



# LIBRO DE RESÚMENES

## II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos (MorFOS)

Oviedo (Asturias), 12-13 de noviembre de 2025



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA  
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

## ORGANIZAN

Dirección General del Agua (DGA)  
Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD)



Universidad de Oviedo (UniOvi)  
Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT)



Universidad de Oviedo



Confederación Hidrográfica del Cantábrico O.A. (CHC)  
Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD)



## COLABORAN

Centro Nacional Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)  
Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MCIU)



Centro de Estudios Hidrográficos (CEH), Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)  
Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible



# APOYO ADMINISTRATIVO Y TÉCNICO A LA ORGANIZACIÓN

Grupo TRAGSA



## COLABORAN

- Proyecto **Tarquín** (2), “Morfodinámica sedimentaria”, financiado por la Subvención DGA-CSIC-IGME 2023-2026 (MITERD).



- Proyecto **CLASTO**, «Caracterización de los controles sobre la variabilidad temporal en el régimen sedimentario de los ríos de montaña» financiado por el Plan Nacional de I+D+i 2025-2028 (AEI, MICIU).



Ayuda PID2024-157922OB-100 financiada por:



- RED Científica Española sobre Morfodinámica fluvial y Observatorio de Sedimentos en ríos (**REDCEMOS**).



Catálogo general de publicaciones oficiales: <https://cpage.mpr.gob.es/>

**Título:**

II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en ríos (MorFOS 2025). Libro de resúmenes. Edición 2026

**Autoría:** los autores de las ponencias invitadas y de las comunicaciones recogidas en este libro se indican en cada una de ellas.

**Coordinación:** Andrés Díez Herrero; Daniel Vázquez Tarrío; María Ángeles Perucha Atienza (IGME-CSIC).

**Dirección:** Francisco Javier Sánchez Martínez; Mónica Aparicio Martín; Juan Francisco Arrazola Herreros; Gonzalo Magdaleno Payán; Francisco Javier Monte Morgado (DGA-MITERD).

**Fotografía de cubierta:** Río Nalón en Agones (Asturias). Autora: Elena Fernández (INDUROT-Universidad de Oviedo).

Este documento o los resúmenes contenidos en el mismo deben citarse de la siguiente manera:

- **Documento completo de libro de resúmenes:**

Vázquez Tarrío, D.; Perucha, M. A.; Díez-Herrero, A. (Coords.), *Libro de Resúmenes de las II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en ríos (MorFOS 2025)*. Edita: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico-MITERD, Madrid, 93 páginas.

- **Resúmenes individuales de ponencias invitadas o comunicaciones (por ejemplo):**

Bustos Caparrós, J. R.; Pereira, I.; Cruz, J. A.; Ferrer-Julià, M. y García-Meléndez, E. (2026). Validación de modelos de inundación mediante información composicional de sedimentos extraída de imágenes satelitales. En: Vázquez Tarrío, D.; Perucha, M.A.; Díez-Herrero, A. (Coords.), *Libro de Resúmenes de las II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en ríos (MorFOS 2025)*, Sesión I: Análisis de la morfodinámica fluvial en gabinete, página 34. Edita: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico-MITERD, Madrid, 93 páginas.

Los editores y la organización de las II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos (MorFOS-2025) no se hacen responsables de las opiniones o contenidos de cada una de las ponencias y comunicaciones que componen el presente volumen, siendo exclusiva responsabilidad de sus respectivos autores.



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Edita

© SUBSECRETARÍA  
Gabinete Técnico

NIPO (en línea en castellano): 665-26-021-7  
ISBN (en línea): 978-84-18779-14-5

## Agradecimientos

Las II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos (MorFOS-2025) se han diseñado desde el punto de vista científico-técnico en el marco de la Subvención 2023-2026 firmada entre la Dirección General del Agua (DGA-MITERD) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC-MCIU), en la que se incluye la actuación 20233TE012, desarrollada en el proyecto “Investigación científica en morfodinámica sedimentaria y paleohidrología aplicadas a la gestión de sistemas fluviales” (Tarquín 2), del Centro Nacional Instituto Geológico y Minero de España, (IGME-CSIC).

Este documento es también parte de los resultados del proyecto “Caracterización de los controles sobre la variabilidad temporal en el régimen sedimentario de los ríos de montaña” (CLASTO). Proyecto PID2024-157922OB-I00 financiado por MICIU/ AEI / 10.13039/501100011033 / FEDER, UE.

Agradecemos a los ponentes invitados, comunicantes, guías de las excursiones y participantes presenciales y telemáticos, que con sus ponencias, comunicaciones, intervenciones y asistencia han enriquecido el contenido temático de estas jornadas y generado un espacio de comunicación y discusión interdisciplinar e intersectorial sobre morfodinámica fluvial y observación de sedimentos en ríos.



## ÍNDICE:

### RESÚMENES DE LAS PONENCIAS INVITADAS

- **Estudio del transporte de sedimentos en el curso bajo del río Ebro durante avenidas controladas.** *David López-Gómez, Cristina Vela Plaza, Juan J. Rebollo, María Castejón Zapata, Ernest Bladé, Marcos Sanz-Ramos, Danial Dehghan-Souraki, César Mösso Aranda, Agustín Arcilla, Luis Garrote de Marco, Javier San Román-Saldaña, Rogelio Galván-Plaza, Miguel Ángel García-Vera y Javier Sánchez-Martínez*..... 11
- **Condicionantes geomorfológicos en el desarrollo de las inundaciones de la DANA del 29 de octubre de 2024 en l’Horta Sud de València.** *Francesca Segura* ..... 22
- **Técnicas de monitorización de sedimento, incisión fluvial y medidas de mitigación en el tramo bajo del río Nalón (Asturias).** *Elena Fernández Iglesias, Gil González Rodríguez, Laro Incera Sañudo, María Fernández García, Rosana Menéndez Duarte, Vero Moro García y Daniel Vázquez-Tarrío* ..... 24

### RESÚMENES DE LAS COMUNICACIONES CIENTÍFICO-TÉCNICAS

#### SESIÓN 1. GABINETE

- **1.01. Validación de modelos de inundación mediante información composicional de sedimentos extraída de imágenes satelitales.** *J. R. Bustos Caparrós, I. Pereira, J. A. Cruz, M. Ferrer-Julia y E. García-Meléndez*..... 34
- **1.02. Análisis espacial de tramos fluviales en la cuenca del Alto Aragón mediante teledetección y algoritmos de machine learning.** *M.P. Rabanaque y C. Juez* ..... 35
- **1.03. Propuesta metodológica para cartografiar el estado morfo-sedimentario de la red de drenaje del río Perales (cuenca del Tajo).** *J. Garrote Revilla, D. Vázquez Tarrío y A. Díez-Herrero* ..... 36
- **1.04. Estimación del grado de incisión fluvial en ríos cantábricos a partir del DPH cartográfico y otras señales de reajuste morfológico.** *L. Incera-Sañudo, E. Fernández-Iglesias, M. Fernández-García, V. Moro, G. González-Rodríguez, D. Vázquez-Tarrío, R. Menéndez-Duarte y F.J. Fernández* ..... 37
- **1.05. Incisión en una rambla mediterránea. El caso de la riera de Les Arenes.** *M. Ordinas, C. Ferrer-Boix y J.P. Martín-Vide* ..... 38

## II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos

- **1.06. Influencia de los incendios forestales en el transporte de sedimento como carga de fondo en ríos de la Cordillera Cantábrica.** *R. Menéndez Duarte, D. Vázquez Tarrío y A. Colina Vuelta* ..... 39
- **1.07. Cambios en los usos y coberturas de suelo y zonas de producción de sedimento y repercusión en el cauce (cuena alta y media del Ebro).** *A. Ibisate, S. García-Rodríguez, A. Sáenz de Olazagoitia, D. Ballarín, O. Ormaetxea, C. Ferrer-Boix, M. Sánchez-Fabre, V. Pirchi, I. Ortiz de Arri y A. Ollero* ..... 40
- **1.08. Influencia de la carga de sedimentos en la geometría hidráulica de cauces aluviales en materiales finos.** *H. D. Farias y J. Prieto Villarroya* ..... 41
- **1.09. Entrenamiento de modelos de Deep Learning para el análisis granulométrico en ríos de grava: aprendizajes prácticos.** *M. Vallejo, F. J. Martín-Rodríguez y C. Juez* ..... 42
- **1.10. Evolución temporal de la carga de fondo durante un evento de crecida mediante inversión sísmica: caso de estudio en el río Aragón, Pirineos Centrales Españoles.** *M. Vallejo y C. Juez* ..... 43
- **1.11. Análisis de la dinámica fluvial del río Manzanares entre el puente de San Fernando y de los Franceses. I.** *Errazuriz, J. Clemente, M. Castro, S. González y E. Martínez* ..... 44
- **1.12. Análisis de la dinámica de material leñoso en inundaciones extremas: comparación entre los ríos Ahr (Alemania 2021) y Perales (España 2023).** *A. Lucía-Vela, C. Hauser, A.R. Beer, K.P. Sandoval-Rincón y M. Hernández-Ruiz* ..... 45
- **1.13. El papel de la madera fluvial en la peligrosidad de inundaciones que afectan al Patrimonio Mundial Cultural de la UNESCO en Europa.** *A. Díez-Herrero y V. Ruiz-Villanueva* ..... 46
- **1.14. Incidencia de la introducción histórica de cangrejos de río en la morfodinámica fluvial ibérica: una hipótesis de investigación.** *A. Díez-Herrero, D. Vázquez Tarrío y J. Garrote Revilla* ..... 47

### SESIÓN 2. CAMPO

- **2.01. Dinámica morfosedimentaria tras la eliminación de una presa en un río intermitente con una cuenca de drenaje kárstica.** *F. Ville, M. Llena, J. Sabaté, D. Vericat y R. J. Batalla* ..... 49
- **2.02. Evaluación del papel de las hidropuntas en el transporte de sedimentos mediante mediciones indirectas con un ADCP.** *F. Ville, C.D. Rennie, D. Vericat y R. J. Batalla* ..... 50
- **2.03. Monitorización del transporte de sedimentos en suspensión en un sistema fluvial afectado por minería de mercurio.** *D. Baragaño, G. Ratié, E. Berrezueta, D. Vázquez-Tarrío, M.A. López-Antón y B.J. Salgado Almeida* ..... 51

## II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos

- **2.04. RAW: Un sistema autónomo de bajo coste para la monitorización de sedimentos en ríos.** *P.D. García López y C.J. Suárez Lázare* ..... 52
- **2.05. Descifrando los impactos de las placas tipo Benson: desarrollo de un modelo para cuantificar el transporte de sedimentos.** *D. Vázquez Tarrío, T. Dépret, M.P. Rabanaque, J. D. Zambrano Suárez, V. Martínez-Fernández, M. Calle, A. Sopena, Y. Sanchez-Moya y G. Benito* ..... 53
- **2.06. Diseño de un protocolo de campo para evaluar la variabilidad de la tensión de corte crítica de inicio del transporte de sedimento en ríos de grava.** *D. Vázquez Tarrío, R. López, F. Ville, E. Carrero Carralero, D. Vericat y R. J. Batalla* ..... 54
- **2.07. Batimetría y modelo digital del cauce en un río sin cobertura GPS utilizando la “navegación a estima” (dead reckoning) de un Doppler Velocity Logger (DVL) sobre una piragua en el río Huerva en Zaragoza (España).** *O. Alamán, N. J. Torrecilla, L. Valle y N. Jiménez* ..... 55
- **2.08. Medición de la velocidad y dirección de la corriente durante una crecida del río Ebro y sus implicaciones para la evaluación y calibración de los modelos hidráulicos existentes y la previsión de los procesos morfodinámicos activos.** *N. J. Torrecilla, O. Alamán, A. Ollero, V. Pirchi, A. Ibisate y C. Ferrer* ..... 56

### SESIÓN 3. GESTIÓN

- **3.01. Conectando ríos y terrazas aluviales: esfuerzos de Restauración para mejorar la conectividad lateral.** *E. García, C. Buendía, M. Bardina, A. Rovira y A. Munné* ..... 58
- **3.02. Procesos participativos en proyectos fluviales: derribando presas y obstáculos sociales.** *J. Díaz-Sanz* ..... 59
- **3.03. Diagnóstico morfosedimentario y propuestas de rehabilitación en un tramo regulado del río Guadalope.** *Á. Tena, D. Vericat, E. Pérez, M. Pardos, J. San Román y R.J. Batalla* ..... 60
- **3.04. Planes de gestión de sedimentos en centrales hidroeléctricas: ¿propuestas para el futuro o para el presente?** *J. Díaz-Sanz* ..... 61
- **3.05. Análisis y propuestas de gestión de sedimentos en los embalses de las cuencas internas de Cataluña.** *R. Bella Piñeiro, J. Carpio Fernández del Pozo y M. Bardina Martin* ..... 62
- **3.06. Sedimentación e infraestructuras de defensa frente a inundaciones: el caso del Guadaira.** *J. Lluch Peñalver, J.A. Calvo Ruiz y M. Cayuela López* ..... 63
- **3.07. Recuperando la complejidad en la red hidrográfica de la raña del Parque Nacional de Cabañeros.** *F. Cortés, M. Díaz-Redondo, L. Muñoz, R. Herrero, P. Pozo, L.C. Arias, M. Utrera, L. Ruiz y A. Gómez*..... 64

**DOSIER DE CAMPO**

- **Sedimentos, dinámica fluvial, impactos y medidas de mitigación en el curso bajo del río Nalón (Asturias). Dossier de campo.** *Elena Fernández Iglesias, Gil González Rodríguez, María Fernández García, Laro Incera Sañudo, Rosana Menéndez Duarte, Vero Moro García, Daniel Vázquez Tarrío, María Esperanza Martínez Puebla* ..... 66

**CONCLUSIONES DE LAS JORNADAS**

- Conclusiones de las II Jornadas sobre Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos (MorFOS 2025)..... 84

**ANEXO FOTOGRÁFICO**

- Anexo fotográfico de las Jornadas..... 87





**PONENCIAS INVITADAS**

## Estudio del transporte de sedimentos en el curso bajo del río Ebro durante avenidas controladas

David López-Gómez\*, Cristina Vela Plaza, Juan J. Rebollo, María Castejón Zapata, Ernest Bladé, Marcos Sanz-Ramos, Danial Dehghan-Souraki, César Mösso Aranda, Agustín Arcilla, Luis Garrote de Marco, Javier San Román-Saldaña, Rogelio Galván-Plaza, Miguel Ángel García-Vera y Javier Sánchez-Martínez

\* Laboratorio de Hidráulica, Centro de Estudios Hidrográficos (CEH), Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas CEDEX), Pº Bajo de la Virgen del Puerto, 3, Arganzuela, 28005 Madrid. david.lopez@cedex.es

### Resumen

El Delta del Ebro presenta un déficit de aporte de sedimentos estimado en 180.000-519.000 m<sup>3</sup> anuales. Entre las causas principales que lo provocan está la regulación del río a través de embalses. El plan para su protección y el Plan Hidrológico del Ebro, recogen una serie de actuaciones enfocadas a mejorar el tránsito sedimentario a lo largo del curso bajo del río hasta su desembocadura. Entre ellas está el análisis del transporte de sedimentos durante las avenidas controladas anuales que lleva a cabo la Confederación Hidrográfica del Ebro, desde el sistema de presas Mequinenza-Ribarroja-Flix.

Se han estudiado cuatro avenidas con distintas condiciones de caudal, duración y niveles de partida en los embalses, que ha permitido conocer cuáles son los factores que permiten alcanzar una mayor tasa de movilización y transporte de sedimentos.

Durante las avenidas se han llevado a cabo extensas campañas de medición en campo, gracias al trabajo colaborativo entre diferentes instituciones, que han proporcionado datos fiables para la modelización y estudio de este fenómeno a través del módulo de sedimentos del modelo Iber.

Los mejores resultados se han obtenido en las crecidas de noviembre de 2024 y mayo de 2025, cuando se estableció una importante reducción de los niveles en Ribarroja (3 m.) y Flix (1,5 m.), respectivamente. En la primera, se consiguió una movilización de aproximadamente 300.000 toneladas de sedimentos a lo largo del embalse de Ribarroja que, sin embargo, no se tradujo en un incremento del tránsito en el curso bajo, ya que la mayor parte de los sólidos se depositó antes de llegar a la presa. En la segunda, la mayor movilización fue de unas 21.000 toneladas y se produjo en el embalse de Flix, lográndose que un 10% del total llegara hasta la desembocadura.

Además, a través de estos trabajos se han adquirido importantes aprendizajes de cara a la planificación y ejecución de próximas avenidas que permitirá optimizar su implementación y resultados. Entre ellas cabe destacar:

- El registro de medidas de turbidez debe realizarse a diferentes profundidades, especialmente en los embalses, para poder identificar la posible formación de corrientes de turbidez, mientras que el curso bajo la alta turbulencia homogeneiza la concentración de sedimentos en suspensión en toda la sección.
- Las batimetrías realizadas en torno a los episodios de avenidas son un dato fundamental para lograr que el modelo represente lo mejor posible el comportamiento durante las avenidas.
- Las características del sedimento condicionan enormemente el comportamiento del transporte y es recomendable contar con una correcta caracterización en el dominio de estudio para realizar una modelización fiel a la realidad.

## II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos

Estos trabajos representan una experiencia pionera en el ámbito de la gestión de sedimentos en presas en España, que han permitido mejorar la comprensión del comportamiento del transporte y, a partir de ahí, definir las mejores estrategias en el manejo de embalses para aumentar las tasas de movilización.

### 1. INTRODUCCIÓN

El programa de medidas del Plan Hidrológico del Ebro (RD 35/2023) recoge una serie de actuaciones que quedan integradas en el marco más extenso de la denominada “Estrategia para la gestión integral de sedimentos en la demarcación hidrográfica del Ebro”, coherentes con las propuestas en el plan para la protección del Delta del Ebro (CEDEX, 2021). Una de estas actuaciones es el análisis del transporte sedimentario durante las avenidas controladas anuales.

La regulación de la cuenca del Ebro a través de los embalses tiene unos efectos socioeconómicos positivos indudables, pero también tiene algunas externalidades negativas, como la reducción del tránsito sedimentario a lo largo de los cauces fluviales de la cuenca, junto con procesos de acorazamiento aguas abajo de las presas principales.

Estos efectos se agudizan en el curso bajo del río Ebro debido a los embalses de Mequinenza (1964-66) y Ribarroja (1958-67) y, en menor medida, Flix (1945-48). Este conjunto de embalses permite satisfacer numerosos usos (producción energética estratégica, riego para producción agrícola, arrozales del bajo Ebro...), pero su puesta en funcionamiento ha modificado el equilibrio sedimentario en el bajo Ebro y ha contribuido significativamente al actual déficit de aporte de sedimentos al delta del Ebro, estimado entre 180.000 y 519.000 m<sup>3</sup>/año (Martin-Carrasco et al. 2025).

La Confederación Hidrográfica del Ebro realiza habitualmente dos avenidas controladas al año, una en primavera y otra en otoño-invierno, en cumplimiento del régimen de caudales ecológicos establecido en el Plan Hidrológico. Estas avenidas inicialmente tenían el objetivo principal de controlar el crecimiento de macrófitos en el curso bajo del río Ebro, pero desde el año 2022 están siendo empleadas para analizar y mejorar el transporte de sedimentos en este tramo del río.

Se han llevado a cabo un total de cuatro avenidas controladas con distintas condiciones de caudal, duración y niveles de partida en los embalses, lo que ha permitido conocer cuáles son los factores que permiten alcanzar una mayor tasa de movilización y transporte de sedimentos (López-Gómez et al., 2022 y López-Gómez et al., 2024).

Durante las avenidas controladas se han llevado a cabo extensas campañas de medición en campo, gracias al trabajo colaborativo entre diferentes instituciones, que han proporcionado datos fiables para la modelización y estudio de este fenómeno a través del módulo de sedimentos del modelo Iber (<https://www.iberaula.es/>).

Estos trabajos representan una experiencia pionera en el ámbito de la gestión de sedimentos en presas en España, que han permitido mejorar la comprensión del comportamiento del transporte y, a partir de ahí, definir las mejores estrategias en el manejo de embalses para aumentar las tasas de movilización.

## II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos

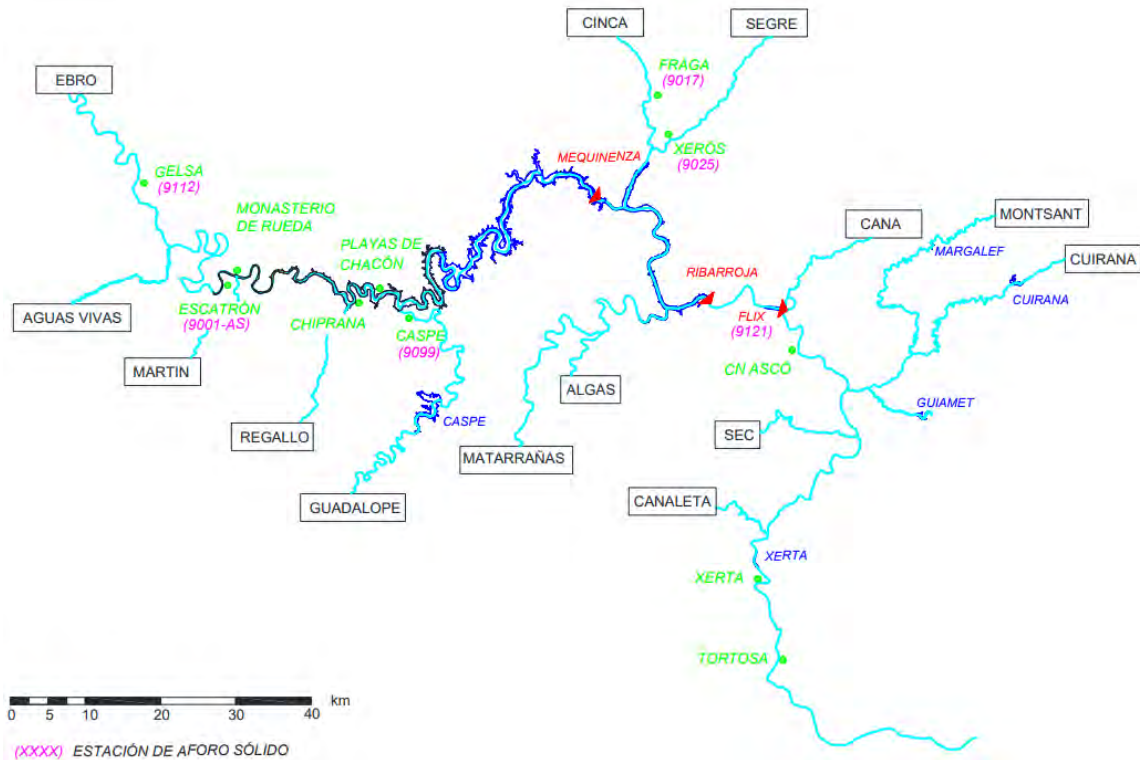


Figura 1. Esquema de la zona de estudio del río Ebro. Incluye indicaciones de los principales afluentes y embalses (Cedex, 2021).

### 2. CAMPAÑAS DE MEDICIÓN

Las avenidas controladas se han llevado a cabo en el conjunto del sistema de las tres presas mencionadas (Mequinenza-Ribarroja-Flix) de manera que el hidrograma de salida en la primera de ellas se propague a lo largo del río hasta su desembocadura en el delta del Ebro.

Los valores de los caudales punta liberados, la duración y los niveles de partida en los embalses han variado en cada una de las avenidas estudiadas (ver figura 2) con el objetivo de analizar la influencia de cada parámetro en la movilización de sedimentos. La ejecución de estas avenidas requiere de un importante esfuerzo de coordinación entre los distintos actores implicados, así como con los distintos usuarios afectados, y están siempre condicionadas al nivel de las reservas hídricas en los embalses.

Fecha avenida controlada	Mayo 2022	Enero 2024	Nov. 2024	Mayo 2025
Máximo caudal (m <sup>3</sup> /s)	1200	1400	1400	1500
Duración avenida (horas)	5	5	8	8
Nivel embalse Ribarroja (msnm)	69	67,5	65,7	65,7
Nivel embalse Flix (msnm)	41	40,5	40,5	39,5

Figura 2. Características principales de las avenidas controladas

Durante las cuatro avenidas controladas se ha llevado a cabo una extensa campaña de mediciones de campo de turbidez, caudal y velocidad del agua, con el despliegue de varios equipos de trabajo en paralelo.

## II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos

Con carácter previo se definieron los puntos de muestreo (principalmente puentes) desde los que se recogieron muestras para la medición in situ de turbidez. Algunas de las muestras se llevaron a laboratorio para poder relacionar los niveles de turbidez y la concentración de sedimentos, así como realizar análisis granulométricos de las muestras. Para la medición de velocidad y caudales se contó con sondas ADCP dispuestas sobre las mismas secciones de control.

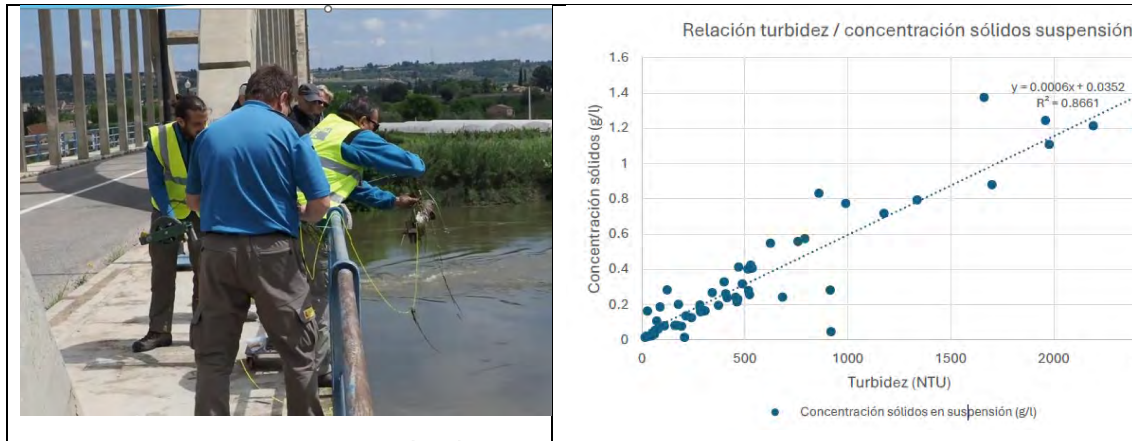


Figura 3. Equipo recogiendo muestra de agua desde un puente (a), mayo 2022, y calibración de turbidímetros a partir de resultados de laboratorio (b), noviembre 2024.

En las dos últimas campañas se han realizado levantamientos topográficos pre y post-evento en los embalses de Ribarroja y Flix, que han permitido elaborar y comparar las batimetrías de los embalses y caracterizar y dimensionar las zonas de erosión y sedimentación más significativas.

Los estudios de las dos primeras avenidas se concentraron principalmente en el curso bajo del río Ebro (aguas abajo del embalse de Flix hasta su desembocadura) con el objetivo de probar y optimizar las propias metodologías y materiales de la campaña, así como calibrar el modelo numérico con el que se han simulado las avenidas (Iber).

La tercera campaña se enfocó especialmente en el análisis del transporte sedimentario a lo largo del embalse de Ribarroja, que presenta características muy diferentes a las del curso bajo del río Ebro. El embalse tiene una extensión de casi 30 km. y alcanza calados de más de 15 metros en las inmediaciones de la presa, lo que dificulta considerablemente que los sedimentos puedan superarla y llegar al embalse de Flix, siendo un punto clave para lograr una mayor movilización de sólidos en este tramo del río. Para poder tomar medidas en distintos puntos del embalse se dispusieron equipos de trabajo en embarcaciones.

En la última campaña se han tomado medidas a lo largo de todo el tramo, pudiéndose estudiar y analizar el fenómeno completo y la conexión y relación entre el transporte en cada uno de los sectores.



Figura 4. Equipos de medición sobre el embalse de Ribarroja para registro de turbidez y velocidad.

## 2. SIMULACIÓN NUMÉRICA

### *El modelo IBER*

Los distintos episodios de avenidas controladas se han simulado y analizado con Iber v 3.3.1 ([www.iberaula.es](http://www.iberaula.es)). Se trata de un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre y régimen variable.

El campo de aplicación de Iber es muy amplio, siendo su principal finalidad el estudio hidrodinámico en ríos, si bien permite estudiar además el transporte de sedimentos en los cauces y realizar análisis de inundabilidad. Iber es una herramienta en continuo desarrollo y en la actualidad consta de múltiples módulos. Los fundamentales son el módulo hidrodinámico, el módulo de turbulencia y el módulo de transporte de sedimentos.

El módulo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad bidimensionales, también conocidas como ecuaciones de Saint Venant 2D (Bladé et al., 2014). La resolución numérica de estas ecuaciones se realiza mediante el método de los Volúmenes Finitos.

El módulo de transporte de sedimentos permite resolver tanto las ecuaciones de transporte por arrastre de fondo, como las de transporte en suspensión.

El modelo de arrastre de fondo calcula las tensiones tangenciales de fondo que movilizan el sedimento de fondo por el criterio de partición de tensiones de Einstein. Por otro lado, calcula las tensiones críticas de inicio de arrastre por el criterio de Shields. Con ambas tensiones el modelo permite estimar la capacidad de transporte de fondo por diferentes modelos experimentales como son el de Meyer-Peter-Muller, Van Rijn o el de Engelund-Hansen, entre otros. Conocidos los caudales sólidos, con la restricción de capa de roca, es posible calcular la evolución de la cota del lecho mediante la ecuación de conservación de masa de Exner.

El transporte de sedimento en suspensión es más complejo pues requiere resolver una ecuación adicional, la de advección-difusión del sedimento en suspensión. Esto permite estudiar la evolución de la concentración de sedimento en suspensión en el dominio de estudio. Iber

incluye tres modelos para estimar la erosión y sedimentación que se produce en cada celda de cálculo, a partir de los resultados de concentración. Para material granular resultan más adecuados Smith McLean y Van Rijn, mientras que para material cohesivo es más adecuada la formulación de Ariathurai-Arulanandam.

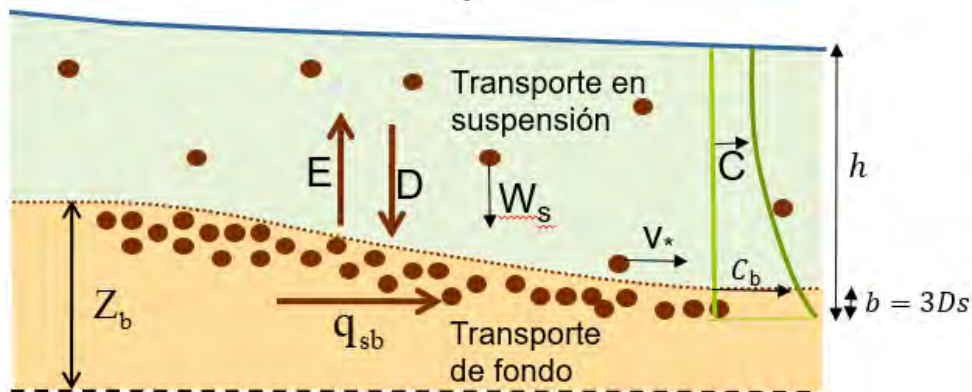


Figura 5. Esquema de la ecuación de Exner para determinar la evolución del lecho

### 3. RESULTADOS

La simulación del transporte de sedimentos durante las avenidas controladas con Iber se ha realizado a través de tres modelos diferentes, correspondientes a cada uno de los tramos estudiados del río: embalse de Ribarroja, embalse de Flix y curso bajo (presa de Flix hasta la desembocadura).

En los modelos se han incorporado como condiciones de contorno el caudal de entrada y los niveles de los embalses establecidos en cada avenida. En el caso de disponer de batimetrías se ha incluido la profundidad máxima erosionable correspondiente. A continuación, se han calibrado de forma que los resultados se ajustaran a los valores registrados durante las mediciones en campo y por las redes SAIH y SAICA.

A partir de los modelos calibrados se ha cuantificado el volumen de sedimentos movilizados a lo largo de todo el recorrido y se ha podido analizar el comportamiento de este fenómeno para distintos escenarios, lo que ha facilitado la planificación de las siguientes avenidas.

## II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos

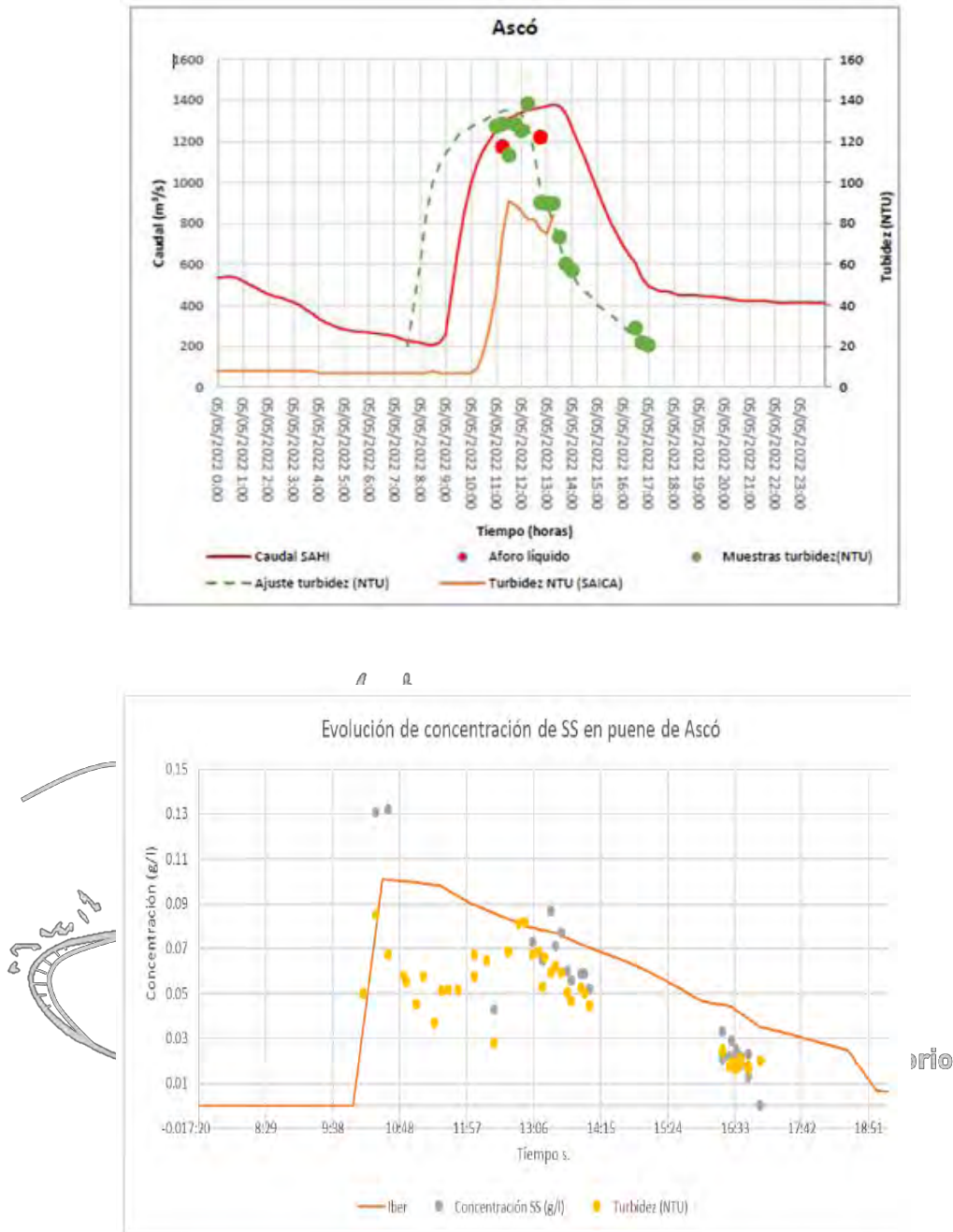


Figura 6. Gráficos comparativos de valores de caudal (a) y turbidez (b) medidos en campo y resultantes de modelo Iber tras calibración. Puente en Ascó. Avenida mayo 2022

Durante la calibración de los modelos se ha utilizado la fórmula de transporte de sedimentos en suspensión más adecuada en función del tipo de sedimento predominante en cada tramo. En el caso del embalse de Ribarroja ha sido necesario combinar diferentes modelos de transporte, uno para el material más fino con comportamiento cohesivo (Ariathurai) y otro para el material granular (Van Rijn). En los otros dos tramos simulados los mejores resultados se han obtenido con el método de Van Rijn.

## II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos

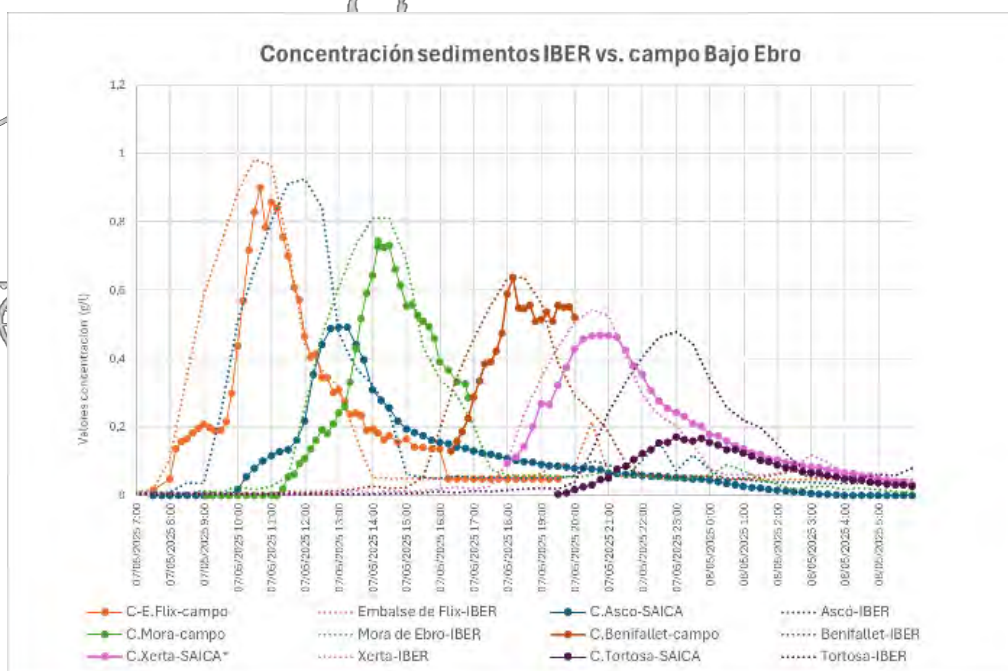
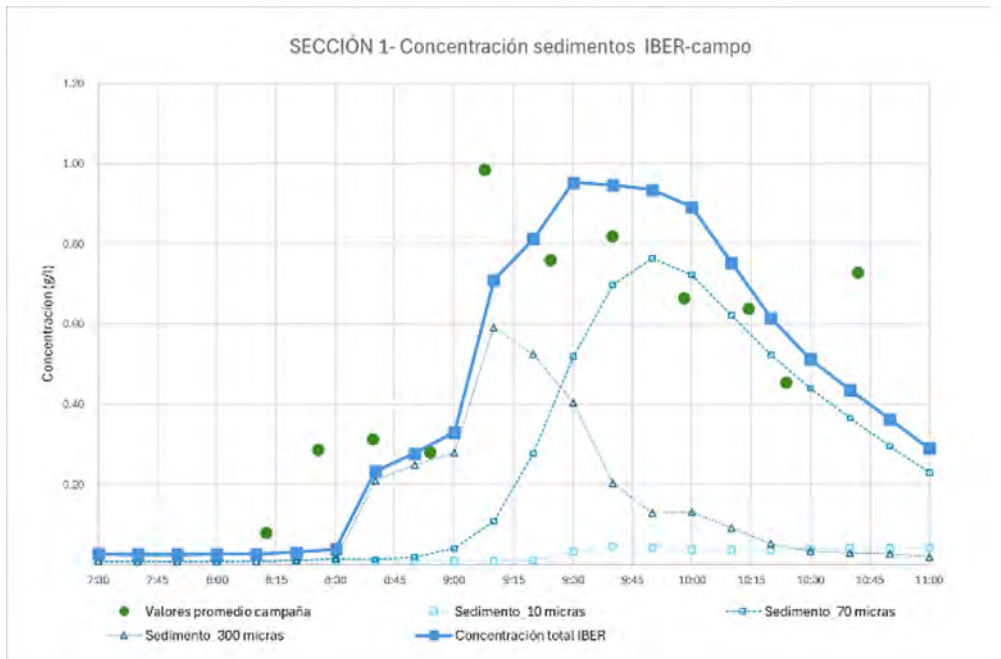


Figura 7. Comparación datos de concentración sólidos en suspensión en sección en Embalse de Ribarroja (a) y en distintas secciones curso bajo río Ebro (IBER vs. datos de la campaña y SAICA). Mayo 2025.

El total de sedimentos movilizados en diferentes puntos de control estimado mediante el modelo IBER para cada una de las avenidas estudiadas, se resume en la figura siguiente.

## II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos

Fecha avenida controlada	Mayo 2022	Enero 2024	Nov. 2024	Mayo 2025
<b>Sección de control</b> (distancia a presa de Mequinenza)	<b>Sedimentos movilizados (Ton.)</b>			
7 km.			308.803	15.430
12 km.			278.606	13.357
16 km.			248.046	10.275
20 km.			178.945	4.202
<b>PRESA DE RIBARROJA (27 km.)</b>				
31 km.				19.961
<b>PRESA DE FLIX (39 km.)</b>				
43 km.	754	15.302	5.694	21.606
50 km.	692	12.819	6.354	20.171
65 km.	549	8.333	3.320	17.899
87 km.	326	5.102		13.798
100 km.	246	3.939		12.164
112 km.	140	2.571		11.077
127 km.		1.458		8.267
138 km.		829		6.261
<b>150 km.</b>		<b>653</b>		<b>2.755</b>

Figura 8. Resumen sedimentos movilizados en distintas secciones de control a lo largo del tramo estudiado en las 4 avenidas controladas.

### 4. CONCLUSIONES

La monitorización de las avenidas controladas ha permitido validar el modelo Iber como herramienta adecuada para el estudio hidrodinámico y del transporte de sedimentos en ríos.

Su estudio y modelización ha permitido comprender mejor el comportamiento diferenciado de este fenómeno en cada uno de los tramos del río y diseñar posibles estrategias de gestión acordes (ver figura 9).

Los parámetros más críticos en la movilización de sedimentos han resultado ser el nivel inicial de los embalses y la duración de la crecida, especialmente el primero de ellos. Los mejores resultados se obtuvieron en las dos últimas crecidas, cuando se estableció por primera vez una importante reducción de los niveles en los embalses de Ribarroja y Flix, respectivamente.

La gran movilización de sedimentos lograda en Ribarroja en noviembre de 2024 no se tradujo en un incremento del tránsito en el curso bajo, ya que la mayor parte de los sólidos se deposita antes de llegar a la presa (ver figura 9). Además, los datos de campo registrados a distintas profundidades en este embalse son compatibles con la formación de una corriente de turbidez por el fondo del embalse que dificulta su salida a través de los aliviaderos de superficie, sin la apertura de los desagües de fondo.

## II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos

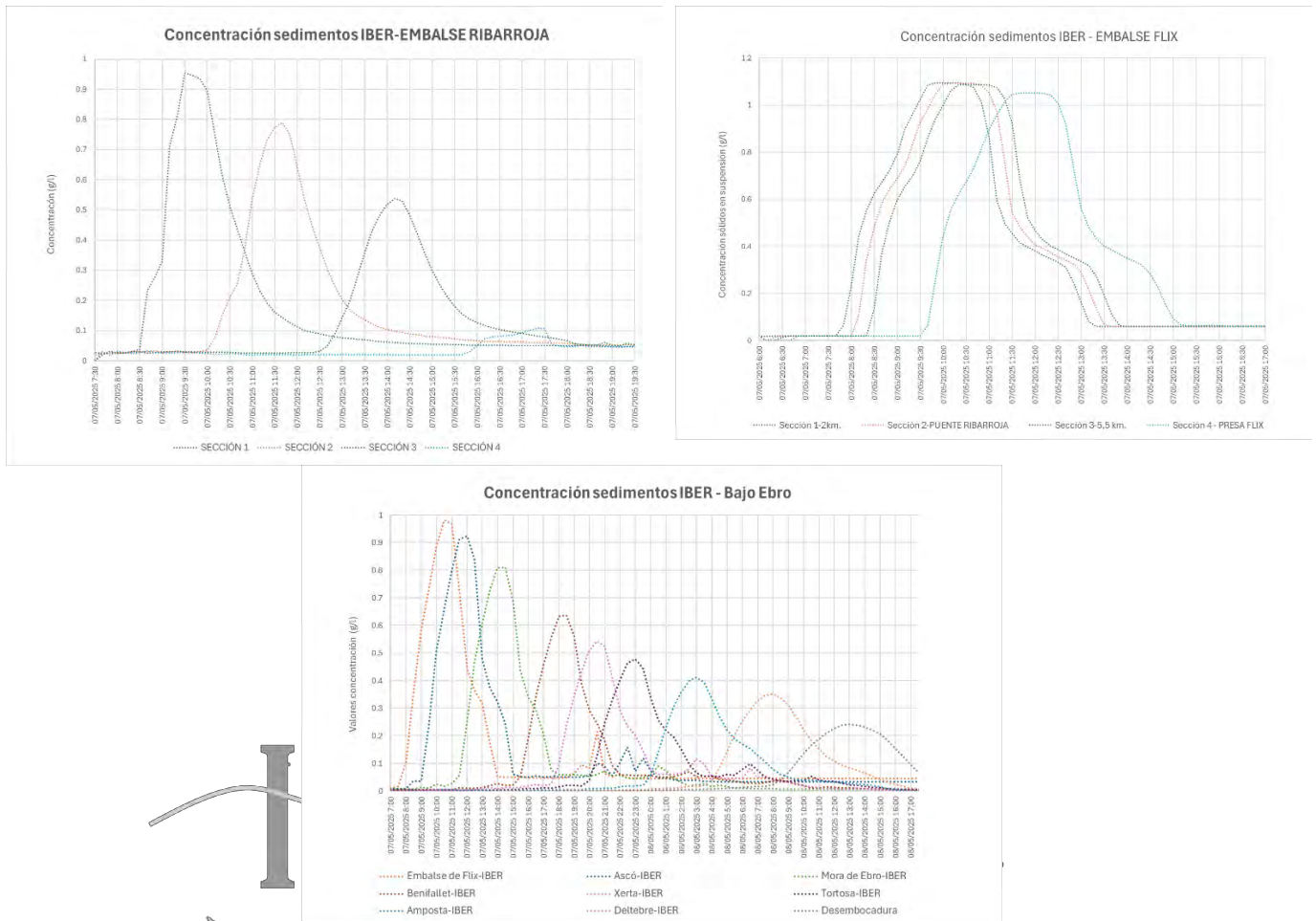


Figura 9. Gráficos de evolución de la concentración de sólidos en suspensión en diferentes secciones de control a lo largo de los 3 tramos de estudio (a) Embalse de Ribarroja; (b) Embalse de Flix; (c) Bajo Ebro. Datos avenida mayo 2025.

Por otro lado, en el caso del embalse de Flix, la bajada de nivel realizada en mayo de 2025 tuvo un impacto directo en la última parte del río ya que es un embalse muy corto en el que la sedimentación es mucho menor (ver figura 9).

Asimismo, se han adquirido importantes aprendizajes de cara a la planificación y ejecución de próximas avenidas que permitirá optimizar su implementación y resultados. Entre ellas cabe destacar:

- El registro de medidas de turbidez debe realizarse a diferentes profundidades, especialmente en los embalses, para poder identificar la posible formación de corrientes de turbidez, mientras que el curso bajo la alta turbulencia homogeneiza la concentración de sedimentos en suspensión en toda la sección.
- Las batimetrías realizadas en torno a los episodios de avenidas son un dato fundamental para lograr que el modelo represente lo mejor posible el comportamiento durante las avenidas.
- Las características del sedimento condicionan enormemente el comportamiento del transporte y es recomendable contar con una correcta caracterización en el dominio de estudio para realizar una modelización fiel a la realidad.

## II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos

Es importante señalar que la realización de las campañas de medición durante las avenidas controladas, han supuesto un importante esfuerzo material y humano, y no habría sido posible sin la implicación de diferentes instituciones y actores con gran implicación y una extraordinaria voluntad de coordinación y colaboración.

A pesar de que nos encontramos en fases iniciales, las avenidas controladas han demostrado que es posible movilizar el sedimento de los embalses. La gestión de los niveles de embalse durante los episodios de avenida permitirá gestionar los sedimentos de los embalses de una forma económica y eficiente. Esta gestión eficiente requiere del equilibrio de intereses contrapuestos que deben condicionarse siempre al equilibrio sedimentario de la cuenca. Estas experiencias están permitiendo engrasar los resortes que será necesario activar en avenidas naturales.

### 5. BIBLIOGRAFÍA

- Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., Dolz, J., Coll, A. 2014. Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 30(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2012.07.004>
- CEDEX. 2021. Plan para la protección del Delta del Ebro. Centro de Estudios de Puertos y Costas. [https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/images/es/planparalaprotecciondeldelta\\_adebro\\_img\\_signedfe\\_tcm30-522381.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/images/es/planparalaprotecciondeldelta_adebro_img_signedfe_tcm30-522381.pdf)
- Garrote, L. 2018. *Evaluación preliminar sobre las posibilidades de restauración del tránsito sedimentario en los embalses de Mequinenza-Ribarroja-Flix*. Confederación Hidrográfica del Ebro.
- López-Gómez, D., Balairón, L., García-Vera, M.A., Galván, R., Arrazola, C., Polanco, L., Sánchez-Martínez, F.J. 2022. Estudios para la mejora de la gestión de los sedimentos en el curso bajo del río Ebro. *XXX Latin American Congress. IAHR*.
- López-Gómez, D., de Blas-Moncalvillo M., Castejón-Zapata M., Gassó-Sánchez A., Bladé E., Sanz-Ramos, M., Dehghan-Souraki, D., Garrote de Marco, L., Santillán, Sánchez D., Soria-García J. M., San Román-Saldaña J., Galván-Plaza, R., García-Vera M.A., Sánchez-Martínez J. 2024. Sediment transport analysis in Ebro River lower course based on the numerical modelling of a controlled flood. *Ingeniería del agua*, 28(4),246-262. <https://doi.org/10.4995/ia.2024.21768>
- Martin-Carrasco, F.; Santillan, D.; Lopez-Gomez, D.; Iglesias, A.; Garrote, L. Sediment Transport Constraints for Restoration of the Ebro Delta. *Water* 2025, 17, 1620. <https://doi.org/10.3390/w17111620>

## Condicionantes geomorfológicos en el desarrollo de las inundaciones de la DANA del 29 de octubre de 2024 en l’Horta Sud de València.

Francesca Segura  
Universidad de Valencia (UV)

La presente comunicación se centra en el análisis de las formas geomorfológicas de las llanuras costeras y su influencia sobre los procesos de inundación. Su propósito es contribuir a una mejor comprensión de los procesos de inundación de los catastróficos eventos ocurridos el 29 de octubre de 2024.

Las características geomorfológicas de las llanuras costeras mediterráneas desempeñan un papel central en la comprensión de la dinámica de las inundaciones. Este territorio está configurado por una serie de elementos —llanuras de inundación, abanicos aluviales, paleocauces, depresiones endorreicas y zonas húmedas— que, durante los episodios de inundación, influyen directamente en la distribución espacial de los flujos, canalizando o reteniendo el agua y condicionando así la extensión y severidad de dichos eventos.

La geomorfología de las llanuras costeras está conformada por una serie de relieves convexos (abanicos aluviales) y relieves cóncavos (vaguadas/paleocauces, albuferas y marjales) que se ajustan muy bien a la lámina de la zona inundada. Los abanicos (convexos) hacen divergir los flujos; por el contrario, las zonas deprimidas, ya sean marjales o espacios interconos (que pueden tener paleocauces o no), debido a su topografía cóncava, concentran las aguas y, por lo tanto, son zonas de acumulación del flujo. En el episodio de octubre de 2024, se ha demostrado que las depresiones y los paleocauces se convierten en zonas de flujo preferente, aunque persiste la incertidumbre sobre su activación, ya que depende de la magnitud del desbordamiento. En el episodio del 29 de octubre, se ha constatado que han sido clave en el agravamiento de la inundación, tanto por la altura de la lámina de agua como por la energía del flujo, aunque ambos extremos requerirán investigaciones posteriores más detalladas.

Ante estas circunstancias, una cuestión que se le plantea a la administración hidráulica es asignar un valor de peligrosidad a estas formas. De hecho, se han comportado como líneas de flujo preferente, pero al no coincidir con los cauces, no están contempladas como tales en los mapas de peligrosidad ni en la legislación vigente.

Por otra parte, una de las características de las redes de drenaje efímeras es que los cauces desaparecen por causas estructurales (zonas semiendorreicas) o por la propia dinámica fluvial (al pie de los relieves o al llegar a los marjales). En ambos casos, son zonas de laminación de las avenidas y, por tanto, es necesario identificarlas y conservarlas libres de urbanización y con los usos adecuados.

Un aspecto muy interesante es el papel que desempeñan los marjales y albuferas durante las inundaciones. Es bien sabido que estos espacios, al ser zonas deprimidas, cerradas por una restinga más elevada, se inundan tanto por el agua procedente de los desbordamientos de los ríos principales como por las aportaciones de los barrancos que desembocan en ellos, además del agua de lluvia y de las aguas subterráneas que afloran al elevarse el nivel freático. Esta situación los convierte en lugares especialmente útiles para la gestión de inundaciones, ya que

## II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos

se vislumbran como auténticos colchones que almacenan agua y, por tanto, liberan otros espacios situados a cota más elevada.

A estas condiciones naturales se suman factores antrópicos que agravan notablemente los efectos de estos eventos. La modificación de cauces naturales, ya sea por encauzamientos, canalizaciones o desvíos, así como la expansión urbana en zonas tradicionalmente inundables, han alterado profundamente la capacidad de absorción y circulación del agua. La ocupación del territorio en áreas de alto riesgo ha amplificado la magnitud del desastre, al aumentar tanto la exposición como la vulnerabilidad de infraestructuras y personas a las inundaciones.

En el contexto actual de soluciones basadas en la naturaleza, la geomorfología debería considerarse como un elemento fundamental en la prevención, dado el carácter permanente de las formas fluviales. A la hora de construir obras antrópicas, debería tenerse en cuenta, dado que los ríos circulan por los diseños artificiales mientras no se supera su capacidad, pero en el momento en que se produce el desbordamiento, actúan los procesos naturales, que están asociados a las formas fluviales. Por lo tanto, sería recomendable siempre trabajar a favor del río, porque ignorar el funcionamiento natural de los ríos suele tener un coste muy elevado.



## Técnicas de monitorización de sedimento, incisión fluvial y medidas de mitigación en el tramo bajo del río Nalón (Asturias)

Elena Fernández Iglesias<sup>1\*</sup>, Gil González Rodríguez<sup>1</sup>, Laro Incera Sañudo<sup>1</sup>, María Fernández García<sup>1</sup>, Rosana Menéndez Duarte<sup>1,2</sup>, Vero Moro García<sup>1</sup>, Daniel Vázquez Tarrío<sup>3</sup> y María Esperanza Martínez Puebla<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT), Universidad de Oviedo. Campus de Mieres, C/Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n, 33600 Mieres, España. [elena.indurot@uniovi.es](mailto:elena.indurot@uniovi.es); [gil.gonzalez.rodriguez@gmail.com](mailto:gil.gonzalez.rodriguez@gmail.com); [incerasanudolaro.fuo@uniovi.es](mailto:incerasanudolaro.fuo@uniovi.es); [fernandezgarmaria@uniovi.es](mailto:fernandezgarmaria@uniovi.es); [morogveronica.fuo@uniovi.es](mailto:morogveronica.fuo@uniovi.es)

<sup>2</sup> Departamento de Geología, Universidad de Oviedo. C/ Jesús Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo, España. [ramenendez@uniovi.es](mailto:ramenendez@uniovi.es)

<sup>3</sup> Instituto Geológico y Minero de España –CSIC, C/Matemático Pedrayes,25, Oviedo, España. [d.vazqueztarrio@igme.es](mailto:d.vazqueztarrio@igme.es)

<sup>4</sup> Confederación Hidrográfica del Cantábrico, Plaza de España, 2, 33007 Oviedo (Asturias). [memartinez@chcantabrico.es](mailto:memartinez@chcantabrico.es)

### 1. INTRODUCCIÓN

El río Nalón drena la cuenca hidrográfica de mayor extensión de la vertiente norte de la Cordillera Cantábrica, con una superficie de 4895 km<sup>2</sup>, abarcando casi el 50% del territorio de la provincia de Asturias. Su cauce principal presenta una longitud de 153 km, salva un desnivel de 2648 m y presenta una neta dominancia de sedimento transportado como carga de fondo, siendo el río que alimenta a la mayor parte de los grandes arenales costeros de la zona central de Asturias.

El tramo inferior del Nalón, de unos 50 km de longitud, se encuentra entre los ríos aluviales mejor conservados del ámbito cantábrico. Este tramo fluvial, ubicado entre la localidad de Trubia hasta la desembocadura, ha mostrado durante las últimas décadas notables cambios morfológicos, con estrechamientos, ensanchamientos e incisión del cauce, que han ido acompañados de un aumento de los afloramientos rocosos en el lecho del río y una disminución en la riqueza de especies propias del hábitat fluvial (Fernández-García *et al.*, 2025).

Se trata de un tramo que se ha visto sometido a una disminución significativa en el aporte de sedimento, tanto en relación con la retención que ejercen varias presas construidas desde los años 50, afectando al 90% de la cuenca hidrográfica y del tramo de estudio, como derivados del aumento de la cobertura arbórea y desarrollo socioeconómico e industrial del área central asturiana, incluyendo infraestructuras viarias, canalizaciones, la actividad minera o la expansión urbana sobre las vegas ribereñas.

Con el fin de investigar sobre las causas de estos reajustes morfodinámicos y plantear medidas de mitigación en los casos que se consideren de especial interés, desde el año 2021 hasta la actualidad se vienen desarrollando varios proyectos en el río Nalón, incluyendo estudios piloto dirigidos a comprender la dinámica fluvial y sus implicaciones en la gestión de cauces. Destacar dos proyectos desarrollados por la Confederación Hidrográfica del Cantábrico, con la participación de TRAGSA y el INDUROT de la Universidad de Oviedo, uno financiado por el Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático (PIMA Adapta Agua) titulado *Plan Piloto de Gestión del Sedimento en el Tramo bajo del Río Nalón entre Trubia y Soto del Barco en Asturias (2021-2023)*; y otro titulado *Seguimiento Ambiental y gestión del sedimento en las obras ejecutadas en el tramo bajo del río Nalón (2025-2026)*, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia financiado con fondos *NextGeneration* de la Unión Europea.

## II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos

Teniendo en cuenta estos antecedentes, durante la jornada de campo del 13 de noviembre, en el marco de las *II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en ríos*, se muestran los trabajos desarrollados en este tramo bajo del río Nalón (Figura 1). Concretamente se presentan las actuaciones de baipás sedimentario en seco realizadas desde aguas arriba de las presas que retienen el sedimento hacia aguas abajo, para valorar la potencial mitigación de los reajustes fluviales detectados (Parada 1). Por otro lado, se presenta el diseño e implementación de diferentes técnicas de monitorización de sedimento transportado como carga de fondo, ya que es el material que más repercute en los reajustes fluviales observados (Parada 1). Además, se visitan varias medidas de bioingeniería mediante deflectores orgánicos, dirigidas a fortalecer la vegetación de ribera en un entorno altamente inundable (Parada 2).

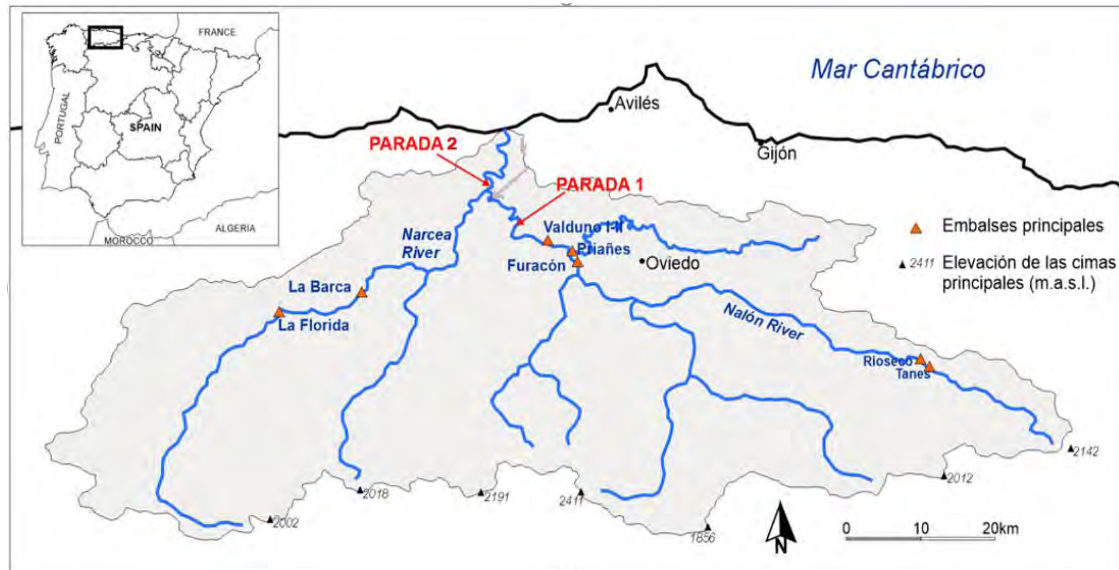


Figura 1. Localización de la cuenca de drenaje del río Nalón, ubicación de las principales presas y las dos paradas de la jornada de campo.

### 2. EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL RÍO NALÓN DESDE EL AÑO 1945

El cauce del tramo bajo del río Nalón desde los años 40 hasta la actualidad se ha estrechado en término medio unos 16 metros, aproximadamente un 11% de la anchura histórica (Figura 2 y Figura 3), lo que supone una disminución del área fluvial activa de unas 45 ha.

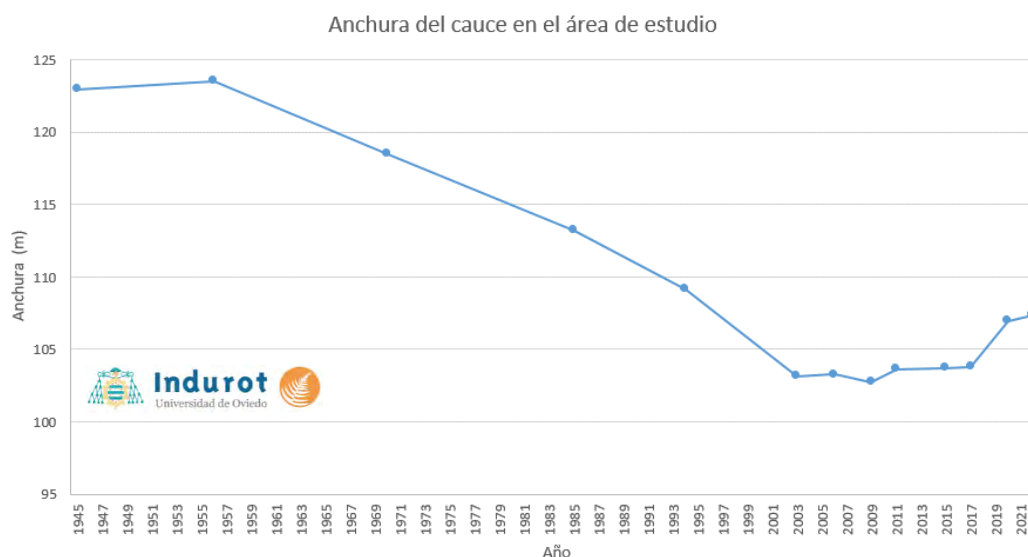


Figura 2. Evolución de la anchura del cauce en el tramo bajo del río Nalón desde el año 1945 (Fuente: Fernández-Iglesias *et al.*, 2025).



Figura 3. Imágenes comparativas del perfil transversal número 49 en los años 1957 (izquierda) y 2020 (derecha) a la altura de Peñafior en el T.M. de Grado (Fuente: INDUROT, 2023).

Entre las actividades antrópicas que pueden haber incidido en esta evolución, mencionar varias presas y embalses construidos desde la década de los años 50, dada su repercusión en el balance sedimentario de un río netamente dominado por sedimento transportado como carga de fondo. La superficie de cuenca afectada por estas obras en el tramo bajo del río Nalón es del 98% para la zona media y del 90% para el tramo tras la confluencia con el río Narcea. Hay que añadir también el efecto de la retención de sedimento que puede derivarse de la implantación de infraestructuras en los fondos de valle durante décadas, que han estrechado el canal activo, así como los cambios en los usos del suelo ligados al aumento de la vegetación arbórea, ya constatado en varias cuencas peninsulares (e.g. Lorenzo-Lacruz *et al.*, 2025; Vicente-Serrato *et al.*, 2025).

El modelo evolutivo del canal (e.g. Schumm *et al.*, 1984; Simon, 1989; Surian y Rinaldi, 2003; Thompson *et al.*, 2016) describe ajustes en la geometría del canal cuando se altera el balance entre caudal líquido y caudal sólido o los parámetros asociados. Concretamente, se desarrollan unas fases iniciales de profundización y estrechamiento del cauce, seguidas de unas de

## II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos

socavación y derrumbamiento de la orilla que conducen a la ampliación del canal. Se trata de procesos que van en línea con la evolución que ha experimentado este tramo bajo del río Nalón. Concretamente, en este tramo se reconocen las siguientes etapas (Figura 4): a) entre 1956 y 1970 comienzan procesos de degradación del lecho, así como los primeros indicios de estrechamiento del cauce, b) entre 1970-1994 se reconoce un encajamiento progresivo, aumento de orillas erosivas y pérdida de trenzamiento, c) entre 1994 y 2003 se produce el colapso de orillas así como las primeras señales de ensanchamiento del cauce y d) entre 2003 y 2025 prosigue de forma significativa el incremento de erosiones de orilla y de ensanchamiento del cauce.

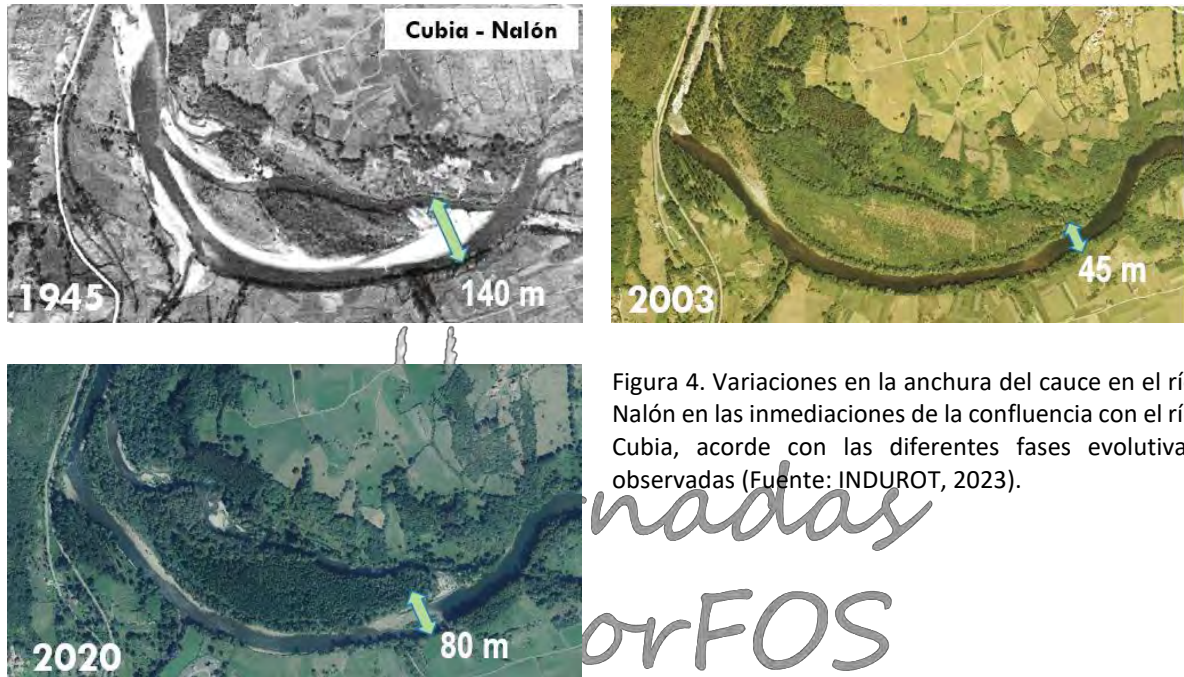


Figura 4. Variaciones en la anchura del cauce en el río Nalón en las inmediaciones de la confluencia con el río CUBIA, acorde con las diferentes fases evolutivas observadas (Fuente: INDUROT, 2023).

Esta situación se traduce en que en las últimas dos décadas se observa una tendencia creciente de la erosión, que todavía continúa en la actualidad. Concretamente, en torno a un 17% de las orillas aluviales del tramo bajo del río Nalón muestran señales de erosión en sus orillas, aunque este valor asciende a un 27% en el tramo de Pravia tras la confluencia Nalón-Narcea. Además, se registra un aumento de afloramientos rocosos en el lecho, que están señalando en varios puntos el desarrollo de procesos de incisión en la vertical, más afianzados en los tramos superiores y más cercanos a las presas (

Figura 5).

En síntesis, el río se está volviendo más profundo y estrecho, lo que reduce la conectividad entre el cauce principal y las márgenes, afectando al ecosistema fluvial, a su conectividad y a la distribución de especies (Fernández-García *et al.*, 2025).



Figura 5. Afloramientos rocosos en el lecho del cauce aguas abajo de la presa de Valduno.

### 3. BAI PÁS SEDIMENTARIO EN EL MEANDRO DE VILLAMARÍN (T.M. Candamo)

Dada la relación en la disminución del aporte de sedimentos con los reajustes morfodinámicos observados en el tramo bajo del río Nalón, durante el año 2023 se han ejecutado dos operaciones piloto de reubicación de sedimentos en seco ( $\approx 5000 \text{ m}^3$ ). En ellas, se utilizó material procedente de la cola de las presas más cercanas al tramo de estudio que están reteniendo material sólido grueso del río Nalón.

Se realizaron diversos estudios para la planificación y ejecución del bai pás, en especial para elegir las zonas de destino, considerando diversas limitaciones, como las dificultades de acceso con maquinaria pesada debido a la presencia de la red ferroviaria en prácticamente todo el recorrido. También se estudiaron diversas opciones de áreas fuente de material, con valoraciones sobre la cantidad de sedimento, diversas granulometrías para analizar la compatibilidad entre área fuente y destino, además de consideraciones de tipo geoquímico y ambiental. Además, se abordaron análisis morfodinámicos para definir la distribución más apropiada de material, teniendo en cuenta las transformaciones que habían experimentado las zonas de depósito durante varias crecidas fluviales recientes, aplicando técnicas GIS (DoD) y modelos digitales del terreno elaborados a partir de vuelos drone fotogramétricos (Figura 6).

Finalmente, el material fue reubicado sobre zonas con señales de pérdida de sedimento, con el objetivo de favorecer la reinscripción en el canal ante futuras avenidas. Por un lado, en Valduno el bai pás se ubicó sobre una zona de margen mientras que en Villamarín se realizó sobre una barra de meandro perteneciente al canal activo del río Nalón (Figura 7)

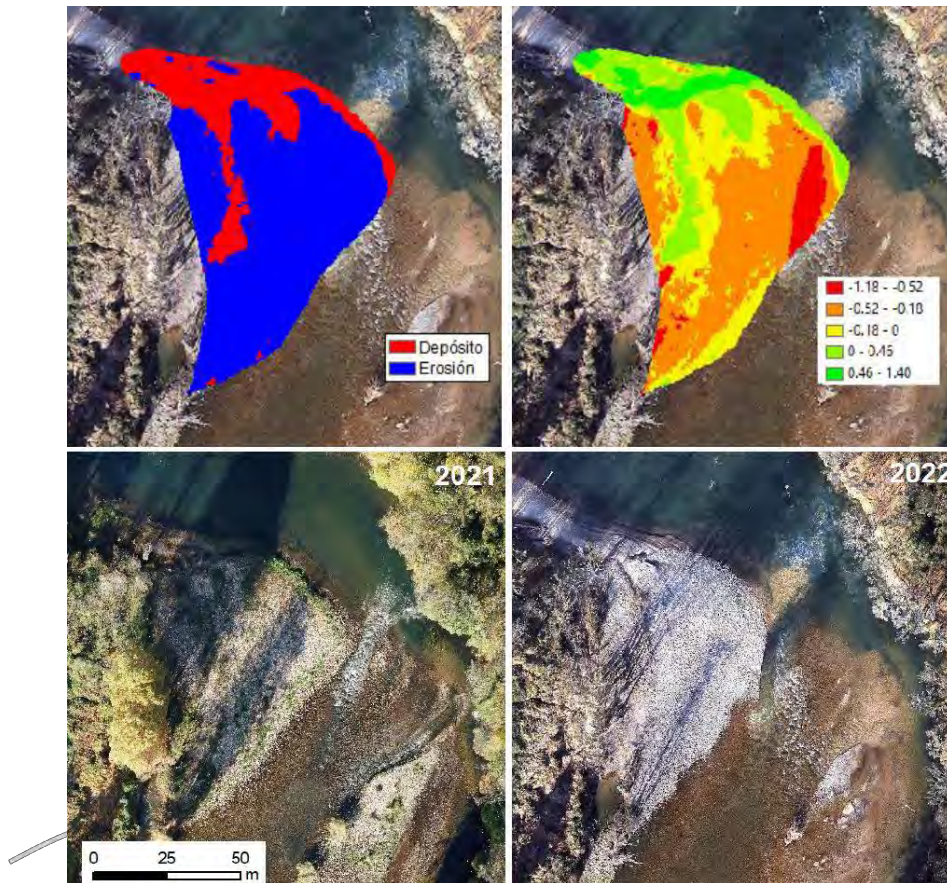


Figura 6. Arriba resultado de la comparativa de los dos modelos digitales del terreno antes y después de una avenida en Villamarín. A la izquierda se muestran las zonas de depósito y de erosión y a la derecha las diferencias de cota entre los modelos. Abajo se muestran las ortofotos de noviembre de 2021 y febrero de 2022 (Fuente: INDUROT, 2023).



Figura 7. Reubicación de sedimento sobre el meandro de Villamarín.

## II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos

Aunque en ambos emplazamientos se reubicaron volúmenes de entidad moderada, el objetivo principal es analizar su evolución futura ante avenidas, no solo en la zona de depósito sino aguas abajo de la misma, mediante batimetrías y modelos digitales del terreno periódicos, así como la monitorización de varios índices faunísticos y botánicos.

### 4. TÉCNICAS DE MONITORIZACIÓN DE SEDIMENTO

Como se ha indicado anteriormente, en la cuenca del río Nalón se están desarrollando varios proyectos para profundizar en el conocimiento sobre los caudales sólidos transportados como carga de fondo, dirigidos a la investigación de técnicas y metodologías de seguimiento de los flujos de sedimento. Además de los ya mencionados, añadir la participación de proyectos de investigación I+D+i como CANALAB (2021-2026) o el proyecto CLASTO (2025-2028), así como el desarrollado por la Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2023-2025) en el tramo alto de la cuenca del Nalón, dentro de la subcuenca del río Aller, en un sector de configuración trenzada. En esta subcuenca la CHCantábrico ha incorporado en una de sus estaciones de aforo, diversa instrumentación dirigida a medir el sedimento transportado como carga de fondo, que cuenta con varios modelos de placas de impacto, varios sismógrafos, hidrófonos, trazadores RFID y un proyecto piloto para el estudio de técnicas de monitorización de las granulometrías entre tamaño arena a grava.

Durante la jornada de campo se mostrarán diferentes técnicas para la adquisición de los datos de transporte de material grueso en la cuenca del río Nalón, que incluye el seguimiento de partículas utilizando clastos marcados con sensores de identificación por radiofrecuencia (RFID), placas de impacto colocados en el lecho del río, monitorización mediante estación sísmica conectada a un sismómetro Lennartz LE-3D/20s, detección de cambios geomórficos mediante fotogrametría diacrónica y datos LIDAR, así como los trabajos planificados en relación con la monitorización de las fracciones más finas, entre arenas y gravas, mediante susceptibilidad magnética y registros acústicos a partir de hidrófonos.

Las placas de impacto consisten en unas piezas de acero inoxidable que llevan adheridas un geófono o un acelerómetro. Estas se instalan en el lecho del cauce, con el objeto de registrar los impactos de los clastos contra la pieza de acero generados durante un episodio de transporte y en un intervalo de tiempo prefijado. En el emplazamiento de Villamarín se instalaron un total de 3 placas de impacto, ubicadas aguas arriba, en el centro y aguas abajo de la zona donde se realizó el baipás sedimentario.

Esta zona de monitorización de Villamarín también forma parte de un conjunto de emplazamientos seleccionados para estudiar el transporte de sedimento grueso a partir de clastos trazadores mediante sensores RFID, que permiten identificarlos individualmente al ser escaneados con una antena lectora específica de la técnica. El radio de localización es muy limitado, y aunque el seguimiento es costoso al requerir una búsqueda cercana, es una de las pocas técnicas que ofrece datos reales del proceso de transporte.

Respecto al monitoreo con datos sísmicos, este se fundamenta en que las partículas de sedimentos pueden generar ondas elásticas cuando golpean el lecho del río durante su transporte (Roth *et al.*, 2014). La idea es estudiar las relaciones de la señal sísmica con los caudales líquidos, a partir de la comparación con los datos de nivel de las estaciones de aforo y, por otro lado, con los datos de transporte de sedimento obtenido con el resto de técnicas. Durante la visita de campo se mostrarán algunas de las metodologías desarrolladas en este campo (González-Rodríguez *et al.*, 2024).

### 5. MEJORA DEL BOSQUE DE RIBERA MEDIANTE BIOINGENIERÍA

El área de estudio forma parte de la Zona de Especial Conservación del río Nalón (ES1200029). La vegetación autóctona de ribera que se desarrolla en este tramo corresponde sobre todo a alisedas atlánticas y saucedas blancas, que forman parte del hábitat de interés comunitario prioritario 91E0\*. Una parte significativa de las riberas muestra en la actualidad una fragmentación significativa, por la presencia de franjas de bosque autóctono inexistentes durante largas extensiones o demasiado estrechas para que generen un hábitat funcional.

Si bien las erosiones de orilla forman parte de los reajustes esperables en el río Nalón, en algunos tramos de especial interés (por ejemplo, por la presencia del *Salmo salar*) están provocando fragmentaciones en la vegetación de ribera que afectan a tramos de gran longitud (>1500 m), que no sólo alteran la continuidad longitudinal del corredor ecológico del río Nalón, sino que lo hace muy vulnerable a la colonización por las plantas invasoras.

Por los motivos expuestos, se abordaron actuaciones de mejora del bosque de ribera mediante el ensayo de diferentes tipologías de actuaciones de bioingeniería. Se trata de soluciones basadas en la naturaleza para mitigar la fragmentación del corredor ecológico del río Nalón y la mejora del estado de conservación del hábitat de interés comunitario y prioritario, siempre acompañadas con la eliminación de invasoras.

Concretamente, en este tramo se abordaron trabajos de reubicación de sedimento y se aplicaron técnicas de bioingeniería mediante la instalación de deflectores orgánicos (Figura 8), con el objetivo de reducir la presión sobre los márgenes, favorecer una colonización vegetal y aumentar la resistencia frente a la erosión tanto en el tramo de actuación como de forma indirecta en los tramos adyacentes. Actualmente, desde que se ejecutaron las medidas entre los años 2020 y 2023, se observa un aumento de la vegetación de ribera a lo largo de varias orillas de la zona.

Si bien estas actuaciones no tienen vocación de definitivas dados los reajustes morfodinámicos que imperan en este tramo del río Nalón, el aumento de la frecuencia de avenidas y el carácter piloto de muchas de ellas, se persigue que formen parte de un proceso continuo de investigación y seguimiento.



Figura 8. Imagen de los deflectores recién construidos en el año 2023.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Fernández-García, M.; Fernández Iglesias, E.; Sanna, M.; Incera Sañudo, L.; Moro García, V.; Cires Rodríguez, E. González Rodríguez, G. y Menéndez Duarte, R. (2025). Efectos de la incisión fluvial en la vegetación de ribera del tramo bajo del río Nalón (Asturias, NO España). En: *Avances de la Geomorfología española en 2023-2025* (Eds. Ruiz Fernández *et al.*). 145-148.
- Fernández Iglesias, E.; Incera Sañudo, L.; Menéndez Duarte, R.; Fernández-García, M.; Moro García, V.; González Rodríguez, G. y Vázquez Tarrío, D. (2025). Dinámica fluvial en el bajo Nalón: evolución geomorfológica reciente, interacciones antrópicas y medidas de gestión del Medio fluvial. En: *Itinerarios geomorfológicos de la XVII Reunión Nacional de Geomorfología* (Ruiz Fernández J. y Menéndez Duarte, R. Eds.): 39-68.
- González-Rodríguez, G., Vazquez-Tarrio, D., Fernández-Iglesias, E., Fernández-García, M., Incera, L., Menéndez-Duarte, R., Pulgar, J., Pedreira, D. (2024). Registro sísmico durante un año en el río Nalón (Asturias): caudal, sedimento, viento y actividad antrópica. *Geo-Temas* 20.
- INDUROT (2023). *Plan Piloto de Gestión del Sedimento en el Tramo bajo del Río Nalón (Trubia – Soto del Barco, Asturias)*. Informe científico-técnico para TRAGSA, financiado por la Confederación Hidrográfica del Cantábrico dentro del PIMA Adapta del MITECO. Universidad de Oviedo, 79 pp.
- Lorenzo-Lacruz, J., Lana-Renault, N., Arnáez, J., Ruiz-Flaño, P., & Martín-Hernández, N. (2025). Hydrological Effects of the Westward Expansion of Mediterranean Climate and Revegetation in Atlantic–Mediterranean Transitional Headwaters. *Hydrological Processes*, 39(6), e70166. <https://doi.org/10.1002/hyp.70166>
- Roth, D. L., Finnegan, N. J., Brodsky, E. E., Cook, K., Stark, C. P., & Wang, H. (2014). Migration of a coarse fluvial sediment pulse detected by hysteresis in bedload generated seismic waves. *Earth and Planetary Science Letters*, 404, 144-153. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.07.019>
- Schumm, S.A., Harvey, M.D. y Watson, C.C. (1984). *Incised Channel: morphology, dynamics and control*. *Water Resources*, Littleton, Colorado, 200 pp.
- Simon, A. (1989). A model of channels response in disturbed alluvial channels. *Earth Surface Processes and Landforms*, 14: 11-26.
- Surian, N. y Rinaldi, M. (2003). Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology*, 50: 307-326.
- Thompson, C. J., Croke, J., Fryirs, K., & Grove, J. R. (2016). A channel evolution model for subtropical macrochannel systems. *Catena*, 139, 199-213.
- Vicente-Serrano, S., El Kenawy, A.; Peña-Angulo, D.; Lorenzo-Lacruz, J.; Murphy, C.; Hannaford, J.; Dadson, S.; Stahl, K.; Noguera, I.; Fraquesa, M.; Fernández-Duque, B.; Domínguez-Castro, F. (2025). Forest expansion and irrigated agriculture reinforce low river flows in southern Europe during dry years. *Journal of Hydrology*. 653, 132818. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.132818>



# **SESIÓN I**

**Análisis de la morfodinámica fluvial en gabinete**

Sesión I: Análisis de la morfodinámica fluvial en gabinete

### Validación de modelos de inundación mediante información composicional de sedimentos extraída de imágenes satelitales

#### *Validation of flood models using sediment compositional information extracted from satellite images*

J. R. Bustos Caparrós<sup>1</sup>, I. Pereira<sup>2</sup>, J. A. Cruz <sup>2</sup>, M. Ferrer -Julia<sup>2</sup> y E. García-Meléndez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Teledetección y Espectroscopía Ambiental (SpecLab), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Albasanz 27-28, 28037 Madrid, España. [juanramon.bustos@cchs.csic.es](mailto:juanramon.bustos@cchs.csic.es)

<sup>2</sup> Grupo Q-GEO, Área de Geodinámica Externa, Fac.CC. Biológicas y Ambientales, Universidad de León, Campus de Vegazana, s/n, 24071 León, España. [iperr@gmail.com](mailto:iperr@gmail.com); [jrcrum@unileon.es](mailto:jrcrum@unileon.es); [mferj@unileon.es](mailto:mferj@unileon.es); [egarm@unileon.es](mailto:egarm@unileon.es)

**Resumen:** En el SE de la Península Ibérica existen muchas ramblas que carecen de datos de aforo que permitan conocer el alcance real de las inundaciones, dificultando la gestión de su riesgo. El objetivo principal de este estudio es utilizar la variación en la composición mineral de los sedimentos tras eventos de precipitación como indicadores para la validación de modelos de inundaciones en cuencas de drenaje afectadas por escombreras y balsas de residuos mineros. Para ello se propone detectar los sedimentos mediante teledetección, centrándose en los minerales con Fe. La distribución de estos minerales de hierro (principalmente óxidos e hidróxidos) procedentes de los residuos mineros de la cuenca reflejará la extensión mínima de la lámina de agua generada durante una inundación. Para ello se ha seleccionado como zona de estudio la Rambla del Beal, en Murcia, una cuenca de 7,6 km<sup>2</sup> con clima semiárido mediterráneo y alta concentración de residuos mineros. El evento analizado es la Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA) del 11-13 de septiembre de 2019, en la que se llegó a acumular 226 mm en la zona de estudio. Los modelos utilizados para la modelización hidrológico-hidráulica han sido HEC-HMS y HEC-RAS, respectivamente. En este último caso se ha realizado una modelización bidimensional, al tratarse de una zona de abanicos aluviales. Las imágenes Sentinel-2 (pre y post evento) se analizaron mediante índices basados en cocientes de bandas correspondientes a longitudes de onda del VNIR (visible e infrarrojo cercano) para identificar los píxeles con incrementos en los contenidos de Fe. Los resultados indican un caudal punta de 171,73 m<sup>3</sup>/s y calados superiores a 9 metros. Asimismo, se observa una coincidencia entre la distribución espacial de las áreas de incremento de minerales de Fe con los límites de la lámina de agua modelizada. En conclusión, esta metodología resulta útil para validar simulaciones de inundaciones en cuencas que carecen de datos de caudales y que están afectadas por minería lo que permite mejorar el análisis de riesgos y la gestión territorial.

Agradecimientos: trabajo financiado por el proyecto de investigación PID2023-150229OB-100 del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades - AEI.

**Palabras clave:** Sentinel-2, óxidos e hidróxidos de hierro, DANA, rambla

**Abstract:** In the SE of the Iberian Peninsula, many ramblas lack gauging data, which makes it difficult to assess the true extent of flooding and manage the associated risks. This study aims to use the variation in mineral composition of sediments after precipitation events to validate flood models in drainage basins affected by tailings dumps and mining waste ponds. The study proposes using remote sensing to detect sediments, focusing on Fe-bearing minerals. Their distribution (mainly Fe oxides and hydroxides from mining residues) will reflect the minimum extent of the floodplain generated during a flood. To this end, the study area has been selected as the Rambla del Beal in Murcia, a 7.6 km<sup>2</sup> basin with a semi-arid Mediterranean climate and a high concentration of mining waste. The analyzed event is the cut off low between 11–13 September 2019, when 226 mm precipitated in the study area. The models used for hydrological-hydraulic modeling were HEC-HMS and HEC-RAS, respectively. In the latter case, two-dimensional modeling was performed, as it was an area of alluvial fans. Sentinel-2 images (pre- and post-event) were analyzed using inter-band indices corresponding to VNIR (visible and near infrared wavelengths) to identify pixels with increases in Fe contents. The results indicate a peak flow rate of 171.73 m<sup>3</sup>/s and draughts greater than 9 meters. Also, a coincidence between the spatial distribution of the areas of increased Fe minerals and the modeled water sheet boundaries is observed. In conclusion, this methodology is useful to validate flood simulations in basins lacking discharge data and affected by mining, which allows improving risk analysis and territorial management.

Acknowledgements: work supported by the research project PID2023-150229OB-100 (Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities- AEI)

**Key words:** Sentinel-2, iron oxides and hydroxides, cut off low, rambla

Sesión I: Análisis de la morfodinámica fluvial en gabinete

## Análisis espacial de tramos fluviales en la cuenca del Alto Aragón mediante teledetección y algoritmos de machine learning

*Spatial analysis of river segments in the Upper Alto basin using remote sensing and machine learning algorithms.*

M. P. Rabanaque<sup>1</sup> y C. Juez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC), Av. de Montañana, 1005, 50059 Zaragoza. [mapi.rabanaque@ipe.csic.es](mailto:mapi.rabanaque@ipe.csic.es); [carmelo.juez@ipe.csic.es](mailto:carmelo.juez@ipe.csic.es)

**Resumen:** Los sistemas fluviales desempeñan un papel esencial en los ecosistemas, ya que no solo configuran la estructura del paisaje a través de procesos de erosión, transporte y sedimentación, sino que también regulan dinámicas hidromorfológicas fundamentales para la conectividad ecológica y el funcionamiento del medio natural. Aunque existen metodologías como IDRAIM (Rinaldi et al., 2015) o el enfoque de Gurnell et al. (2016) para evaluar su estado, a menudo se omiten variables geométricas clave. Este estudio aplica la metodología de Rabanaque et al. (2024) en la cuenca del Alto Aragón (Pirineo aragonés, 2018 km<sup>2</sup>), con el objetivo de definir una tipología fluvial objetiva, semiautomática y reproducible. La metodología combina teledetección y análisis multivariante. En una primera fase se realizó una clasificación supervisada (SVM) de unidades geomorfológicas y antrópicas a partir de ortofotografías de 0.25 m e índices espectrales (NDVI y NDWI), definiendo seis clases con 800 puntos de control. Posteriormente, el fondo de valle se segmentó automáticamente en tramos de 300 m para calcular variables como anchura del cauce activo, anchura del valle, pendiente y potencia específica, mediante FluvialCorridor. El análisis MRPP permitió identificar tres tipologías fluviales: tramos de cabecera estrechos y sin vegetación; tramos intermedios con vegetación en desarrollo; y tramos bajos amplios y con vegetación madura. Este enfoque demuestra la utilidad de la teledetección de alta resolución y el machine learning para una cartografía fluvial precisa y la gestión sostenible de ríos. Agradecimientos: Este trabajo está financiado por el Consejo Europeo de Investigación (ERC) a través del programa Horizon Europe 2021 Starting Grant bajo el acuerdo de subvención REA número 101039181-SED@HEAD.

**Palabras clave:** geomorfología fluvial, teledetección, segmentación automática, machine learning

**Abstract:** River systems play an essential role in ecosystems, as they not only shape the landscape through erosion, transport and sedimentation processes, but also regulate hydromorphological dynamics that are fundamental to ecological connectivity and the functioning of the natural environment. Although methodologies such as IDRAIM (Rinaldi et al., 2015) or the approach of Gurnell et al. (2016) exist to assess their status, key geometric variables are often omitted. This study applies the methodology of Rabanaque et al. (2024) in the Upper Aragon basin (Aragonese Pyrenees, 2018 km<sup>2</sup>), with the aim of defining an objective, semi-automatic and reproducible river typology. The methodology combines remote sensing and multivariate analysis. In the first phase, a supervised classification (SVM) of geomorphological and anthropic units was carried out using 0.25 m orthophotos and spectral indices (NDVI and NDWI), defining six classes with 800 control points. Subsequently, the valley floor was automatically segmented into 300 m sections to calculate variables such as active channel width, valley width, slope and specific power, using FluvialCorridor. The MRPP analysis identified three river types: narrow headwater sections with no vegetation; intermediate sections with developing vegetation; and wide lower sections with mature vegetation. This approach demonstrates the usefulness of high-resolution remote sensing and machine learning for accurate river mapping and sustainable river management.

**Acknowledgements:** This work is funded by the European Research Council (ERC) through the Horizon Europe 2021 Starting Grant programme under grant agreement REA number 101039181-SED@HEAD.

**Key words:** fluvial geomorphology, remote sensing, automatic segmentation, machine learning

Sesión I: Análisis de la morfodinámica fluvial en gabinete

## Propuesta metodológica para cartografiar el estado morfo-sedimentario de la red de drenaje del río Perales (cuenca del Tajo)

### *Methodological approach for mapping the morpho-sedimentary State of the Perales River drainage Network (Tagus Basin)*

J. Garrote Revilla<sup>1</sup>, D. Vázquez Tarrío<sup>2</sup> y A. Díez-Herrero<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, C/ José Antonio Nováis s/n, 28040 Madrid. [juliog@ucm.es](mailto:juliog@ucm.es)

<sup>2</sup> Departamento de Riesgos Geológicos y Cambio Climático, Centro Nacional IGME, CSIC. c/Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. [d.vazqueztarrio@igme.es](mailto:d.vazqueztarrio@igme.es); [andres.diez@igme.es](mailto:andres.diez@igme.es)

**Resumen:** El conocimiento de la dinámica de transporte de sedimento y cambio geomorfológico de los cauces es fundamental para abordar numerosas cuestiones de carácter aplicado, tales como la gestión del riesgo de inundaciones, la elaboración de planes de restauración fluvial o el diseño de infraestructuras hidráulicas, entre otras muchas. En este sentido, son escasos los datos fiables sobre el estado morfo-sedimentario de nuestros cauces. Esto se debe, en gran medida, a la complejidad inherente al estudio in campo de estos procesos. El objetivo de esta comunicación es presentar una metodología basada en software SIG que permita una evaluación rápida del estado del cauce, identificando tramos que estén potencialmente experimentando incisión, agradación o equilibrio, a lo largo de una red de drenaje. Para ilustrarlo, hemos aplicado este flujo de trabajo a la cuenca del río Perales (cuenca del Tajo). De este modo, hemos realizado una caracterización del estado morfo-sedimentario de 113 tramos fluviales. Este tipo de caracterizaciones pueden servir para una evaluación preliminar del estado del cauce y para ayudar a identificar áreas que requieran estudios más detallados.

**Palabras clave:** geomorfología fluvial, transporte de sedimento, agradación, incisión

**Abstract:** Understanding the dynamics of sediment transport and geomorphic change in rivers is highly relevant for several applied issues, including flood risk management, river restoration and the design of hydraulic infrastructure. However, reliable data on the morpho-sedimentary state of our rivers is scarce. This is largely due to the complexity of studying these processes in the field. This communication presents a GIS-based methodology that provides quick assessments of channel conditions, identifying sections potentially undergoing incision, aggradation or equilibrium along a drainage network. To illustrate this approach, we applied the workflow to the Perales river basin (Tagus basin). This methodology has allowed us to characterise the morpho-sedimentary state of 113 river sections. This type of characterisation can be used to provide a preliminary assessment of the state of the riverbed and to help identify areas requiring more detailed, specific studies.

**Key words:** fluvial geomorphology, sediment transport, aggradation, incision

Sesión I: Análisis de la morfodinámica fluvial en gabinete

## Estimación del grado de incisión fluvial en ríos cantábricos a partir del DPH cartográfico y otras señales de reajuste morfológico

### *Estimation of fluvial incision in Cantabrian Rivers based on cartographic DPH and other morphological adjustment indicators*

L. Incera-Sañudo<sup>1</sup>, E. Fernández-Iglesias<sup>1</sup>, M. Fernández-García<sup>1</sup>, V. Moro<sup>1</sup>,  
G. González-Rodríguez<sup>1</sup>, D. Vázquez-Tarrió<sup>2</sup>, R. Menéndez-Duarte<sup>1,3</sup> y F.J. Fernández<sup>1,3</sup>

1 Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT), Universidad de Oviedo. Campus de Mieres, C/Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n, 33600 Mieres, España. [incerasanudolaro.fuo@uniovi.es](mailto:incerasanudolaro.fuo@uniovi.es); [elena.indurot@uniovi.es](mailto:elena.indurot@uniovi.es); [fernandezgarmaria@uniovi.es](mailto:fernandezgarmaria@uniovi.es); [morogveronica.fuo@uniovi.es](mailto:morogveronica.fuo@uniovi.es); [gil@uniovi.es](mailto:gil@uniovi.es)

2 Instituto Geológico y Minero de España (IGME-CSIC). C/ Ríos Rosas, 23, Madrid, España. [d.vazqueztarrio@igme.es](mailto:d.vazqueztarrio@igme.es)

3 Departamento de Geología, Universidad de Oviedo. C/ Jesús Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo, España. [ramenendez@uniovi.es](mailto:ramenendez@uniovi.es); [fjfernandez@uniovi.es](mailto:fjfernandez@uniovi.es)

**Resumen:** Se han estudiado 95 km de ríos aluviales del norte de España, abarcando los tramos medio y bajo de los ríos Nalón, Bedón y Aller, en Asturias, y el Saja, en Cantabria, en el marco de varios proyectos para la Confederación Hidrográfica del Cantábrico (CHC). Se cartografiaron las categorías de Dominio Público Hidráulico Probable o Cartográfico (DHPH), según la Guía Metodológica del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (MITECO, 2011), delimitando el cauce histórico (a partir del vuelo americano de 1956-57) y el cauce actual (mediante imágenes recientes, vuelos dron y trabajo de campo). A lo largo de estos 95 km se realizaron 249 perfiles transversales (fechados entre 1956 y 2021/23) y se inventariaron señales de incisión fluvial (descalce de infraestructuras, socavación de cimentaciones, raíces expuestas, etc.). Los resultados indican que, entre 1956 y la actualidad, el 42% de los perfiles muestran predominio de estrechamiento del cauce, el 35% no presenta cambios aparentes y el 18,5% evidencia ensanchamiento. Además, al menos un 10,4% de la superficie del cauce histórico ha perdido actividad y evoluciona hacia condiciones de llanura aluvial (DHPHb), indicador indirecto de incisión. Este valor es algo mayor en los ríos Aller y Saja (13%), ambos de tipología trenzada, con mayor ocupación antrópica y sin presas de entidad. En el Nalón, la superficie reducida por incisión alcanza el 11%, a pesar de su baja ocupación antrópica, posiblemente debido a la retención de sedimentos aguas arriba por presas de entidad. En contraste, en el Bedón, con alguna canalización moderada, el DHPHb es solo del 5%. Estas evidencias, junto con 82 puntos de encajamiento vertical identificados, confirman la presencia de procesos de incisión en el ámbito cantábrico, con un desarrollo asociado a la tipología de cauce y a factores antrópicos como presas, cambios de uso del suelo y ocupaciones artificiales del cauce histórico.

**Palabras clave:** incisión fluvial, ríos cantábricos reajuste morfológico, cauce histórico

**Abstract:** A total of 95 km of alluvial rivers in northern Spain were studied, including the middle and lower reaches of the Nalón, Bedón, and Aller rivers (Asturias) and the Saja River in Cantabria, in the framework of several projects for the Cantabrian Hydrographic Confederation. The Probable or Cartographic Public Hydraulic Domain (DHPH) categories defined by the National Flood Zone Mapping System (MITECO, 2011) were mapped (DHPHa, DHPHb, DHPHc), using the 1956–57 American aerial survey for the historical channel and recent imagery, drone surveys, and fieldwork for the current channel. Along these rivers, 249 cross-section profiles were analysed (1956–2021/23), and fluvial incision signs (e.g., exposed foundations, scouring, exposed roots) were inventoried. The results show 42% of the profiles indicate narrowing, 35% show no apparent change, and 18.5% show widening. At least 10.4% of the historical channel area has lost activity and is evolving towards floodplain conditions (DHPHb). This value is slightly higher in the Aller and Saja (13%), which are braided and subject to greater human occupation, lacking major dams. In the Nalón, despite little human occupation, incision has reduced the historical channel by 11%, likely due to sediment retention by upstream dams. In the Bedón, where there is moderate channelisation, DHPHb covers only 5% of the area. These results, along with 82 identified vertical incision points, confirm that incision processes occur in the Cantabrian region, and their intensity relates to channel type and human impacts such as dams, land use change, and anthropic occupation.

**Key words:** river incision, Cantabrian rivers morphological readjustment, historical riverbed

Sesión: I Análisis fluvial en gabinete

## Incisión en una rambla mediterránea. El caso de la riera de Les Arenes

### *Incision in a Mediterranean torrential river. The case of Les Arenes*

M. Ordinas<sup>1</sup>, C. Ferrer-Boix<sup>2,\*</sup> y J.P. Martín-Vide<sup>3</sup>

1 Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental, Universitat Politècnica de Catalunya, c. Jordi Girona, 1-3, 08034, Barcelona.

[miquelorvi@gmail.com](mailto:miquelorvi@gmail.com)

2,\* Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental, Universitat Politècnica de Catalunya, c. Jordi Girona, 1-3, 08034, Barcelona.

[carles.ferrer@upc.edu](mailto:carles.ferrer@upc.edu). Autor de correspondencia.

3 Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental, Universitat Politècnica de Catalunya, c. Jordi Girona, 1-3, 08034, Barcelona.

[juan.pedro.martin@upc.edu](mailto:juan.pedro.martin@upc.edu)

**Resumen:** La riera de Les Arenes es un río efímero que marca el límite oeste de Terrassa (Cataluña). En septiembre de 1962, unas lluvias torrenciales provocaron una crecida excepcional que causó graves daños y centenares de víctimas mortales. Desde entonces, la historia del río ha estado dominada por las obras hidráulicas, principalmente muros, espigones y traviesas, construidas para canalizar el río y fijar su perfil longitudinal. Como resultado de estas actuaciones, así como de cambios ocurridos en la cuenca, actualmente el río está en un proceso de incisión que, además de implicar un cambio severo en su morfología, supone un riesgo para las infraestructuras que cruzan el río.

La hipótesis principal de este trabajo plantea la existencia de un nuevo equilibrio fluvial alterado consecuencia del estrechamiento que supuso la canalización, de los cambios en los usos del suelo de la cuenca y de la fijación forzada del lecho mediante traviesas. A través de datos de campo se ha calibrado una expresión empírica para la pendiente de equilibrio en dichas condiciones.

Los resultados preliminares indican que la incisión no se ha detenido ya que, en la mayoría de tramos de la riera, la pendiente actual todavía no ha alcanzado la correspondiente de equilibrio.

**Palabras clave:** Morfodinámica fluvial, equilibrio fluvial, ríos efímeros, obras hidráulicas

**Abstract:** Les Arenes is an ephemeral river that constitutes the Western boundary of Terrassa (Catalonia). In September 1962, a torrential rainfall event caused exceptional floods that produced serious damage to houses and public infrastructure and hundreds of fatalities. River training works (e.g. channelization, bed sills and groynes) carried out in response to the flood and aiming at fixing the bed have dictated the morphodynamic evolution of the river since then. As a result of these actions and due to changes in land use at a basin-scale as well, the river is currently undergoing an incising process which, letting aside the severe morphological change, jeopardizes the infrastructures that cross the river.

The main hypothesis of this work relies on the existence of a new altered fluvial equilibrium bed slope, which would be an expression of the narrowing caused by the channelization, the changes in land use in the basin and the presence of bed sills. An empirical expression for the equilibrium slope under such conditions has been calibrated using field data.

Preliminary results indicate that incision has not stopped since the current slope has not yet reached the corresponding that predicted at equilibrium.

**Key words:** Fluvial morphodynamics, river equilibrium, ephemeral streams, river training.

Sesión I: Análisis de la morfodinámica fluvial en gabinete

### **Influencia de los incendios forestales en el transporte de sedimento como carga de fondo en ríos de la Cordillera Cantábrica**

#### *Influence of forest fires on bedload sediment transport in rivers of the Cantabrian Mountains*

**R. Menéndez Duarte<sup>1,2,5</sup>, D. Vázquez-Tarrío<sup>3</sup> y A. Colina Vuelta<sup>2,4,5</sup>**

1 Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, [ramenendez@uniovi.es](mailto:ramenendez@uniovi.es); [colinaarturo@uniovi.es](mailto:colinaarturo@uniovi.es)

2 INDUROT, Universidad de Oviedo

3 Departamento de Riesgos Geológicos y Cambio Climático, IGME- CSIC, [d.vazqueztarrio@igme.es](mailto:d.vazqueztarrio@igme.es)

4 Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo

5 Cátedra de Cambio Climático de la Universidad de Oviedo

**Resumen:** Los incendios forestales son un importante agente de cambio en el paisaje, que puede llegar a alterar sustancialmente los ciclos de producción y reciclado de sedimento. Así, la erosión post-incendio puede llevar asociado un incremento de la erosión del suelo en las vertientes y el incremento en los aportes de sedimento que llega a los cauces. Con el fin de tener unos primeros datos sobre la influencia que los incendios forestales hayan podido tener en los balances de sedimento transportados como carga de fondo en los ríos de la vertiente norte de la cordillera Cantábrica, se han seleccionado dos pequeñas cuencas pertenecientes al área de cabecera de la cuenca del río Narcea. Estas cuencas, muy próximas entre sí y muy similares en cuanto a relieve, contexto geomorfológico y sustrato geológico, presentan una afección por incendios forestales muy diferente. Una de ellas, la cuenca de Muniellos (25 km<sup>2</sup>), es una Reserva Natural Integral en la que se encuentra uno de los robledales mejor conservados de Europa. En la otra, la cuenca del río Combo (15,7 km<sup>2</sup>), los incendios forestales casi han hecho desaparecer la cubierta boscosa natural y en una gran parte de su extensión alternan zonas de vegetación arbustiva con áreas rocosas sin suelo. Para ambas cuencas, se dispuso de una cartografía de áreas quemadas entre los años 1984 y 2020, realizada a partir de imágenes de satélite (series Landsat y Sentinel). Además, se ha estimado la cantidad de carga de fondo que transporta el cauce con diferentes valores de caudal. Los resultados obtenidos muestran que los volúmenes de carga gruesa movidos anualmente son claramente mayores en la cuenca del río Combo. Las condiciones hidrológicas y geomorfológicas naturales de ambas cuencas son prácticamente iguales, por lo que los resultados obtenidos sugieren que, con una historia de incendios larga y recurrente, se puede modificar fuertemente la dinámica hidrosedimentaria.

**Palabras clave:** transporte de sedimento, carga de fondo, incendios forestales

**Abstract:** Forest fires are an important driver of landscape change in the landscape, which substantially alter the cycles of sediment production and conveyance. Thus, post-fire erosion can be associated with an increase in soil erosion on the slopes and a consequent increase in the amounts of sediment that are supplied to the drainage network. In order to obtain some data on the influence that forest fires may have had on the bedload sediment balances load in rivers of the northern watershed of the Cantabrian mountain range, two small basins belonging to the headwater area of the Narcea river basin have been selected. These basins, very close to each other and very similar in terms of relief, geomorphological context and geological substratum, are affected by forest fires in very different ways. One of them, the Muniellos basin (25 km<sup>2</sup>), is an Integral Natural Reserve where one of the best preserved oak forests in Europe can be found. In the other, the Combo river basin (15.7 km<sup>2</sup>), forest fires have almost eliminated the natural forest cover and bare soil areas and shrub vegetation dominates its land cover. For both catchments, burned areas between 1984 and 2020 were mapped based on available satellite images (Landsat and Sentinel series). In addition, bulk averaged bedload volumes were estimated. The results obtained show that the volumes of coarse bedload moved annually are clearly higher in the Combo river basin. The natural hydrological and geomorphological conditions of both basins are practically the same, so the results obtained suggest that, with a long and recurrent fire history, the hydrosedimentary dynamics can be strongly modified in Cantabrian rivers.

**Key words:** sediment transport, bedload, forest fires

Sesión I: Análisis de la morfodinámica fluvial en gabinete

### Cambios en los usos y coberturas de suelo y zonas de producción de sedimento y repercusión en el cauce (cuenca alta y media del Ebro)

#### *Changes in land use and cover and sediment production areas and impact on the riverbed (upper and middle Ebro basin)*

A.Ibisate<sup>1</sup>, S.García-Rodríguez<sup>1</sup>, A. Sáenz de Olazagoitia<sup>1</sup>, D. Ballarín<sup>2</sup>, O. Ormaetxea<sup>1</sup>, C. Ferrer-Boix<sup>3</sup>, M. Sánchez-Fabre<sup>2</sup>, V. Pirchi<sup>2</sup>, I. Ortiz de Arri<sup>1</sup>, A. Ollero<sup>2</sup>

1 Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, UPV/EHU, [askoa.ibisate@ehu.es](mailto:askoa.ibisate@ehu.es), [saioa.garcia@ehu.es](mailto:saioa.garcia@ehu.es), [ana.saenzdeolazagoitia@ehu.es](mailto:ana.saenzdeolazagoitia@ehu.es), [orange.ormatxea@ehu.es](mailto:orange.ormatxea@ehu.es), [iortizdearri003@ikasle.ehu.es](mailto:iortizdearri003@ikasle.ehu.es)

2 Universidad Zaragoza, [danielbf@unizar.es](mailto:danielbf@unizar.es), [msanchez@unizar.es](mailto:msanchez@unizar.es), [vpirchi@unizar.es](mailto:vpirchi@unizar.es), [aollero@unizar.es](mailto:aollero@unizar.es)

3 Universidad Politècnica de Catalunya, [carles.ferrer@upc.edu](mailto:carles.ferrer@upc.edu)

**Resumen:** A partir de la reconstrucción de la cartografía y distribución de usos y cobertura del suelo de 1957 de la cuenca alta y media del Ebro (clasificada en cauce activo, bosque, matorral, pastizal-herbazal, suelo desnudo, cultivo, artificial y agua embalsada), se ha realizado la comparación con la distribución de usos de la cartografía del SIOSE de 2014 reclasificada a las categorías escogidas. Además, se han fotointerpretado zonas de producción de sedimento, presencia/ausencia, en cuadrículas de 2x2 km (zonas de suelo desnudo, taludes desnudos, presencia de sedimento meteorizado...)

La cuenca ha incrementado las superficies de bosque (9,4 % entre 1957 y 2014), praderas (4,1 %), artificial (1,63 %) y agua embalsada (0,2 %), reduciéndose el resto. En relación a su superficie en 1957, las zonas artificiales se incrementan más de un 251 %, más de un 79 % la superficie de agua embalsada y poco más de un 69 % el bosque. Mientras, el cauce activo pierde un 54 % de su superficie. Las celdas con zonas de producción de sedimento se han reducido un 10,9 %, siendo un 11,3 % las que pasan de ser zonas productoras a zonas no productoras. Un análisis por subcuencas muestra que en todas se incrementa la superficie forestal, se reduce el cauce activo y las zonas de producción de sedimento; sin embargo, a mayor incremento de superficie forestal y reducción de zonas de producción de sedimento no hay una mayor reducción en el cauce activo. Una comparación en 6 subcuencas con presencia de presas, muestra que aguas abajo de las mismas la reducción en el cauce activo no es mayor que aguas arriba. Trabajo realizado en el marco del proyecto EbroHydroMorph PID2022-138196OB-C32, dentro del proyecto coordinado SEDEXCHARE, financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

**Palabras clave:** cambios en los usos y cobertura de suelo, cauce activo, zona de producción de sedimento, cuenca del Ebro

**Abstract:** Based on the reconstruction of the 1957 mapping and distribution of land use and land cover of the upper and middle Ebro basin (classified as active channel, forest, shrub, grassland-herbaceous, bare soil, crop, artificial and impounded water), a comparison has been made with the distribution of land uses of the 2014 SIOSE mapping, reclassified to the chosen categories. In addition, areas of sediment production, presence/absence, have been photointerpreted in 2x2 km grids (bare soil areas, bare slopes, presence of weathered sediment...)

The basin has increased, in order, the areas of forest (9.4% between 1957 and 2014), grassland (4.1%), artificial (1.63%) and impounded water (0.2%), the rest being reduced. In relation to its surface area in 1957, the artificial areas increased by more than 251%, more than 79% the surface area of dammed water, and just over 69% the forest. The active riverbed lost 54% of its surface area. The cells with sediment-producing areas have been reduced by 10.9%, with 11.3% going from being producing areas to non-producing areas. An analysis by sub-basin shows that in all of them the forest area increases, in all of them the active channel and sediment production zones are reduced; however, the greater the increase in forest area and the reduction in sediment production zones, there is no a higher reduction in the active channel surface. A comparison in 6 sub-basins with the presence of dams shows that downstream of them the reduction in the active channel is not greater than upstream. The work has been carried out within the framework of the EbroHydroMorph project PID2022-138196OB-C32, integrated in the coordinated project SEDEXCHARE, financed by the Ministry of Science, Innovation and Universities.

**Key words:** land use and land cover changes, active channel, sediment production areas, Ebro basin

Sesión I: Análisis de la morfodinámica fluvial en gabinete

## **Influencia de la carga de sedimentos en la geometría hidráulica de cauces aluviales en materiales finos**

*Influence of sediment load on the hydraulic geometry of alluvial channels in fine materials*

**H. D. Farias y J. Prieto Villarroya**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Recursos Hídricos, FCEyT, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.  
[hector.daniel.farias.1@gmail.com](mailto:hector.daniel.farias.1@gmail.com); [jorgeprietovillarroya@yahoo.com.ar](mailto:jorgeprietovillarroya@yahoo.com.ar)

**Resumen:** La geometría hidráulica de cauces aluviales que se expresa a través de relaciones para el ancho, profundidad y pendiente en función del caudal formativo y la carga y calibre de material sólido es un tópico de especial interés para proyectos de restauración de ríos e ingeniería fluvial. En este estudio se presenta un análisis racional basado en las relaciones fundamentales de resistencia al flujo transporte de sedimentos y estabilidad lateral que permite predecir la geometría hidráulica en el caso de ríos de llanura que discurren sobre materiales aluviales finos, en el rango de las arenas finas y limos. El procedimiento metodológico propuesto se valida a través de una comparación de sus predicciones con datos de canales en régimen y ríos aluviales a nivel regional y global.

**Palabras clave:** geometría hidráulica, cauces aluviales, transporte de sedimentos, morfología fluvial

**Abstract:** The hydraulic geometry of alluvial channels, expressed through relationships between width, depth, and slope as functions of formative discharge and sediment load and caliber, is a topic of special interest for river restoration and fluvial engineering projects. This study presents a rational analysis based on fundamental relationships of flow resistance, sediment transport, and lateral stability that allows for the prediction of hydraulic geometry in the case of plain rivers flowing over fine alluvial materials, in the range of fine sands and silts. The proposed methodological procedure is validated through a comparison of its predictions with data from regime sand-silt channels and alluvial rivers, at the regional and global levels.

**Key words:** hydraulic geometry, alluvial channels, sediment transport, river morphology

Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio  
de Sedimentos en Ríos

Sesión I: Análisis de la morfodinámica fluvial en gabinete

## Entrenamiento de modelos de Deep Learning para el análisis granulométrico en ríos de grava: aprendizajes prácticos

### *Training Deep Learning models for grain size analysis in gravel-bed rivers: Practical insights*

M. Vallejo<sup>1</sup>, F. J. Martín-Rodríguez<sup>1</sup> y C. Juez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC). [mvallejo@ipe.csic.es](mailto:mvallejo@ipe.csic.es)

**Resumen:** La consolidación de técnicas de procesamiento de imágenes y deep learning permiten detectar y segmentar partículas gruesas (i.e., diámetro > 1 cm) en ríos de grava a partir de fotografías RGB. Diversas metodologías automatizan la estimación del tamaño de las gravas y la generación de distribuciones granulométricas, a diferencia de técnicas manuales basadas en muestreos sistemáticos in situ (Wolman, 1954). Para trabajar a escala de tramo fluvial, se procesan fotogramétricamente imágenes aéreas georreferenciadas tomadas desde drones para generar ortomosaicos, logrando resolución espacial centimétrica. La hipótesis inicial es que el etiquetado manual debe realizarse sobre el propio ortomosaico, asegurando una única referencia de coordenadas entre entrenamiento y predicción. Sin embargo, el uso de fotografías terrestres de mayor resolución permite incluir gravas más finas en el entrenamiento, aunque con errores relativos en la georreferenciación respecto al ortomosaico. Modelos preentrenados en otras zonas (p. ej., ríos alpinos en Suiza) pueden reducir el etiquetado y georreferenciación, pero es necesario evaluar su transferencia a otros ríos montañosos como los de los Pirineos Centrales. Este trabajo presenta resultados sobre las diferencias en la curva granulométrica usando la metodología de Mair et al. (2024) cuando: a) el entrenamiento se realiza con un modelo preentrenado en otra zona y se compara con modelos entrenados sobre el mismo ortomosaico donde se desea detectar las gravas, y b) el entrenamiento se realiza con fotografías terrestres georreferenciadas manualmente y con mayor resolución que el ortomosaico.

**Palabras clave:** granulometría, Deep Learning, entrenamiento de modelos, fotogrametría, ortofoto

**Abstract:** The consolidation of image processing and deep learning techniques enables the detection and segmentation of coarse particles (i.e., diameter > 1 cm) in gravel-bed rivers from RGB photographs. Various methodologies automate the estimation of gravel size and the generation of granulometric distributions, unlike manual techniques based on systematic in situ sampling (Wolman, 1954). To work at the river reach scale, georeferenced aerial images taken by drones are photogrammetrically processed to generate orthomosaics, achieving centimeter-level spatial resolution. The initial hypothesis is that manual labeling should be done on this orthomosaic, ensuring a unique coordinate reference between training and prediction. However, using higher-resolution terrestrial photographs allows the inclusion of finer gravels in the training, albeit with relative georeferencing errors compared to the orthomosaic. Pretrained models from other regions (e.g., alpine rivers in Switzerland) can reduce labeling and georeferencing efforts, but their transferability to other mountainous rivers like the Central Pyrenees ones needs to be evaluated. This work presents results on differences in the granulometric curve using the methodology of Mair et al. (2024) when: a) the model is trained with a pretrained model from another area and compared to models trained on the same orthomosaic where gravel detection is desired, and b) the training is done with manually georeferenced terrestrial photographs of higher resolution than the orthomosaic.

**Key words:** grain size analysis, Deep Learning, model training, photogrammetry, orthophoto

Sesión I: Análisis de la morfodinámica fluvial en gabinete

## Evolución temporal de la carga de fondo durante un evento de crecida mediante inversión sísmica: caso de estudio en el río Aragón, Pirineos Centrales españoles

*Temporal evolution of bedload transport during a flood event using seismic inversion: A case study in the Aragón River, Central Spanish Pyrenees*

M. Vallejo<sup>1</sup> y C. Juez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC). [mvallejo@ipe.csic.es](mailto:mvallejo@ipe.csic.es)

**Resumen:** El flujo de carga de fondo ( $q_c$ ) y el calado ( $h_w$ ) puede estimarse en ríos de grava mediante sismología fluvial usando el modelo de inversión sísmica (FMI) (Dietze et al., 2019). El procedimiento genera curvas sintéticas de densidad espectral (PSD) usando parámetros del tramo (morfología, granulometría, propiedades sísmicas) y combinaciones de  $q_c$  y  $h_w$  (Tsai et al., 2012). Estas curvas se comparan con las PSD reales registradas por los sismógrafos, seleccionando aquella con el menor error residual. La sismología fluvial distingue la actividad según el tamaño de las gravas, asociado a distintas bandas de frecuencia. Analizar el reparto espectral durante una crecida permite identificar umbrales de movilización y fases del transporte sedimentario. Este estudio incluye datos de dos sismógrafos (DiGOS 4.5 Hz PE6/B) instalados en la cuenca del Alto Aragón (Pirineos Centrales españoles), durante las crecidas del 9 al 11 de marzo de 2025. Los resultados obtenidos permiten: a) Analizar la evolución temporal de  $q_c$  y  $h_w$  estimados por inversión sísmica y su relación con los registros de calado cercanos. b) Estudiar la evolución de la señal sísmica mediante PSD por frecuencias, según las fases del evento hidrológico. c) Comparar la señal de los dos sismógrafos a ambos lados del cauce, en la componente Z y en el vector (X, Y, Z) proyectado en la dirección del flujo.

**Palabras clave:** calado, carga de fondo, evolución temporal, PSD (densidad espectral de potencia), sismología fluvial

**Abstract:** Bedload transport ( $q_c$ ) and flow depth ( $h_w$ ) can be estimated in gravel-bed rivers using fluvial seismology through the Fluvial Model Inversion (FMI) approach (Dietze et al., 2019). This method generates synthetic power spectral density (PSD) curves based on reach parameters (morphology, grain size, seismic properties) and combinations of  $q_c$  and  $h_w$  (Tsai et al., 2012). These curves are compared with the actual PSD recorded by seismometers, selecting the one with the lowest residual error. Fluvial seismology distinguishes sediment transport activity based on gravel size, which correlates with specific frequency bands. Analysing the spectral distribution during a flood event allows for the identification of transport thresholds and sediment transport phases. This study includes data from two seismometers (DiGOS 4.5 Hz PE6/B) installed in the Alto Aragón basin (Central Spanish Pyrenees) during the flood event of March 9-11, 2025. The results obtained allow to: a) Analyse the temporal evolution of  $q_c$  and  $h_w$  estimated via seismic inversion and their relationship with nearby stage records. b) Study the evolution of the seismic signal through frequency-based PSD analysis across different phases of the hydrological event. c) Compare the signal recorded by the two seismometers located on either side of the channel, both in the vertical component (Z) and in the resultant 3D vector (X, Y, Z) projected along the flow direction.

**Key words:** flow depth, bedload transport, temporal evolution, power spectral density (PSD), fluvial seismology

Sesión I: Análisis de la morfodinámica fluvial en gabinete

## Análisis de la dinámica fluvial del río Manzanares entre los puentes de San Fernando y de los Franceses

### *Analysis of the fluvial dynamics of the Manzanares River between the San Fernando and Los Franceses bridges*

I. Errazuriz<sup>1</sup>, J. Clemente<sup>1</sup>, M. Castro<sup>1</sup>, S. González<sup>1</sup> y E. Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> HGM, Plaza de San Juan de la Cruz 6, 28003 Madrid. [ierrazuriz@hgmsa.net](mailto:ierrazuriz@hgmsa.net); [jclemente@hgmsa.net](mailto:jclemente@hgmsa.net); [mcastro@hgmsa.net](mailto:mcastro@hgmsa.net); [sgonzalez@hgmsa.net](mailto:sgonzalez@hgmsa.net); [emartinez@hgmsa.net](mailto:emartinez@hgmsa.net)

**Resumen:** Desde 2017 la Dirección General del Agua del MITERD está llevando a cabo actuaciones para la restauración del río Manzanares y la recuperación y protección del espacio como parque lineal del Manzanares. Este estudio se enmarca en estas actuaciones, en el ámbito desde la desembocadura del arroyo de la Trofa hasta aguas abajo del puente de San Fernando. En particular, se pretende analizar la zona de los puentes de la A-6, sobre los posibles orígenes de la acumulación de sedimentos, el diseño y la gestión de estos puentes y sobre la posibilidad de plantear un proyecto de restauración y gestión de los sedimentos, a partir del análisis del comportamiento hidráulico del río Manzanares y de la dinámica de sus sedimentos. Para ello, se ha construido un modelo hidráulico bidimensional en IBER a partir de un Modelo Digital del Terreno de 0,5 m de tamaño de celda para poder así incluir elementos en el terreno de pequeñas dimensiones, como las 230 pilas de los puentes de la A-6. El modelo de cálculo cuenta con 10 millones de celdas y un paso de malla máximo de 0,5 m, para obtener el campo de velocidades bajo la A-6 en los distintos escenarios de avenida. Con estos resultados y la clasificación granulométrica de las muestras de sedimentos recogidas se caracterizan los tramos de sedimentación o traslado por tamaño medio de partícula, a partir de formulaciones para el cálculo de la movilización de partículas. Se ha revisado la bibliografía existente y se han seleccionado y comparado dos enfoques para zonificar el potencial transporte de sedimentos: el abaco de velocidades en función del tamaño de la partícula (Chow, V. T., 1994) y la velocidad crítica de inicio de movimiento (Strickler A., 1923). En base a la formulación de la velocidad crítica de Strickler, cuyos resultados son más conservadores, se ha zonificado el área de estudio y se han determinado los tamaños de partículas que se podrían movilizar para reducir la acumulación de sedimentos de los puentes de la A-6, para los distintos escenarios de caudales analizados.

**Palabras clave:** infraestructura, restauración, erosión en pilas, Strickler

**Abstract:** Since 2017, the General Directorate of Water of MITERD has been carrying out actions for the restoration of the Manzanares River and the recovery and protection of the space as a linear park of the Manzanares. This study is part of these actions, in the area from the mouth of the Trofa stream to downstream of the San Fernando bridge. Specifically, the aim is to analyze the area of the A-6 bridges, the possible origins of sediment accumulation, the design and management of these bridges and the possibility of proposing a sediment restoration and management project, based on the analysis of the hydraulic behavior of the Manzanares River and the dynamics of its sediments. For this purpose, a two-dimensional hydraulic model has been built in IBER software from a Digital Terrain Model of 0.5 m cell size in order to include small elements in the terrain, such as the 230 piers of the A-6 bridges. The computational model has 10 million cells and a maximum grid pitch of 0.5 m, to obtain the velocity field under the A-6 in the different flood scenarios. With these results and the granulometric classification of the sediment samples collected, the sedimentation or transportation zones are characterized by mean particle size, based on formulations for the calculation of particle mobilization. The existing literature has been reviewed and two approaches for zonation of potential sediment transport have been selected and compared: the abacus of velocities as a function of particle size (Chow, V. T. 1994) and the critical velocity of movement onset (Strickler A. 1923). Based on Strickler's critical velocity formulation, whose results are more conservative, the study area was zoned and the particle sizes that could be mobilized to reduce sediment accumulation from the A-6 bridges were determined for the different flow scenarios analyzed.

**Key words:** infrastructure, restoration, pile erosion, Strickler

Sesión I: Análisis de la morfodinámica fluvial en gabinete

## **Análisis de la dinámica de material leñoso en inundaciones extremas: comparación entre los ríos Ahr (Alemania 2021) y Perales (España 2023)**

*Analysis of large wood dynamics during extreme floods: a comparison between the Ahr River (Germany 2021) and Perales River (Spain 2023)*

A. Lucía-Vela<sup>1</sup>, C. Hauser<sup>2</sup>, A.R. Beer<sup>2</sup>, K.P. Sandoval-Rincón<sup>1</sup> y M. Hernández-Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Riesgos Geológicos y Cambio Climático y Área de Programación. C.N. Instituto Geológico y Minero de España (IGME, CSIC). [a.lucia@igme.es](mailto:a.lucia@igme.es); [kp.sandoval@igme.es](mailto:kp.sandoval@igme.es); <mailto:m.hernandez@igme.es>

<sup>2</sup> Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Tübingen, Alemania. [chiara.hauser@student.uni-tuebingen.de](mailto:chiara.hauser@student.uni-tuebingen.de); [alexander.beer@uni-tuebingen.de](mailto:alexander.beer@uni-tuebingen.de)

**Resumen:** El material leñoso (troncos, ramas y raíces de más de 1 metro de longitud y 10 cm de diámetro) desempeña un papel fundamental en la morfodinámica fluvial y en la peligrosidad de las inundaciones, aunque su dinámica aún está poco comprendida. Este trabajo presenta una aproximación metodológica basada en técnicas de teledetección y análisis de campo para caracterizar el aporte de madera a los cauces, su transporte y acumulación durante las inundaciones extremas ocurridas en septiembre de 2023 en el río Perales, cuenca del Tajo (España). Mediante cartografía detallada de depósitos a través de ortofotos y análisis NDVI de pérdida de vegetación y datos previos de madera en los bosques, se cuantifican los volúmenes movilizados y se exploran patrones espaciales de aporte de material leñoso a los cauces vinculados a tipos de bosque ribereño y a características de la cuenca hidrográfica y del tramo fluvial. La comparación con la inundación de 2021 en el río Ahr (Alemania) aporta una perspectiva complementaria sobre los factores que controlan la dinámica de la madera en distintos contextos climáticos, geomorfológicos y de usos del suelo y tipo de vegetación. Los resultados preliminares evidencian que la potencia del flujo en los cauces y el tamaño de la cuenca son factores clave en la movilización de material leñoso, mientras que la pendiente tiene menor influencia. Esta metodología basada en técnicas de teledetección y análisis SIG, aplicada como parte de estudios forenses de inundaciones extremas, ofrece una cuantificación y evaluación espacial de la dinámica del material leñoso. Contribuye a una mejor comprensión de los procesos morfodinámicos y puede apoyar estrategias de gestión en ríos mediterráneos y centroeuropeos.

**Palabras clave:** material leñoso, NDVI, geomorfología fluvial, riesgo de inundación, estudios forenses

**Abstract:** Large wood (tree trunks, branches and roots over 1 m in length and 10 cm in diameter) plays a fundamental role in fluvial morphodynamics and in flood hazard, although its dynamics are still poorly understood. This study presents a methodological approach based on remote sensing techniques and field analysis to characterize the recruitment, transport, and accumulation of wood during the extreme flood events of September 2023 in the Perales River, Tagus Basin (Spain). Using detailed deposit mapping through orthophotos, NDVI analysis of vegetation loss from satellite imagery, and pre-existing data on wood stocks in different forest types, we quantify mobilized volumes and explore spatial recruitment patterns linked to riparian forest types, river catchment and reach characteristics. The comparison with the 2021 extreme flood in the Ahr River (Germany) offers a complementary perspective on the factors controlling wood dynamics across different climatic, geomorphological, land use, and vegetation contexts. Preliminary results indicate that river's stream power and catchment size are key factors in large wood mobilization, while slope and reach length have a secondary influence. This integrated methodology, based on remote sensing techniques and GIS analysis, applied as part of forensic studies of extreme flood events, provides a quantification and a detailed spatial assessment of large wood dynamics. It contributes to a better understanding of morphodynamic processes and can support management strategies in river systems across Mediterranean and Central European regions.

**Key words:** large wood, NDVI, fluvial geomorphology, flood risk, forensic surveys

Sesión I: Análisis de la morfodinámica fluvial en gabinete

## El papel de la madera fluvial en la peligrosidad de inundaciones que afectan al Patrimonio Mundial Cultural de la UNESCO en Europa

### *The role of instream large wood in the flood hazard affecting UNESCO World Cultural Heritage Sites in Europe*

A. Díez-Herrero<sup>1</sup> y V. Ruiz-Villanueva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en 'Eventos Geológicos Extremos y Patrimonio'. Departamento de Riesgos Geológicos y Cambio Climático, Instituto Geológico y Minero de España (IGME, CSIC). Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. [andres.diez@igme.es](mailto:andres.diez@igme.es)

<sup>2</sup> Geomorphology, Natural Hazards and Risks Research Unit. Institute of Geography. Oeschger Centre for Climate Change Research (OCCR). University of Bern. Hallerstrasse 12, 3012 Bern (Switzerland). [virginia.ruiz@unibe.ch](mailto:virginia.ruiz@unibe.ch)

**Resumen:** Seis países europeos (Alemania, Italia, Francia, España, Portugal y Suiza) concentran aproximadamente la cuarta parte de los 952 bienes culturales declarados Patrimonio Mundial por la UNESCO; y muchos de ellos se encuentran en zonas inundables según la cartografía oficial. Algunos de estos sitios han experimentado importantes avenidas e inundaciones, que ocasionaron daños patrimoniales relevantes, y en las que se observó un notable transporte y depósito de madera fluvial. Aunque este material leñoso puede contribuir a intensificar los daños de las inundaciones, su influencia rara vez se incorpora en los estudios y mapas oficiales de riesgos de inundación; y menos aún en los análisis de las afecciones que pudiera tener sobre el patrimonio cultural. El presente trabajo analiza, a dos escalas espaciales y con dos aproximaciones metodológicas, el papel que puede tener la presencia de madera fluvial en la morfodinámica fluvial y sus efectos en la peligrosidad por inundaciones sobre los elementos patrimoniales. A escala continental y regional, se estudia el conjunto de los bienes patrimoniales en zonas inundables de esos países europeos mediante álgebra de mapas sobre sistemas de información geográfica. A escala local, se realiza un análisis de detalle para tres puentes históricos que podrían interferir el flujo con material leñoso durante las avenidas e inundaciones: Untertorbücke en Berna (Suiza), Ponte Vecchio en Florencia (Italia) y Puente de la Moneda en Segovia (España). Los resultados preliminares permiten concluir que, si bien puntualmente la madera puede agravar la peligrosidad por impacto u obstrucción en el propio elemento patrimonial y aguas arriba en las márgenes por remanso, en la mayoría de los casos su efecto es más perceptivo o estético que hidrodinámicamente significativo, sin generar aumentos sustanciales en calados, velocidades o potencia específica del flujo.

**Palabras clave:** flujos con madera; patrimonio cultural, peligro de inundación, puentes históricos

**Abstract:** Six European countries (Germany, Italy, France, Spain, Portugal, and Switzerland), concentrate approximately one-quarter of the 952 cultural properties inscribed on the UNESCO World Heritage List. A significant number of these sites are in flood-prone areas according to official flood hazard maps. Several have experienced major flood events that caused substantial damage to cultural heritage, during which the transport and deposition of large amounts of instream large wood were observed. This wood load may contribute to exacerbating the damage; however, its role is rarely considered in official flood risk assessments or hazard mapping. And how the wood transport may impact the World Heritage remains unknown. This study analyzes, at two spatial scales and using two methodological approaches, the potential role of instream large wood transport in influencing river morpho-hydrodynamics and its effects on flood hazard to cultural heritage sites. At the continental and regional scales, the distribution of heritage properties located in flood-prone areas across the six countries is assessed through map algebra techniques within a geographic information system (GIS) framework. At the local scale, a detailed analysis is conducted for three historic bridges that may interact with transported wood material during flood events: Untertorbücke in Bern (Switzerland), Ponte Vecchio in Florence (Italy), and Puente de la Moneda in Segovia (Spain). Preliminary results suggest that, although in specific cases wood can aggravate flood hazard through direct impact or flow obstruction, particularly at the structure itself and upstream due to backwater effects, its influence is often more perceptual or aesthetic than hydrodynamically significant, typically not resulting in substantial increases in water depth, flow velocity, or stream power.

**Key words:** wood-laden flows, cultural heritage, flood hazard, historic bridges

Sesión I: Análisis de la morfodinámica fluvial en gabinete

## **Incidencia de la introducción histórica de cangrejos de río en la morfodinámica fluvial ibérica: una hipótesis de investigación**

### ***Impact of river crayfish release on fluvial morphodynamics of Iberian rivers: a research hypothesis***

**A. Díez-Herrero<sup>1</sup>, D. Vázquez Tarrío<sup>1</sup> y J. Garrote Revilla<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Riesgos Geológicos y Cambio Climático, Centro Nacional IGME, CSIC. c\ Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. [d.vazqueztarrio@igme.es](mailto:d.vazqueztarrio@igme.es); [andres.diez@igme.es](mailto:andres.diez@igme.es)

<sup>2</sup> Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, C/ José Antonio Nováis s/n, 28040 Madrid. [juliog@ucm.es](mailto:juliog@ucm.es)

**Resumen:** Son numerosos los trabajos que han investigado la incidencia de diferentes especies de vertebrados, tales como los castores o incluso los lobos como depredadores de ungulados, en la morfodinámica fluvial (como 'bio-ingenieros'). Sin embargo, cierto escepticismo permanece en la comunidad geomorfológica sobre la incidencia de invertebrados crustáceos, como los cangrejos de río, en la configuración morfológica de los cauces. A pesar de ello, existen evidencias sobre cómo pueden modificar el transporte de sedimento y producir cambios en el patrón en planta y la sección transversal de los cauces, a través de la bioturbación del lecho, la socavación de los bancos de orilla y/o indirectamente por la eliminación de vegetación en las orillas por los pescadores para facilitar su captura. Más novedoso aún es la comprobación, desde la genética de poblaciones y la investigación histórico-documental, de la introducción histórica artificial de todas las especies de cangrejos presentes en los ríos ibéricos, que comenzó en la segunda mitad del siglo XVI. En esta propuesta de investigación se trata de evaluar la incidencia que las sucesivas introducciones de especies alóctonas de cangrejos (el llamado 'autóctono' o 'ibérico', el cangrejo señal y el rojo americano) han podido tener desde el siglo XVI al XX en la morfodinámica de los ríos, desde una doble perspectiva: i) teórica-conceptual, evaluando la incidencia en el balance erosión-transporte-sedimentación respecto a otros factores climáticos, morfométricos, hidrológicos, hidráulicos y sedimentológicos; ii) empírica-observacional, buscando pruebas documentales-históricas (cartografías, pleitos por modificaciones en cauces) y geomorfológicas-sedimentológicas (migración de meandros, cauces abandonados, cambios en el patrón) asociadas espacio-temporalmente a la introducción de los cangrejos. Con ello se trata de comprobar la veracidad o refutar la hipótesis de partida y avanzar en la gestión sostenible de estas especies y sus poblaciones de cara al futuro.

**Palabras clave:** geomorfología fluvial, cangrejos de río, cambios históricos, bioturbación

**Abstract:** Previous research have investigated the impact of different vertebrate species on river morphodynamics as 'bio-engineers', such as beavers and wolves. However, the geomorphological community remains more sceptical about the impact of crustacean invertebrates, such as crayfish, on the morphological configuration of river channels. Nevertheless, evidence exists that they can modify sediment transport and alter the morphological patterns of rivers through bioturbation, riverbed scouring, bank sapping, as well as indirectly through the removal of vegetation on riverbanks by fishermen to facilitate their capture. Even more novel is the verification of the artificial introduction of all crayfish species present in Iberian rivers, which began in the second half of the 16<sup>th</sup> century, through population genetics and historical documentary research. This research proposal aims to evaluate the impact that successive introductions of allochthonous crayfish species may have had on Iberian river morphodynamics from the 16<sup>th</sup> to the 20<sup>th</sup> century, from two perspectives: i) Theoretical-conceptual: evaluating the impact on the erosion-transport-sedimentation balance in relation to other factors, such as climate, morphometry, hydrology, hydraulics and sedimentology; and ii) Empirical-observational: seeking documentary and historical evidence (e.g. cartography and lawsuits related to channel modifications) as well as geomorphological and sedimentological evidence (e.g. meander migration, abandoned channels and changes in patterns) associated with the introduction of the crayfish. The aim is to verify or refute the initial hypothesis and make progress in the sustainable management of these species and their populations.

**Key words:** fluvial geomorphology, river crayfish, historical changes in rivers, bioturbation



## **SESIÓN II**

**Análisis de procesos morfosedimentarios en campo**

## Dinámica morfosedimentaria tras la eliminación de una presa en un río intermitente con una cuenca de drenaje kárstica

### *Morphosedimentary dynamics after dam removal in an intermittent river with a karst drainage basin*

F. Ville<sup>1</sup>, M. Llena<sup>1</sup>, J. Sabaté<sup>1,2</sup>, D. Vericat<sup>1,3</sup> y R. J. Batalla<sup>1,4</sup>

1 Grup de Recerca de Dinàmica Fluvial (RIUS), Universitat de Lleida. [fanny.ville@udl.cat](mailto:fanny.ville@udl.cat); [manel.llena@udl.cat](mailto:manel.llena@udl.cat)

2 Parc Natural dels Ports. [jsabateb@gencat.cat](mailto:jsabateb@gencat.cat)

3 Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC), Solsona. [damia.vericat@udl.cat](mailto:damia.vericat@udl.cat)

4 Institut Català de Recerca de l'Aigua (ICRA), Girona. [ramon.batalla@udl.cat](mailto:ramon.batalla@udl.cat)

**Resumen:** Las presas constituyen barreras transversales en los cursos de agua. Las transferencias y conexiones de los flujos hidro-sedimentarios longitudinales, laterales y verticales cambian, lo que puede provocar la pérdida de hábitats para algunas especies acuáticas y terrestres ribereñas. Con la creciente presión del cambio climático, sumada a las perturbaciones existentes y al aumento del interés de la sociedad por la resiliencia de los sistemas naturales, se está extendiendo la práctica de retirar las presas que ya no cumplen su función inicial como medida de restauración fluvial. La rapidez de la restauración de la dinámica sigue siendo incierta, ya que varía en función del contexto geomorfológico y climático de cada cuenca hidro-geográfica. En este estudio presentamos los resultados de 9 años de seguimiento morfosedimentario (2016-2025) tras la demolición de una presa de 5 metros de altura en el barranco intermitente de La Fou, situado en el macizo de los Ports de Tortosa-Beseit, con terreno abrupto, afloramientos rocosos y fenómenos de karstificación. Se han realizado 12 campañas topográficas desde la demolición de la presa en el antiguo embalse como en otros 3 tramos (50 metros de longitud) aguas abajo, que cubren un segmento de 1,2 km. Los resultados preliminares muestran procesos de erosión lateral en el acopio de sedimentos lo que genera pulsos de sedimentos condicionado por la magnitud de las crecidas y la ubicación del stock sedimentario en relación al talveg del cauce. Los pulsos de sedimentos remobilizados del stock están cambiando la textura y microtopografía del cauce aguas abajo y su tiempo de residencia en el cauce depende de las características morfológicas y la rugosidad del cauce.

Agradecimientos: Proyecto Undammed TED2021-130815B-C31 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y la UE «Next Generation EU»/PRTR

**Palabras clave:** transporte de sedimento, restauración fluvial, lecho de grava, eliminación de presas, La Fou

**Abstract:** Dams are transverse barriers in watercourses. Longitudinal, lateral and vertical transfer and connection of flow and sediments fluxes are altered, which can lead to the loss of habitats for some aquatic and terrestrial riparian species. With the increasing pressure of climate change, combined with existing disturbances and society's growing interest in the resilience of natural environments, the practice of removing dams that no longer fulfil their original function is becoming more widespread as a river restoration measure. The speed of morpho-sedimentary dynamics restoration remains uncertain, as it varies depending on the geomorphological and climatic context of each river basin. In this study, we present the results of 9 years of morpho-sedimentary monitoring (2016-2025) following the removal of a 5-metre-high dam in the intermittent La Fou stream, located in the Ports de Tortosa-Beseit massif, with steep terrain, rock outcrops and karstification phenomena. A total of 12 topographic surveys have been carried out since the removal of the dam, in the former reservoir and in 3 others reaches (50 meters long) downstream, covering a 1.2 km channel segment. Preliminary results show lateral erosion processes in the sediment stock which generate sediment pulses conditioned by the magnitude of the floods and the location of the sediment stock in relation to the talweg. The pulses of sediment remobilized from the stock are changing the texture and microtopography of the downstream channel.

Acknowledgements: Project Undammed TED2021-130815B-C31 funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and the EU "Next Generation EU"/PRTR

**Key words:** sediment transport, river restoration, gravel-bed river, dam removal, La Fou

## Evaluación del papel de las hidropuntas en el transporte de sedimentos mediante mediciones indirectas con un ADCP

### *Assessing the role of hydropeaks on sediment transport using indirect ADCP measurements*

F. Ville<sup>1</sup>, C.D. Rennie<sup>2</sup>, D. Vericat<sup>1,3</sup> y R. J. Batalla<sup>1,4</sup>

1 Grup de Recerca de Dinàmica Fluvial (RIUS), Universidad de Lleida. [fanny.ville@udl.cat](mailto:fanny.ville@udl.cat); [manel.llena@udl.cat](mailto:manel.llena@udl.cat)

2 Department of Civil Engineering, University of Ottawa, Ottawa, Canada. [colin.rennie@uottawa.ca](mailto:colin.rennie@uottawa.ca)

3 Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC), Solsona. [damia.vericat@udl.cat](mailto:damia.vericat@udl.cat)

4 Institut Català de Recerca de l'Aigua (ICRA), Girona. [ramon.batalla@udl.cat](mailto:ramon.batalla@udl.cat)

**Resumen:** Las hidropuntas son fluctuaciones rápidas en el caudal de los ríos provocadas por las centrales hidroeléctricas. Este estudio investiga la capacidad de las hidropuntas, generadas diariamente, para transportar sedimentos del lecho del río Ésera, en los Pirineos centrales, en un puente situado aproximadamente a 18 km aguas abajo de la central hidroeléctrica de Campo. Se utilizó un perfilador acústico Doppler (ADCP) para medir tanto series temporales estacionarias como distribuciones espaciales de la velocidad aparente de los sedimentos en el lecho ( $V_a$ ), que es la desviación inducida en la velocidad de seguimiento del fondo del ADCP debido al movimiento de los sedimentos del lecho. Durante dos campañas, en 2019 y 2020, se combinaron un total de 29 mediciones estacionarias de la  $V_a$  con muestras físicas adyacentes y sincrónicas de carga de fondo obtenidas con un muestreador Helley-Smith. La correlación de estas muestras emparejadas puede utilizarse para desarrollar una relación de calibración entre la  $V_a$  observada con el ADCP en m/s y la tasa de transporte de sedimentos del lecho en kg/m/s. Este nuevo conjunto de datos se alineó bien con calibraciones desarrolladas en otros ríos. Adicionalmente, se obtuvieron 13 estudios espaciales de  $V_a$  (2018-2020) y, mediante calibración, los de la carga de sedimentos tanto durante hidropuntas como picos hidrológicos naturales. Se observó que las hidropuntas tenían competencia para producir tasa de carga de fondo similares a la de crecidas de baja magnitud. Dado que diariamente la cuenca no aporta sedimentos durante las hidropuntas, se afecta la disponibilidad de sedimentos entre crecidas y puede afectar también al hábitat físico. Agradecimientos: Proyectos MorphHab PID2019-104979RB-I00 y Undammed TED2021-130815B-C31 financiado por AEI / 10.13039/501100011033, MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y la UE «Next Generation EU» /PRTR

Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio

de Sedimentos en Ríos

**Palabras clave:** ADCP, hidropuntas, velocidad aparente de la carga de fondo, río Ésera, lecho de grava

**Abstract:** Hydropeaks are rapid fluctuations in river discharge induced by a hydroelectric power plant. This study investigates the capacity of hydropeaks, generated daily, to transport sediments from the riverbed of the Ésera River in the central Pyrenees, from a bridge approximately 18 km downstream from the Campo hydropower plant. An acoustic Doppler current profiler (ADCP) was used to measure both stationary time series and spatial distributions of the apparent bedload velocity ( $V_a$ ), which is the bias induced in ADCP bottom-track velocity due to sediment movement on the riverbed. During two campaigns in 2019 and 2020, a total of 29 stationary ADCP  $V_a$  measurements were coupled with synchronous adjacent physical bedload samples collected using a Helley-Smith sampler. Correlation of such paired samples can be used to develop a calibration relation between observed ADCP  $V_a$  in m/s and bedload sediment transport rate in kg/m/s. This new dataset aligned well with calibration developed in other rivers. Additionally, 13 spatial surveys of  $V_a$  (2018-2020) and, through calibration, of the bedload were obtained during both hydropeaks and natural floods. In certain conditions, hydropeaks were observed to produce similar bedload transport rate to that of low magnitude floods. Given that on a daily basis, the basin does not supply sediments during hydropeaks, the availability of sediments is affected between floods and may also affect the physical habitat.

**Acknowledgements:** MorphHab PID2019-104979RB-I00 and Undammed TED2021-130815B-C31 projects funded by AEI / 10.13039/501100011033, MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and EU "Next Generation EU" /PRTR

**Key words:** ADCP, hydropeaking, apparent bedload velocity, Ésera river, gravel-bed river

## Monitorización del transporte de sedimentos en suspensión en un sistema fluvial afectado por minería de mercurio

### *Monitoring of suspended sediment transport in a fluvial system affected by mercury mining*

B. Salgado-Almeida<sup>1</sup>, G. Ratié<sup>2</sup>, E. Berrezueta<sup>1</sup>, D. Vázquez-Tarrio<sup>1</sup>, M.A. López-Antón<sup>3</sup> y D. Baragaño<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Geológico y Minero de España (IGME-CSIC), España. [d.baragano@igme.es](mailto:d.baragano@igme.es), [d.vazqueztarrio@igme.es](mailto:d.vazqueztarrio@igme.es), [e.berrezueta@igme.es](mailto:e.berrezueta@igme.es)

<sup>2</sup> Nantes Université, Francia. [gildas.ratie@univ-nantes.fr](mailto:gildas.ratie@univ-nantes.fr)

<sup>3</sup> Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono (INCAR-CSIC), España. [marian@incar.csic.es](mailto:marian@incar.csic.es)

**Resumen:** Asturias, región con una reconocida tradición minera, ha destacado en la extracción de mercurio hasta la década de 1970. La mina de El Terronal, actualmente abandonada y sin restauración ambiental, constituye un foco de contaminación debido a las elevadas concentraciones de arsénico (As) y mercurio (Hg) presentes en los residuos aún dispersos en el emplazamiento. La escorrentía superficial, intensificada por eventos meteorológicos extremos, asociados al cambio climático, favorece el transporte de partículas contaminadas hacia el río San Tirso, afluente del río Caudal. El análisis de sedimentos de fondo evidenció un incremento significativo de As y Hg aguas abajo del emplazamiento minero. No obstante, el muestreo de este sedimento no permite evaluar de forma precisa si el aporte de contaminantes continúa activo. Por este motivo, en este trabajo se empleó una trampa de sedimentos tipo GEACOS (Granulometric passive capture of dissolved organic matter & sediment) para el estudio de partículas en suspensión. El dispositivo, constituido por una estructura modular con tamices de mallas diferentes, se instaló en el lecho fluvial y permaneció sumergido durante un mes, reteniendo sedimentos según cuatro fracciones granulométricas (250–1000, 60–250, 20–60 y <60 µm). Posteriormente, las muestras se secaron a temperatura ambiente y se analizaron químicamente. Las concentraciones de As y Hg se determinaron tras digestión ácida mediante ICP-MS y AMA respectivamente. Asimismo, se está llevando a cabo la especiación de Hg mediante desorción térmica programada (Hg-TPD). Los resultados preliminares revelan un enriquecimiento de As y Hg según el reparto granulométrico, lo que sugiere la persistencia de procesos de contaminación activa. El análisis de especies de Hg permitirá discriminar entre una fuente activa asociada a los residuos de la mina y una secundaria vinculada a sedimentos contaminados previamente depositados en el cauce.

**Palabras clave:** arsénico, mercurio, trampa de sedimento, geoquímica, sedimentos en suspensión

**Abstract:** Asturias, a region with a well-established mining tradition, was a prominent site for mercury extraction until the 1970s. El Terronal mine, currently abandoned and unrestored, remains a contamination hotspot due to high concentrations of arsenic (As) and mercury (Hg) still present in the dispersed mining residues. Surface water, intensified by extreme weather events associated with climate change, promotes the transport of contaminated particles into the San Tirso River, a tributary of the Caudal River. Analysis of bed sediments revealed a significant increase in As and Hg concentrations downstream of the mining site. However, this information does not allow for an accurate assessment of whether contaminant inputs remain active. For this reason, a GEACOS (Granulometric passive capture of dissolved organic matter & sediment) sediment trap was used in this study to investigate suspended particulate matter. The device, composed of a modular structure with sieves of different mesh sizes, was installed on the riverbed and remained submerged for one month, retaining sediments according to four particle size fractions (250–1000, 60–250, 20–60, and <60 µm). The collected samples were then air-dried, and consequently subjected to chemical analyses. As and Hg concentrations were quantified after acid digestion using ICP-MS and AMA, respectively. In addition, Hg speciation is being performed by thermal programmed desorption (Hg-TPD). Preliminary results show enrichment of As and Hg depending on grain-size distribution, suggesting the persistence of active contamination processes. The analysis of Hg species will help distinguish between an active source associated with mine residues and a secondary source related to previously deposited contaminated sediments in the riverbed.

**Key words:** arsenic, mercury, sediment trap, geochemistry, suspended particulate matter

## RAW: Un sistema autónomo de bajo coste para la monitorización de sedimentos en ríos

*RAW: An autonomous low-cost system for monitoring solid discharge in rivers*

P.D. García López<sup>1</sup> y C.J. Suárez Lázare<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SULOALTech, Centro de empresas del Caudal, Mieres, Asturias, España, [pablo.garcia@suloal.com](mailto:pablo.garcia@suloal.com); [carlos.suarez@suloal.com](mailto:carlos.suarez@suloal.com)

**Resumen:** Presentamos RAW (River Autonomous Watchdog), un sistema autónomo y de bajo coste, diseñado para monitorizar en tiempo real el flujo de agua y sedimentos en ríos. La plataforma desarrollada incluye geófonos de baja frecuencia, sensores de ultrasonidos, acelerómetros subacuáticos de alta frecuencia, y cámaras de vídeo en alta definición, además de una pequeña estación meteorológica. El sistema detecta, procesa y transmite, en tiempo real, la respuesta sísmica asociada a los movimientos de sedimentos en el lecho, el campo de velocidades en superficie mediante análisis de vídeo (LSPIV, Large-Scale Particle Image Velocimetry) y el calado de agua, así como las variables ambientales (temperatura, humedad, presión, velocidad y dirección del viento).

El equipo es totalmente autónomo, incluyendo alimentación por energía solar, conexión a la red 4G, y recopilación de los datos en un datalake accesible en la nube. A través de una interfaz gráfica se puede controlar y programar la plataforma de forma remota, estando en formato abierto tanto los datos generados (archivos CSV) como los scripts de control y procesado (Python).

Como caso de uso mostramos los resultados obtenidos en el río Turón, en Asturias, donde el sistema ha sido probado y comparado en condiciones realistas con otras herramientas comerciales de mayor coste (p.ej. estaciones sísmicas convencionales). Los resultados muestran un desempeño de RAW comparable al de otros instrumentos comerciales, con la ventaja añadida de ser un sistema modular y flexible, potencialmente adaptable a las necesidades del usuario.

**Palabras clave:** monitorización, bajo coste, sismógrafo, vídeo, acelerómetro

**Abstract:** We present RAW (River Autonomous Watchdog), an autonomous low-cost system developed for real time water and solid discharge river monitoring. The platform offers a low frequency seismometer, ultrasound sensors, high frequency underwater accelerometers, and high definition video cameras, also featuring a small weather station. It records and processes, in real time, the following physical parameters: the seismic response related to solid discharge movements on the riverbed, the surface flow field by video analysis (LSPIV, Large-Scale Particle Image Velocimetry), and the water depth, gathering weather data (temperature, humidity, pressure, wind speed and direction) on top of these river parameters.

The platform is fully autonomous, equipped with solar panels and batteries, 4G internet connection, and cloud datalake for data backup. A graphical user interface allows remote configuration and control, being both data (CSV files) and scripts (Python) in open format.

The full system and sensors have been tested on the Turón river, at the north of Spain, showing its reliability under real-world conditions. Furthermore, a comparison with higher-cost commercial tools (e.g., conventional seismic stations) showed that RAW performs comparably to these commercial instruments, with the added advantage of the modular design and user customization offered by our system.

**Key words:** monitoring, low-cost, seismometer, video, accelerometer

## Descifrando los impactos de las placas tipo Benson: desarrollo de un modelo para cuantificar el transporte de sedimentos

### *Deciphering the impacts of Benson-type plates: development of a model to quantify sediment transport*

D. Vázquez Tarrío<sup>1</sup>, T. Dépret<sup>2</sup>, M.P. Rabanaque<sup>3</sup>, J. D. Zambrano Suárez<sup>4</sup>,  
V. Martínez-Fernández<sup>5</sup>, M. Calle<sup>6</sup>, A. Sopeña<sup>7</sup>, Y. Sanchez-Moya<sup>6</sup> y G. Benito<sup>4</sup>

1 Departamento de Riesgos Geológicos y Cambio Climático, IGME-CSIC, Ríos Rosas, 23, Madrid. [d.vazqueztarrio@igme.es](mailto:d.vazqueztarrio@igme.es)

2 Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Laboratoire de Géographie Physique, CNRS UMR8591, 2 rue Henri Dunant, F-94320 Thiais, France. [thomas.depret@cnrs.fr](mailto:thomas.depret@cnrs.fr)

3 Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC), Av. de Montañana, 1005, 50059 Zaragoza. [mapi.rabanaque@ipe.csic.es](mailto:mapi.rabanaque@ipe.csic.es)

4 Departamento de Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales – CSIC, calle Serrano, 115 bis, 28006 Madrid

[joe.zambrano@mncn.csic.es](mailto:joe.zambrano@mncn.csic.es); [benito@mncn.csic.es](mailto:benito@mncn.csic.es)

5 Departamento de Sistemas y Recursos Naturales, E.T.S. Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid. [vanesa.mfernandez@gmail.com](mailto:vanesa.mfernandez@gmail.com)

6 Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología, C. de José Antonio Novais, 12, 28040 Madrid. [mikelcal@ucm.es](mailto:mikelcal@ucm.es); [yol@ucm.es](mailto:yol@ucm.es)

7 Instituto de Geociencias, CSIC-UCM, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, José Antonio Nováis, 12, 28040 Madrid, España. [sopena@ucm.es](mailto:sopena@ucm.es)

**Resumen:** La cuantificación de los procesos de transporte de sedimento como carga de fondo es de suma importancia a la hora de estudiar la respuesta de los cursos fluviales a intervenciones antrópicas y a fenómenos de variabilidad natural. A pesar de ello, los datos disponibles sobre estos procesos son escasos, en gran parte debido a la complejidad operativa que plantea su medida en campo. En este sentido, durante la última década se han propuesto diversas técnicas de medida de estos procesos que se basan en el uso de instrumentos geofísicos más o menos sofisticados. Entre estas técnicas prometedoras se pueden mencionar las llamadas placas de impacto “tipo Benson”. Estos dispositivos consisten en una placa de acero a la que se acopla un acelerómetro, los cuales son instalados en el lecho del río para registrar los impactos de las partículas de sedimento que golpean la placa durante crecidas. En esta comunicación se presentan los resultados de una serie de experimentos de laboratorio y campo llevados a cabo para comprender mejor cómo las características de las partículas y la sensibilidad de los acelerómetros condicionan los registros obtenidos con estos equipos y su interpretación en términos de tasas de transporte. Con la información derivada de estos experimentos, se ha propuesto un modelo mecanicista que maximiza la información sobre el transporte de sedimentos que puede extraerse de los registros de las placas. Este modelo se ha aplicado a los registros obtenidos durante un episodio de avenida ocurrido en la Rambla de Cervera, un cauce efímero con lecho de gravas situado en la provincia de Castellón. Las tasas de carga de fondo estimadas son coherentes con las bases de datos sobre ríos efímeros disponibles en la literatura.

**Palabras clave:** carga de fondo, ríos de gravas, ríos efímeros, placas de impacto

**Abstract:** *The quantification of bedload sediment transport processes is of paramount interest for understanding how river systems respond to anthropogenic interventions and natural processes. Despite this, available data on these processes remain scarce, largely due to the operational challenges involved in measuring them in the field. In recent years, several measurement techniques based on more or less sophisticated geophysical instruments have been proposed. Among these promising methods are the so-called “Benson-type” impact plates. These devices consist of a steel plate equipped with an accelerometer, which records the impacts of sediment particles hitting the plate during flood episodes. The present contribution reports the results of a series of laboratory and field experiments aimed at better understanding how particle characteristics and accelerometer sensitivity influence the records obtained from these devices. Based on the data collected, a mechanistic model has been proposed to maximize the sediment transport information that can be extracted from the plate records. We applied this model to data recorded during a flood event in the Rambla de Cervera, an ephemeral gravel-bed stream located in the province of Castellón. The estimated bedload rates are consistent with existing databases on ephemeral rivers found in the literature.*

**Key words:** *bedload, gravel-bed rivers, ephemeral rivers, impact plates*

## Diseño de un protocolo de campo para evaluar la variabilidad de la tensión de corte crítica de inicio del transporte de sedimento en ríos de grava

### *Development of a field protocol to evaluate the variability of critical shear stress for particle entrainment in gravel-bed rivers*

D. Vázquez Tarrío<sup>1</sup>, R. López<sup>2</sup>, F. Ville<sup>2</sup>, E. Carrero Carralero<sup>2</sup>, D. Vericat<sup>2,3</sup> y R. J. Batalla<sup>2,4</sup>

1 Departamento de Riesgos Geológicos y Cambio Climático, IGME, CSIC, Madrid. [d.vazqueztaario@igme.es](mailto:d.vazqueztaario@igme.es)

2 Grup de Recerca de Dinàmica Fluvial (RIUS), Universitat de Lleida. [estrella.carralero@udl.cat](mailto:estrella.carralero@udl.cat); [raul.lopez@udl.cat](mailto:raul.lopez@udl.cat); [fville@udl.cat](mailto:fville@udl.cat); [damia.vericat@udl.cat](mailto:damia.vericat@udl.cat); [ramon.batalla@udl.cat](mailto:ramon.batalla@udl.cat)

3 Centro Tecnológico Forestal de Cataluña (CTFC), Solsona.

4 Institut Català de Recerca de l'Aigua (ICRA), Girona.

**Resumen:** Predecir las condiciones hidráulicas que conllevan el inicio del movimiento del sedimento en ríos de grava es fundamental para una caracterización adecuada del flujo sólido en el contexto de proyectos de ecología fluvial, gestión del riesgo de inundación y restauración fluvial, entre otros. La tensión de corte crítica es una de las métricas más utilizadas para dicha caracterización. Tradicionalmente, los estudios de campo han estimado esta variable de forma espacialmente promediada, a escala de tramo o de sección transversal, lo que impide la captura de su alta variabilidad espacial. Ello es debido, en parte, a la falta de métodos estandarizados que permitan su medida de forma espacialmente distribuida. En este trabajo se propone un protocolo de campo para estimar la distribución de frecuencias de la tensión de corte crítica a escala de parche, basado en medir la resistencia al movimiento de clastos individuales, así como otras variables relacionadas con su posición y orientación. Este protocolo se aplicó en una barra de gravas del río Cinca (Pirineos), obteniendo valores medios (~ 0.03) coherentes con estudios previos y con la teoría existente. Consideramos que el método muestra un gran potencial para aportar datos de campo valiosos sobre el inicio del transporte de sedimento.

**Agradecimientos:** Esta investigación se ha beneficiado de los métodos y resultados del proyecto MorphHab (PID2019-104979RB-I00/AEI/10.13039/501100011033, Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MICINN), Gobierno de España).

**Palabras clave:** carga de fondo, transporte de sedimento, ríos de gravas, Shields crítico

**Abstract:** Predicting the hydraulic conditions required to entrain sediment particles in gravel-bed rivers is essential for accurately characterizing sediment flows in the context of river ecology projects, flood risk management, and river restoration, among many other issues. Critical shear stress is one of the most commonly used metrics to describe this process. Traditionally, field studies have estimated this parameter as a reach- or section-averaged value, thereby overlooking its high spatial variability. This has been partly due to the lack of standardized methods for measuring it in a spatially distributed manner. In this study, we propose a field protocol to estimate the frequency distribution of critical shear stress at the patch scale, based on measurements of the resistance to movement of individual clasts, as well as other variables related to their position and orientation. This protocol was applied to a gravel bar in the Cinca River (Pyrenees), yielding mean values (~ 0.03) consistent with previous studies and established theory. We believe this method has great potential to provide valuable field data on particle entrainment.

**Acknowledgements:** This research benefitted from the methods and outcomes of the MorphHab research project (PID2019-104979RB-I00/AEI/10.13039/501100011033, Ministry of Science, Innovation and Universities (MICINN), Government of Spain).

**Key words:** bedload, sediment transport, gravel-bed rivers, critical shields

## Batimetría y modelo digital del cauce sin cobertura GPS mediante navegación a estima en el río Huerva en Zaragoza (España)

### *Bathymetry and digital channel model without GPS coverage using dead reckoning in the Huerva River in Zaragoza (Spain)*

O. Alamán<sup>1</sup>, N. J. Torrecilla<sup>1</sup>, L. Valle<sup>1</sup> y Y. Jiménez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ebroNAUTAS SLL. [oscar@ebronautas.net](mailto:oscar@ebronautas.net); [nestor@ebronautas.net](mailto:nestor@ebronautas.net); [lucas@ebronautas.net](mailto:lucas@ebronautas.net)

<sup>2</sup> Instituto de Carboquímica (CSIC). [yago@litec.csic.es](mailto:yago@litec.csic.es)

**Resumen:** Para el proyecto de restauración fluvial de aproximadamente 2,5 km del río Huerva en su tramo urbano de Zaragoza se nos requirió una batimetría y un modelo digital del cauce. Dada la densa cobertura vegetal, el encajamiento del cauce, y la presencia de edificios bordeándolo, la zona de estudio no dispone de cobertura GPS.

Para sortear esta dificultad, se instaló un Doppler Velocity Logger (DVL) en la popa de una piragua y se aprovechó su capacidad de navegación a estima (“dead reckoning”) para recopilar datos de posición relativa y de profundidad siguiendo un trazado en zigzag. La zona de estudio se dividió en 28 subtramos, considerándose la pendiente de la lámina de agua uniforme en cada uno de ellos. Al inicio y final de cada subtramo se georeferenció, a la altura de la lámina de agua, una estaca mediante un GPS de precisión acoplado a un polo telescópico de hasta 14 m de altura, lo que permitió recibir la señal GPS por encima de la cobertura vegetal. Estas estacas sirvieron de puntos de anclaje de los trazados de datos del DVL, y se utilizaron para interpolar la lámina de agua presente durante la campaña de campo. Dicha lámina interpolada sirvió como referencia de las profundidades medidas por el DVL, obteniéndose las cotas batimétricas de 40.000 puntos cubriendo entre un 80% y un 85% de la zona de estudio. Dada la imposibilidad de realizar trazados longitudinales cercanos a las orillas debido a la presencia de ramas invadiendo el cauce, se realizó una interpolación geológica de estas zonas antes de realizar la interpolación TIN y obtener el modelo digital del cauce.

Esta técnica permitió la toma de datos para toda la zona de estudio en tan solo 4 días de campaña de campo, y es exportable a otros cauces de ríos pequeños o medianos con pobre o inexistente cobertura GPS.

**Palabras clave:** DVL, piragua, batimetría, navegación a estima, modelo digital del cauce

**Abstract:** For the approximately 2.5 km river restoration project on the urban section of the Huerva River in Zaragoza, we were tasked with producing a bathymetry and a digital channel model. Due to the dense vegetation cover, the incised nature of the channel, and the presence of buildings along its banks, the study area lacks GPS coverage.

To overcome this challenge, a Doppler Velocity Logger (DVL) was installed at the stern of a canoe, and its dead reckoning navigation capability was used to collect relative position and depth data following a zigzag path. The study area was divided into 28 subsections, assuming a uniform water surface slope within each. At the beginning and end of each subsection, a stake was georeferenced at water surface level using a high-precision GPS mounted on a telescopic pole up to 14 m tall, which allowed GPS signal reception above the vegetation canopy. These stakes served as anchor points for the DVL data tracks and were used to interpolate the water surface present during the field campaign. This interpolated surface served as a reference for the depths measured by the DVL, yielding bathymetric elevations for 40,000 points, covering between 80% and 85% of the study area. Due to the impossibility of running longitudinal tracks close to the riverbanks because of overhanging branches, a geological interpolation of these zones was performed before carrying out the TIN interpolation and generating the digital channel model.

This technique enabled data collection for the entire study area in just 4 days of field survey and is applicable to other small or medium-sized river channels with poor or no GPS coverage.

**Key words:** DVL, kayak, bathymetry, dead reckoning, digital riverbed model

## Medición de la velocidad y dirección de la corriente durante una crecida del río Ebro y sus implicaciones para la evaluación y calibración de los modelos hidráulicos existentes y la previsión de los procesos morfodinámicos activos

### *Velocity field measurements during a flood event in the Ebro River and their implications for hydraulic models calibration and the forecast of active morphodynamic processes*

N. J. Torrecilla<sup>1</sup>, O. Alamán<sup>1</sup>, A. Ollero<sup>2</sup>, V. Pirchi<sup>2</sup>, A. Ibisate<sup>3</sup> y C. Ferrer<sup>4</sup>

1 ebroNAUTAS SLL. [nestor@ebonautas.net](mailto:nestor@ebonautas.net); [oscar@ebonautas.net](mailto:oscar@ebonautas.net)

2 Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza. [aollero@unizar.es](mailto:aollero@unizar.es); [vpirchi@unizar.es](mailto:vpirchi@unizar.es)

3 Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea, UPV/EHU. [askoa.ibisate@ehu.es](mailto:askoa.ibisate@ehu.es)

4 Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental, Universitat Politècnica de Catalunya, c. Jordi Girona, 1-3, 08034 Barcelona. [carles.ferrer@upc.edu](mailto:carles.ferrer@upc.edu)

**Resumen:** Los modelos hidráulicos intentan predecir las características del flujo en un cauce para un cierto caudal, y en varios tramos del Ebro medio se han utilizado para diseñar y seleccionar actuaciones de mitigación del riesgo por inundación. Dado que estos modelos estiman la dirección y velocidad del flujo, pueden ser utilizados también para intentar prever los procesos de erosión, transporte y sedimentación. Si bien la batimetría del cauce del Ebro puede determinarse con bastante exactitud en un momento dado, la rápida evolución del cauce a lo largo del tiempo y la necesidad de asignar valores a una serie de variables que son difíciles de determinar (en especial, el coeficiente de rugosidad de Manning) aumentan la incertidumbre sobre la fiabilidad de los modelos hidráulicos realizados. En el marco del proyecto Sedexchare, el montaje de un *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) de la Confederación Hidrográfica del Ebro sobre una piragua nos ha permitido medir la velocidad y dirección del flujo en 8 secciones de un tramo de 3 kilómetros del río a su paso por Alcalá de Ebro, donde recientemente se han realizado varias actuaciones de mitigación del riesgo dentro de la estrategia Ebro Resilience: un cauce de alivio, el retranqueo de una mota y la apertura de "curages". Además de evaluar cuantitativamente la efectividad de las distintas actuaciones, las mediciones indican la necesidad de calibrar o rehacer por completo el modelo hidráulico existente para esta zona, y prever la ralentización o incluso detención del proceso de erosión que afectaba a la orilla sobre la que se asienta el núcleo de población.

**Palabras clave:** ADCP, piragua, modelización hidráulica, crecidas, erosión

**Abstract:** Hydraulic models aim at predicting the flow characteristics in a river channel for a given discharge, and they have been used in various reaches of the Middle Ebro River to design and select flood risk mitigation measures. Since these models estimate the flow field characteristics (velocity magnitude and direction), they can also be used to try to predict erosion, transport, and sedimentation processes. Although the bathymetry of the Ebro River channel can be determined with reasonable accuracy at a given moment, the rapid evolution of the channel over time and the need to assign values to several variables that are difficult to determine (in particular, Manning's roughness coefficient) increase the uncertainty about the reliability of the hydraulic models developed. In the context of Sedexchare project, mounting an *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) from the Ebro River Basin Authority on a canoe allowed us to measure the velocity and direction of the flow at eight cross-sections over a 3-kilometer reach near Alcalá de Ebro, where several flood risk mitigation actions have recently been carried out as part of the Ebro Resilience strategy: a relief channel, the setback of a levee, and "curages". In addition to quantitatively assessing the effectiveness of the various interventions, the measurements indicate the need to recalibrate or completely redesign the existing hydraulic model for this area and to anticipate the slowing down or even the halting of the erosion process that had been affecting the riverbank on which the town is located.

**Key words:** ADCP, kayak, hydraulic modelling, flood events, erosion



## **SESIÓN III**

**Propuestas y soluciones para la mitigación  
de la problemática morfosedimentaria**

## Conectando ríos y terrazas aluviales: esfuerzos de restauración para mejorar la conectividad lateral

### Bridging rivers and floodplains: Restoration efforts to improve lateral connectivity

E. García<sup>1</sup>, C. Buendia<sup>1</sup>, M. Bardina<sup>1</sup>, A. Rovira<sup>1</sup> y A. Munne<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Agència Catalana de l'Aigua. [evelyn.garcia@gencat.cat](mailto:evelyn.garcia@gencat.cat); [cristinabuendia@gencat.cat](mailto:cristinabuendia@gencat.cat); [mbardinam@gencat.cat](mailto:mbardinam@gencat.cat); [alrovirag@gencat.cat](mailto:alrovirag@gencat.cat); [anmunne@gencat.cat](mailto:anmunne@gencat.cat)

**Resumen:** Los sistemas fluviales de todo el mundo se ven cada vez más amenazados por la intervención humana, lo que provoca alteraciones en los regímenes naturales de caudal, el transporte de sedimentos y la integridad ecológica. Como respuesta a estos impactos las iniciativas de proyectos de restauración fluvial priorizan la reconexión de los ríos con sus llanuras aluviales para mejorar los procesos hidromorfológicos y la resiliencia ecológica. Este estudio examina los proyectos de restauración en el río Ter, en Cataluña, un sistema significativamente afectado por alteraciones hidrológicas y déficit de sedimentos debido a actividades humanas como la extracción de grava y la regulación de presas. Estos impactos han provocado una marcada incisión en el lecho fluvial, lo que pone de relieve la necesidad de iniciativas de restauración específicas. El primer proyecto (Gambires) finalizado en 2022 se desarrolló en un tramo fluvial con un cauce secundario desconectado del cauce principal debido a una grave incisión del lecho. Las actuaciones consistieron en la transferencia de sedimentos seleccionados según granulometría de una isla al cauce principal para restablecer conectividad lateral y vertical. El segundo proyecto (Colomers), actualmente en ejecución, incluye la mejora de la conectividad mediante la permeabilidad de la mota que separa el cauce principal con la llanura aluvial, en la que se mejora el drenaje con cauces secundarios, incrementando la complejidad de los hábitats fluviales. En conjunto, estos proyectos buscan restaurar la funcionalidad hidromorfológica y la integridad ecológica del corredor ripario del río Ter.

**Palabras clave:** conectividad de las llanuras aluviales, encauzamiento con motas, incisión del cauce, procesos hidromorfológicos, restauración de ríos

**Abstract:** River systems worldwide are increasingly threatened by human interventions, leading to disruptions in natural flow regimes, sediment transport, and ecological integrity. In response, restoration efforts are prioritizing the reconnection of rivers with their floodplains to enhance hydromorphological processes and ecological resilience. This study examines two restoration projects on the Ter River in Catalonia, a system significantly impacted by hydrological alterations and sediment deficit due to human activities such as gravel mining and dam regulation. These impacts have led to pronounced riverbed incision, highlighting the need for targeted restoration efforts. The first project (Gambires), completed in 2022, focused on a river reach where a secondary channel had become almost entirely disconnected from the main channel due to severe riverbed incision. Restoration involved removing sediment from an island to reduce its elevation, redistributing the sediment into the riverbed, and reestablishing the connectivity of a secondary channel. The second project (Colomers), scheduled for 2025, will include enhancing lateral connectivity by upgrading a drainage infrastructure along the river embankment. This will promote the creation of secondary channels, improve floodplain connectivity, increase biodiversity complexity, and help control invasive exotic species. Together, these projects aim to restore hydromorphological functionality and the ecological integrity of the Ter River's riparian corridor.

**Keywords:** floodplain connectivity, hydromorphological processes, river embankment, riverbed incision, river restoration

## Procesos participativos en proyectos fluviales: derribando presas y obstáculos sociales

### *Social participation processes in fluvial projects: removing dams and social barriers*

J. Díaz-Sanz<sup>1,2,3</sup>

1 INENVEX Environmental Consulting. [jesusdiaz@inenvex.com](mailto:jesusdiaz@inenvex.com)

2 Universidad Complutense de Madrid

3 Colegio Profesional de Ambientólogos de la Comunidad de Madrid (en representación)

**Resumen:** Los proyectos fluviales tienen un fuerte componente social. Dependiendo de cómo se incluya en las fases del proyecto, puede ser un riesgo o un facilitador. El derribo de obstáculos puede producir un fuerte rechazo de la comunidad local, retrasando o paralizando un proyecto. Solo algunos realizan actividades unidireccionales a la población como charlas informativas sobre la finalidad del proyecto, pero no permiten la participación activa de la comunidad local. En este estudio de consultoría aplicamos un enfoque para integrar el componente social en el derribo de presas. La zona de estudio es en La Cabrera (pedanía de Sigüenza, Guadalajara) donde se proyecta el derribo de 3 presas en el río Dulce. La metodología empleada consiste en las siguientes fases: (1) entrevistas individuales con la población para identificar los principales actores de la comunidad local; (2) contacto con organismos (Parque Natural, Confederación Hidrográfica, Patrimonio y Ayuntamiento) para identificar la extinción de usos y externalidades negativas; (3) entrevistas individuales con los principales actores de la comunidad local y (4) taller participativo con la población para extraer el conocimiento de la comunidad local sobre las presas, ideas que consideran relevantes para el diseño y los riesgos percibidos. Los resultados preliminares son: (1) apoyo de la comunidad local al proyecto por su implicación en el proceso; (2) identificación de que una de las presas es en realidad una tubería no declarada de aguas negras; (3) identificación de temores de la población (inundación, sequía, dudas de mejora ambiental). En conclusión, la integración de la comunidad local en proyectos fluviales puede reducir retrasos en la ejecución al identificar las amenazas percibidas por la población a ser tratadas para reducir los riesgos sociales y proporciona información sobre externalidades no identificadas por los organismos o los especialistas redactores.

**Palabras clave:** procesos participativos, comunidad local, partes interesadas, proyectos fluviales, derribo de presas

**Abstract:** River projects have a strong social component. Depending on how it is included in the project phases, it can be a risk or an enabler. The removal of river barriers can produce a regional backlash, delaying or paralyzing a project. Only some projects carry out unidirectional activities to the population such as informative talks about the purpose of the project, which don't allow the active participation of the local community. In this study we applied an approach to integrate the social component in dam removal. The study area is in La Cabrera (Sigüenza's village, Guadalajara) where the demolition of 3 dams on the Dulce River is planned. The methodology consists of the following phases: (1) individual interviews with the population to identify the main actors of the local community; (2) contact with organisms (Natural Park, River Manager, Heritage and City Hall) to identify the extinction of uses and negative externalities; (3) individual interviews with the main actors of the local community and (4) a participatory workshop with the population to extract the knowledge of the local community about the dams, the ideas they consider relevant for the removal design and the risks perceived. Preliminary results are: (1) Support of the local community for the project due to their involvement in the process; (2) Identification that one of the dams is an undeclared sewage pipe; (3) Identification of fears by the population (flooding, drought, doubts about the environmental improvement). In conclusion, the integration of the local community in river projects can reduce project delays by identifying the threats perceived by the population to be addressed to reduce social risks and provides information on externalities not identified by the agencies or the drafting specialists.

**Keywords:** participatory processes, local community, stakeholders, river projects, dam removal

Sesión III: Propuestas y soluciones para la mitigación de la problemática morfosedimentaria

## Diagnóstico morfosedimentario y propuestas de rehabilitación en un tramo regulado del río Guadalope

### *Morpho-sedimentary assessment and rehabilitation proposals for a regulated reach of the Guadalope River*

Á. Tena<sup>1,2</sup>, D. Vericat<sup>2</sup>, E. Pérez<sup>3</sup>, M. Pardos<sup>3</sup>, J. San Román<sup>3</sup> y R.J. Batalla<sup>2,4</sup>

1 Universidad de Zaragoza. [a.tena@unizar.es](mailto:a.tena@unizar.es)

2 Grup de Recerca de Dinàmica Fluvial (RIUS). Universitat de Lleida. [damia.vericat@udl.cat](mailto:damia.vericat@udl.cat); [ramon.batalla@udl.cat](mailto:ramon.batalla@udl.cat)

3 Confederación Hidrográfica del Ebro. [eperez@chebro.es](mailto:eperez@chebro.es); [mpardos@chebro.es](mailto:mpardos@chebro.es); [jsanroman@chebro.es](mailto:jsanroman@chebro.es)

4 Institut Català de Recerca de l'Aigua (ICRA)

**Resumen:** Este estudio presenta el diagnóstico morfosedimentario y una propuesta de rehabilitación funcional para un tramo regulado de 18 km del río Guadalupe, situado entre la presa de Santolea y el embalse de Calanda (Cuenca del Ebro, NE de España). Este tramo sufre un déficit sedimentario estructural causado por la regulación del embalse de Santolea (desde 1932). El deterioro del tramo se ha visto agravado por el vaciado del embalse de Santolea en 2018, que provocó un aporte masivo de sedimentos finos y una degradación de los hábitats de freza. Se realizaron campañas de campo y análisis de laboratorio en siete secciones de control para caracterizar la hidráulica, la topografía y la granulometría. El análisis hidrológico muestra el papel homogeneizador de los embalses sobre el régimen fluvial, alterando los valores extremos, tanto en los caudales de crecida como los de base, mostrando una reducción de los picos de otoño e invierno y la liberación de caudales para el riego durante el verano, aumentando los flujos de base sobre los niveles naturales. El análisis de imágenes aéreas históricas reveló asimismo un notable estrechamiento del cauce (hasta un 88 %) así como una simplificación de su patrón morfológico. Con toda esta información se ha propuesto una estrategia de rehabilitación que combina inyección de gravas (5500-11000 m<sup>3</sup>, 70 % en el rango de 10–30 mm) y crecidas de mantenimiento ( $Q_2$ - $Q_5$ , 24-42 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>), validadas mediante modelización hidráulica para asegurar la movilización del sedimento. Esta propuesta integrada busca restablecer la dinámica fluvial y mejorar el funcionamiento ecológico del sistema mediante una gestión adaptativa.

**Palabras clave:** rehabilitación fluvial, crecidas de mantenimiento, inyección de gravas, río Guadalupe, cuenca del Ebro

**Abstract:** This study presents a morpho-sedimentary assessment and a functional rehabilitation proposal for an 18 km regulated reach of the Guadalupe River, located between the Santolea Dam and the Calanda Reservoir (Ebro Basin, NE Spain). This reach suffers from a structural sediment deficit caused by flow regulation from the Santolea Dam (in operation since 1932). The degradation of the reach has been exacerbated by the 2018 drawdown of the Santolea Reservoir, which triggered a massive input of fine sediments and a decline in spawning habitat quality. Fieldwork and laboratory analyses were conducted at seven sites to characterize hydraulics, topography, and grain-size distribution. Hydrological analysis highlights the homogenizing effect of dams on the flow regime, altering extreme values of both high and low flows, damping autumn and winter peaks, and increasing summer baseflows after irrigation releases. The analysis of historical aerial imagery revealed a marked channel narrowing (up to 88%) as well as morphological simplification of the channel pattern. Based on these findings, a rehabilitation strategy is proposed combining gravel augmentation (5500-11000 m<sup>3</sup>, 70% in the 10-30 mm range) and flushing flows ( $Q_2$ - $Q_5$ , 24-42 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>), design through hydraulic modelling to ensure sediment mobilization. This integrated approach aims to restore fluvial dynamics and enhance the ecological functioning of the system through adaptive management.

**Key words:** fluvial rehabilitation, flushing flows, gravel augmentation, Guadalupe river, Ebro basin

Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio  
de Sedimentos en Ríos

## Planes de gestión de sedimentos en centrales hidroeléctricas: ¿propuestas para el futuro o para el presente?

### *Sediment management plans for hydroelectric power plants: proposals for the future or for the present?*

J. Díaz-Sanz<sup>1, 2, 3</sup>

1 INENVEX Environmental Consulting. [jesusdiaz@inenvex.com](mailto:jesusdiaz@inenvex.com)

2 Universidad Complutense de Madrid

3 Colegio Profesional de Ambientólogos de la Comunidad de Madrid (en representación)

**Resumen:** En el actual contexto de transición energética, la energía hidroeléctrica es una opción resiliente, sostenible y rentable respecto a otras formas de generación. Sin embargo, conlleva fuertes impactos negativos en la continuidad sedimentaria, hídrica y ecológica. La dinámica sedimentaria afecta al funcionamiento de las centrales hidroeléctricas debido principalmente a la colmatación de los embalses. Esta reduce la generación eléctrica, daña las infraestructuras y compromete la seguridad de las presas. Dada la edad media de las centrales españolas y portuguesas, y la alta producción de sedimentos en algunas zonas mediterráneas, los problemas de colmatación suponen un reto para los operadores de las centrales. Además, el marco legislativo en materia morfosedimentaria exige regulaciones y prácticas cada vez más restrictivas que ponen en riesgo las operaciones de las centrales. No obstante, pocas centrales han cuantificado el transporte de sedimentos ni evaluado las medidas a implementar. La solución a estos problemas pasa por la implementación de Planes de Gestión Sedimentaria. Estos evalúan la viabilidad y la eficacia de las acciones a implementar en la operativa de cada central hidroeléctrica. En este trabajo presentamos una recopilación de casos de éxito donde se han implementado medidas de gestión sedimentaria para proponer una propuesta de trabajo más adaptada a las centrales ibéricas desde el nivel operacional y empresarial.

**Palabras clave:** planes de gestión de sedimentos, energía, hidroelectricidad, gestión, sedimentos

**Abstract:** In the current context of energy transition, hydropower is a resilient, sustainable and cost-effective option compared to other forms of generation. However, it entails strong negative impacts on sediment, hydric and ecological continuity. Morphosedimentary dynamics affect the operation of hydropower plants mainly due to the clogging of reservoirs. This reduces their useful capacity, damages infrastructures and threatens the safety of dams. Given the average age of Spanish & Portuguese power plants and the high sediment production in some Mediterranean areas, clogging issues are a challenge for plant operators. In addition, the legislative framework concerning morphosedimentary dynamics requires increasingly restrictive regulations and practices that jeopardize plant operations. Yet, few power plants have quantified sediment transport or evaluated the measures to be implemented. The solution to this problematic involves the implementation of Sediment Management Plans. These plans evaluate the feasibility and effectiveness of the actions to be implemented in the operation of each hydroelectric power plant. In this work we present a compilation of successful cases where sediment management measures have been implemented to propose a work proposal more adapted to the Iberian power plants from the operational and business perspectives.

**Keywords:** sediment management plans, energy, hydroelectricity, management, sediments

## **Análisis y propuestas de gestión de sedimentos en los embalses de las cuencas internas de Cataluña**

### *Analysis and proposals for sediment management in the reservoirs of Catalonia's internal basins*

**R. Bella Piñeiro<sup>1</sup>, J. Carpio Fernández del Pozo<sup>2</sup> y M. Bardina Martín<sup>3</sup>**

1 Aquatec Servicios Medioambientales SAU. [ramon.bella@aquatec.es](mailto:ramon.bella@aquatec.es)

2 Serbaikal Ingenieros SLL. [carpio@serbaikal.com](mailto:carpio@serbaikal.com)

3 Agència Catalana de l'Aigua. [mbardinam@gencat.cat](mailto:mbardinam@gencat.cat)

**Resumen:** El presente trabajo fue realizado en el periodo 2018-2020 dentro del Plan de gestión de cuenca fluvial de Cataluña (2016-2021), coordinado por la UTE LABAQUA-SERBAIKAL, donde colaboraron AQUATEC, la Universidad de Barcelona, L'Írta y la Universidad de Girona. Los objetivos fueron evaluar la aportación de sedimentos al litoral, mejorar los caudales generadores y proponer medidas de gestión de sedimentos. La metodología se desarrolló en tres fases: primero, análisis de información existente sobre aportación de sedimentos; segundo, pruebas de campo aguas abajo de las presas de Baells (río Llobregat) y Susqueda (río Ter), que incluyeron desembalse, inyección y seguimiento de los sedimentos; y tercero, análisis de resultados y elaboración de recomendaciones. Estos trabajos fueron difundidos en diferentes jornadas y congresos a nivel nacional e internacional.

Como conclusión más relevante, el análisis de los resultados determinó que en el caso de río Llobregat, en el embalse de la Baells, para poder cumplir con la función de movilizar y activar el sedimento de mayor tamaño deberían haber sido necesarias crecidas generadoras de mayor magnitud. Conclusión que sirve de punto de partida para la actualización de las sueltas controladas de los embalses. En el caso del río Ter el caudal generador actual es suficiente para cumplir los objetivos de mantener la estructura del cauce, aunque se considera que existe todavía margen de maniobra para aumentar el caudal punta.

**Palabras clave:** gestión sostenible de embalses, dinámica sedimentaria, hidromorfología, restauración fluvial

**Abstract:** This work was carried out during the 2018-2020 period within the Catalonia River Basin Management Plan (2016-2021), coordinated by UTE LABAQUA-SERBAIKAL, with collaboration from AQUATEC, University of Barcelona, L'Írta, and University of Girona. The objectives were to evaluate sediment contribution to the coastline, improve generating flows, and propose sediment management measures. The methodology was developed in three phases: first, analysis of existing information on sediment contribution; second, field tests downstream of the Baells (Llobregat River) and Susqueda (Ter River) dams, which included reservoir drawdown, injection, and sediment monitoring; and third, analysis of results and development of recommendations. These works were disseminated in various national and international conferences and congresses. As the most relevant conclusion, the analysis of the results determined that in the case of the Llobregat River, at the Baells reservoir, larger generating floods would have been necessary to fulfill the function of mobilizing and activating larger sediment. This conclusion serves as a starting point for updating controlled reservoir releases. In the case of the Ter River, the current generating flow is sufficient to meet the objectives of maintaining the channel structure, although there is still room for maneuver to increase the peak flow.

**Key words:** sustainable reservoir management, sedimentary dynamics, hydromorphology, river restoration

## Sedimentación e infraestructuras de defensa frente a inundaciones: el caso del río Guadaira

### *Sedimentation and flood defense infrastructure: The case of the Guadaira River*

J. Lluch Peñalver<sup>1</sup>, J.A. Calvo Ruiz<sup>1</sup> y M. Cayuela López<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. [jluch@chguadalquivir.es](mailto:jluch@chguadalquivir.es); [jacalvo@chguadalquivir.es](mailto:jacalvo@chguadalquivir.es)

<sup>2</sup> GRAELLSIA Ingeniería y Medio Ambiente S.L. [graellsia@graellsia.es](mailto:graellsia@graellsia.es)

**Resumen:** El tramo final del río Guadaira ha sido desviado y encauzado con el objeto de evitar las recurrentes inundaciones que este cauce provocaba en la ciudad de Sevilla. Este encauzamiento estaba diseñado para un caudal de 2.200 m<sup>3</sup>/s con una sección trapezoidal de entre 70 y 144 m de base y una profundidad de entre 8,13 y 9,21 m. La longitud del tramo bajo del río Guadaira pasaba así de 3,2 km a 22,2 km.

Esta infraestructura hidráulica no consideró en su diseño la sedimentación en un cauce de llanura que además se ve sometido al influjo de las mareas. En el presente trabajo se ha cuantificado el volumen de sedimentos que se ha depositado en el encauzamiento desde su construcción en la década de los 70 hasta la actualidad y su efecto sobre la capacidad de desagüe de esta infraestructura.

Este análisis pone de manifiesto que el encauzamiento presenta un depósito de sedimentos de entre 2 y 3 m de potencia, ascendiendo el volumen total a 6.900.000 m<sup>3</sup>.

Del mismo modo, se ha llevado a cabo una modelización hidráulica para distintos caudales de la situación original de proyecto y para la situación actual, constatándose una clara pérdida de capacidad hidráulica. Para crecidas de 100 años de periodo de retorno se producen incrementos de la cota de lámina de agua de alrededor de 2 m. La capacidad de desagüe del encauzamiento se reduce a aproximadamente la mitad.

Cualquier proyecto de infraestructuras hidráulicas de protección debe tener en cuenta el perfil de equilibrio sedimentario, así como los costes asociados a su mantenimiento, de cara a que estas actuaciones conserven el nivel de protección para el que fueron diseñadas.

**Palabras clave:** protección, inundaciones, sedimentación, equilibrio, Guadaira

**Abstract:** The final stretch of the Guadaira River has been diverted and channeled in order to prevent the recurrent flooding that it used to cause in the city of Seville. This channeling was designed for a flow rate of 2,200 m<sup>3</sup>/s with a trapezoidal cross-section ranging from 70 to 144 meters at the base and a depth between 8.13 and 9.21 meters. As a result, the length of the lower stretch of the Guadaira River increased from 3.2 km to 22.2 km. The design of this hydraulic infrastructure did not take into account sedimentation in a lowland riverbed that is also affected by tidal influence. In the present study, the volume of sediment deposited in the channel since its construction in the 1970s until the present has been quantified, as well as its effect on the hydraulic capacity of the infrastructure.

This analysis reveals that the channel contains a sediment deposit between 2 and 3 meters thick, with a total volume of 6,952,260 m<sup>3</sup>. Likewise, a hydraulic modeling has been carried out for different flow rates based on both the original project conditions and the current situation, showing a clear loss in hydraulic capacity. For floods with a 100-year return period, water surface elevations increase by around 2 meters. The hydraulic capacity of the channel is reduced to approximately half.

Any hydraulic infrastructure protection project must take into account the sedimentary equilibrium profile, as well as the associated maintenance costs, in order to ensure that these measures maintain the level of protection for which they were designed.

**Key words:** protection, flooding, sedimentation, balance, Guadaira

## Recuperando la complejidad en la red hidrográfica de la raña del Parque Nacional de Cabañeros

### *Recovering complexity of the hydrographic network in the sedimentary plain (“raña”) of the Cabañeros National Park*

F. Cortés<sup>1</sup>, M. Díaz-Redondo<sup>1</sup>, L. Muñoz<sup>2</sup>, R. Herrero<sup>3</sup>, P. Pozo<sup>3</sup>, L.C. Arias<sup>3</sup>, M. Utrera<sup>4</sup>, L. Ruiz<sup>5</sup> y A. Gómez<sup>5</sup>

1 Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). [francisco.m.cortes@cedex.es](mailto:francisco.m.cortes@cedex.es)

2 Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

3 Empresa de Transformación Agraria, S.A. (TRAGSA)

4 Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITERD)

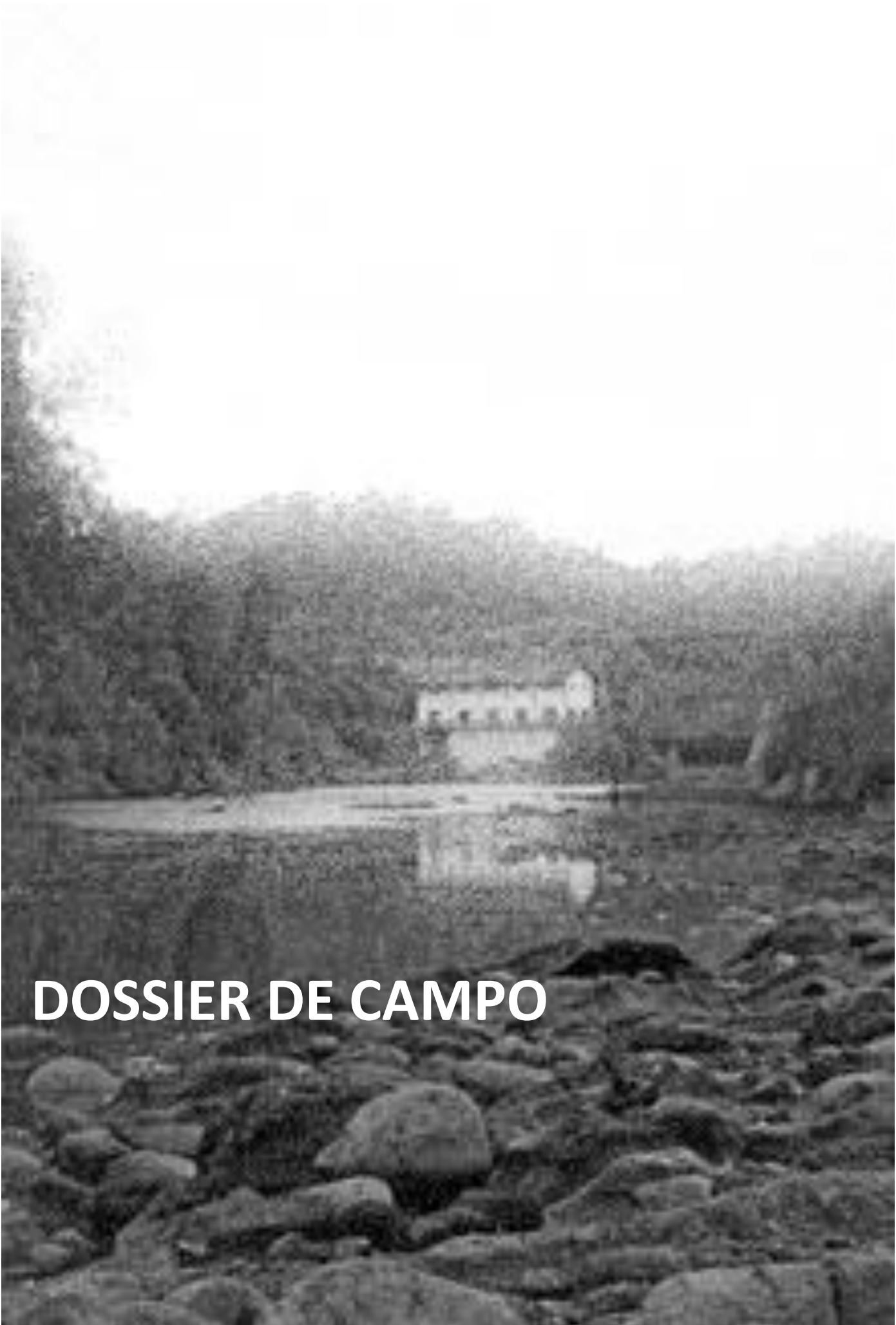
5 Sin filiación actual.

**Resumen:** A lo largo del siglo XX, el paisaje de la «raña» del Parque Nacional de Cabañeros sufrió numerosas transformaciones que han modelado y configurado su aspecto actual. Los cambios más importantes fueron la deforestación y la roturación de las tierras para convertirlas en campos de cultivo, alterando, entre otras características, la red natural de arroyos de la raña, que fue eliminada o modificada para satisfacer las necesidades productivas. Para recuperar el trazado en planta de estos arroyos mediterráneos con un régimen hidrológico extremadamente irregular se está llevando a cabo el “Proyecto de restauración de ecosistemas en el Parque Nacional de Cabañeros”, financiado por los Fondos NexGenerationEU de la Unión Europea.

Siguiendo el criterio de recuperar en la medida de lo posible el trazado original de los cauces desaparecidos o modificados, y tratando de incrementar la conectividad con otras zonas de interés y de optimizar el beneficio ambiental de las actuaciones previstas, se ha actuado sobre una selección de tramos de cauces con gran potencial de restauración. La selección final incluye actuaciones en seis tramos de diferentes arroyos, lo que supone una longitud total de 13,12 km. Las tareas de recuperación del trazado en planta y de la vegetación de ribera, que se están llevando a cabo en la actualidad, incluyen la excavación y acondicionamiento del antiguo trazado, la instalación de vallados perimetrales donde sea necesario para evitar la herbivoría, y el ahoyado e introducción de plantas en aquellas zonas que se consideren más adecuadas para mejorar el éxito de la revegetación. Por último, se ha diseñado un programa de seguimiento ambiental para evaluar el logro de los objetivos. Incluye el seguimiento de la geomorfología, el régimen hidrológico, la colonización de la vegetación y la composición de las comunidades de macroinvertebrados.

**Palabras clave:** criptocauces, raña, restauración, hidromorfología, conectividad

**Abstract:** Throughout the 20th century, the landscape of the alluvial sedimentary layer, termed “raña” locally, in the Cabañeros National Park (Spain) underwent numerous transformations that have modelled and shaped its current aspect. The most important changes were the deforestation and the ploughing up of the lands to convert them into crop fields, altering, among other characteristics, the natural stream network of the “raña”, which was either eliminated or modified to meet the production needs. To recover the planform of these Mediterranean streams with an extremely irregular hydrological regime a project financed by the European Union's NexGenerationEU funds is being carried out. Based on the criterion of recovering as possible the original planform of the disappeared or modified streams, while increasing connectivity with other areas of interest and optimising the environmental benefit of the planned actions, a selection of stream sections with great potential for restoration has been proposed. The final selection includes actions on six sections from different streams, which means a total length of 13.12 km. Tasks to recover the planform and the riverine vegetation, which are being implemented currently, include the excavation and conditioning of the former planform, the installation of perimeter fencing where needed to avoid herbivores, and the hollowing out and introduction of plants in those areas deemed most appropriate to improve the success of revegetation. Finally, an environmental monitoring programme has been designed to evaluate the achievement of the goals. It includes monitoring geomorphology, hydrological regime, vegetation colonisation, and macroinvertebrate communities' composition.



# DOSSIER DE CAMPO

# Sedimentos, dinámica fluvial, impactos y medidas de mitigación en el curso bajo del río Nalón (Asturias)

## *Dossier de campo*

Elena Fernández Iglesias<sup>1\*</sup>, Gil González Rodríguez<sup>1</sup>, María Fernández García<sup>1</sup>, Laro Incera Sañudo<sup>1</sup>, Rosana Menéndez Duarte<sup>1,2</sup>, Vero Moro García<sup>1</sup>, Daniel Vázquez Tarrío<sup>3</sup>, María Esperanza Martínez Puebla<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT), Universidad de Oviedo. Campus de Mieres, C/Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n, 33600 Mieres (Asturias). [elena.indurot@uniovi.es](mailto:elena.indurot@uniovi.es)

<sup>2</sup> Departamento de Geología, Universidad de Oviedo. C/ Jesús Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo (Asturias).

<sup>3</sup> Instituto Geológico y Minero de España –CSIC, C/Matemático Pedrayes,25, Oviedo (Asturias)

<sup>4</sup> Confederación Hidrográfica del Cantábrico, Plaza de España, 2, 33007 Oviedo (Asturias)

## 1. INTRODUCCIÓN Y ÁREA DE ESTUDIO

El río Nalón drena la cuenca hidrográfica de mayor extensión de la vertiente norte de la Cordillera Cantábrica, con una superficie de 4895 km<sup>2</sup>, abarcando casi el 50% del territorio de la provincia de Asturias. Su cauce principal tiene una longitud de 153 km, salva un desnivel de 2414 m y muestra una importante presencia de sedimento transportado como carga de fondo, siendo el río que alimenta a la mayor parte de los grandes arenales costeros de la zona central de Asturias.

El tramo inferior del Nalón, de unos 50 km de longitud, ubicado entre la localidad de Trubia y la desembocadura en el mar Cantábrico, presenta dos ámbitos diferenciables. El ubicado entre el embalse de El Furacón hasta la confluencia con el río Narcea, de unos 32 km de longitud, con una superficie de cuenca de 2900 km<sup>2</sup> y un caudal medio anual de 51 m<sup>3</sup>/s. El segundo tramo, ubicado tras la confluencia con el río Narcea (cuya cuenca hidrográfica es de 1857 km<sup>2</sup>), con un caudal medio anual de 142 m<sup>3</sup>/s, presenta una longitud de unos 7 km hasta el Dominio Público Marítimo Terrestre, y otros 11 km de cauce fluvioestuarino hasta alcanzar el mar Cantábrico. La anchura media del cauce y canal activo es de 106 y 71 m respectivamente.

Se trata de un río que ha presentado durante las últimas décadas un trazado meandriforme que recorre llanuras de alta inundabilidad (T=10 años) a lo largo de un valle de unos 400 m de anchura media, aunque tras la confluencia con el río Narcea alcanza valores de hasta 1400 m. La avenida de junio de 2010, una de las más importantes registradas en el bajo Nalón desde que se dispone de registros, alcanzó un caudal máximo de 3100 m<sup>3</sup>/s a la altura de Pravia.

El cauce y zona inundable de este tramo inferior se encuentra prácticamente ausente de canalizaciones ni rellenos artificiales de entidad, formando parte de la Zona de Especial Conservación (ZEC) Río Nalón (ES1200029). No obstante, mencionar la presencia de los rellenos ligados a infraestructuras viarias (ferrocarril, y carreteras) que discurren preferentemente por la periferia de los fondos de valle, además de algunas edificaciones en zona inundable en las poblaciones de San Román, Pravia y Peañullán.

Durante las últimas décadas este tramo ha mostrado notables cambios morfológicos, con estrechamientos, ensanchamientos e incisión del cauce, que han ido acompañados de un aumento de los afloramientos rocosos en el lecho del río y una disminución en la riqueza de especies propias del hábitat fluvial (Fernández-García *et al.*, 2025). Los estudios morfodinámicos desarrollados en el río Nalón señalaron que este tramo bajo no había presentado antes unos reajustes laterales tan importantes, mostrando erosiones en un 17% de las orillas aluviales, y de hasta el 27% en el

tramo contiguo al Dominio Público Marítimo Terrestre, con diversas repercusiones en el corredor ecológico. Los estudios de avenidas realizados en este tramo constataron un aumento de la frecuencia de avenidas en el Nalón lo que, unido a los pronósticos de cambio climático, incluyendo el previsible aumento de la dinámica marina en el estuario, es esperable que estos reajustes morfológicos prosigan a corto y medio plazo.

Se trata de un tramo que se ha visto sometido a una disminución significativa en el aporte de sedimento, especialmente el transportado como carga de fondo, tanto en relación con la retención que ejercen varias presas construidas desde los años 50, afectando al 90% de la cuenca hidrográfica y del tramo de estudio, como derivados del aumento de la cobertura arbórea y desarrollo socioeconómico e industrial del área central asturiana, incluyendo infraestructuras viarias, canalizaciones, la actividad minera o la expansión urbana sobre las vegas ribereñas.

En este contexto, la Confederación Hidrográfica del Cantábrico, con el objetivo de analizar y caracterizar algunos problemas relacionados con el sedimento y realizar acciones para tratar de mitigarlos, durante los últimos años ha desarrollado diversas obras y acciones dirigidas a la gestión de sedimento en el tramo bajo del río Nalón, que incluyen estudios piloto dirigidos no sólo a comprender la dinámica fluvial sino también a profundizar en los mecanismos de transporte de sedimento grueso, que desempeñan un papel muy importante en el equilibrio del río, y en los ecosistemas fluviales y costeros. En el ámbito de estudio mencionar dos proyectos, uno financiado por el Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático (PIMA Adapta Agua) titulado *Plan Piloto de Gestión del Sedimento en el Tramo bajo del Río Nalón entre Trubia y Soto del Barco en Asturias (2021-2023)*; y otro actualmente en desarrollo titulado *Seguimiento Ambiental y gestión del sedimento en las obras ejecutadas en el tramo bajo del río Nalón (2025-2026)*, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia financiado con fondos *NextGeneration* de la Unión Europea, que contaron con la participación de TRAGSA y el INDUROT. En el presente documento se describen algunos de los trabajos desarrollados en los citados proyectos.

Para tratar de mitigar algunos de los problemas ecológicos y morfodinámicos detectados, que según los estudios realizados muestran una relación con un déficit de sedimento en el sistema, y mejorar el conocimiento sobre los procesos de transporte de los caudales sólidos, se están desarrollando varios grupos de medidas de carácter piloto en el ámbito cantábrico:

1. Baipás de sedimento. En línea con las actuaciones desarrolladas tanto en otros países europeos como en España para mitigar los problemas derivados del déficit sedimentario, se abordó la reubicación de áridos desde aguas arriba de las barreras transversales que están reteniendo material sólido del río Nalón, hacia aguas abajo de las mismas.
2. Fortalecimiento del bosque de ribera. Ejecución de varias experiencias piloto dirigidas a fortalecer la continuidad del corredor fluvial en el tramo bajo del río Nalón, fundamentadas en la bioingeniería, revegetaciones, eliminación de invasoras y gestión del sedimento *in situ*. El objetivo es reducir la fragmentación de las riberas, incrementar la conectividad del corredor fluvial y contribuir a mejorar el estado de conservación del hábitat de interés comunitario y prioritario 91E0\* Bosques aluviales de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*).
3. Configuración de un observatorio de sedimento. Las directrices europeas sobre gestión integrada de sedimentos (ECI, 2022; MITECO, 2023), resaltan la importancia de conocer no solo la cantidad de agua que pasa por un río, sino también la cantidad de sedimento. Implantación de diferentes técnicas y herramientas piloto con potencialidad para realizar mediciones del transporte de sedimento como carga de fondo, dominante en el cauce del tramo bajo del río Nalón y en la mayor parte de los ríos cantábricos.

Durante el recorrido de campo del 13 de noviembre, en el marco de las *II Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en ríos*, se visitan algunos de los trabajos desarrollados en estos tres objetivos dentro del tramo bajo del río Nalón (Figura 9).

Concretamente, se presentan las actuaciones de baipás sedimentario en seco realizadas desde aguas arriba de las presas que retienen el sedimento hacia aguas abajo, para valorar la potencial mitigación de los reajustes fluviales detectados (Parada 1). Por otro lado, se presenta el diseño e implementación de diferentes técnicas de monitorización de sedimento transportado como carga de fondo, ya que es el material que más repercute en los reajustes fluviales

observados (Parada 1). Además, se visitan varias medidas de bioingeniería mediante deflectores orgánicos, dirigidas a fortalecer la vegetación de ribera en un entorno altamente inundable (Parada 2).

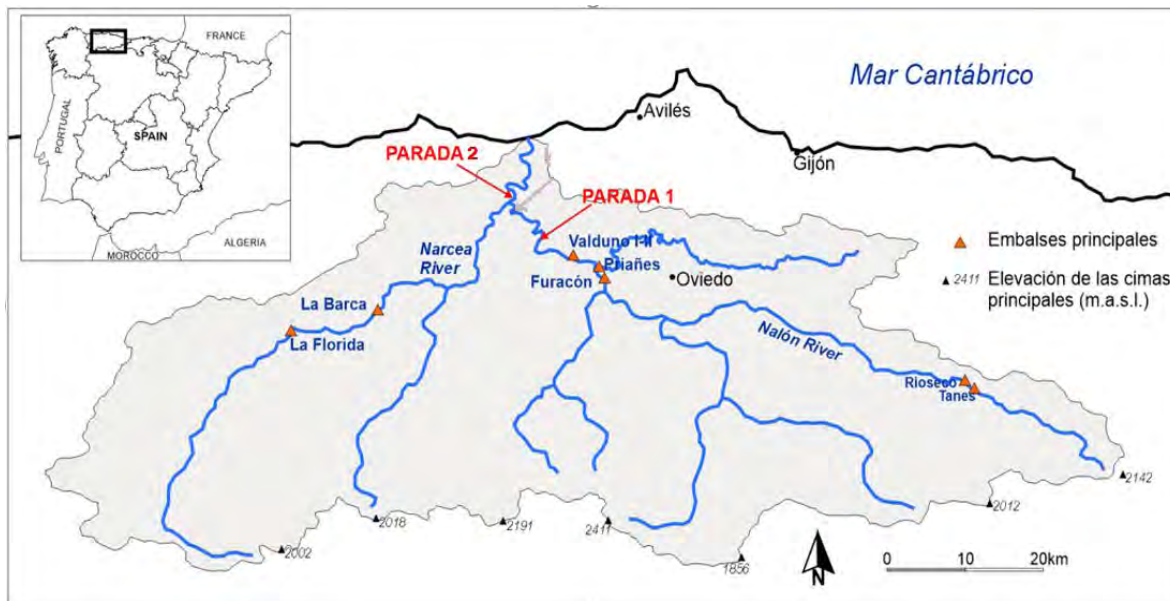


Figura 9. Localización de la cuenca de drenaje del río Nalón, ubicación de las principales presas y las dos paradas de la jornada de campo.

# III Jornadas MorFOS

Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos

## 2. EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL RÍO NALÓN DESDE EL AÑO 1945

El cauce del tramo bajo del río Nalón desde los años 40 hasta la actualidad se ha estrechado en término medio unos 16 metros, aproximadamente un 11% de la anchura histórica (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. y Figura 10), lo que supone una disminución del área fluvial activa de unas 45 ha.

Entre las acciones del hombre con potencial incidencia en estos reajustes, se encuentran varias presas y embalses tanto en el Nalón como en el Narcea para el tramo más bajo, construidos en las décadas de los años 50 y 60. Este tipo de barreras modifican principalmente los flujos de transporte sedimentario, pudiendo llegar a retener cerca del 50% del sedimento en suspensión (Dethier *et al.*, 2022) y hasta el 99% de este material sedimentario transportado como carga de fondo (Williams and Wolman, 1984).

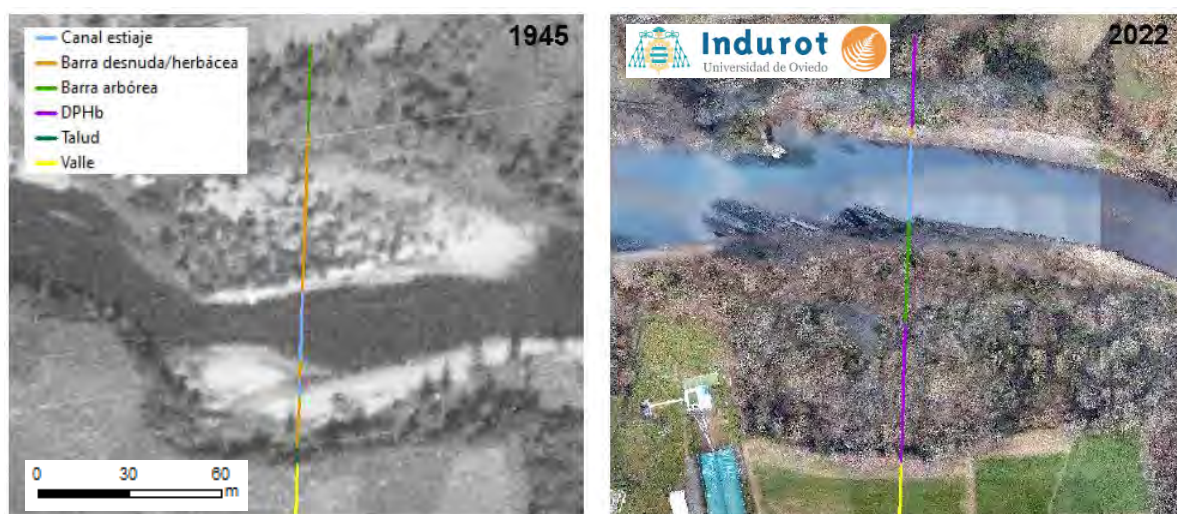


Figura 10. Imágenes comparativas del perfil número 62 en los años 1945 (izquierda) y 2022 (derecha)

(Fuente: INDUROT, 2023).

La superficie de cuenca afectada por estas obras en el tramo bajo del río Nalón es muy significativa para los diferentes subtramos, con un valor medio del 90%. Hay que añadir también el efecto de la retención de sedimento que puede derivarse de la implantación de infraestructuras en los fondos de valle aguas arriba del tramo de estudio, donde los desarrollos urbanos e industriales han confinado un 26% del cauce aluvial. Los cambios en los usos del suelo ligados al aumento de la vegetación arbórea, ya constatado en varias cuencas peninsulares (e.g. Lorenzo-Lacruz *et al.*, 2025; Vicente-Serrato *et al.*, 2025), también pueden interferir en el tramo.

El modelo evolutivo del canal (e.g. Schumm *et al.*, 1984; Simon, 1989; Surian y Rinaldi, 2003; Thompson *et al.*, 2016) describe ajustes en la geometría del canal cuando se altera el balance entre caudal líquido y caudal sólido o los parámetros asociados. Concretamente, se desarrollan unas fases iniciales de profundización y estrechamiento del cauce, seguidas de unas de socavación y derrumbamiento de la orilla que conducen a la ampliación del canal. Se trata de procesos que van en línea con la evolución que ha experimentado este tramo bajo del río Nalón.

Concretamente, en este tramo se reconocen las siguientes etapas (Figura 11): a) entre 1956 y 1970 comienzan procesos de degradación del lecho, así como los primeros indicios de estrechamiento del cauce, b) entre 1970-1994 se reconoce un encajamiento progresivo, aumento de orillas erosivas y pérdida de trenzamiento, c) entre 1994 y 2003 se produce el colapso de orillas así como las primeras señales de ensanchamiento del cauce y d) entre 2003 y 2025 prosigue de forma significativa el incremento de erosiones de orilla y de ensanchamiento del cauce.

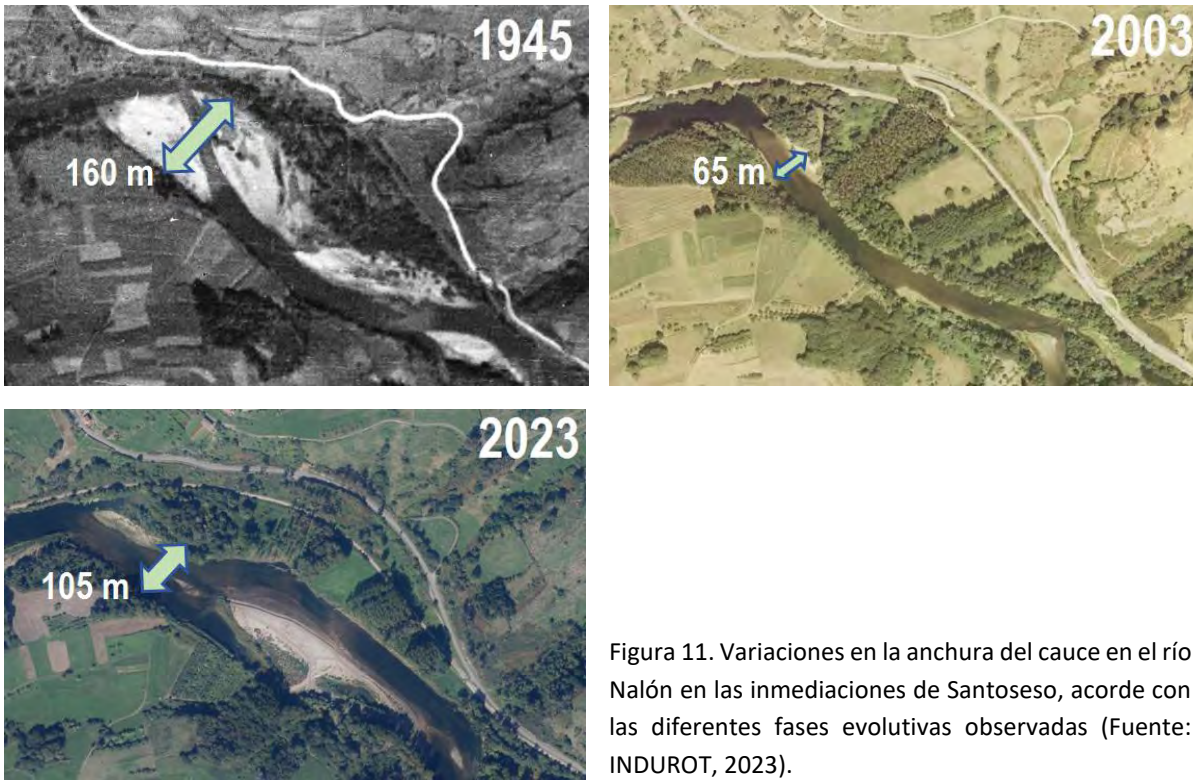


Figura 11. Variaciones en la anchura del cauce en el río Nalón en las inmediaciones de Santoseso, acorde con las diferentes fases evolutivas observadas (Fuente: INDUROT, 2023).

Esta situación se traduce en que en las últimas dos décadas se observa una tendencia creciente de la erosión, que todavía continúa en la actualidad. Concretamente, en torno a un 17% de las orillas aluviales del tramo bajo del río Nalón muestran señales de erosión en sus orillas, aunque este valor asciende a un 27% en el tramo de Pravia tras la confluencia Nalón-Narcea. Además, se registra un aumento de afloramientos rocosos en el lecho (Figura 12), que están señalando en varios puntos el desarrollo de procesos de incisión en la vertical, más afianzados en los tramos superiores y más cercanos a las presas.

En síntesis, el río se está volviendo más profundo y estrecho, lo que reduce la conectividad entre el cauce principal y las márgenes, afectando al ecosistema fluvial, a su conectividad y a la distribución de especies propias del hábitat fluvial (Fernández-García *et al.*, 2025).

Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos



Figura 12. Afloramientos rocosos en el lecho del cauce aguas abajo de la presa de Valduno II.

### 3. VISITAS DE CAMPO

Durante la jornada de campo se visitarán diferentes tramos del curso bajo del río Nalón, comprendidos entre los concejos de Candamo y Pravia, donde se analizarán actuaciones de reubicación de sedimentos, técnicas de monitorización y medidas de bioingeniería aplicadas en el cauce. En la Figura 13 se muestra la localización general del tramo de estudio y de las paradas incluidas en el itinerario.





Figura 13. Localización general del tramo bajo del río Nalón, indicando las zonas visitadas durante la jornada de campo (Parada 1: Villamarín y Parada 2: Pravia).

línea de Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos

### 3.1. PARADA 1: MEANDRO DE VILLAMARÍN (T.M. Candamo)

#### 3.1.1. Baipás sedimentario

Dada la relación en la disminución del aporte de sedimentos con los reajustes morfodinámicos observados en el tramo bajo del río Nalón, durante el año 2023 se han ejecutado dos operaciones piloto de reubicación de sedimentos en seco ( $\approx 3200 \text{ m}^3$ ). En ellas, se utilizó material procedente de la cola de las presas más cercanas al tramo de estudio que están reteniendo material sólido grueso del río Nalón (Figura 14).

Se estudiaron diversas opciones de áreas fuente de material, con valoraciones sobre la cantidad de sedimento, granulometrías para valorar la compatibilidad entre área fuente y destino, además de consideraciones de tipo geoquímico y ambiental.

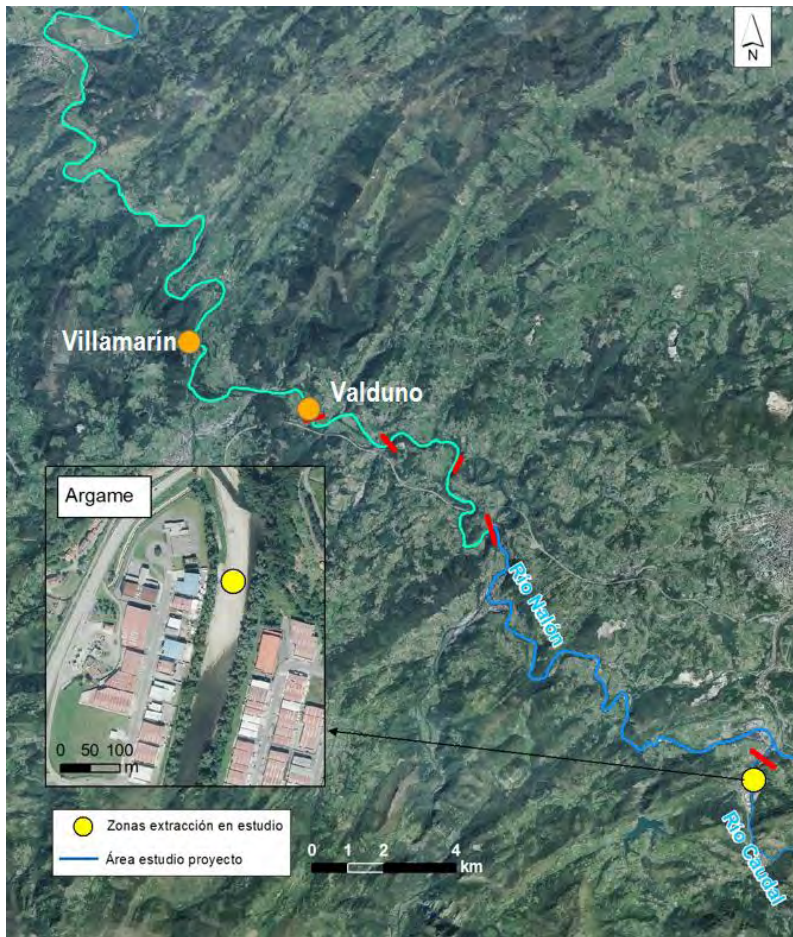


Figura 14. Emplazamiento de extracción de sedimento en Argame y de reubicación en los emplazamientos de Valduno y Villamarín.

Para la reubicación del sedimento se estudiaron varios emplazamientos ubicados en la parte más alta del tramo de estudio, donde las evidencias de déficit de sedimento son más notables, como el aumento de afloramientos rocosos y los valores mayores de acorazamiento, entre otros. Además, se abordaron análisis morfodinámicos, se aplicaron técnicas GIS (DoD) con modelos digitales del terreno elaborados a partir de vuelos drone fotogramétricos para definir la distribución más apropiada de material teniendo en cuenta las transformaciones que habían experimentado las zonas de depósito durante varias crecidas fluviales recientes (Figura 15). Debido a condicionantes ambientales, la reubicación de sedimentos se planteó en seco, pero dentro del canal activo.

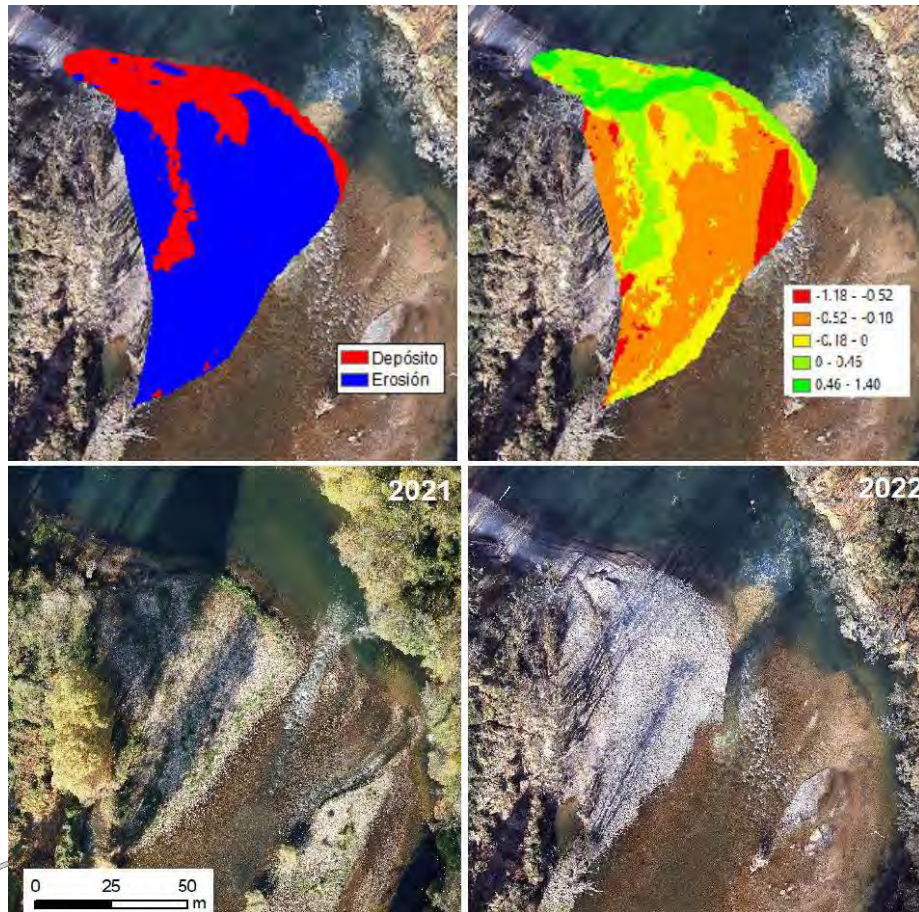


Figura 15. Arriba resultado de la comparativa de los dos modelos digitales del terreno antes y después de una avenida en Villamarín. A la izquierda se muestran las zonas de depósito y de erosión y a la derecha las diferencias de cota entre los modelos. Abajo se muestran las ortofotos de noviembre de 2021 y febrero de 2022 utilizadas en el análisis.

Tras la revisión de diversos emplazamientos para valorar la idoneidad y viabilidad de este tipo de medidas, incluyendo las dificultades derivadas de la presencia de la red ferroviaria en prácticamente todo el recorrido que limitan el acceso con maquinaria pesada, se seleccionaron dos emplazamientos:

- Baipás de sedimento en las inmediaciones de la presa de Valduno II, sobre la margen derecha, en un tramo de unos 25 m de ancho y unos 200 m de longitud. Dicha zona había sido erosionada en varios puntos por la avenida de noviembre de 2021. Se reubicaron unos 800 m<sup>3</sup>.
- Baipás de sedimento en Villamarín sobre la margen izquierda del río Nalón, concretamente sobre un depósito de barra activa de meandro. Se trata de un depósito fluvial que experimenta transformaciones durante avenidas, tal y como se comprobó durante varias avenidas, como la de noviembre de 2021. Se reubicaron unos 2400 m<sup>3</sup>.

En ambas zonas se ha constatado movilidad de sedimento, especialmente tras la avenida de noviembre de 2021, con predominio de erosión frente a la sedimentación. Los emplazamientos representan dos ámbitos morfodinámicos que permiten estudiar diferentes mecanismos de incorporación del sedimento al cauce, en Valduno el baipás se ubicó sobre una zona de margen mientras que en Villamarín se realizó sobre una barra de meandro perteneciente al canal activo del río Nalón.

Las obras de reubicación de sedimento fueron realizadas entre los meses de febrero y abril de 2023. Finalizadas las obras de baipás, dentro del material reubicado se instalaron diversas técnicas de monitorización de sedimento transportado como carga de fondo. Concretamente se instalaron parcelas de trazadores RFID en cada uno de los dos depósitos de baipás, así como 5 placas de impacto, 3 en Villamarín y 2 Valduno. El meandro de Villamarín será visitado durante la jornada de campo.



Figura 16. Trabajos de reubicación de sedimento sobre el meandro de Villamarín.

Actualmente se están desarrollando trabajos para analizar su evolución futura ante avenidas, en la zona de depósito del baiapás y aguas abajo de la misma, mediante batimetrías y modelos digitales del terreno periódicos, así como la monitorización de varios índices faunísticos y botánicos.

### 3.1.2. Técnicas de monitorización de sedimento

En la cuenca del río Nalón se están desarrollando varios estudios para profundizar en el conocimiento sobre los caudales sólidos transportados como carga de fondo, dirigidos a la investigación de técnicas y metodologías de seguimiento de los flujos de sedimento. Esta zona de monitorización de Villamarín forma parte de uno de estos emplazamientos, seleccionado para estudiar el transporte de sedimento grueso dentro del depósito de baiapás realizado.

En relación con la monitorización de sedimento, además de los proyectos ya mencionados al comienzo de esta memoria, destacar la participación de proyectos de investigación I+D+i como CANALAB (2021-2026) o el proyecto CLASTO (2025-2028), así como el desarrollado por la Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2023-2025) en el tramo alto de la cuenca del Nalón, dentro de la subcuenca del río Aller, el último tramo asturiano de entidad que todavía conserva una configuración trenzada, y que contó con la participación de TRAGSATEC y el INDUROT. En esta subcuenca del río Aller, la CHCantábrico ha incorporado en una de sus estaciones de aforo, diversa instrumentación dirigida a medir el sedimento transportado como carga de fondo, que cuenta con varios modelos de placas de impacto, varios modelos de sismógrafos, un hidrófono, 250 trazadores RFID y un proyecto piloto para el estudio de técnicas de monitorización de las granulometrías entre tamaño arena a grava. Representa en estos momentos la estación con mayor número de técnicas y herramientas implementadas para la investigación en continuo del transporte de sedimento de fondo en España.

Durante la jornada de campo se visitarán *in situ* varias de las diferentes técnicas para la adquisición de los datos de transporte de material grueso en la cuenca del río Nalón, que incluye:

- El seguimiento de partículas utilizando clastos marcados con sensores de identificación por radiofrecuencia RFID (Figura 18). La siembra de estos clastos trazadores se llevó a cabo tras la realización del baiapás sedimentario. En total se emplearon unos 250 clastos trazadores RFID, además de algunos clastos adicionales con técnicas complementarias.
- Placas de impacto. Consisten en piezas de acero inoxidable que llevan adheridas un geófono o un acelerómetro. Estas se instalan en el cauce, con el objeto de registrar los impactos de los clastos contra la

pieza de acero generados durante un episodio de transporte y en un intervalo de tiempo prefijado. En el emplazamiento de Villamarín se instalaron un total de 3 placas de impacto, ubicadas aguas arriba, en el centro y aguas abajo de la zona donde se realizó el baiapás sedimentario.



Figura 17. A la izquierda aspecto de las placas de impacto utilizadas en el proyecto y a la derecha imagen de una de ellas bajo el agua.

También se describirán herramientas colocadas en otros emplazamientos de la cuenca del río Nalón, incluyendo hidrófonos, monitorización mediante estación sísmica, así como las experiencias en arenas mediante susceptibilidad magnética y los trabajos planificados en relación con la monitorización de las fracciones más finas, entre arenas y gravas.





Figura 18. Perfiles de distribución de trazadores RFID, desde tamaños de clasto mayores en los perfiles aguas arriba desde 128, 90 de eje b (colores rojos y naranjas) hacia los más pequeños de 64, 45 y 32 mm (amarillos y verdes). Las flechas indican la dirección de la corriente.

Los hidrófonos permiten detectar el sonido producido por el impacto de los sedimentos gruesos durante los eventos de transporte (Marineau *et al.*, 2016; Nasr *et al.*, 2023; Recking *et al.*, 2024).

Respecto al monitoreo mediante sismógrafo, este se fundamenta en que las partículas de sedimentos pueden generar ondas elásticas cuando golpean el lecho del río durante su transporte (e.g. Roth *et al.*, 2014). La idea es estudiar las relaciones de la señal sísmica con los caudales líquidos, a partir de la comparación con los datos de nivel de las estaciones de aforo y, por otro lado, con los datos de transporte de sedimento obtenido con el resto de técnicas. Durante la visita de campo se mostrarán algunas de las metodologías desarrolladas en este campo (González-Rodríguez *et al.*, 2024).



Figura 19. Imagen de vuelo dron con un transecto de clastos trazadores remarcados con círculo rojo.

### 3.2. PARADA 2: PRAVIA. Mejora del bosque de ribera mediante bioingeniería

El área de estudio forma parte de la Zona de Especial Conservación (ZEC) Río Nalón (ES1200029). La vegetación autóctona de ribera que se desarrolla en este tramo corresponde sobre todo a alisedas atlánticas y saucedas blancas, que forman parte del hábitat de interés comunitario prioritario 91E0\*. Este hábitat es el único para el que el Instrumento de Gestión de la ZEC<sup>1</sup> establece la aplicación de medidas específicas de conservación, debido a las presiones y amenazas que afectan a su estado de conservación.

En el tramo más bajo del río Nalón, una parte considerable de las riberas muestra una fragmentación significativa en la vegetación de ribera, con franjas de bosque autóctono inexistentes durante largas extensiones o demasiado estrechas para generar un hábitat funcional y continuo, con una **ocupación de los márgenes fluviales** por usos agropecuarios hasta la propia ribera y **proliferación de especies vegetales exóticas invasoras**.

Concretamente, en este tramo inferior del río Nalón en Pravia, se localiza la orilla erosiva de mayor longitud del ámbito cantábrico, con una extensión superior a los 1200 m desarrollada sobre materiales de naturaleza predominante poco cohesiva. Se trata de un tramo que presenta especial interés ecológico por albergar especies de interés comunitario como la lamprea (*Petromyzon marinus*), la nutria europea (*Lutra lutra*) o el salmón atlántico (*Salmo salar*).

<sup>1</sup> [Decreto 125/2014, de 17 de diciembre, por el que se declara la Zona Especial de Conservación Río Nalón\(ES1200029\) y se aprueba su I Instrumento de Gestión. Boletín Nº 295 del martes 23 de diciembre de 2014.](#)



Figura 20. Orillas erosivas identificadas en el entorno de la vega de Pravia.

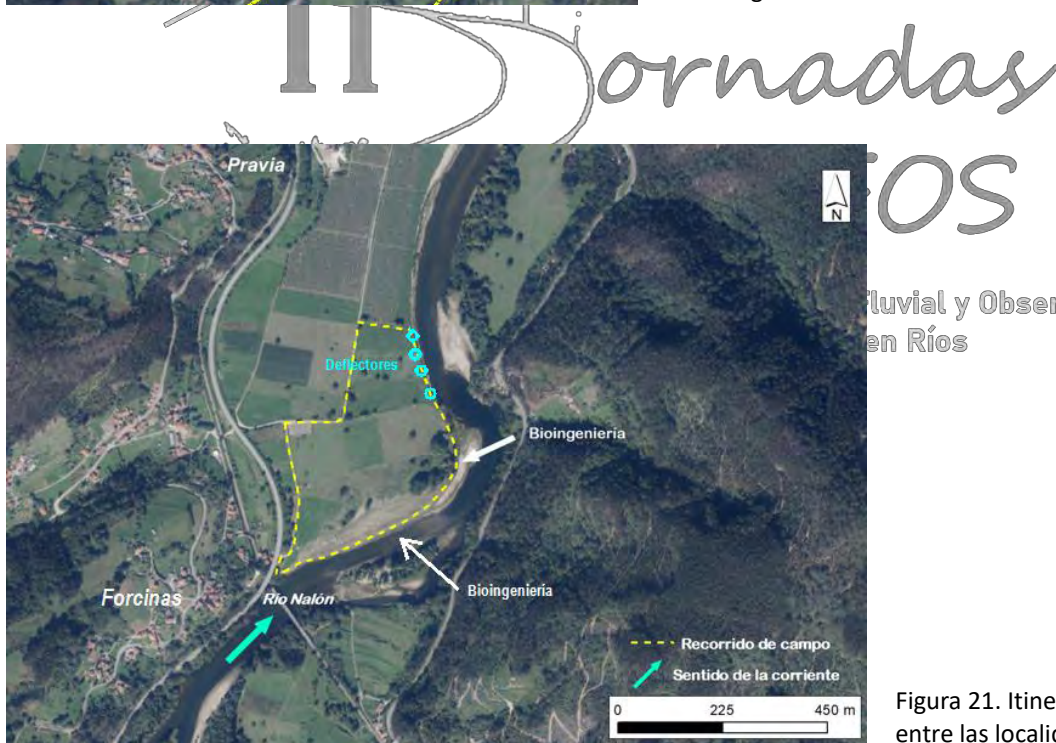


Figura 21. Itinerario previsto en la vega entre las localidades de Forcinas y Pravia.

Dada la vulnerabilidad del corredor fluvial, se han aplicado algunas medidas de bioingeniería centradas en la reubicación de sedimento e instalación de deflectores orgánicos en un tramo de unos 130 m de longitud, para valorar su repercusión en la continuidad del bosque de ribera. El objetivo es reducir la presión sobre las márgenes, favorecer una colonización vegetal y aumentar la resistencia frente a la erosión del tramo y su entorno inmediato.



Figura 22. Imágenes durante las obras de bioingeniería en 2022.

Si bien estas actuaciones no tienen vocación de definitivas dados los reajustes morfodinámicos que imperan en este tramo del río Nalón, el aumento de la frecuencia de avenidas y el carácter piloto, se persigue que formen parte de un proceso continuo de investigación y seguimiento.

Jornadas de Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en Ríos



Figura 23. Arriba imagen durante las obras en 2021 (arriba) y abajo imagen actual, con aspecto de un deflector orgánico en primer término.

## 4. BIBLIOGRAFÍA

- Dethier, E. N., Renshaw, C. E., & Magilligan, F. J. (2022). Rapid changes to global river suspended sediment flux by humans. *Science*, 376 (6600), 1447-1452.
- Fernández-García, M.; Fernández Iglesias, E.; Sanna, M.; Incera Sañudo, L.; Moro García, V.; Cires Rodríguez, E. González Rodríguez, G. y Menéndez Duarte, R. (2025). Efectos de la incisión fluvial en la vegetación de ribera del tramo bajo del río Nalón (Asturias, NO España). En: Avances de la Geomorfología española en 2023-2025 (Eds. Ruiz Fernández *et al.*). 145-148.
- ECl (2022). Integrated sediment management. Guidelines and good practices in the context of the Water Framework Directive. 226 pp.
- González-Rodríguez, G., Vázquez-Tarrió, D., Fernández-Iglesias, E., Fernández-García, M., Incera, L., Menéndez-Duarte, R., Pulgar, J., Pedreira, D. (2024). Registro sísmico durante un año en el río Nalón (Asturias): caudal, sedimento, viento y actividad antrópica. *Geo-Temas* 20.
- INDUROT (2023). Plan Piloto de Gestión del Sedimento en el Tramo bajo del Río Nalón (Trubia – Soto del Barco, Asturias). Informe científico-técnico para TRAGSA, financiado por la Confederación Hidrográfica del Cantábrico dentro del PIMA Adapta del MITECO. Universidad de Oviedo, 79 pp.
- Lorenzo-Lacruz, J., Lana-Renault, N., Arnáez, J., Ruiz-Flaño, P., & Martín-Hernández, N. (2025). Hydrological Effects of the Westward Expansion of Mediterranean Climate and Revegetation in Atlantic–Mediterranean Transitional Headwaters. *Hydrological Processes*, 39(6), e70166. <https://doi.org/10.1002/hyp.70166>
- Marineau, M. D., Wright, S. A., & Gaeuman, D. (2016). Calibration of sediment-generated noise measured using hydrophones to bedload transport in the Trinity River, California, USA. *Proceeding of River Flow*, 1, 1519-1526.
- MITECO (2023). Gestión integrada de los sedimentos. Directrices y buenas prácticas en el contexto de la Directiva Marco del Agua. Versión Española. 237 pp.
- Nasr, M., Johannot, A., Geay, T., Zanker, S., Le Guern, J., & Recking, A. (2023). Optimization of passive acoustic bedload monitoring in rivers by signal inversion. *Earth Surface Dynamics Discussions*, 2023, 1-27.
- Recking, A., Johannot, A., Horita, K., Nasr, M., Vázquez-Tarrió, D., Zanker, S., ... & Melun, G. (2024). An attempt to take into account natural variability in 1d bedload prediction. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 129(7). <https://doi.org/10.1029/2023jf007601>.
- Roth, D. L., Finnegan, N. J., Brodsky, E. E., Cook, K., Stark, C. P., & Wang, H. (2014). Migration of a coarse fluvial sediment pulse detected by hysteresis in bedload generated seismic waves. *Earth and Planetary Science Letters*, 404, 144-153. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.07.019>
- Schumm, S.A., Harvey, M.D. y Watson, C.C. (1984). Incised Channel; morphology, dynamics and control. *Water Resources*, Littleton, Colorado, 200 pp.
- Simon, A. (1989). A model of channels response in disturbed alluvial channels. *Earth Surface Processes and Landforms*, 14: 11-26.
- Surian, N. y Rinaldi, M. (2003). Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology*, 50: 307-326.
- Thompson, C. J., Croke, J., Fryirs, K., & Grove, J. R. (2016). A channel evolution model for subtropical macrochannel systems. *Catena*, 139, 199-213.
- Vicente-Serrano, S., El Kenawy, A.; Peña-Angulo, D.; Lorenzo-Lacruz, J.; Murphy, C.; Hannaford, J.; Dadson, S.; Stahl, K.; Noguera, I.; Fraquesa, M.; Fernández-Duque, B.; Domínguez-Castro, F. (2025). Forest expansion and irrigated agriculture reinforce low river flows in southern Europe during dry years. *Journal of Hydrology*. 653, 132818. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.132818>
- Williams, G.P. y Wolman, M.G. (1984). Downstream effects of dams on alluvial rivers. U.S. *Geological Survey Professional Paper*, 1286, 83 pp.



# CONCLUSIONES DE LAS JORNADAS

Las *II Jornadas sobre Morfodinámica Fluvial y Observatorio de Sedimentos en ríos (MorFOS 2025)* se celebraron en Oviedo los días 12 y 13 de noviembre de 2025, bajo la organización de la Dirección General del Agua (MITECO) y la Universidad de Oviedo-INDUROT (UniOvi). Dicha organización contó con la colaboración del Centro Nacional Instituto Geológico y Minero de España (IGME-CSIC, MCIU) y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX, MITMA) para los aspectos científicos y técnicos de las jornadas; y con el apoyo de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico (CHC) y la empresa pública Tragsa para los aspectos organizativos y logísticos.

A lo largo de esos dos días se desarrollaron tres sesiones científico-técnicas, con cuatro ponencias invitadas, 29 comunicaciones orales y una mesa redonda, además de una visita técnica en campo (de una mañana completa de duración). El número total de personas inscritas fue de 163 contando con una asistencia presencial próxima al centenar de personas en la sala y la visita técnica; y, aproximadamente, entre 20 y 60 personas en conexión por videoconferencia.

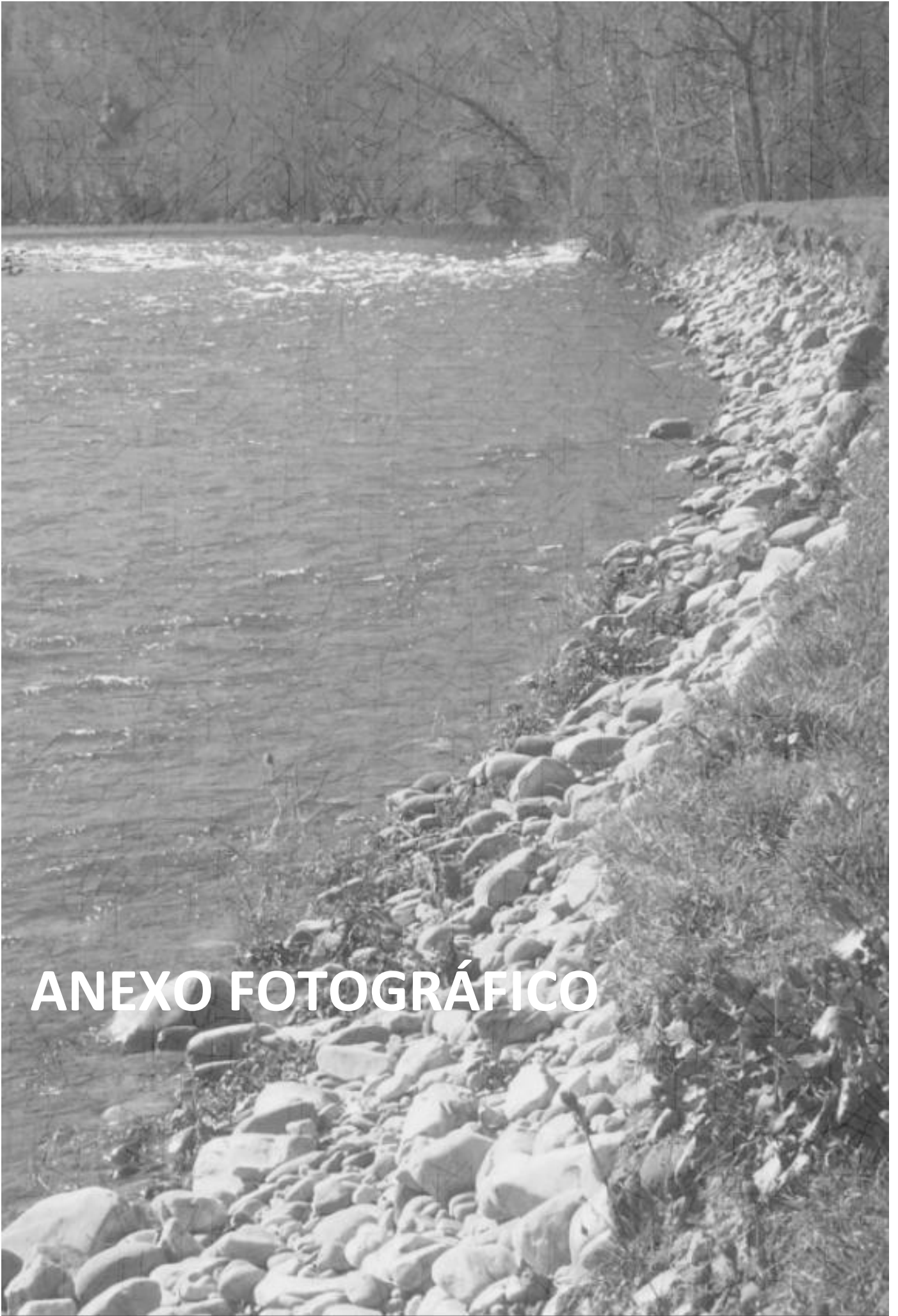
Conviene señalar tres aspectos que se ponen de manifiesto al comparar estas *II Jornadas Morfos 2025* con las *I Jornadas MorFOS 2023* celebradas en Zaragoza hace dos años (2023). En primer lugar, se mantiene un número similar de asistentes, lo que sugiere un interés sostenido por la temática, más allá de condicionamientos geográficos. En segundo lugar, continúa la participación de los principales grupos de investigación en España en procesos de transporte de sedimento en ríos, consolidando las jornadas como una cita periódica de referencia para presentar el estado del arte del tema en nuestro país. Por último, destaca la presencia, entre los autores de las comunicaciones orales, de más representantes de empresas consultoras y organismos de cuenca, un hecho novedoso respecto a la edición anterior. Este cambio apunta a que estos colectivos han pasado de desempeñar un rol más pasivo en las jornadas (asistentes oyentes) a uno más activo (participantes comunicantes), lo que refuerza aún más el interés y relevancia de las jornadas y el cumplimiento del objetivo de poner en relación a todos los actores.

En base a los tres puntos anteriores, se puede considerar que el balance general de las jornadas ha sido muy positivo. A partir de las ponencias y comunicaciones presentadas y, sobre todo, de los ricos debates e intercambio de conocimientos y opiniones que tuvieron lugar durante todas las jornadas, se han podido extraer las siguientes **conclusiones** de índole práctica, para ser asumidas tanto por la comunidad científico-técnica como por los gestores de las demarcaciones hidrográficas y el sector empresarial:

- Se refuerza una conclusión ya apuntada en las Jornadas de Zaragoza: todos los ponentes parecen coincidir en que la dinámica geomorfológica y sedimentaria constituye un componente consustancial de los sistemas fluviales. Por ello, su consideración en la gestión resulta imprescindible y debe recibir la misma atención que otros elementos clave, como el régimen hidrológico o los aspectos ecológicos.
- Para incorporar de manera adecuada la dinámica morfosedimentaria en los planes y acciones de gestión, resulta esencial contar con datos cuantitativos fiables sobre tasas y procesos de erosión, transporte y sedimentación de materiales detríticos (sedimento). Durante las jornadas se presentaron diversas aproximaciones metodológicas y técnicas (de gabinete, campo y laboratorio) que abordan este objetivo desde distintas perspectivas. Ninguna de ellas se impone sobre las demás: todas aportan información valiosa y deben ser fomentadas e integradas de forma equilibrada, en función de los objetivos específicos y las particularidades de cada río de estudio.
- Las metodologías de caracterización de la dinámica morfosedimentaria basadas en trabajo de gabinete abarcan un amplio abanico de herramientas y enfoques. Incluyen desde el uso de aplicaciones informáticas convencionales (como gestores de bases de datos georreferenciadas, modelos numéricos, sistemas de información geográfica, técnicas de teledetección y fotogrametría de alta resolución) hasta nuevas aplicaciones basadas en big data y algoritmos de inteligencia artificial. A partir de las comunicaciones presentadas en las jornadas, se deriva que estas metodologías de gabinete resultan especialmente útiles para los gestores fluviales en tres grandes ámbitos: i) obtener caracterizaciones rápidas y especialmente detalladas de las características del cauce y su mosaico sedimentario (por ejemplo, la granulometría); ii) segmentar y clasificar los distintos tramos de la red de drenaje, facilitando una primera identificación de áreas más o menos prioritarias; y iii) establecer diagnósticos del estado morfosedimentario de los cauces en términos de balances de sedimento, permitiendo comprender mejor los efectos de actuaciones históricas sobre la configuración actual del sistema fluvial.

- Las metodologías de análisis de la dinámica morfosedimentaria en campo resultan especialmente valiosas, ya que constituyen el único enfoque capaz de proporcionar mediciones directas de las tasas y flujos de sedimento. Su principal limitación reside en que estas mediciones suelen ser complejas y muy laboriosas. No obstante, durante los últimos años las técnicas disponibles han experimentado una notable evolución, pasando de métodos fundamentalmente manuales (muestreadores, trazado de sedimento) y herramientas topográficas lentas (como la estación total o el GPS diferencial) a sistemas de adquisición de datos mucho más modernos y sofisticados. Este avance quedó patente durante la segunda sesión de las jornadas, donde se presentaron propuestas metodológicas particularmente interesantes para caracterizar los flujos de sedimento en ríos. A partir de dichas comunicaciones, los métodos geofísicos parecen emerger como una estrategia prometedora para obtener caracterizaciones continuas y sostenidas en el tiempo de dichos flujos. Sin embargo, se trata todavía de técnicas en fase experimental, por lo que será necesaria una inversión continuada en investigación para afinar su potencial y consolidar su aplicación en la monitorización fluvial.
- Por otro lado, la interacción de las actividades humanas con la dinámica morfosedimentaria de los sistemas fluviales (intensificada de manera notable en las últimas décadas) ha generado diversos impactos sobre los sistemas naturales y ha incrementado los riesgos para las comunidades ribereñas. Para abordar este reto, es necesario adoptar un enfoque integral de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) que permita mitigar dichos riesgos y recuperar, en la medida de lo posible, los procesos naturales. Bajo este marco estratégico, se pueden implementar herramientas de restauración, rehabilitación o renaturalización, cuya eficacia dependerá de una adecuada caracterización y monitorización previa. Estos enfoques deben aplicarse considerando los procesos de transporte de sedimento y de cambio geomorfológico para garantizar actuaciones eficaces y sostenibles en el tiempo.
- La interacción de las actividades humanas con la dinámica morfosedimentaria de los sistemas fluviales ha generado impactos ambientales y un incremento de los riesgos para las comunidades ribereñas. Para abordar este reto, es necesario adoptar un enfoque integral de **Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)** que permita mitigar dichos riesgos y recuperar la salud de los ecosistemas. Bajo este marco estratégico, se deben implementar herramientas de **restauración, rehabilitación o renaturalización**, cuya eficacia dependerá de una adecuada caracterización y monitorización previa. Para que estas actuaciones sean sostenibles en el tiempo, deben diseñarse integrando los procesos de transporte de sedimentos y el cambio geomorfológico natural del río.
- Un tipo de actuación en el que se hace especialmente evidente la interacción entre la actividad humana y los procesos de transporte de sedimento es el asociado a las presas y otros obstáculos transversales. En este sentido, varias presentaciones subrayaron la **necesidad de implementar** planes específicos de gestión del sedimento en presas y centrales hidroeléctricas, con el fin de minimizar sus impactos y mejorar el funcionamiento ecológico del sistema fluvial.
- En definitiva, como conclusión general de las jornadas, puede afirmarse que la mejora del estado morfosedimentario de los sistemas fluviales requiere seguir fortaleciendo la coordinación entre la comunidad científico-técnica y los gestores de los organismos de cuenca, así como con el sector empresarial. Iniciativas como estas jornadas de debate y discusión resultan fundamentales para avanzar en ese objetivo, por lo que sería deseable garantizar su continuidad en el futuro.

Tras la finalización de las Jornadas se dispone en acceso abierto de: dos videograbaciones (mañana y tarde) de las sesiones científico-técnicas (unas siete horas de duración); las presentaciones de las ponencias invitadas; un libro de resúmenes de las ponencias invitadas y las comunicaciones orales presentadas; y un dossier de campo para la visita técnica. Estos materiales y documentos se encuentran albergados en la página web de las Jornadas en el servidor [inundacion.es](https://inundacion.es) (<https://inundacion.es/jornadas-morfos-2025/>) y en la página web de la Dirección General del Agua (<https://www.miteco.gob.es/es/agua/formacion/jornada-morfos-2025.html>).



**ANEXO FOTOGRAFICO**















GOBIERNO  
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA  
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO