

Presentada la tesis doctoral de Manel Llena Hernando del Grupo de Investigación en Dinámica Fluvial

"**Geomorphic responses to natural and human disturbances in a mountain catchment at multiple temporal and spatial scales**" es el título de la tesis doctoral realizada en el Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo de la Universidad de Lleida por **Manel Llena Hernando**. La tesis, dirigida por los doctores Damià Vericat Querol y Mark W. Smith, fue defendida el 8 de noviembre de 2019, obteniendo la máxima calificación.

La investigación, desarrollada en el Grupo de Investigación en **Dinámica Fluvial (RIUS)** [/sites/Dqfas/es/recerca/rius/], se centró en el estudio de la transferencia de agua y sedimentos desde las áreas fuente de sedimentos hasta las áreas de sedimentación a múltiples escalas temporales (desde datos con una frecuencia de cinco minutos hasta información de un siglo) y espaciales (desde laderas hasta cuencas), y sus implicaciones en la morfología del cauce en la Cuenca del Alto Cinca (vertiente sur de los Pirineos). A escala de micro-cuenca, los datos de alta resolución obtenidos durante 5 años en dos *badlands* contrastados (0.3 ha cada uno) revelan como la lluvia controla los procesos erosivos asociados a la escorrentía superficial, mientras que las bajas temperaturas tienen una relación significativa con los procesos de movimientos en masa.

La morfometría de estas superficies, conjuntamente con la cobertura vegetal, son factores clave que determinan los principales procesos geomorfológicos y los cambios topográficos asociados. Los principales procesos observados han sido secuencias de Erosión y Sedimentación (*Cutting and Filling*) y Movimientos Gravitacionales (*Mass Wasting*). Pese a que los *badlands* tienen un papel importante en la producción de sedimentos, el balance de sedimentos de la cuenca del río Soto (10 km²) indica que estas superficies no siempre controlan la exportación de sedimentos a la salida de pequeñas cuencas de montaña con carácter intermitente. Esto principalmente se debe a la fluctuación de la conectividad funcional de la red de drenaje causada por la frecuencia y magnitud de los pulsos de agua y sedimentos durante las crecidas súbitas o *flashy*. La red de drenaje actúa como fuente y zona de almacenamiento de sedimentos, y es clave para entender las marcadas diferencias que hay en la proporción de sedimento que se exporta en relación a la producción o *Sediment Delivery Ratio*.

Los cambios en los usos del suelo en muchas cuencas de montaña constatados desde los años 50 del siglo XX tienen un efecto directo en la generación de escorrentía (cantidad y magnitud) y en la producción de sedimentos. La mayoría de la superficie de la cuenca del Alto Cinca (1565 km²) ha sufrido forestación, que ha resultado en una reducción de la conectividad sedimentaria estructural. La construcción de terrazas afecta la conectividad mucho más que los cambios en la cobertura del suelo. A una escala más local, las terrazas pueden incrementar la conectividad debido a la convergencia de flujo producida por las propias estructuras, o



Manel Llena amb els directors de la tesi doctoral, Damià Vericat i Mark W. Smith

por la caída de estas debido a su abandono. La construcción de carreteras modifica la pendiente y la red de drenaje, hecho que comporta cambios en la conectividad estructural, que a su vez pueden afectar a los procesos erosivos en las zonas vecinas. Así, los flujos de agua y sedimento en la cuenca del Alto Cinca han estado ampliamente modificados durante el último siglo, con implicaciones directas en la morfología del canal. Además, impactos locales derivados de las extracciones de áridos, construcción de escolleras y embalses también han condicionado la dinámica sedimentaria de este río, con un impacto directo sobre la morfología. Esta situación ha generado una metamorfosis de la morfología del río en la parte baja del Alto Cinca (12 km), cambiando de un patrón trenzado, muy dinámico, a un patrón más estable con una tendencia hacia el canal único. Los resultados obtenidos indican que el tramo de estudio está alcanzando un nuevo equilibrio morfo-sedimentario impuesto por los cambios en los flujos de agua y sedimentos ocurridos durante el último siglo, incluyendo las perturbaciones antrópicas que han modificado la geometría del canal y las características morfológicas del cauce. Se han observado un total de tres fases en su evolución: antes de 1927, el tramo de estudio se encontraba en una situación de casi-equilibrio, mayoritariamente controlada por las crecidas. Entre el año 1927 y 2012 el río se ha ajustado a las diferentes perturbaciones que ha tenido a múltiples escalas temporales y espaciales. Este ajuste se ha llevado a cabo mediante dos cambios contrastados en las características morfológicas. Finalmente, después del año 2012, los resultados indican que el río puede haber alcanzado un nuevo equilibrio, ajustándose a los flujos de agua y sedimento impuestos y la nueva configuración del canal. Esta tesis presenta innovadores métodos cuantitativos para el estudio de la producción de sedimentos y la transferencia entre los diferentes compartimentos de las cuencas fluviales. La principal novedad en la mayoría de los capítulos de la tesis recae en la elevada resolución de los datos obtenidos, tanto temporal como espacial.

Los resultados obtenidos en esta tesis permiten entender mejor el funcionamiento de los sistemas fluviales y su evolución, aspectos clave para dar soporte y apoyo en la mejoría y gestión de cuencas hidrográficas de montaña.