

## Seguimiento del caudal sólido en el río Leitzaran (Gipuzkoa) e implicaciones para la restauración fluvial

**Ibisate González de Matauco, Askoa<sup>a</sup>; Horacio García, Jesús<sup>bc</sup>; Vázquez-Tarrío, Daniel<sup>de</sup>; Sánchez-Pinto, Iban<sup>a</sup>; Beltrán de Lubiano Ortiz de Zarate, Jon<sup>a</sup>; Ollero Ojeda, Alfredo<sup>f</sup>**

<sup>a</sup>Universidad del País Vasco (UPV/EHU), Dpto. Geografía, Prehistoria y Arqueología. <sup>b</sup> Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Xeografía. <sup>c</sup> Universidad de Santiago de Compostela, Laboratorio de Tecnoloxía Ambiental. Instituto de Investigacións Tecnolóxicas. <sup>d</sup>Universidad de Oviedo, INDUROT. <sup>e</sup>Universidad de Oviedo, Departamento de Geología. <sup>f</sup>Universidad de Zaragoza, Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio

\*Autor para contacto: askoa.ibisate@ehu.eus

### Resumen

Se estudia el transporte de carga de fondo (caudal sólido) mediante el seguimiento en un tramo del río Leitzaran afectado por la presa de Oioki. Se rastrearon 600 partículas de sedimentos utilizando técnicas RFID (*radio-frequency identification*) en 3 puntos diferentes: tramo control (fuera de los efectos de la presa), tramo aguas arriba y tramo aguas abajo de la presa. La inserción de las partículas se realizó a razón de 300 en cada año (veranos de 2016 y 2017) realizándose los rastreos en los veranos de 2017 y 2018. Un 33% de las partículas insertadas en el río en 2016 se encontraron durante la campaña de trabajo de campo de 2017, mientras que el 49% de las partículas insertadas en los años 2016 y 2017 fueron encontradas en la campaña de 2018, aunque con diferencias notables por tramo en cuanto a número de clastos recuperados y a desplazamiento. El desarrollo del estudio está resultando de gran importancia para las directrices de restauración del río Leitzaran al aportar los primeros datos sobre cuáles son los volúmenes de sedimento que el río Leitzaran es capaz de movilizar.

**Palabras clave:** carga de fondo; trazadores; RFID; derribo de embalse

### Abstract

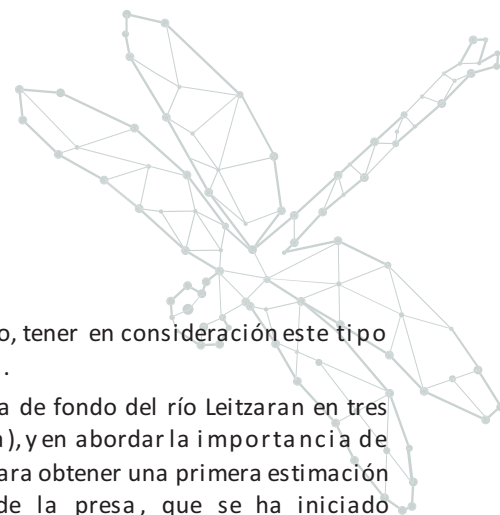
Bed load sediment transport is monitored at a river reach affected by the Oioki dam in the Leitzaran River. For this study, 300 stones were tagged and tracked using RFID (radio-frequency identification) techniques at 3 different sites: (i) a control sub-reach (unaffected by the dam), (ii) an upstream dam section; and (iii) a downstream dam site. The preliminary results showed that 33.0% of tagged stones seeded in 2016 were retrieved during the 2017 field survey, although with notable differences in tracer recovery and displacement amongst the three subreaches. Results from this study are very important for the Leitzaran River restoration project, providing the first data on volumes of bed load that the Leitzaran River is able to mobilize.

**Keywords:** bedload; tracers; RFID; dam removal

### 1. Introducción

Este estudio se enmarca en los trabajos de eliminación de obstáculos transversales, recuperación de la continuidad longitudinal en el río Leitzaran (Gipuzkoa) y seguimiento geomorfológico de la respuesta en la morfología fluvial de dichas actuaciones (Ollero et al., 2014, Ibisate et al., 2016). La presente comunicación forma parte de los trabajos de difusión de resultados que este equipo viene desarrollando en los últimos años sobre los estudios realizados en el río Leitzaran y otros. La última aportación está recogida en el libro de actas de la XV Reunión Nacional de Geomorfología (Horacio et al., 2018), dedicado este al antropoceno y los efectos del cambio global sobre los procesos geomorfológicos. Con esta comunicación al III Congreso Ibérico de Restauración Fluvial, además de actualizar los datos incorporando los resultados de la última campaña de campo, pretendemos dar difusión a los trabajos en un contexto de público más alejado de la investigación y más orientado a gestores.

En el marco del proyecto LIFE IREKIBAI se ha puesto en marcha el derribo de la presa de Oioki (Fig. 1), de 4 m de altura y un embalsamiento de ~675 m de longitud. El elevado volumen de sedimentos atrapado en el embalse, y su futura liberación con el derribo de la presa, supondrá la reactivación de procesos geomorfológicos que afectan a la ecología



del río y a las estructuras antrópicas presentes aguas abajo. Es primordial, por tanto, tener en consideración este tipo de actuaciones para poder gestionar correctamente los procesos desencadenantes.

De un modo más concreto, este estudio se centra en el seguimiento de la carga de fondo del río Leitzaran en tres tramos (aguas arriba del embalse, en el tramo embalsado y aguas abajo de la presa), y en abordar la importancia de estos trabajos para la restauración fluvial. Los resultados alcanzados han servido para obtener una primera estimación del volumen de sedimento movilizado por el río previamente al derribo de la presa, que se ha iniciado posteriormente, en otoño de 2018.

El río Leitzaran, es un río de la vertiente cantábrica, afluente del río Oria. Se trata de un tramo de meandros encajados en los materiales paleozoicos de la cuenca, con un caudal medio de  $4.5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  y una potencia específica de  $19.7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ . El sedimento es fundamentalmente de tamaño canto y bloques pequeños, con un  $d_{50}$  que oscila entre los 79 mm y los 110 mm en los tramos estudiados.

## 2. Método de trabajo

Se han seleccionado tres puntos de muestreo (PM en adelante) en el ámbito de afección de la presa de Oioki, uno por cada tramo identificado (tramo control –TC– de 0.0084 m/m de pendiente y localizado a 2224 m aguas arriba de la presa y fuera de su influencia, tramo aguas arriba de la presa de Oioki –TAA– a 452 m de la presa y pendiente de 0.0008 m/m, y tramo aguas abajo –Taa– a 595 m de la presa y pendiente de 0.077 m/m) (Fig. 1). Los PM se seleccionaron en barras de sedimentos siguiendo cuatro criterios: (i) disponibilidad de sedimentos expuestos (libres de vegetación) y sueltos (no acorazados); (ii) de longitud y anchura notable, las máximas posibles según las características que ofrece la zona de estudio; (iii) considerando las características morfológicas del lecho aguas abajo de la barra, es decir, las zonas de potencial movilidad de los sedimentos (esto facilitará la búsqueda de los trazadores en los posteriores trabajos de campo); y (iv) que las barras de los tres tramos sean de granulometría similar.

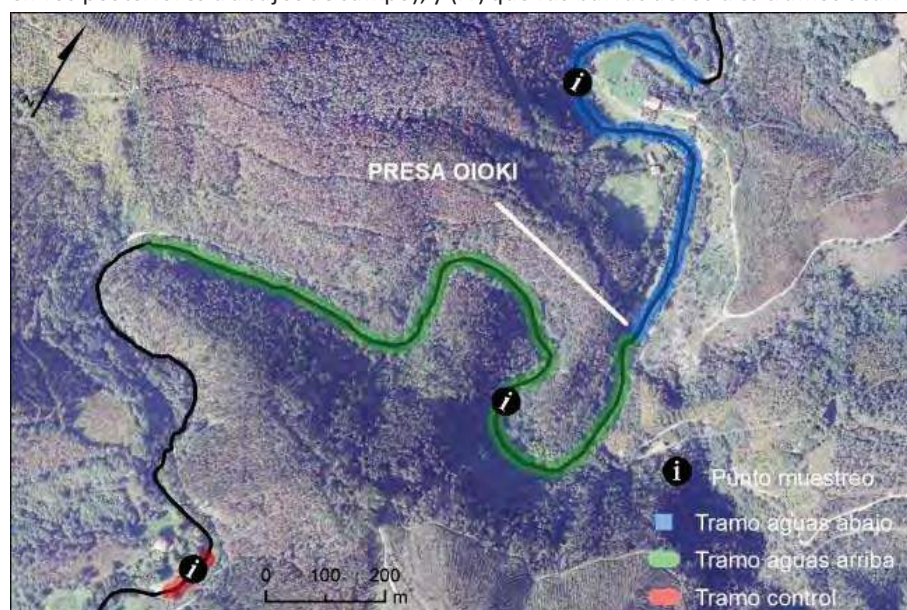


Figura 1. Localización de los puntos de muestreo en la zona de estudio.

Se ha realizado una caracterización granulométrica para (i) conocer la distribución de tamaños de sedimento en cada PM y (ii) para determinar qué intervalos de tamaño se emplearían para hacer el seguimiento de movilidad de sedimentos mediante trazadores. El muestreo se hizo siguiendo el criterio de Wolman (1954). En cada PM se midieron 300 partículas con ayuda de un gravelómetro graduado según la escala de intervalos de Wentworth. Sobre esta muestra se calculó el valor de la mediana ( $d_{50}$ ) y se establecieron los tres intervalos adecuados para insertar los trazadores: (i) el coincidente con el  $d_{50}$ , (ii) el inmediatamente superior y (iii) el inmediatamente inferior. En cada PM se seleccionaron 180 partículas, 75 correspondientes al intervalo del  $d_{50}$ , 75 del intervalo inmediatamente superior y 30 como reserva en caso de rotura durante la inserción del trazador. Se descartó el intervalo inferior a  $d_{50}$  porque su

dimensión no permite insertar los trazadores. El intervalo inferior de Taa tiene un tamaño igual al  $d_{50}$  de los otros dos tramos, pero no se incluyó en la selección para seguir el mismo criterio en todos los tramos (Tabla 1).

**Tabla 1.** En color gris el intervalo descartado en cada tramo por su baja dimensión para insertar trazadores y seguir el mismo criterio en todos los tramos.

Tramo	Intervalos Wentworth		
	Inferior $d_{50}$	$d_{50}$	Superior $d_{50}$
TC	45,3 ≥ Ø < 64	64 ≥ Ø < 90,5	90,5 ≥ Ø < 126
TAA	45,3 ≥ Ø < 64	64 ≥ Ø < 90,5	90,5 ≥ Ø < 126
Taa	64 ≥ Ø < 90,5	90,5 ≥ Ø < 126	126 ≥ Ø < 25

La inserción de trazadores se estructuró en cinco etapas secuenciales: (a) agujereado de los sedimentos, (b) inserción del trazador, (c) morfometría del sedimento, (d) pintado de este, y (e) colocación de los trazadores en el río. Los sedimentos se ubicaron en terreno sobre la barra en una superficie de 1x1 m (1 m<sup>2</sup>). En el centro se clavó una estaca pintada y geolocalizada con GPS, siendo esta la coordenada del punto inicial del movimiento.

El transporte de la carga de fondo ( $i_b$ ) de los tres tramos de estudio se estimó mediante la siguiente expresión dimensional (Hassan et al., 1991; Haschenburger y Church, 1998):

$$i_b = \frac{d}{t} \cdot w \cdot h \cdot (1 - p) \cdot \rho \quad (1)$$

donde,  $d$  es la distancia media de desplazamiento del sedimento,  $t$  es el tiempo de duración del episodio de transporte,  $w$  y  $h$  son la anchura y profundidad de la capa activa (sedimento móvil), respectivamente,  $p$  es la porosidad del sedimento y  $\rho$  es la densidad del grano del mineral, para lo cual se asume un valor de 2650 kg·m<sup>-3</sup>.

Hasta la fecha se han realizado dos campañas de campo, 2016 y 2017, en las que se han introducido los trazadores, 300 en cada campaña, a razón de 100 por tramo. En la campaña de 2017 se realizó el seguimiento del transporte de los sedimentos introducidos en 2016.

### 3. Resultados

El dibujo de la curva granulométrica considerando los datos del muestreo superficial y los correspondientes al grano de los trazadores movilizados es próximo (Figura 2). Las curvas de los trazadores omiten el tamaño de los extremos de la muestra, ajustándose de ese modo a los intervalos de tamaño de sedimento empleados para insertar trazadores (Tabla 1).

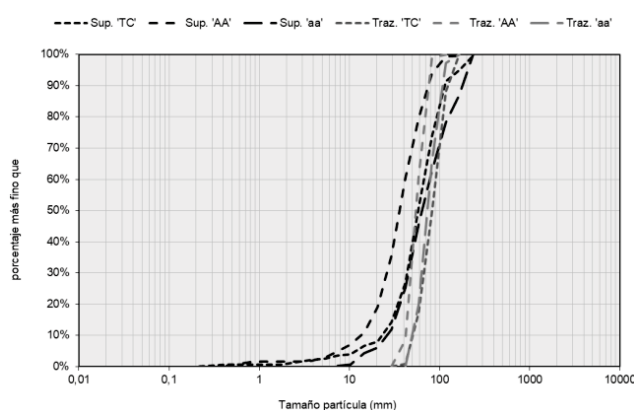
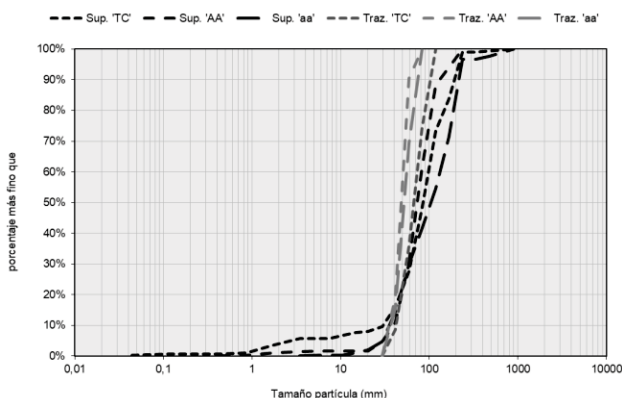




Figura 2. Curvas granulométricas de los datos del muestreo superficial (sup) y trazadores movilizados (traz) en 2016 (izquierda) y 2017 (derecha).

En verano de 2017 se localizó el 33.0% de los trazadores, por tanto, 99 de los 300 colocados en 2016, mientras que en el verano de 2018 se localizaron el 48.8% de los trazadores insertados en 2016 y 2017, es decir 293 de 600. Ese porcentaje varía según el tramo (Tabla 2). El rastreo realizado en 2018 se prolongó muchos más metros que el realizado en 2017, lo que hace pensar que los valores de desplazamiento entre el año hidrológico 2016/17 fueron superiores a los mostrados en la Tabla 2. El mayor número de trazadores se localizó en TC en 2017, mientras que en 2018 fue en Taa. En 2017 el mayor desplazamiento medio se registró en TC, con un valor máximo próximo a los 200 m, mientras que en 2018 lo fue en Taa, con un valor máximo superior a 1500, estando en todos los tramos el valor medio y máximo por encima de lo detectado en 2017.. En 2017 el trazador con el movimiento más bajo se ubica en Taa y no alcanzó los 2 m, mientras que el movimiento mínimo en 2018 apenas llegó al metro en TAA y Taa y algo más de 2.5 m en TC (Tabla 2).

Tabla 2. Trazadores localizados y movimientos registrados en 2017 y 2018

	Tramo	Trazadores		Desplazamiento (m)			
		Núm.	(%)	Mín.	Máx.	Med.	Desv. est.
2017	TC	100	63	10.8	196.3	44.4	25.1
	TAA	100	22	2.7	5.3	4.2	1.0
	Taa	100	14	2.0	40.4	19.9	13.0
2018	TC	200	51	2.6	657.0	231.3	211.0
	TAA	200	35	0.8	304.4	60.5	65.9
	Taa	200	61	0.3	1574.6	249.5	412.2

Durante el año hidrológico 2016/17 la media diaria punta de la mayor crecida fue  $93.85 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (16/01/17). Cinco días antes (11/01/17) hubo otra crecida de menor dimensión ( $38.93 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). En la Figura 3 se representan los valores de caudal para el año hidrológico 2016/17. En el gráfico se incorporan también los datos de turbidez y sólidos. Estos últimos mantienen un ritmo bastante acompasado con el caudal; no así la turbidez, que manifiesta picos muy elevados incluso cuando el caudal es bajo. Las labores de explotación forestal que tuvieron lugar durante el periodo 2016/17 podrían ser la causa de esta circunstancia.

Los valores de  $d$  y  $h$  (Ec. 1) empleados para los tramos de estudio (TC, TAA, Taa) en el cálculo de la tasa promedio de transporte fueron respectivamente: 44.4 m, 4.2 m, 19.9 m y 0.4 m, 0.3 m y 0.5 m. El tiempo de duración del episodio de transportes se estimó en 29.9 h.

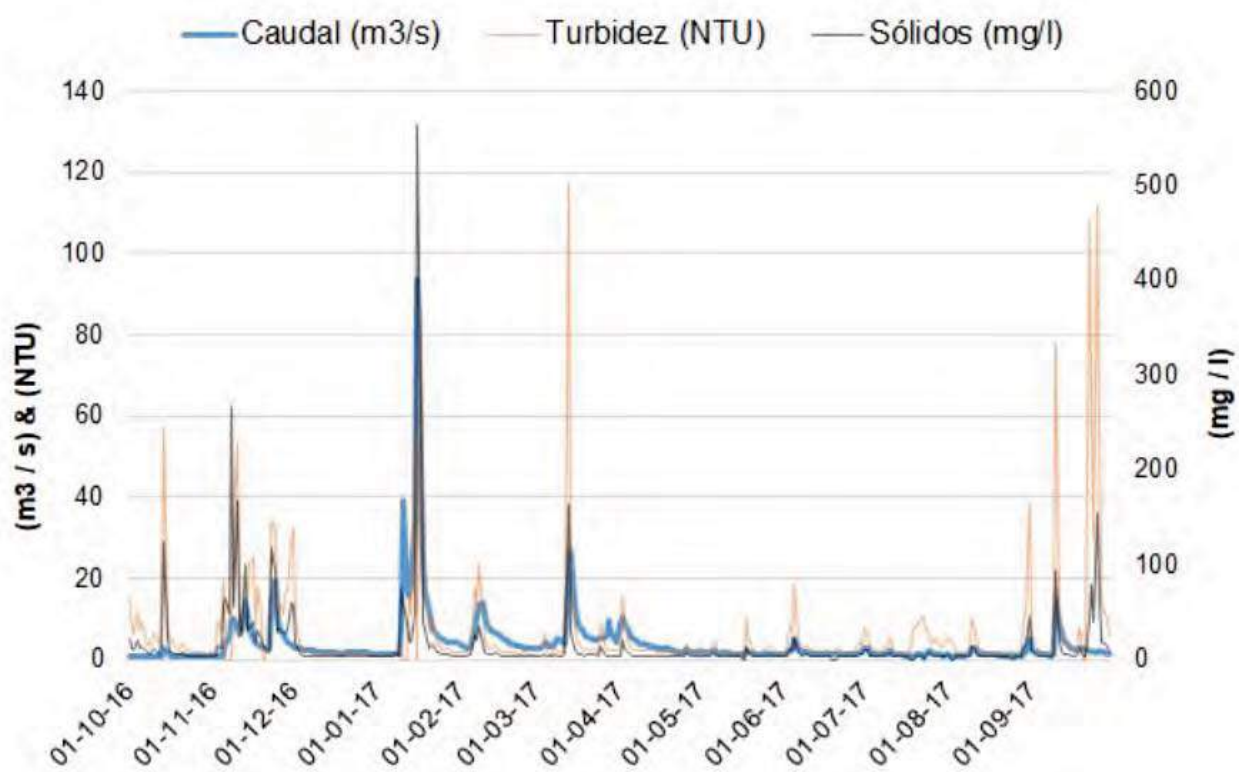


Figura 3. Datos de caudal, turbidez y sólidos para el año hidrológico 2016/17. Se muestra también la evolución de la curva de caudal durante la máxima crecida (Fuente: Diputación Foral de Gipuzkoa).

TC presenta el mayor volumen de sedimentos desplazados, con un valor que dobla a Taa (Tabla 3). TAA ostenta el volumen más bajo, con un valor inferior a las 70 toneladas. El valor de  $d$  en TC es muy superior a los otros tramos. Omitiendo el valor de un trazador localizado a  $\sim 200$  m (TC), se observa un volumen de sedimento movilizado de 834 toneladas.

Tabla 3. Tasa promedio de transporte y volumen de sedimentos movilizados (años hidrológicos 2016/17 y 2017/18).

Tramo	$I_b$ (kg·s <sup>-1</sup> )		Vol. (t)	
	2016/17	2017/18	2016/17	2017/18
TC	8.16	5.46	881	2593
TAA	0.58	1.12	63	531
Taa	4.23	10.23	456	4860

En la Figura 4 se representan los valores de caudal para el año hidrológico 2017/18. La media diaria punta más elevada alcanzó un valor de  $85.4 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  (13/04/2018). La segunda punta se produjo dos meses antes (20/02/2018) con un caudal de  $75.4 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ .



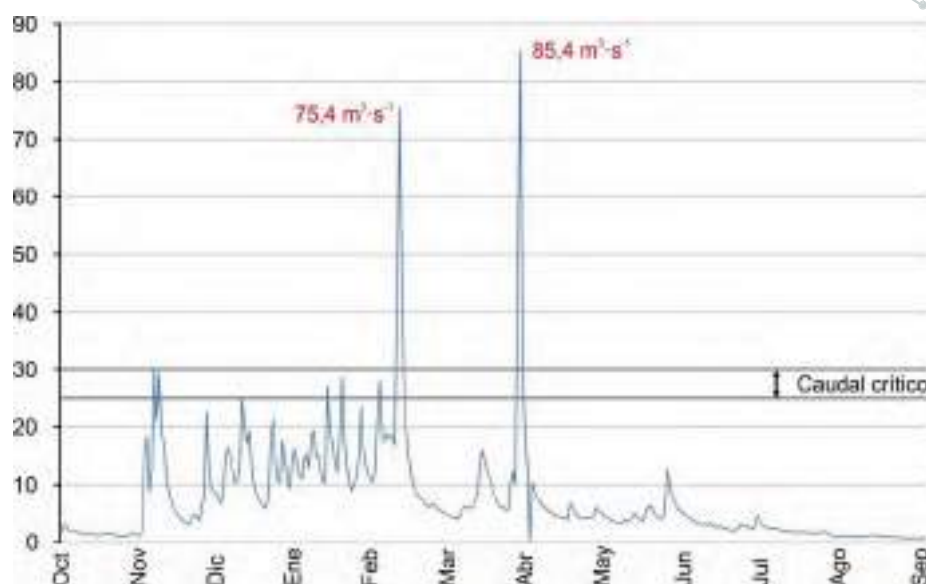


Figura 4. Datos de caudal para el año hidrológico 2017/18.

Los valores de  $d$  y  $h$  empleados para los tramos de estudio (TC, TAA, Taa) en el cálculo de la tasa promedio de transporte fueron, respectivamente: 231.3 m, 60.5 m, y 249.5 m (Tabla 2), y 0,24 m, 0,17 m y 0,40 m. El tiempo de duración del episodio de transporte se estimó a partir de  $30 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  y con una duración total de cinco días y medio (Figura 4).

Durante el año hidrológico 2017/18 se invierte la situación respecto al año hidrológico anterior: Taa presenta el mayor volumen de sedimentos desplazados, casi 4900 toneladas, un valor que prácticamente dobla a TC. TAA ostenta el volumen más bajo, con un valor superior a las 531 toneladas.

#### 4. Discusión

Los datos de volumen calculados responden a una primera aproximación que refleja, solamente, el desplazamiento de sedimentos de un determinado tamaño (medio), omitiendo el total de tamaños presentes en la zona de muestreo. Esto supone que hay clases de tamaños que no están representadas en la población de trazadores. Por ejemplo, las partículas de 4, 8, 16 mm (entre otras) son muy móviles, en principio más que otras más gruesas. Al omitir estos datos se pueden subestimar los desplazamientos. Con los datos de la tercera campaña de campo (2018) se realizará, previamente a la campaña de 2019, una estimación por clases de tamaños para mejorar el valor real de carga de fondo movilizada.

Los resultados de tasa de transporte y volumen alcanzados en este estudio muestran valores similares en relación a otros estudios realizados en ríos de ámbitos parecidos (cornisa cantábrica). Así, para el río de Pigüña se estimaron para las crecidas del año 2010, meses de Ene/Jun/Nov: 1.052, 935 y 170 toneladas respectivamente, de material movilizado (Vázquez-Tarrio, 2013).

Los datos obtenidos hasta ahora comprenden la situación pre-derribo de la presa, a partir de la campaña de 2019 se podrán estudiar la respuesta post-derribo, una vez se inició en otoño de 2018 con el derribo parcial de la misma.

Cuando se finalice la campaña de campo de 2019, se compararán los datos de volumen de sedimentos movilizado con los obtenidos en 2017 y 2018 para esbozar una curva estimativa de caudal líquido vs caudal sólido. En reconocimiento de campo durante diciembre de 2017, se observó un desplazamiento de ~2 m en varios de los trazadores colocados en verano (2017) en TC. El caudal máximo entre octubre y diciembre de 2017 fue de  $\sim 30 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ . Esto supone que el caudal crítico de movimiento del sedimento podría situarse entre  $\sim 25\text{-}30 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ . Para los cálculos del año hidrológico 2016/17 se empleó el momento de mayor caudal como generador del movimiento, situando ese umbral en  $60 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ .

Por lo que consideramos que los datos de volumen calculados para el año hidrológico 2017/18 se ajustan más a la realidad que los obtenidos en la campaña anterior, en la cual no se conocía el caudal crítico de inicio de movimiento.

Ambas campañas están marcadas por unos bajos niveles de caudales; el año hidrológico 2016/17 con una única crecida importante, pero de baja magnitud en comparación con series más largas, mientras que el año hidrológico 2017/18 tuvo dos crecidas importantes, ambas de baja magnitud también. Los picos de caudal diario máximo del año hidrológico 2017/18 no superaron el máximo obtenido en el año hidrológico anterior. Este hecho ha supuesto, por ejemplo, que los valores granulométricos obtenidos sean muy parecidos entre ambas campañas para cada tramo de estudio.

## 5. Conclusiones: implicaciones en la restauración fluvial

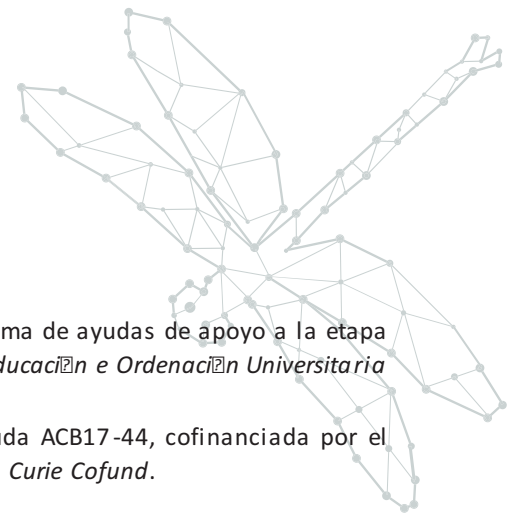
La respuesta morfológica del cauce está fuertemente controlada por la disponibilidad de sedimento grueso. Este (el cauce) responde, frecuentemente, a una reducción en los aportes de sedimento encajándose y disminuyendo la estabilidad de las orillas. Este tipo de procesos condiciona a la vegetación de ribera, compromete la seguridad de muchas infraestructuras hidráulicas, o altera el ciclo vital de numerosas especies acuáticas vinculadas a un hábitat de depósitos aluviales gruesos. Por todo lo anterior, la preservación de la carga fluvial de fondo es fundamental para el buen funcionamiento hidro-sedimentario de los sistemas fluviales, hecho ya claramente reconocido en el ordenamiento jurídico de numerosos países. En este sentido, cabe mencionar la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE), en cuyo anexo 5 aparece recogida explícitamente la necesidad de preservar y/o recuperar la continuidad longitudinal del sedimento de cara a garantizar los objetivos de buen estado y/o buen potencial ecológico de las masas de agua europeas.

Estos objetivos han entrado frecuentemente en conflicto con algunas de las prácticas de manejo antrópico más habituales en el medio fluvial, como por ejemplo presas y embalses. En este sentido, cada vez son más habituales en todo el mundo las intervenciones y trabajos de rehabilitación/restauración hidromorfológica, orientados a mitigar los efectos de estas actuaciones antrópicas y a recuperar la continuidad sedimentaria a lo largo del río. Por ejemplo, las llamadas operaciones de reinyección de sedimento y/o de retirada de obstáculos transversales (eliminación de azudes, derribos de presas). Un diseño inteligente de este tipo de intervenciones precisa de una adecuada comprensión de los mecanismos de transporte de sedimento, sin embargo, dada la habitual escasez de datos sobre estos procesos, los actores y organismos implicados en la ejecución e implementación de este tipo de operaciones se enfrentan a numerosas preguntas y dudas, del tipo: ¿cuáles son los volúmenes de sedimento (y los tamaños de partícula) que el cauce sobre el que trabajo es capaz de movilizar? ¿Cuáles son los aportes que mi río necesita para alcanzar un adecuado funcionamiento hidromorfológico? ¿Cómo consigo que el sedimento participe efectivamente a la recuperación de una adecuada movilidad del lecho y/o a la regeneración de morfologías naturales?

Muchas de estas preguntas ponen a prueba el conocimiento del que actualmente disponen los científicos fluviales sobre procesos de transporte de sedimento en ríos naturales. Son también una fuente de motivación para el desarrollo de nuevas herramientas cuantitativas y predictivas. A este respecto, y desde una perspectiva de ciencia básica, trabajos como los desarrollados en el Leitzaran pueden ser considerados como auténticos laboratorios naturales a explotar de cara a incrementar nuestro conocimiento en campo sobre la morfodinámica fluvial de ambientes euro-siberianos. Consideramos que el seguimiento y monitoreo continuado sobre el terreno de este tipo de intervenciones guarda un triple potencial: (i) inmediato, a la hora de garantizar que estas intervenciones cumplen con los objetivos ecológicos para los cuáles han sido inicialmente diseñadas e identificar posibles factores de desviación; (ii) a medio-corto plazo, al establecer descripciones completas de estudios de caso, las cuales puedan servir como guía para casos análogos; y (iii) a largo plazo, al aportar interesantes elementos de conocimiento científico sobre los mecanismos de propagación del sedimento en ríos naturales.

## Agradecimientos

El seguimiento del derribo de la presa de Oioki, ha sido realizado a través del contrato de investigación denominado "Trabajos de seguimiento de los cambios geomorfológicos en la cuenca del río Leitzaran tras las demoliciones de las presas de Inturia y Olloki" suscrito entre la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) y la Diputación Foral de Gipuzkoa en el marco del proyecto "LIFE IREKIBAI Ríos abiertos: Mejorando la conectividad y los hábitats en los ríos compartidos por Navarra y Gipuzkoa", cofinanciado por la Agencia Vasca del Agua – Ur Agentzia y por la Diputación Foral de Gipuzkoa, y en el que participa como socio la empresa pública HAZI.



El autor Jesús Horacio García es beneficiario del contrato post-doctoral “Programa de ayudas de apoyo a la etapa inicial de formación posdoctoral (2017)” financiado por la *Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria* de la *Xunta de Galicia*.

El autor Daniel Vázquez Tarrío ha contado con el apoyo económico de la ayuda ACB17-44, cofinanciada por el programa ‘Clarín’ -FICYT (Gobierno del Principado de Asturias) y el programa *Marie Curie Cofund*.

## Referencias

- Bathurst, JC, Graf, WH, Cao HH. 1987. Bedload discharge equations for steep mountain rivers. In: Sediment transport in gravel-bed rivers (C.R. Thorne, J.C. Bathurst, R.D. Hey, eds.). John Wiley, Chichester: 453–477.
- Haschenburger JK, Church M. 1998. Bed material transport estimated from the virtual velocity of sediment. *Earth Surface Processes and Landforms* 23: 791–808.
- Hassan MA, Church M, Schick AP. 1991. Distance of movement of coarse particles in gravel bed streams. *Water Resources Research* 27: 503–511.
- Horacio J, Ibisate A, Sánchez-Pinto I, Beltrán de Lubiano J, Ollero A. 2018. Seguimiento del transporte de sedimentos mediante trazadores en el río Leitzaran. In: Geomorfología del Antropoceno. Efectos del Cambio Global sobre los procesos geomorfológicos (C. García, L. Gómez-Pujol, E. Morán-Tejada, R.J. Batalla, eds.). Universitat de les Illes Balears, Sociedad Española de Geomorfología: 53–56.
- Ibisate A, Ollero A, Ballarín D, Horacio J, Mora D, Mesanza A, Ferrer-Boix C, Acín V, Granado D, Martín-Vide JP. 2016. Geomorphic monitoring and response to two dam removals: rivers Urumea and Leitzaran (Basque Country, Spain). *Earth Surface Processes and Landforms* 41: 2239–2255.
- Komura S. 1961. Bulk properties of river bed sediments: its applications to sediment hydraulics. Proceedings of the 11<sup>th</sup> Japan National Congress for Applied Mechanics, Japan National Committee for Theoretical and Applied Mechanics, Science Council of Japan, Tokyo: 227–231.
- Kondolf GM, Lisle TE, Wolman GM. 2003. Bed sediment measurement. In: Tools in Fluvial Geomorphology G.M. Kondolf, H. Piégay, eds.). Wiley, Chichester: 347–395.
- Ollero A, Ibisate A, Acín V, Ballarín D, Besné P, Díaz E, Ferrer-Boix C, Granado D, Herrero X, Horacio J, Martín-Vide JP, Mesanza A, Mora D, Sánchez-Pinto I. 2014. Geomorfología y restauración fluvial: seguimiento del derribo de presas en Gipuzkoa. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 40(1): 67–88.
- Vázquez-Tarrío D. 2013. Transporte de sedimento como carga de fondo en la cuenca del río Narcea (vertiente Norte de la Cordillera Cantábrica). Tesis doctoral, Universidad de Oviedo.