



**Aspectos técnicos del Proyecto LIFE+ EUTROMED,
sobre prevención de la eutrofización provocada por
nitrógeno agrícola en las aguas superficiales en
clima mediterráneo**

Autor: Francisco Osorio Robles

Institución: Universidad de Granada

Otros autores: Chiara Pesciaroli (Universidad de Granada); Myriam Prieto (Diputación de Granada); Pedro Herrero (Paisajes del Sur); Valentín Contreras (Bonterra Ibérica); María V. Martínez-Toledo (Universidad de Granada); Jesús González (Universidad de Granada)

Resumen

La acumulación de nitratos en aguas superficiales es una de las causas de eutrofización, problema ambiental creciente objeto de atención preferente por la Directiva de Nitratos de la Unión Europea. En la provincia de Granada, la cuenca del Río Cubillas está designada como 'Zona vulnerable a la contaminación por nitratos de origen agrario'. Esta área se caracteriza por clima mediterráneo continentalizado, suelos pobres, topografía accidentada y cultivo del olivar. La combinación de estos factores acelera los procesos erosivos favoreciendo la formación de cárcavas, y provoca, en las aguas de escorrentía, el arrastre de nitratos procedentes de la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados.

Se quiere demostrar la eficacia de una tecnología para reducir la concentración de nitratos en el flujo superficial de agua a través de sistemas de detención del agua de escorrentía con barreras de vegetación (riparian buffers). Dichos sistemas se han reconocido muy efectivos para crear una zona de amortiguación entre las áreas agrícolas y los ecosistemas acuáticos, mitigando así los impactos derivados de la actividad agraria.

Se prevé la introducción de sistemas de fibras vegetales, que rompiendo las líneas de escorrentía del agua, actúan de filtro, reteniendo un alto porcentaje de nitratos del agua, así como buena parte de los sólidos arrastrados, minimizando los procesos erosivos y la pérdida de suelo fértil.

Los filtros vegetales fijan semillas o plantas, que utilizan estas estructuras como soporte y sustrato. Los filtros se anclan a la tierra y terminan incorporándose al suelo. El sistema elimina nitratos a través del crecimiento de vegetación nitrófila (tanto de forma natural como mediante el cultivo), el desarrollo de bacterias desnitrificantes asociadas a las raíces de las plantas y la detención en los filtros vegetales de sedimentos donde se ha podido fijar previamente nitratos, proceso que contribuye también a dar freno a la erosión.

Palabras claves: Eutrofización; Directiva de nitratos; Erosión; Barreras de vegetación; Prácticas agrarias

1.- INTRODUCCIÓN

La acumulación de nitratos en las aguas superficiales es una de las causas de eutrofización [1] constituye un problema ambiental y sanitario creciente en todo el mundo. Los principales problemas de contaminación de las aguas incluyen la pérdida de calidad, sedimentación, degradación para usos recreativos y la disminución de la salud de los ecosistemas acuáticos.

La acumulación de nitratos es atribuida principalmente a las inadecuadas prácticas agrícolas y ganaderas. Centrándonos en el ámbito agrícola, la fuente fundamental de este tipo de contaminación es la aplicación excesiva o inadecuada de fertilizantes nitrogenados minerales u orgánicos. Concentraciones de nitratos a partir de 25 mg/l advierten de un potencial problema de contaminación, mientras que valores superiores a 50 mg/l indican un agua seriamente contaminada y no válida para consumo humano. La naturaleza difusa de este tipo de contaminación hace que sea un problema difícil de solucionar.

La calidad de las aguas a **nivel europeo** es objeto de atención preferente por parte de las autoridades ambientales de la Unión Europea. La Directiva Marco de Aguas y la Directiva de Nitratos canalizan este interés a través de estrategias de prevención y control de la contaminación, dirigidas a garantizar el buen estado químico de estas aguas. Conviene recordar que la Directiva 91/676/CEE del Consejo relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura, tiene como objetivos generales reducir la contaminación causada o provocada por los nitratos de origen agrario y actuar preventivamente contra nuevas contaminaciones de dicha clase. Para ello obliga a los Estados miembros a declarar zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario, a elaborar códigos de buenas prácticas agrarias dirigidas a los agricultores, así como establecer programas de acción para las zonas declaradas vulnerables y programas de control para evaluar la eficacia de los anteriores.

En **Andalucía**, el Decreto 36/2008 designa las *Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario*, definiéndolas como aquellas superficies cuyas escorrentías o filtraciones con aportaciones de nitratos de origen orgánico pueden afectar a las aguas continentales. Por otro lado, la Orden de 18 de noviembre de 2008 aprueba el programa de actuación aplicable en las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias designadas en Andalucía. En la provincia de Granada, la cuenca del Río Cubillas vierte a la unidad de la Vega de Granada, la cual está designada como "Zona vulnerable". Las áreas de esta cuenca se caracterizan por el clima mediterráneo continentalizado, suelos pobres, topografía accidentada y con presencia de olivar como cultivo predominante. La combinación de estos factores (lluvias torrenciales, suelo poco consolidado, pendientes considerables, actividad agraria y baja cubierta vegetal) acelera los procesos erosivos en el suelo favoreciendo la formación de surcos y cárcavas, y provoca el arrastre de nitratos en las aguas de escorrentía procedentes de la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados.

Para verificar la existencia de un potencial problema de contaminación por nitratos en las aguas superficiales, a través del laboratorio de Medio Ambiente de la Diputación de Granada, se han realizado con fecha 11 de agosto de 2.010 análisis en 4 puntos del Río Cubillas en los que se han encontrado concentraciones de nitratos de 6, 14, 27 y 16 mg/l, concentraciones de N total de 63, 85, 45 y 39 mg/l, valores de 10 mg/l de DBO5 en los cuatro puntos y valores de DQO de 78, 236, 146 y 19 mg/l respectivamente.

Aguas subterráneas.

En ocasiones, los estudios referentes a la contaminación por nitratos de las masas de agua, se centran en las aguas subterráneas. La contaminación de las aguas subterráneas por nitratos representa un reflejo del problema de contaminación de las aguas superficiales, ya que una gran parte de éstas se infiltran en el suelo alcanzando los acuíferos subterráneos, arrastrando contaminantes como los nitratos. Por ello, es importante destacar los datos mostrados por determinados informes y estudios de concentración de nitratos en las masas de agua subterránea [2].

La contaminación del agua por nitratos plantea problemas a todos los países de la Comunidad Europea. El Informe del año 2010 de la Comisión al Consejo al Parlamento Europeo sobre aplicación de dicha Directiva, recoge que en el período comprendido entre 2004 y 2007, el 15% de las estaciones de control de la UE-27 registraron concentraciones medias de nitratos superiores a los 50 mg/l en las aguas subterráneas. Reconoce este informe en el punto 5 que la mayoría de los programas de acción incluyen las medidas exigidas; no obstante, algunos deben perfeccionarse para proteger suficientemente la calidad del agua contra la contaminación por nitrógeno". Por otro lado, aunque afirma "que la mayoría de los agricultores controlados cumplieron en muy alto grado las medidas de los programas de acción", indica, entre las dificultades para su aplicación, "la poca sensibilización de los agricultores, sobre todo en el caso de explotaciones pequeñas; dificultades para comprender las medidas de los programas de acción por falta de conocimientos de muchos agricultores".

En el Mapa de contenido en nitrato de las aguas subterráneas en España (ITGE, 1998) se describió una exposición global de la situación. Para los puntos muestreados en el conjunto de España, los resultados muestran que un 21% del total superan el nivel de los 50 mg/l, siendo las cuencas hidrográficas del Guadalquivir y del Júcar donde se ubican el mayor número de unidades contaminadas. En 2007, Fernández, del ITGE, actualiza estos datos y señala que ese porcentaje había pasado del 21 al 24,7 % [3].

Para las cuencas del Guadalquivir y Guadalete-Barbate, se recoge que casi un 19% de los puntos muestreados excedían el umbral de potabilidad (8,8% >50 mg/l y 8,8% >100 mg/l).

2.- DESARROLLO

El propósito del proyecto LIFE+ EUTROMED es demostrar, a través de una experiencia piloto, la eficacia de una tecnología para reducir la concentración de nitratos en el flujo superficial de agua en tierras agrícolas con clima mediterráneo.

Se trata de aplicar medidas estructurales que actúen principalmente a nivel correctivo, reteniendo buena parte de los nitratos arrastrados por las aguas de escorrentía procedentes de las actividades agrícolas, evitando así que alcancen las aguas superficiales.

Además, necesariamente, el proyecto se complementa con el establecimiento de acuerdos voluntarios con los propietarios de las explotaciones agrarias para la adopción de un conjunto de medidas que actúen a nivel preventivo. Con esta combinación de medidas correctivas y preventivas en relación con la contaminación por nitratos, el proyecto alcanza una convergencia entre los objetivos de la política europea y los intereses económicos de los agricultores a nivel individual, en la línea de los principios básicos de la Custodia del Territorio [4].

La **tecnología a utilizar** se basa en la introducción de sistemas prefabricados a base de fibras vegetales (esparto y paja), que rompiendo las líneas de escorrentía del agua en la ladera, actúan de filtro, reteniendo en un alto porcentaje los nitratos del agua que los atraviesa, así como buena parte de los sólidos arrastrados, minimizando así los procesos erosivos y la pérdida de suelo fértil. Constituyen, además, el soporte y el refuerzo necesario de la vegetación para ámbitos semiáridos como los que nos encontramos.

Los filtros vegetales fijan entre sus intersticios las partículas de suelo y las semillas o plantas, las cuales utilizan estas estructuras como soporte y sustrato a la vez. Los filtros se entrecosen y se anclan a la tierra, formando todo ello una sistema estable y ecológico, que finalmente termina incorporándose al suelo. El sistema es capaz de eliminar nitratos de las aguas de escorrentía por tres mecanismos. El **crecimiento de vegetación nitrófila** sobre estos sistemas (tanto de forma natural como mediante el cultivo), aumenta consiguientemente la capacidad de asimilación de nitratos. Asimismo, el **desarrollo de bacterias desnitrificantes** asociadas a las raíces de las plantas, favorece el proceso de desnitrificación (reducción de los nitratos a nitrógeno gas). Una tercera vía de eliminación de nitrógeno, relacionada con el freno de la erosión, es a través de los **sedimentos** que quedan **retenidos** en los filtros vegetales, donde se han podido fijar previamente estos compuestos.

Según Yuan et al. (2009), en los últimos años ha ido creciendo el reconocimiento de la importancia de los sistemas de detención de agua de escorrentía con barreras de vegetación (en inglés *buffers*) como zona de amortiguación entre las áreas agrícolas y las masas de agua. Los *riparian buffers* juegan un importante papel en la mitigación de los impactos derivados de la actividad agraria sobre la calidad de los ecosistemas acuáticos. Aunque la capacidad para retener contaminantes y sedimentos es específica del terreno y de la vegetación, hay otros muchos factores que influyen en su eficiencia. El ancho del sistema de retención es importante en la filtración de la escorrentía agrícola y los sistemas más anchos tienden a atrapar más sedimentos; la eficiencia en la retención también se ve afectada por la pendiente. Sin embargo, globalmente la eficiencia en la

retención de sedimentos no varía en función del tipo de vegetación; así, *buffers* herbáceos y *buffers* forestales tienen prácticamente la misma eficiencia de retención [5]. En relación con la eficiencia en la eliminación de nutrientes, la experiencia de “Franjas Amortiguadoras con Barreras de Vegetación” en flujos superficiales, es decir, el mismo modelo que proponemos en el proyecto, nos muestra que una anchura de 0,7 m de tratamiento es altamente eficaz, eliminando el 50% de los nutrientes del agua de escorrentía medidos en el borde del área. De media, el 70% de N orgánico, 54% de NO₃-N, 50% de NH₄-N, 65% de P particulado, y 60% de PO₄-P fueron eliminados por un *buffer* de 0,7 m. Con 8 m, el sistema elimina 92% de N orgánico, 94% de P particulado, 73% de NO₃-N, 91% de NH₄-N, y 89% de PO₄-P [6].

En función de las características del terreno donde se van a implantar, los filtros vegetales pueden tener diversas formas (mantas, colchones y fajas) de dimensiones varias.

Para acelerar el desarrollo de vegetación en estos sistemas y mejorar por tanto su capacidad de retención, se puede llevar a cabo el cultivo de plantas autóctonas que cumplan las siguientes características:

- Plantas nitrófilas, con buena capacidad para fijar los restos de fertilizantes.
- Plantas con buena capacidad para desarrollarse en las condiciones requeridas: desarrollo rápido y buena capacidad de propagación, pero no tanto como para convertirse en una posible plaga para el olivar. (Como sería el caso de gramíneas tipo *Piptatherum*).
- Plantas con abundantes raíces secundarias que puedan actuar como filtro y fijar sólidos pero que no tengan una potencia de raíz tal que se puedan convertir en competencia para los cultivos.
- Disponibilidad en vivero.

Como ejemplo de plantas se pueden citar las siguientes: *Lavandula latifolia*, *Rosmarinum officinalis*, *Santolina chamaecyparissus*, *Thymus mastichina* y *Thymus zyggis*.

Se trata de un método que combina técnicas con resultados de desnitrificación demostrados por las investigaciones con la adopción de buenas prácticas agrícolas para combatir la erosión de tierras agrícolas (prácticas correctivas) y para optimizar el uso de fertilizantes nitrogenados (prácticas preventivas). La estandarización y optimización de modelos de filtros vegetales para eliminar nitratos en zonas con clima mediterráneo, en las que los cultivos se extienden en laderas de grandes pendientes, sin cubierta vegetal y con suelos pobres donde se dan importantes flujos de escorrentía superficial, es una innovación. A nivel práctico, los métodos propuestos para implantar el sistema y las guías prácticas dirigidas a los grupos objetivo, pueden ser considerados, asimismo, como innovadores.

3.- CONCLUSIONES

En definitiva, mediante el desarrollo del presente proyecto, se pretenden alcanzar las siguientes metas:

- Diseño, aplicación y difusión de la implantación de una metodología para la disminución de la contaminación por nutrientes, nitratos y fosfatos principalmente, en el cauce de los ríos mediterráneos de Andalucía Oriental.
- En el área objeto de estudio, los suelos agrícolas presentan una relación $N_{total}/Materia\ orgánica$ de 0,1. El cultivo predominante es el olivar, la precipitación media anual es de $600\ l/m^2$, y las pendientes máximas del terreno están del orden del 25%. Con estas premisas, podemos estimar una pérdida natural de nitrógeno por escorrentía en el suelo de 5-10 kg $N_{total}/Hectárea/año$ [7]. Mediante la metodología diseñada, atribuible a la tecnología buffer aplicada, se tienen los siguientes resultados de efectividad esperada: 70% de Nitrato y 50% de N_{total} (nitrógeno total), 50% en DBO_5 (Demanda Bioquímica de oxígeno); 70% en SS (sólidos en suspensión), 50% en DQO (Demanda química de oxígeno) y 30% en P_{total} (fósforo total), parámetros que una vez ejecutado el Proyecto proveerán información valiosa sobre la protección alcanzada en las áreas vulnerables.
- Valorización de productos o subproductos vegetales obtenidos de la actividad agrícola, forestal, silvicultura, etc., para la realización de filtros vegetales para la retención del exceso de nutrientes presentes en algunos cursos de aguas naturales.
- Contribuir a la mejora de la calidad de las aguas superficiales mediante la aplicación de sistemas de tratamiento naturales, no invasivos y de fácil manejo.
- Cumplir con lo establecido en la Directiva Marco del agua (DMA), que establece como objetivo proteger las masas de aguas superficiales para lograr un buen potencial ecológico y un buen estado de las mismas.
- Un método transparente para el análisis del coste-beneficio de la aplicación de la tecnología buffer propuesta (expresados los beneficios alcanzados como reducción de nitrógeno en el agua en €/kg, así como en términos de incremento de producción de biomasa, que se estima en 25 tons/año por cada 5 hectáreas tratadas).

4.- BIBLIOGRAFÍA

- [1] Carpenter, S. et al. (1998) Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Issues in Ecology* 3, Ecological Society of America.
- [2] Gómez, M.A., Hontoria, E. and González-López, J. (2002) Effect of dissolved oxygen concentration on nitrate removal from groundwater using a denitrifying submerged filter. *Journal of Hazardous Materials*, 90, 267-270.
- [3] Fernández, Loreto (2007). Los nitratos y las aguas subterráneas en España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (15.3) 257-265.
- [4] Basora Roca, X.; Sabaté I Rotés, X. et al. (2006). Custodia del territorio en la práctica. Manual de introducción a una nueva estrategia participativa de conservación de la naturaleza y el paisaje. Fundación Territori i Paisatge - Obra Social Caixa Catalunya, Xarxa de Custòdia del Territori.
- [5] Yuan et al. (2009) A Review of effectiveness of vegetative buffers on sediment trapping in agricultural areas. *Ecohydrol.* 2, 321–336.
- [6] Blanco-Canqui H, Gantzer, CJ and Anderson SH (2006) Performance of Grass Barriers and Filter Strips under Interrill and Concentrated Flow. *J. Environ. Qual.* 35:1969–1974.
- [7] Ferrer A., Mochón I., De Oña J. and Osorio F. (2011). Evolution of the Soil and Vegetation Cover on Road Embankments after the Application of Sewage Sludge. *Water, Air and Soil Pollution* 214: 231-240.