

Metodología para la localización de cuencas hidrográficas idóneas para el estudio dendrogeomorfológico de avenidas torrenciales

J.A. Ballesteros (1), A. Díez-Herrero (1), J.M. Bodoque (2), M. Llorente Isidro (1), L. Laín Huerta (1) y E. García Meléndez (3)

- (1) Area de Investigación en Peligrosidad y Riesgos Geológicos. Instituto Geológico y Minero de España. Correo: ja.ballesteros@igme.es
(2) Departamento de Ingeniería Geológica y Minera. Universidad de Castilla-La Mancha.
(3) Departamento de Geografía y Geología. Universidad de León.

Abstract

Methodology to locate watersheds suitable to carry out dendrogeomorphological study of torrential floods

A methodology based on the use of Geographic Information System (GIS) and on Muticriteria Evaluation techniques (MCE) has been developed to locate those watersheds suitable to apply dendrogeomorphological techniques in the Center of the Iberian Peninsula. Factors which make possible the recognition of dendrogeomorphological evidences as cross-dating index vegetation, flooding probability and the aptitude to incorporate sediment load to the channel, were considered, by assigning a weight to each of the considered factors. The used approach consists of MCE evaluation based on expert opinions. Next, both a hydrological and geo-mechanical models were implemented by using a GIS. The results has been a map with a scale 1:200.000 where the most interesting watersheds suitable to apply dendrogeomorphological are represented and a database with information about each watersheds.

Palabras clave: dendrogeomorfología, Sistemas de Información Geográfica (SIG), Evaluación Multicriterio (EMC), avenida, torrencial.

Key words: dendrogeomorphology, Geographic Information Systems (GIS), Muticriteria Evaluation techniques (MCE), torrential floods

1. INTRODUCCIÓN

Hasta el momento, la selección de las áreas de estudio para la aplicación de técnicas dendrogeomorfológicas en el estudio de procesos activos como movimientos de ladera, aludes, erosión de suelos y avenidas torrenciales, se ha basado en la experiencia personal, recorridos de campo y el empleo de herramientas genéricas de visualización tipo *Google Earth* (Stoffel, com. pers.).

Sin embargo, estas estrategias de búsqueda pueden resultar poco eficientes en cuanto al tiempo que requieren; y poco objetivas ya que dependen, en gran medida, de la accesibilidad de las zonas normalmente montañosas, pudiéndose, por tanto, dejar amplios sectores fuera de las áreas de rastreo. En estos casos el uso de los sistemas de información geográfica (SIG) permite llevar a cabo una prospección territorial inicial de forma eficaz y objetiva, mediante la evaluación de

determinadas variables espaciales que condicionan la existencia de evidencias dendrogeomorfológicas (Diez et al., 2008). En este trabajo se presenta el procedimiento llevado a cabo en la fase inicial del proyecto Dendro-Avenidas del Plan Nacional de I+D+i, para localizar las cuencas torrenciales más idóneas para el estudio y aplicación de técnicas dendrogeomorfológicas en el centro de la península Ibérica.

2. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

Para la consecución del objetivo planteado, se ha desarrollado una metodología integrada en el ámbito de los SIGs, consistente en definir una serie de variables que condicionan la mayor o menor existencia de evidencias dendrogeomorfológicas junto a las márgenes de los torrentes, por medio de la conexión de los SIGs (*ArcGis 9.1* y

ArcView 3.2, ESRI) y los módulos hidrológicos (*Hydrology*, ESRI), geomecánicos (*Shalstab*; Dietrich y Montgomery, 1998) y una aplicación de cálculo de precipitaciones (MaxPlu; DGC, 1999); y su posterior valoración mediante técnicas de evaluación multicriterio, comúnmente utilizadas durante la fase de toma de decisión en estudios territoriales de índole ambiental (Barredo, 1996).

2.1 Definición de las variables condicionantes y reclasificación según su potencialidad

Los datos de partida son: el modelo digital de elevaciones (MDE) con tamaño de celda 100x100m (EROS Data Center); el mapa forestal español (MFE50), a escala 1:50.000 (MMA, 2000); la información litoestadigráfica y de formaciones superficiales (MLFS) a escala 1:400.000 (Del Pozo, 2006); y de la información del parámetro de escurrentía P_0 , en formato raster con resolución 1x1 km (Ferrer, 2003). Se han definido tres variables o índices, procurando cumplir los principios de coherencia, no redundancia y exhaustividad (Fig.1).

2.1.a Índice vegetal de datación cruzada

Este índice clasifica a cada especie vegetal en función de su interés para su uso en dendrocronología, a través de una escala numérica basada en la experiencia empírica (Grissino Mayer, 1993), en: 0, poco interesantes; 1, interés moderado; 2, interés elevado. Su obtención ha consistido en importar y reclasificar, según este criterio, el MFE50 de las provincias de Ávila, Cuenca, Guadalajara, Madrid y Segovia.

2.1.b Índice severidad de desbordamiento

Utilizando la ratio Q_T/Q_b (Díez y Garrote, 2008), y combinándola posteriormente con la pendiente longitudinal del cauce para discriminar los cauces con carácter torrencial (Meunier, 1999), se ha evaluado para cada punto de control de cada cuenca, la severidad del desbordamiento para un periodo de retorno (T) de 50 años,

considerando como caudal de *bankfull* o cauce lleno, el correspondiente a un periodo de retorno de tres años.

Para obtener los parámetros hidrológicos necesarios para realizar los cálculos de caudales por el método racional, se ha utilizado: 1) el módulo *Hydrology* (ArcToolbox) para calcular la red de drenaje, las cuencas (con un área $> 3 \text{ km}^2$) y los puntos de control; 2) la aplicación MaxPlu (DGC, 1999) para obtener la información de lluvias en formato raster (1000x1000m) para T = 3 y 50 años; y, 3) una aplicación desarrollada en lenguaje ArcInfo (Garrote, 2007) para el cálculo de los parámetros del tiempo de concentración (t_c) sobre los puntos de control.

Por último, el índice en cada subcuenca se reclasificó en tres valores discretos (1, 2 y 3), en orden creciente de severidad, para su posterior combinación.

2.1.c Índice de susceptibilidad al movimiento de material sólido

La incorporación de carga sólida al torrente procedente de la cuenca, favorece la producción de daños sobre la vegetación de ribera debido a impactos del material transportado y a procesos de sedimentación. Por este motivo, se ha incluido una variable de susceptibilidad al movimiento de material sólido resultado de la combinación del modelo de estabilidad de laderas Shalstab (Dietrich y Montgomery, 1998), y del MLFS (Del Pozo, 2006), previamente reclasificado según su grado de consolidación del material. De igual manera, el resultado se reclasificó en tres valores discretos (1, 2 y 3) en orden creciente de susceptibilidad.

2.2 Asignación de pesos y regla de decisión

Para la asignación de pesos de cada una de las variables definidas, se ha utilizado una variante simplificada del denominado método Delphi de consenso. A través de una encuesta, se solicitó la opinión de una

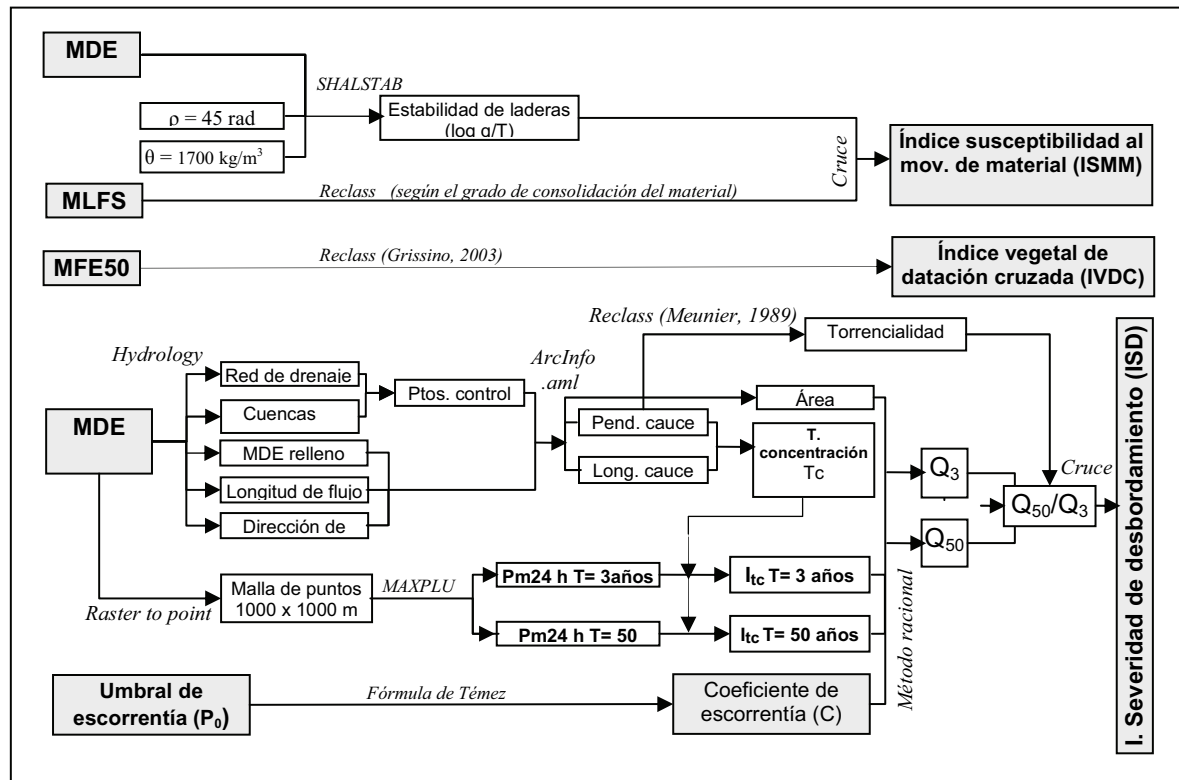


Fig. 1. Diagrama de flujo de la metodología empleada (esquema cartográfico) de la metodología empleada

serie de expertos para que valorasen el grado de importancia de las variables en su conjunto, por medio de una escala del 0 al 1. Tras comprobar que los resultados convergían adecuadamente tras la primera ronda de encuestas, se desestimó llevar a cabo una segunda circulación por considerarlo inoperativo.

3 RESULTADOS

El mapa de idoneidad (M.I.) de cuencas torrenciales para el estudio dendrogeomorfológico, se ha obtenido como la sumatoria lineal ponderada (SLP) de cada una de las variables (*índice vegetal de datación cruzada, severidad del desbordamiento y susceptibilidad al movimiento de material sólido*), con sus respectivos pesos (0.4, 0.6, 0.8), respectivamente.

$$M.I. = 0.4 \times IVDC + 0.6 \times ISD + 0.8 \times ISMM$$

La reclasificación final de las cuencas en tres clases (1, 2, 3) según su valor, se ha llevado a cabo utilizando el método *Equal Interval* de ArcGis (ESRI).

El resultado final consiste en un mapa a escala 1:200.000 (Fig. 2) donde se representan las cuencas, con máximo valor (clase 3), del centro peninsular, asociado a una base de datos donde se puede consultar información, como su localización exacta (X_{UTM} , Y_{UTM}), y sus distintas características botánicas, hidrológicas y geomecánicas. Por otra parte, el modelo ha revelado la existencia de tres áreas con una mayor densidad de cuencas idóneas. Estas zonas corresponden con la cabecera del alto Tajo-Serranía de Cuenca, zona de Somosierra-Sierra de Guadarrama y la zona de Sierra del Valle y vertiente sur de la Sierra de Gredos.

Estos resultados quedan corroborados en las primeras inspecciones de campo, al haber localizado evidencias dendrogeomorfológicas en las cuencas de Venero Claro, Valle de Iruelas, Barondillo, etc., todas ellas en el mapa de la figura 2.

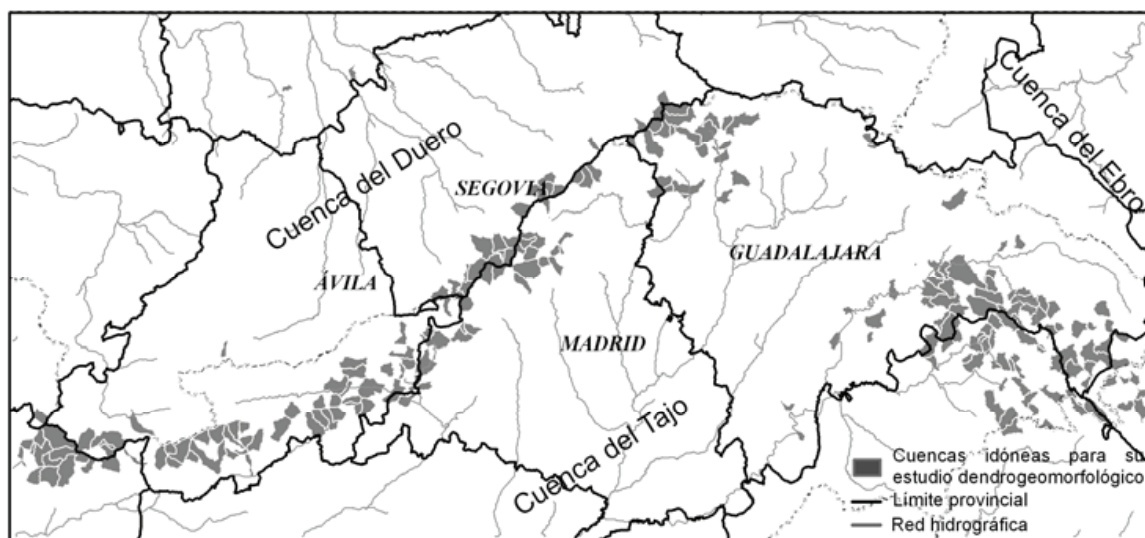


Fig. 2. Mapa de idoneidad de cuencas torrenciales en el Centro Peninsular

4 CONCLUSIÓN

El uso combinado de los SIG y de técnicas de evaluación multicriterio, ha permitido realizar una rápida y objetiva prospección del territorio, para localizar las cuencas torrenciales más interesantes desde el punto de vista del estudio dendrogeomorfológico, lo que ha sido de gran interés a la hora de diseñar y planificar las campañas de reconocimiento y localización en campo de las zonas piloto de estudio.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer su colaboración a Montse Ferrer (*TecnoSilva*) y al Área de Infraestructura Hidrogeológica del IGME, por facilitarnos parte de la información espacial de partida.

BIBLIOGRAFÍA

- Barredo, J.I. (1996). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Rama, Madrid.
- Del Pozo, M (Coord.) (2006). *Mapa Litoestatigráfico y de Permeabilidad de España*. Escala 1:400.000. Instituto Geológico y Minero de España y Dirección General del Agua. CD-ROM.
- DGC (1999). *Máximas lluvias diarias en la España peninsular*. Serie monografías, Dirección General de Carreteras (Ministerio de Fomento), Madrid, 28 pp.
- Dietrich, WE. y Montgomery, D.R. (1998.) Shalstab: *A digital terrain model for*

mapping shallow landslide potential. National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement.

- Díez-Herrero, A.; Ballesteros, J.; Bodoque, J.M.; Eguibar, M.A.; Fernández, J.A.; Génova, M.; Laín, L.; Llorente, M.; Rubiales, J.M.; Stoffel, M. (2008). Mejoras en la estimación de la frecuencia y magnitud de avenidas torrenciales mediante técnicas dendrogeo-morfológicas. *Boletín Geológico y Minero*, 118 (4).
- Díez, A. y Garrote, J. (2008). La ratio QT/Qb: un nuevo método hidrológico-hidráulico de fundamento geomorfológico para el estudio de la inundabilidad en territorios amplios. En J. Gracia et al. (Eds.).
- Ferrer, M. (2003). Análisis de nuevas fuentes de datos para la estimación del parámetro número de curva: perfiles de suelo y teledetección. *Cuaderno de Investigación C48. CEDEX*, Madrid, 346 pp.
- Garrote, J. (2007). *cal_area.aml; script de ArcInfo para la obtención de las variables necesarias para el cálculo de caudales según el método racional*. Madrid, inédito.
- Grissino-Mayer, H.D. (1993). An updated list of species used in tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin*, 53, 17- 43.
- Meunier, M. (1989). Essai de synthèse des connoissances en érosion et hydraulique torrentielle. *La Houille Blanche*, 5, 61-375.
- MMA (2000). *Mapa Forestal de España*. MFE50. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. CD-ROM.