

Valoración del efecto de la degradación ambiental sobre los macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del río Henares.

A. Alonso

Departamento de Ecología. Universidad de Alcalá, 28871. Alcalá de Henares. Madrid. España

➤ Recibido el 10 de enero de 2006, aceptado el 10 de enero de 2006.

El hombre emplea los ecosistemas fluviales como fuente de recursos y vía para la eliminación de desechos. Esto produce un empobrecimiento de la calidad del hábitat fluvial (Allan, 1995; Abel, 2000). Para poder evaluar los efectos de las perturbaciones humanas sobre el ecosistema fluvial (rectificación fluvial, vertidos de materia orgánica, regulación de caudales, etc.) se emplea la biovaloración, que es el procedimiento por el cual se cuantifica el efecto de una alteración en función de los cambios que ocasiona en la estructura de una comunidad. Una de las comunidades más empleadas es la de macroinvertebrados bentónicos, formada por aquellos invertebrados acuáticos que habitan en el lecho y que a lo largo de su ciclo de vida alcanzan un tamaño superior a 0,200 mm. El uso de esta comunidad se debe a varias propiedades: su elevada diversidad taxonómica, lo que le permite presentar un amplio espectro de respuestas a las perturbaciones humanas; su naturaleza sedentaria y los largos ciclos de vida de algunos grupos, que permiten el seguimiento espacial y temporal de las alteraciones; además su muestreo es sencillo y barato (García de Jalón y González del Tánago, 1986; Camargo, 1993; Allan, 1995; Alonso *et al.*, 2005). Esta comunidad juega un papel ecológico clave en tramos de cabecera, debido a que muchas especies emplean los restos vegetales como fuente de alimento, lo que permite el funcionamiento de otros niveles tróficos y de los tramos fluviales inferiores (Cummins, 1974; Vannote *et al.*, 1980).

En las últimas décadas se ha producido un incremento de las concentraciones de diferentes compuestos tóxicos en los ecosistemas fluviales, lo que ha ocasionado graves consecuencias para los mismos. Dos compuestos cuyas concentraciones han incrementado sustancialmente, son el amoníaco (NH_3) y el nitrito (NO_2^-). Aunque ambas aparecen de forma natural en los ríos como consecuencia de la descomposición biológica de la materia orgánica, diversas actividades humanas han incrementado sus concentraciones (vertidos industriales y urbanos, escorrentías procedentes de zonas agrícolas y ganaderas, vertidos procedentes de estaciones de tratamiento de aguas residuales y deposición de contaminantes atmosféricos) (Smith *et al.*, 1999). Debido a esto se ha incrementado el interés por el estudio de sus consecuencias en las comunidades acuáticas. No obstante, los estudios se han centrado en los efectos indirectos (alteraciones de la estructura trófica, fitotoxicidad, disminución del oxígeno disuelto, etc.), mientras que los efectos directos (toxicidad) sobre las comunidades acuáticas han sido menos estudiados.

Estos dos compuestos están relacionados por medio del ciclo del nitrógeno, siendo el nitrito una forma de oxidación intermedia entre el ión amonio (NH_4^+) y el nitrato (NO_3^-). El amoníaco se encuentra en una solución acuosa en un equilibrio químico, controlado principalmente por el pH y la temperatura del agua, con el ion amonio. La toxicidad del amonio para los organismos acuáticos se relaciona con la forma no ionizada (amoníaco), debido principalmente a su elevada solubilidad en lípidos, lo que facilita su paso a través de las membranas biológicas, causando daños en las superficies respiratorias. En el caso del nitrito, su toxicidad se debe principalmente a la gran capacidad de este compuesto para oxidar los pigmentos respiratorios de los animales acuáticos, lo que puede causar asfixia (Philips *et al.*, 2002; Jensen, 2003). A pesar de la importancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos no hay un criterio de calidad ambiental establecido para salvaguardar dicha comunidad de los efectos tóxicos del amoníaco y del nitrito.

La cabecera del río Henares (cuena del Tajo, provincia de Guadalajara) se ve afectada por procesos de degradación ambiental en forma de rectificaciones fluviales, eliminación de la vegetación riparia, incremento de las concentraciones de compuestos inorgánicos nitrogenados y vertidos de materia orgánica, lo que ocasiona un empobrecimiento de su calidad ecológica (Alonso *et al.* 2005) (**Fig. 1**). Los principales objetivos de esta Tesis Doctoral fueron: 1) valorar los efectos de la

degradación ambiental sobre las propiedades físico-químicas, la estructura física del hábitat fluvial y la estructura de la comunidad de macroinvertebrados; 2) valorar la toxicidad del amoníaco y el nitrito sobre los macroinvertebrados y 3) determinar criterios de calidad ambiental para salvaguardar una comunidad de macroinvertebrados de los efectos tóxicos del amoníaco y el nitrito.

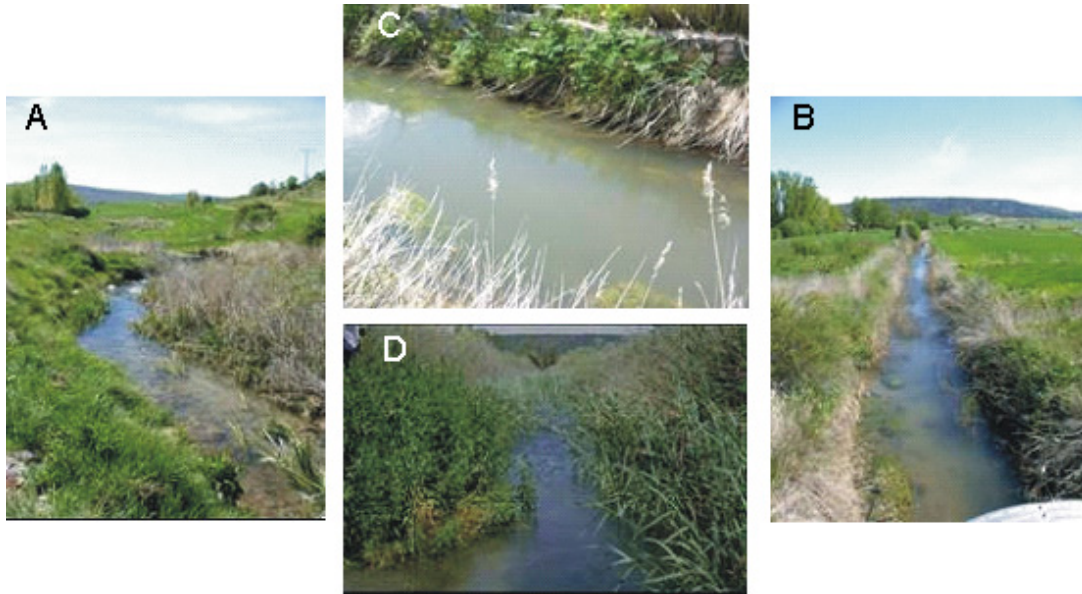


Figura 1. Algunos ejemplos de tramos fluviales de la cabecera del río Henares afectados por degradación ambiental. La fotografía A muestra un tramo sin vegetación riparia, la fotografía B un tramo afectado por contaminación orgánica y las fotografías C y D tramos rectificadas.

Para el primer objetivo se muestreó la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y las propiedades físico-químicas del agua y del hábitat físico fluvial a lo largo de un año hidrológico (2001-2002) en varios tramos de la cabecera del río Henares afectados por degradación ambiental. Los resultados indican que la eliminación de la vegetación riparia y/o la rectificación fluvial reducen la estabilidad térmica de la columna de agua e incrementan la frecuencia de sedimento mineral fino (menos de 2 mm) y de macrófitas acuáticas en el lecho fluvial. Además, la descomposición de la materia orgánica que se vierte al río reduce la concentración de oxígeno disuelto e incrementa la de amoníaco. Estos factores empobrecen la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, especialmente en los sitios más afectados por contaminación por materia orgánica.

Para el segundo objetivo se desarrollaron bioensayos de laboratorio con el fin de valorar la toxicidad del amoníaco y el nitrito sobre cuatro especies de macroinvertebrados: el caracol exótico *Potamopyrgus antipodarum*, la planaria *Polycelis felina* y los anfípodos *Eulimnogammarus toletanus* y *Echinogammarus echinosetosus*. Los resultados muestran una elevada tolerancia del caracol exótico a los efectos letales del amoníaco y el nitrito, mientras que los anfípodos fueron muy sensibles al nitrito y la planaria lo fue al amoníaco (**Fig. 2**). La alta tolerancia de *P. antipodarum* a estos compuestos podrían explicar en parte su capacidad para habitar zonas con contaminación intermedia por materia orgánica y enriquecimiento en nutrientes (Alonso y Camargo, 2003). En el caso de *P. felina* su alta sensibilidad al amoníaco podría hacer a esta especie una buena indicadora de este tipo de contaminación.

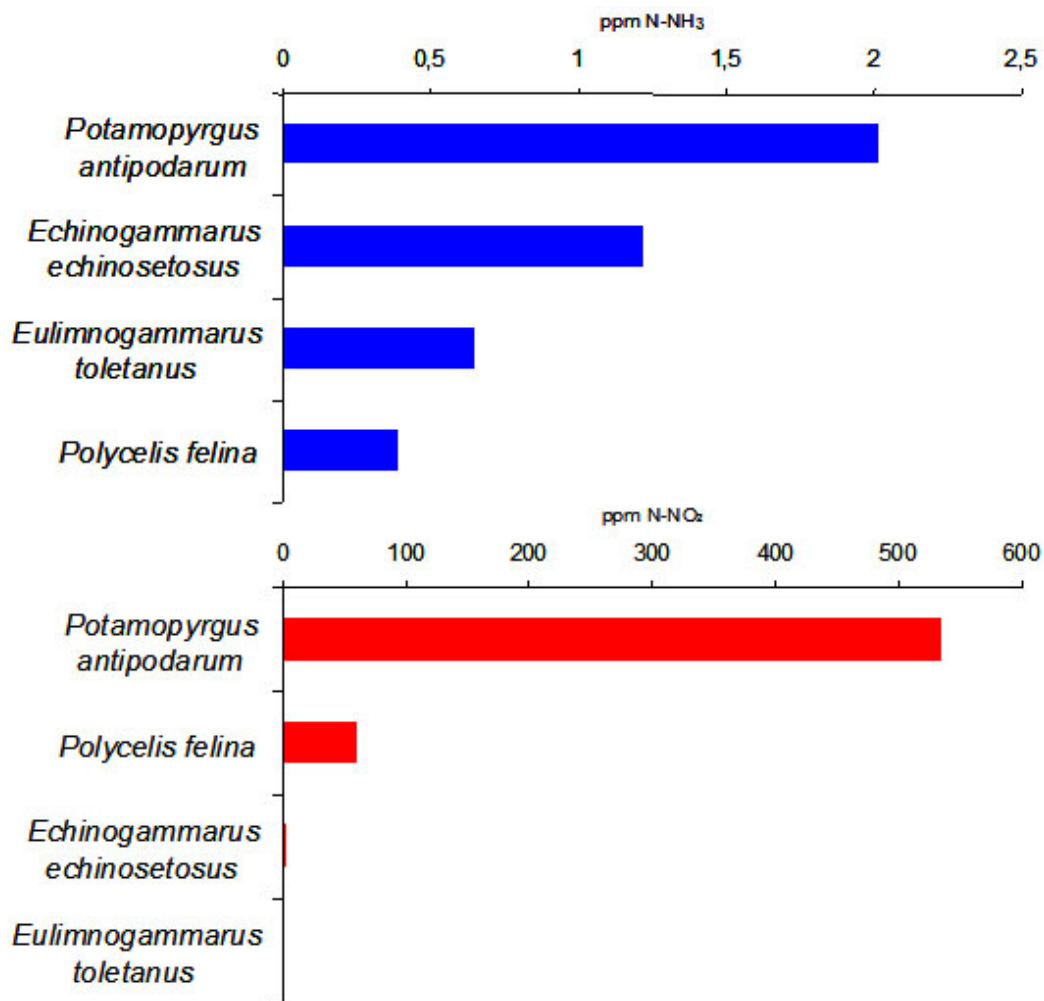


Figura 2. Concentraciones letales 50 (CL_{50}) a 96 horas para el amoníaco (azul) y nitrito (rojo) obtenidas para cuatro especies de macroinvertebrados del río Henares.

Con base en los resultados anteriores y en los datos disponibles en la bibliografía se realizó un modelo ecotoxicológico de extrapolación para determinar criterios de calidad ambiental para el nitrito y el amoníaco a corto plazo (exposición de 96 horas de duración), y para el amoníaco a largo plazo (exposición superior a 14 días). Para ello se empleó la distribución de sensibilidades de especies (*Species Sensitivity Distributions-SSD*) (Forbes y Calow, 2002). Gracias a estos modelos se puede determinar un criterio de calidad para una comunidad a partir de estudios de laboratorio, representando las sensibilidades de las diferentes especies que forman una comunidad para un tóxico frente al porcentaje acumulado de especies afectadas (**Fig. 3**). Para los datos a corto plazo se emplearon las concentraciones letales 50 a 96 horas, es decir concentraciones de tóxico que matan al 50% de la población de una determinada especie en condiciones de laboratorio tras 96 horas de exposición. A largo plazo se emplearon concentraciones obtenidas a partir de las concentraciones letales a corto plazo multiplicadas por factores de aplicación obtenidos a partir de estudios a largo plazo. Los resultados muestran que el amoníaco y el nitrito a corto plazo no suponen un riesgo ecotoxicológico para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de las zonas contaminadas de la cabecera del río Henares, no obstante la exposición al amoníaco a largo plazo supone un riesgo para dicha comunidad ya que las concentraciones de campo superaron este último criterio (**Fig. 4**).

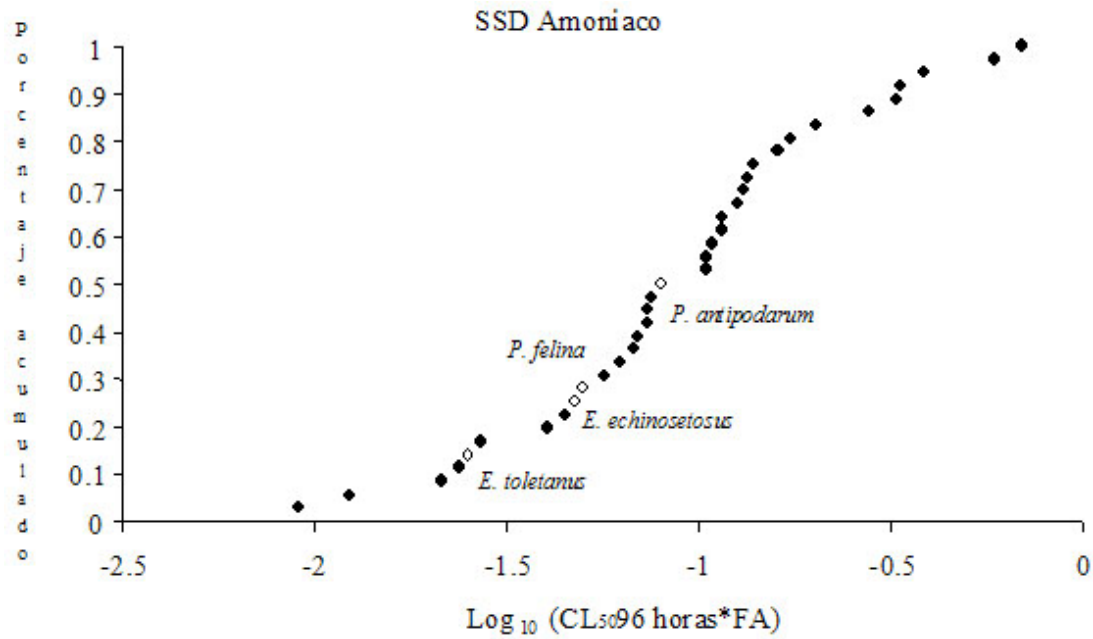


Figura 3. Distribución de sensibilidades de especies para el amoniaco a largo plazo para una comunidad de macroinvertebrados bentónicos. El eje X representa la concentración de amoniaco y el eje y representa el porcentaje acumulado de la comunidad en tanto por uno. Los puntos blancos muestran la sensibilidad para las cuatro especies de macroinvertebrados estudiadas.

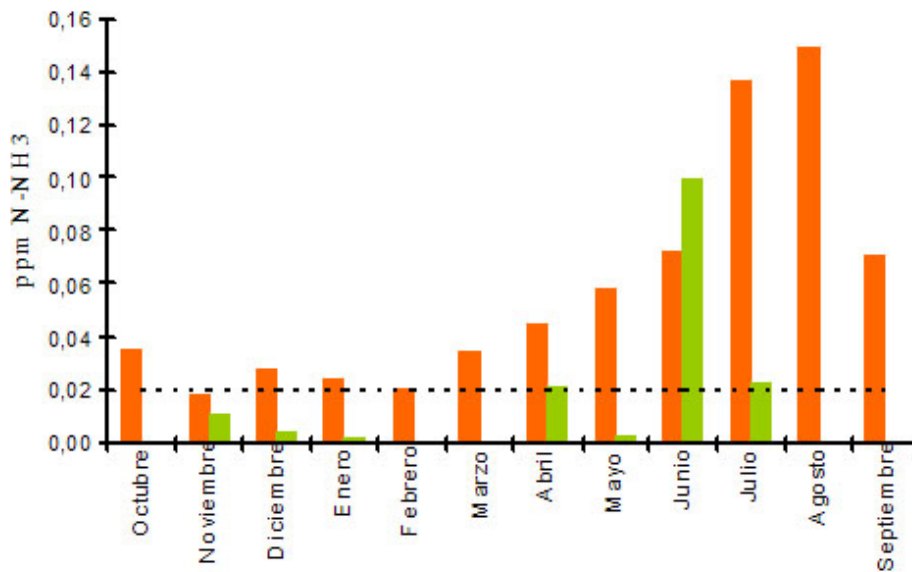


Figura 4. Concentraciones mensuales de amoniaco (ppm N-NH₃) medidas en dos tramos de la cabecera del río Henares afectados por contaminación por materia orgánica a lo largo de un año hidrológico (2001-2002). La línea discontinua muestra el criterio de calidad ambiental a largo plazo para el amoniaco desarrollado en esta Tesis. Se puede observar que las estaciones con un mayor riesgo ecotoxicológico para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos son la primavera y el verano.

Los resultados de esta Tesis y la revisión de los datos disponibles sobre la toxicidad del amoníaco para los macroinvertebrados de agua dulce indican que este grupo tiene una sensibilidad relativamente alta, lo que se manifiesta en un bajo valor del criterio de calidad ambiental a largo plazo. De tal forma que las concentraciones de amoníaco medidas en algunos tramos de cabecera del río Henares indican un riesgo ecotoxicológico para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. Además, la cabecera del río Henares muestra una elevada degradación ambiental que afecta a la calidad físico-química del agua y del hábitat físico fluvial, factores que empobrecen la comunidad de macroinvertebrados. Por tanto, es necesario tomar medidas encaminadas a la restauración de estos tramos y al correcto tratamiento de los vertidos de materia orgánica y nutrientes para mejorar su estado ecológico.

ÁLVARO ALONSO FERNÁNDEZ

Valoración de la degradación ambiental y efectos ecotoxicológicos sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del río henares

Tesis Doctoral

Universidad de Alcalá

Noviembre de 2005

Director: Dr. Julio A. Camargo Benjumeda

Referencias

Abel, P.D. 2000. *Water Pollution Biology*. 2nd Edition. Taylor & Francis Publishers, London.

Allan, J.D. 1995. *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters*. Chapman & Hall, London.

Alonso, A. y Camargo, J.A. 2003. Short-term toxicity of ammonia, nitrite, and nitrate to the aquatic snail *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 70: 1006-1012.

Alonso, A., de la Puente, M. y Camargo, J.A. 2005. Los invertebrados acuáticos del río Henares. *Quercus* 231: 16-22.

Camargo, J.A. 1993. Macrobenthic surveys as a valuable tool for assessing freshwater quality in the Iberian Peninsula. *Environmental Monitoring and Assessment* 24: 71-90.

Cummins, K.W. 1974. Structure and function of stream ecosystems. *Bioscience* 24: 631-641.

Forbes, V.E. y Calow, P. 2002. Species sensitivity distributions revisited: a critical appraisal. *Human and Ecological Risk Assessment* 8: 473-492.

García de Jalón, D. y González del Tánago, M. 1986. *Métodos Biológicos para el Estudio de la Calidad de las Aguas – Aplicación a la Cuenca del Duero*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza – Monografías 45. Madrid.

Jensen, F.B. 2003. Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals. *Comparative Biochemistry and Physiology* 135A: 9-24.

Philips, S., Laanbroek, H.J. y Verstraete, W. 2002. Origin, causes and effects of increased nitrite concentrations in aquatic environments. *Reviews in Environmental Science Biotechnology* 1: 115-141.

Smith, V.H., Tilman, G.D. y Nekola, J.C. 1999. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution* 100: 179-196.

Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. y Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.