

EL AGUA EN EL AULA: ¿CÓMO ENSEÑAR SU NUEVA DIMENSIÓN?

Carolina Martínez Santa-María

Unidad Docente de Hidráulica e Hidrología. Departamento de Ingeniería Forestal. Grupo de investigación “Ecología y gestión forestal sostenible”. EUIT Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria s/n. 28040-MADRID (España). Correo electrónico: carolina.martinez@upm.es

Resumen

La Directiva Marco del Agua y la Directiva de Inundaciones han conformado una nueva manera de entender el agua en la Unión Europea. Paralelamente el panorama educativo universitario ha sido renovado con el proceso de Bolonia y la creación del Espacio Europeo de Educación Superior. Estamos pues ante una oportunidad única, la Universidad ofrece la posibilidad de cambiar contenidos, métodos y procedimientos y desde Europa se formulan nuevos paradigmas en los aspectos más relevantes de la gestión hídrica.

Palabras clave: *Educación universitaria, Hidrología forestal, Hidráulica*

EL POR QUÉ DE ESTA PONENCIA

Durante los últimos años la enseñanza de los temas relacionados con el agua ha experimentado una profunda revolución en el ámbito universitario y singularmente en el vinculado con temas forestales y medioambientales.

Hemos pasado, prácticamente sin solución de continuidad, de una visión, en la que el agua era entendida casi exclusivamente como agente erosivo, y su estudio giraba en torno al ciclo hidrológico y sus componentes, y a las medidas estructurales necesarias para su regulación y protección del hombre y sus intereses, a una perspectiva pluridimensional.

Hoy en día, el agua necesita ser estudiada no sólo como agente a controlar, sino también como recurso a gestionar, como bien a valorar y como elemento básico del ecosistema a preservar.

¿Y la enseñanza del agua en nuestras aulas? ¿Podemos hablar de cambio, renovación, diversificación? ¿Estamos en nuestras universidades

atendiendo al ritmo adecuado las necesidades de técnicas, conocimientos y habilidades que esta nueva percepción del agua reclama para los futuros titulados?

Formuladas estas preguntas, quisiera confesar que con esta ponencia sólo persigo darme un público tirón de orejas. Eso sí, seguido de una leve palmadita en la espalda que me transmita algo así como “ánimo, aún estamos a tiempo, hay mucho por hacer”.

Es este un tirón de orejas que si bien hago público hoy, viene acompañándome desde hace ya cierto tiempo. Una especie de ducha fría intelectual que intento aplicarme todas las mañanas para llegar al trabajo bien despierta.

UNA NUEVA MANERA DE ENTENDER EL AGUA

Esta nueva dimensión del agua ha venido anunciándose por vías muy diferentes desde hace más de una década.

Mirando hacia atrás, el verdadero germen de este cambio conceptual se encuentra en la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE). A raíz de su implementación se construye en Europa una nueva manera de entender el agua. De recurso con un uso puramente consuntivo, esta nueva visión valora el agua como factor clave para la conservación de los sistemas vivos asociados a ella.

El agua es, a partir de este momento, por imperativo legal, un bien a preservar y se fijan horizontes temporales y protocolos científico-técnicos para alcanzar su buen estado.

Esta circunstancia origina una auténtica revolución en la gestión de los recursos hídricos en nuestro país.

En esta nueva etapa que se abre son indispensables disciplinas también nuevas que capaciten a los técnicos encargados de esta gestión, para desarrollar el conjunto de actividades que bajo compromiso comunitario y con fecha límite deben estar resueltos con un nivel mínimo de calidad.

Para la consecución de este abanico pluridisciplinar de objetivos se hacen imprescindibles - en una relación que no persigue ser exhaustiva-, las siguientes destrezas y capacidades:

- conocimientos avanzados para entender el comportamiento no sólo de las aguas superficiales, sino también de las subterráneas, costeras y de transición, tal y como recoge la Directiva Marco del Agua
- aplicaciones informáticas que formuladas con modelos distribuidos o semidistribuidos permitan caracterizar el comportamiento hidrológico de la cuenca, y simular su respuesta ante diferentes propuestas de gestión de sus usos y recursos
- nuevos procedimientos para el control de la escorrentía superficial y la conservación de suelos, que puedan complementar e incluso reemplazar en muchas ocasiones a las medidas estructurales tradicionales. Dentro de este grupo, actualmente en continua evolución, pueden citarse entre otras las nuevas técnicas de ordenación de cultivos y la enorme panoplia de actuaciones de bioingeniería. Estas últimas son actuaciones destacables por su multifuncionalidad y versatilidad ya que consiguen junto a la mejora estructural del terreno, una indudable mejora ambiental, siendo además adaptables a

situaciones morfológicas, ecológicas y de complejidad técnica muy diversas

- herramientas que permitan conocer el funcionamiento de los ecosistemas fluviales, antes relegados en los estudios globales a nivel de la cuenca, y ahora imprescindibles en el nuevo panorama europeo para la conservación del recurso agua y de sus ecosistemas asociados
- técnicas para caracterizar y clasificar los regímenes hidrológicos, adaptables a las peculiaridades de nuestro ámbito mediterráneo y susceptibles de ser aplicadas en función de las diferentes disponibilidades de datos
- procedimientos para la obtención de series de caudales sintéticos (con periodicidad mensual y/o diaria) con las que recuperar el régimen natural perdido, en esa búsqueda constante del estado de referencia que la Directiva propugna
- metodologías que permitan valorar el grado de alteración hidrológica y estrategias para la propuesta de medidas correctoras, que incluyan desde la definición de regímenes ambientales de caudales hasta la formulación de protocolos y normas de explotación de embalses. Dichas propuestas deberán garantizar también su correcta implementación, considerando por ejemplo el control de la calidad del agua vertida y las operaciones de brusco desembalse, así como el estudio de situaciones singulares tales como períodos de sequías extremas o actuaciones para la recuperación del régimen de caudales sólido, componente fluvial siempre muy afectado por las grandes infraestructuras
- protocolos de análisis de la calidad de los ecosistemas acuáticos basados en indicadores biológicos, hidromorfológicos y físico-químicos
- imprescindibles en esta nueva gestión orientada hacia la conservación, son las metodologías y técnicas de restauración y rehabilitación de los ecosistemas fluviales, que permitan mitigar las afecciones existentes, y capaciten para el diseño de actuaciones orientadas a recuperar funciones vitales de nuestros ríos, desde las más clásicas vinculadas al bosque ripario y a la ictiofauna, hasta otras no siempre antes atendidas con la misma profundidad, tales como la dinámica sedimentaria, la geomorfológica o las funciones sociales, recreativas y paisajísticas

- también es fundamental para el cumplimiento de los objetivos de la Directiva, conocer e implementar técnicas de modelización del hábitat fluvial, que evalúen la capacidad de nuestros tramos fluviales para satisfacer las necesidades de la ictiofauna o de otros componentes clave del ecosistema en sus diferentes etapas de desarrollo

Los conocimientos hidráulicos necesarios en este nuevo contexto europeo, también deben enriquecerse y diversificarse con facetas ambientales que capaciten técnicamente para:

- el diseño de estructuras de paso que mitiguen el efecto barrera de las obras transversales y atiendan en su dimensionado, ubicación y comportamiento hidráulico a los requerimientos biológicos y a las capacidades natatorias de las especies afectadas
- la adecuación ambiental de caños, cunetas, desagües y vados, que constituyen en muchos puntos de nuestra red fluvial verdaderas barreras infranqueables para la libre transitabilidad de la ictiofauna
- el correcto dimensionado, ejecución y mantenimiento de las actuaciones de bioingeniería en cauces fluviales, que junto a la estabilidad estructural de taludes, lechos y zonas inestables fomentan la diversidad del biotopo hidráulico y favorecen funciones y procesos del ecosistema afectado
- el diseño de las conducciones de agua destinadas a satisfacer las necesidades hídricas de las cubiertas vegetales asociadas a medidas restauradoras de impacto ambiental, o existentes en zonas verdes urbanas o periurbanas. En todas estas actuaciones la red de riego deberá diseñarse optimizando el aprovechamiento del recurso agua y garantizando su uso racional mediante un correcto diseño agronómico e hidráulico y mediante el empleo de los múltiples avances tecnológicos hoy disponibles
- la planificación de infraestructuras hidráulicas para la lucha contra incendios forestales, que incluya un estudio exhaustivo de los puntos de agua existentes, de sus características, estado y funcionalidad, y una propuesta de las mejoras oportunas para su optimización. Además se deberá contemplar la construcción de nuevos puntos de agua que

optimicen tanto la disponibilidad del recurso como la efectividad frente al ataque, tales como hidrantes –muy efectivos al permitir la carga a presión- o cañones de riego –de gran utilidad para la prevención de incendios en bandas perimetrales de zonas periurbanas-.

Muchas de las disciplinas anteriormente citadas no constituyen todavía un cuerpo de doctrina conformado, y se encuentran en fase de experimentación, monitoreo y formulación de resultados. Tal vez aquí los profesores universitarios podamos encontrar un campo de trabajo nuevo y de gran aplicabilidad hacia donde dirigir nuestras futuras líneas de investigación.

Pero no sólo los conocimientos y las técnicas cambian, también las herramientas para gestionar se diversifican y renuevan al ser necesario aplicar los procesos de participación pública, de voluntariado, de difusión social, etc. que la Directiva propugna.

Ahora ya no sólo es necesario sino imprescindible y obligatorio saber “vender” nuestro trabajo, saber “convencer” a los diferentes colectivos implicados de la utilidad e importancia de la adecuada gestión de los recursos hídricos y de la conservación de los ecosistemas acuáticos.

UNA NUEVA MANERA DE ENTENDER LAS INUNDACIONES

A este cambio conceptual y metodológico que supuso la Directiva Marco del Agua se une en 2007, la Directiva Marco de Evaluación y Gestión del Riesgo de Inundación (Directiva 2007/60/CE).

El objetivo de esta Directiva es crear un marco común que permita evaluar y reducir en la Unión Europea los riesgos de las inundaciones para la salud humana, el medio ambiente, los bienes y las actividades económicas. La Directiva cubre todo tipo de inundaciones, desde las que afectan a riberas y zonas costeras, hasta las ocasionadas en medio urbano por la escorrentía o por la saturación de la red de evacuación de aguas.

Los Estados miembros estaban obligados a proceder en el plazo fijado (antes de 2012) a una evaluación preliminar de los riesgos que incluyera, entre otra información, las inundaciones sufridas en el pasado, la probabilidad de inundaciones futuras y las consecuencias que se prevea

puedan tener éstas. Basándose en esa evaluación, los distintos tramos se clasificarán como «zona de riesgo potencial significativo» o como «zona sin riesgo potencial significativo».

Todas las zonas de riesgo deben cartografiarse confeccionando mapas que delimiten y clasifiquen esas zonas según su nivel de riesgo (alto, medio o bajo), y que indiquen los daños potenciales que pueda ocasionar una inundación a la población local, a los bienes y al medio ambiente. Estos mapas, que deben quedar establecidos a finales de 2013, tienen que ponerse a disposición del público y han de revisarse también cada seis años.

Por último cada Estado miembro deberá elaborar y aplicar a nivel de demarcación hidrográfica un plan de gestión de los riesgos de inundación. Estos planes deberán fijar un nivel de protección adecuado para cada cuenca hidrográfica, subcuenca o franja litoral, y han de establecer medidas que permitan respetar ese nivel de protección.

Estas medidas de gestión deben encaminarse a reducir el riesgo de inundaciones y la amplitud de las consecuencias que puedan tener éstas. Su objetivo ha de ser la prevención y la protección, y en su elaboración han de tenerse en cuenta todos los aspectos pertinentes, como la gestión del agua y del suelo, la ordenación del territorio, los usos de la tierra y la protección de la naturaleza.

La Directiva propugna además, que los nuevos planes de gestión del riesgo de inundación se redacten contemplando no sólo el empleo de medidas estructurales tradicionales –presas, encauzamientos, motas, diques- sino impulsando el diseño de actuaciones no estructurales para el control de avenidas, tales como la ordenación hidrológica de cuencas a través de la cubierta vegetal o mediante acciones que favorezcan la laminación natural en cauces y llanuras. Son las denominadas infraestructuras verdes.

La transposición de esta Directiva, al igual que ocurrió con la del Agua, ha supuesto otra nueva revolución en el panorama hídrico español, en este caso en todos los aspectos referentes al tratamiento y gestión de las inundaciones.

Hemos pasado de una actitud centrada en el control y la defensa: defensa frente a las inundaciones con obras hidráulicas que controlaban las avenidas y evitaban desbordamientos; a una nueva formulación de principios, donde el objetivo no es la defensa sino la gestión del riesgo,

considerando también actuaciones de protección civil y ordenación de usos que reduzcan este riesgo sobre bienes y personas.

Este nuevo marco legal, induce nuevos marcos conceptuales y técnicos.

Conceptualmente las inundaciones deben a partir de ahora ser entendidas como fenómenos naturales que se gestan en la cuenca y que transitan y se manifiestan a lo largo de toda la red de drenaje. Estas avenidas son necesarias para mantener la integridad de los ecosistemas acuáticos y de los terrestres asociados.

Técnicamente, el conjunto de medidas o programas para reducir sus efectos adversos deberá incluir medidas preventivas y paliativas, estructurales o no estructurales, encaminadas a:

- Potenciar el mantenimiento de la dinámica geomorfológica de los cauces y optimizar el papel laminador de las llanuras de inundación. Así la nueva Directiva propugna actuaciones de restauración fluvial conducentes a la recuperación natural de la zona inundable, cambiando si es necesario los usos del suelo en estas zonas y potenciando la inundación controlada de terrenos. Esta medida no estructural reduce el riesgo y propicia la recuperación de los valores ambientales asociados a estos fenómenos.
- Fomentar medidas de restauración hidrológica-agroforestal de las cuencas, que mejoren la infiltración y reduzcan los caudales punta y la carga sólida arrastrada por la corriente
- Mejorar el drenaje de infraestructuras lineales, incluyendo una descripción de los posibles tramos con insuficiente drenaje transversal, así como el de aquellas otras infraestructuras que supongan un grave obstáculo al flujo, junto a las medidas previstas para su adaptación
- Predecir avenidas, posibilitando la toma de decisiones tanto en lo relativo a avenidas torrenciales en el ámbito forestal como a temporales marítimos y fenómenos de erosión costera. En este epígrafe se deben incluir también las normas de gestión de los embalses durante estos eventos extremos
- Diseñar medidas de protección civil que incluyan la coordinación con estos planes, los protocolos de comunicación de la información y las predicciones hidrológicas de los organismos de cuenca

- Configurar una ordenación del territorio en conjunción con medidas urbanísticas que permitan delimitar áreas en función de la magnitud y frecuencia de las inundaciones y asignar al territorio usos adecuados a cada situación
- Establecer programas de promoción de seguros frente a inundaciones, en especial los relativos a actividades agrarias
- Estudiar las relaciones coste-beneficio de las medidas estructurales tradicionalmente planteadas para poder acreditar la justificación y validez de las mismas

Legalmente, y como ya se ha comentado, este proceso culmina en un instrumento básico de gestión, que recogerá todas las medidas a adoptar -los planes de gestión del riesgo-, y que conforme a la Directiva deberán estar concluidos en 2015.

La localización y cuantificación de estos riesgos se debe haber ido plasmando secuencialmente en varios documentos: los denominados ARPSI ó mapas de áreas con riesgo potencial de inundación significativo, los mapas de peligrosidad con delimitación del Dominio Público Hidráulico y de la zona de flujo preferente y por último los mapas de riesgo, resultado de la conjunción de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad.

Todas estas actividades suponen por parte de los técnicos implicados, el conocimiento y la destreza en nuevos enfoques hidrológicos, en criterios estadísticos avanzados en eventos extremos, en el uso de herramientas de modelización hidráulica en dos dimensiones que posibilite la caracterización del flujo en la llanura de inundación, etc.

Y al igual que se comentaba para la Directiva Marco del Agua, de nuevo son necesarias actividades de información y participación pública durante todo el proceso de elaboración, revisión y actualización de los programas de medidas y planes de gestión del riesgo de inundación.

UNA NUEVA MANERA DE ENTENDER LA POLÍTICA AMBIENTAL

Las dificultades encontradas en la Unión Europea durante la aplicación y puesta en marcha de las Directivas anteriores ha motivado la aparición a finales de 2012 de *Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources*, un proyecto que tiene como objetivo hacer frente a los obstáculos que dificultan

la acción de salvaguarda de los recursos hídricos de Europa, basándose en una extensa evaluación de las políticas existentes. Este documento propugna la integración de los objetivos de la política del agua en otras políticas, como la Política Agrícola Común, el Fondo de Cohesión y los Fondos Estructurales y las políticas en materia de energía renovable, transporte y gestión integrada de catástrofes.

Política, economía, energías renovables, gestión de catástrofes,... nuevas dimensiones a considerar...

En un futuro próximo, y a raíz de lo que se está desarrollando ya en otros países, nuestros técnicos deberán también estar capacitados para gestionar actuaciones como por ejemplo:

- el pago por servicios ambientales, un instrumento de la política ambiental que promueve la conservación de los ecosistemas mediante la remuneración a los agentes sociales de las actividades que mantienen dichos servicios con actuaciones sostenibles. Es sabido que los ecosistemas fluviales y las cuencas hidrológicas bien conservadas proporcionan un conjunto de servicios ambientales bien conocidos. Es urgente establecer indicadores y procedimientos que permitan realizar una valoración económica de esos servicios. De ese modo se conseguirá justificar las actuaciones de restauración hidrológica y fluvial como inversiones viables, del mismo modo que hoy se invierte en soluciones de ingeniería o plantas potabilizadoras.
- la Política Agraria Común (PAC) aplicada al corredor fluvial. La nueva PAC 2014-2020 nace con una innovación importante: la condicionalidad (greening) que aunque contestada ha sido mantenida en la sesión del Parlamento Europeo del pasado mes de marzo. En este texto se indica como hasta un 30% del "sobre" nacional destinado a pagos directos, se asignará considerando la aplicación de prácticas de mejora ambiental entre las que se encuentran la creación de "áreas de interés ecológico". Esta áreas pueden alcanzarse destinando parte de la tierra agraria a la formación de espacios riparios. Se abre así la oportunidad de aprovechar una fuente importante de financiación en la recuperación de nuestras riberas, con todos los beneficios ambientales y sociales que ello conlleva.

UNA NUEVA MANERA DE ENTENDER LA INGENIERÍA

El futuro técnico vinculado al medio natural deberá por tanto ser capaz de utilizar las técnicas y las herramientas disponibles no sólo para reparar daños o corregir desequilibrios. Su tarea es mucho más compleja si cabe, pues deberá buscar en todas sus actuaciones, la mejora global del ecosistema afectado, intentando recuperar no sólo los componentes del mismo, sino las funciones y los procesos alterados o perdidos.

Es la nueva era de la ingeniería ecológica. Donde la solución técnica no es un fin en sí misma. Donde las acciones no son impositivas y rígidas sino flexibles y abiertas. Donde no se trabaja sistemática sino puntualmente. Donde sólo se esboza la trayectoria a seguir. Donde se impulsa y ayuda al ecosistema a conformar su propio equilibrio.

Una nueva ingeniería que obliga más que nunca a un conocimiento transversal de disciplinas, porque cualquier solución que se adopte deberá armonizar y compatibilizar los requerimientos, quizá contrapuestos de los componentes afectados. Sería el caso, por ejemplo de buscar la mejor solución para defender una zona concreta frente a las inundaciones. Es indiscutible que dicha solución deberá basarse en parámetros hidráulicos y técnicos que garanticen esa salvaguarda, pero no sería una solución a la altura de los tiempos, si no contemplara también el funcionamiento hidromorfológico del río y su espacio de libertad fluvial, los requerimientos de las especies de ribera, la calidad del agua y el hábitat fluvial afectado, la conectividad transversal, los condicionantes sociales, el uso público, la participación ciudadana, etc.

Una nueva ingeniería que reflexione siempre ante cada nueva actuación, planteándose la dicotomía ¿intervención-no intervención?. Una ingeniería que reflexione para encontrar la mejor respuesta en cada caso y siempre dentro del respeto a los procesos y a la libertad autocrática de la propia naturaleza.

Una nueva ingeniería que ayude a resolver los problemas vinculados con el agua, pero cambiando de perspectiva: no se trata de hacer una ingeniería para exclusivamente satisfacer las necesidades y urgencias del hombre, sino de aplicar soluciones que permitan compatibilizar la

integridad de los ecosistemas acuáticos con los usos de esos recursos que esos sistemas ofrecen.

Una ingeniería para el agua.

UNA NUEVA MANERA DE ENTENDER LA EDUCACIÓN

También en el ámbito educativo, los últimos años han sido innovadores.

El proceso de Bolonia y las nuevas titulaciones surgidas a su amparo han facilitado la creación de nuevas asignaturas o en su defecto la incorporación en las tradicionales de algunas de estas nuevas percepciones del agua.

A este cambio en contenidos se suma el cambio en procedimientos y técnicas de enseñanza, aprendizaje y evaluación.

Actualmente los alumnos deben ser formados y evaluados no sólo en conocimientos sino también en las denominadas competencias transversales – expresión oral, escrita, capacidad de síntesis, trabajo en grupo, liderazgo-, competencias que repercutirán positivamente en su futuro ejercicio profesional.

Y por último, pero no menos importante, Bolonia posibilita gracias a las prácticas regladas en empresas, la formación de los futuros técnicos dentro del campo profesional actual.

REFLEXIÓN FINAL

Estamos ante una oportunidad única, la Universidad ofrece la posibilidad de cambiar contenidos, métodos y procedimientos y desde Europa se formulan nuevos paradigmas en los aspectos más relevantes de la gestión hídrica.

Detengámonos a reflexionar sobre este cambio. A ser conscientes de la oportunidad que se nos brinda. A coordinar nuestros esfuerzos. A entender el enorme valor del punto de inflexión que atravesamos.

Y aunque la responsabilidad última en la formación de este nuevo panorama de conocimientos es de la Universidad, desde ella se quiere abrir la puerta a la colaboración de todos los agentes implicados. Sus necesidades e inquietudes permitirán saber hacia dónde hay que mirar en la educación de nuestros futuros técnicos y gestores del agua.

Desde aquí animo a todos los profesores universitarios vinculados con el agua a acometer nuestra pequeña revolución en el aula para poder mirar el futuro cara a cara.

Agradecimientos

A los alumnos de Hidráulica e Hidrología de las Escuelas de Forestales de Madrid y de La Rábida (Huelva).

BIBLIOGRAFÍA

- UNIÓN EUROPEA; 2000. *Directiva 2000/60/CE del parlamento europeo y del consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.*
- UNIÓN EUROPEA; 2007. *Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.*