríos en otras partes del mundo (Grantham et al., 2012b) o participando en los trabajos de recuperación del accidente minero de Aznalcóllar (Solà et al., 2004). También hemos sido autores de propuestas alternativas a la gestión del agua en España, en consonancia con la Nueva Cultura del Agua (NCA) de cuya Fundación (FNCA) soy miembro fundador (Prat & Estevan, 2004; Estevan & Prat, 2006). Sirva como ejemplo de este compromiso nuestro papel en la diagnosis de la problemática y la propuesta de soluciones en el caso del Delta del Ebro. Dos tesis doctorales nos proporcionaron el conocimiento suficiente (Muñoz & Prat, 1994, Ibañez et al., 1994) para poder intervenir en las propuestas de plan hidrológico del Ebro (1991, 2000) cuyo objetivo principal era hacer un trasvase desde la parte final del río hacia Catalunya y hasta Almería. De esta manera pudimos elaborar una síntesis de los problemas del Delta (Ibañez et al., 1994; 1996) a la par que una propuesta alternativa de los

caudales al final del Ebro (Prat & Ibañez, 2003), que demostraban que los trasvases eran inviables, si se quería preservar lo que ahora llamamos servicios ecosistémicos y la propia existencia física del Delta (Prat & Ibañez, 1995). Nuestra colaboración se centró especialmente en dar contenido a la protesta de las entidades locales y regionales de la zona (como la Plataforma en Defensa del Ebro) para que pasaran del slogan de oposición “No a los trasvases” a otro propositivo: “Propuesta de una Nueva Cultura del Agua”. Después de muchas acciones, charlas, intervenciones en medios de comunicación, comparecencias ante autoridades (Parlamento, Comisión Europea a caballo entre el siglo XX y el XXI). Dedicamos mucho esfuerzo al tema y conseguimos algo que parecía imposible, que el Gobierno de España anulara las propuestas de grandes trasvases en 2004. Lo que todavía no ha hecho el Gobierno de España ha sido actuar de verdad para solucionar los problemas de sostenibilidad del Delta. Hace más de 25 años ya advertimos que si no llegaban sedimentos de los embalses, una buena parte del Delta del Ebro podía desaparecer por la subida del nivel del mar y la subsidencia (Prat & Ibañez, 1995). Por desgracia el tiempo nos ha dado la razón y en enero de 2021 el Delta se encuentra en franca regresión y algunas de sus partes (barra del Trabucador) ya no se reconstituyen como antes, por la falta de sedimentos (<https://elpais.com/espana/catalunya/2021-01-11/el-temporal-vuelve-a-castigar-el-delta-del-ebro-que-exige-responsabilidad-a-la-generalitat-y-al-gobierno.html>). Recientemente hemos escrito sobre este tema y hemos puesto sobre la mesa posibles acciones a realizar (Ibañez & Prat, 2020), pero tenemos pocas esperanzas de que las soluciones que aportamos basadas en la sostenibilidad se impongan en un futuro próximo. Algunos intereses particulares (agricultura) o políticos hacen que no se pueda avanzar en un plan real de conservación de la zona deltaica del Ebro, incluido la reticencia de los técnicos de la CHE, que ignoran los estudios científicos que no les son favorables, especialmente en el cálculo de los caudales ambientales necesarios para el transporte de sedimentos al Delta (Segarra, 2020). La formación de lo que se ha llamado la “Mesa de Consenso” no parece haber sido muy efectiva a juzgar por las acciones em-

prendidas (<https://elpais.com/espana/catalunya/2021-01-11/el-temporal-vuelve-a-castigar-el-delta-del-ebro-que-exige-responsabilidad-a-la-generalitat-y-al-gobierno.html>).

Ello nos lleva a la sensación de frustración y agotamiento que provoca en muchos investigadores estas luchas en las que el criterio científico es ignorado o minimizado y que hace que muchos de ellos no persistan en la pretensión de que sus trabajos sean útiles para la sociedad. El desánimo y la desazón se combaten como uno puede. Margalef solía decir que él era un “pesimista activo” y dio su apoyo a múltiples causas aunque de antemano intuía que tenían pocas posibilidades de llegar a buen puerto. Esta misma actitud me ha acompañado durante mis años de intentos de ayudar a la conservación de la naturaleza en España y mejorar la gestión del agua (Prat, 2009).

A nivel individual tuve la oportunidad de implicarme de forma muy activa en el intento de mejorar el estado de los ríos de Catalunya. Como resultado de mis primeros estudios en los ríos Llobregat y Besós, me ofrecieron en 1989, la posibilidad de colaborar con el fiscal de delitos ecológicos. Me aseguraron que serían algo rutinario sin mucho trabajo. Dije que sí sin saber en el lío en que me embarcaba. Al final fueron más de 10 años de trabajo, añadido al de mi tarea de docente e investigador, como perito de delitos ecológicos (Prat, 2019). Durante el tiempo que ejercí este trabajo fui criticado e incluso ignorado por algunos de mis colegas, uno de los cuales calificó mi actividad de “terrorismo ecológico”. En los juicios (casi 100), una de la primeras palabras que el acusado solía pronunciar era que ya había construido la depuradora. La acción del fiscal, con mi ayuda, produjo sus frutos, ello compensaba con creces las horas dedicadas a este trabajo.

PERSPECTIVAS DE FUTURO

Taxonomía y ecología

La taxonomía y ecología de los quironómidos en particular y de los macroinvertebrados en general, es todavía muy incompleta en la Península Ibérica y precaria en algunos países latinoamericanos. Se ha querido obviar la necesidad de tener datos de las diferentes especies con la identificación del

código de barras en estudios de biodiversidad o el uso de sus rasgos biológicos y ecológicos en estudios funcionales. Esto ha proporcionado buenas ideas y trabajos interesantes pero no ha llegado a sustituir al uso de la identificación taxonómica en los estudios aplicados (Berhend-Chapuis et al., 2021). En el fondo sabemos muy poco de los rasgos biológicos y ecológicos de muchas especies y además para la misma especie pueden ser diferentes según el medio e incluso según la época del año (Twardochleb et al., 2021).

Están desapareciendo los taxónomos tradicionales; por ejemplo en el caso de los quironómidos en España somos ahora menos de los que éramos hace 30 años, sin ninguna renovación a la vista. Aunque la taxonomía molecular se imponga, alguien tendrá que hacer la correspondencia entre las dos sino queremos quedarnos en los OTU's. Y para esto todavía falta mucho en la Península Ibérica (Múrria et al., 2020). En el caso de regiones inexploradas como en los Andes, la taxonomía molecular puede ser una solución inicial, pero ¿será suficiente?. Por otra parte seguiremos todavía con muchas incógnitas respecto a la biología y ecología de las especies, cosa mucho más complicada de solventar, dada la poca inversión e interés en estos estudios. Como una posible idea para superar la ignorancia taxonómica, la AIL debería realizar en sus congresos talleres de taxonomía para favorecer esta transición.

Sobre el biomonitoreo y la gestión

La gestión del agua es ciertamente compleja. Hoy en día parece que nos confiemos casi exclusivamente a la tecnología para mejorar el conocimiento del ciclo del agua. Las herramientas analíticas permiten analizar la concentración de muchos compuestos y como estos impactan en el ecosistema gracias a los estudios toxicológicos (Damasio et al., 2011) o de bioacumulación (Cid et al., 2010), pero menos lo es el efecto conjunto de los microcontaminantes que somos capaces de analizar o descubrir (multi-estresores). Y cada día surgen nuevos interrogantes sobre algunos de los productos que llegan a los ecosistemas acuáticos como por ejemplo los microplásticos (Li et al., 2020). Por ello la utilización de los organismos como bioindicadores seguirá siendo algo impor-

tante en la gestión del agua para el futuro (Feio et al., 2021).

La aplicación de la DMA ha dado lugar a muchos avances y a normativas con sistemas de medida y gestión estandarizados para la medida del estado de las aguas (Reyjol et al., 2014). El reto es superar estas metodologías por otras más precisas y uno de los instrumentos que ya son una realidad es la utilización de los métodos moleculares. El biomonitoreo con “Código de Barras” (Barcoding) está en pleno desarrollo y se va a imponer en un futuro próximo (Feio et al., 2020). Queda el espinoso tema de la cuantificación en individuos o biomasa de las extracciones de ADN, para lo cual van a existir soluciones muy pronto. Prepararse para este futuro es sin duda el reto más importante para los limnólogos (Duarte et al., 2021).

De todas formas, la gestión del agua será en el futuro, mas que ahora, un problema más socioeconómico que no solo de investigación (Nikolaidis et al., 2014). Los gestores pueden o no utilizar las metodologías punteras para la evaluación del estado de las aguas, pero al final los factores sociales y económicos se imponen. La eterna batalla entre los que quieren más regadío, más agua como recurso, frente a los que defienden la necesidad de una gestión sostenible se agudizará. Habitualmente ganan los primeros, excepto en los casos en que, políticamente, los segundos pueden ejercer una presión suficiente. La conservación de muchos de nuestros ecosistemas acuáticos está condicionada al resultado de esta confrontación.

Otros retos

El cambio climático con el incremento en las temperaturas y cambios en la precipitación anual y, más importante, con más episodios extremos de sequía e inundaciones crea una incertidumbre muy grande en la previsión de que recursos podrán extraerse de los ecosistemas acuáticos a la par que mantener los caudales ambientales en los ríos represados. Con los ríos volviéndose cada vez más temporales deberemos adaptar nuestros métodos de clasificación y establecimiento del estado ecológico a este tipo de ríos (Soria et al., 2020). Este es un tema que aparece de forma recurrente en los estudios de ríos y lagos en las frecuentes revisiones sobre el tema (ej. Detry et al., 2017), a veces

repetitivas, y que dan lugar a modelos conceptuales (Allen et al., 2020) que tampoco solucionan los problemas prácticos de monitoreo. Los cambios en la hidrología pueden generar puntos de no retorno en la composición de las comunidades, lo que genera incertidumbre sobre la bondad de algunas aproximaciones. Una solución es definir tipos de regímenes para los cuales las metodologías de toma de muestras e interpretación de los datos sean específicas (Prat et al., 2014). Para los ríos mediterráneos existe un programa que ya realiza estas funciones (TREHS; Gallart et al., 2017) con una aproximación conceptual simple y adecuada para los propósitos de la gestión.

Los caudales ambientales ya son desde hace tiempo un campo de batalla entre los gestores y los conservacionistas. Existen ya metodologías muy contrastadas para definirlos pero a veces son usadas por los gestores de manera incorrecta cuando no fraudulenta. Por ejemplo, los problemas que se tienen hoy en día en la cuenca del Ebro agudizarán el enfrentamiento entre territorios ya que es imposible aumentar, o incluso mantener, el regadío actual sin afectar de forma grave el estado ecológico del río y las características actuales del Delta del Ebro incluyendo su pérdida física. Los perdedores siempre son los de río abajo y en estos momentos no existe la voluntad por parte de los gestores de la Cuenca del Ebro de llegar a una situación donde sea posible mantener un delta similar al de la actualidad, con unos flujos de agua y sedimentos adecuados, ya que el agua se quiere utilizar como recurso y se minimiza su acción ambiental (Segarra, 2020).

Sin duda hay muchos otros retos para los limnólogos para el futuro. Los flujos de carbono y la fijación del mismo por los ecosistemas acuáticos y la importancia que esto puede tener para el cambio climático es uno de ellos y muchos investigadores se centran en ello desde muchos puntos

de vista (Marcé & Obrador, 2019). Hay muchos otros retos no abordados para los limnólogos del futuro para los cuales algunos ya somos historia. Espero que los que trabajan en este momento en Limnología en la Península Ibérica tengan las ideas, la intuición, las ganas y el coraje necesario para hacer del mundo un hidrosistema sostenible para bien de la Biosfera de la que formamos parte. A todos los investigadores, y a los quironómidos, mucha suerte. Espero que publiquen sus trabajos en LIMNETICA, revista que ayudé a fundar y que gracias a sus editores se ha consolidado como una buena plataforma para publicar los trabajos de los Limnólogos ibéricos y de otras partes del mundo.

AGRADECIMIENTOS

Es imposible dar aquí las gracias a todos los que me han ayudado, animado e incluso criticado durante estos años, más allá de reiterar mi admiración y profundo agradecimiento a la persona que creyó en mis posibilidades y me permitió ser lo que he sido, el Prof. Margalef. Tampoco puedo olvidar a María que me dio todo y más, nadie ha sido más generoso conmigo; que ella no esté para seguir disfrutando de, entre otras cosas, de los quironómidos me llena de dolor. De todo mi equipo del FEHM voy a dar las gracias especialmente a Núria Bonada y a Pau Fortuño ya que es imposible darles las gracias a tod@s. Tod@s son responsables de que el grupo de investigación se haya consolidado y que hayamos hecho tantos amigos, espero que hayan aprendido algo de mí como yo he aprendido mucho de ellos.

REFERENCIAS

Dado el número elevado de referencias estas se publican como material suplementario (Disponible en <http://www.limnetica.net/es/Limnetica>).