

ESTUDIOS REALIZADOS EN RIEGOS DEL ALTO ARAGÓN

FARIDA DECHMI, DANIEL ISIDORO, MARIA BALCELLS, IGNACIO CLAVERÍA, AHMED SKHIRI Y YOLANDA GIMENO
 Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC). Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA-DGA). Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza (España).
 fdechmi@aragon.es; www.cita-aragon.es

Riegos de Alto Aragón. Avenida Ramón y Cajal nº 96, 22006 Huesca (España).
 yjimeno@cg-riegosaltoaragon.es; www.riegosdelaltoaragon.es

INTRODUCCIÓN

La preocupación sobre la calidad de las aguas se refleja en distintas directivas europeas como la de nitratos (91/676/CEE), la de control y prevención integrado de la contaminación (96/61/EC) o la Directiva marco del agua (2000/60/EC). La **Directiva Marco del Agua** (EU, 2000) tiene como principal objetivo alcanzar unos estándares de calidad de las aguas de la Unión Europea en el año 2015, así como asegurar unos volúmenes que permitan el mantenimiento de los ecosistemas. Los primeros informes de la Directiva Marco indican que la **eutrofización** es el problema más importante en todo el territorio europeo y que la actividad agrícola es el principal contribuyente a la pérdida de nutrientes (N, P). Este estado de la calidad del agua puede exigir una **reducción drástica de las pérdidas de nutrientes en los sistemas agrícolas** que puede tener repercusiones sobre la sostenibilidad económica y ambiental del regadío a largo plazo. Entre sus requisitos, la Directiva Marco del Agua exige a los estados miembros establecer un **programa de medidas de control** para fuentes difusas de contaminación, entre los que se encuentran los vertidos difusos provenientes de la **agricultura de regadío**.

A nivel nacional, las Confederaciones Hidrográficas, responsables del control de la calidad de las aguas, han implementado **redes de análisis de calidad en los principales ríos de sus cuencas** (CHE, 2009). Para cumplir con las exigencias de la Directiva Marco de Agua, la **Comunidad General de Riegos del Alto Aragón** (RAA) realizó un **seguimiento de la calidad de las aguas superficiales** dentro de su red de drenaje durante las estaciones de riego de 2005 y 2006. Esa primera base de datos sobre la cantidad y la calidad del agua de los retornos de riego sirvió

de base para iniciar en el año 2007 el desarrollo de una red de control detallado de las concentraciones y masas exportadas (nitratos, fosfatos y salinidad) por la red de drenaje de la RAA, dentro de los proyectos «Control de la calidad medioambiental de los retornos de riego en la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón» y «Evaluación y medidas de control de fuentes difusas de contaminación del agua para la sostenibilidad económica y ambiental de los sistemas agrícolas de regadío en Aragón». Ambos proyectos son financiados por la CAIXA en concepto de ayuda a las actividades de I+D, y RAA a través principalmente la construcción de los aforos requeridos, y que representan la inversión más importante de los dos proyectos.

RED DE CONTROL DE LOS DRENAJES DE RAA

Consiste en 18 puntos ubicados como muestra la Figura 1. Sin embargo, el análisis de los datos de la red de la RAA se centra en 15 puntos de muestreo que tienen valores medidos de calidad de agua. Los datos analizados son caudal en el momento de la toma de muestra, pH, conductividad eléctrica (CE), los principales iones disueltos, fosfato (PO_4^{3-}), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amonio (NH_4^+). El análisis de los datos de la dicha red indicó que la salinidad (CE), nitratos, amonio, fosfatos son los contaminantes más relevantes en las aguas superficiales de la zona (Dechmi y col., 2008). El 74 % de los desagües de la red de mediciones de RAA presenta concentraciones de PO_4 que superan el valor límite de 0,30 mg/L PO_4 . En cuanto al nitrato, en ninguna base de datos analizada se han registrado valores superiores a los 50 mg/L (límite máximo admisible) pero sí son frecuentes valores altos y superiores al nivel guía de 25 mg/L.

RED DE CONTROL DETALLADO

Consiste principalmente en el seguimiento de la calidad de las aguas de drenaje en 6 puntos de la red de control de RAA ya designada, y ubicados dentro de la cuenca hidrográfica del río Alcanadre (Fig. 1). El trabajo comenzó en octubre de 2007 con tres objetivos específicos: (1) el seguimiento global de la calidad del agua de los retornos de riego y determinación de masas exportada de sales, nitrógeno y fósforo; (2) la realización del balance de masas en una cuenca o dos que permitirá identificar las fuentes principales de contaminación agraria; y (3) la calibración de un modelo medioambiental que permitiría un mejor conocimiento de los procesos que gobiernan la contaminación difusa en condiciones locales de los regadíos en Aragón.

A continuación, se presenta principalmente los aspectos metodológicos donde se detallan las ubicaciones de los puntos de control de aforo y calidad de agua en cada cuenca, los parámetros hidroquímicos analizados, la periodicidad en la toma de muestras así como todas las tareas que se están realizando para llevar a cabo los objetivos planteados en estos dos proyectos.

METODOLOGÍA APLICADA

Los 6 puntos de control corresponden a los puntos de drenaje denominados P4, P5, P7, P9, P10 y P11 (Fig. 1) con superficies regadas en sus cuencas de drenaje de entre 1.700 y 4.500 ha. La brigada de RAA instaló cuatro (04) estaciones de control (Fig. 2) y

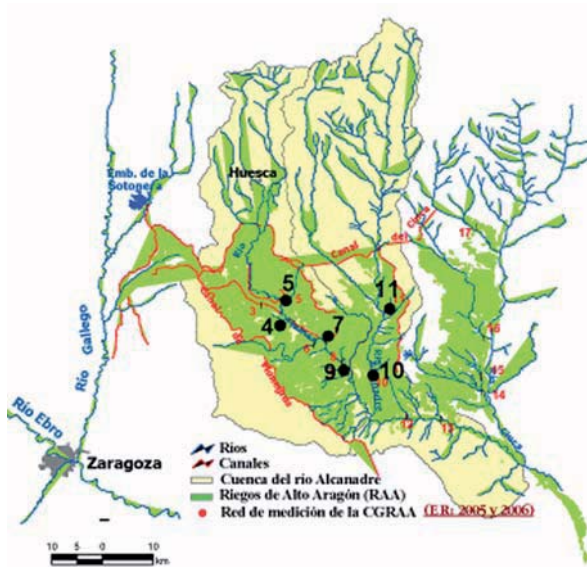


Figura 1. Ubicación de los puntos de la red de control de la calidad del agua de drenaje de la comunidad General de Riegos de Alto Aragón. Los puntos marcados en negro pertenecen a la red de control detallado.

pequeñas casetas, para albergar los equipos de registro de alturas y de muestreo automático en su caso (Fig. 3), en los puntos de drenaje denominados P4, P5, P9 y P11. Las dos otras estaciones de aforo se realizarán a lo largo del 2011. Los puntos denominados P11 (periodo I: 2007-2011) y P4 (periodo II: 2009-2011)



Figura 2. Fotos de las estaciones de aforo construidas por la brigada de la Comunidad General de Riegos de Alto Aragón en los puntos de control P9, P5 y P11.



Figura 3. Equipos de (a) medición del caudal (Thalimedes), (b) toma de muestras de agua automático y (c) labores de recogida de las muestras de agua.

han sido elegidos para llevar a cabo los objetivos 1, 2 y 3 mientras que en el resto de los puntos, se está realizando solo las tareas del objetivo 1 durante el periodo I (P5 y P9) y el periodo II (P7 y P10).

Medida de caudal, toma de muestras de agua y suelos, y encuestas a agricultores

En el P11 y a partir de la instalación de los equipos de medida, se han tomado muestras de agua y se ha medido el caudal con una frecuencia diaria. En P5 y P9 y para el año hidrológico 2008, se han tomado muestras de agua y se ha medido el caudal con periodicidad mensual o quincenal. Mientras que para el resto del periodo, se ha cambiado la frecuencia de la medición del caudal (frecuencia diaria) y se ha mantenido la del muestreo del agua. En el resto de los puntos (P4, P7 y P10) y a partir de octubre 2009, se han tomado muestras de agua y se ha medido el caudal con periodicidad mensual o quincenal. Además, se ha llevado a cabo un muestreo de suelo en las cuencas que drenan en el P5, P9 y P11 para determinar las características hídricas y físico-químicas de los suelos de la zona de estudio.

En todas las muestras de agua se analizó en el laboratorio los elementos contaminantes con mayor

incidencia en la eutrofización de las aguas superficiales: nitrógeno (N) y fósforo (P); así como la conductividad eléctrica (CE). En algunas muestras se efectuaron análisis iónicos completos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} y HCO_3^-) y también sólidos en suspensión (SS) y sólidos disueltos totales (SDT). En cuanto a los suelos, se determinaron en el laboratorio la capacidad de campo, punto de marchites, textura, humedad y P Olsen.

Por otra parte, se llevó a cabo 195 encuestas de fertilización y prácticas de abonado durante las dos campañas 2008 y 2009. El objetivo fue establecer las dosis y fechas de los tratamientos fitosanitarios de cada cultivo y las prácticas de fertilización realizadas. Junto a esta información, se ha determinado el volumen de riego medio, el intervalo medio entre riegos para cada cultivo y el rendimiento medio, datos necesarios para calibrar el modelo (Objetivo 3).

Masa exportada y balance de agua, sales y nutrientes

Las masas de sales (MS), nitrato (MN) y fósforo (MP) a la salida del sistema, se estiman como el producto entre los volúmenes de agua diarios y las concentraciones respectivas en el punto P11. Dado que

las concentraciones en los otros puntos no se midieron diariamente sino cada mes, para la estimación de las masas de sales, nitrato y fósforo se consideraran los caudales medios mensuales.

Para la cuenca del P11, el balance hídrico ha sido calculado para el periodo octubre 2007 - septiembre 2009 considerando las principales entradas y salidas de agua que se muestran en la ecuación siguiente:

$$\Delta A = (P + R + LF + AR) - (ET + DS + PEA) \quad [1]$$

Donde ΔA es el error del balance de agua, las entradas del balance son los volúmenes de agua de las precipitaciones (P), del riego (R), del lavado del filtro (LF) de la estación de bombeo de agua situada dentro de la cuenca y las aguas residuales (AR); y las salidas son los volúmenes de agua de la evapotranspiración del cultivo (ET), el drenaje superficial a través del arroyo del Reguero (DS) y las pérdidas por evaporación y arrastre (PEA).

Para calcular el balance de masas de sales y nutrientes (N y P), se determinó el valor de concentración de sales, N y P de cada uno de los componentes del balance de agua excepto la ET y la PEA que se consideraron libres de estos elementos. El producto entre concentraciones y volúmenes de agua es la masa asignada a cada componente. También, se tuvo en cuenta en el cálculo del balance de N y P las entradas por vía de la fertilización mineral (NFM y PFM) y orgánica (NFO y PFO) determinadas mediante encuestas y las salidas por vía de extracción de los cultivos (NE y PE). El incremento de las masas de sales (ΔS), nitrógeno (ΔN) y fósforo (ΔP) en el sistema se calcularon como sigue:

$$\Delta S = (SP + SR + SLF + SAR) - (SDS) \quad [2]$$

$$\Delta N = (NP + NR + NLF + NAR + NFM + NFO) - (NDS + NE) \quad [3]$$

$$\Delta P = (PP + PR + PLF + PAR + PFM + PFO) - (PDS + PE) \quad [4]$$

BIBLIOGRAFIA

Dechmi, F., Isidoro, D., Gimeno, Y., 2008. "Calidad del agua de los retornos de riego en la comunidad general de riegos del alto Aragón". Actas del XXIV Congreso Nacional de Riegos y Drenaje, Huesca (España). Asociación Española de Riegos y Drenajes (AERYD). 65-66.

Skhiri A., Dechmi, F., Clavería, I., 2009. Calidad de aguas de los flujos de retorno de riego de la cuenca del arroyo del reguero. Actas del XXV Congreso Nacional de Riegos y Drenaje, Murcia, 16-18 de junio de 2009. Asociación Española de Riegos y Drenajes (AERYD).

European Union (EU), 2000. Directive 2000/60 of the Parliament and of the council establishing a framework for community action in the field of water pollution. Official Journal. L 330: 32-54 pp.

Elección y calibración de un modelo hidrológico

Se ha seleccionado el modelo hidrológico de cuenca SWAT (Soil and Water Assessment Tool). La calibración y la validación del modelo se llevarán a cabo con los datos registrados en el P11 durante los tres primeros años del proyecto. Al final de esta tarea se dispondrá de una herramienta que permitirá: (a) una reducción de los costes de investigación relacionada con la calidad medioambiental de los flujos de retorno de riego; (b) avanzar en el conocimiento de la dinámica de los flujos de retornos de riego y sus relaciones con las características físicas y de manejo agronómico y (c) identificar las prácticas agrarias sostenibles.

RESUMEN RESULTADOS OBTENIDOS (CAMPAÑA DE RIEGO DE 2008 Y 2009)

El seguimiento realizado en los puntos controlados durante las campañas de riego del año 2008 y 2009 (P5, P9 y P11) mostró que la calidad del agua presenta una alta variabilidad entre cuencas que es debida a las características particulares y de manejo en cada una de ellas. En el punto de control P11 que drena una zona de riego por aspersión y donde predomina el cultivo de maíz, se han registrado valores de concentración de nitrato superiores a los 50 mg/L, mientras que en los otros dos puntos (P5 y P9) que drenan zonas regadas por superficie, la concentración de nitrato nunca ha alcanzado el valor máximo admisible (50 mg/L). La concentración de nitrato ha superado el valor guía (25 mg/L) en todas las muestras recogidas en el P9 y solo tres veces en el P5 durante 2008. En cuanto al fósforo, se observó que casi todas las aguas que circulan por el desagüe P11 presentan valores altos y superiores al umbral de riesgo de eutrofización de 0,02 mg/L (Skhiri y col, 2009).