

TÉCNICAS DENDROGEOMORFOLÓGICAS APLICADAS A LA CALIBRACIÓN DE MODELOS HIDRÁULICOS

Ballesteros, Juan¹; Bodoque, José María²; Díez-Herrero, Andrés¹; Sánchez-Silva, Mauricio³; Nieto, Ana²; Torp Larsen, Peter⁴

RESUMEN

La calibración de los modelos hidráulicos es un proceso complejo cuando existe escasez de datos de calados históricos, pero imprescindible para que los resultados del modelo sean verosímiles. Los datos procedentes del análisis dendrogeomorfológico en árboles de la ribera del río Alberche a su paso por Navalunga (Ávila), han permitido calibrar los parámetros de rugosidad de un modelo hidráulico bidimensional que se empleará para el análisis del riesgo por inundaciones en el núcleo urbano de este municipio.

Palabras clave: Dendrogeomorfología, calibración, modelo hidráulico, rugosidad, Ávila.

ABSTRACT

The calibration of hydraulic models is a complex process when historical flood stages are not available, but essential to the model results were plausible. Data from dendrogeomorphological analysis of trees located on the banks of the Alberche river as it passes through Navalunga village (Ávila) have enabled successfully calibrate roughness parameters of a two-dimensional hydraulic model that will be used for flood risk.

Key words: Dendrogeomorphology, calibration, hydraulic model, roughness, Ávila.

¹ Área de Investigación en Peligrosidad y Riesgos Geológicos, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, España. ja.ballesteros@igme.es; andres.diez@igme.es ² Departamento de Ingeniería Geológica y Minera. Universidad de Castilla-La Mancha. Campus Fábrica de Armas, Toledo, España. Josemaria.bodoque@igme.es ³ Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de Los Andes, Bogota, Colombia. msanchez@uniandes.edu.co. ⁴ Departamento de Hidráulica Fluvial y Urbana, DHI, Madrid, España. Ptl@dhigroup.com

INTRODUCCION Y OBJETIVOS

La Dendrogeomorfología estudia los diversos procesos geomorfológicos a través de la secuencia de anillos de crecimiento de la vegetación. En el caso concreto de las avenidas torrenciales, los diversos indicadores dendrogeomorfológicos (IDs) que pueden encontrarse sobre la vegetación de ribera constituyen una fuente de datos indirectos susceptibles de ser utilizados para la caracterización de la frecuencia y magnitud de eventos pretéritos. Hasta el momento, el empleo de esta técnica se ha focalizado en el estudio de la frecuencia de eventos pretéritos (Ballesteros et al., 2010); y, en menor medida, en la reconstrucción de sus caudales asociados (Ballesteros et al., 2009). Sin embargo, la utilidad de este tipo de paleoindicadores no se limita exclusivamente al estudio de eventos pasados ocurridos en cuencas no aforadas. Así, las marcas de paleonivel, tales como descortezados en los árboles provocados por el impacto de la carga sólida (Gottesfeld, 1996), también pueden ser utilizadas en la calibración de modelos hidráulicos cuya finalidad sea el estudio de la peligrosidad por inundación.

Este trabajo presenta la utilidad de los IDs para calibrar el parámetro rugosidad en modelos hidráulicos bidimensionales.

ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio es un tramo del río Alberche (cuena del Tajo) a su paso por el núcleo urbano de Navaluenga, municipio situado al sur de la provincia de Ávila, entre la Sierra del Valle y la Sierra de la Paramera ($40^{\circ} 24' 30''$ N; $4^{\circ} 42' 17''$ O; 761msnm – Fig. 1). Esta villa ha sufrido históricamente los efectos de las inundaciones debido al desbordamiento del río Alberche. Sólo en los últimos 140 años, existen más de 40 citas de inundaciones (Díez 2001-2003). La elevada actividad torrencial ha propiciado que se puedan encontrar numerosos IDs, tales como descortezados y formas en candelabro, en la vegetación de ribera formada fundamentalmente por aliso (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.).

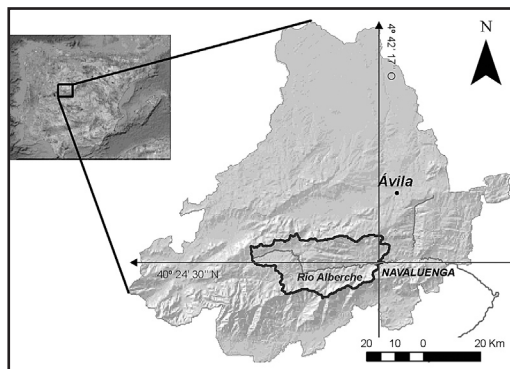


Figura 1. Situación de la zona de estudio

METODOLOGÍA

En el campo se muestrearon 48 heridas que definían marcas de paleonivel de árboles situados principalmente sobre las barras internas del río Alber-

che. Paralelamente, se llevó a cabo un levantamiento batimétrico y también topográfico de las márgenes del tramo de río estudiado, que posteriormente se incluyó en la topografía 1:1000 del municipio para generar una malla topográfica de resolución media (2x2m).

Aprovechando el período de estiaje del río se cartografiaron zonas homogéneas de rugosidad, a las cuales se les adjudicó un rango de valores (n de Manning - $m^{1/3}/s$) de acuerdo con Chow (1959).

La información obtenida de la estación de aforos (caudal-año de evento y altura de lámina de agua) se relacionó con las marcas de paleonivel muestreadas a través de su datación dendrocronológica. En este trabajo se asume que las alturas asociadas por las marcas de paleonivel definen la altura mínima alcanzada por el evento de mayor magnitud de ese año.

Los caudales asociados a cada herida fueron modelados utilizando una aplicación informática para análisis hidráulico bidimensional (MIKE 21) en el que se introdujeron las infraestructuras existentes y los diversos parámetros hidráulicos que conforman el modelo hidráulico. La calibración de las rugosidades se realizó para el conjunto de valores de rugosidad cuyos resultados minimizaban la desviación entre los resultados obtenidos de la lámina de agua y las alturas de los indicadores dendrogeomorfológicos muestreados.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis dendrocronológico de las 48 muestras permitió datar 7 eventos de avenidas producidas en el río Alberche entre 1971 y 2006. La tabla 1 muestra las fechas obtenidas de las dataciones y los caudales asociados registrados en la estación de aforos de Navalunga. Dicha estación está operativa desde 1973, por lo que el evento datado en 1971 no pudo ser utilizado para la calibración de la rugosidad.

Se definieron 12 mapas de rugosidad, en formato raster, en los que aparecen delineadas 13 zonas homogéneas cuyos valores varían entre 0,015 hasta 0,05. La mínima desviación media entre valores observados y valores obtenidos de la simulación hidráulica para el conjunto de valores que mejor se ajustó estuvo entorno a 30 cm (25%), aunque se observaron ligeras diferencias en función del evento calibrado. La Figura

2 muestra la desviación observada en la calibración de la rugosidad para el evento de 1989. La Figura 3 representa el modelo hidráulico simulado para el evento de 1996 y la combinación de valores de rugosidad obtenidos en su calibración.

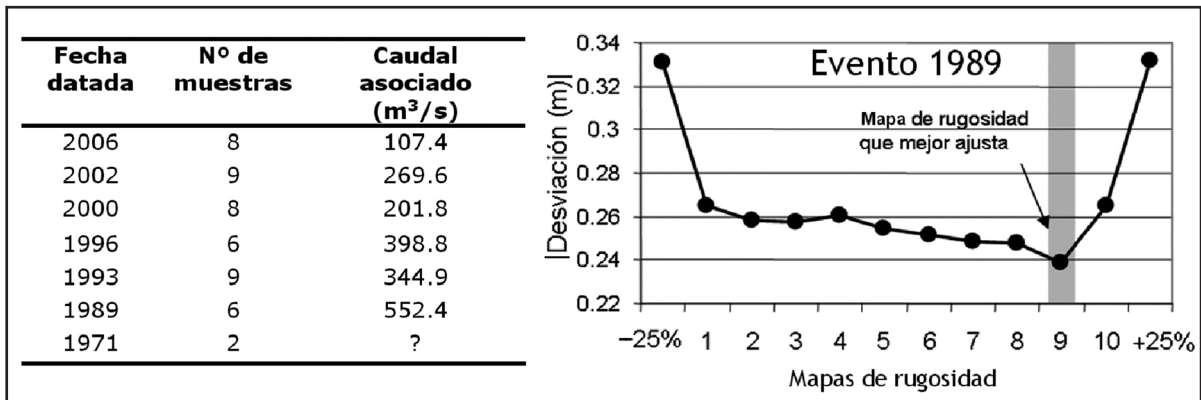


Tabla 1. Asignación de caudales a los eventos datados dendrocronológicamente.
 Figura 2. En abscisa desviación total, en valor absoluto, asociada al proceso de calibración de la rugosidad para el evento de 1989 entre las alturas modeladas y las marcas de paleonivel

Por otra parte, la utilización de IDs en la calibración hidráulica permite tener diversos puntos de control (tantos como árboles muestreados) lo que podría ofrecer mayor robustez al proceso. En este sentido, la realización de estudios comparativos, entre la desviación asociada a IDs durante el proceso de calibración con medidas directas de aforos, podría aportar el grado de incertidumbre existente a la hora de estimar la peligrosidad por inundaciones.

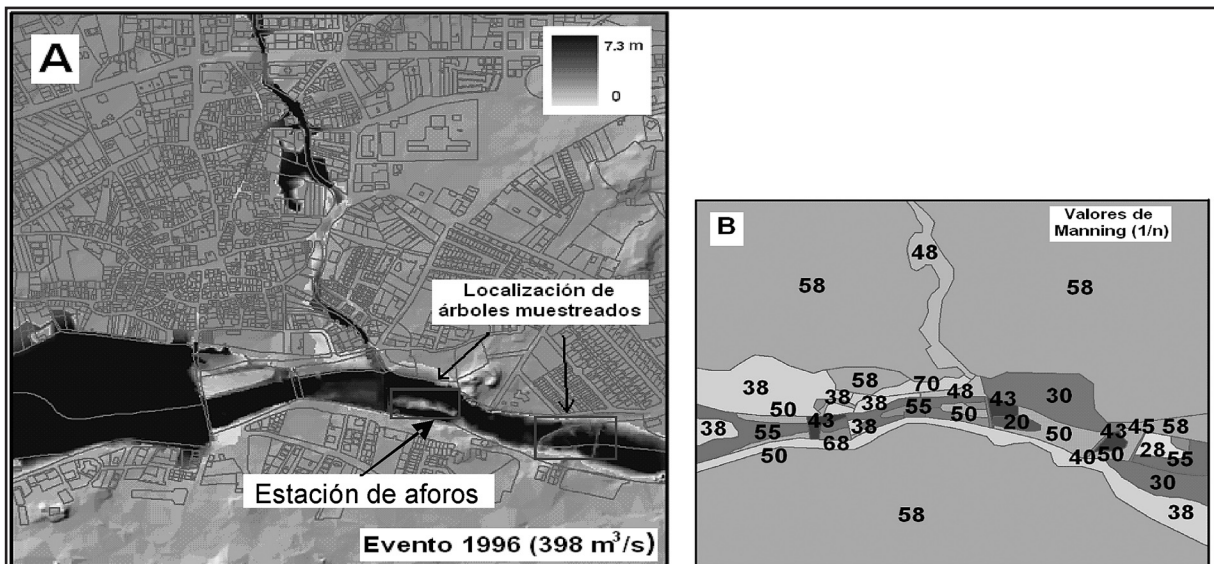


Figura 3. A) Resultados del modelo bidimensional para el evento de 1996. B) Mapa de rugosidad empleados en la calibración

Por último, las dataciones dendrocronológicas han revelado un evento no registrado por la estación de aforos. No obstante, el bajo número de muestras (2) impidió estimar de forma fiable su caudal asociado.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiada por la Fundación MAPFRE 2009 (ayudas a proyectos de I+D) y el proyecto de investigación Dendro-Avenidas (CGL2007- 62063/HID).

BIBLIOGRAFÍA

- Ballesteros, J.A., Stoffel, M., Bodoque J.M., Bollschweiler, M., Hitz, O., y Díez-Herrero, A. (2010): Wood anatomy of *Pinus Pinaster* Ait. following wounding by flash floods. *Tree ring Research*, in press.
- Ballesteros Cánovas, J.A., Eguibar, M., Bodoque, J.M., Gutiérrez-Pérez, I., Díez-Herrero, A., y Stoffel, M. (2009): Combining dendrogeomorphological and topographical techniques for hydraulic modelling in mountain streams. *Proceedings of the 18th World IMACS / MODSIM congress, Cairns, Australia*, 2651-2657.
- Chow, V.T., (1959): *Open-channel hydraulics*. New York, McGraw- Hill Book Co.; 680 p.
- Díez, A. (2001): *Geomorfología e Hidrología fluvial del río Alberche. Modelos y SIG para la gestión de riberas*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 587p.
- Gottesfeld, A.S. (1996): British Columbia flood scars: maximum flood-stage indicator. *Geomorphology* 14, 319-325.