BALANCE SEDIMENTARIO EN EL CAUCE DEL PALANCIA A PARTIR DE DATOS LIDAR (2003-2009)

Sedimentary budget in the Palancia River channel from LiDAR data (2003-2009)

F. Segura Beltrán (1), T. Hermosilla (2), J.E. Pardo-Pascual (2) y C. Sanchis Ibor (3)
(1) Departament de Geografia, Universitat de València, Francisca.Segura@uv.es
(2) Grup de Cartografia GeoAmbiental i Teledetecció, Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, Universitat Politècnica de València.
(3) Centre Valencià d'Estudis del Reg, Universitat Politècnica de València.

Abstract: The lower reach of the Palancia River has an ephemeral flow behavior. Sediment mobilization is limited to rainfall events of different magnitude. This paper presents a GIS-based approach to the river sediment budget based on LiDAR data. Topographical information from 2003 and 2009 LiDAR data is used to create two DEMs, which are compared to map sedimentary changes in the river channel. Results show that erosion and sedimentation area balanced in the area as a whole, but sedimentation is placed in the upstream area whereas erosion predominates in the lowest reach. This distribution suggests the predominance of headward erosion during low magnitude flow events.

Palabras clave: LiDAR, balance sedimentario, erosión, sedimentación, barras, canales
Key words: LiDAR, sediment budget, erosion, sedimentation, bars, channels

1. INTRODUCCIÓN

El río Palancia, situado entre las provincias de Valencia y Castellón, tiene una longitud de 85 km y una cuenca de 910 km². En su tramo inferior presenta un amplio cauce por el cual sólo circula agua cuando se producen precipitaciones de cierta intensidad. La movilización de sedimentos en el cauce está limitada a estos eventos de crecida. El presente trabajo pretende analizar el balance sedimentario de los últimos 6 km del Palancia entre 2003 y 2009, fechas de en los que se realizaron dos vuelos LIDAR. Durante este período se produjeron dos pequeñas avenidas de escasa magnitud. En el aforo de Fuente del Baño, unos 40 km aguas arriba de la zona de estudio, se registró una avenida el 29-30 de marzo de 2004, con un caudal punta de 19,5 m^3/s. El segundo episodio se produjo el 24 de diciembre de 2007, con un pequeño pico de 3,067 m^3/s. Dada la distancia que separa la zona de estudio del aforo, cabe suponer que el caudal se incrementó considerablemente. Aunque no existen datos fehacientes, en ninguno de los casos se registró un caudal de márgenes llenas.

Para analizar el impacto sedimentario de estos eventos se ha aprovechado la información topográfica generada por datos LiDAR. Esta tecnología puede proporcionar información topográfica de alta resolución con precisiones mejores al metro en planimetría y 15 cm en altimetría. Recientemente se han publicado numerosos trabajos sobre la precisión y errores de este tipo de datos (Lane et al., 2003), sus aplicaciones en geomorfología fluvial (Noteabaert, 2009; Jones et al, 2007), morfología de cauces (Legleiter, 2001; Cavalli et al., 2008; Colmenárez et al., 2010) y balances sedimentarios (Wheaton et al., 2010).

2. DATOS Y PREPROCESADO

Los datos LiDAR de 2003 fueron adquiridos mediante un sensor ALTM-2033, y fueron proporcionados en una malla regular de 1 × 1 metros en formato de modelo digital de superficies (MDS). Además, se dispuso de un modelo digital de elevaciones (MDE) manualmente editado. Los MDE representan la distribución de la topografía del área de estudio, eliminando los elementos que se

encuentran sobre el terreno, como la vegetación o las edificaciones.
Los datos de 2009 se adquirieron utilizando un sensor RIEGL LMS-Q680, y cuentan con una densidad nominal de 0,5 puntos/m^2. El MDE se calculó utilizando un algoritmo iterativo, descrito completamente en Estornell et al. (2011), consistente en la selección de puntos con cota mínima en un área de búsqueda determinada, estableciendo un MDE inicial, que se va refinando a través de nueva búsqueda de puntos mínimos aplicando áreas de búsqueda menores, de forma que el modelo se va ajustando de manera más precisa a la forma del terreno real. Este método, aplicado, exclusivamente sobre los datos más recientes, permite eliminar las manchas importantes de vegetación pero presenta algunas limitaciones en las áreas de fuerte pendiente.

3. METODOLOGÍA

Una vez se ha dispuesto de los MDE de las dos fechas disponibles en un formato adecuado se ha pasado a restar el modelo más reciente al más antiguo. De esa forma se ha calculado el cambio volumétrico registrado entre los dos periodos de análisis.
Aplicando la fórmula propuesta por Brasington et al. (2003), para el cálculo de propagación de errores al combinar datos altimétricos y considerando que el error altimétrico nominal de los datos LiDAR es de 15 cm, el valor a partir del cual las diferencias se consideran significativas es ±21 cm. Para evitar otro tipo de errores, se ha elevado este valor hasta ±25 cm, de forma que todos los cambios inferiores a dicha magnitud han sido eliminados del análisis.
Para hacer el balance se ha hecho una delimitación del espacio móvil del cauce a partir de dos ortofotos (1999 y 2008) y se ha subdividido en secciones cada 100 m para analizar los cambios volumétricos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Balances sedimentarios

El tramo analizado tiene un balance ligeramente positivo en el periodo de análisis. Los materiales erosionados ascienden a 80.679 m^3, mientras que la acumulación es de 86.095 m^3. El balance neto es por lo tanto de 5.416 m^3.
Existe un comportamiento diferenciado por secciones (fig.1). Se observa que entre las secciones 57 y 23 domina ligeramente la acumulación sobre la erosión, pero existe un punto de inflexión en las tendencias a partir de la sección 23 donde la erosión se hace predominante. En la desembocadura, a partir del punto 3, vuelve a dominar la acumulación.

4.2. Interpretación geomorfológica

Al analizar las tendencias (fig. 1) se puede observar que existe un comportamiento claramente diferenciado de ambos procesos. La superposición de la erosión y sedimentación sobre la ortofoto indica claramente que la incisión se ha producido en los canales, mientras que sobre las barras existe una ligera acumulación.
Hay que señalar también que la deposición se realiza por medio de formas transicionales de escaso relieve, como las láminas de sedimentos (*sheets*), que se depositan sobre las barras en las primeras fases de descenso de la crecida. Aunque no se aprecian grandes cambios, las barras crecen por acreción lateral y hacia la cabecera.
La incisión se concentra en los 2 km finales. En este sector, el canal ha sufrido una fuerte erosión, mientras que las superficies adyacentes tienen una ligera acumulación.
Es interesante señalar que aguas abajo del puente (secciones 16 a 11) la erosión se concentra en los laterales del canal, mientras que en el centro se produce una ligera divergencia del flujo que genera una pequeña barra donde predomina la acumulación. El balance negativo se

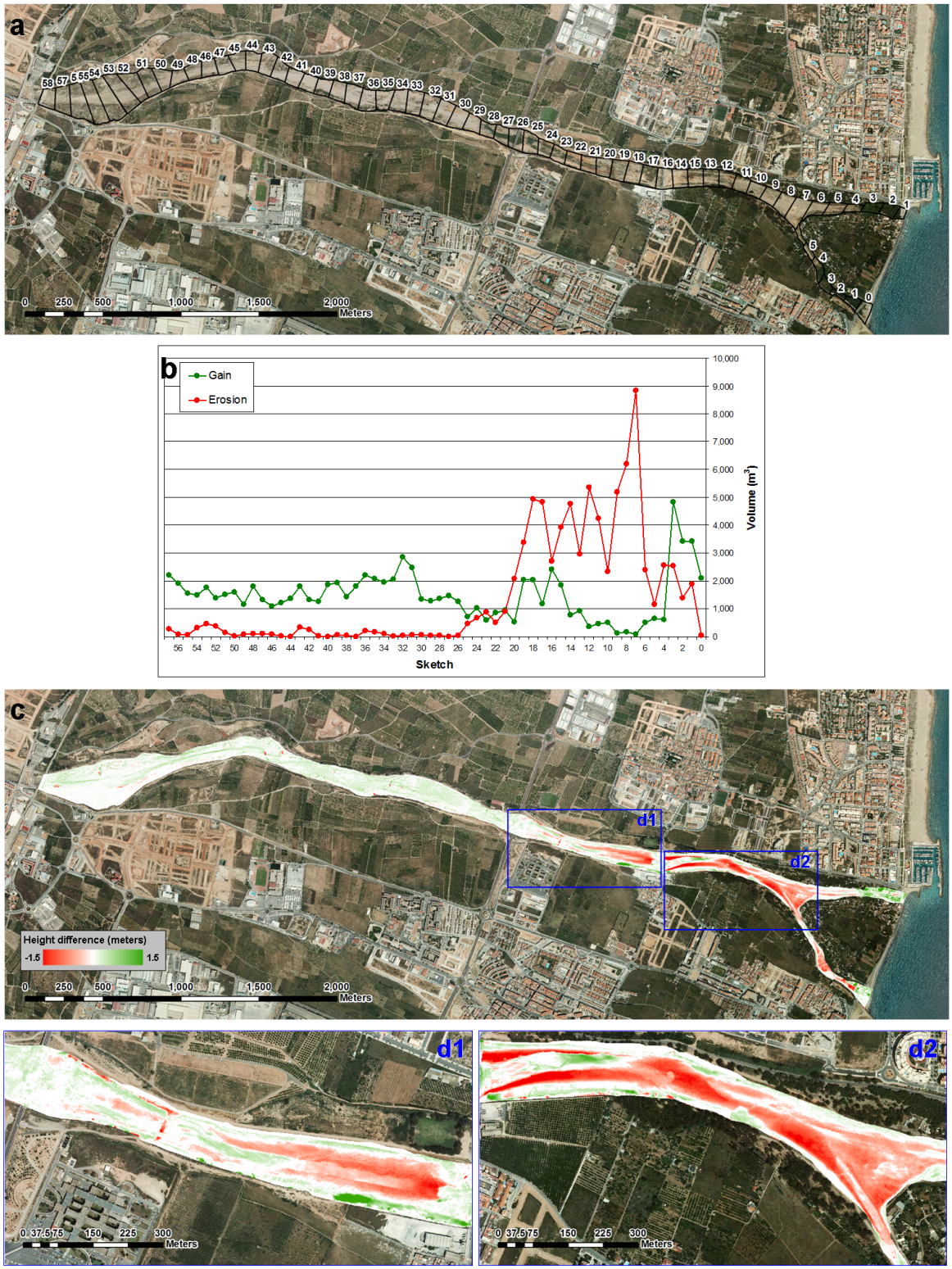

Fig. 1. Balance sedimentario del cauce del Palancia: a) Cauce y secciones b) Balances en cada una de las secciones c) Distribución de erosión y sedimentación (en detalle en d1 y d2).

mantiene hasta unos 300 m de la bifurcación del cauce y en los últimos 300 m se produce acumulación, probablemente por el efecto de la vegetación.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La interpretación geomorfológica de estos datos no es sencilla. En primer lugar, cabe destacar que las dos crecidas de escasa magnitud registradas en el período no han

sido capaces de generar grandes cambios en el sector. Más bien parece que la erosión y la sedimentación se compensan a lo largo del tramo. Es de suponer, que con crecidas de mayor magnitud los cambios serán mayores y ajustados a la mayor energía del río.

En segundo lugar, hay que destacar que aunque la consulta de los proyectos realizados en el período de estudio indica que no hubo extracción de sedimentos del cauce, el MDE de 2009 sugiere lo contrario. La localización de la erosión-sedimentación en el sector inferior del área de estudio sugiere que el río está sometido a un proceso de erosión remontante que avanza desde la desembocadura hacia aguas arriba. El proceso seguramente es natural, aunque puede estar acentuado por las actuaciones de la administración en este tramo.

Una cuestión interesante es la observación del efecto del puente del Port de Sagunt a Canet (sección 16). Se trata de una infraestructura mal dimensionada que actúa de barrera al flujo y que en octubre de 2000 sufrió una fuerte erosión local en las pilas. A tenor de los resultados obtenidos, parece que la erosión remontante ha atravesado el puente, por lo que en episodios de nuevas crecidas podría producirse un deterioro de la estructura por sifonamiento desde aguas arriba.

Por último, señalar que a pesar de las dificultades que tiene el tratamiento de los datos LiDAR y la obtención de diferencias entre los MDE así generados, tiene un gran potencial en el campo de balances sedimentarios y en el análisis de la movilidad de lecho.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación mediante los proyectos: "Cambios medioambientales recientes en sistemas fluviales: consecuencias morfosedimentarias" (CGL2009-14220-C02-02-BTE) y "Caracterización de los cambios morfosedimentarios en las playas y dunas costeras del Mediterráneo español mediante el empleo de nuevas técnicas de información geográfica" (CGL2009-14220-C02-01 BTE) y cuenta con fondos FEDER.

REFERENCIAS

Brasington J, Langham J, Rumsby B. 2003. Methodological sensitivity of morphometric estimates of coarse fluvial sediment transport. Geomorphology, 53 (3-4), 299-316.

Cavalli, M., Tarolli, P., Marchi, L. y Dalla Fontana, G. 2008. The effectiveness of airborne LiDAR data in the recognition of channel-bed morphology. *Catena*, 73 (3), 249-260.

Colmenárez, G., Pardo Pascual, J.E., Ruiz, L. y Segura Beltrán, F. 2010. Estudio de la relación de la rugosidad topográfica obtenida a partir de datos Lidar y GPS con el coeficiente de rugosidad N de Manning. *Cuaternario y geomorfología*, 24 (1), 135-151.

Estornell, J., Ruiz, L.A., Velázquez-Martí, B. y Hermosilla, T. 2011. Analysis of the factors affecting LiDAR DTM accuracy in a steep shrub area. *International Journal of Digital Earth*, 4 (6), 521-538.

Jones, A.F., Brewer, P.A., Johnstone, E. y Macklin, M.G. 2007. High resolution interpretative geomorphological mapping of river valley environments using airborne LiDAR data. *Earth Surface Processes and Landforms,* 32 (10), 1574-1592.

Lane, S.N., Westaway, R.M. y Hicks D.M. 2003. Estimation of erosion and deposition volumes in a large, gravel-bed, braided river using synoptic remote sensing. *Earth Surface Processes and Landforms,* 28 (3), 249–271.

Legleiter, C.J. 2011. Remote measurement of river morphology via fusion of LiDAR topography and spectrally based bathymetry. *Earth Surface Processes and Landforms,* DOI: 10.1002/esp.2262.

Notebaert, B., Verstraeten, G., Govers, G. y Poesen, J. 2009. Qualitative and quantitative applications of LiDAR imagery in fluvial geomorphology. *Earth Surface Processes and Landforms,* 34 (2), 217-231.

Wheaton, J.M., Brasington, J., Darby, S.E. y Sear, D.A. 2010. Accounting for uncertainty in DEMs from repeat topographic surveys: improved sediment budgets. *Earth Surface Processes and Landforms,* 35 (2), 136-156.