

APORTE DE SEDIMENTOS DE UNA CUENCA Y RELACIÓN DE DESCARGA EN UN RÍO DE LA ZONA HÚMEDA ESPAÑOLA

M.E. RIAL, C. VARELA, M.A. ÁLVAREZ, F. DÍAZ-FIERROS

Dpto. Edafología e Química Agrícola. Facultade de Farmacia. USC. C.P.15782. A Coruña, España. edmitas@usc.es

Abstract. This study reports the results of continuous flow measurement and regular suspended solids sampling (30 manual sampling days and 15 automatic sampling days, all during periods of storm flow) in the river Carballas (Galicia, NW Spain), which drains a watershed of 11.2 km² with 33.6% of area dedicated to pasture and 66.4% to forestry. The results obtained indicate close relationships between discharge and suspended solids concentrations. Most suspended solids transport takes place during periods of storm flow (about 5% of the total time period considered), and 90% of the time the suspended solids concentrations are less than 50 mg/l, implying low sediment loads. We also applied the USLE method in conjunction with a GIS approach (ArcView) to estimate annual erosion rates and thus to estimate the sediment delivery ratio (SDR) for this watershed. SDR proved to be only 1.75% of total watershed erosion.

Key words: sediment load, erosion, sediment delivery ratio (SDR).

Resumen. En la cuenca del río Carballas, de 11,2 km² de extensión y con un 33,6% de su superficie dedicada al cultivo y un 66,4% de superficie forestal se han medido en continuo los caudales del río durante más de un año hidrológico y al mismo tiempo se han realizado 30 campañas de muestreo manual de sólidos en suspensión y 15 campañas de muestreo automático durante los períodos de avenida. A partir de los resultados obtenidos se han estudiado las relaciones existentes entre la descarga y las cargas de sólidos en suspensión encontrando una buena relación entre los mismos. La mayor parte de la carga en suspensión transportada durante los periodos de avenidas, supone tan sólo un 5% del tiempo total analizado, y el 90% del tiempo existen concentraciones inferiores a 50 mg/l, lo cual supone cargas de sólidos en suspensión poco significativas. Paralelamente se aplicó en la cuenca la USLE, en combinación con el SIG ArcView para la estimación de la tasa anual de erosión y realizar así la estimación del coeficiente de aporte de sedimentos (SDR) que, en base a los resultados obtenidos, supone únicamente un 1,75% de la erosión total en la cuenca.

Palabras clave: carga de sedimentos, erosión, coeficiente de aporte de sedimentos (SDR)

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en el ámbito de Galicia-Costa, existen pocos estudios sobre las relaciones existentes entre los caudales y los sólidos

en suspensión transportados en las cuencas. La gran variabilidad de las concentraciones de sólidos en suspensión, en su mayor parte ocasionada por las fluctuaciones de caudal que se producen en una cuenca a lo

largo del año hidrológico (entre otros factores como el tipo de suelos, sus usos,...) es la principal causa por la que la determinación del coeficiente de aporte de sedimentos (SDR) no es una tarea sencilla, y la periodicidad de los muestreos es un factor determinante a la hora de obtener unas medidas representativas de las concentraciones de sólidos en suspensión de un río y poder así estimar la carga total de sedimentos transportada por la red de drenaje. En el presente documento se realiza el análisis de las cargas de sólidos en suspensión transportadas en el río tomando como referencia los trabajos realizados por Walling

(Huntley et al. 2001) para diversos ríos de distintas partes del mundo.

Descripción de la cuenca de estudio

La cuenca del río Carballas es una pequeña cuenca de uso eminentemente agrícola y forestal, que está enmarcada dentro de una de las principales cuencas de Galicia-Costa, la cuenca del río Ulla. El Carballas, situado en el municipio de Boqueixón (A Coruña) tiene un área de drenaje de 11,2 km² (Fig. 1), dentro de la cual recorre un total de 6 km con una pendiente del 3,58%.

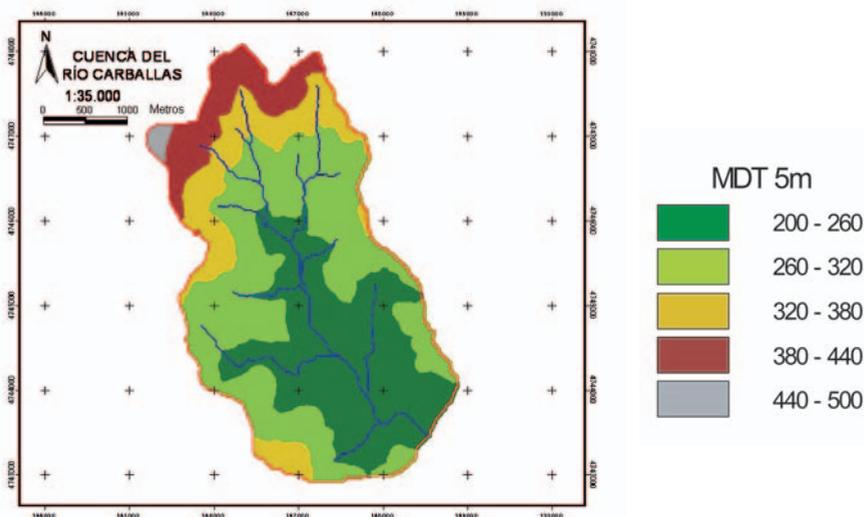


FIGURA 1. Modelo digital del terreno de la cuenca de estudio.

La precipitación anual sobre la cuenca es del orden de los 1500 mm, y su temperatura media ronda los 12 °C. En la siguiente figura se muestra la evolución de ambos parámetros durante el año hidrológico 1993/94, año que se enmarca dentro del periodo de observaciones y en el que se registraron unos valores de 1611 mm y de 12 °C respectivamente.

Los usos del suelo sobre la cuenca del río Carballas (Fig. 3), están claramente dominados por el uso forestal, con un 66,4% de su

área destinada a tal fin, mientras que el 33,6% restante de su superficie está dedicada al cultivo, siendo el predominante las praderas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el periodo de observaciones (Marzo 1993/Septiembre 1994) que en la cuenca del río Carballas se han llevado a cabo dos tipos de muestreos, por un lado

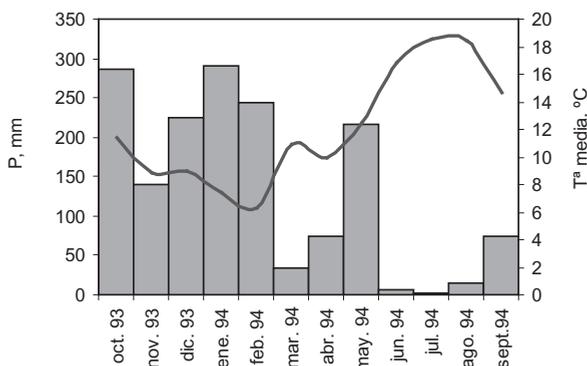


FIGURA 2. Distribución mensual de precipitación y temperatura media durante el año 1993/94.

aquellos encaminados a conocer el flujo basal de sólidos en suspensión existente en la red de drenaje, mediante una serie de campañas periódicas (cada 15 días) de muestreo manual, y por otro unos muestreos que nos permitan caracterizar el comportamiento de las variaciones de los materiales en suspensión durante las avenidas, para lo cual se instaló un muestreador automático modelo SIGMA 900 acoplado a un sistema de registro en continuo de los niveles del río, de la misma marca. De esta forma, a partir de un determinado umbral de nivel en el río se

comienza el muestreo automático tomando una muestra cada 2 horas.

Con la finalidad de estudiar las relaciones entre los niveles de materiales en suspensión y los caudales líquidos circulantes en la cuenca se han realizado campañas de aforo, en las que la medición de caudales se realizó mediante el método área velocidad (Chow, 1994) siendo realizados en su mayor parte a vadeo y con la ayuda del molinete hidrométrico. Para el ajuste de la curva de gastos se ha utilizado el método recomendado por la

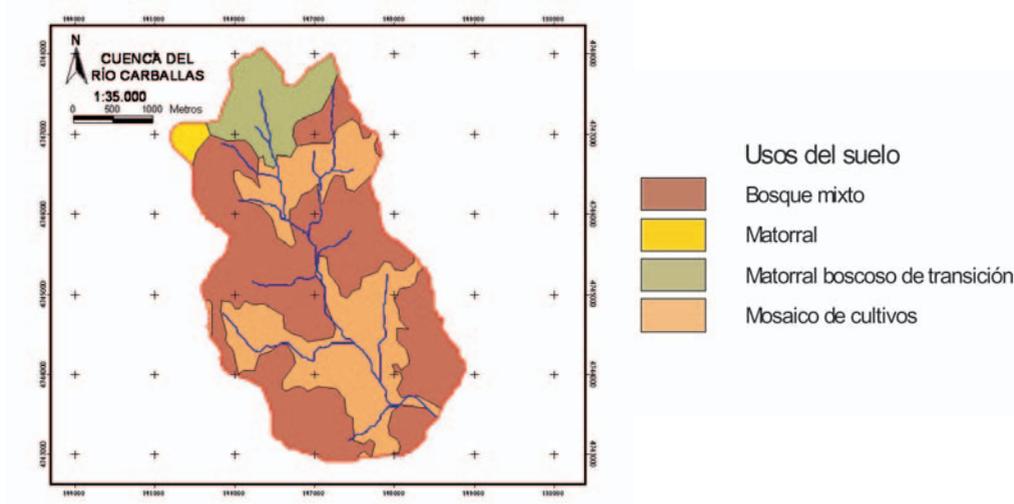


FIGURA 3. Usos del suelo en la cuenca del río Carballas.

Organización Meteorológica Mundial (WMO, 1980).

En el estudio morfométrico de la cuenca se utilizó la cartografía 1:5000 del municipio de Boqueixón (IGN) y se elaboró a partir de ella un modelo digital del terreno de tamaño de celda de 5 metros. La cartografía de usos de suelo empleada fue la elaborada en el proyecto CORINE, combinando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Wischmeier & Smith 1978; Renard *et al.* 1996) y el SIG ArcView, para la realización de la estimación de la tasa de erosión total de la cuenca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante la elaboración de la curva de gastos para el río Carballas y los registros en continuo de nivel se ha podido observar que, durante el periodo de estudio, los caudales en el río oscilaron entre los 2,34 m³/s (73,9 hm³/año), y los 0,092 m³/s (2,9 hm³/año),

presentando un caudal promedio de 0,37 m³/s (11,5 hm³/año). A partir de las 30 campañas de muestreo manual realizadas periódicamente en la cuenca se estableció, mediante interpolación teniendo en cuenta los caudales del río, el régimen basal de sedimentos, que osciló entre as 0,63 t/día y la ausencia total de sedimentos, mientras que en las 15 avenidas muestreadas los sólidos en suspensión oscilaron entre 0.013 y 5,39 t/día, siendo este valor el máximo registrado durante las observaciones (Fig. 4.a). De esta forma conocemos la evolución de los sólidos en suspensión durante la evolución de las avenidas pudiendo después compararla con la evolución del caudal. Dentro del año hidrológico 1993/94, año caracterizado por abundantes precipitaciones (con una precipitación anual de 1611 mm) se produjo un arrastre de 48,21 t/año, lo cual supone 4,29 t/km²-año para la cuenca del río Carballas.

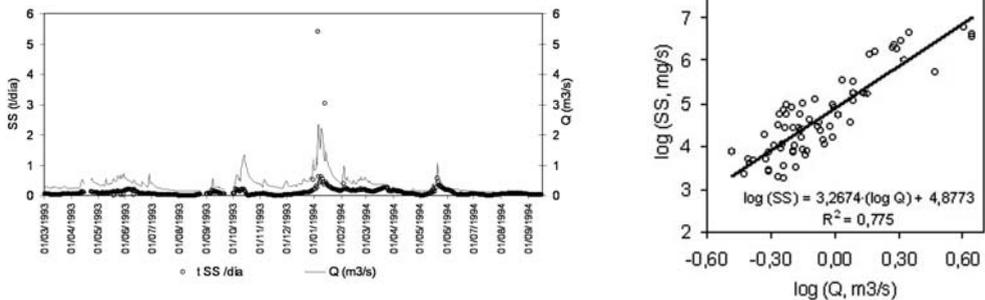


FIGURA 4. a) Caudales líquidos y sólidos durante el periodo de observaciones en la cuenca del río Carballas. b) Relación entre los sólidos en suspensión y el caudal.

En el análisis estacional de los arrastres de sedimentos en la red de drenaje se puede ver claramente como el 75,1% de los aportes recaen en la estación húmeda ya que, como era de esperar, son las avenidas las que aportan la mayor parte de los sedimentos al cauce, y se ha encontrado una adecuada rela-

ción entre los caudales líquidos observados y el aporte de sedimentos (Fig.4.b).

Se ha elaborado la curva de duración de concentraciones de sólidos en suspensión empleando el mismo método de representación utilizado por Huntley *et al.*, 2001 (Fig.5.a), y en ella se puede observar que,

tomando el valor de 50 mg/l como umbral a partir del cual las cargas de sólidos en suspensión transportadas se pueden considerar significativas (Huntley *et al.*, 2001) vemos que esto sucede en menos del 10% del tiempo. En cuanto al comportamiento de las cargas de sedimentos acumuladas (Fig.5.b) se observa que existen importantes variaciones

en la pendiente de la curva, correspondientes a los periodos de avenida, de forma que en pequeños porcentajes de tiempo se producen grandes variaciones en el porcentaje de carga de sólidos en suspensión transportado por el río, por lo que la mayor parte de la carga en suspensión es transportada en menos de un 5% del tiempo.

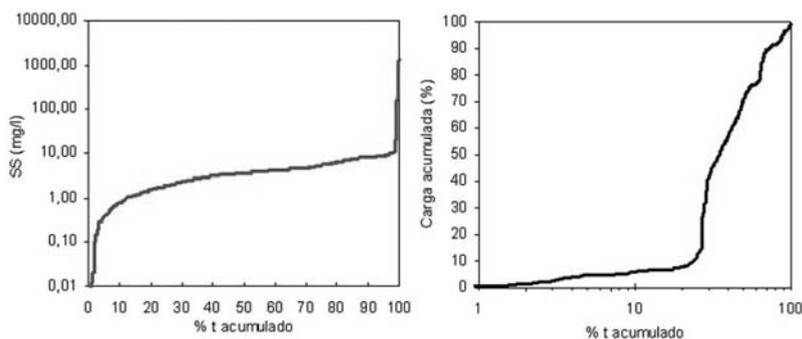


FIGURA 5. a) Curva de duración de concentraciones de sólidos en suspensión. b) Curva de cargas acumuladas de sólidos en suspensión.

El coeficiente de aporte de sedimentos (SDR) que se define como la relación entre los sólidos en suspensión transportados por la red de drenaje y la erosión total en la cuenca, es un parámetro de gran utilidad ya que puede ofrecer información acerca del comportamiento físico de un río. Existen distintas metodologías para el cálculo de este parámetro, pudiendo ser calculado si se conoce la tasa de erosión anual de la cuenca y la carga de sedimentos en la misma durante el mismo año. Para realizar el cálculo del SDR en el Carballas, es preciso por lo tanto disponer de una valor de erosión anual, y para realizar una estimación del mismo se ha combinado la aplicación de la USLE (Wischmeier & Smith 1978; Renard *et al.* 1996) con el SIG ArcView, de ESRI (Mitasova y Mitas, 2001) (Fig. 6). Se calcularon los valores correspondientes a los distintos factores de la USLE a partir de los datos de campo obtenidos de los trabajos realizados sobre los suelos de la

cuenca durante los casi dos años hidrológicos durante los que se han realizado trabajos de campo en la cuenca, obteniendo un valor de erosión anual de 2,46 t/ha-año. Este valor de erosión, aunque es una estimación, si lo comparamos con los valores existentes en la bibliografía para cuencas en otras partes del mundo vemos que es un valor de erosión muy bajo. En función de esta estimación de la tasa de erosión anual se obtiene un valor de SDR que supone tan sólo el 1,75% de la erosión total estimada según la USLE, valor que comparado con los datos existentes en la bibliografía (Huntley *et al.*, 2001) es bastante bajo.

CONCLUSIONES

Se ha encontrado una adecuada correlación entre los caudales observados y la carga de sólidos en suspensión en la cuenca del río Carballas durante el periodo de observaciones, siendo durante las avenidas cuando

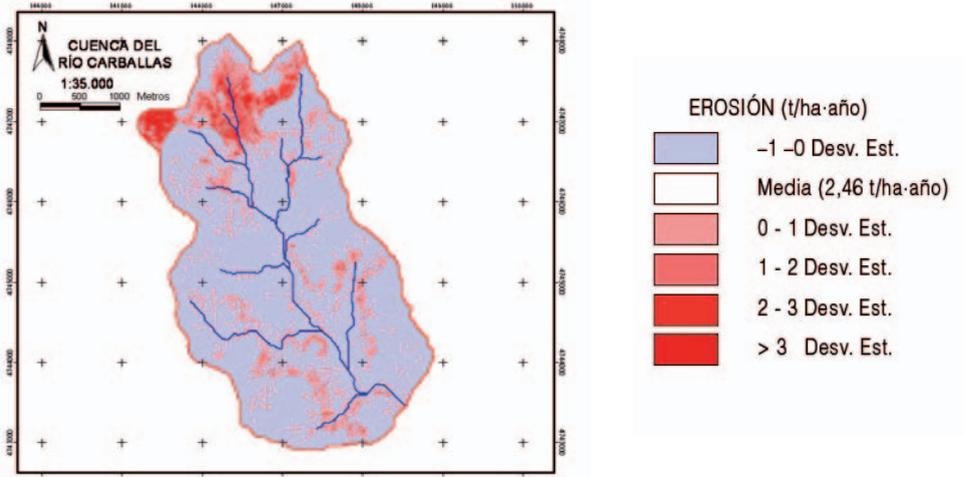


FIGURA. 6. Erosión estimada para la cuenca del río Carballas mediante la combinación de la USLE y el SIG.

mayores cargas en suspensión son transportadas, llegando a ser hasta cinco veces superiores a las existentes en los periodos interavenidas. A pesar de la marcada variación existente a lo largo del año es tan solo durante un 5% del tiempo cuando se pueden considerar importantes (mayores de 50 mg/l) las concentraciones de sólidos en suspensión en el río. La estimación del SDR mediante la aplicación de la USLE aporta un valor bastante bajo en relación a los datos existentes en la bibliografía para otros ríos, no pudiendo ser comparado con valores de la misma zona geográfica debido a la ausencia de este tipo de estudios en Galicia y en general en España. Este valor, que es todavía muy inferior al previsto por la relación existente entre el tamaño de cuenca y el SDR, definida por el U.S.S.C.S. (United States Soil Conservation Service) podría justificarse por la estructura del sistema parcelario, con fincas de pequeño tamaño y abundantes obstáculos en sus límites (setos, muros,...) que frenan la escorrentía y los aportes sólidos al cauce, así mismo, la existencia en la cuenca de una abundante vegetación aporta al suelo una protección muy importante frente a los procesos erosivos.

REFERENCIAS

- Chow, V. T. (1994): Hidráulica de canales abiertos. Ed. McGraw-Hill, New York. pp. 667.
- Huntley, D.A., Graham, J.L. y Walling, D.E. (2001): Land-Ocean Interaction: Measuring and modelling fluxes from river basins to coastal seas. IWA Publishing. London. 286 pp.
- Mitasova, H. y Mitas, L. (2001): Modelling Physical Systems, En: Geographic Information Systems and Environmental Modelling, Parks B., Crane M. and Clarke, K eds., Prentice Hall, 189-210.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C., coordinators (1996) Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservations Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook N° 703, 404 pp.
- Wischmeier y Smith (1978): Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. USDA, Agriculture Handbook N° 537.

WMO, (1980): Manual on Stream Gauging.
Fieldwork Volume I, Operational
Hydrology Report N°13, World
Meteorological Organization N° 519,
Geneva, Switzerland.

