

ANNA RIBAS PALOM^a

DAVID SAURÍ PUJOL^b

LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA COMO ESTRATEGIAS EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN

RESUMEN

Este artículo tiene por finalidad mostrar cómo la obra de Joan Mateu Bellés, en torno al funcionamiento de los procesos geomorfológicos e hidrológicos y las actuaciones antrópicas que dan lugar a las inundaciones en cuencas fluviales mediterráneas, constituye una fuente de conocimiento básica para el diseño e implementación de las llamadas soluciones basadas en la naturaleza (SbN). Sus trabajos aportan un conocimiento muy detallado sobre el comportamiento de las distintas variables que conforman los ciclos hidrológicos locales, conocimiento este que debe ser considerado en la prevención de inundaciones, la morfología del lecho del río y la restauración de llanuras aluviales.

PALABRAS CLAVE: Riesgo de inundación; soluciones basadas en la naturaleza; restauración fluvial; cuencas fluviales mediterráneas; procesos geomorfológicos e hidrológicos.

NATURE-BASED SOLUTIONS AS STRATEGIES IN FLOOD RISK MANAGEMENT

ABSTRACT

The purpose of this article is to show how the work of Joan Mateu Bellés on the joint dynamics of geomorphological and hydrological processes and anthropic action in flood occurrence in Mediterranean

a Departamento de Geografía. Universitat de Girona. Plaça Ferrater i Mora, 1. 17004 Girona. anna.ribas@udg.edu. <https://orcid.org/0000-0001-5163-0561>

b Departamento de Geografía. Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra (Barcelona). david.sauri@uab.cat. <https://orcid.org/0000-0002-3618-7773>

Fecha de recepción: 16-02-2022. Fecha de aceptación: 27-04-2022.

river basins constitutes a source of basic knowledge for the design and implementation of the so-called Nature-based Solutions (NbS). Mateu's contributions provide a very detailed knowledge about the behavior of the different variables of local hydrological cycles. This knowledge can then be used in flood prevention, the maintenance of riverbeds, and the restoration of alluvial plains.

KEYWORDS: Flood risk; Nature-based Solutions; river restoration; mediterranean river basins; geomorphological and hydrological processes.

PRESENTACIÓN

Como es sabido, las estrategias de prevención del riesgo de inundación se basan en dos grandes tipos de medidas. Por una parte, la modificación del proceso natural que da lugar al riesgo a través de la intervención tecnológica en el medio, como son las obras hidráulicas (embalses, canalizaciones, muros de contención, etc.). Por otra, la modificación del comportamiento humano en relación con el fenómeno, lo que incluye una amplia batería de actuaciones, desde la regulación de las actividades permitidas en los espacios inundables o las actuaciones sobre el medio construido a fin de hacerlo más resiliente a este mismo fenómeno, hasta el desarrollo e implantación de sistemas de alerta temprana, la planificación de emergencias o las ayudas poscatástrofe. A pesar de la coexistencia de ambos tipos de medidas, el progreso tecnológico ha decantado este balance decididamente en favor de las primeras (Parker, 1995; Saurí et al., 2001). No será hasta la aprobación y transposición de la Directiva Europea del Agua (2000/60/CE) y, unos años más tarde, la Directiva Europea de Inundaciones (2007/60/CE), que empieza a darse un mayor énfasis en la implantación de medidas no estructurales en la prevención de las inundaciones (Ribas et al., 2017).

En buena medida, la preferencia por las medidas estructurales ha sido motivada por la necesidad de proteger de las inundaciones el imparable proceso urbanizador (Ribas et al., 2020), que explica no solo la ocupación directa de los espacios inundables, sino también la modificación de parámetros hidrológicos como la escorrentía superficial o la evapotranspiración. A ello hay que añadir los efectos del cambio climático sobre el aumento de la frecuencia e intensidad de los episodios climáticos extremos. Así, las inundaciones continúan encabezando ránquines de pérdidas humanas y económicas en muchos lugares del mundo. Durante el verano de 2021, las crecidas que afectaron a Alemania y Bélgica provocaron unas 180 víctimas, y unos daños económicos que se estiman en más de 30.000 millones de euros (CRED, 2022). En diciembre del mismo año, las inundaciones de Sudán, Brasil y Malasia provocaron más de un millón de damnificados. En conjunto, entre los años 2000 y 2018 las inundaciones afectaron a unos 300 millones de personas en el mundo y ocasionaron unas pérdidas estimadas de 651.000 millones de dólares (Tellman et al., 2021).

Hace más de setenta años que los trabajos pioneros de Gilbert White criticaban la pretensión ilusoria de que la construcción de obras hidráulicas era capaz de eliminar el riesgo de inundación. Desde entonces la política de gestión de las inundaciones ha evolucionado hacia una adopción más completa del llamado por el mismo Gilbert White enfoque de “opciones posibles o medidas en principio capaces de reducir el riesgo y sus impactos” (White, 1945; White et al., 2001). A partir de estas opciones, ya

no se trata únicamente de controlar las inundaciones, sino también de impulsar otras acciones menos intervencionistas en los procesos naturales, como el desarrollo de sistemas de alerta temprana y la planificación de emergencias, la adaptación del entorno construido a las inundaciones o la planificación de los usos del suelo en los espacios inundables. La Directiva Europea de Inundaciones (2007/60/CE) incorporó claramente esta necesidad de aplicar enfoques no estructurales para hacer frente al problema de las inundaciones.

Este cuestionamiento creciente al que se han visto sometidas las obras hidráulicas explica en buena parte el cambio de paradigma en la gestión de las inundaciones hacia una apuesta por alternativas más dirigidas a convivir con el riesgo que a su control y eliminación (Laaser et al., 2009; Warner et al., 2013; Sayers et al., 2013), y a devolver al sistema fluvial, en la medida de lo posible, al menos una parte del espacio usurpado. Un espacio fluvial que no solo ayuda a laminar las avenidas, sino que también proporciona múltiples servicios socioambientales (Warner et al., 2013; Ollero et al., 2015). Este cambio de paradigma ha dado lugar a la creación de nuevos conceptos para referirse a estos espacios fluviales que recuperar (“space for the rivers”, “espace de liberté fluviale”, “territorio fluvial”, etc.) (Brookes, 1996; Malavoi et al., 1998; Ollero y Romero, 2007), conceptos estos que se incorporan progresivamente en los proyectos de restauración o renaturalización fluvial.

Es en el marco de este contexto de cambio en la gestión de las inundaciones que cada vez son más las voces que reclaman el fomento e implantación de estrategias que tengan por finalidad principal adaptar el territorio para reducir las situaciones de riesgo provocadas por acontecimientos extremos (Li et al., 2020; Huang et al., 2020). Entre estas estrategias destacan las llamadas soluciones basadas en la naturaleza (SbN), impulsadas, entre otras organizaciones, por la Comisión Europea (2015) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Si bien no existe una definición única sobre qué estrategias y actuaciones pueden considerarse SbN (Eggermont et al., 2015; Castellar et al., 2021), en líneas generales, se definen como aquellas actuaciones destinadas a proteger, gestionar de forma sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados que aborden desafíos socioambientales (el cambio climático, la seguridad alimentaria o los desastres naturales) de manera eficaz y adaptativa, proporcionando simultáneamente beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad (Cohen-Shacham et al., 2019). Posteriormente, han ido apareciendo definiciones más precisas del concepto (Nesshover et al., 2017; Frantzeskaki et al., 2019; Albert et al., 2019) que persiguen facilitar su transferencia a la política y la gestión (Grace et al., 2021). En todas estas definiciones se insiste en que las SbN deben caracterizarse por su multifuncionalidad, es decir, por tener la vocación de proporcionar múltiples beneficios más allá de la propia adaptación al cambio climático para el que originalmente han sido diseñadas, en términos de calidad ambiental, salud humana y bienestar, capacidad de regeneración urbana, mejora de las condiciones de habitabilidad, etc. En definitiva, las SbN se enfrentan al reto de ser más eficientes que las soluciones tecnológicas y de ingeniería, tanto en lo relativo a sus costes de inversión, implementación y consumo de recursos, como en relación con la diversidad de los beneficios que reportan.

LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA
EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN

En lo que respecta a inundaciones, la implementación de diversos tipos de SbN en ámbitos muy dispares, tanto de escala territorial como de escala urbana, se considera como una de las alternativas con mayor potencial de eficiencia, rentabilidad y sostenibilidad en comparación con las medidas convencionales (Comisión Europea, 2015). Engloban tanto intervenciones a microescala (como pueden ser las cubiertas o fachadas verdes en edificios) como también a otras escalas territoriales (por ejemplo, las denominadas infraestructuras “verdes y azules” en cuencas fluviales, zonas costeras, ciudades, etc.) (tabla 1). Aunque la Directiva Europea de Inundaciones (2007/60/CE) no menciona explícitamente el término SbN al haber sido publicada con anterioridad a la difusión de este concepto, en todo el proceso de implantación de esta directiva son continuas las referencias y propuestas que se hacen de optar por las SbN como medidas a promover en la mejora de la gestión del riesgo de inundación.

Tabla 1. SbN para la reducción del riesgo de inundación.

Fuente: Adaptado del Gobierno Vasco (2018).

Soluciones basadas en la naturaleza	Precipitaciones intensas	Inundaciones fluviales	Aumento del nivel del mar	Temporales de mar
EDIFICIO				
Azoteas naturales	1	1		
Fachadas verdes, jardines verticales	2			
Naturalización de espacios de uso comunitario	2			
INTERVENCIONES EN ESPACIO PÚBLICO				
Mobiliario urbano verde	3			
Pavimentos permeables	1	2	2	
Plazas verdes	1	3		
Huertos urbanos	1	2		
Parques y bosques urbanos	1	2	3	
Renaturalización de solares y espacios de oportunidad	1	2	3	
INTERVENCIONES EN LA MASA DE AGUA Y SISTEMAS DE DRENAJE				
Sistemas de drenaje urbano sostenible	1	1	1	
Estanques y lagos	1	2	3	
Renaturalización de ríos y arroyos	1	1	3	
Llanuras de inundación	1	1		

Soluciones basadas en la naturaleza	Precipitaciones intensas	Inundaciones fluviales	Aumento del nivel del mar	Temporales de mar
INTERVENCIONES EN INFRAESTRUCTURAS LINEALES DE TRANSPORTE				
Naturalización de calles	2	3		
Infraestructuras lineales verdes	2	3		
INTERVENCIONES EN ESPACIOS NATURALES Y GESTIÓN DEL SUELO RURAL				
Espacios naturales protegidos	1	1		1
Humedales	1	1		1
Parques periurbanos	1	2		
Gestión del suelo rural	1	2		
INTERVENCIONES EN COSTA				
Soluciones naturales frente al avance de la línea de costa		2	1	1

* Intensidad de contribución de cada SbN a reducir los efectos de las inundaciones:

1	2	3
Muy alta	Alta	Media

Sin embargo, a pesar del auge que están experimentando las SbN, las lagunas de conocimiento sobre cómo deben ser implantadas y sus efectos potenciales continúan dificultando su mayor desarrollo y aceptación política y social (Cortinovis y Geneletti, 2018). La diversificación de la estructura de las riberas de los ríos, la reconexión de cauces secundarios y meandros, la mejora de la conectividad del río con las llanuras aluviales y la restauración de humedales son algunas de las SbN que se presentan como más idóneas para mejorar el estado de los sistemas fluviales como estrategia para prevenir el riesgo de inundación fluvial (Ollero, 2015; Segura y Ollero, 2021).

Este tipo de actuaciones de restauración o renaturalización de ríos y arroyos o la preservación de las llanuras de inundación requieren de un conocimiento profundo de los procesos geomorfológicos e hidrológicos de los cursos fluviales y los espacios inundables y de las acciones antrópicas que los afectan. Ello es especialmente importante en el ámbito mediterráneo, en el que los cursos efímeros (ramblas, arroyos, barrancos, etc.) constituyen la mayor parte de la red fluvial. Avanzar en el conocimiento científico sobre su ciclo hidromeomorfológico para el transporte de agua y sedimentos constituye una herramienta imprescindible para el diseño e implantación exitosa de cualquier proyecto de SbN que quiera llevarse a cabo en un espacio fluvial. Ello también es cierto para sensibilizar a la sociedad sobre la necesidad de seguir las nuevas vías de gestión, enfocadas en estrategias de resiliencia territorial (Voiiron-Canicio y Fusco, 2021), que integren la resiliencia natural o ecológica (en este caso fluvial) con

la resiliencia social o humana (mayor nivel de seguridad para las personas frente a las inundaciones) (Berga, 2017; Ollero, 2020).

CONOCIMIENTO GEOGRÁFICO APLICADO A LAS SbN FRENTE EL RIESGO DE INUNDACIÓN FLUVIAL

El éxito o fracaso de los proyectos de renaturalización o restauración fluvial, pensados como estrategia de mejora de la gestión frente al riesgo de inundación, depende del grado de conocimiento que tengamos de los procesos (erosión, sedimentación, crecidas, etc.), de la estructura y funciones (transporte, regulación, hábitat, etc.) de los cursos fluviales y del conjunto del espacio fluvial (presiones e impactos, bienes y servicios que aporta a la sociedad, etc.). Ello pasa ineludiblemente por un conocimiento profundo del sistema socioecológico que conforman las cuencas fluviales, desde el momento que en estas interactúan continuamente con la dimensión social y la dimensión biofísica (Liu et al., 2007; Martín-López et al., 2009), cuyas respuestas y relaciones no tienen sentido si se estudian de forma independiente y aislada.

Sin embargo, mientras la ingeniería hidráulica tradicional cuenta con una dilatada experiencia en la formulación de normas y guías destinadas al diseño de obras hidráulicas de defensa frente a inundaciones, las SbN son opciones relativamente nuevas. Como hemos indicado en el apartado anterior, es necesario incorporar el conocimiento experto generado hasta el momento y seguir avanzando en una investigación cada vez más afinada de las características físicas y antrópicas que adoptan las inundaciones en estas cuencas fluviales mediterráneas, ya sean permanentes o efímeras. Un conocimiento que debe ser puesto a disposición de los encargados de planificar, ejecutar y evaluar los proyectos, pero también de las actividades económicas y los propios usuarios de estos espacios fluviales que se pretende recuperar.

Las aportaciones que en este sentido vienen realizándose desde la geografía son muy relevantes, y abarcan todas las fases del proceso de inundación, desde su origen hidrometeorológico hasta sus causas y consecuencias socioeconómicas, pasando por toda su complejidad geomorfológica. En este artículo vamos a fijar la atención especialmente en las aportaciones realizadas en torno al funcionamiento de los procesos geomorfológicos e hidrológicos y las actuaciones antrópicas que dan lugar a las inundaciones en cuencas fluviales mediterráneas, aspectos todos ellos que han sido objeto de estudio por Joan Mateu Bellés (Mateu Bellés, 1992; Perles, 2020). La finalidad última es mostrar cómo la obra de Joan Mateu Bellés ha contribuido con enfoques innovadores y, como argumentaremos, de gran relevancia para las SbN a la prevención de inundaciones, el mantenimiento del lecho del río y la restauración de llanuras aluviales.

Las inundaciones como recurso y como riesgo

Las inundaciones resultan necesarias para el correcto funcionamiento de muchos ecosistemas fluviales porque el desbordamiento asegura abastecimiento hídrico suficiente a las zonas húmedas adyacentes. (...) El agua presenta, por lo tanto, dos facetas íntimamente ligadas: la de recurso y la de riesgo (Mateu Bellés et al., 2000, p. 11).

Las inundaciones constituyen uno de los mejores ejemplos de la dualidad recurso-riesgo asociada a los ecosistemas acuáticos y su capacidad de proporcionar valores económicos y ambientales. Sin embargo,

la línea entre los recursos y los riesgos es muy fina, y el gran reto en la gestión ha sido y continúa siendo encontrar un balance positivo entre los beneficios que conlleva el desarrollo de actividades humanas en estos espacios y los daños derivados del impacto de las inundaciones. Hasta hace relativamente poco tiempo ha dominado la opinión que favorecía la transformación de estos espacios para beneficio de actividades productivas y de asentamiento de poblaciones, pero poco a poco se va afianzando la percepción de que la conservación o recuperación de sus ecosistemas naturales también genera unos beneficios difíciles de cuantificar en términos económicos, pero no tanto en términos de los servicios socioambientales que ofrecen (MEA, 2005; Grizzetti et al., 2016). Por ello, el fomento e implantación de SbN frente a las inundaciones encuentra en los valores ambientales de los espacios inundables argumentos muy sólidos para su potenciación como estrategia de gestión frente a este riesgo. La conservación o restauración ecológica de espacios naturales no solo ayuda al control de las crecidas reduciendo la velocidad y la magnitud de los caudales, sino también almacenando temporalmente las aguas de avenida. Los espacios fluviales naturales se encuentran, junto a los humedales, entre los ecosistemas más productivos del planeta, ya que la presencia de agua permite la vida de multitud de especies (Mitsch y Gosselink, 2015). Por último, y tal y como sostiene Joan Mateu Bellés en la frase que encabeza este apartado, las zonas inundables facilitan la infiltración, purifican el agua y recargan acuíferos, funciones estas imprescindibles para el abastecimiento hídrico tanto de las zonas húmedas como de la población y las actividades productivas.

Si las inundaciones serán más probables con el cambio climático, el desafío no es solo aprender a convivir con ellas, sino también apreciar los múltiples beneficios que pueden proporcionar si se gestionan adecuadamente. El debate sobre los beneficios que en este sentido brindan las SbN encuentra, en este contexto, un marco idóneo para su mayor difusión y aceptación social.

El valor de la conservación, recuperación y gestión de las ramblas, barrancos, torrentes y otros cauces secos

Las ramblas son un recurso limitado y, como tal, debe ser gestionadas. Es necesario conocer cómo se ajusta el sistema a la degradación que padecen, especialmente aquellas más accesibles a las zonas habitadas (extracción de áridos, vertederos, etc.). ¿cómo afectan las diversas actuaciones a la evolución de los picos de avenida, sobre el transporte sólido, en la evolución geomorfológica costera...? (Mateu Bellés, 1989, p. 148).

El desarrollo y la aceptación política y social de las SbN como estrategias frente a las inundaciones son particularmente difíciles en el caso de los cursos fluviales mediterráneos de carácter efímero. Muchos de ellos han perdido totalmente su condición de recurso para la sociedad y ganan en su dimensión de riesgo, hasta el extremo de que en muchos casos se ha optado por eliminarlos o marginarlos totalmente del entramado urbano en beneficio de un crecimiento urbanístico consumidor de territorio que los transforma en espacios artificializados, desprovistos de los valores ambientales, sociales o paisajísticos, pero que, sin embargo, se resisten a desaparecer. Son numerosos los ejemplos, especialmente en ámbitos urbanos y periurbanos, en que la percepción social los asocia mayoritariamente con espacios contaminados y degradados, causantes periódicamente de inundaciones repentinas que ocasionan daños materiales e

incluso pérdidas humanas. Mientras la restauración fluvial de los ríos y otros cursos de agua permanente gana adeptos por identificarse con espacios que se convierten rápidamente en elementos generadores de calidad ambiental, social y paisajística, ello es mucho más difícil que suceda en los proyectos de restauración de cursos mediterráneos efímeros.

La puesta en valor de las ramblas y arroyos, y el reconocimiento de su papel, de sus valores geomorfológicos e hidrológicos y de sus servicios ecosistémicos, son totalmente necesarios para entender su grado de resiliencia y contribución a la adaptación al cambio climático (Ollero et al., 2021). Los estudios de Joan Mateu Bellés y de la Escuela Valenciana de Geografía sobre la incidencia de la actividad humana en la dinámica y morfología natural de los cauces y el comportamiento hidrodinámico de los ríos y ramblas en los episodios de avenida han contribuido a aportar conocimientos útiles en el momento de plantear y diseñar proyectos de restauración fluvial en estos cursos mediterráneos efímeros. De entrada, la amplitud del cauce de las ramblas en sus tramos medio y bajo indica, por sí misma, la adaptación del medio fluvial a la irregularidad del régimen de crecidas y a la dinámica de la carga sólida transportada en cada avenida (Mateu, 1989). Las sociedades ribereñas tradicionales habían recolectado las aguas de avenida durante los episodios de precipitaciones de fuerte intensidad mediante la instalación de infraestructuras en los lechos de las ramblas (boqueras) para, posteriormente, ser canalizadas hasta los campos de cultivo o bien para almacenarse en cisternas para uso doméstico (Morales, 1969; Morote, 2013). Este tipo de aprovechamiento generaba, a su vez, un control de la torrencialidad y de los procesos de erosión. La desaparición de esta práctica ha conllevado que actualmente, en los momentos de episodios de lluvia de fuerte intensidad horaria, la arroyada superficial se vea acelerada, lo que provoca un aumento considerable de los caudales circulantes y potencia la capacidad erosiva (Morales, 1986) y los efectos de las inundaciones (Hernández et al., 2020; Marco Molina et al., 2021). Cualquier SbN dirigida al control de las inundaciones en ramblas, torrentes y otros cursos efímeros de agua requiere tener bien presente todo este conocimiento geográfico acumulado durante décadas de investigación.

Las llanuras de inundación como unidades geomorfológicas en evolución dinámica

La geomorfología fluvial (abierta a desarrollos paralelos de geoarqueología, paleohidrología y paleoclimatología) permite evaluar los cambios seculares de los lechos aluviales. Es una vía capaz de evaluar la compleja respuesta de los sistemas fluviales al cambio ambiental y los impactos antrópicos. Al mismo tiempo, una correcta interpretación de las metamorfosis seculares de los cauces puede contribuir a prever futuras tendencias evolutivas, a mejorar las estrategias de regulación de los ríos y a maximizar los recursos dedicados a la conservación ambiental y a la gestión de los riesgos (Mateu Bellés, 1983, p. 184).

El diseño e implementación de proyectos de restauración fluvial requiere de una comprensión profunda de la dinámica de las llanuras de inundación y de la forma en que los cursos fluviales pueden reaccionar a los cambios ambientales. Desde el ámbito de la geomorfología fluvial se ha profundizado en el conocimiento temático sobre el funcionamiento de los procesos hidrogeomorfológicos que dan lugar a las inundaciones (Mateu Bellés, 1992; Perles, 2020). Normalmente, la información se apoya en el estudio detallado de episodios ya ocurridos y en casos de estudio como son pequeñas cuencas fluviales mediterráneas o tramos de algunos ríos peninsulares. Sin lugar a duda, uno de los mejores ejemplos lo

tenemos en el número monográfico de *Cuadernos de Geografía* (32/33) dedicado a la catástrofe de la Ribera del Júcar de octubre de 1982 (VV. AA., 1983). Este monográfico evidenció en su momento las importantes aportaciones de la geografía valenciana al estudio de las inundaciones mediterráneas, dedicando una atención especial a cómo este tipo de episodios dinamizan buena parte de los sistemas fluviales levantinos a partir de profundos cambios morfológicos derivados de caudales sólidos y líquidos extraordinarios.

La geomorfología fluvial aplicada requiere de la recopilación de datos históricos y un conjunto robusto de datos de campo que hagan posible la elaboración de la necesaria cartografía hidrogeomorfológica que ha de acompañar cualquier actuación de restauración o renaturalización fluvial pensada para restaurar las funciones de retención, expansión y reducción de potencia de los flujos de agua en la llanura de inundación. Las llanuras aluviales son, por lo tanto, sitios excepcionales de archivos paleoclimáticos e históricos, que registran la evolución hidroclimática a largo y corto plazo y las actividades humanas (usos del suelo, obras de ingeniería hidráulica) que afectan al curso fluvial y al conjunto de la cuenca (Mateu Bellés, 1990). Por lo tanto, su estudio se convierte en un factor clave para el diseño de SbN futuras de tipo preventivo frente a las inundaciones. En este sentido, uno de los resultados más relevantes de la geomorfología fluvial practicada por la escuela geográfica valenciana ha sido la elaboración de mapas geomorfológicos muy exhaustivos de las llanuras de inundación de las cuencas levantinas (por ejemplo, Carmona, 1997; Carmona y Ruiz, 2011 y 2014; Camarasa y Soriano, 2012; Climent y Segura, 2021).

En definitiva, la mejora del conocimiento de los procesos fluviales y los cambios geomorfológicos provocados por las inundaciones por parte de la población resulta muy relevante para que las SbN alcancen la necesaria aceptación social y política para ser implantadas con éxito. Demasiadas veces, acostumbrados a una gestión de los cursos de fluviales que pone el énfasis en la “limpieza” de cauces a fin de evitar posibles situaciones futuras de riesgo, se pasa por alto que estos supuestos “obstáculos a la circulación del agua” que son la acumulación de restos vegetales y sedimentos potencian la salud de los ecosistemas fluviales, la seguridad frente al riesgo de inundación y sus múltiples servicios ambientales.

CONCLUSIONES

El análisis hidrogeomorfológico de las cuencas –con sus diferentes ambientes y dinámicas– merece incluirse en un plan integral que aminore los costes de habitar en un llano de inundación, que preserve los valores ambientales y culturales y que compagine el funcionamiento hidráulico de los desbordamientos con el uso racional del territorio (Mateu Bellés, 2000, p. 257).

El éxito de las estrategias y medidas de fomento e implementación de SbN de renaturalización o restauración fluvial que incluyan entre sus objetivos la mejora en la gestión del riesgo de inundación solo se logrará si los procedimientos adoptados se ajustan al conocimiento experto sobre el carácter y el comportamiento de los cursos fluviales mediterráneos y las formas de ocupación humana en las llanuras de inundación. Se trata de un conocimiento particularmente necesario para el caso de los cursos efímeros mediterráneos, a fin de avanzar un paso más y proponer medidas de restauración específicas para cada contexto de inundación. En este sentido, la contribución de Joan Mateu y de la escuela valenciana de geomorfología e hidrología de cursos fluviales mediterráneos supone poner a disposición de técnicos

y políticos un conocimiento de gran calidad sobre las repercusiones de la acción antrópica sobre este elemento tan característico del medio natural mediterráneo. Pero, además, y quizá más relevante para las nuevas formas de gestión del riesgo derivadas de las denominadas SbN, los trabajos de Mateu y sus colegas aportan un conocimiento muy detallado sobre el comportamiento de las distintas variables que conforman los ciclos hidrológicos locales bajo condiciones extremas. Este conocimiento es precisamente el que puede movilizar de una manera óptima los ciclos hidrológicos en momentos extraordinarios de manera que el fenómeno de inundación pierda en su dimensión de riesgo y gane en su dimensión de recurso.

Sin embargo, tal y como sostiene Mateu (1992), la comprensión de los procesos fluviales y por tanto el conocimiento adquirido para mejorar la gestión del riesgo solo será posible a través de la colaboración entre geógrafos, ingenieros, hidrogeólogos, ecólogos y profesionales que sean capaces de aplicar un enfoque de “sistema fluvial” que conciba las inundaciones en la ecología de la cuenca, en la actividad económica y en las expectativas de la sociedad.

REFERENCIAS

- Albert, C., Schroter, B., Haase, D., Brillinger, M., Henze, J., Herrmann, S., Gottwald, S., Guerrero, P., Nicolas, C., & Matzdorf, B. (2019). Addressing societal challenges through nature-based solutions: How can landscape planning and governance research contribute? *Landscape and Urban Planning*, 182, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.10.003>
- Berga, L. (2017). Resiliencia territorial frente a las inundaciones. *Revista de Obras Públicas*, 3587, 74-81.
- Brookes, A. (1996). Floodplain restoration and rehabilitation. En Anderson, M. G., Walling, D. E., & Bates, P. D. (eds.). *Floodplain processes* (pp. 553-576). Chichester: Wiley.
- Camarasa, A. M. & Soriano, J. (2012). Flood risk assessment and mapping in peri-urban Mediterranean environments using hydrogeomorphology. Application to ephemeral streams in the Valencia region (eastern Spain). *Landscape and Urban Planning*, 104(2), 189-200. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.10.009>
- Carmona, P. (1997). La dinámica fluvial del Turia en la construcción de la ciudad de Valencia. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 31, 85-102.
- Carmona, P. & Ruiz, J. M. (2011). Historical morphogenesis of the Turia River coastal flood plain in the Mediterranean littoral of Spain. *Catena*, 86(3), 139-149. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2010.12.006>
- Carmona, P. & Ruiz, J. M. (2014). Procesos geomorfológicos en llanos de inundación y lagos costeros mediterráneos. El cambio ambiental histórico en la Albufera de Valencia (España). *Cuaternario y Geomorfología*, 28(3-4), 95-106.
- Castellar, J. A. C., Popartan, L. A., Pueyo-Ros, J., Atanasova, N., Langergraber, G., Säumel, I., ... & Acuna, V. (2021). Nature-based solutions in the urban context: Terminology, classification and scoring for urban challenges and ecosystem services. *Science of the Total Environment*, (779), 146.237. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146237>

- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) (2022). <https://www.cred.be/> (consulta: 2 de febrero de 2022).
- Climent, R. & Segura, F. (2021). Análisis de la evolución urbana y la peligrosidad de inundación en el término municipal de Castelló (1957-2018). *Cuadernos de Geografía*, 106, 71-98. <https://doi.org/10.7203/CGUV.106.19202>
- Cohen-Shacham, E., Andrade, A., Dalton, J., Dudley, N., Jones, M., Kumar, C., Maginnis, S., Maynard, S., Nelson, C. R., Renaud, F. G., Welling, R., & Walters, G. (2019). Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *Environ. Sci. Policy*, 98, 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.04.014>
- Comisión Europea (2015). *Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-Based Solutions & re-Naturing Cities*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union. <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/towards-eu-research-and-innovation-policy-agenda-nature-based-solutions-re-naturing-cities>
- Cortinovis, C. & Geneletti, D. (2018). Ecosystem services in urban plans: What is there, and what is still needed for better decisions. *Land use policy*, 70, 298-312. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.017>
- Eggermont, H., Balian, E., Azevedo, J. M. N., Beumer, V., Brodin, T., Claudet, J., ... & Le Roux, X. (2015). Nature-based solutions: new influence for environmental management and research in Europe. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 24(4), 243-248. <https://doi.org/10.14512/gaia.24.4.9>
- Frantzeskaki, N., McPhearson, T., Collier, M. J., Kendal, D., Bulkeley, H., Dumitru, A., Walsh, C., Noble, K., van Wyk, E., Ordonez, C., Oke, C., & Pinter, L. (2019). Nature based solutions for urban climate change adaptation: linking science, policy, and practice communities for evidence-based decision-making. *Bioscience*, 69, 455-466. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz042>
- Gobierno Vasco (2018). *Proyecto KLIMATEK 2016. Soluciones naturales para la adaptación al cambio climático en el ámbito local de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Guía metodológica para su identificación y mapeo*. https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/soluciones_naturales/es_def/adjuntos/SOLUCIONESNATURALES.pdf
- Grace, M., Balzan, M., Collier, M., Geneletti, D., Tomaskinova, J., Abela, R., ... & Dicks, L. V. (2021). Priority knowledge needs for implementing nature-based solutions in the Mediterranean islands. *Environmental Science & Policy*, 116, 56-68. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.10.003>
- Grizzetti, B., Lanzanova, D., Liqueste, C., Reynaud, A., & Cardoso, A. C. (2016). Assessing water ecosystem services for water resource management. *Environ. Sci. Policy*, 61, 194-203. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.008>
- Hernández, M., Saurí, D., & Morote, A. F. (2020). La gestión de las aguas pluviales en áreas urbanas: de riesgo a recurso. En López Ortiz, M. I. & Melgarejo, J. (eds.). *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes* (pp. 531-548). Alicante: Universidad de Alicante. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/109066>

- Huang, Y., Tian, Z., Ke, Q., Liu, J., Irannezhad, M., Fan, D., ... & Sun, L. (2020). Nature-based solutions for urban pluvial flood risk management. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 7(3), e1421. <https://doi.org/10.1002/wat2.1421>
- Laaser, C., Leipprand, A., de Roo, C., & Vidaurre, R. (2009). *Report on good practice measures for climate change adaptation in river basin management plans*. Bruselas: European Environment Agency. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-icm/products/icm-reports>
- Li, L., Collins, A. M., Cheshmehzangi, A., & Chan, F. K. S. (2020). Identifying enablers and barriers to the implementation of the Green Infrastructure for urban flood management: A comparative analysis of the UK and China. *Urban forestry & urban greening*, 54, s. 126-770. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126770>
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S. R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., Pell, A. N., Deadman, P., Kratz, T., Lubchenco, J., Ostrom, E., Ouyang, Z., Provencher, W., Redman, C. L., Schneider, S.H., & Taylor, W. W. (2007). Complexity of coupled human and natural systems. *Science*, 317(5844), 1513-1516. <https://doi.org/10.1126/science.1144004>
- Marco Molina, J. A., Giménez, P., & Prieto, A. (2021). Aprovechamiento tradicional de las aguas de avenida y transformaciones de los sistemas fluviales del sureste de la Península Ibérica: la Rambla de Abanilla-Benferri. *Cuadernos de Geografía*, 107, 149-174. <https://doi.org/10.7203/CGUV.107.21333>
- Malavoi, J. R., Bravard, J. P., Piégay, H., Héroin, E., & Ramez, P. (1998). *Determination de l'espace de liberté des cours d'eau*. Lyon : SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse.
- Martín-López, B., Gómez-Baggethun, E., & Montes, C. (2009). Un marco conceptual para la gestión de las interacciones naturaleza-sociedad en un mundo cambiante. *Cuides. Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible*, 3, 229-258. <http://www.ecomilenio.es/wp-content/uploads/2010/10/Martin-et-al-2009-CUIDES.pdf>
- Mateu Bellés, J. F. (1983). La ciència i la tècnica davant les revingudes del Xúquer (1635-1905): Notes preliminars. *Cuadernos de Geografía*, 32-33, 243-264. <https://ojs.uv.es/index.php/CGUV/article/view/15070/13766>
- Mateu Bellés, J. F. (1989). Ríos y ramblas mediterráneos. En Gil Olcina, A. & Morales Gil, A. (eds.). *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo* (pp. 133-151). Alicante: Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante y Caja de Ahorros del Mediterráneo.
- Mateu Bellés, J. F. (1990). Avenidas y riesgo de inundación en los sistemas fluviales mediterráneos de la Península Ibérica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 10, 45-86.
- Mateu Bellés, J. F. (1992). La Geografía de los Riesgos en España. En *La Geografía en España (1970-1990)* (pp. 241-245). Madrid: Asociación de Geógrafos Españoles y Real Sociedad Geográfica.
- Mateu Bellés, J. F. (2000). El contexto geomorfológico en las inundaciones de la Ribera del Júcar. *Cuadernos de Geografía*, 67-68, 241-260. <https://ojs.uv.es/index.php/CGUV/article/view/14555/13292>
- Mateu Bellés, J. F. & Camarasa Belmonte, A. M. (coords.) (2000). Las inundaciones en España en los últimos veinte años. Una perspectiva geográfica. *Serie Geográfica*, 9, 11-15.
- Millenium Ecosystem Assessment (MEA) (2005). *Ecosystems and human well-being: wetlands and water. Synthesis*. Washington, D. C.: World Resources Institute. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf>

- Mitsch, W. J. & Gosselink, J. G. (2015). *Wetlands*. John Wiley & Sons.
- Morales, A. (1969). El riego con aguas de avenida en las laderas subáridas. *Papeles del Departamento de Geografía, 1*, 167-183. <https://revistas.um.es/geografia/article/view/41261>
- Morales, A. (1986). Abandono y desorganización de los sistemas de riego de turbias. Su incidencia en la escorrentía. En *Los paisajes del agua. Libro jubilar dedicado al profesor Antonio López Gómez* (pp. 199-204). Valencia: Universidad de Alicante y Universidad de Alicante.
- Morote, A. F. (2013). El aprovechamiento de turbias en San Vicente del Raspeig (Alicante) como ejemplo de sistema de riego tradicional y sostenible. *Investigaciones Geográficas, 59*, 147-169. <https://doi.org/10.14198/INGEO2013.59.09>
- Nesshover, C., Assmuth, T., Irvine, K. N., Rusch, G. M., Waylen, K. A., Delbaere, B., Haase, D., Jones-Walters, L., Keune, H., Kovacs, E., Krauze, K., Kùlvik, M., Rey, F., van Dijk, J., Vistad, O. I., Wilkinson, M. E., & Wittmer, H. (2017). The science, policy and practice of nature-based solutions: an interdisciplinary perspective. *Science of the total environment, 579*, 1215-1227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106>
- Ollero, A. & Romero, R. (2007). Las alteraciones geomorfológicas de los ríos. En González del Tánago, M. (coord.). *Estrategia Nacional de Restauración de Ríos*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Ollero, A. (2015). *Guía metodológica sobre buenas prácticas en gestión de inundaciones. Manual para gestores*. Zaragoza. Proyecto Sud'eau2 del Programa de Cooperación Territorial del Espacio Sudoeste Europeo (SUDOE). http://observatoriagua.uib.es/repositori/in_ap_buenaspracticass.pdf
- Ollero, A. (2020). Crecidas, inundaciones y resiliencia: restauración fluvial contra los falsos mitos. En *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes* (pp. 549-568). Alicante: Universidad de Alicante. <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/109084/1/riesgo-inundacion-espana-1283-1292.pdf>
- Ollero, A., Ibisate, A., Granado, D., & Asua, R. R. D. (2015). Channel responses to global change and local impacts: Perspectives and tools for floodplain management, Ebro river and Tributaries, NE Spain. En *Geomorphic approaches to integrated floodplain management of lowland fluvial systems in North America and Europe* (pp. 27-52). Nueva York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2380-9_3
- Ollero, A., Conesa García, C., & Vidal-Abarca, M. R. (eds.) (2021). *Buenas prácticas en gestión y restauración de cursos efímeros mediterráneos: resiliencia y adaptación al cambio climático*. Murcia: FEDER, Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades / Agencia Estatal de Investigación, Editum (Ediciones de la Universidad de Murcia). <https://doi.org/10.6018/editum.2900>
- Parker, D. (1995). Floodplain development policy in England and Wales. *Applied Geography, 15*(4), 341-363. [https://doi.org/10.1016/0143-6228\(95\)00016-W](https://doi.org/10.1016/0143-6228(95)00016-W)
- Perles Roselló, M. J. (2020). Patrón territorial y generación del riesgo: aportaciones para una ordenación y gestión más eficaz de los territorios de riesgo. En *España, puente entre continentes: Aportación Española al 34.º Congreso de la Unión Geográfica Internacional, Estambul 2020* (pp. 97-124). Centro Nacional de Información Geográfica. https://realsociedadgeografica.com/wp-content/uploads/2021/02/Aportaci%C3%B3n-esp%C3%B1ola-UGI-Estambul-2020_ESP.pdf

- Ribas, A., Saurí, D., & Olcina, J. (2017). Sustainable Land Use Planning in Areas Exposed to Flooding: Some International Experiences. En Vinet, F. (ed.). *Floods* (pp. 103-117). Great Britain y United States: Elsevier y ISTE PRESS (2). <https://doi.org/10.1016/B978-1-78548-269-4.50008-1>
- Ribas, A., Olcina, J., & Saurí, D. (2020). More exposed but also more vulnerable? Climate change, high intensity precipitation events and flooding in Mediterranean Spain. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 29(3), 229-248. <https://doi.org/10.1108/DPM-05-2019-0149>
- Saurí, D., Roset, D., Ribas, A., & Pujol, P. (2001). The escalator effect in flood policy: the case of the Costa Brava, Catalonia, Spain. *Applied Geography*, 21(2), 127-143. [https://doi.org/10.1016/S0143-6228\(01\)00003-0](https://doi.org/10.1016/S0143-6228(01)00003-0)
- Sayers, P., Yuanyuan, L., Galloway, G., Penning-Rowsell, E., Fuxin, S., Kang, W., ... & Le Quesne, T. (2013). *Flood risk management: a strategic approach*. París: Unesco. <https://doi.org/10.1201/b13715-137>
- Segura, F. & Ollero, A. (2021). Cambios ambientales en los sistemas fluviales: nuevas metodologías, diversidad de casos e implicaciones para la gestión. *Cuadernos de Geografía*, 107, 7-20. <https://doi.org/10.7203/CGUV.107.23741>
- Tellman, B., Sullivan, J. A., Kuhn, C., Kettner, A. J., Doyle, C. S., Brakenridge, G. R., ... & Slayback, D. A. (2021). Satellite imaging reveals increased proportion of population exposed to floods. *Nature*, 596(7870), 80-86. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03695-w>
- VV. AA. (1983). La riada del Júcar (Octubre 1982). *Cuadernos de Geografía*, 32-33. Valencia: Universitat de Valencia. <https://ojs.uv.es/index.php/CGUV/issue/view/1069>
- Voiron-Canicio, C. & Fusco, G. (2021). Knowledge challenges of the geospective approach applied to territorial resilience. En *Ecosystem and Territorial Resilience* (pp. 57-83). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818215-4.00003-1>
- Warner, J. F., Van Buuren, A., & Edelenbos, J. (2013) (eds.). *Making Space for the River*. Londres: IWA Publishing.
- White, G. F. (1945). *Human Adjustments to Floods*. University of Chicago. Department of Geography, Chicago, IL.
- White, G. F., Kates, R. W., & Burton, I. (2001). Knowing better and losing even more: the use of knowledge in hazards management. *Environmental Hazards*, 3(3-4), 81-92. [https://doi.org/10.1016/S1464-2867\(01\)00021-3](https://doi.org/10.1016/S1464-2867(01)00021-3)

Cómo citar este artículo:

Ribas Palom, A. & Saurí Pujol, D. (2022). Las soluciones basadas en la naturaleza como estrategias en la gestión del riesgo de inundación. *Cuadernos de Geografía*, 108-109 (2), 819-832. <https://doi.org/10.7203/CGUV.109.23829>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.