



Efecto de los elementos lineales del paisaje sobre la generación y conectividad de la escorrentía: evaluación de dos escenarios en un agro-ecosistema del Prepirineo oscense

Teresa López-Montero^{*}, Manuel López-Vicente, Ana Navas

Departamento de Suelo y Agua, Estación Experimental de Aula Dei, EEAD-CSIC. Avda. Montañana 1005, 50059 Zaragoza

^{*} Correo electrónico: teresa.lopez@eead.csic.es; Teléfono: 976-71-61-61

RESUMEN

Los principales agentes de la erosión del suelo son el impacto de las gotas de lluvia y la escorrentía, siendo la acumulación de las partículas desagregadas en lagos y embalses una de sus consecuencias negativas. Sin embargo, el papel que juegan los elementos lineales del paisaje (ELP: caminos asfaltados y de tierra, terrazas de cultivo, muros elevados, franjas de vegetación densa, acequias de riego y colectores, pequeños asentamientos) sobre la redistribución espacial de la escorrentía es un aspecto no resuelto en su totalidad y cuyo estudio resulta de interés, especialmente en la aplicación de modelos de predicción. En este trabajo, aplicamos el modelo hidrológico DR2 en un agro-ecosistema de secano de tamaño medio (246 ha) del Prepirineo oscense, bajo dos escenarios de ELP: el actual y otro con nuevos ELP acorde a la nueva PAC para proteger los cultivos y los lagos del área de estudio. Los resultados muestran que a escala anual, la escorrentía que llega a los cultivos y lagos se reduce en un 46% de la superficie que se pretende proteger y con una efectividad promedio del 80 y del 48% para los cultivos y vegetación de ribera, respectivamente, allí donde se ha observado esta reducción. Por lo tanto, los nuevos ELP ejercen un papel efectivo de protección del suelo frente a los procesos de desagregación y transporte por escorrentía que actualmente se observan en el área de estudio y su creación resulta de interés para la protección de otras áreas afectadas por procesos de intensa erosión.

Palabras clave: Escorrentía superficial; modelo hidrológico DR2; Elementos lineales del paisaje; Prepirineo oscense; agro-ecosistema

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, un número creciente de trabajos han abordado el papel de la conectividad hidrológica dentro de las cuencas, en el contexto de la redistribución espacial y almacenamiento temporal de las partículas de suelo erosionadas y removilizadas (Lexartza-Artza y Wainwright 2009). Las infraestructuras humanas y otros elementos lineales del paisaje (ELP) naturales juegan un papel determinante en los procesos de conectividad (Meerkerk et al. 2009) y son cada vez más los modelos de predicción que incluyen estos elementos en el cálculo de sus tasas e índices (Borselli et al. 2008). En ambientes mediterráneos los ELP más frecuentes son los caminos asfaltados y pistas de tierra, las paredes de los cultivos en terraza, los muros de piedra elevados, las acequias de riego y los colectores de aguas sobrantes, así como pequeñas construcciones, y franjas de vegetación densa que delimitan y separan diferentes campos de cultivo.

En este trabajo, aplicamos el modelo hidrológico DR2, validado en un trabajo anterior, con el objetivo de evaluar el impacto de los ELP sobre el volumen de escorrentía, y en

consecuencia erosión y transporte potenciales, que afecta a los campos de cultivo y lagos situados en la parte baja de la Cuenca de los Lagos de Estaña (Prepirineo oscense). Los nuevos ELP corresponden a la propuesta incluida en la nueva Política Agrícola Común (CAP) de la UE de conversión de tierras de cultivo en nuevas áreas verdes. El interés de este trabajo estriba en la evaluación anticipada de la aplicación de la nueva PAC, en concreto de la creación de las nuevas áreas verdes, sobre los procesos de generación y acumulación de escorrentía superficial, y en consecuencia del riesgo de erosión del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo hidrológico DR2 (*Distributed Rainfall-Runoff*) es un modelo de balance hídrico de base física, recientemente publicado (López-Vicente y Navas 2012), que calcula el volumen de agua almacenada en el suelo (W_{aa} , mm), y el volumen de escorrentía superficial (CQ_{eff} , mm). Este modelo simula cinco escenarios diferentes en función de la intensidad y precipitación mensual, de las propiedades físicas del suelo, y del área contributiva por unidad de celda. En un primer paso, el modelo calcula el tiempo y volumen de lluvia necesarios para saturar el horizonte superior en cada tipo de suelo y para un evento promedio de cada mes del año. En un segundo paso, predice la escorrentía generada por píxel (Q_0 , mm) en el tiempo restante del evento de lluvia y considerando el número de eventos en cada mes. En el tercer paso, se modeliza el volumen de escorrentía acumulada efectiva (CQ_{eff} , mm) incluyendo: i) la infiltración, ii) el efecto de los elementos lineales del paisaje sobre la conectividad de la escorrentía, y iii) el volumen del agua retenida por la micro-topografía o rugosidad del terreno.

El área de estudio es la Cuenca de los Lagos de Estaña (42° 1' 46" N; 0° 31' 42" E; 246 ha), situada en el Prepirineo oscense, en la Cuenca del río Ebro. El área seleccionada es un sistema endorreico kárstico que incluye tres lagos permanentes de agua dulce (17,3 ha), rodeados de una vegetación de ribera, que se encuentran bajo protección por el Gobierno de Aragón desde 1997, forman parte del Inventario de Humedales Singulares de Aragón (BOA 2010) y se incluyen en la red NATURA2000 de la Unión Europea como lugar de interés comunitario (LIC). Con una elevación que oscila entre los 676 y los 896 m s.n.m., presenta una pendiente media del 19,5%. Veintiún subtipos de suelo aparecen sobre materiales de Facies Keüper y Muschelkalk, y depósitos coluviales, aluviales, de relleno de valle de fondo plano y de dolina, que se agrupan en seis tipos de suelo: Calcisoles, Leptosoles y Regosoles, y en menor medida Gleysoles, Gypsisoles y Vertisoles.

Esta zona tiene una larga historia de ocupación humana (desde el siglo X), prácticas agrícolas y gestión del agua. Los cultivos de cereal de invierno de secano, así como pequeños pastos y olivares y almendros, cubren el 31% de la superficie total. El resto está cubierto por vegetación arbórea de quejigos, encinas y coscojas, así como arbustos y un pequeño pinar. El clima es Mediterráneo continental con dos periodos húmedos, en primavera y otoño, y un verano seco con episodios de alta intensidad ($I_{30máx} > 30 \text{ mm h}^{-1}$ entre Mayo y Octubre). La precipitación promedio anual para el periodo 1997–2011 fue de 454 mm, lo que supone un claro déficit frente a una tasa de ET_0 de 1227 mm. Estudios previos realizados en esta zona ponen de relieve la presencia de procesos de erosión activa que afectan principalmente a los suelos cultivados y áreas de fuerte pendiente y suelos no cultivados con escasa cubierta vegetal (López-Vicente y Navas 2010; Gaspar et al. 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante ocho meses, de Noviembre a Junio, aparecen áreas sin producción de escorrentía, ($Q_0 = 0$), debido a los bajos valores de intensidad de la precipitación, dando lugar a bajos valores de escorrentía efectiva para el conjunto de la cuenca hidrológica. Mientras que en el periodo de Julio a Octubre, con episodios de lluvias de alta intensidad, la producción de

escorrentía es alta. En la Figura 1.a se observa el patrón espacial de la escorrentía anual bajo el escenario actual definido por la topografía y los ELP. Estos últimos cubren una superficie de 9,9 ha y producen numerosas interrupciones en las principales líneas de drenaje.

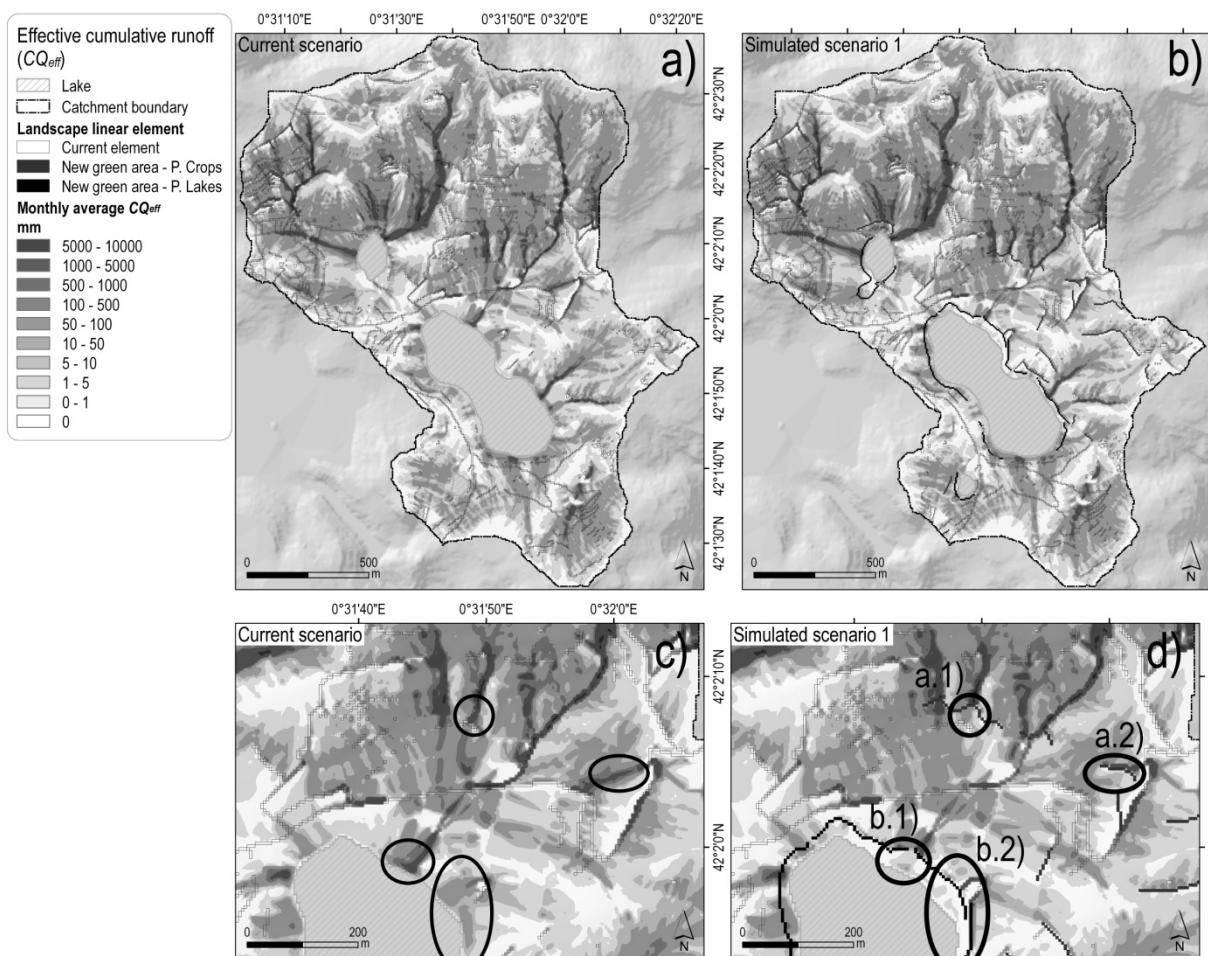


FIGURA 1. Mapas de escorrentía acumulada efectiva calculados para el escenario actual (a y c) y el escenario simulado con nuevos ELP (b y d) para proteger los cultivos y los lagos situados en la parte baja de la cuenca. Los mapas inferiores muestran en detalle los cambios producidos en los valores de CQ_{eff} en las proximidades de los nuevos ELP.

La conversión de pequeñas zonas de cultivo y forestales en las nuevas áreas verdes definidas por la PAC, claramente modifica el patrón espacial de la escorrentía, así como el volumen de agua que llega a los cultivos y humedales protegidos. En el nuevo escenario simulado se han añadido 17 ELP en la parte alta de los campos de cultivo situados en la parte baja de la cuenca e inmediaciones de los lagos (Figura 1d, detalles a.1 y a.2), así como 15 ELP rodeando a la vegetación de ribera de los tres lagos (Figura 1d, detalles b.1 y b.2), que suman una superficie total de 0,73 y 0,98 ha, respectivamente, y representan en conjunto un 0,7% de la superficie total de la cuenca, sin considerar el área sumergida. En el mapa general de la cuenca y en los mapas en detalle se observa cómo los nuevos ELP bloquean el avance de la escorrentía sobre los cultivos y vegetación ribereña, creando áreas efectivas de protección del suelo y de los lagos.

Para el conjunto del año, la escorrentía que llega a la zona cultivada a través de las laderas, y la que llega a los lagos, se ve reducida en un 46% de la superficie que se ha pretendido proteger con los nuevos ELP y con una efectividad promedio del 80 y del 48% para los suelos cultivados y la vegetación de ribera, respectivamente, allí donde se ha observado

esta reducción. Mientras que para el conjunto de la cuenca, el volumen de escorrentía removilizada no varía significativamente, obteniendo un volumen total de CQ_{eff} similar con el modelo DR2 para los dos escenarios. Por lo tanto, los nuevos ELP ejercen un papel efectivo de protección del suelo cultivado frente a los procesos de desagregación y transporte por escorrentía que actualmente se observan en el área de estudio.

CONCLUSIONES

La aplicación del modelo DR2 con nuevos elementos lineales del paisaje, ha permitido cuantificar y localizar espacialmente, el impacto sobre la reducción de la escorrentía que afecta a los suelos cultivados y vegetación de ribera de la parte baja de la cuenca. La nueva PAC de la UE será de obligado cumplimiento a partir del 1 de enero de 2014, por lo que los resultados de este trabajo resultan de especial interés para realizar una evaluación anticipada sobre el impacto que tendrá su aplicación en el área de los Lagos de Estaña. La aplicación del modelo DR2 y la creación de nuevos ELP resultan de gran interés para el estudio de otras zonas protegidas o que estén sometidas en este momento a procesos de pérdida de suelo y exportación de sedimento.

AGRADECIMIENTOS: Este trabajo ha contado con la financiación del proyecto "Mitigación de la colmatación del espacio natural de las Lagunas de Estaña (Huesca) bajo diferentes escenarios de cambio climático: eficiencia de las "áreas verdes" de la nueva PAC sobre la retención del suelo y agua" (Número de Expediente 2012 GA LC 034) del Gobierno de Aragón y de la Obra Social "la Caixa".

REFERENCIAS

- BOA. 2010. DECRETO 204/2010, de 2 de noviembre, del Gobierno de Aragón, por el que se crea el Inventario de Humedales Singulares de Aragón y se establece su régimen de protección. Boletín Oficial de Aragón Núm. 220, 11/11/2010, p. 25386-25400.
- Borselli L, Cassi P, Torri D. 2008. Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment. *Catena* 75(3):268-277.
- Gaspar L, Navas A, Walling DE, Machín J, Gómez Arozamena J. 2011. Using ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}_{ex}$ to assess soil redistribution on slopes at different temporal scales. *Catena* doi:10.1016/j.catena.2011.01.004
- Lexartza-Artza I, Wainwright J. 2009. Hydrological connectivity: Linking concepts with practical implications. *Catena* 79(2):146-152.
- López-Vicente M, Navas A. 2010. Relating soil erosion and sediment yield to geomorphic features and erosion processes at the catchment scale in the Spanish Pre-Pyrenees. *Environmental Earth Sciences* 61(1):143-158.
- López-Vicente M, Navas A. 2012. A new distributed rainfall-runoff model (DR2) based on soil saturation and runoff cumulative processes. *Agricultural Water Management* 104:128-141.
- Meerkerk AL, van Wesemael B, Bellin N. 2009. Application of connectivity theory to model the impact of terrace failure on runoff in semi-arid catchments. *Hydrological Processes* 23(19):2792-2803.