

APROXIMACIÓN A LAS TASAS DE PRODUCCIÓN DE SEDIMENTO MEDIANTE EL CUBICAJE DE DIQUES DE RETENCIÓN EN RÍOS MEDITERRÁNEOS EFÍMEROS.

Approach to the sediment production rates through the check dams retention capacity in ephemeral Mediterranean rivers.

X. Rodríguez-Lloveras (1), G. Bussi (2), Y. Sánchez Moya (3), A. Sopeña (3), F. Francés (2), G. Benito (1)

- (1) Departamento de Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC, calle serrano 115 duplicado 28006 Madrid. e-mail: xavi.rodriguez@mncn.csic.es
(2) Instituto de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, Universitat Politècnica de València.
(3) Instituto de Geociencias, CSIC-Universidad Complutense, Madrid.

Abstract: In this paper we described and quantified the sediment retained by a check dam built in 1990's, to calibrate the sediment transport rates at the event scale using the model TETIS_SED. The geometry of the deposit was obtained by a survey with differential GPS and two transversal trenches cut in the infilled reservoir. A detailed stratigraphic description with emphasis on unit contacts allowed the identification of individual depositional events from which sediment volumes were estimated. The described stratigraphic units were then assigned to simulated events on the bases of two-guided units containing charcoal from documented fires that occurred in 1994 and 2000. In the case of small events ($<20\text{ m}^3$), the simulated sediment production (V_m) was lower than the field estimates (V_r), whereas for large events ($>50 \text{ m}^3$) the model results trend to overestimate the sediment yields ($V_m >> V_r$). For intermediate events ($20-50 \text{ m}^3$), the simulated values (V_m) were within the range of field estimates.

Palabras clave: Diques de retención, producción de sedimento, evento de precipitación, modelo de erosión, TETIS_SED.

Key words: Check dams, sediment production, event of rain, erosion model, TETIS_SED.

1. INTRODUCCIÓN

La implementación de modelos numéricos de producción de sedimentos en cuencas no aforadas plantea incertidumbres sobre la validez de las estimaciones debido a la dificultad de calibrar y validar sus resultados (Hrissanthou, 2005).

En diversos estudios, se aborda esta carencia de registros instrumentales mediante la cuantificación del volumen de sedimentos retenidos en diques forestales y presas (Avedaño Salas, 1995; Martín-Rosales et al., 2003; Romero-Díaz et al., 2007). En estos casos se estima el volumen de sedimento retenido para un periodo dado, siendo insuficiente en el caso de modelos que calculan la producción de sedimento asociada a eventos discretos de lluvia (de Vente et al., 2011).

En el presente trabajo se ha descrito y cuantificado el sedimento retenido en el trasdós de un dique de control de avenidas construido en los años 90, situado en la cuenca de alimentación de la Rambla del Poyo (provincia de Valencia), con el objetivo de calibrar las tasas de transporte de sedimento estimadas a escala de evento de lluvia mediante el modelo TETIS_SED.

2. METODOLOGÍA

El relleno del dique se ha topografiado mediante GPS diferencial con el fin de generar un modelo digital del terreno (MDT, Figura 1A) que permita definir la superficie y los contornos actuales del sedimento acumulado, y estimar su volumen (Gabriele et al., 1999; Martín-Rosales et al., 2003).

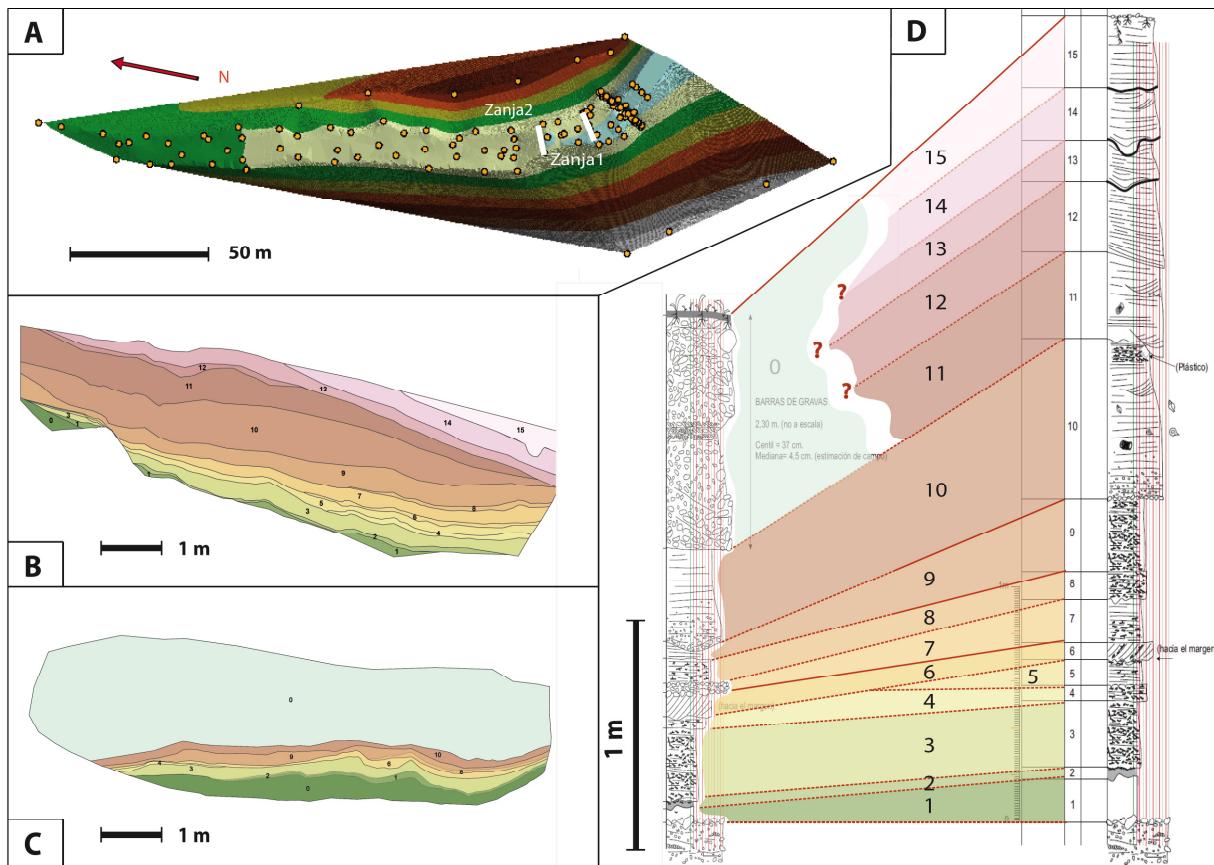


Fig. 1. (A) Modelo digital del terreno (MDT) generado a partir de los puntos tomados mediante GPS diferencial (en la imagen). La mayor densidad de puntos en la parte derecha indica la ubicación del dique mientras que en las líneas en blanco señalan la posición de las zanjas en las que se ha descrito y analizado el relleno del dique. (B) Panel estratigráfico de la Zanja 1, la más proximal al dique de retención de sedimento, donde se han identificado 15 niveles de aporte de sedimento. (C) Panel estratigráfico de la Zanja 2, la más distal al dique de retención de sedimento, y que comprende al menos 10 niveles estratigráficos.. (D) Columnas estratigráficas que se han levantado para la Zanja 1 (derecha) y para la Zanja 2 (izquierda), y su correlación basada en dos niveles guía con elevado porcentaje de carbón vegetal de incendios.

Igualmente, se han realizado dos zanjas (Figura 1A) donde se han levantado perfiles estratigráficos (Figura 1D) con descripción de los niveles (eventos) que componen el relleno. En los trabajos de campo, se realizó un panel estratigráfico con énfasis en la traza de los contactos entre unidades y con mediciones verticales del espesor de los niveles con intervalos de un metro. Además se han tomado fotografías superpuestas de las paredes de la zanja, de cuya composición corregida se ha trazado la morfología y estimado la potencia media de los niveles (Figuras 1B y C)

Partiendo de la geometría del relleno del dique y de las mediciones y morfología de cada unidad estratigráfica, se ha estimado el volumen acumulado en cada una unidad

representada en el relleno del dique, usando dos procedimientos distintos:

- 1) Geométricamente (Vr1), mediante el espesor y longitud de los estratos en las catas, la longitud del depósito y las distancias entre zanjas y dique.

- 2) Topográficamente (Vr2), restando el espesor medio acumulado capa a capa, a la superficie medida del depósito actual.

Los resultados obtenidos se han comparado con los volúmenes de sedimentos depositados simulados por el modelo TETIS_SED que considera la eficiencia de retención del dique mediante las ecuaciones desarrolladas por Verstraeten y Poesen (2001). Para la correlación de los sedimentos observados y los modelados por el TETIS se ha utilizado como niveles de referencia los que presentan un alto contenido en carbón vegetal y que se

interpreta que corresponden a dos incendios ocurridos en los veranos de 1994 y 2000 (Figura 1D, estratos 3 y 10). En este sentido, se interpreta que el nivel inferior con elevado contenido en carbón (nivel 3) corresponde al primer evento simulado posterior al verano de 1994. A los niveles estratigráficos suprayacentes se les asignan eventos simulados con producción de escorrentía, asumiendo que los eventos simulados con mayor producción de sedimento son aquellos que presenta mayor espesor en el relleno. Como elemento limitante, se asume a su vez que el nivel superior enriquecido en carbón corresponde al nivel estratigráfico 10 (primer evento posterior al verano de 2000).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La simulación mediante el modelo TETIS_SED (VM) ha generado un total de 38 eventos desde septiembre de 1990 hasta octubre de 2009, que se han correlacionado, utilizando los criterios ya mencionados, con los 15 niveles registrados en la estratigrafía (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de los distintos métodos de cálculo de volumen y identificación de los eventos

Evento simulación	Fecha inicial	Vm (m^3)	Nivel estratigráfia	Vr1 (m^3)	Vr2 (m^3)
5	24/12/1992	9,2	1	34,0	37,7
6	19/04/1994	25,2	2	7,8	28,1
7	10/12/1995	224,7	3	172,4	77,6
8	30/01/1996	2,8	4	10,5	26,7
9	23/01/1997	0,3	5	13,5	18,4
10	28/01/1998	38,6	6	55,3	17,7
12	31/07/1999	60,3	7	21,7	10,9
14	21/10/2000	449,3	8+9+10	368,4	370,1
17	30/04/2001	62	11	75,2	110,2
19	06/05/2002	22,1	12	8,0	11,5
22	03/09/2003	57,3	13	37,0	46,2
32	07/11/2006	46,8	14	30,5	22,5
33	05/04/2007	54,3	15	18,0	22,2
34	11/10/2007	82,2			
35	08/06/2008	4,6			
36	09/10/2008	72			
37	19/10/2008	0,4			
38	27/09/2009	112,8			
$\Sigma 34-38$		267	0	581,8	447,5
$\Sigma 17-38$		573	11-15	750,5	660,2

Entre los eventos del 5 al 14 se observa que en sucesos menores ($<20 m^3$) los volúmenes del modelo (Vm) subestiman los mínimos respecto a los asignados en el relleno (Vr), mientras que en escorrentías mayores ($>50 m^3$) Vm sobreestima los

máximos (Vm>Vr). En eventos con producción intermedia, los valores del modelo se incluyen dentro de los rangos estimados con la estratigrafía (Vr1 - Vr2). En los eventos del 17 al 38, se observa un cambio en estas tendencias ya que el modelo pasa a subestimar el máximo (Vm<Vr) y sobreestimar el mínimo (Vm>Vr). Este cambio de tendencia se considera que es debido a la suma de dos factores. Por un lado, puesto que el modelo considera la disponibilidad de sedimento en la cuenca a partir de los suelos presentes, es probable que posteriormente al gran evento 14, el modelo considere que la disponibilidad de sedimento en la cuenca es menor y por consiguiente el sedimento transportable disminuye. Por otro lado, existe la dificultad en la estimación de volumen de sedimento en el relleno de la zanja 2 (Figura 1C), para las unidades por encima del evento 10, debido a que por encima de este evento la estratigrafía consiste en gravas donde no se puede diferenciar contactos estratigráficos y por tanto múltiples niveles.

Por ello, para el cálculo de volúmenes, se han considerado dos planteamientos:

1º Los niveles registrados en la zanja 1 (Figura 1B) desde el 11 al 15 (eventos 17-33) ambos inclusive, se acuñan entre ambas zanjas, por lo que no afloran en la zanja 2. Los eventos contenidos en el estrato 0 (gravas) de la segunda zanja son posteriores y corresponden al conjunto de los eventos posteriores al 15 no registrados en la zanja 1 por encontrarse el dique colmatado. Los resultados de esta hipótesis son los que se observan en la tabla 1 en el evento " $\Sigma 34-38$ ".

2º Los niveles registrados en la zanja 1 desde el 11 hasta el 15 ambos inclusive, son el estrato "0" en la zanja 2. Los resultados de esta hipótesis se indican en la tabla 1 como evento " $\Sigma 17-38$ ".

El segundo planteamiento produce resultados más acordes con las diferencias entre volúmenes para los niveles identificados en las zanjas, y con la distribución de los estratos (Figura 1D),

aunque lo más probable es que la situación real sea una mezcla de ambos planteamientos. Cabe indicar que los volúmenes Vr1 y Vr2 entre los eventos 17 y 33 en la tabla 1 han sido calculados considerando el primer planteamiento, lo que sin duda afecta al hecho de que el modelo, en comparación, sobreestime los mínimos. En cualquier caso la suma de volúmenes modelados para los eventos entre el 17 y el 38, es menor a la suma de volúmenes estimados en la estratigrafía, lo que contradice la tendencia del modelo observada en los eventos iniciales (sobrevalorar los máximos), y avala la idea de que el modelo reduce la disponibilidad de sedimento después de un evento de gran magnitud.

4. CONCLUSIONES

- Los volúmenes del relleno estimados mediante los métodos geométrico (Vr1) y topográfico (Vr2), presentan una variabilidad muy baja considerando las diferencias entre el método de cálculo y las incertidumbres asociadas.
- Los resultados del modelo TETIS_SED se ajustan aceptablemente bien a los estimados mediante observación en el relleno sedimentario.
- El modelo TETIS_SED en condiciones iniciales, tiende a sobrevalorar los máximos e infravalorar los mínimos en comparación a las estimaciones estratigráficas de las zanjas.
- El modelo TETIS_SED tiende a infravalorar el transporte de sedimento después de un evento de gran magnitud.
- Los mayores problemas detectados en el cálculo y la modelización de los volúmenes transportados por los eventos, derivan de que el dique se encuentra parcialmente colmatado, por lo que las acumulaciones recientes pueden estar limitadas.
- Diferentes interpretaciones de los datos obtenidos en este tipo de estudio pueden llevar a resultados de cálculo de volumen muy diferentes, por lo que se debe analizar

y justificar cada una de las hipótesis que se asumen.

- Los resultados obtenidos muestran la utilidad y aplicabilidad de los diques de retención de sedimentos como herramienta de calibración y validación de resultados de modelos de transporte de sedimento.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por los proyectos CICYT CGL2008-06474-C02-01 y CGL2008-06474-C02-02.

REFERENCIAS

- Avedaño Salas, C. 1995. Procedimientos para evaluar la degradación específica (Erosión) de cuencas y de embalses a partir de los sedimentos acumulados en los mismos. Aplicación al estudio de embalses Españoles. *Ingenieria civil / CEDEX* 99: 51-58.
- de Vente, J.; Verduyn, R.; Verstraeten, G.; Vanmaercke, M. y Poesen, J. 2011. Factors controlling sediment yield at the catchment scale in NW Mediterranean geoecosystems. *Journal of Soils and Sediments* 11(4): 690-707.
- Gabriele, S.; Caloiero,D. y Gaudio, R. 1999. Sediment yield estimation using GIS and remote sensing: An application to an experimental watershed. *7th International symposium on River Sedimentation*. University of Hong Kong: 591-596.
- Hrissanthou, V. 2005. Estimate of sediment yield in a basin without sediment data. *CATENA* 64 (2-3): 333-347.
- Martin-Rosales, W.; Pulido-Bosch, A.; Gisbert, J. y Vallejos, A. 2003. *Sediment yield estimation and check dams in a semiarid area (Sierra de Gador, southern Spain)*. Erosion Prediction in Ungauged Basins: Integrating Methods and Techniques. DeBoer: 51-58.
- Romero-Díaz, A.; Alonso-Sarriá, F. y Martínez-Lloris, M. 2007. *Erosion rates obtained from check-dam sedimentation (SE Spain). A multi-method comparison*. *CATENA* 71(1): 172-178.
- Verstraeten, G., and J. Poesen (2001a), Modelling the long-term sediment trap efficiency of small ponds, *Hydrological Processes*, 15(14), 2797–2819.