



EL PLANCTON DE LAS LAGUNAS DE SIERRA NEVADA: NECESIDAD DE ESTUDIOS TRANSDISCIPLINARES

Fátima García-Jurado¹, Francisco Guerrero¹, Andréa Galotti¹, Gema Parra¹, Luis Cruz-Pizarro^{2,3}, Inmaculada de Vicente^{2,3}, Francisco Rueda², Victoria Amores², Juan Lucena⁴, Valeriano Rodríguez⁴, Pablo León⁴, Enrique Moreno-Ostos⁴, Begoña Bautista⁴, José M^a Blanco⁴, Laura Zabala⁴ Juan Diego Gilbert¹ & Francisco Jiménez-Gómez^{1}*

¹ Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Jaén. Campus de las Lagunillas, s/n. 23071 Jaén.

² Instituto del Agua. Universidad de Granada. C/ Ramón y Cajal, 4. 18071 Granada.

³ Departamento de Ecología. Universidad de Granada. Campus de Fuentenueva, s/n. 18071 Granada.

⁴ Departamento de Ecología y Geología. Universidad de Málaga. Campus de Teatinos, s/n. 29071 Málaga.

* Autor para correspondencia: fgomez@ujaen.es

Título abreviado: Plancton en lagunas de Sierra Nevada

Recibido: 4 de junio de 2007

Aceptado: 16 de julio de 2007

RESUMEN

La correcta valoración de los procesos ecológicos, como base para el mantenimiento de la integridad ecológica del ecosistema, se ha convertido en una de las tareas de más difícil cumplimiento en las labores de conservación de los ecosistemas mediterráneos. La búsqueda y desarrollo de herramientas en la detección y prevención de alteraciones ambientales nos ha llevado a centrar la atención en las lagunas de alta montaña del Parque Nacional de Sierra Nevada, ecosistemas que presentan un singular valor ecológico dentro del ambiente mediterráneo, por su carácter oligotrófico, por su situación a gran altitud y por la adaptación de sus comunidades a condiciones ambientales extremas. El presente texto describe una propuesta de estudio integral en estos ecosistemas con una aproximación basada en el análisis de las estructuras de tamaño de las comunidades del plancton como herramienta descriptora y predictiva de las respuestas de esas comunidades a los cambios ambientales.

Palabras claves: Cambios ambientales, comunidades pelágicas, espectros de tamaño, lagos de alta montaña.

PLANKTON COMMUNITY IN SIERRA NEVADA LAKES: THE NEED FOR TRANSDISCIPLINARY STUDIES.

ABSTRACT

The assessment of ecological processes is being considered as a keystone in environmental research. However, is not yet a trivial task due to the inherent ecosystem complexity and, unfortunately, the scarcity of pristine, unaltered systems. The high mountain lakes are ideal ecosystems for developing tools to detect the environmental changes. Thus, the small lakes of Sierra Nevada National Park are singular ecosystems with great ecological and scientific values in the context of Mediterranean area. These

lakes have communities adapted to extreme environmental conditions, with marked seasonal changes. In this work we present a proposal for an integral study based on the holistic and potentially predictive approach of size structure analysis of plankton community.

Keywords: Environmental changes, pelagic communities, size structure, high mountain lakes.

1. VALOR ECOLÓGICO DE LAS LAGUNAS MEDITERRÁNEAS DE ALTA MONTAÑA

Marco de referencia para su conservación y para su uso como modelos experimentales.

Una de las grandes dificultades de la gestión y preservación medioambiental reside en la correcta definición de los objetos de estudio. Frecuentemente, se centra la atención en la conservación de especies, poblaciones y a menudo hábitat, más que en la integridad de los procesos ecológicos, que son en definitiva capaces de reflejar, en una primera instancia, las perturbaciones de carácter global (Holdgate, 1996). Por regla general esta forma de actuar conlleva la creación de áreas de protección y modelos de gestión donde la prioridad se ejerce sobre la conservación de la componente biológica, con un sesgo hacia especies de mayor porte (vertebrados o plantas superiores, fundamentalmente) frente a otras menos destacables para la sociedad en general (invertebrados, especies planctónicas, etc.), pero no por ello menos importantes en términos de biomasa o flujo de energía en el ecosistema (García Mora y Montes, 2003).

La puesta en marcha de lo que se ha denominado conservación o gestión ecosistémica (Meffe y Carroll, 1997), se centra en la valoración de los procesos ecológicos como base para el mantenimiento de la integridad ecológica del ecosistema. Este cambio de planteamiento permite obtener un cuadro ecológico de referencia para el ecosistema en cuestión, que se logra cuando la estructura y funcionamiento original están intactos. Esta aproximación, ampliamente aceptada en ambientes no mediterráneos, pierde fuerza en nuestro entorno a consecuencia de los usos tradicionales y la explotación histórica ejercida por el hombre sobre los recursos naturales, dando lugar a lo que se conoce como integridad cultural. De este modo se considera inexcusable la visualización de los ecosistemas mediterráneos bajo la consideración conjunta de la integridad ecológica y cultural de los mismos (García Mora y Montes, 2003).

Esta concepción viene dada por la idea de que en los ambientes mediterráneos no es fácil encontrar ecosistemas prístinos, algo que no está nada alejado de la realidad. Sin embargo, el nivel de explotación o uso por parte del hombre no es el mismo en unos ecosistemas que en otros, de modo que aun es posible encontrar algunos tipos de ecosistemas naturales en los que caben procesos o modelos de gestión pasiva o de regulación natural. Uno de estos ejemplos está constituido por las lagunas o humedales de alta montaña, ecosistemas singulares dentro del contexto mediterráneo, que por su ubicación geográfica han sufrido un aislamiento físico y una escasa influencia humana. De este modo, la presencia de estos ecosistemas acuáticos con caracteres más típicos de climas templados (Centro Europa) pero sometidos a los condicionantes propios del clima mediterráneo, representan modelos experimentales idóneos para el estudio de los cambios globales con los que anticipar los efectos del calentamiento climático sobre la estructura y funcionamiento, es decir la integridad ecológica de ecosistemas acuáticos templados. En este contexto, las lagunas de alta montaña del Parque Nacional de Sierra

Nevada, situadas en torno a 3000 m. de altitud y de carácter oligotrófico, se podrían reconocer como áreas de estudio ideales de acuerdo a los argumentos expuestos.

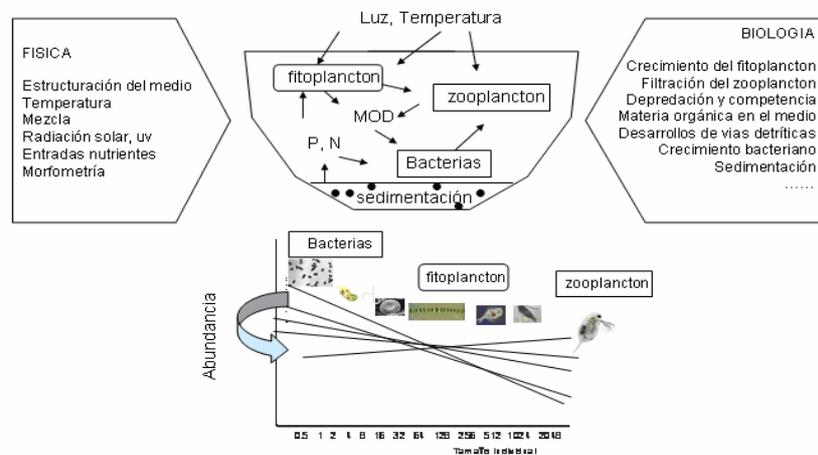
Hay que señalar que estas lagunas han sido ampliamente estudiadas, y es por tanto bien conocida, sobre todo para la laguna de la Caldera, la estructura de su comunidad planctónica (Echevarría *et al.*, 1990; Rodríguez *et al.*, 1990; Cruz-Pizarro y Carrillo, 1996) así como la respuesta de esta comunidad ante cambios hidrológicos (Medina-Sánchez *et al.*, 1999), o diferentes disponibilidades de nutrientes (Morales-Baquero *et al.*, 1999; Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2004).

La comunidad planctónica

Los organismos del plancton presentan una gran sensibilidad a las alteraciones de tipo climático. En particular, es sabido que pequeños cambios en los valores medios de temperatura en sistemas situados en climas extremadamente fríos, como es el caso de estas lagunas, provocan alteraciones importantes en las respuestas funcionales de las comunidades psicrófilas que los habitan. Desde este punto de vista, este tipo de comunidades podrían ser utilizadas como sensores biológicos de tales perturbaciones, traducidas en alteraciones de los flujos de materia y energía de la red trófica (Vaqué *et al.*, 2004).

Las comunidades planctónicas de las lagunas oligotróficas de alta montaña están constituidas por conjuntos heterogéneos de organismos, con gran diversidad de formas y de grupos funcionales que abarcan un amplio rango de tamaños (desde décimas de micra a varios milímetros). Tales componentes se organizan en redes tróficas complejas en las que a los habituales factores de control de zonas templadas, la depredación y la disponibilidad de recursos (véase por ejemplo Pace y Funke, 1991), habría que añadir el fuerte control físico experimentado en tales situaciones. En la figura 1 se representa el modelo conceptual que resumen la interacción de variables físicoquímicas y biológicas en los ecosistemas objeto de estudio y cómo el resultado final se manifiesta en una organización de la comunidad pelágica caracterizada por la estructura de tamaños de los diferentes elementos y por la dinámica de la misma. Por tanto, cobra especial relevancia en este contexto la necesidad de abordar estudios integrados con la consideración de ambos aspectos, el puramente biológico con la caracterización y funcionamiento de las comunidades planctónicas en respuesta a las perturbaciones y el acoplamiento que dicha comunidad muestra con la hidrodinámica de un ambiente físico tan extremo.

Figura 1. Modelo conceptual de funcionamiento del ecosistema acuático de las lagunas de alta montaña del P. N. Sierra Nevada.



Desarrollo de la propuesta de estudio

Como se ha comentado con anterioridad, con esta propuesta de estudio integral se pretende conocer, evaluar y predecir el comportamiento de estos ecosistemas ante perturbaciones de diversa naturaleza, entre las que se podría incluir el cambio climático. El desarrollo de este tipo de estudios incluye el análisis de la comunidad planctónica y su acoplamiento con el medio físico, por lo que es necesario para ello ejecutar unas tareas que a continuación se detallan de forma sucinta.

Acoplamiento físico – biológico

El comportamiento de cualquier ecosistema acuático viene claramente influenciado por la existencia de procesos físicos de transporte y mezcla, que pueden verse reflejados, entre otros, en el comportamiento biogeoquímico de estos ecosistemas (Rueda y Cowen, 2005; Rueda *et al.*, 2006) o en la existencia de ciclos estacionales de abundancia del fitoplancton (Reynolds, 1984). El acoplamiento físico-biológico en estos sistemas ocurre, no obstante, en un rango de escalas espaciales y temporales que, en lagos, abarca desde las escalas que caracterizan los fenómenos de turbulencia en el medio acuático (10^{-2} m y 1s), hasta las que son características de la circulación a escala de cubeta (10^2 m y 10^3 s). Así, las escalas de velocidad y longitud de los movimientos turbulentos y su persistencia en el tiempo, por ejemplo, determinan el clima de luz que experimenta la comunidad fitoplanctónica, con enormes implicaciones en la organización y estructura de ecosistemas acuáticos (MacIntyre *et al.*, 1999).

A mayor escala, los efectos de la física del transporte sobre la biología son, si cabe, aun más evidentes. Así en lagos y lagunas sobre los que sopla el viento, las algas tienden a acumularse en la zona de sotavento, reflejando los patrones de circulación del agua a escala de cubeta. Durante periodos de calentamiento y/o enfriamiento (día/noche) se desarrollan corrientes de intercambio entre las zonas litorales y las zonas más profundas. Las zonas más someras se enfrían/calientan más rápidamente, generando diferencias de temperatura y densidad. El agua más cálida, en esas condiciones, cabalga sobre el agua más fría que se desplaza hacia el fondo. A esta circulación se la conoce como circulación convectiva. En grandes sistemas acuáticos estas corrientes afectan a regiones relativamente pequeñas del litoral, pero en sistemas de pequeño tamaño y sujetos a ambientes extremos, como es el caso de lagos de alta montaña, los fenómenos de circulación convectiva se convierten en fenómenos a escala cuenca y los fenómenos dominantes de mezcla.

Para poder caracterizar este tipo de fenómenos es imprescindible llevar a cabo una toma de datos con una alta escala de resolución, tanto espacial como temporal, por lo que la instalación de cadenas de termistores para el control de los cambios de temperatura en la masa de agua y la presencia de una estación meteorológica (figura 2) para el conocimiento de los cambios atmosféricos, así como la entrada de agua al ecosistema, son aspectos fundamentales a la hora de la obtención de estos resultados.

Una vez obtenidos los mismos, se debe proceder a la construcción de modelos, elementos imprescindibles actualmente en los estudios de ecología acuática, que reflejen cómo cambios en esas condiciones (por ejemplo un incremento de la temperatura del agua) afectan a la circulación convectiva y finalmente a la comunidad planctónica, por ejemplo consecuencias de estos fenómenos en términos de distribución de algas e individuos de zooplancton con escasa movilidad.

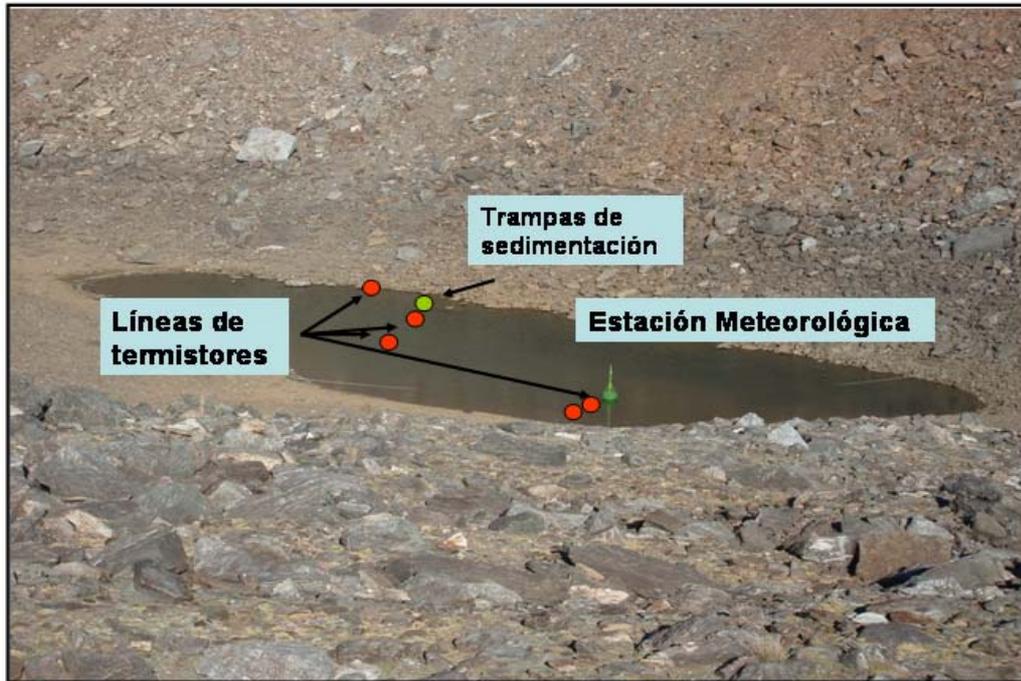


Figura 2.- Fotografía de la laguna de la Caldera (Sierra Nevada) donde se muestra la colocación de las líneas de termistores, trampas de sedimentación y estación meteorológica.

Otro aspecto a tener en cuenta en el control físico del funcionamiento limnológico de estos ecosistemas de alta montaña mediterránea, reside en el potencial impacto del incremento de temperatura, consecuencia del cambio climático, sobre el intercambio de nutrientes en la interfase agua-sedimento. Es precisamente en sistemas oligotróficos de alta montaña, donde la reducida carga externa de nutrientes hace de la interacción agua-sedimento un proceso especialmente interesante en el estudio de la dinámica de nutrientes. De ahí, la importancia de conocer el impacto de las variaciones de nivel de agua (períodos de desecación/inundación) sobre las propiedades químicas del sedimento y, en especial, sobre su capacidad para liberar o retener fósforo, así como la reversibilidad o irreversibilidad de estas transformaciones.

En la actualidad existe una controversia relativa al efecto de la desecación y posterior rehidratación del sedimento sobre las propiedades de adsorción y desorción de fósforo. Algunos estudios han puesto de manifiesto que la desecación del sedimento conduce a una sustancial reducción en su afinidad por el fósforo (Baldwin, 1996), si bien un efecto inverso de la desecación sobre las propiedades de adsorción de fósforo ha sido también descrito (Barrow y Shaw, 1980; Haynes y Swift, 1985; De Groot y Fabre, 1993). Sin duda, estos resultados contradictorios reflejan la complejidad de procesos biológicos, físicos y químicos que acontecen durante la desecación del sedimento. Más aún, la extensión del período de desecación y la composición inicial del sedimento deben jugar un papel esencial en el resultado final. La complejidad de transformaciones que ocurren durante la desecación del sedimento se completa con la estimulación de la mineralización de la materia orgánica (De Groot y Fabre, 1993). Como consecuencia de la complejidad de factores y procesos que intervienen durante la desecación del sedimento, el conocimiento del efecto de la desecación del mismo sobre la dinámica de nutrientes en ecosistemas acuáticos requiere de la realización de estudios específicos para cada sistema.

Análisis de la estructura y funcionamiento de la comunidad biológica

El estudio de una comunidad tan heterogénea y compleja como es la planctónica precisa de criterios de agrupación que faciliten su descripción, y que al mismo tiempo permitan apreciar la variabilidad de la misma. Entre estos criterios simplificadores, integradores de propiedades macroscópicas, viene siendo muy recomendado por diferentes foros internacionales el uso de las distribuciones de organismos por tamaños (Ulanowicz, 1981). Tal aproximación permite el uso de técnicas automatizadas de análisis, como son la citometría de flujo y el análisis de imagen, lo cual facilita el procesamiento de la gran cantidad de muestras generadas en este tipo de estudios. De esta forma, la distribución de tamaños de los organismos planctónicos se ha convertido en una herramienta habitual ataxonómica para el estudio de ecosistemas pelágicos.

La distribución de tamaños del plancton es un buen indicador del estado trófico del ecosistema y de una hipotética perturbación de su estado estacionario. Las condiciones ambientales imprimen características particulares en la forma de la distribución de tamaños de los organismos pelágicos, favoreciendo (o desfavoreciendo) selectivamente el desarrollo de unos grupos sobre otros. De este modo, en determinadas circunstancias los factores ambientales originan una respuesta coherente por parte de los organismos de un determinado rango de tamaños (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.3**), independientemente de la diversidad específica. La identificación de estos factores con una incidencia tamaño-específica resulta de especial interés en el análisis de la comunidad planctónica, determinando cambios fundamentales en la estructura de tamaños de la comunidad.

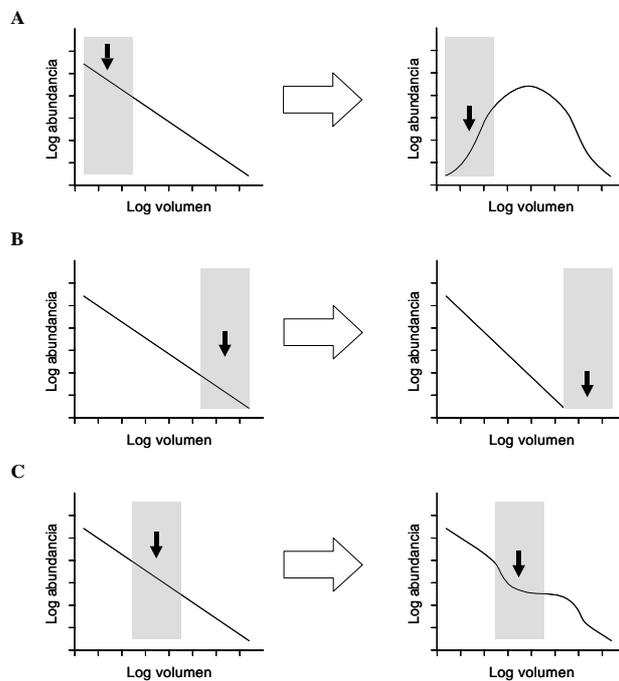


Figura 3.- Efecto de la severidad del medio en la estructura de tamaños de la comunidad planctónica. (A) Incidencia de los factores ambientales sobre organismos pequeños. (B) Incidencia de los factores ambientales sobre organismos grandes. (C) Incidencia de los factores ambientales sobre un rango intermedio de la distribución.

Las desviaciones respecto a la situación estacionaria suelen manifestarse por cambios en el exponente de la función que describe la disminución de abundancia con el tamaño de los organismos, es decir, cambios en la proporción en la que aparecen las distintas categorías de tamaño. La aparición de un número desproporcionadamente grande de organismos de gran tamaño, requiere un aporte de energía externa al sistema, como ocurre en los sistemas eutróficos mantenidos por aportes de nutrientes. Por el contrario, la desaparición de estas estructuras y la proliferación de organismos de pequeño tamaño manifiesta un estado de disipación energética, como el propuesto en sistemas dominados por el bucle microbiano. De este modo, el grado de anomalía de la distribución del plancton puede ser una medida objetiva del grado de perturbación a que se está sometiendo un ecosistema (Rodríguez *et al.*, 1987; Rodríguez *et al.*, 1998).

Resultados previos obtenidos en la laguna de La Caldera (Echevarría *et al.*, 1990) muestran la existencia de irregularidades en los espectros de tamaños de la comunidad planctónica, aspecto que ha sido justificado en éste y en otros sistemas por la existencia de un menor número de especies o por una mayor incidencia de los factores ecológicos sobre la estructura de la comunidad planctónica (Rodríguez *et al.*, 1990; García *et al.*, 1995; Havlicek y Carpenter, 2001). Estas explicaciones cobran una gran relevancia en las lagunas de alta montaña donde como ya se ha comentado con anterioridad, los procesos físicos tienen una gran repercusión en la estructura de la comunidad planctónica.

Para determinar este grado de anomalía se recurre habitualmente al modelado de la distribución de abundancia a lo largo de un eje logarítmico de tamaños, pero este método se ha considerado poco adecuado cuando se trata de sistemas minimalistas, dominados por unas pocas poblaciones, que muestran una distribución con domos completamente alejada de la esperada linealidad. Para evitar este problema se ha propuesto utilizar de forma estandarizada el modelo de Pareto tipo II (Vidondo *et al.*, 1997). Este modelo se diferencia del lineal en que la abundancia se representa acumulada frente al tamaño (sería equivalente a trabajar con la integral del modelo lineal) y utiliza más eficazmente los datos ya que no se pierde información al acumularlo en clases (figura 4). La característica particular del modelo tipo II es que da cuenta de aquellas distribuciones dominadas por unas pocas poblaciones, como es el caso esperable en el sistema que se intenta caracterizar.

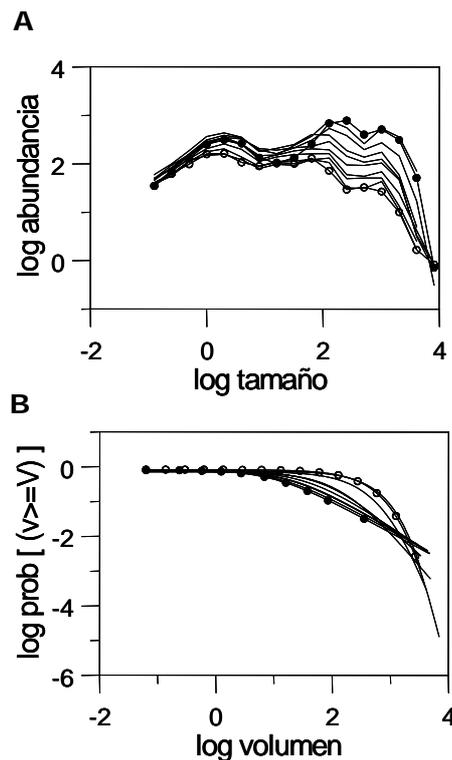


Figura 4.- Ejemplo de distribuciones de tamaño de la comunidad fitoplanctónica representadas en abundancias (A) y en probabilidades acumuladas (B; representación de Pareto).

Este tipo de modelos de espectros de tamaños, aplicados a estos sistemas controlados en gran medida por el ambiente fisicoquímico, predicen la respuesta de la comunidad planctónica en términos complementarios al enfoque tradicional funcional de patrón de sucesión del plancton frente al binomio nutrientes-turbulencias del conocido mandala de Margalef (1978). De este modo las perturbaciones inducidas por eventos meteorológicos-hidrológicos provocarían cambios en la estructura de la comunidad planctónica (tanto en términos de grupos funcionales como de tamaños) que quedaría registrados por los modelos aquí propuestos.

PERSPECTIVAS DE FUTURO

De todo lo aquí expuesto se deduce la necesidad de abordar estudios transdisciplinarios con visiones integradoras basadas en la aplicación de modelos de funcionamiento de los ecosistemas acuáticos en los que aparezca la fuerte interconexión existente entre la física y la biología. Este tipo de enfoques debe permitir la obtención de herramientas de gestión activa aplicables a estos ecosistemas y con las que se podrán tomar decisiones sobre las directrices a seguir para su futura conservación. No obstante, la validación de este enfoque en un ámbito más general (siempre en el contexto de los ecosistemas acuáticos) precisa del aporte de suficientes datos obtenidos en series temporales extensas que permitan "alimentar" estos modelos de forma conveniente. Datos que deberían provenir de aproximaciones y diseños experimentales concebidos de forma transdisciplinar con objeto de integrar todos los procesos que acontecen en estos ecosistemas, determinantes del funcionamiento y estructura de las comunidades que los habitan.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, por la financiación otorgada (proyecto de Investigación 129/2003) para llevar a cabo esta propuesta de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- BALDWIN D. S. (1996): "*The phosphorus composition of a diverse series of Australian sediments*". *Hydrobiologia*, 335: 63-73.
- BARROW, N. J. y SHAW, T. C. (1980): "*Effect of drying soil on the measurement of phosphate adsorption*". *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 11: 347-353.
- CRUZ-PIZARRO, L. y CARRILLO, P. (1996): "*A high mountain oligotrophic lake (La Caldera, Sierra Nevada, Spain)*". En Cruz-Sanjulián, J. y Benavente, J. (eds.): *Wetlands: a multiapproach perspective*, pp. 111-130. Universidad de Granada. Granada.
- DE GROOT, C. J. y FABRE, A. (1993): "*The impact of desiccation of a freshwater Marsh (Garcines Nord, Camargue, France) on sediment-water-vegetation interactions. The fractional composition and the phosphate adsorption characteristics of the sediment*". *Hydrobiologia*, 252: 105-116.
- EACHEVARRÍA, F.; CARRILLO, P.; JIMÉNEZ, F.; SÁNCHEZ-CASTILLO, P.; CRUZ-PIZARRO, L. y RODRÍGUEZ, J. (1990): "*The size-abundance distribution and taxonomic composition of plankton in an oligotrophic, high mountain lake (La Caldera, Sierra Nevada, Spain)*". *Journal of Plankton Research*, 12: 415-422.
- GARCÍA, C.M. EACHEVARRÍA, F. y NIELL, F. X. (1995): "*Size structures of plankton in a temporary, saline inland lake*". *Journal of Plankton Research*, 17: 1803-1817.
- GARCÍA MORA, M. R. y MONTES, C. (EDS.) (2003): "*Vínculos en el paisaje mediterráneo. El papel de los espacios protegidos en el contexto territorial*". Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.
- HAVLICEK, T. D. y CARPENTER, S. R. (2001): "*Pelagic species size distribution in lake: are they discontinuous?*". *Limnology and Oceanography*, 46: 1021-1033.
- HAYNES, R. J. y SWIFT, R. S. (1985): "*Effects of air-drying on the adsorption and desorption of phosphate and levels of extractable phosphate in a group of acid soils, New Zealand*". *Geoderma*, 35: 145-157.
- HOLDGATE, M. (1996): "*The ecological significance of biological diversity*". *Ambio*, 25: 409-416.
- MACINTYRE, S.; FLYNN, K. M.; JELLISON, R. y ROMERO, J. R. (1999): "*Boundary mixing and nutrient flux in Mono Lake, C.A.*". *Limnology and Oceanography*, 44: 512-529.
- MARGALEF, R. (1978): "*Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment*". *Oceanológica Acta*, 1: 493-509.
- MEDINA-SÁNCHEZ, J. M.; VILLAR-ARGAIZ, M.; SÁNCHEZ-CASTILLO, P.; CRUZ-PIZARRO, L. y CARRILLO, P. (1999): "*Structure changes in a planktonic food web: biotic and abiotic controls*". *Journal of Limnology*, 58: 213-222.
- MEFFE, G. K. y CARROLL C. R. (1997): "*Principles of Conservation Biology*". Sinauer Associates Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts.
- MORALES-BAQUERO, R.; CARRILLO, P.; RECHE, I. y SÁNCHEZ-CASTILLO, P. (1999): "*Nitrogen-phosphorus relationship in high mountain lakes: effects of the size of catchment basins*". *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56: 1809-1817.
- PACE, M. L. y FUNKE, E. (1991): "*Regulation of planktonic microbial communities by nutrients and herbivores*". *Ecology*, 72: 904-914.
- REYNOLDS, C. S. (1984): "*The ecology of freshwater phytoplankton*". Cambridge University Press, Cambridge.

- RODRÍGUEZ, J.; JIMÉNEZ, J.; BAUTISTA, B. y RODRÍGUEZ, V. (1987): "*Planktonic biomass spectra dynamics during a winter production pulse in Mediterranean coastal waters*". Journal of Plankton Research, 9: 1183-1194.
- RODRÍGUEZ, J.; ECHEVARRÍA, F. y JIMÉNEZ-GÓMEZ, F. (1990): "*Physiological and ecological scalings of body size in an oligotrophic, high mountain lake (La Caldera, Sierra Nevada, Spain)*". Journal of Plankton Research, 12: 593-599.
- RODRÍGUEZ, J.; BLANCO, J. M^a; JIMÉNEZ-GÓMEZ, F.; ECHEVARRÍA, F.; GIL, J.; RODRÍGUEZ, V.; RUIZ, J.; BAUTISTA, B. y GUERRERO, F. (1998): "*Patterns in the size structure of the phytoplankton community in the deep fluorescence maximum of the Alboran sea (southwestern Mediterranean)*". Deep Sea Research I, 45: 1577-1593.
- RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, M.; MORENO-OSTOS, E.; DE VICENTE, I.; CRUZ-PIZARRO, L. y RODRÍGUEZ DA SILVA, S. L. (2004): "*Thermal structure and energy budget in a small high mountain lake: La Caldera, Sierra Nevada, Spain*". New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 38: 879-894.
- RUEDA, F. J. y COWEN, F. A. (2005): "*Residence time of a freshwater embayment connected to a large lake*". Limnology and Oceanography, 50: 1638-1653.
- RUEDA, F. J.; MORENO-OSTOS, E. y ARMENGOL, J. (2006): "*The residence time of river water in reservoirs*". Ecological Modelling, 191: 260-274.
- ULANOWICZ, R. E. (ED.) (1981): "*Models of particle size spectra*". En, PLATT, T.; MANN, K. H. Y ULANOWICZ, R. E. (EDS.): "*Mathematical Models in Biological Oceanography*". Monographs on Oceanographic methodology, 7, pp: 72-79. The UNESCO Press, Paris.
- VAQUÉ, D.; AGUSTÍ, S. y DUARTE, C. M. (2004): "*Response of bacterial grazing rates to experimental manipulation of an Antarctic coastal nanoflagellate community*". Aquatic Microbial Ecology, 36: 41-52.
- VIDONDO, B.; PRAIRIE, Y. T.; BLANCO, J. M. y DUARTE, C. M. (1997): "*Some aspects of the analysis of size spectra in aquatic ecology*". Limnology and Oceanography, 42: 184-192.