

CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS EN CAUCES TORRENCIALES EN RELACIÓN CON CAMBIOS EN LA CUBIERTA VEGETAL

Geomorphic changes in torrential rivers related to changes in land cover

Y. Sanjuán¹, J. M. García-Ruiz¹, A. Gómez-Villar², E. Nadal-Romero³, J. Álvarez-Martínez⁴, P. Serrano-Muela¹, J. Arnáez⁵ y P. González-Sampériz¹

¹ Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, C. Aula Dei, Apdo. 13.034, 50.080-Zaragoza. ysanjuan@ipe.csic.es

² Departamento de Geografía y Geología, Universidad de León, 24.071-León.

³ Departamento de Geografía, Universidad de Zaragoza, 50.009-Zaragoza.

⁴ Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal, Campus La Yutera, 34.071-Palencia.

⁵ Área de Geografía Física, Universidad de La Rioja, 26.004-Logroño.

Abstract: The Ijuez River drains a small catchment in the Eocene flysch of the Central Pyrenees, with natural and reforested forests and subalpine grasslands above 1700 m. The alluvial plain shows the typical characteristics of braided rivers, with a large accumulation of coarse sediment and a wandering channel. A reach of 4 km has been studied in detail, where the presence of several sedimentary structures reveals the occurrence of various hydrological and geomorphic changes: (i) a fluvial terrace located 3-4 m above the actual channel; (ii) a large debris flow accumulation over the terrace; and (iii) the alluvial plain, which has recently incised into the sediment accumulation. These structures are inferred to be the consequence of land cover changes occurred in the subalpine and montane belts in the last 150 years.

Palabras clave: río torrencial, río trenzado, flujos de derrubios, cambios de uso del suelo, Pirineos

Key words: torrential river, braided river, debris flows, land-use changes, Pyrenees

1. INTRODUCCIÓN

La morfología de cauces y llanuras aluviales expresa las características de la cuenca, especialmente el clima, las pendientes, la litología y la cubierta vegetal y usos del suelo. Estas características influyen en los procesos de generación de escorrentía, la magnitud de las crecidas y los procesos de erosión y transferencia de sedimento. Por esta razón, cualquier cambio que tenga lugar en la cuenca afecta en un plazo más o menos inmediato a la morfología del cauce y a su dinámica. Las áreas de montaña se han visto afectadas por importantes cambios en la cubierta vegetal durante los últimos dos siglos debido a las transformaciones de los usos del suelo y de la presión demográfica sobre el territorio. En el Pirineo español es bien conocido que a mediados del siglo XIX se alcanza el máximo demográfico y que gran parte de las laderas son deforestadas, a veces para implantar sistemas agropecuarios con un fuerte impacto erosivo (Lasanta et al., 2006). Posteriormente,

sobre todo a partir de mediados del siglo XX, tuvo lugar una intensa despoblación y el abandono de tierras de cultivo en laderas, junto con un descenso de la presión ganadera. Esto se tradujo en una notable expansión de las masas forestales que explican un descenso de los caudales y del transporte de sedimento (Beguiría et al., 2003), en un proceso similar al de otras montañas mediterráneas (García-Ruiz y Lana-Renault, 2011; García-Ruiz et al. 2011). Por esta razón se encuentran en algunos ríos del Pirineo las huellas de cambios recientes, cuya explicación y relación con los cambios de cubierta vegetal es el objetivo principal de este trabajo.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo se ha llevado a cabo en la cuenca del río Ijuez, afluente del río Aragón. El tramo de cauce estudiado tiene 4 km de longitud y corresponde a una superficie de cuenca de 4,9 km² (Fig. 1), con 1180 y 2173 m como puntos más bajo y más alto respectivamente. La

cuenca del río Ijeuz se asienta en su totalidad en el flysch eoceno, intensamente plegado y fallado, recubierto por un coluvión con una elevada capacidad para aportar sedimentos de formas súbita. Este coluvión se ve afectado por frecuentes deslizamientos superficiales que evolucionan hacia flujos de derrubios (Bathurst et al., 2007). La zona de pastos subalpinos está drenada por varios barrancos muy activos, profundamente encajados y pendientes, y quedan aún restos de suelo profundo que están afectados por deslizamientos superficiales que no conectan con la red fluvial (García-Ruiz et al., 2010).



Figura 1. Localización del área de estudio.
Figure 1. Location of the study area.

El clima es submediterráneo de montaña, con 900 mm de precipitación media anual en la parte baja de la cuenca y en torno a 2000-2200 mm cerca de las divisorias. La temporada de lluvias se concentra entre octubre y mayo. La nieve se acumula durante la estación fría a partir de 1650 m. La ocurrencia de eventos hidrológicos de elevada intensidad es frecuente, el último de los cuales generó una intensa avenida en el río Aragón y en el Ijeuz (Serrano-Muela et al., 2013), con un pico de avenida en este último probablemente superior a $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. (aprox. $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$)

La cuenca del río Ijeuz fue casi completamente deforestada y la mayor parte de las laderas por debajo de 1600 m se cultivó, especialmente en la solana. Actualmente los campos de cultivo en laderas están abandonados y recolonizados por densos pinares de *Pinus sylvestris*, en buena parte correspondientes a repoblaciones forestales en la década de 1960.

3. MÉTODOS

Se emplearon fotos aéreas del vuelo de 1956 y la ortofoto de 2006 para elaborar los correspondientes mapas de cubierta vegetal y la evolución de los usos del suelo durante el periodo 1956-2006. El método de Wolman (1954) se utilizó para caracterizar las estructuras sedimentarias del fondo del valle, para lo que se seleccionaron 55 puntos de muestro distribuidos entre el cauce activo, la llanura aluvial, acumulaciones de flujos de derrubios y una terraza fluvial. Seis fragmentos de madera localizados entre los flujos de derrubios fueron datados siguiendo el método de ^{14}C en el Poznan Radiocarbon Laboratory.

4. RESULTADOS

Se han producido grandes cambios en la extensión ocupada por cada cubierta vegetal entre 1956 y 2006 en la cuenca superior del río Ijeuz. Destaca la extraordinaria expansión y densificación de los bosques de pino silvestre, que pasan de ocupar 13,6 ha a 220,4 ha. En cambio, los pastos subalpinos se han visto reducidos de 165,3 ha a 96,9, debido a la colonización parcial por el pinar. Los matorrales también han visto reducida su extensión, de 113,2 ha a 50,2 ha, por el mismo proceso de expansión del pinar. También es importante la reducción experimentada por las áreas erosionadas, que pasan de 59,7 a 41,0 ha. Paralelamente, la llanura aluvial ha pasado de 7,7 ha a 4,6 ha, reflejando los cambios ocurridos en las laderas.

Tres tipos de estructuras sedimentarias aparecen en el fondo del valle (Fig. 2).

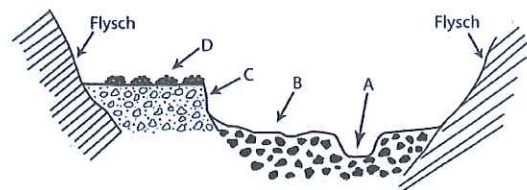


Figura 2. Rasgos geomórficos en la cabecera del río Ijeuz. A: Cauce actual. B: Llanura aluvial. C: Terraza fluvial. D: Flujos de derrubios. La anchura del cauce es de unos 150 m. La escala vertical está exagerada

Figure 2. Organization of the sedimentary environments in the upper torrential reach of the Ijeuz River. A: active channel; B: active alluvial plain; C: fluvial terrace; D: debris flow deposits. The width of the valley bottom is approximately 150 m. Vertical scale is exaggerated.

En primer lugar hay una terraza que se eleva entre 3 y 4 metros por encima del cauce actual. Se caracteriza por la presencia de clastos de hasta 30 o 35 cm de eje mayor, empastados en una abundante matriz fina. En segundo lugar, sobre la terraza aparece una gran acumulación de clastos desprovistos de matriz fina y dispuestos de manera caótica, que se interpretan como flujos de derrubios (debris flows) que contrastan fuertemente con la terraza subyacente. Ocasionalmente, entre la terraza y los flujos de derrubios aparece un paleosuelo muy delgado. El contacto entre ambas formaciones es nítido, de manera que no puede hablarse de transición entre una y otra (Fig. 3). Por último, la llanura aluvial actual muestra un notable proceso de encajamiento muy reciente, tal como sugiere su evolución superficial, con una gran acumulación de clastos pobremente clasificados. La llanura aluvial funciona como un cauce único en momentos de avenida, aunque normalmente el caudal se limita a un cauce sinuoso que cambia frecuentemente de trazado. La pendiente longitudinal de la llanura aluvial (y asimismo la de la terraza) está en torno a 9° al principio y entre 6-7° al final del tramo estudiado. Es importante señalar que el tamaño de los clastos experimenta un ligero descenso estadísticamente significativo (Gómez-Villar et al., 2014), como consecuencia de los procesos de clasificación y abrasión típicamente fluviales. En cambio, los flujos de derrubios no muestran la más mínima organización espacial a lo largo del curso, reflejando que han sido producidos por movimientos en masa que no introducen ninguna clasificación.

De los seis fragmentos de madera obtenidos y datados, cinco corresponden a los flujos de derrubios y uno a una sub-terracea fluvial de 1,5m. Todos pertenecen a *Pinus sylvestris*, que es la especie forestal más común del piso montano. Las fechas obtenidas con 14C coinciden alrededor de 100-110 años BP, siendo el más antiguo de 110 ± 30 años y el más joven de 90 ± 25 años.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La existencia de diferentes estructuras sedimentarias en el río Ijuez refleja la ocurrencia de cambios importantes en la

cuenca y en su capacidad de producción y transporte de sedimento. Muy probablemente, la acumulación sedimentaria que más tarde se convertiría en la terraza fluvial debió corresponder a un río torrencial debido a las fuertes pendientes de la cuenca y a una notable deforestación que aporta grandes cantidades de finos, quizás desde el piso subalpino, que se deforestó relativamente pronto. Posteriormente el crecimiento demográfico obligó a deforestar las laderas de la montaña media, por debajo de 1600 m, y a cultivar cereales en laderas muy pendientes, a veces mediante sistemas poco conservadores. El resultado debió ser una erosión muy intensa y la formación de flujos de derrubios que se depositaron sobre la terraza fluvial, mostrando un claro cambio de régimen hidrológico y geomorfológico. Esto ocurrió durante el último tercio del siglo XIX, coincidiendo con el máximo demográfico y también con un periodo de mayor frecuencia y magnitud de avenidas fluviales (Machado et al., 2011). Desde la década de 1960 la reforestación natural y artificial ha reducido el aporte de sedimento hacia el cauce, provocando la progresiva incisión en sus propios sedimentos. La terraza y los flujos de derrubios han pasado a ser la principal fuente de sedimento.



Figura 3. Contraste entre la terraza fluvial y el depósito de flujos de derrubios.

Figure 3. Contrast between the fluvial terrace and the debris flows.

Agradecimientos

Proyecto INDICA (CGL2011-27753-C02 y -01) e HIDROCAES (CGL2011-27574_C02-01).

REFERENCIAS

- Bathurst, J.C., Moretti, G., El-Hames, A., Beguería, S., García-Ruiz, J.M. 2007. Modelling the impact of forest loss on shallow landslide sediment yield, Ijuez catchment, Spanish Pyrenees. *Hydrology and Earth System Sciences* 11 (1), 569-583.
- Beguería, S., López-Moreno, J.I., Lorente, A., Seeger, M., García-Ruiz, J.M. 2003. Assessing the effects of climate oscillations and land use changes on the streamflow in the Central Spanish Pyrenees. *Ambio* 32 (4), 283-286.
- García-Ruiz, J.M., Lana-Renault, N. 2011. Hydrological and erosive consequences of farmland abandonment in Europe, with special reference to the Mediterranean region – A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 140, 317-338.
- García-Ruiz, J.M., Beguería, S., Alatorre, L.C., Puigdefábregas, J. 2010. Land cover changes and shallow landsliding in the Flysch sector of the Spanish Pyrenees. *Geomorphology* 124, 250-259.
- García-Ruiz, J.M., López-Moreno, J.I., Vicente-Serrano, S.M., Lasanta, T., Beguería, S. 2011. Mediterranean water resources in a Global Change scenario. *Earth Science Reviews* 105 (3-4), 121-139.
- Gómez-Villar, A., Sanjuán, Y., García-Ruiz, J.M., Nadal-Romero, E., Álvarez-Martínez, J., Arnáez, J., Serrano-Muela, M.P. 2014. Sediment organization and adjustment in a torrential reach: the Upper Ijuez River, Central Spanish Pyrenees. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 40 (1).
- Lasanta, T., Beguería, S., García-Ruiz, J.M. 2006. Geomorphic and hydrological effects of traditional shifting agriculture in a Mediterranean mountain area. *Mountain Research and Development* 26 (2), 146-152.
- Machado, M.J., Benito, G., Barriandos, M., Rodrigo, F.S. 2011. 500 years of rainfall variability and extreme hydrological events in southeastern Spain drylands. *Journal of Arid Environments* 75, 1244-1253.
- Serrano-Muela, M.P., Nadal-Romero, E., Lana-Renault, N., González-Hidalgo, J.C., López-Moreno, J.I., Beguería, S., Sanjuan, Y., García-Ruiz, J.M. 2013. An exceptional rainfall event in the central western Pyrenees: Spatial patterns in discharge and impact. *Land Degradation & Development*, doi: 10.1002/ldr.2221
- Wolman, M.G. 1954. A method of sampling coarse river-bed material. *Transactions of the American Geophysical Union* 35, 951-956.