

# CARTOGRAFÍA DE LA EROSIÓN POR BARRANCOS MEDIANTE RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA Y MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN EN EL PENEDEÈS (CATALUÑA)

C. ANTÓN y J.A. MARTÍNEZ-CASASNOVAS

canton@eudoramail.com y j.martinez@macs.udl.es

Universitat de Lleida. Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, Rovira Roure 177. 25198 Lleida

**RESUMEN:** Este artículo describe el uso de Modelos Digitales de Elevación, contruidos a partir de fotografías aéreas multitemporales, como herramienta para estimar la tasa de erosión en barrancos. La técnica se aplica a un caso que analiza la erosión en un barranco del Alt-Penedès-Anoia (Cataluña) entre los años 1975 y 1995. La tasa media de retroceso del barranco es de  $9,5 \text{ cm año}^{-1}$ , y la producción de sedimentos de  $200 \pm 90 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ . Se midió una disminución del área del barranco de 0,6 ha. Estos datos están influenciados por el movimiento de tierras producido por los agricultores de la zona que rellenan parte de los barrancos para no perder superficie de cultivo.

**ABSTRACT:** This paper describes the use of Digital Elevation Models constructed from multitemporal aerial photographs, like tool for measuring the erosion in gullies. This technique is applied in a case that analyses the rate of gully wall retreat in a gully of Alt-Penedès-Anoia (Catalonia) between 1975-1995. The retreat wall rate was  $9,5 \text{ cm year}^{-1}$ , and a sediment production of  $200 \pm 90 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ . It was measured a diminution in the gully area of 0,6 ha in the 20 years. This data were influenced by the movement and filling of the terrain produced by the farmers of the area with the purpose of recover terrain to the gully.

**Palabras clave:** erosión por barrancos, modelos digitales de elevación, SIG, fotografías aéreas

## INTRODUCCIÓN

La erosión por barrancos es un serio problema en muchas partes del mundo y particularmente en la cuenca mediterránea debido a sus características climatológicas, litológicas, del relieve y de los usos del suelo.

Varios autores han investigado la aplicación de técnicas fotogramétricas, usando fotografías aéreas multitemporales, para cartografiar los cambios volumétricos ocurridos en los barrancos, y con esto, calcular la cantidad de materiales erosionados y la tasa de erosión por concentración de flujo. Más recientemente y en línea con lo señalado por Thomas *et alii* (1986), la convergencia y extensión de la fotogrametría, la tecnología de imagen digital y los sistemas de información geográfica (SIG) han contribuido al uso de modelos digitales de elevación multitemporales (MDE) para calcular la producción de sedimentos causada por la erosión en barrancos (DeRose *et alii*. 1998; Martínez-Casasnovas, 1998; Betts y DeRose, 1999).

En el área de estudio la erosión por barrancos está ampliamente extendida y afecta a entre el 15 y el 27% de la superficie (Porta *et alii*, 1994; Martínez-Casasnovas, 1998).

El presente artículo muestra la metodología y los resultados obtenidos en el trabajo llevado a cabo para calcular la tasa de retroceso de las paredes del barranco y la tasa de producción de sedimentos. El método propuesto usa fotografías aéreas multitemporales y modelos digitales de elevación que son procesados mediante técnicas de SIG.

## ÁREA DE ESTUDIO

La región del Penedès se encuentra situada en el NE de España, a unos 30 km. Al sudoeste de Barcelona, entre la Sierra Prelitoral y los ríos Anoia y Llobregat. Para este trabajo se escogió la cabecera de la riera Rierussa.

Los principales usos del suelo en esta región son las viñas (35% del área) y cereales de invierno (6%), que alternan con las viñas. Esta área es parte de la Depresión Terciaria del Penedès y los materiales del suelo son fundamentalmente margas poco consolidadas. El área se encuentra dentro de un clima Mediterráneo templado a marítimo. Las precipitación media anual está entre 471 y 670 mm (Porta *et alii*. 1994). Esta precipitación es irregular, con tormentas de alta intensidad durante el otoño.

Una de las principales características del área es la disección del paisaje por una densa y profunda red de barrancos. El desarrollo de un sistema de barrancos ha sido favorecido por el cultivo de viñas. El periodo que va desde años los cincuenta hasta los noventa tuvo una especial importancia en esta región puesto que en estos años el sistema agrícola sufrió una transformación sustancial después del advenimiento de la mecanización tras los 50. Este cambio ha llevado a una creciente degradación del suelo.

Las investigaciones llevadas a cabo en esta región han determinado las tasas de erosión superficial y por arroyos en las parcelas de viñas, (Usón, 1998; Sánchez-Bosch y Martínez-Casasnovas, 2000), estimación de la probabilidad de ocurrencia de la aparición de erosión por cárcavas a nivel de parcela (Meyer y Martínez-Casasnovas, 1999) así como la tasa de producción de sedimentos, la tasa de retroceso de las paredes del barranco y la tasa de incisión del canal (Martínez-Casasnovas, 2000).

## METODOLOGÍA

El presente trabajo está basado en el uso de tecnologías de la información espacial, como sistemas de información geográfica y teledetección. En concreto se han utilizado fotografías aéreas restituidas detalladas (de escalas 1:5000 y 1:7000) de diferentes fechas (1975 y 1995) y modelos digitales de elevación (MDE) construidos a partir de la restitución fotogramétrica de las fotografías aéreas según el siguiente procedimiento.

A partir de la restitución fotogramétrica de fotografías aéreas se derivaron las curvas de nivel de 1m de distancia. De la interpretación de las fotografías se derivaron también los límites de ruptura, los torrentes y cárcavas y los límites del barranco.

A partir de las diferentes capas de información obtenidas en formato vectorial, se derivaron dos MDE en formato TIN (red de triángulos irregulares), uno para 1975 y otro para 1995. Para ello se utilizaron como líneas de ruptura las capas vectoriales de torrentes, cárcavas y rupturas de pendiente y, como fuentes de altura, se tomaron las curvas de nivel y las cotas. Del TIN se derivó un MDE de malla regular (raster) de 1m de

resolución espacial, que es el que se utilizó para el cálculo de la tasa de producción de sedimentos.

Para el cálculo de la tasa de retroceso de las paredes del barranco se crearon dos polígonos con el área del barranco para cada año. Posteriormente se intersectaron ambos polígonos y se calculó el área que el barranco había incrementado entre 1975 y 1995.

Para el cálculo de la tasa de producción de sedimentos se restó el modelo digital de elevación del barranco del año 1995 del de 1975 tras corregirlos de errores sistemáticos.

Se calculó el error tomando 14 puntos de control en zonas estables, que fueron principalmente carreteras y vías ferroviarias, debido a la fuerte modificación agrícola, industrial y residencial sufrida por esta área en estos 20 años. Para elegir estos puntos en el MDE se rectificó la fotografía de 1995 tomando los puntos de control a partir de mapas 1:5000 producidos por el Institut Cartogràfic de Catalunya. El error era en parte sistemático por lo que se corrigió el MDE de 1975 restándole 0,36 m, la media de los valores de los errores de los 14 puntos. El error estocástico se calculó como el error cuadrático de los valores de los 14 puntos tras la corrección del error sistemático.

Como valor de la densidad aparente del suelo movilizado se ha tomado el valor de 1,735 Mg m<sup>-3</sup>, calculado a partir de mediciones realizadas en el área de estudio por Martínez-Casasnovas (1998) y Usón (1998).

## RESULTADOS

Las áreas del barranco fueron respectivamente 10,6 ha para 1975 y 10 ha para 1995. Según esto, puede parecer que no ha habido retroceso de las paredes del barranco. Esto es debido a que amplias zonas han sido rellenadas por los agricultores convirtiéndolas en caminos o parcelas de cultivo, principalmente viñas (figura 1).

El área rellenada del barranco es de 1,1 ha, que corresponde al 10% del área del barranco en 1975. La superficie que han retrocedido las paredes del barranco es de 0,5 ha, lo que supone una tasa de retroceso de las paredes del barranco de 1,9m para los 20 años, es decir, 9,5 cm/año. Para el cálculo del retroceso de las paredes del barranco no se ha tenido en cuenta la parte de éste que ha sido rellenada.

Para el cálculo de la tasa de erosión del barranco se han restado los modelos digitales en ambos años excluyendo la zona que ha sido rellenada por los agricultores (figura 2). Los valores negativos (tonos de gris más claros) indican pérdida de suelo mientras que los valores positivos (tonos de gris más oscuros) indican sedimentación (en el lecho del barranco) o, influencia de los agricultores (relleno del barranco).

La actuación de los procesos erosivos en el barranco analizado generó 22646 m<sup>3</sup> de suelo en los 20 años, lo que supone una tasa de 1132 m<sup>3</sup> al año, es decir, 200±90 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. El movimiento de sedimentos en el barranco (erosión y sedimentación) fue de 132050m<sup>3</sup>, es decir, 1160±90 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Si sólo tenemos en cuenta el volumen de suelo erosionado en el barranco éste es de 670±90 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

## CONCLUSIONES

La metodología aplicada, basada en el análisis mediante SIG de datos multi-temporales, ha permitido localizar las áreas donde se produce erosión y/o sedimentación y cuantificar estos cambios.

La tasa de producción de sedimentos del barranco estudiado fue de 200±90 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, que si lo comparamos con los 1322 ± 142 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> que se midieron en la misma región (Martínez-Casasnovas, 2000) el valor obtenido es francamente reducido. Estas bajas tasas pueden ser debidas al aporte extra de sedimentos producidos por los movimientos de tierra en las parcelas y el relleno del barranco en muchos puntos por los agricultores. Además el trabajo de Martínez-Casasnovas (2000) se refiere a todo el sistema de barrancos de la Riera de la Rierussa, mientras que el presente trabajo se circunscribe a la cabecera de dicho sistema. Por otra parte, las resoluciones de los MDE empleados son significativamente diferentes.

Los datos estimados de producción de sedimentos derivados de los modelos digitales no han podido ser validados con datos de campo.

## BIBLIOGRAFÍA

- BETTS, H. D. y DE ROSE, R. C., 1999. Digital Elevation models as a tool for monitoring and measuring gully erosion. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 1(2): 91-101.
- DE ROSE, R. C., GÓMEZ, B., MARDEN, M. y TRUSTRUM, N. A., 1998. Gully erosion in Mangatu Forest, New Zealand, estimated from digital elevation models. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23: 1045-1053.
- MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J. A., 1998. Soil-landscape-erosion. Gully erosion in the Alt Penedès - Anoia (Catalonia, Spain). A spatial information technology approach: spatial databases, GIS and remote sensing. Ph. D. Thesis, Universidad de Lleida, Lleida, Spain.
- MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J. A., 2000. A spatial information technology approach for the mapping and quantification of gully erosion. *International Symposium "Gully Erosion under Global Change"*, Leuven (Belgium), April 2000.

PORTA, J., RAMOS, M. C. y BOIXADERA, J., 1994. Mechanical measures for runoff management and erosion control in vineyards of North East Spain. IN: R.J. Rickson (Editor), *Conserving soil resources: European perspective*, CAB International, Wallingford, pp. 369-378.

SÁNCHEZ-BOSCH, I. y MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J. A., 2000. Influence of land use changes and traditional soil conservation practices on erosion in the Penedès vineyard region (Catalonia). *Third International ESSC Congress "Man and Soil in the Third Millennium" Book of Abstracts*, Valencia 28 marzo - 1 abril 2000, pp. 197.

THOMAS, A. W., WELCH, R. y JORDAN, T. R. 1986. Quantifying concentrated-flow erosion on cropland with aerial photogrammetry. *Journal of Soil and Water Conservation*, 41:249-252.

USÓN, A., 1998. Medidas de control de la erosión en suelos de viña de las comarcas Anoia-Alt Penedès (Barcelona): Efectividad y viabilidad. Ph. D. Thesis, Universidad de Lleida, Lleida.

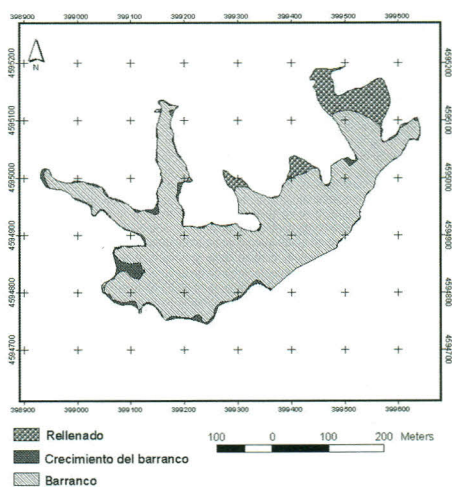
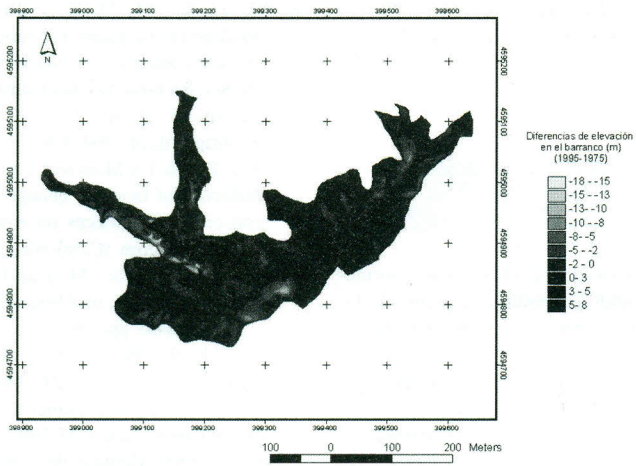


Figura 1. Cambios experimentados por el barranco entre los años 1975 y 1995.



**Figura 2.** Diferencias de alturas entre 1995 y 1975. Los valores negativos indican erosión, los valores positivos sedimentación.