

Renaturalización geomorfológica de la ribera del río Jarama en Aranjuez: mejora de la conexión hidrológica vertical y lateral

Díaz-Redondo, María*; Cortés Sánchez, Francisco M.

Área de Restauración Ambiental, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)

* maría.diaz@cedex.es

Resumen

En la margen izquierda del río Jarama aguas arriba de la desembocadura en el río Tajo, la Comunidad de Madrid ha planteado una actuación multifuncional con el doble objetivo de obtener sedimento para el relleno de la Laguna del Soto de las Cuevas (Aranjuez), y mejorar la conexión vertical y lateral en esta ribera del Jarama. En el presente estudio, se proponen tres alternativas de reconfiguración geomorfológica de esta margen, con actuaciones orientadas a la creación de superficies más suaves y a la recuperación de un brazo lateral como canal de inundación. Se han generado las alternativas a partir del Modelo Digital del Terreno (MDT) de la situación actual, y se han modelizado con IBER 2D para los caudales de los períodos de retorno de 2 y 10 años. Tras la aplicación de una evaluación multicriterio, la alternativa seleccionada (Alternativa 3) es la que mejor se ajusta al volumen requerido de sedimento, presenta unos taludes más naturales, y produce no sólo ligeras reducciones en las áreas inundadas aguas abajo sino una evidente mejora en la reconexión hidráulica del cauce secundario.

Palabras clave: conectividad hidrológica; evaluación multicriterio; modelización hidráulica; reconfiguración morfológica

Abstract

On the left bank of the Jarama River upstream its confluence to the Tagus River, the Community of Madrid has proposed a multifunctional action with the double objective of obtaining sediment for the filling of the Laguna del Soto de las Cuevas (Aranjuez) and improving the vertical and lateral connectivity in this Jarama riverbank. In this study, three alternatives for the geomorphological reconfiguration of this riverbank were proposed, with actions aimed at creating smoother surfaces and the recovery of a side-arm as a flood channel. The alternatives were generated from the Digital Terrain Model of the current situation and modelled with IBER 2D for the discharges corresponding to 2-years and 10-years return periods. After applying a multi-criteria evaluation, the selected alternative (alternative 3) is the one that best adjusts to the required sediment volume, presents more natural slopes, and produces not only slight reductions in flooded areas downstream, but also an evident improvement in the hydraulic reconnection of the secondary channel.

Keywords: 2D hydraulic modelling; hydrological connectivity; morphological reshaping; multi-criteria assessment

1. Introducción

En la actualidad, el cauce del río Jarama y su llanura de inundación muestran los impactos geomorfológicos (lagunas artificiales y degradación del cauce) de la intensa regulación y extracción de gravas que tuvieron lugar durante el siglo XX. Muchas de estas lagunas son ahora reservorios de fauna y humedales protegidos, por lo que algunas de ellas son objeto de proyectos de naturalización geomorfológica para reducir sus pendientes y profundidad, y para mejorar su calidad biológica.

Dentro del Plan de Humedales de la Comunidad de Madrid (Decreto 26/2020, de 8 de abril) se incluye la renaturalización de la Laguna de Soto de las Cuevas (Aranjuez) mediante aporte sedimentario. A tal fin, se ha identificado una zona de extracción de material en la margen izquierda del río Jarama aguas arriba de su desembocadura en el río Tajo. En esta zona, los elevados espesores de sedimentos, unido a la incisión del cauce, están limitando la conectividad hidrológica lateral y están provocando la desconexión de la vegetación con el nivel freático. Desde la Comunidad de Madrid se ha planteado una actuación multifuncional en esta zona con objeto no sólo de obtener sedimento para el relleno de la laguna, si no mejorar la conexión vertical con la zona hiporreica y promover la conexión hidrológica lateral en esta margen del río Jarama.

En el presente estudio se proponen una serie de alternativas de reconfiguración geomorfológica en la zona de la ribera del río Jarama, con actuaciones orientadas a la creación de superficies más suaves y a la recuperación de un brazo secundario como canal de inundación. Los objetivos del estudio incluyen: i) el planteamiento de alternativas de reconfiguración geomorfológica que mejoren la conexión vertical y lateral; ii) la evaluación de las alternativas

planteadas bajo criterios tanto de reconexión hidráulica en la zona de estudio, como de los efectos sobre la inundabilidad aguas abajo de ésta, de movimiento de tierras, y de naturalidad de las riberas; iii) la selección de la alternativa que permita una mayor reconexión hidromorfológica sin afectar a la inundabilidad. Finalmente, se extraerán conclusiones acerca de las posibles implicaciones de este tipo de iniciativas para la restauración de ríos y la prevención de inundaciones.

2. Material y métodos

4.1. Zona de estudio y evolución histórica

A nivel administrativo, la margen izquierda del río Jarama aguas arriba de su desembocadura en el río Tajo se localiza en el término municipal de Aranjuez, al sur de la Comunidad de Madrid (Figura 1). El área de estudio (área sedimento en la Figura 1) ocupa una superficie de unas 10,6 ha, y está comprendida entre el cauce del río Jarama y la mota que delimita los terrenos agrícolas del llamado Soto de Legamarejo.

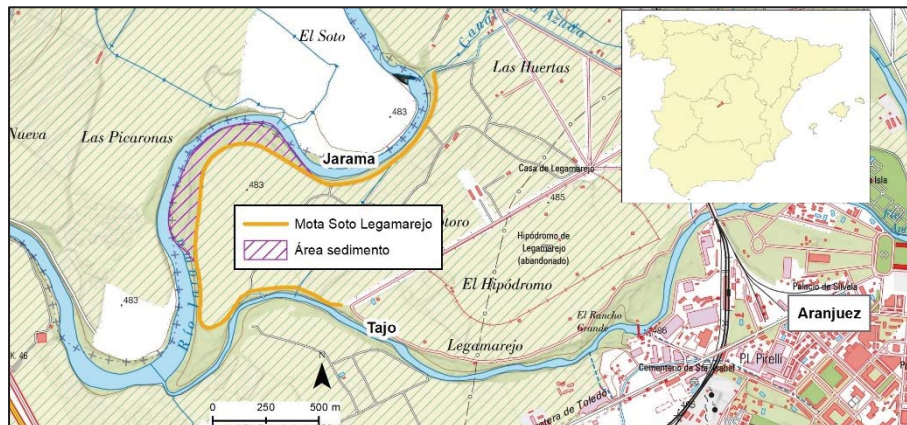


Figura 1. Localización de la zona de estudio

La comparativa de imágenes aéreas de esta zona (Figura 2) muestra que, todavía en el año 1956, tanto el Tajo como el Jarama presentaban cierto grado de movilidad lateral, lo que atestiguan las huellas de múltiples canales, y se aprecia la sedimentación natural en la cara interior de los meandros e incluso alguna isla central, aunque se percibe la existencia de fijaciones (diques de gaviones) en la cara exterior de los meandros. Tras la construcción de los grandes embalses de las cuencas del Jarama y el Tajo, en 1980 se observa ya una configuración en planta que se va a mantener hasta la actualidad, siendo destacable la reducción de la anchura del cauce activo respecto al año 1956 (50 % en el Jarama y 74 % en el Tajo), la desaparición de canales e islas, la fijación de las márgenes por diques de gaviones y una mota que recorre toda la margen, y la ocupación de los sedimentos fluviales por cultivos. La regulación también ha provocado la incisión del cauce y las crecidas han ido acumulando el sedimento en la cara interior del meandro, con espesores de hasta 7 m, lo que está provocando la desconexión de la vegetación con el nivel freático.



Figura 2. Evolución histórica de la zona de estudio

4.2. Metodología

A partir de un Modelo Digital del Terreno (MDT), con altimetría y batimetría, de 2 m de resolución de la situación actual (año 2021), proporcionado por la Confederación Hidrográfica del Tajo-CHT (Garrote de Marcos y González González, 2021), se generaron las siguientes alternativas:

- Situación Actual. Sin ninguna actuación en el terreno. Los resultados de la modelización hidráulica se comparan con los de las alternativas de modificación del terreno.
- Alternativa 1 – Desmonte completo de 1 m. Retirada uniforme de 1 m en toda el área de sedimentación.
- Alternativa 2 – Desmonte completo y excavación del cauce secundario. Retirada de 1 m en toda el área, así como 1 m extra en el cauce secundario.
- Alternativa 3 – Desmonte localizado y excavación del cauce secundario. Reconfiguración de los terrenos más abruptos con pendientes más tendidas y excavación del cauce secundario.

Para el presente estudio, se ha aplicado el modelo numérico bidimensional Iber v.3.0 de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no-permanente (Sanz-Ramos *et al.*, 2022). Los caudales simulados son los correspondientes al régimen alterado, tanto del Jarama como del Tajo, para los períodos de retorno de 2 y 10 años (Tabla 1, Garrote de Marcos y González González, 2021).

Tabla 1. Caudales seleccionados para las simulaciones hidráulicas

Período de retorno (T)	Caudal río Tajo antes de la confluencia con el río Jarama (m ³ /s)	Caudal río Jarama antes de la confluencia con el río Tajo (m ³ /s)
T2	170,5	197,9
T10	396,5	472,1

3. Resultados

Los mapas de calados (c) y velocidades (v), obtenidos de las simulaciones hidráulicas, se han combinado para obtener las áreas (ha) en las que la clasificación de la peligrosidad por inundación es Alta ($c \times v > 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$, Real Decreto 903/2010, de 9 de julio), tanto en el área de modificación de los terrenos como en el resto del área simulada.

Con los resultados anteriores, se realiza la evaluación multicriterio de las alternativas en base a los siguientes criterios:

- Criterio 1. Reconexión hidrológica en el área de modificación de los terrenos: área total (ha) de la categoría Alta, considerando que, cuanto mayor sea el área, mayor será la reconexión hidrológica.
- Criterio 2. Inundabilidad fuera del área de modificación de los terrenos: área total (ha) de la categoría Alta en el ámbito de simulación, excluyendo el área de modificación potencial, con el objetivo de evaluar las distintas alternativas incrementan de forma significativa la inundabilidad con respecto a la Situación Actual.
- Criterio 3. Movimiento de tierras: en función del volumen (m³) calculado de desmonte de cada alternativa, cuál de ellas se aproxima más al cálculo de volumen necesario para cumplir el objetivo de relleno de la laguna de acuerdo con la propuesta planteada.
- Criterio 4. Naturalidad de la ribera: se ha evaluado la pendiente media (%) en el área de modificación potencial de cada una de las alternativas, asociando una menor pendiente a una mayor naturalidad, pues taludes más tendidos son característicos de riberas más naturales.

Al analizar las tres alternativas en función de los criterios propuestos, se selecciona la Alternativa 3 como aquella que se ajusta más a los objetivos de este estudio, debido a que:

- Aunque no hay diferencias significativas en la inundabilidad fuera de la zona de modificación de los terrenos para T2 años, se aprecian ligeras reducciones, en comparación con la situación actual, en las Alternativas 1 y 3;
- La Alternativa 3 aumenta la reconexión hidrológica en la zona de modificación de los terrenos, siendo bastante significativo que, para T2 años se activa el canal secundario (Figura 3) y, para T10 años se inunda toda el área exterior del meandro (zona de modificación de los terrenos).
- La Alternativa 3 es la que más se ajusta al volumen requerido para el relleno de la laguna y presenta unos taludes más tendidos en la ribera.

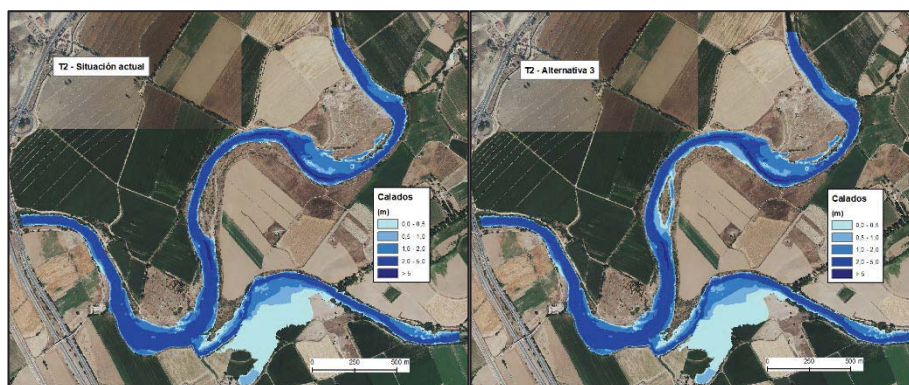


Figura 3. Mapas de calados de la situación actual (izda.) y la Alternativa 3 (dcha.) para el período de retorno de 2 años

4. Discusión y conclusiones

Como resultado de este estudio, se ha seleccionado una alternativa para la ribera del río Jarama de recuperación del espacio y los procesos fluviales en su dimensión lateral y vertical: ampliando zonas de inundación selectiva compatible con los usos existentes, potenciando la conexión con el freático y el restablecimiento de la vegetación de ribera, creando heterogeneidad de hábitats y, en general, mejorando la calidad ecológica y paisajística.

Este estudio se enmarca entre aquellas iniciativas de restauración que, en las últimas décadas, se han centrado en restablecer la conectividad hidrológica y equilibrar las dinámicas de erosión/sedimentación, lo que ha llevado también a la expansión del perímetro mojado y a la reducción de los niveles de agua en los episodios de inundación (Gumiero *et al.*, 2013). Estas medidas también pueden etiquetarse como soluciones basadas en la naturaleza, que implican trabajar con aspectos particulares del régimen de caudales y redirigir las rutas de flujo (Palmer y Ruhi, 2019).

Se puede concluir que este tipo de estrategias de restauración encajan dentro del ámbito de aplicación de la Directiva Marco del Agua de la UE y la Directiva de Inundaciones. Asimismo, se busca la consecución del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 Agua limpia y saneamiento (meta 6.6. Proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos) y el ODS 13 Acción por el clima (meta 13.1. Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países).

Referencias

- Decreto 26/2020, de 8 de abril, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Plan de Actuación sobre Humedales Catalogados de la Comunidad de Madrid (Plan de Humedales). BOCM Núm. 93, de 18 de abril de 2020.
- Garrote de Marcos, R.; González González, S. 2021. *Proyecto de Restauración Fluvial de un tramo del río Tajo en el Término Municipal de Aranjuez (Madrid)*. Marzo de 2021. HGM, S.A. & INCLAM, S.A. para la Confederación Hidrográfica del Tajo (CHT).
- Gumiero, B.; Mant, J.; Hein, T.; Elso, J.; Boz, B. 2013. Linking the restoration of rivers and riparian zones/wetlands in Europe: Sharing knowledge through case studies. *Ecological Engineering* 56: 36–50. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.103>.
- Palmer, M.; Ruhi, A. 2019. Linkages between flow regime, biota, and ecosystem processes: Implications for river restoration. *Science* 365(6459): eaaw2087. <https://doi.org/10.1126/science.aaw2087>.
- Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación. BOE Núm. 171, de 15 de julio de 2010.
- Sanz-Ramos, M.; Blade, E.; Palau Ibars, A. 2016. Iber: herramienta de simulación numérica para la evaluación de la habitabilidad para peces (HPU). *Limnología 2016: XVII Congress of the Iberian Association of Limnology: Book of Abstracts*, 125. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34538.521699>.