



Dinámica en la concentración de sólidos suspendidos en el agua de escorrentía superficial asociados a la erosión hídrica en una cuenca agrícola

María Guadalupe Ares^{1,2,3}, Marcelo Varni², José G. Castelain² y Celio Chagas⁴

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) Godoy Cruz 2290 (C1425FQB), CABA, Argentina

²Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo J. Usunoff” (UNCPBA – CIC – CONICET) – República de Italia 780 (B7300), Azul, Buenos Aires, Argentina.

³Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires - Av. Del Valle 5737 (7400), Olavarría, Buenos Aires, Argentina

⁴Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires- Av. San Martín 4453 (C1417DSE), CABA, Argentina.

Email: guadalupeares@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es analizar la concentración de sólidos suspendidos (CSS) generados por erosión hídrica durante eventos de lluvia-escurrimiento, en un arroyo que drena una cuenca agrícola de 566 ha. Se analizó la CSS en muestras recolectadas durante eventos de crecidas. Se registró el escurrimiento, se calculó el caudal pico y el tiempo al pico. Las interacciones entre cobertura, respuesta hidrológica y erosión inducen la conectividad hidro-sedimentológica debido a la formación de vías preferenciales de transporte en las laderas de la cuenca, con CSS variables. La intensidad del proceso erosivo en surcos sería clave para el transporte activo de material particulado hacia el cauce por escurrimiento concentrado, con CSS superiores a 1 g L^{-1} . La erosión laminar tendría más frecuencia en la cuenca, con CS bajas en el agua de escurrimiento superficial.

Palabras claves: CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS - CAUDAL PICO - EROSIÓN LAMINAR Y EN SURCOS

Introducción

La erosión hídrica es un proceso de degradación frecuente en los ecosistemas a nivel global. A ella se asocian la reducción en la productividad de las tierras y la contaminación de los cuerpos de agua y de los humedales cercanos a las fuentes de erosión (Issaka y Ashraf, 2017).

El desprendimiento, el transporte y la depositación del suelo son las tres fases de este proceso, en las que intervienen la lluvia y el escurrimiento. La erosión por salpicadura se asocia al impacto que generan las gotas de lluvia sobre el suelo sin cobertura vegetal. Láminas delgadas de escurrimiento superficial inducen a la erosión laminar, mientras que el flujo concentrado en canales pequeños genera erosión en surcos (Blanco y Lal, 2008). La erosión laminar y por salpicadura transportan el sedimento a distancias más cortas que la erosión en surcos, y la presencia de surcos

incrementa la conectividad en las laderas de las cuencas donde se generan (Poesen, 2018; Bracken y Croke, 2007). El estudio del proceso erosivo en el marco de la conectividad hidro-sedimentológica es útil para identificar los factores y los procesos que afectan la retención y el movimiento de las aguas y los solutos en sistemas naturales intervenidos o no por el hombre. Conocer los factores que facilitan o dificultan la conectividad resulta relevante para el manejo de los cuerpos de agua (Wohl, 2017). El objetivo de este trabajo es analizar la concentración de sólidos suspendidos (CSS) generados por erosión hídrica durante eventos de lluvia-escurrimiento, en un arroyo que drena una cuenca agrícola. En particular, este trabajo intenta estudiar la dinámica de la CSS en presencia de vías preferenciales de circulación de agua en las laderas de la cuenca, a través de las relaciones entre la CSS y variables hidrológicas y de información de observaciones a campo.

Materiales y Métodos

Se estudió la CSS en un arroyo que drena una subcuenca agrícola de 566 ha, ubicada en el sector superior de la cuenca del arroyo Videla, y en el sistema serrano de Tandilia, en la provincia de Buenos Aires. La pendiente media de la subcuenca es de 3%, predominan los Argiudoles típicos (67,9%) y Hapludoles y Argiudoles líticos (27,6%), mientras que el 4,5% de la superficie corresponde a suelos con capacidad de drenaje reducida (INTA, 1992).

Muestreos de agua de escorrentía superficial

Se utilizó un muestreador automático provisto de una bomba de succión para coleccionar muestras de agua en el cauce, durante eventos de crecidas. El dispositivo posee dos sensores que activan el inicio de la recolección cuando el nivel del curso de agua supera 0,3 m desde el fondo del cauce. Se recolectó una muestra constituida por la mezcla de 19 submuestras de 200 mL distribuidas en el tiempo, durante un período de recolección total de 1,5 horas. Las muestras se almacenan en una botella de 3,8 litros, ubicada dentro del equipo. En laboratorio, cada muestra se homogeneizó por agitación, se tomó una alícuota de 250 cm³ y se secó a 60°C hasta peso constante. La determinación de la CSS se realizó por diferencia de peso, por duplicado. Con estos datos se calculó la CSS en la muestra (g L⁻¹).

Registros de escurrimiento. Cálculo de las variables hidrológicas

Se monitorearon los niveles de agua en el arroyo bajo estudio, mediante un limnógrafo con sensor de presión ubicado en el punto de cierre de la cuenca. Los niveles se transformaron en caudal empleando la curva altura-caudal de la sección. Se separó el escurrimiento superficial del subterráneo mediante la aplicación de un filtro digital (Rodríguez et al., 2000). Se consideraron las crecidas asociadas a muestreos de agua de escorrentía superficial. A partir de los datos de caudales obtenidos, se consideraron el caudal pico (Q_p , m³s⁻¹) y el tiempo al pico (T_p , h).

Resultados y Discusión

Se estudiaron 32 eventos, registrados entre 2011 y 2015. Cuatro casos presentaron CSS mayores que 1 g L⁻¹, lo que evidencia que pocos eventos transportaron altas cantidades de sedimento suspendido (Fig.1). Los eventos de lluvia que provocaron un Q_p inferior a 0,25 m³s⁻¹ no muestran un efecto relevante sobre la CSS del arroyo (Fig.1),

mientras que Q_p mayores presentaron CSS variables. Esto sugiere una dinámica diferente en el aporte de CSS con caudales al pico superiores a ese umbral, aunque dependiente también de otros factores.

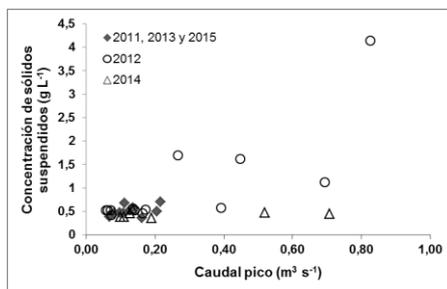


Fig. 1. Relación entre la concentración de sólidos suspendidos y el caudal pico. Las series de datos consideran el año de cada registro.

El T_p puede ser considerado como un indicador de la velocidad del escurrimiento superficial del flujo y de su energía erosiva.

Los eventos con un Q_p menor al umbral mencionado produjeron valores de CSS indiferentes al T_p (Fig.2). En los casos con Q_p mayores, la CSS mostró una relación inversa con respecto al T_p . Si bien el número de eventos con Q_p mayor a 0,25 m³ s⁻¹ es reducido, su análisis sugiere que, en tales casos, con T_p breves se generan cambios relevantes en la CSS del arroyo, a consecuencia de la formación de surcos activos que conducen escurrimiento concentrado, logrando una conectividad hidro-sedimentológica con capacidad de desprendimiento y transporte de suelo.

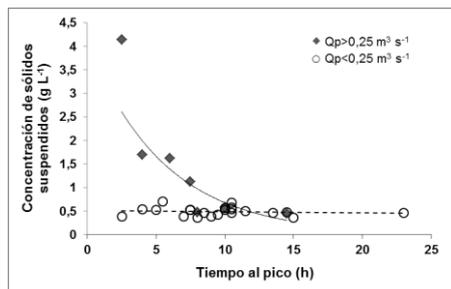


Fig. 2. Relación entre la concentración de sedimentos y el tiempo al pico. Las series de datos consideran los valores de caudales pico (Q_p) correspondiente a cada registro.

El análisis de las variables hidrometeorológicas de estos casos y las observaciones de campo asocian estos eventos a situaciones de erosión en surcos y/o con la red de drenaje expandida por condiciones de humedad antecedente altas. Tanto los surcos como las redes de drenaje expandidas, dadas por áreas saturadas, operan como vías preferenciales del flujo de escorrentía superficial, que incrementan la conexión entre las pendientes y el cauce del arroyo en estudio (Tetzlaff et al., 2007; Bracken y Croke, 2007).

El grupo de eventos señalado corresponde a los años 2012 y 2014, cuyas precipitaciones anuales fueron de 1351 mm y 1171 mm, respectivamente, superiores a las del promedio histórico de la zona (930 mm). En particular, estas lluvias tuvieron importancia durante otoño, invierno y fin de primavera, cuando la cobertura por cultivos, y su efecto protector, eran escasos. Esta situación favoreció la generación de eventos sucesivos con láminas de escurrimiento y Q_p importantes, y se incrementó la superficie de la red de drenaje, con conectividad hidrológica. Además, algunos de esos eventos indujeron la formación de surcos, en particular a lo largo de 2012, como lo indicaron observaciones de campo. En cambio, en 2014 se encontraron, principalmente, signos de expansión de la red de drenaje correspondientes a áreas húmedas asociadas al cauce y otras vías activas de profundidad menor que los surcos y con evidencias de erosión de tipo laminar. Gomash et al. (2019) establecen que la dinámica hidrológica conduce a la erosión, y los signos de erosión constituyen cambios en la topografía que incrementan la densidad de drenaje. Esto genera retroalimentaciones que pueden inducir cambios en la respuesta hidro-sedimentológica. Los tipos de erosión predominantes en la cuenca explicarían las diferencias en CSS en situaciones de Q_p superiores a $0,25 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Así, CSS superiores a 1 g L^{-1} se dieron en eventos del año 2012, en presencia de surcos, mientras que CSS inferiores a ese valor correspondieron a eventos de 2014, que al igual que la mayoría de los casos estudiados, de los años 2011, 2013, 2015 y a otros casos de 2012, mostraron predominantemente erosión laminar.

Conclusiones

Las interacciones entre la cobertura, la respuesta hidrológica y la erosión inducen la conectividad hidro-sedimentológica debido a la formación de vías preferenciales de transporte en las laderas de la cuenca y provocan cambios en la CSS del arroyo. La intensidad

del proceso erosivo en surcos sería clave para el transporte activo de material particulado hacia el cauce por parte del escurrimiento concentrado. La erosión laminar tendría más frecuencia en la cuenca, con CSS bajas en el agua de escurrimiento superficial.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de la Ing. (Mag) Georgina Cazenave en el procesamiento de datos hidrológicos, y la colaboración de las Lic. Fátima Altolaquirre y Téc. Natalia de Libano en el procesamiento de las muestras de escurrimiento.

Este trabajo fue parcialmente financiado por los proyectos PICT 2015 N°2012. y UBACYT 20020170100533BA.

Referencias

- Blanco, N. y Lal, R. 2008. *Principles of Soil Conservation and Management*. Springer.
- Bracken, L y Croke, J. 2007. The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff-dominated geomorphic systems. *Hydrological Processes*, 21:1749-1763.
- Ghomash, S., Caviedes-Voullieme, D., y Hinz, C. 2019. Effects of erosion-induced changes to topography on runoff dynamics. *Journal of Hydrology*, 573:811-828.
- INTA. 1992. Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja 3760-22, Chillar.
- Issaka, S., y Ashraf, M.A. 2017. Impact of soil erosion and degradation on water quality: a review. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 1(1):1-11.
- Poesen, J. 2018. Soil erosion in the Anthropocene: Research needs. *Earth Surface Processes and Landforms*, 43:64-84.
- Rodríguez L., Vionnet, C., Parkin, G. y Younger, P. 2000. Aplicación de un método automático para la separación de las componentes del hidrograma. *XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica*. Córdoba. Tomo II pp. 279-286.
- Tetzlaff, D., Soulsby, C, Bacon, P., Youngson, A., Gibbins, C. y Malcolm, I. 2007. Connectivity between landscapes and riverscapes –a unifying theme in integrating hydrology and ecology in catchment science? *Hydrological Processes*, 21:1385-1389
- Wohl, E. 2017. Connectivity in rivers. *Progress in Physical Geography*, 41(3): 345-362.