

Nota Técnica

El Proyecto Drainage: Avances metodológicos para la integración de la mitigación del riesgo de inundaciones con la mejora del estado de las masas de agua

**Drainage Project:
Methodological advances for the integration
of flood risk management with the improvement of water bodies**

Magdaleno, F. ^{1*}; Cortés, F.²; Molina, B.²; Díez-Herrero, A.³; Bodoque, J.M.⁴

¹*Dirección General del Agua. Ministerio para la Transición Ecológica.
Plaza San Juan de la Cruz, s/n. 28071 Madrid.*

²*Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Alfonso XII, 3. 28014 Madrid.*

³*Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23, 28003 Madrid; andres.diez@igme.es*

⁴*Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica. Universidad de Castilla-La Mancha.
Campus Fábrica de Armas. Avda. Carlos III s/n. 45071 Toledo.*

Autor para correspondencia: fmagdaleno@miteco.es

Resumen

Los nuevos paradigmas legales, científicos, técnicos y sociales exigen la adopción de esquemas de gestión integral y de planificación territorial en las zonas inundables, capaces de integrar las exigencias de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE), la Directiva de Inundaciones (2007/60/CE), y la Directiva Hábitats (92/43/CEE). Bajo este esquema conceptual, se ofrece una propuesta metodológica que tiene como objetivo el incremento de la resiliencia de las zonas urbanas y rurales ante el fenómeno de las inundaciones, de manera compatible con la mejora en el estado de las masas de agua y con el incremento de sus funciones y servicios ambientales. Esta propuesta se está desarrollando en la cuenca del Duero, más concretamente en el tramo del río Duero entre las localidades de Toro y Zamora. Para ello, se aplican metodologías novedosas que permiten un análisis fiable del riesgo basado en la caracterización de todos los procesos implicados, así como en la evaluación de la incertidumbre y su propagación. Para reducir la vulnerabilidad y mejorar la capacidad de adaptación, se proponen medidas de gestión basadas en la recuperación de la capacidad eco-geomorfológica de las llanuras de inundación para laminar las inundaciones, retener agua y sedimentos, y proporcionar múltiples servicios ambientales.

Palabras clave: Fenómenos extremos, infraestructuras verdes, gestión de base ecosistémica, medidas naturales de retención del agua.

Abstract

The present legal, scientific, technical and social paradigms require the adoption of new approaches to the integrated management and the territorial planning of flood-prone areas. These new trends should allow the combination of the requirements of the Water Framework Directive (2000/60/EC), the Floods Directive (2007/60/EC) and the Habitats Directive (92/43/EEC). Under this conceptual context, a methodological proposal is presented in this document aimed at incrementing the resilience of urban and rural areas when dealing with river flooding, along with the improvement of the status of water bodies and the increase of their environmental functions and benefits. This proposal is being developed in the Douro basin, and more specifically in the river sector between the cities of Toro and Zamora. With that target, advanced procedures are designed and applied to enhance a feasible analysis of risks, based on the characterization of all involved processes, and in the assessment of their uncertainty and propagation. To reduce vulnerability and provide higher adaptability, managerial measures are proposed, sustained on the restoration of the eco-geomorphic ability of floodplains to abate flood peaks, retain water and sediment, and provide multiple ecosystem services.

Keywords: Extreme events, green infrastructures, ecosystem-based management, natural water retention measures.

1. Introducción

Históricamente, la gestión del riesgo por inundaciones fluviales se ha basado en el desarrollo de aproximaciones fragmentadas, principalmente basadas en análisis parciales de la peligrosidad, en tanto en cuanto únicamente se consideraba la extensión del área inundable; y en las que se obviaban otros factores importantes tales como la velocidad del agua o la carga de sedimentos (Hall *et al.*, 2003), y en la que la mitigación de los riesgos estaba principalmente basada en el diseño de medidas estructurales (p.ej. canalizaciones, motas, embalses de laminación) (Merz *et al.*, 2010). Con ellas, se pretendía garantizar la protección total de la población expuesta ante la ocurrencia de inundaciones, pero sin tener en cuenta el impacto medioambiental de dichas medidas, o su efecto aguas abajo en términos de incremento de la peligrosidad y del riesgo, y de alteración de la dinámica fluvial.

En los últimos años se está produciendo un cambio de modelo hacia un enfoque de gestión integrada del riesgo, pues la adopción de soluciones estrictamente estructurales no es sostenible desde un punto de vista ni hidrológico ni ambiental, y tampoco es garantía de protección total (Hooijer *et al.*, 2004). Así, medidas de mitigación del riesgo como las motas, suelen llevar a la pérdida de conexión lateral entre los ríos y su llanura de inundación, conllevando la pérdida de buena parte de los servicios ecosistémicos ligados al medio fluvial. Este tipo de medidas también tienen potencial para incrementar los daños aguas abajo por los cambios que genera en el funcionamiento hidrogeomorfológico y ecológico del río, o incluso *in situ*, en caso de que las medidas fallen o se vean superadas.

Asimismo, no son garantía absoluta de mitigación del riesgo debido a que en su diseño frecuentemente no se han tenido en cuenta los efectos a futuro del cambio climático, o el análisis de la incertidumbre ni su propagación entre los distintos componentes que la integran (Vis *et al.*, 2003). Por otro lado, esta estrategia de gestión genera una falsa sensación de seguridad entre la población al darse por hecho que la protección frente a las inundaciones es total. Otra razón que explica el cambio de modelo es la no integración de la dimensión social lo cual ha determinado que, con más frecuencia de la deseada, los planes de gestión hayan resultado fallidos.

Por tanto, la gestión del riesgo está abandonando el principio de protección absoluta, comenzándose a promover en su lugar estrategias más proactivas, que se fundamentan en la gestión integral del riesgo (*Figura 1*). En este contexto, el concepto de resiliencia proporciona un marco práctico que facilita que los planes de gestión identifiquen medidas tangibles capaces de reducir la vulnerabilidad y que, de resultas de ello, se mejore la gestión del riesgo (Bodoque *et al.*, 2016). En los últimos tiempos este concepto ha ganado peso, gracias a iniciativas de las Naciones Unidas como el Marco de Acción de Hyogo (operativo durante el periodo 2005-2015) y del actualmente vigente Marco de Sendai que se desarrollará durante el periodo 2015-2030. Con estos programas, se pretende reducir el riesgo en base a aumentar el conocimiento de todas las dimensiones sociales im-

plicadas (percepción social, nivel de conocimiento de la población en relación con el riesgo y su gestión, exposición, vulnerabilidad social y económica) (Vink et al., 2013).

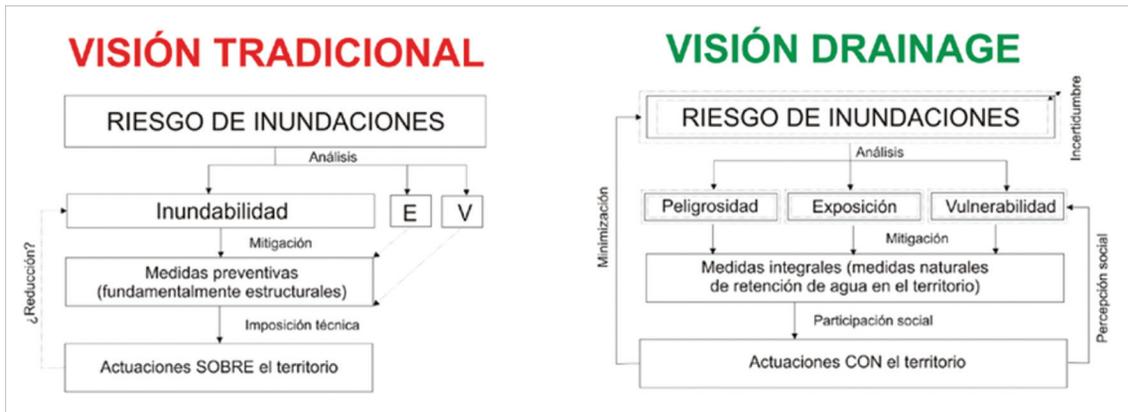


Figura 1. Esquemas comparativos de la concepción tradicional del análisis y gestión del riesgo por inundaciones, frente a la visión integrada propuesta por DRAINAGE.

2. Metodología

El proyecto Drainage se articula a través de un enfoque de investigación cuya hipótesis principal es que sólo a través de la recuperación de la conectividad hidráulica, entre el río y su llanura aluvial (especialmente en los tramos medios y bajos de los ríos), se podrá mantener la funcionalidad fluvial y gestionar sus riesgos permitiendo cumplir con los objetivos planteados en la Directiva Marco del Agua, DMA (Directiva 2000/60/CE), en la Directiva Europea relativa a la evaluación y gestión de los riesgos por inundación (Directiva 2007/60/CE), y en la Directiva Hábitats (92/43/CEE). El enfoque holístico planteado en el proyecto se plasma mediante la comprobación de las siguientes hipótesis, para cada una de las cuales se indica el método de análisis que se está desarrollando:

H1. *El restablecimiento de la conectividad hidráulica, hidrológica, geomorfológica y ecológica río-llanura de inundación y, en consecuencia, la recuperación del óptimo de la capacidad de laminación del sistema fluvial permite reducir el riesgo por inundación.*

Para ello, se realizarán exhaustivos estudios de la peligrosidad y del riesgo basados en:

- La caracterización hidrológica de los eventos de avenida y crecida en el tramo fluvial de estudio y su cuenca hidrográfica.
- La modelación hidrodinámica 2D para estimar los parámetros relacionados con la peligrosidad por inundaciones.
- El diseño de curvas calado-daño específicas para las zonas urbanas.

— El análisis de la incertidumbre y de su propagación.

H2. *La recuperación de la conectividad hidráulica, hidrológica, geomorfológica y ecológica entre el río y la llanura de inundación implica una mejora en la calidad ambiental de las masas de agua, de acuerdo con los criterios establecidos en la DMA y en la Directiva Hábitats.*

Para ello, se abordará:

- El análisis del estado hidromorfológico de las masas de agua, de acuerdo con los estándares europeos y españoles.
- El análisis del estado físico-químico de las masas de agua a partir de los datos disponibles (p.ej. red SAICA).
- El análisis del estado biológico de las masas de agua a partir de la información contenida en las series temporales oficiales de datos biológicos.

H3. *El restablecimiento de la conectividad hidráulica, hidrológica, geomorfológica y ecológica río-llanura de inundación permite la recuperación o mejora de los servicios ecosistémicos del medio fluvial. Como resultado, se facilita la puesta en práctica de políticas de gestión sostenible de los recursos hídricos.*

Para ello, se acometerá:

- El diseño de una infraestructura verde en base a la restauración de la condición geomorfológica de referencia y la caracterización batimétrica del tramo de río a estudiar.
- La caracterización y valoración de los servicios ecosistémicos.
- El análisis coste-beneficio de la infraestructura verde planteada desde una perspectiva, tanto económica como ambiental.

H4. *La población asentada en áreas propensas a sufrir inundaciones tiene una baja percepción en relación al riesgo, a la vez que fundamentada en falsas creencias acerca de las mejores prácticas de gestión a aplicar para reducir el riesgo y que éstas sean sostenibles desde el punto de vista ambiental.*

Se realizará una investigación con metodología correlacional que incluya:

- Análisis de la percepción del riesgo de inundación en las poblaciones afectadas.
- Estudio de las creencias sobre la gestión del riesgo a través de grupos de discusión.
- Contraste de las creencias sobre gestión del riesgo de la población con las derivadas de las Directivas Europeas de Inundaciones y del Agua.

H5. *La resiliencia ante inundaciones se puede evaluar cuantitativamente integrando las dimensiones (física, socioeconómica y ambiental) vinculadas*

con la gestión integrada del riesgo por inundaciones. Esta hipótesis se contrastará en el subproyecto 1.

Para ello, se evaluará cuantitativamente la resiliencia a partir de la definición de un índice, que incorpore todas las dimensiones implicadas en la gestión del riesgo por inundaciones.

El objetivo principal del proyecto Drainage es, sobre la base de todo lo anteriormente expuesto, la mejora de la resiliencia de las zonas urbanas y periurbanas ante inundaciones, a través del diseño de estrategias de mitigación del riesgo fundamentadas en el uso de infraestructuras verdes que, además, sean compatibles con un buen estado de calidad de las masas de agua y con la gestión sostenible de los recursos hídricos. Asimismo, se pretende implicar a la población afectada, favoreciendo un cambio de actitudes hacia una gestión óptima del riesgo de inundación y de prácticas ambientalmente sostenibles.

El análisis y gestión integrada del riesgo por inundaciones requiere del diseño y puesta en práctica de aproximaciones metodológicas interdisciplinares, que tengan en cuenta las dimensiones implicadas (físicas, socio-económicas y ambientales). Para poder aplicar con éxito este enfoque interdisciplinar, el proyecto DRAINAGE se sustenta en tres pilares:

- *Capacidad demostrativa del proyecto.* Para ello, se requiere de la selección de un área de estudio que permita poner en práctica, probar y evaluar la aproximación metodológica propuesta en Drainage, de manera que pueda ser replicada a otros contextos geográficos, ecológicos y socioeconómicos similares a los aquí propuestos. En concreto, se ha seleccionado el tramo del río Duero comprendido entre los municipios de Toro y Zamora, dado que reúne las características idóneas para abordar los objetivos planteados del proyecto. Este tramo presenta un trazado claramente meandriforme, lo cual confiere a su llanura de inundación una alta capacidad para laminar crecidas. Asimismo, es lo suficientemente largo (63 km) como para demostrar que esta capacidad de laminación es suficiente para reducir el riesgo. También tiene numerosas motas a lo largo de su curso, lo cual implica que ha perdido buena parte de la conectividad lateral con su llanura de inundación. Por último, el tramo presenta varias zonas ARPSIs (Áreas con Riesgo Potencial Significativo de Inundación) y forma parte de la Red Natura 2000: LIC “Riberas del Río Duero y Afluentes” - Código ES4170083. De forma complementaria, se ensayarán otras metodologías en otros ámbitos del territorio con características o problemáticas distintas al área de estudio. En concreto, también se estudiarán: zonas montañosas (cuena de Venero Claro, Ávila); pequeños núcleos de población del piedemonte de la Sierra de Guadarrama (Pajares de Pedraza, Segovia); y ramblas mediterráneas (Barranco de Carraixet, Rambla del Pollo, Rambla de Castellana, Rambla de Gallinera y Río Vernissa, Valencia), con objeto de contrastar las metodologías en otros ámbitos geográficos y problemáticas distintas a la de la zona piloto principal.

- *Apoyo de Entes Promotores Observadores (EPOs)*. Un proyecto como DRAINAGE que, entre los impactos esperables, está hacer compatible el desarrollo de la Directiva Europea de Inundaciones con los objetivos fundamentales de la Directiva Marco del Agua, así como con los establecidos en el Marco de Sendai para la reducción de riesgos por desastres, requiere que haya organismos públicos y empresas interesadas en los resultados del proyecto. El proyecto DRAINAGE cuenta con el interés y colaboración de los organismos públicos responsables de la puesta en práctica de las dos Directivas y del Marco de Sendai: i) Dirección General del Agua, DGA (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, MAPAMA); ii) Confederación Hidrográfica del Duero; iii) Agencia de Protección Civil de la Junta de Castilla y León; y iv) Dirección General de Patrimonio Cultural (Junta de Castilla y León). Asimismo, el proyecto cuenta con el apoyo de las consultoras INCLAM S.A y AQUATEC, S.A.U.
- *Enfoque interdisciplinar*. En el proyecto Drainage participan investigadores adscritos a la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), Instituto Geológico y Minero (IGME), Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Universidad de Valencia (UV), Universidad de Alicante (UA), Universidad de Valladolid (UVa), Universidad Complutense de Madrid (UCM), Universidad Autónoma de Madrid (UAM), Dirección General de Protección Civil y Emergencias (DGPCE).

3. Bibliografía

- Bodoque, J.M.; Amérigo, M.; Díez-Herrero, A.; García, J.A.; Cortés, B.; Ballesteros-Cánovas, J.A.; Olcina, J.; 2016. Improvement of resilience of urban areas by integrating social perception in flash-flood risk management. *Journal of Hydrology*, 541: 665–676. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.02.005>
- Hall, J.; Ssayers, P.; Dawson, R.; 2005. National-scale assessment of current and future flood risk in England and Wales. *Natural Hazards*, 36: 147–164. <https://doi.org/10.1007/s11069-004-4546-7>
- Hooijer, A.; Klijn, F.; Pedrolí, G.B.M.; Van Os, A.G.; 2004. Towards sustainable flood risk management in the Rhine and Meuse river basins: Synopsis of the findings of Irma-Sponge. *River Research and Applications*, 20(3): 343–357. <https://doi.org/10.1002/rra.781>
- Merz, B.; Hall, J.; Disse, M.; Schumann, A.; 2010. Fluvial flood risk management in a changing world. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10(3): 509–527. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-509-2010>
- Vink, K.; Takeuchi, K.; 2013. International comparison of measures taken for vulnerable people in disaster risk management laws. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 4: 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2013.02.002>

Vis, M.; Klijn, F.; De Bruijn, K.M.; Van Buuren, M.; 2003. Resilience strategies for flood risk management in the Netherlands. *International Journal of River Basin Management* 1(1): 33–40. <https://doi.org/10.1080/15715124.2003.9635190>