

# H<sub>2</sub>O

## Gestión del agua



- PLANEACIÓN COMO PRIORIDAD
- PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD INVOLUCRADA
- VISIÓN INTEGRAL DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
- SINERGIA PÚBLICO PRIVADA CON RECTORÍA DEL ESTADO

## La **gestión** del **agua** en el Valle de México

El motor hidromorfológico y los retos de la restauración fluvial. **Alfredo Ollero** | Desafíos y logros de la gestión del agua en la capital. **Sacmex** | Aumento del nivel del mar. **Helios** | Hacer visible lo invisible. **Helios**



**SISTEMA DE AGUAS  
DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

Revista auxiliar de difusión del Sacmex dirigida a la población y profesionales interesados en el sector agua.



SISTEMA DE AGUAS  
DE LA CIUDAD DE MÉXICO

**Director general**  
Rafael Bernardo  
Carmona Paredes

**Gerente general  
de Coordinación  
Institucional de  
Operación y Servicios**  
Raúl Orthon  
San Martín Silva

**Directora general  
de Apoyo Técnico  
y Planeación**  
Claudia Lucía  
Hernández Martínez

**Directora general  
de Servicios a Usuarios**  
Dulce María  
Cruz Ulloa

**Director general  
de Administración**  
José María  
Castañeda Lozano

**Director general  
de Agua Potable**  
Sergio  
Ramos Tapia

**Director general  
de Drenaje**  
Santiago  
Maldonado Bravo



## AVISO AL LECTOR

*H<sub>2</sub>O Gestión del agua*, un instrumento informativo, de opinión y de debate respetuoso, fundamentado y sustantivo, está abierta a la participación de quienes deseen poner a consideración del Consejo Editorial sus puntos de vista. Puede hacernos llegar sus contribuciones a [helios@heliosmx.org](mailto:helios@heliosmx.org)

# Contenido

- 4 TEMA DE PORTADA**  
La gestión del agua  
en el Valle de México  
*César Herrera Toledo*

- 14 OPERACIÓN**  
Desafíos y logros de la gestión  
del agua en la capital  
*Sistema de Aguas  
de la Ciudad de México*



- 20 MEDIO AMBIENTE**  
El motor hidromorfológico  
y los retos de la restauración  
fluvial  
*Alfredo Ollero*



- 26 CAMBIO CLIMÁTICO**  
Aumento del nivel  
del mar  
*Helios*



- 32 AGUAS SUBTERRÁNEAS**  
Hacer visible lo invisible  
*Helios*



- 38 ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL**  
**40 BREVES**  
**41 CALENDARIO**  
**42 ARTE / CULTURA**



Revista auxiliar de difusión del Sacmex  
dirigida a la población y profesionales  
interesados en el sector agua.

Abril 2024

Portada: *Helena Lopes/Unsplash, Helios*

### Consejo Editorial

Ramón Aguirre Díaz  
Victor Hugo Alcocer Yamanaka  
Luis Eduardo de Ávila Rueda  
Victor Javier Bourguett Ortiz  
Rafael Bernardo Carmona Paredes  
Fernando González Villarreal  
César Herrera Toledo  
Adalberto Noyola Robles  
Adrián Pedrozo Acuña  
César Ramos Valdés  
Luis Robledo Cabello  
Jorge Carlos Saavedra Shimidzu

### Dirección Ejecutiva

Daniel N. Moser da Silva

### Dirección Editorial

Alicia Martínez Bravo

### Coordinación de Contenidos

Ángeles González Guerra

### Diseño

Diego Meza Segura

### Dirección Comercial

Daniel N. Moser da Silva

### Comercialización

Laura Torres Cobos

### Difusión

Bruno Moser Martínez

### Dirección Operativa

Alicia Martínez Bravo

### Realización

HELIOS COMUNICACIÓN  
+52 (55) 29 76 12 22



HELIOS  
COMUNICACIÓN



Los artículos firmados son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente la opinión del Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

Los textos publicados, no así los materiales gráficos, pueden reproducirse total o parcialmente siempre y cuando se cite la revista *H<sub>2</sub>O Gestión del agua* como fuente. Para todo asunto relacionado con *H<sub>2</sub>O Gestión del agua*, diríjase a [helios@heliosmx.org](mailto:helios@heliosmx.org).

*H<sub>2</sub>O Gestión del agua*, publicación trimestral. Abril de 2024. Editor responsable: Daniel N. Moser. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2013-072517282900-102. Certificado de Licitud de Título y Contenido: 16133. Domicilio de la publicación: Nezahualcóyotl 109, col. Centro, alcaldía Cuauhtémoc, 06080 Ciudad de México. Impresión y distribución: Helios Comunicación, S.A. de C.V., 8 de Septiembre 42, col. Daniel Garza, alcaldía Miguel Hidalgo 11830, Ciudad de México.

*H<sub>2</sub>O Gestión del agua* es una revista auxiliar de difusión del Sacmex dirigida a la población y profesionales interesados en el sector agua. Nezahualcóyotl 109, Col. Centro, Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06080, Ciudad de México. Costo de recuperación \$60, números atrasados \$65. Suscripción anual \$625.



# El motor hidromorfológico y los retos de la restauración fluvial



ALFREDO OLLERO

Profesor de Geografía Física, Universidad de Zaragoza, España.

La hidrología y la geomorfología fluvial se integran en la hidromorfología, que es tanto una ciencia como su objeto de estudio y explica el funcionamiento del río y su estructura: no solo el esqueleto, también su circulación, sus órganos principales y su salud. La hidromorfología como ciencia es por tanto clave para estudiar ríos, diagnosticar su estado y proponer medidas de restauración. La hidromorfología como funcionamiento fluvial básico, complejo y dinámico es la base de la resiliencia, de la biodiversidad y de la salud fluvial y, por tanto, de la recuperación de ríos dañados. Todo ello es clave y relevante, sin embargo la hidromorfología ha sido hasta ahora muy poco conocida y muy poco valorada en escala socioambiental.

## El motor hidromorfológico

Los ríos son sistemas naturales muy complejos, pero su principal función en el planeta es conectar continentes y mares transportando agua y sedimento. La mayor eficiencia de esta función se consigue con caudales altos y crecidas. Por ello las crecidas pueden considerarse el motor del funcionamiento hidrológico y geomorfológico fluvial: construyen, dimensionan y ajustan los cauces para ese transporte eficaz; dotan al río de resiliencia, distribuyen y clasifican el sedimento lítico y la madera, generan complejidad geomórfica, nuevos hábitats y diversidad; limpian el cauce, recargan los acuíferos, controlan las poblaciones de seres vivos y eliminan invasoras; conectan el cauce con los terrenos laterales inundables intercambiando alimentos y fertilizando la llanura de inundación, aumentan las poblaciones piscícolas y proporcionan arena a las playas. Las crecidas se acompañan de un sistema de autorregulación que ordena, controla y ralentiza todo el proceso por rugosidad en el cauce, con espacios inundables laterales que laminan caudal por desbordamiento y disipan energía, así como almacenes

El objetivo de este artículo es poner en valor la hidromorfología fluvial como base para la restauración y la gestión, explicando la situación actual en el contexto de la Península Ibérica y el sur de Europa. La restauración fluvial con base hidromorfológica avanza, pero es todavía un reto complicado que requiere cambiar de mentalidad, vencer inercias y apostar por medidas basadas en la adaptación y el respeto al funcionamiento fluvial natural.

temporales de sedimento en conos aluviales, barras y morfologías, escalonando el transporte. El río no solo se regula a sí mismo, sino también al mar, con sus aportes de agua dulce, sedimento y nutrientes, así como a la dinámica litoral.

En suma, el motor hidromorfológico funciona con caudales hídricos y sólidos y con la pendiente, como ya explicara Lane (1955), y se regula con la propia complejidad y la anchura del cauce y con la rugosidad de las formas fluviales, el tamaño

del sedimento, de la madera y de la vegetación; conforma todo ello un equilibrio, dinámico y resiliente, que se rompe continuamente cuando la energía aumenta y domina la erosión, o cuando disminuye y domina la sedimentación (Ollero, 2017). El motor transporta sedimento con caudales altos y además construye el cauce en crecida. Por ello son fundamentales el caudal formativo o geomórfico (situación *bankfull* a orilla llena) y la carga de fondo como sedimento formativo, constructores del cauce y



Radek, Jędrzak / Unsplash



## ► Medio ambiente

El motor hidromorfológico  
y los retos de la  
restauración fluvial

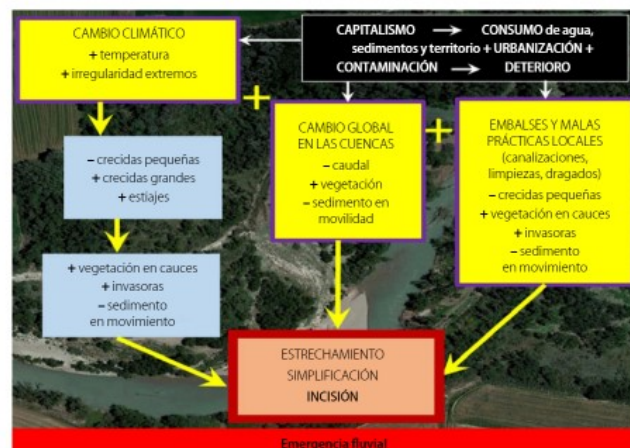


Figura 1. Impactos acumulativos y sinérgicos que provocan estrechamiento e incisión.

creadores de heterogeneidad geomórfica (Scott *et al.*, 2022), y con ello de geodiversidad y biodiversidad, lo que será clave en la restauración fluvial (García *et al.*, 2021).

De todos estos procesos pueden derivarse unos indicadores hidromorfológicos del funcionamiento fluvial, útiles para caracterizar ríos y para diagnosticar y evaluar su estado, empleados en índices como el IHG o índice hidromorfológico (Ollero *et al.*, 2007) o el RQI (*riparian quality index*) (Rinaldi *et al.*, 2013), entre otros muchos. Esos indicadores son la dinámica vertical (incisión o bien acreción), la pendiente y su secuencia longitudinal (saltos y pozas, rápidos y remansos, etc.), el caudal *bankfull* y la potencia específica, el tamaño, clasificación y acorazamiento del sedimento, la heterogeneidad transversal, las conectividades (longitudinal, lateral y vertical), el grado de contracción o estrechamiento del cauce y su grado de colonización vegetal. Observar y medir estos indicadores es un trabajo fundamental para el conocimiento y la gestión de ríos, para lo cual se requiere formación hidromorfológica y experiencia, teniendo en cuenta la enorme diversidad de los sistemas fluviales en cualquier territorio.

### El deterioro fluvial en el Antropoceno

Este funcionamiento fluvial ha sido intensamente alterado en las últimas décadas en España y el sur de Europa muy claramente en la segunda mitad del siglo XX, el Antropoceno fluvial (Ollero *et al.*, 2021). En este periodo el capitalismo y el neoliberalismo creciente han desarrollado y generalizado una economía basada en el crecimiento, la codicia y el consumo, destructora de los sistemas naturales. Los ríos se han convertido en fieles y excelentes indicadores de esta destrucción medioambiental en todas sus manifestaciones, incluido el cambio climático. La evaluación hidromorfológica se ha convertido así en una herramienta básica para comprobar los efectos de este deterioro y explicar sus causas. El

capitalismo ha robado agua y sedimento y ha ocupado cauces; ha producido ríos estabilizados y regulados, envasados en canalizaciones, invadidos, estrechados, simplificados, homogeneizados –“no ríos”, en el sentido de Bauman (2000)–, encajados (incisión), e incluso ha extinguido algunas tipologías fluviales, como los cauces trenzados de piedemonte (Piégay *et al.*, 2009).

Un problema actual en muchos ríos europeos, con tendencia a incrementarse y generalizarse para convertirse en una auténtica emergencia fluvial, es el de la incisión. En su origen se suman de forma sinérgica varios procesos, como el propio cambio climático, el cambio global al que han asistido las cuencas en el Antropoceno, y los cambios locales provocados por embalses, presas, encauzamientos, ocupaciones y dragados (figura 1). Todo ello ha provocado una reducción de caudales, una disminución aún más notable de sedimentos en movilidad y un aumento de la vegetación en el propio lecho fluvial, y las consecuencias son el estrechamiento y la simplificación del cauce activo y sobre todo la incisión (figura 2), dramática en cada vez más ríos (Ferrer-Boix *et al.*, 2023) y asociada en ocasiones a procesos de subsidencia y descensos notables del nivel freático.

## Medio ambiente ◀

El motor hidromorfológico  
y los retos de la  
restauración fluvial

En concreto en España, la destrucción de ríos desde 1950 se ha debido a las siguientes causas principales: a) el abandono rural de las zonas de montaña y el crecimiento urbano y de infraestructuras en otras muchas áreas; b) la proliferación de grandes embalses y grandes áreas de regadío, principales responsables de la drástica reducción de caudales circulantes; c) una política de “correcciones” hidrológico-forestales mediante pinos y presas en todas las cuencas; d) un clima modificado, con temperaturas y evaporación más altas, sequías más largas y menos crecidas formativas; e) la proliferación de malas prácticas locales (canalizaciones, dragados, incluso plantaciones en los propios cauces); f) una nefasta gestión del riesgo de inundación mediante planes de defensa de choque frontal sin adaptación ni imitación al río; y g) la expansión de modas urbanas: parques fluviales, domesticaciones e inversiones urbanísticas “pormishuevistas” (Harley, 2023) de nula integración ambiental. En suma, podría hablarse de una tecnocracia fluvial asociada al desarrollo socioeconómico, con actividades que consumen territorio (espacio fluvial), agua y sedimentos y con exigencias sociales de seguridad frente

a inundaciones, estabilidad frente a dinámica y modas y modelos urbanos frente a naturalidad (Ollero, 2023).

### El reto de restaurar ríos

La situación hidromorfológica actual de la mayoría de los tramos fluviales es negativa, como consecuencia de lo señalado en el apartado anterior. La restauración fluvial se convierte así en una necesidad y en un gran reto del siglo XXI. Es incluso una obligación moral tras los destrozos ejecutados en el Antropoceno y es imprescindible para nuestra supervivencia como especie. Por tanto, el objetivo de la restauración fluvial es sencillamente que los ríos puedan volver a ser ríos, dinámicos, cambiantes, con un espacio suficiente para que recuperen su libertad. Los ríos fluyendo libres nos daban más y mejores alimentos, un aire más sano, beneficios bioclimáticos, conexión con el agua subterránea, temperatura más baja y menos evaporación, más complejidad geomorfológica, nuevos hábitats, más biodiversidad, acumulación y fijación de carbono, menos contaminantes, menos especies invasoras, más playas y más biodiversidad marina. En suma, nos



Figura 2. Incisión y erosión remontante en el río Bernesga (León), un caso crítico.



## ► Medio ambiente

El motor hidromorfológico  
y los retos de la  
restauración fluvial

ofrecían servicios ecosistémicos y ambientales, es decir, salud para el planeta, para nuestra especie y para cada persona.

La complejidad y la dinámica hidromorfológica son la base de la resiliencia, de la biodiversidad y de la salud fluvial. La conservación y la restauración de ríos deberían ser fundamentalmente geomorfológicas. Nuestros ríos solo estarán bien cuando se respeten y protejan sus crecidas y su geomorfología. Restauración fluvial es recuperar los procesos naturales del río restableciendo su estructura, sus funciones, su territorio, su dinámica y, con ello, su resiliencia, a partir de la eliminación de los impactos y a lo largo de un proceso en el que trabaja el río, con sus crecidas, hasta alcanzar un funcionamiento natural y autosostenible (Ollero, 2015). Es por tanto una restauración fundamentalmente hidromorfológica y pasiva, y nos permite recuperar naturalidad, dinámica, conectividades, espacio, heterogeneidad, diversidad, funcionalidad, y también mitigación de riesgos, y con todo ello educación fluvial y salud ambiental.

Las líneas de trabajo de la restauración fluvial son o deberían ser las siguientes:

- Recuperar caudales naturales y crecidas geomórficas.
- Recuperar sedimentos movilizables, tanto líticos como leñosos.
- Reducir presiones e impactos en toda la cuenca y ordenar usos del territorio.
- Eliminar barreras y obstáculos en los cauces, o en su defecto facilitar pasos para sedimentos y seres vivos.
- Prohibir dragados, extracciones, plantaciones y cualquier otra alteración de la geomorfología de fondo del cauce.
- Dar más espacio al río (territorio fluvial).
- Desencauzar, descanalizar y permitir la erosión, las dinámicas y conectividades.
- Eliminar especies invasoras.
- Denunciar y prohibir malas prácticas habituales, como las "obras de emergencia" y las falsas restauraciones.
- Educar, concienciar en lo fluvial y en los riesgos.
- Proteger y conservar ríos porque son ríos (crecidas, sedimento, procesos, formas).
- Promover una gestión adaptativa e integrada de los recursos, de los riesgos y del territorio.
- No hacer nada (solo seguimiento científico), dejar trabajar al río, dejar al río en paz.

En todo ello se está empezando y se avanza lentamente; destaca el derribo de presas (figura 3) y obstáculos como la acción más realizada en Europa, así como la devolución de espacio al río (figura 4) y algunas recuperaciones de conectividades. También se trabaja en la eliminación de especies exóticas como la caña (*Arundo donax*) en el ámbito mediterráneo.

Es muy importante asociar la restauración fluvial a la gestión de riesgos. Por un lado, porque la restauración es realmente útil para reducir el riesgo. Por otro lado, porque puede fomentarse y venderse mejor con ese objetivo. En este sentido, es necesaria y urgente una nueva gestión de los riesgos asociados a los sistemas fluviales, como la inundabilidad o la erosión. Esa nueva gestión debe tener el objetivo de conseguir resiliencia territorial en un contexto de emergencia climática y fluvial. Y para lograr ese objetivo, la gestión debe apoyarse en cuatro grandes bases: a) la conservación de la naturaleza de los procesos, es decir, el respeto y la necesidad de que haya crecidas, inundaciones y erosión; b) la adaptación humana como criterio fundamental asociado a la ordenación del territorio; c) la restauración fluvial



**Figura 3.** Derribo de una presa en el río Adaja (Árvalo); en España se han derribado más de 700.

## Medio ambiente ◀

El motor hidromorfológico  
y los retos de la  
restauración fluvial



**Figura 4.** Devolución de espacio al río Aragón mediante retranqueo de un dique (Caparrosa).

hidromorfológica y adaptativa como gran herramienta de gestión; d) la educación ambiental como recurso fundamental de concienciación social sobre el valor y la necesidad de las crecidas, de la erosión, de la inundación, del sedimento, en suma, del río como sistema hidromorfológico.

Pero en la situación actual, dominada por el capitalismo y el neoliberalismo, la auténtica restauración fluvial es muy difícil, por eso hablamos de un gran reto. Porque el respeto al funcionamiento del río y a su trabajo es todavía una quimera. Porque el motor hidromorfológico tiene que encontrarse en buen estado, lo cual es imposible con tantas presiones e impactos. Porque la restauración tiene que integrarse con la gestión de riesgos y en la ordenación del territorio, que deben adaptarse al río, lo cual está aún lejos de poder hacerse. Porque la sociedad en su conjunto debe entender y respetar que el río es un bien común que debe fluir en libertad y que las crecidas son necesarias, frente a tantas inercias y falsos mitos que hacen de esta necesidad otra quimera. Y, en suma, porque habrá que cambiar el modelo y decrecer, sin codicia y reduciendo el consumo (no va a quedar otra para afrontar la crisis climática y ambiental), pero estamos muy lejos de poder hacer esta realidad.

### Conclusión

Restaurar es recuperar ríos libres que desarrollen su motor, las crecidas, y sus funciones hidromorfológicas para así darnos

salud global. Para ello es imprescindible un cambio de mentalidad y educar a todas las sociedades para cambiar la gestión hacia la adaptación, la salud y el decrecimiento. El gran reto de la restauración fluvial será la herramienta clave para conseguir esos objetivos y lograr la resiliencia de los ríos, del territorio y de las personas ◀

### Referencias

- Bauman, Z. (2000). *Liquid modernity*. Cambridge: Polity Press.
- Ferrer-Boix, C., et al. (2023). Massive incision and outcropping of bedrock in a former braided river attributed to mining and training. *Geomorphology* 436.
- García, J. H., et al. (2021). Promoting fluvial geomorphology to "live with rivers" in the Anthropocene era. *Geomorphology* 380.
- Harley, E. (2023). *Pormishuevismo: un movimiento artístico*. Barcelona: Blackie Books.
- Lane, E. W. (1995). The importance of fluvial morphology in hydraulic engineering. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers* 81: 1-17.
- Ollero, A. (2017). *Hidromorfología y geodiversidad: el patrimonio fluvial*. Centro de Documentación del Agua y del Medio Ambiente, Ayuntamiento de Zaragoza.
- Ollero, A. (2023). Los paisajes fluviales peninsulares en un contexto de cambio hidroclimático ambiental: los retos de la gestión de riesgos y de la restauración. En: Zaragoza, M. F. (Coord.) *El Bajo Segura como enclave hidroclimático: territorio, economía y paisaje*: 287-318. Valencia: Tirant.
- Ollero, A., et al. (2007). Un índice hidromorfológico (IHG) para la evaluación del estado ecológico de sistemas fluviales. *Geographica* 52: 113-141.
- Ollero, A., et al. (2021). Updated knowledge on floods and risk management in the Middle Ebro River: the "Anthropocene" context and risk resilience. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 47: 73-94.
- Piéguay, H., et al. (2009). Census and typology of braided rivers in the French Alps. *Aquatic Sciences* 71: 371-388.
- Rinaldi, M., et al. (2013). A method for the assessment and analysis of the hydro-morphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology* 180-181: 96-108.
- Scott, D. N., et al. (2022). Geomorphic heterogeneity as a framework for assessing river corridor processes and characteristics. *River Research and Applications* 10(38): 1893-1901.