

Pasado, presente y futuro de la gestión de las inundaciones en la cuenca hidrográfica del Ebro

Para una gestión eficaz del riesgo de inundación es fundamental disponer de sistemas de información en tiempo real y de pronósticos fiables a escala de cuenca hidrográfica que permitan una toma de decisiones eficaz en situaciones de crecida. Este artículo describe la evolución temporal del control de las crecidas en la cuenca del Ebro y cómo los actuales Sistema Automático de Información Hidrológica y Sistema de Ayuda a la Decisión permiten efectuar maniobras en los embalses que reducen significativamente el riesgo de inundación.

José Adolfo Álvarez González

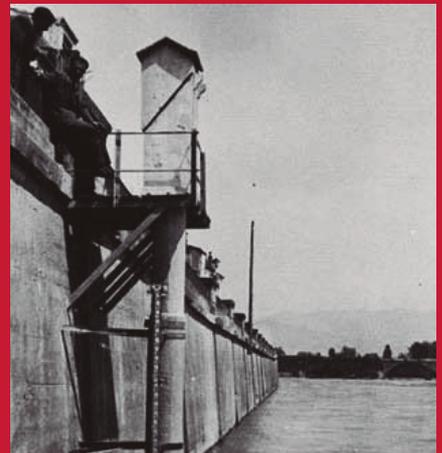
Centro de Proceso de Cuenca – Servicio SAIH. Confederación Hidrográfica del Ebro

1. Introducción

Una cuenca hidrográfica es el territorio que drena las aguas de un único río, es decir, una gota de agua que caiga en ese territorio, tendrá un porcentaje de ella que terminará saliendo al mar por el río principal que le da el nombre.



Figura 1. El ámbito de las cuencas hidrográficas en España.



La gestión del agua en España está encomendada a las Demarcaciones Hidrográficas en las cuencas intercomunitarias (su ámbito geográfico abarca a más de una comunidad autónoma) y son organismos autónomos dependientes del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, mientras que en las cuencas intracomunitarias, la gestión la realizan los gobiernos autonómicos a través de entidades como son las agencias del agua.

El Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas, siendo la Directiva Marco del Agua del año 2000 quien creó el concepto de demarcación hidrográfica, entendiendo como tal la zona terrestre y marina compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas y las aguas de transición, subterráneas y costeras asociadas a dichas cuencas.

La gestión del agua en España está encomendada a las Demarcaciones Hidrográficas en las cuencas intercomunitarias (su ámbito geográfico abarca a más de una comunidad autónoma) y son organismos autónomos dependientes del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, mientras que en las cuencas intracomunitarias, la gestión la realizan los gobiernos autonómicos a través de entidades como son las agencias del agua.

La Confederación Sindical del Ebro(1), nacida el 5 de marzo de 1926 fue el primer Organismo de Cuenca del mundo. Tres son los pilares de su modelo: la **unidad de cuenca**, la **participación democrática**(2) y la **planificación hidrológica**(3). Hay que destacar que España ha sido pionera en la elaboración de planes hidrológicos y la Directiva Marco del Agua los ha extendido a todos los países europeos.

En los noventa años de funcionamiento de la Confederación Hidrográfica del Ebro, conocida en los ámbitos del agua como la "CHE" y, así la vamos a nombrar a lo largo de este artículo, *se han producido eventos de avenidas en cualquier época y podemos decir que seguirán produciéndose.*

Nos basta con ver los datos históricos de la estación del río Ebro en Zaragoza (EA 9011) que publica la Dirección General del Agua (MAGRAMA) en el Anuario Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA)(4) para comprobar que en los últimos setenta años se han dado caudales máximos anuales superiores al CAUDAL DE LA MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA (Qmco) en veintiséis de ellos.

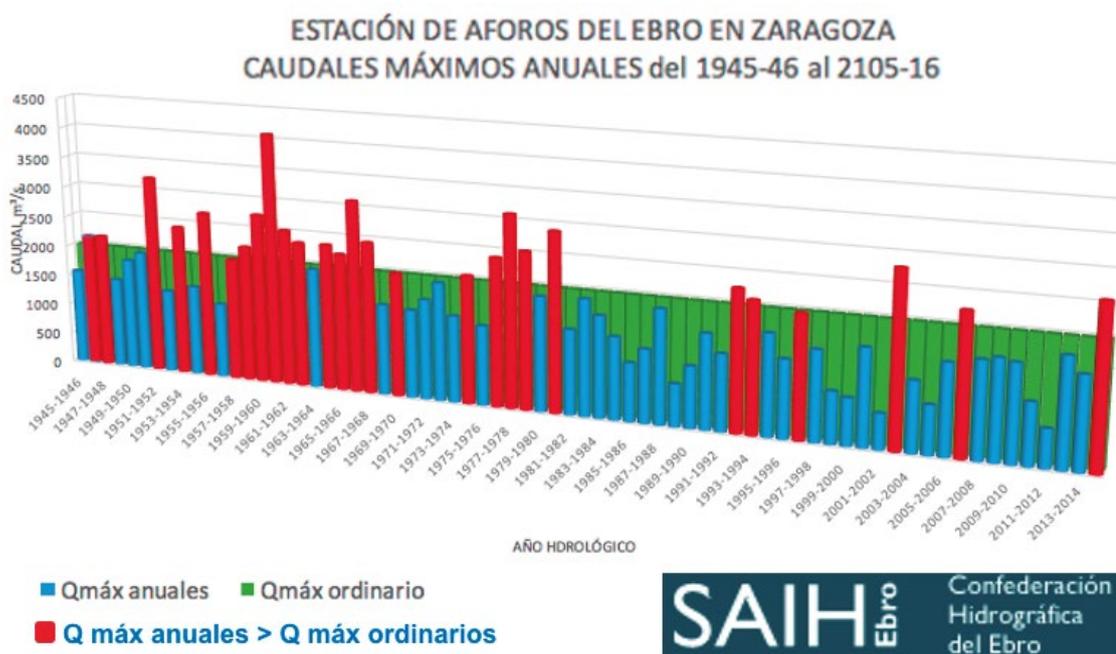


Figura 2. Caudales máximos anuales en la estación EA 9011 Ebro en Zaragoza.

(1) <http://chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=2509&idMenu=2081>

(2) <http://chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=2517&idMenu=2084>

(3) <http://chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=42695&idMenu=4780>

(4) <http://sig.magrama.es/aforos/visor.html>

Analizando la tabla adjunta se comprueba una disminución del porcentaje de eventos de avenida extraordinaria a partir de 1962. Seguro que hay varias causas para explicar la reducción, pero una muy evidente es que en los años 1958 y 1960 entraron en servicio embalses como Yesa en el río Aragón o los embalses de Ullívarri y Urrúnaga en la cuenca del Zadorra, todos ellos situados aguas arriba de Zaragoza.

Periodo	Número de años	Número de eventos donde $Q_{\text{máx}} \text{ anual} > Q_{\text{máx}} \text{ ordinario}$	Observaciones
1945 - 1961	16	10	No hay embalses
1962 - 1996	34	13	En 1961 comienzan a funcionar los embalses del Zadorra y el embalse de Yesa
1997 - 2002	5	1	En 1997 comienza a funcionar la red SAIH
2003 - 2016	13	2	En 2003

Podemos considerar que tenemos en la gestión de los embalses una herramienta, que además de almacenar agua para regadíos, usos hidroeléctricos y abastecimientos a poblaciones, sirve para laminar las avenidas (conseguir que los caudales entrantes al embalse sean mayores que los caudales salientes, con lo que reducimos los caudales circulantes aguas abajo del embalse y por lo tanto los daños que puedan ocasionar). También es importante destacar que, **a veces, producen una sensación de falsa seguridad** ya que esa reducción del número de eventos de crecida que pueden producir una buena gestión de los embalses, hace que las poblaciones de aguas abajo consideren que partes del río dejan de ser dominio público hidráulico.

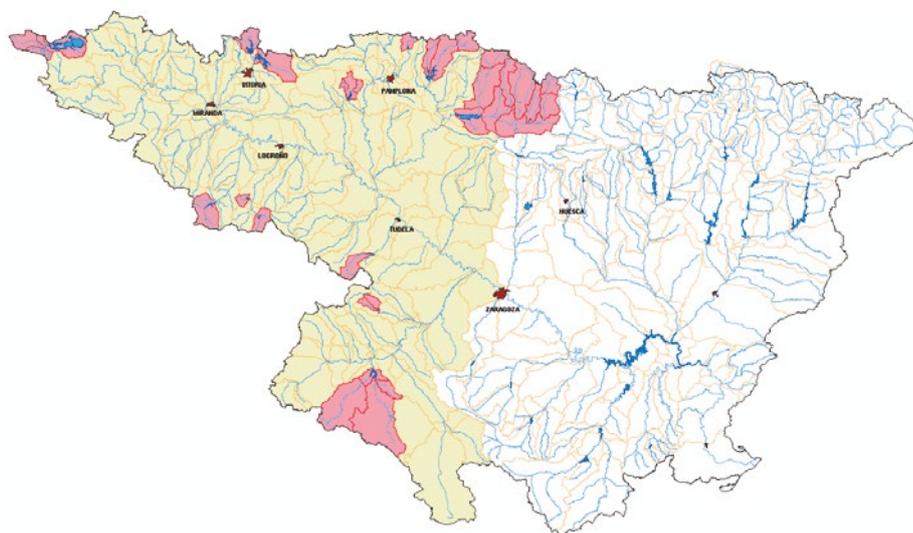


Figura 3. Cuenca vertiente hasta EA9011, Ebro en Zaragoza, regulada actualmente en un 18,1%.

Aun con la capacidad de los embalses para laminar las avenidas, este efecto está limitado por la superficie de cuenca regulada hasta una población determinada. Si tomamos el ejemplo de Zaragoza, la cuenca hasta la estación de aforos 9011 (Ebro en Zaragoza) sólo tiene regulado un 18,1 % de su cuenca vertiente, los efectos de la laminación no son suficientes, por lo que **hay que contar con otras herramientas como el aviso temprano y una buena gestión de la ordenación de territorio.**

2. Pasado de la gestión de las inundaciones (1926-1983 y 1983-2000)

Situemos el “pasado” desde la fundación de la CHE hasta finales del siglo XX dividido en dos etapas: 1926-1983 y 1983-2000 y hagamos un trabajo “arqueológico” de con qué medios se contaba para poder gestionar un episodio de avenida.

La red oficial de estaciones de aforo (ROEA), que en la cuenca del Ebro tiene series históricas desde principios del siglo pasado, estaba integrada por estaciones de aforo donde se contaba con una escala visual y un “escalero” (observador voluntario que vivía cerca de la estación) que anotaba en una libreta las alturas que observaba en la escala. Cuando en los años 1960-1970 se comenzaron a instalar limnógrafos(5), además de anotar en la libreta, el escalero se encargaba de cambiar la hoja donde se había registrado de un modo continuo las variaciones del nivel en la última semana. Esta hoja se mandaba por correo ordinario a la sede central de la CHE, para planimetrar(6) los datos que luego van a formar parte de la serie histórica.

No.	Fecha	Altura	Estado de agua	Estado de viento	Estado de nubes	Estado de niebla	Estado de lluvia	Estado de nieve	Estado de heladas	Estado de otros
1	7	0.58	X							
2	7	0.50	X							
3	7	0.50	X							
4	7	0.36	X							
5	7	0.51	X							
6	7	0.51	X							
7	7	0.51	X							
8	7	0.51	X							

Figura 4. Ficha para registro manual de las observaciones de la escala.



Figura 5. Escala de la estación de aforos EA 9096 Segre en Balaguer.

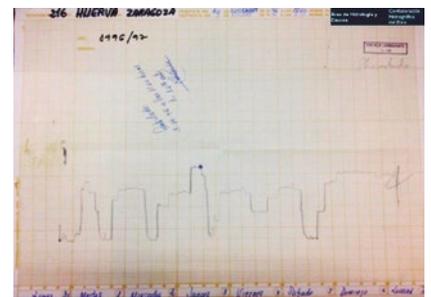


Figura 6. Limnigrama de la estación de aforos EA 9216 Huerva en Zaragoza.

En casos de avenidas, se utilizaba el servicio de telégrafos para transmitir con la mayor urgencia posible las observaciones del nivel a la sede central de la CHE. Aquí se recogía la información de los distintos valores recibidos en una hoja milimetrada que se iban uniendo formando el hidrograma de avenida y se realizaban valoraciones técnicas sobre la evolución que eran transmitidas al gobernador de la provincia.

Las poblaciones afectadas por las riadas sólo conocían lo que estaba pasando en su pueblo por la observación “in situ” y, con la llegada del teléfono de hilos, era posible ue de los pueblos de aguas arriba algún conocido les mantuviera informado de cómo evolucionaba. En estos años se puede decir que la PELIGROSIDAD era muy alta ya que los tiempos de aviso para tomar medidas de prevención eran muy cortos.

Los años 1982 y 1983 fueron especialmente virulentos en los eventos de inundaciones que se produjeron y, cabe destacar:

- 20 de octubre de 1982, rotura de la presa de Tous (Valencia) e inundaciones importantes en la zona de Alicante.
- 6,7 y 8 de noviembre de 1982, graves inundaciones en gran parte de España con ciudades afectadas como Lleida, Fraga (Huesca), zona franca de Barcelona, Girona, Valle de Arán.

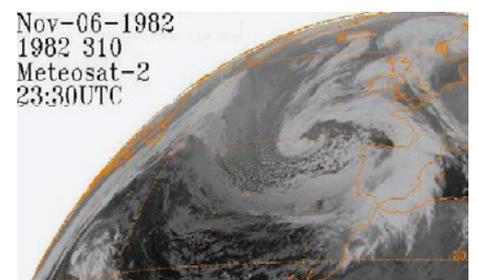


Figura 7. Imagen Meteosat 6/11/1982 Gota fría rotura de la presa de Tous.

(5) Aparato que registra de manera continua la altura del agua en una estación de aforo de un río. El registro se denomina limnigrama.

(6) La planimetría, en este caso, permite, determinar el nivel máximo diario y el medio diario. A partir de ellos se calculan los correspondientes caudales y volúmenes circulantes.

- 20 de agosto de 1983, riadas en el País Vasco que afectan a Gipuzkoa y, especialmente en Bizkaia, a las poblaciones del río de Nervión con graves daños en el centro de Bilbao.



Figura 8. Ría de Bilbao en agosto de 1983 y ahora en 2016 a la altura del Mercado de la Ribera.

Estos eventos hicieron que, desde el entonces Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (MOPU), a través de la Dirección General de Obras Hidráulicas, se pusiera en marcha el Programa de Seguridad y Vigilancia de las Presas del Estado que tenía como hitos importantes:

- la contratación de 42 técnicos para aumentar los recursos humanos de las Confederaciones Hidrográficas dedicados a la seguridad de las presas.
- dotar a las presas de sistemas de seguridad, como son los grupos electrógenos y sistemas de comunicación por radio (radio teléfonos).
- poner en marcha en todas las cuencas hidrográficas un sistema de información en tiempo real, lo que hoy conocemos como Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH), que permitan a los gestores de las Confederaciones Hidrográficas disponer de información hidrometeorológica para minimizar los daños que provocan las avenidas.

Si nos situamos en 1983, sólo 33 años atrás, y pensamos que tenemos que hacer llegar, de forma AUTOMÁTICA, el caudal que está pasando por los ríos, el agua que está entrando en los embalses y cuánto está lloviendo en una cuenca hidrográfica como la del Ebro con 85.000 km² a una sala de control en las oficinas centrales de Zaragoza, necesitamos conocer qué tecnologías de comunicaciones y en qué nivel estaban los ordenadores (tanto a nivel de hardware como de software), para darnos cuenta que lo que hoy en día sería muy fácil, en aquellos años fue todo un reto. Veamos por qué:

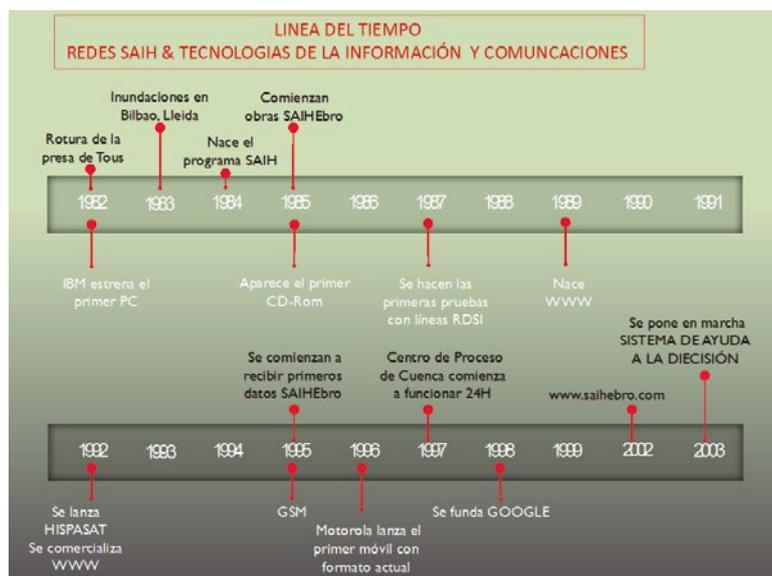


Figura 9. Línea del tiempo de la evolución de las telecomunicaciones y la implantación de los SAIH.

Las primeras obras de instalación de redes SAIH se comienzan a ejecutar en las cuencas del Júcar, Sur, Segura y Ebro y dado el estado de los sistemas de comunicaciones de la época, se tienen que construir redes de comunicaciones propias basadas en una red secundaria de repetidores terrestres en la banda de UHF y una red primaria o de transporte, en la banda de microondas, que permite enlazar las estaciones con el centro de control, ubicado en la sede central de los respectivos organismos de cuenca. A partir de 1992, con el lanzamiento del satélite HISPASAT, los SAIHs del Guadalquivir, Tajo y Cantábrico que empiezan a implantarse a partir de esos años, se diseñan e instalan con comunicaciones por satélite.

La red de comunicaciones actual del SAIHEbro(7) se realiza a través de un sistema de comunicaciones propio, compuesto por una red de transporte (Red Primaria de Microondas) que consta de 125 enlaces que alcanzan los principales embalses y oficinas y de una red de acceso (Red Tetra) que da cobertura a la práctica totalidad de la cuenca, mediante 69 estaciones base, coexistiendo con otros sistemas de comunicaciones vía satélite, Wimax y GPRS.



Figura 10. Esquema de la red primaria de comunicaciones.

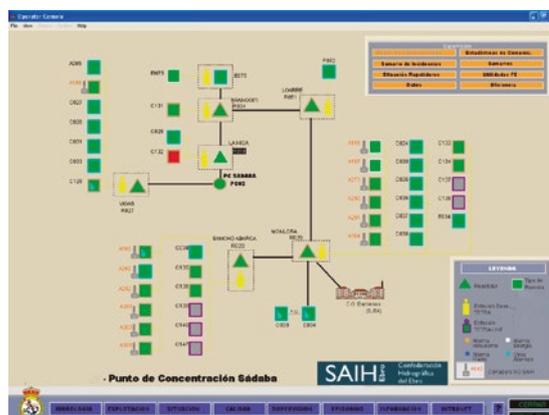


Figura 11. Esquema de la red secundaria de comunicaciones en la zona de Sádaba.

Si hablamos del equipamiento hardware de los equipos de adquisición de datos en las estaciones de control y en el centro de control, nos encontramos que debió realizarse con la tecnología de los años 1985-1995. Como ejemplo de las características de las prestaciones de los equipos de la época, citaremos que las del primer ordenador del Centro de Proceso de Cuenca:

- Sistema Operativo HPPA HP-UX 9.4
- RAM: 96 MB
- CPU: 50 MHz y 70 MIPS
- 4 Discos de 300 MB

Otro hecho destacable en la obra de implantación del SAIHEbro es que las obras duraron casi diez años, en parte por las dificultades para conseguir instalar los casi 100 repetidores de radio en las montañas con las dificultades de tramitar los permisos de los terrenos, las acometidas eléctricas y los caminos de acceso. Con todo ello, se comienza a recibir datos de la red completa a finales de 1996 y, nos "estrenamos" con una riada en enero de 1997 que sirvió para que los responsables de la CHE, decidieran que el servicio que presta el SAIH debía ser de 24h/365 días (actualmente es la única Confederación que tiene este servicio de 24h).

El servicio 24h está plenamente justificado porque las avenidas pueden presentarse en cualquier momento y no se ajustan a las jornadas laborales, requiriendo un esfuerzo por parte de todos los equipos de técnicos implicados en la gestión del evento.

(7) <http://195.55.247.237/saihebro/index.php?url=/presentacion/comunicaciones>

En esta fase del pasado tenemos que destacar las riadas de diciembre de 1996 y de octubre de 2000 que sirvieron para ganar “experiencia” en la operatoria del sistema y para que los propios departamentos de la CHE, como los agentes externos implicados en un episodio de riada (gestores de embalses hidroeléctricos, autoridades de protección civil), se diesen cuenta que este tipo de herramientas son de gran utilidad en una gestión global de la cuenca.

Hemos hablado de cómo se gestionaban las riadas hasta 1997 antes del SAIH, veamos ahora como se gestionaban con el SAIH hasta el 2000. El seguimiento de los ríos ya no depende de la información que puntualmente pueden mandar los “escaleros”. Con los datos captados por la red SAIH, el servicio de Hidrología **ya puede hacer un seguimiento cada quince minutos** de las primeras 110 estaciones de aforo y conocer el comportamiento de la precipitación en 223 estaciones repartidas por toda la cuenca.

Los embalses que hasta la fecha se gestionaban de forma casi individual, con la información que proporciona la red SAIH cambian la forma de gestión ya que **desde el Centro de Proceso de Cuenca con la información de toda la cuenca permitió empezar a decidir las maniobras pensando en cómo iban a influir cuando se juntasen con los caudales de los ríos no regulados**. En esta fase se consiguió aumentar los tiempos de reacción, tanto en las actuaciones de laminación de los embalses como en el tiempo de aviso a las autoridades de protección civil, que comienzan su implantación autonómica a partir de la Norma Básica de Protección Civil publicada en 1992.

3. Presente de la gestión de las inundaciones (2000-2016)

Podemos marcar como una frontera entre el pasado y el presente cuando en el año 2000, los responsables de la Confederación apuestan por desarrollar una herramienta que aprovecha los productos que aporta la meteorología en esa época y que permiten disponer de predicciones de precipitación y temperatura para las próximas setenta y dos horas con una resolución espacial de 0,16°terrestres (aproximadamente, entre 13 y 14 Km) y una actualización cada 8 horas, elaboradas con el modelo HIRLAM de la Agencia Estatal de Meteorología(8) (AEMET).

La herramienta la hemos denominado Sistema de Ayuda a la Decisión(9) (SADEbro) y funciona en base a los siguientes módulos:

Las **entradas al sistema** son: previsiones meteorológicas de precipitación y temperatura para las próximas 72 horas, los datos observados por la red SAIH de caudales, volúmenes de embalse, precipitaciones, temperatura ambiente y las maniobras previstas en las próximas 72 horas por los gestores de los embalses.



(8) <http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/modelosnumericos/hirlam>

(9) <http://www.saihebro.com/saihebro/index.php?url=/presentacion/previsiones>

El **simulador SAD** recoge toda esa información y con los **modelos hidrológicos** convierte la precipitación prevista en escorrentía teniendo en cuenta que, en función de la temperatura prevista, una parte de esa precipitación se quedará como nieve mientras que otra parte, en función del estado de humedad del suelo, pasará a formar parte de los depósitos subterráneos. Las escorrentías serán propagadas por los **modelos hidráulicos** a lo largo del conjunto de cauces que forma la red fluvial de la cuenca del Ebro. Dado que algunos cauces están interrumpidos por embalses, el SAD dispone de un **módulo de gestión de embalses** que permite simular cómo van a afectar aguas abajo y a los volúmenes del propio embalse, las posibles maniobras que se planteen en él en base a los caudales de entrada previstos por el SAD.

Con todo ello, desde el año 2003, el SAD elabora los caudales previstos para las próximas 72 horas, en las estaciones de aforo de la cuenca, así como los caudales de entrada a los embalses. Esta información está disponible, al igual que la información captada por la red SAIHEbro, en la página www.saihebro.com

Un ejemplo del uso de los resultados de las previsiones elaboradas por el SAD puede ser la gestión que se hace de los embalses de Mequinenza, Ribarroja y Flix, situados en el tramo bajo del Ebro (desembocadura) durante los episodios de avenida de los meses de finales de enero a mediados de marzo de 2015.

Si consideramos la gestión de la avenida como un problema matemático, debemos conocer los siguientes datos de partida:

- las avenidas producidas en la cuenca alta y media del Ebro tardan en llegar a los embalses de la desembocadura entre 3 y 5 días, con lo que tenemos ese tiempo para ir planificando los caudales de salida en función de los caudales (volúmenes) que nos prevé el SAD.
- el embalse de Mequinenza tiene una capacidad de 1.500 hm³.
- el objetivo es intentar no soltar caudales superiores a 1.900 m³/s ya que con caudales superiores se comienzan a causar daños en el tramo bajo del Ebro donde la población más destacada es Tortosa (Tarragona). Por supuesto que esos caudales máximos están condicionados a la seguridad de la presa y, si fuese necesario soltar más de 1.900 m³/s para evitar la rotura de la presa, se soltarían.

Con la información que proporcionó el SAD, el embalse de Mequinenza comenzó a aumentar los caudales de salida el día 29 de febrero de 2015, ocho días antes de que le llegara la punta de la avenida que generó inundaciones en la cabecera del Ebro (zona de las Merindades de Burgos y en la zona de Miranda de Ebro). Los caudales máximos de entrada al embalse fueron de 1.800 m³/s y los caudales vertidos de 800 m³/s.

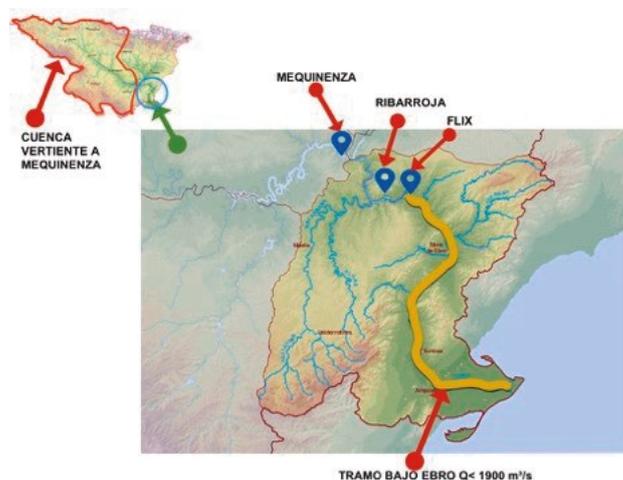


Figura 12. Mapa de situación del sistema MEQUINENZA-RIBARROJA-FLIX.

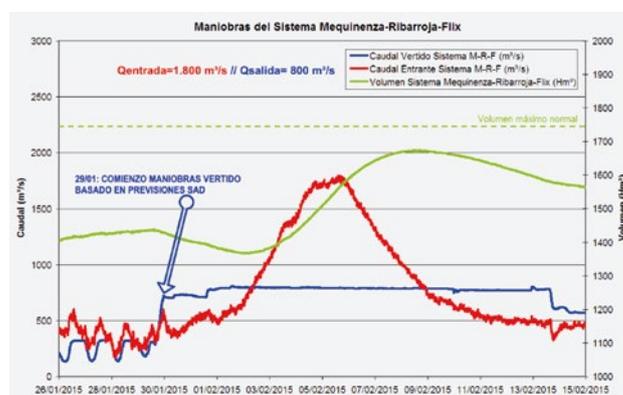


Figura 13. Maniobra preventiva en el embalse de Mequinenza del 29/01/2015 al 15/02/2015.

Dado que la riada se prolongó durante los meses de febrero y marzo, el embalse de Mequinenza durante los días 4 al 9 de marzo superó el **nivel máximo normal**, llegó a alcanzar el 104 % de su capacidad, lo cual no supone un peligro ya que las presas están diseñadas para soportar la avenida de proyecto calculada para un periodo de retorno de 1.000 años. Con esa decisión se evitó que durante esos días se produjesen inundaciones en el tramo de la desembocadura ya que el caudal máximo vertido fue de 1.850 m³/s, en el límite del comienzo de daños, mientras que el caudal máximo de entrada fue de 2.500 m³/s

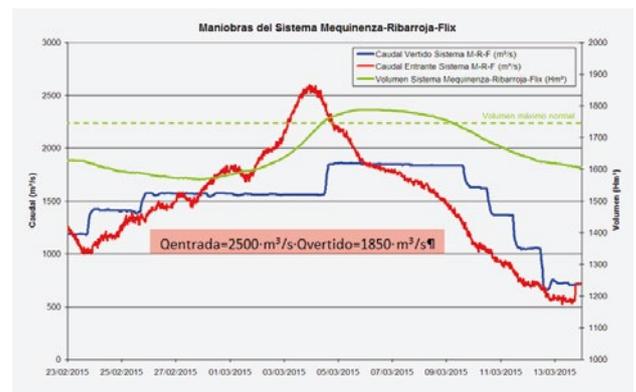


Figura 14. Maniobras de Mequinenza marzo 2015.

Otro ejemplo, también en las mismas fechas, puede ser la gestión de los embalses de Ullívarri y Urrúnaga en el río Zadorra, respecto a los caudales circulantes por Vitoria-Gasteiz:

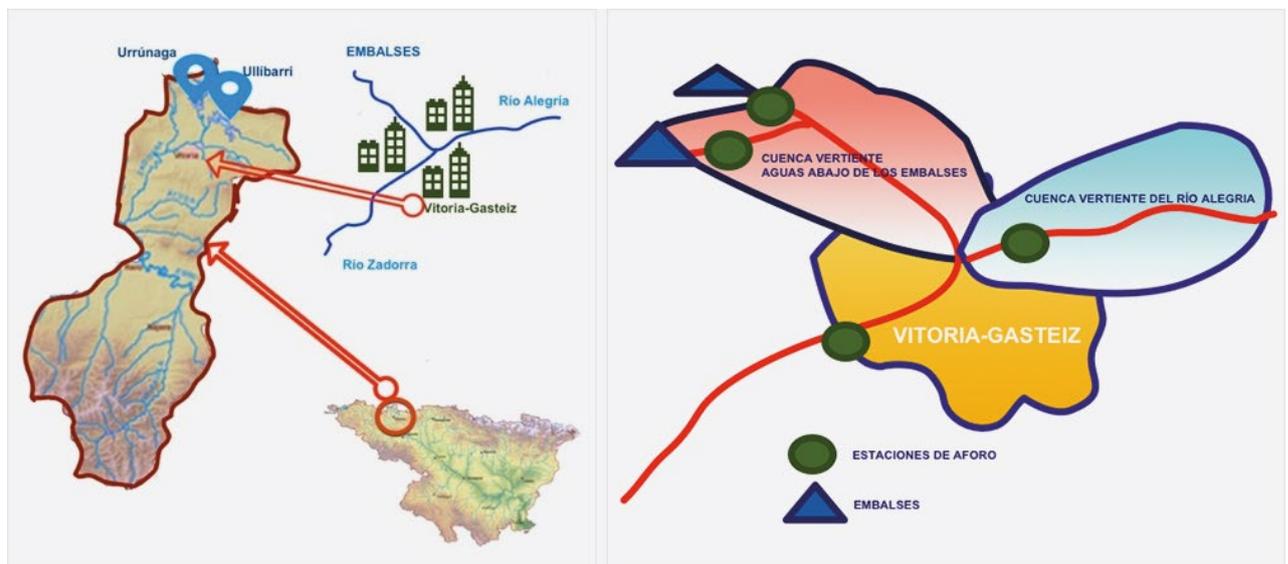


Figura 15. Situación de Vitoria-Gasteiz respecto a los embalses y estaciones de aforo.

Intentar que por la estación del Zadorra en Vitoria-Abetxuko no circulen caudales superiores a 130 m³/s, teniendo en cuenta que el caudal que circula por esta estación es la suma del caudal de salida de los embalses más el caudal que aporta la cuenca vertiente entre el embalse y la estación de aforos y, sobre todo, las aportaciones de la cuenca del río Alegria.

Por otro lado, hay que intentar no superar la cota de máximo embalse normal de Ullívarri y que los caudales que éste suelte no superen los 70 m³/s, con el fin de evitar daños en el tramo entre el embalse y Vitoria-Gasteiz.

En el siguiente gráfico se puede ver la gestión realizada con el embalse de Ullívarri durante los días 26 de febrero a 4 de marzo de 2016.



Figura 16. Gestión de Ullívarri febrero 2015.

En el siguiente gráfico se puede ver la gestión realizada con el embalse de Ullívarri durante los días 26 de febrero a 4 de marzo de 2016.

Si consideramos que los caudales circulantes por Vitoria-Gasteiz están afectados por la gestión de los dos embalses del sistema Zadorra (Ullívarri y Urrúnaga), la laminación realizada por ambos nos deja el siguiente hidrograma (18) donde se compara el caudal que ha pasado por la estación de Abetxuko (máximo de 119 m³/s) y el que hubiera pasado en régimen natural sin embalses (máximo de 360 m³/s) en este último episodio.



Figura 17. Comparativa caudal del Zadorra en Vitoria sin embalses y con la gestión de los embalses.

La información en tiempo real que aportan las estaciones de aforo y de precipitación de la red SAIH situadas aguas arriba y aguas abajo, han permitido en estos últimos años desmitificar la creencia de que son las maniobras de los embalses las que inundan las poblaciones de aguas abajo, ya que se comprueba que **las aportaciones de cuencas no reguladas son suficientes para provocar inundaciones antes de que los embalses comiencen a desaguar**. Como ejemplo, en Vitoria-Gasteiz, la cuenca del río Alegria y la cuenca del Zadorra aguas abajo de los embalses, suelen aportar suficiente caudal como para provocar, por sí solas, inundaciones. Algo similar ocurre con Pamplona-Iruña y el río Ulzama más la cuenca del Arga entre el embalse de Eugui y la ciudad.

Los **embalses** no sólo **no suman sino que restan** si se gestionan con información de predicciones y datos de los caudales que están circulando aguas arriba, permitiendo adecuar las sueltas preventivas para aumentar resguardos antes de que los ríos regulados crezcan y limitar los caudales vertidos cuando éstos aumenten de caudal, consiguiendo el efecto de laminación que es una de las finalidades de los embalses.

Para la toma de todas **las decisiones de caudales de salida y los avisos a los organismos de protección civil, en la CHE se constituye el Comité Permanente** formado por el Presidente, Director Técnico y Jefe de Explotación cuyas funciones se detallan en el Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, el artículo art. 49 fija cómo debe funcionar el Comité Permanente que debe constituirse automáticamente en casos de avenidas u otras circunstancias de tipo excepcional y, que podrá adoptar las medidas que estime oportunas, sin perjuicio de dar cuenta posteriormente a otros órganos y de lo regulado en materia de protección civil, así como que este Comité será Órgano de información y asesoramiento de las autoridades competentes en materia de protección civil en las emergencias por inundaciones.

Es importante destacar que organismos como la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) o las Confederaciones Hidrográficas, tienen como función el **AVISO** de eventos desfavorables en aspectos como la meteorología o la hidrología respectivamente, mientras que son los organismos de protección civil (locales, autonómicos o nacionales) los que activan la **ALERTA** correspondiente y toman las medidas que consideran oportunas de acuerdo a la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones, aprobada por acuerdo de Consejo de Ministros de 9 de diciembre de 1994, estableciendo el marco sobre el que se han desarrollado los planes especiales de protección civil ante el riesgo de inundaciones.

4. Futuro en la gestión de inundaciones (2016-)

La experiencia de los últimos dieciséis años y viendo hacia dónde van los avances en los productos de la meteorología, los nuevos desarrollos en los modelos hidrológicos y, sobre todo hidráulicos, y la evolución de nuevas tecnologías de la comunicación, nos permiten augurar que la gestión de las inundaciones cada vez conseguirá que se disminuyan los daños que provocan pero **NO PENSEMOS QUE SE VAN A ACABAR y por eso, es fundamental saber convivir con ellas.**

La meteorología, actualmente, ya trabaja con modelos meteorológicos probabilísticos y es necesario que los sistemas de ayuda a la decisión trabajen también con ellos, para poder ofrecer un producto que refleje el grado de incertidumbre, no solo de cantidad de precipitación sino también de la situación final de dónde se ha producido la precipitación. **También es importante hacer entender a la población lo que significa que un evento se dé con una probabilidad del 90%, de manera que sean conscientes de que las decisiones que tomen tienen que tener en cuenta que hay un 10% de que no ocurra lo previsto.**

En eventos de precipitaciones de carácter convectivo donde los tiempos de respuesta son muy cortos, no basta con la red de pluviómetros, hay que avanzar en conseguir relacionar la información de reflectividad⁽¹⁰⁾ que nos facilitan los radares meteorológicos con su correspondencia en precipitaciones, de manera que podamos hacer combinaciones de precipitación real y precipitación deducida a partir del radar.

Los modelos hidráulicos de propagación de la onda hacia aguas abajo que actualmente se usan son modelos hidráulicos 1D⁽¹¹⁾, y con caudales altos, no representan bien el flujo del agua pero, por el contrario, tienen una ventaja que es el tiempo de cálculo que necesitan. Hasta ahora, los modelos hidráulicos 2D necesitaban tiempos de cálculo de casi un día para toda la cuenca del Ebro (el modelo 1D no llega a media hora); actualmente, ya hay desarrollos que

(10) Los radares meteorológicos proporcionan ecos (reflectividades) de las gotas de agua en las nubes que tienen un tamaño suficiente como para convertirse en lluvia. Es posible, correlacionando la reflectividad de los radares con la lluvia registrada en la realidad, mejorar esas estimaciones de precipitación.

(11) - modelos hidráulicos 1D: modelos adecuados para el cálculo del caudal y el calado en canales de sección regular y sin desbordamiento del canal principal. Simplifican el problema con la hipótesis de que el flujo sólo se produce en la dirección longitudinal del canal.

- modelos hidráulicos 2D: modelos adecuados para el cálculo del caudal y el calado en canales de sección natural y con desbordamiento del canal principal. Contemplan que el flujo se produce en cualquier dirección, tanto dentro del canal, como en la llanura de inundación.

pueden hacer simulaciones en tiempos casi reales en el entorno de una hora. Como ejemplo, se pueden consultar los trabajos que se están desarrollando desde la Universidad de Zaragoza por parte del Grupo de Hidráulica Computacional(12).

Las nuevas tecnologías ayudarán a cumplir los objetivos que se han marcado los recientemente aprobados PLANES DE GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES (PGRI). Una de sus claves es la **COORDINACIÓN**, para lo que es fundamental la **INTEROPERATIVIDAD de la información** que manejan los distintos actores en un episodio de avenida y, otra de las claves es la **AUTOPROTECCIÓN**, para lo que es fundamental que los posibles afectados dispongan de acceso a las previsiones de los caudales circulantes y qué riesgo llevan asociados.



Con las nuevas tecnologías podremos construir "portales web" donde poner en común toda la información y también desarrollar aplicaciones, tipo "app", que permitirán que los avisos o alerta lleguen de una forma sencilla y clara a los usuarios.

En el caso de la cuenca del Ebro se ha desarrollado una aplicación que permite conocer qué riesgo (alto, medio o bajo) tiene una parcela o término municipal que se puede consultar en la página del Plan de Gestión del Riesgo de Inundaciones del Ebro(13)

Podemos poner algunos ejemplos de cómo se está comenzando con proyectos pioneros que aplican alguno de los aspectos indicados anteriormente. En concreto, se trata de una iniciativa del Ayuntamiento de Pamplona con el servicio de alerta por SMS(14) ante el riesgo de inundaciones por el río Arga. En esta iniciativa cooperan el Ayuntamiento de Pamplona-Iruña y la Confederación Hidrográfica del Ebro que le suministra la información de los caudales previstos y observados aguas arriba del término municipal y, se puede considerar como una herramienta de autoprotección porque el Ayuntamiento ha estudiado qué debe hacer para cada nivel de riesgo, asociado a un caudal circulante o previsto.



Figura 18. Resultado de la consulta "CONOCE TU RIESGO" para la población de Miranda de Ebro (Burgos).

(12) <http://ghc.unizar.es/>

(13) <http://www.chebro.es/PGRI/>

(14) <http://www.pamplona.es/VerPagina.asp?idPag=192920VA&Idioma=1>

Conclusiones

SIGAMOS APOSTANDO POR LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA GESTIÓN DE AVENIDAS

- Lo que parecía una “locura” en 1984 se ha convertido en una herramienta necesaria para la gestión de los recursos del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Es fundamental que el mantenimiento de estas herramientas de alerta temprana para la gestión de eventos hidrológicos sea vista como una inversión y no como un gasto, desde todos los estamentos afectados por los daños que producen las avenidas, impulsando inversiones que promuevan la mejora continua que implicará que cada nuevo evento dejará menos daños que el anterior, aunque nunca podremos llegar al daño “cero”.
- Aprovechemos las nuevas tecnologías de comunicación para llegar lo antes posible a los potenciales damnificados para intentar reducir la exposición de los bienes que puedan ser movilizables.
- Implantemos herramientas de COORDINACIÓN entre los distintos organismos implicados (AEMET, Confederaciones Hidrográficas, Protecciones Civiles, empresas hidroeléctricas, etc.) para conseguir reducción de los caudales circulantes y por lo tanto de los daños producidos

CONCIENCIACIÓN DE LOS AGENTES IMPLICADOS EN LA AVENIDA

- Aprendamos a CONVIVIR CON EL RÍO, conozcamos el riesgo que supone las actividades en zonas próximas al cauce y, definamos planes de AUTOPROTECCIÓN que permitan minimizar los daños que ocasionan las riadas.
- Potenciamos la ORDENACIÓN DEL TERRITORIO como una de las herramientas con más beneficio en la disminución de los daños
- Introduzcamos en el mensaje a la sociedad lo positivo de estas herramientas de gestión y publiquemos no sólo los daños producidos sino también cuantos daños se han evitado.
- PROMOCIONEMOS el uso de los seguros frente a inundaciones, incluso los seguros agrarios, en aquellas zonas y actividades con alto riesgo de inundación.

Enlaces de interés

La gobernanza del agua en España

http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/sistema-espaniol-gestion-agua/0_Catalogo_gobernanza_del_agua_tcm7-361391.pdf

Noticias de avenidas históricas

<http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/materialesdidacticos/otros/catalogo-ebro.pdf>

<http://foro.tiempo.com/67-de-noviembre-de-1982-un-temporal-olvidado-t83554.0.html>

Información sobre el programa SAIH

http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/SAIH_WEB_MMA_V301109_tcm7-28827.pdf

Información sobre herramientas de futuro

<https://www.youtube.com/watch?v=UkRd9puQRvU>

<http://www.tesicnor.com/wp-content/uploads/2016/05/DavidGonzalez-TESICNOR.pdf>

<http://www.kisters.es/agua/software/calamar-gestion-de-datos-de-radares.html>