

Demarcación Hidrográfica del Ebro

INFORME SOBRE LAS AVENIDAS DEL PRIMER TRIMESTRE DE 2015 EN LA CUENCA DEL EBRO

JULIO 2015



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE



CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

INFORME SOBRE AVENIDAS 2015 EN LA CUENCA DEL EBRO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN. (Págs. 2 a 8)
 - 1 Conceptos y definiciones.
 - 2 Instrumentos para la gestión de inundaciones. Tipos de medidas.
2. MARCO LEGAL Y COMPETENCIAL. (Págs.8 a 12)
 - 1 Normativa Europea.
 - 2 Legislación española: de aguas, protección civil, urbanística y ambiental.
 - 3 Legislación específica para la gestión de la cuenca del Ebro: Plan de cuenca.
 - 4 Administraciones involucradas.
3. ACTUACIONES REALIZADAS EN GESTIÓN DE AVENIDAS. (Págs. 12 a 20)
 - 1 Directiva de Inundaciones: fases I, II y III (EPRI-MAPRI-PGRI).
 - 2 Herramientas desarrolladas: SITEbro, SAIH, SAD.
 - 3 Actuaciones del Organismo de Cuenca relacionadas con los cauces y sus crecidas.
 - a. Control y vigilancia del DPH.
 - b. Obras y mantenimiento de cauces.
 - c. Medición de caudales.
 - d. Gestión de embalses.
4. INFORME DE LAS AVENIDAS. (Pág. 21) *anejos con numeración propia*
 - A) ENERO – FEBRERO 2015: CUENCA ALTA DEL EBRO
 - B) FEBRERO – MARZO 2015: EJE DEL EBRO.
 - C) MARZO 2015: MARGEN DERECHA DEL EBRO.
5. CONCLUSIONES. (Pág. 23)

1. INTRODUCCIÓN.

Las inundaciones constituyen, en España, el riesgo natural que a lo largo del tiempo ha producido los mayores daños tanto materiales como en pérdida de vidas humanas. Por otro lado, las inundaciones son fenómenos naturales que no pueden evitarse, si bien algunas actividades humanas, como la ocupación de las llanuras aluviales y la reducción de la capacidad natural de retención del agua por el suelo, contribuyen a aumentar las probabilidades de que ocurran y sus impactos negativos.

La solución tradicional para luchar contra los efectos de las inundaciones consistía en plantear y ejecutar soluciones estructurales, como la construcción de presas, encauzamientos y diques de protección que, en determinados casos, han resultado insuficientes. Esta visión se ha completado en las últimas décadas con actuaciones no estructurales, tales como planes de protección civil, implantación de sistemas de alerta (meteorológicos e hidrológicos), corrección hidrológico-forestal de las cuencas y medidas de ordenación del territorio, para atenuar las posibles consecuencias de las inundaciones. Es decir, se actúa con medidas de protección pero también con medidas de prevención, preparación y recuperación.

Cada avenida es diferente y su caracterización ha de abordarse en el marco físico, legal y técnico que corresponda. El objeto de este informe es describir los eventos de las crecidas de 2015 en la cuenca del Ebro incorporando los conceptos que se definen en este informe, la legislación y los avances realizados en relación con la gestión de inundaciones.

1.1 Conceptos y definiciones.

Se introducen a continuación algunas definiciones comunes en materia de inundaciones:

- **Inundación:** Anegamiento temporal de terrenos que no están normalmente cubiertos por agua. Es decir, la ocupación o discurrir de las aguas por terrenos distintos a los determinados como cauces o dominio público hidráulico. Incluye las inundaciones ocasionadas por ríos, torrentes de montaña, corrientes de agua intermitentes del Mediterráneo y las inundaciones causadas por el mar en las zonas costeras, y puede excluir las inundaciones de las redes de alcantarillado.
- **Riesgo de inundación:** Combinación de (1) la probabilidad de que se produzca una inundación (peligrosidad) y de (2) las posibles consecuencias negativas - para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica - asociadas a esa inundación (vulnerabilidad). Por tanto, para que exista riesgo tiene que haber una cierta probabilidad de inundación en un área (consecuencia del desbordamiento de un tramo fluvial) y a su vez unos usos vulnerables (sensibles a ser afectados) expuestos en ese territorio inundable.
- **Hidrograma:** Es la gráfica que representa la evolución de los caudales circulantes a lo largo del tiempo en un tramo de río concreto; del mismo modo que el hietograma representa la precipitación registrada a lo largo del tiempo y el limnigrama, la evolución de los niveles de agua en una sección de río determinada.

En una avenida, el caudal (y el nivel) comienza a crecer hasta alcanzar un valor máximo o punta para luego comenzar a descender más o menos lentamente dependiendo del tipo de crecida (lenta o rápida). Cada hidrograma de crecida se caracteriza, tanto por éste caudal máximo instantáneo como por su duración (hasta volver a caudales habituales) y forma, que proporcionan el dato del volumen. El volumen total de agua que circula en un

tramo de río es el resultado de las aportaciones provenientes de la lluvia (y/o fusión de nieve), descontada la parte que se intercepta o infiltra en el terreno y no produce escorrentía.

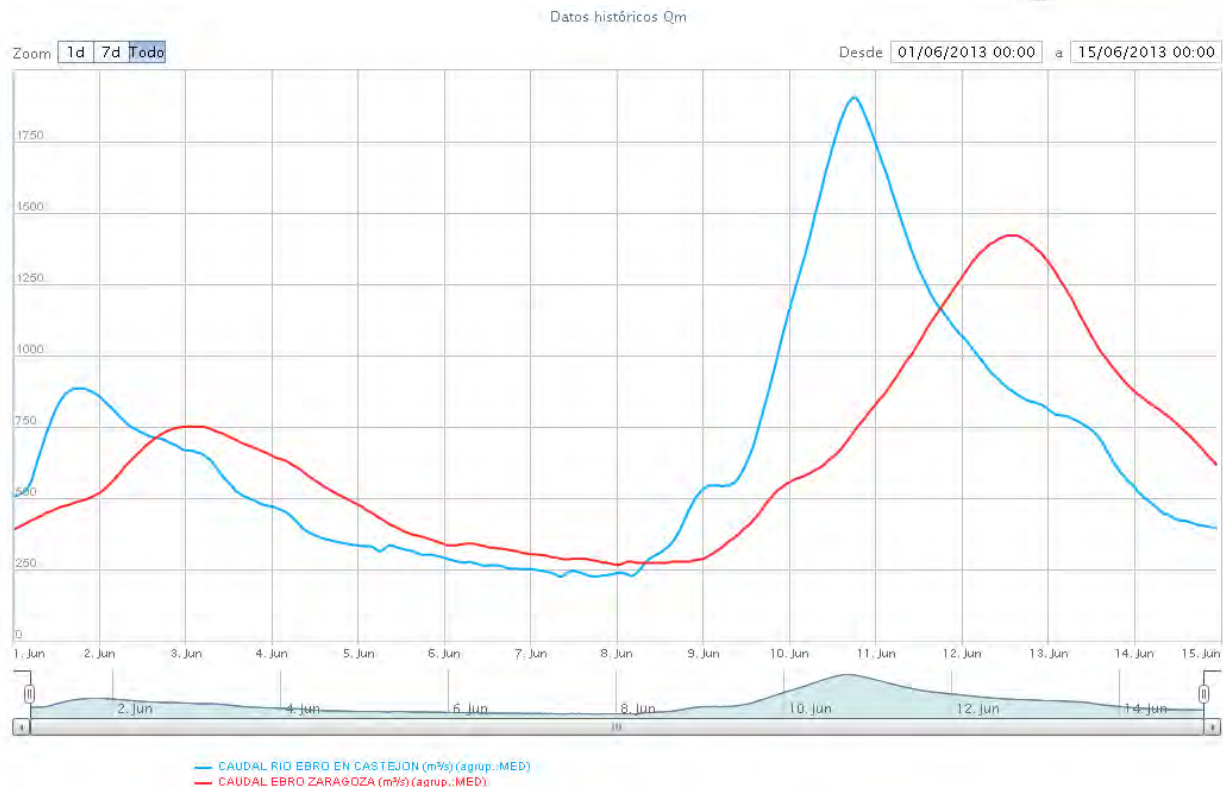
- **Nivel freático:** Define la profundidad a partir de la cual el terreno está saturado y no infiltra más agua. Es importante el grado de humedad del terreno y el nivel freático en una avenida pues condiciona la circulación del agua en superficie (el ciclo del agua es único).
- **Mota:** Ribazo o linde de tierra colocada para disminuir, o acotar lateralmente, la superficie ocupada por las aguas en las crecidas. Atenúa la velocidad de entrada del agua en las márgenes (defensa de erosiones directas sobre los terrenos) pero son elementos que se pueden romper al ser sobrepasados por el agua (según su estado de conservación, incluso antes) y además impedir la posibilidad del retorno de las aguas al cauce principal. Sobre elevación de terreno por encima del nivel o cota de los campos circundantes –incluso a veces por encima del nivel de máxima crecida ordinaria- con la que se pretende la protección de los mismos frente a su inundación.

Constituyen defensas laterales, longitudinales y casi paralelas al eje del río, con diferentes estados de conservación.

Las motas son elementos de protección fungibles que presentan diferentes grados de permeabilidad. Ambas circunstancias hacen que no puedan garantizar la no inundabilidad de los terrenos que defienden de las crecidas de un río.

- **Dique:** Obra de defensa longitudinal (o transversal, como las presas) que se construye para resistir el empuje de las aguas y evitar que estas penetren en las zonas protegidas. Al contrario que las motas, no son permeables, se suelen construir de hormigón y se calculan estructuralmente como defensa, sobre todo, de núcleos urbanos
- **Laminación:** Fenómeno natural que se produce en los ríos por el que las variaciones, tanto en sentido creciente como decreciente, son menores en la sección aguas abajo que en la sección aguas arriba, así que se produce una atenuación en las desviaciones respecto al *caudal medio*. Es decir, a medida que el agua circula aguas abajo, el hidrograma se suaviza o “aplana”

Durante las avenidas la llanura de inundación se convierte en un espacio de disipación de energía de las aguas desbordadas y de almacenamiento de caudal a lo largo del episodio, efecto atenuador que repercute en la reducción del *caudal-punta* aguas abajo, con el consiguiente aplanamiento del hidrograma.



Esto se traduce en una disminución de los caudales máximos y un incremento de los mínimos, al pasar entre dos puntos o estaciones de aforo consecutivas en el recorrido del río. Así, una avenida con una única punta se convierte en otra con un caudal máximo (o punta) menor, que se retrasa en el tiempo y, como el volumen total del agua circulante es el mismo, tiene una mayor duración. Es decir, la capacidad de almacenamiento de agua a lo largo de un tramo fluvial hace que se disminuya el caudal máximo de un episodio de crecida concreto a medida que discurre la crecida aguas abajo y que dure más tiempo (hasta que circule todo el agua que drena de la zona de almacenaje lateral o llanura de inundación).

Si en el tramo del río hay un embalse, el efecto de la laminación suele ser mayor dependiendo del volumen inicial del embalse y por lo tanto del resguardo con que cuente para poder reducir los caudales aguas abajo

- **Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH):** Es el sistema de información encargado de captar, transmitir en tiempo real, procesar y presentar aquellos datos que describen el estado hidrológico e hidráulico de la cuenca. Se incluye, por tanto, el conocimiento del régimen hídrico a lo largo de su red fluvial y el estado de las obras hidráulicas principales y de los dispositivos de control que en ellas se ubican. Para captar estas variables se utilizan sensores, que están en contacto con el medio, dotados de unos codificadores que proporcionan la señal eléctrica o lógica del estado de la variable que se mide.

Como tal sistema de información se apoya en una red de comunicaciones, y como elementos inteligentes de la misma, utiliza sistemas de adquisición y proceso de datos. Los principales datos transmitidos en tiempo real (cada 15 minutos) son los de precipitación, nivel en ríos y canales, volumen de embalse, etc.

- **Sistema de Ayuda a la Decisión (SAD):** Es un sistema que se concibe como un conjunto de modelos y herramientas informáticas diseñadas para la previsión, en tiempo real, de los

caudales de avenida que podrían generarse como consecuencia de un fenómeno meteorológico adverso en la cuenca del Ebro.

Las previsiones de caudal tienen actualmente un horizonte de 72 horas y se actualizan, en situaciones de avenida, cada vez que alguno de los datos de entrada al modelo (previsiones meteorológicas, datos observados o maniobras en embalses) ha experimentado cambios respecto a la previsión anterior. Este sistema permite, a los técnicos de la Confederación, simular las posibles maniobras de explotación de embalses antes de llevarlas a cabo, con el objeto de alcanzar la solución óptima que minimice los efectos perniciosos de dichos caudales. Además posibilita la difusión, con suficiente antelación, de alertas a todos los organismos competentes, así como a la población afectada. Como todo modelo, tiene asociado un cierto grado de incertidumbre, tanto mayor cuanto mayor sea la antelación y depende, a su vez, de la probabilidad de ocurrencia de las previsiones meteorológicas.

- **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI):** Es un instrumento de apoyo a la gestión del espacio fluvial, la prevención de riesgos y la planificación territorial cuya difusión contribuye a la transparencia administrativa.

El eje central del SNCZI es el visor cartográfico de zonas inundables, que permite a todos los interesados visualizar los estudios de delimitación del Dominio Público Hidráulico (DPH) estimado y los estudios de cartografía de zonas inundables, elaborados por el Ministerio de Medio Ambiente y aquellos que han aportado las Comunidades Autónomas.

Se pueden identificar distintos escenarios de probabilidad de inundación, tantos como puedan resultar convenientes, si bien en aplicación de la normativa comunitaria y de las necesidades de los servicios de protección civil es frecuente utilizar los cuatro siguientes asociados a períodos de retorno (T):

- “T10”: terrenos con alta probabilidad de inundación asociada a un denominado “*período de retorno*” de 10 años o previsibilidad estadística de inundación cada 10 años.

Conviene recordar que, en ningún caso se puede confundir la extensión de esta “T10”, o alcance de las inundaciones que se producen con esa frecuencia, con el alcance de la m.c.o., determinado por una media de caudales máximos de 10 años consecutivos.

La primera (T10) siempre será una zona más extensa, que sólo existe a partir del límite del terreno ocupado por la m.c.o. y que identifica una extensión de inundación, fruto de una crecida extraordinaria de esa frecuencia; en tanto que la segunda (m.c.o) determina el cauce o superficie ocupada ordinariamente por las aguas, excluyendo toda inundación o crecida extraordinaria. Es decir, la avenida de alta frecuencia de inundación (T10) y la máxima crecida ordinaria (m.c.o.) no son lo mismo estadísticamente y por tanto tienen consecuencias diferentes.

- “T50”: terrenos con una probabilidad de inundación asociada a un denominado “*período de retorno*” de 50 años o previsibilidad estadística de inundación cada 50 años. Es utilizada por los servicios públicos de protección civil para adoptar determinadas medidas frente a inundaciones.

- “T100”: terrenos con una probabilidad de inundación asociada a un *período de retorno de 100 años* o previsibilidad estadística de inundación cada 100 años.

- “T500”: terrenos con una baja probabilidad de inundación o escenario de eventos extremos, asociado a un *período de retorno de 500 años* o con una previsibilidad estadística de inundación cada 500 años. Esta es la zona inundable que define la legislación de aguas española.

- **Dominio Público Hidráulico (DPH):** Constituyen el Dominio Público Hidráulico del Estado (art. 2 Texto Refundido Ley de Aguas):
 - Las aguas continentales, tanto las superficiales como las subterráneas renovables con independencia del tiempo de renovación.
 - Los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas.
 - Los lechos de los lagos y lagunas y los de los embalses superficiales en cauces públicos.
 - Los acuíferos, a los efectos de los actos de disposición o de afección de los recursos hidráulicos.
 - Las aguas procedentes de la desalación de agua de mar una vez que, fuera de la planta de producción, se incorporen a cualquiera de los elementos señalados en los apartados anteriores.

- **Máxima Crecida Ordinaria (MCO):** Pese a ser un concepto clave en la definición del Dominio Público Hidráulico y su gestión, la m.c.o. no está definida de forma directa ni absolutamente precisa ni en la Ley de Aguas ni en el reglamento del Dominio Público Hidráulico. No obstante, la Ley y sobre todo el Reglamento hacen mención a dos elementos, esenciales, de la máxima crecida ordinaria: su *caudal* y su *nivel*.
 - El **nivel** alcanzado por la m.c.o, en cuanto que conlleva el terreno cubierto por sus aguas, determina el concepto de **álveo o cauce natural**. (art. 4 del T.R. Ley de Aguas y del R. de D.P.H.).
 - El **caudal de la m.c.o.** (art. 4.2 del R. de DPH), que resulta o es determinado por “la media de los máximos caudales anuales en su régimen natural durante diez años consecutivos, que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente”. Es decir, el caudal que la determina se establece partiendo de los datos de (las series de) caudales máximos instantáneos anuales (“pico” o máximo caudal registrado cada año en mediciones quinceminutales), en régimen natural. De ellos se eligen diez años consecutivos con comportamiento representativo (serie que contenga tanto años húmedos como secos), y se obtiene su media, que es el valor del caudal de la máxima crecida ordinaria.

Este cálculo hidrológico no es sencillo ni arbitrario. No lo determina el Organismo de cuenca en cada evento de crecida, sino que se calcula mediante estudios específicos. El CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de obras públicas del Ministerio de Fomento) ha elaborado un Mapa de Caudales Máximos (CAUMAX) en el que se asignan los caudales de máxima crecida ordinaria a cada tramo fluvial (junto con otros estadísticos) a partir de datos de estaciones de aforo (foronómicos) y también mediante otros métodos hidrometeorológicos.

El caudal de la máxima crecida ordinaria sólo se determina por un valor máximo (el pico del hidrograma) y no por la duración de la crecida en conjunto.

La máxima crecida ordinaria se presenta con cierta frecuencia (o recurrencia, también identificada como “periodos de retorno”) en cada río, entre 2 y 7 años, dependiendo de la pluviosidad de la región.

- **Cauce (Dominio Público Hidráulico):** Son los terrenos ocupados por las aguas de la máxima crecida ordinaria. Es decir, es resultante del nivel alcanzado por la m.c.o.

La mención en la legislación a “las máximas crecidas ordinarias” (en plural), se refiere a las distintas “máxima crecida ordinaria” que se produce en cada río, afluente y tramo de los mismos. Este concepto, se define legalmente en el reglamento del Dominio Público Hidráulico.

Para la determinación de la extensión o alcance de esos “terrenos” se atenderá, adicionalmente al aspecto hidrológico e hidráulico (de dar cabida a la m.c.o.), a consideraciones históricas, geomorfológicas y ecológicas –cuando se disponga de ellas-. En base a los estudios disponibles, los *cauces públicos*, se delimitan técnicamente como *dominio público hidráulico estimado o probable*, mediante los criterios hidráulicos y geomorfológicos mencionados desarrollados en la “Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas inundables” (2011, MARM). Desde el punto de vista técnico, en el SNCZI se hallan los mejores estudios disponibles actualmente para su delimitación.

- **Crecidas ordinarias y extraordinarias:** El umbral que separa unas de otras es la máxima crecida ordinaria (m.c.o.), más precisamente, los datos de su caudal. Se considerarán ordinarias toda crecida que no supere los datos de caudal asignados a la m.c.o, y extraordinarias el resto.

Las crecidas ordinarias son frecuentes en los ríos; anualmente se suelen presentar varias de mayor o menor entidad (siempre inferiores a la m.c.o.) y no desbordan el cauce natural o dominio público hidráulico (según la definición legal). En cauces muy alterados son especialmente importantes los criterios geomorfológicos.

Las avenidas extraordinarias, sin embargo, desbordan la capacidad del cauce e inundan las márgenes, la llanura de inundación del río. Aun respondiendo a la calificación legal de extraordinarias, estas no resultan infrecuentes, pues se pueden presentar con una frecuencia de 3 o 7 años, o con cualquier otra frecuencia menor (más espaciadas), dependiendo de las características de los cauces y regiones, Toda crecida extraordinaria, en principio dará lugar a una inundación, mayor o menor.

- **Zona de Flujo Preferente (ZFP):** La zona de flujo preferente es aquella zona constituida por la unión de (1) la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas (zona o *vía de intenso desagüe*) y de (2) la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir *graves daños* sobre las personas y los bienes (*Zona de Inundación Peligrosa o de graves daños*). Queda delimitado el límite exterior de la zona de flujo preferente mediante la envolvente de ambas zonas.
- **Zona de Inundación Peligrosa o de graves daños:** zona donde las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:
 - Que el calado sea superior a 1 m.
 - Que la velocidad sea superior a 1 m/s.
 - Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m²/s.

1.2 Instrumentos para la gestión de inundaciones. Tipos de medidas.

El riesgo de inundación depende de dos factores principales: *la peligrosidad y la vulnerabilidad* de los elementos expuestos. Tanto *la peligrosidad* (probabilidad de que suceda una inundación con unas determinadas características, de calado, extensión, etc.) como *la vulnerabilidad* (sensibilidad a ser afectado), pueden reducirse con medidas de gestión.

Las medidas de gestión del riesgo de inundación se pueden englobar en cuatro tipos principales según atiendan a la prevención, protección, preparación o recuperación. Estas medidas han de ser aplicadas e impulsadas de acuerdo a las competencias de cada administración (véase: 2. Marco legal) y de manera coordinada entre ellas.

De manera muy resumida se aplican así estas medidas en los organismos de cuenca:

- Las *medidas de prevención* se abordan en la tarea encomendada de control y vigilancia del dominio público hidráulico; tratan de disminuir la vulnerabilidad y exposición de los bienes y personas ante las inundaciones. Los mapas de peligrosidad (inundabilidad) dotan de información fundamental al respecto, a través del visor SITEbro.
- En las *medidas de protección* se enmarcan la gestión de embalses y las obras de mejora de la capacidad de drenaje de los cauces y su mera conservación. Estas medidas buscan la disminución de la peligrosidad mediante la laminación de caudales, defensas, mejora de capacidad de desagüe, etc.
- Las *medidas de preparación* se refieren a la gestión de una crecida en tiempo real por parte del organismo de cuenca. Son fundamentales los sistemas de alerta temprana basados en una red de pluviómetros, estaciones de aforo y embalses que registren datos adecuados para el seguimiento de la misma. Las actuaciones principales realizadas por la Confederación durante una crecida son: la gestión de embalses, los avisos a Protección Civil y la diseminación de la información a través de la página web y otros medios.
- En las *medidas de recuperación*, tras un episodio de crecidas, se realizan obras de emergencia según el alcance de las afecciones, y se realizan análisis de cada evento para validar los datos y obtener las lecciones aprendidas.

Para el desarrollo de estos cuatro tipos de medidas destinadas a disminuir los efectos negativos de las inundaciones, la Confederación Hidrográfica del Ebro se ha dotado de instrumentos de gestión (SITEbro, SAIH, SAD, etc.), estudios, planes y actuaciones diversas (control y vigilancia del DPH, obras y mantenimiento de cauces, medición de caudales, etc.) que se describen en el apartado tercero de este informe.

En todo caso, la gestión del organismo de cuenca se sitúa en el complejo marco legal y competencial que a continuación se presenta de manera sencilla.

2. MARCO LEGAL Y COMPETENCIAL

2.1 Normativa Comunitaria (y su trasposición más directa)

La 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 (DM), ya incluía entre sus objetivos que el marco para la protección de las aguas debe contribuir a paliar los efectos de las inundaciones y sequías, y sus artículos 1.e), 4.3 a) IV), 4.6, 11.3 l), 11.5, y el Anexo II 2.4 de esa Directiva contienen disposiciones relativas a inundaciones.

Esta DM fue incorporada a nuestro ordenamiento jurídico mediante el artículo 129 de la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social.

Posteriormente fue la 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 la que realizó un desarrollo específico del fenómeno de las inundaciones. Esta Directiva viene a generar nuevos instrumentos para reducir las posibles consecuencias de las inundaciones mediante la gestión del riesgo, apoyada en cartografía de peligrosidad y de riesgo.

La transposición al derecho interno del Estado español de esta última Directiva se ha producido -partiendo del Texto Refundido de la Ley de Aguas y la Ley 11/2005, del Plan Hidrológico Nacional, y la Ley 2/1985, de Protección Civil que ofrecían rango legal suficiente para su incorporación-, esencialmente, mediante una norma de rango reglamentario: el Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión de riesgos de inundación.

Este Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión de riesgos de inundación, tiene como principales objetivos obtener un adecuado conocimiento y evaluación de los riesgos asociados a las inundaciones y lograr una actuación coordinada de todas las administraciones públicas y la sociedad para reducir las consecuencias negativas de las inundaciones (sobre las personas, la actividad económica, y medioambientales).

La implementación de actuaciones en él contempladas se realiza a través de las siguientes fases:

- 1.- Evaluación preliminar del riesgo de inundación, en la que se determinan los tramos fluviales considerados como Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs) , en cada demarcación hidrográfica
- 2.- Elaboración de los mapas de peligrosidad y riesgo de aquellos tramos. Permite conocer la inundabilidad y afecciones, para distintos escenarios de probabilidad de inundación (10,100 y 500 años – alta, media y baja frecuencia)
- 3.- Elaboración de los planes de gestión del riesgo de inundación (PGRI).

Son estos PGRI los que deben incluir los programas de medidas que cada una de las administraciones debe aplicar en el ámbito de sus competencias para alcanzar el objetivo previsto de reducir las consecuencias negativas producidas por las inundaciones (sobre las personas, la actividad económica y medioambiental).

2.2 Legislación española: de aguas, protección civil, urbanística y ambiental.

A) Legislación de Aguas

La problemática que plantean las inundaciones y la búsqueda de soluciones para mejorar la seguridad de las personas y los bienes frente a las inundaciones ha sido recogida en la Legislación de aguas española, tanto en el texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio –en especial en su artículo 11-, así como en la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, modificada por la Ley 11/2005, de 22 de junio, cuyo artículo 28.2 y 3, contenía referencias a la protección del Dominio Público Hidráulico y actuaciones en zonas inundables.

El Reglamento de Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, en desarrollo de las previsiones de la Ley de Aguas contiene algunas referencias a las zonas inundables –en especial su Art. 14-, las cuales se vieron reforzadas con los preceptos incorporados a nuestra legislación mediante el Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modificó el Reglamento del Dominio Público Hidráulico. Las modificaciones introducidas por esta norma parten de la justificación (preámbulo) de que *“la creciente y rápida presión sobre los cauces, fundamentalmente urbanística, reduce día a día el espacio fluvial, incrementa los riesgos frente a las inundaciones y menoscaba la protección medioambiental del dominio público hidráulico, razones todas ellas que fundamentan la necesidad de legislar adecuadamente para prevenir y evitar esos efectos negativos”*, e incluye novedades como las relativas a las zonas de flujo preferente y vías de intenso desagüe, crea el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, regula desde el punto de vista de seguridad las presas y balsas existentes y su construcción, así como órganos encargados de su supervisión.

Resulta especialmente significativa la modificación que introdujo en el artículo 9 el concepto de zonas de flujo preferente, en las cuales el Organismo de cuenca sólo podrá autorizar

actividades no vulnerables frente a las avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dicha vía.

Igualmente importantes resultan las modificaciones de este Reglamento de Dominio Público Hidráulico, realizadas en esta materia por el R.D. 1290/2012, de 7 de septiembre, en especial en lo que hace referencia a la continuidad longitudinal y transversal, y respecto a obras dentro y sobre el Dominio Público Hidráulico (Art. 126 y 126 bis)

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, hace referencia en su artículo art. 49 al 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.

Finalmente, el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, que aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica, hace referencia en su artículo 59 a situaciones hidrológicas extremas, e incorpora al ordenamiento jurídico interno español los aspectos relativos a la planificación hidrológica a través de demarcaciones hidrográficas. El apartado 3 de ese art. 59 señala que las administraciones competentes delimitarán las zonas inundables teniendo en cuenta los estudios y datos disponibles que los organismos de cuenca deben trasladar a las mismas. Para ello contarán con el apoyo técnico de esos organismos y, en particular, con la información relativa a caudales máximos en la red fluvial, que la administración hidráulica debe facilitar.

Todas estas disposiciones anticiparon y enmarcan la regulación en la materia introducida por el Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión de riesgos de inundación.

Pero además, en el ámbito de la legislación estatal, diversas normativas sectoriales han afrontado también esa problemática, en especial la legislación de protección civil, urbanística, y medioambiental.

B) Legislación de protección civil

La Ley 2/1985, de 21 de enero, de Protección Civil, ha sido desarrollada mediante la Norma Básica de Protección Civil, aprobada por el Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, que contempla entre los planes especiales de protección civil a elaborar por la Administración General del Estado y por las comunidades autónomas, los correspondientes al riesgo por inundación. En el marco de esta legislación, 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, establece el marco sobre el que se han desarrollado los planes especiales de protección civil ante el riesgo de inundaciones y que puede considerarse como la primera disposición que relaciona expresamente el nivel de riesgo de inundación del territorio con la planificación territorial y los usos del suelo.

De conformidad con esa Directriz Básica de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones, se adoptó el Plan Estatal de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, aprobado por el Consejo de Ministros, en su reunión del día 29 de julio, y con el que se establece la organización y procedimientos de actuación de los recursos y servicios del Estado necesarios para asegurar una respuesta eficaz del conjunto de las Administraciones Públicas ante situaciones de emergencia nacional provocadas por inundaciones. El citado Acuerdo, fue

publicado por Resolución de 2 de agosto de 2011, de la Subsecretaría del Ministerio del Interior y entró en vigor el 2 de septiembre de 2011 (el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado»).

A estas actuaciones de protección civil colaboran las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, de acuerdo con la Ley Orgánica 2/1986, de 13 de marzo, de Fuerzas y Cuerpos de Seguridad, y las Fuerzas Armadas, de acuerdo con la Ley Orgánica 5/2005, de 17 de noviembre de la Defensa nacional, colaborando con los servicios de protección civil en los casos de grave riesgo catástrofe o calamidad pública.

C) Legislación urbanística.

Estatal

El Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Suelo, establece en su articulado la necesidad de incluir en los instrumentos de ordenación territorial mapas de riesgos naturales y de la realización de informes de las administraciones hidrológicas en relación con la protección del dominio público hidráulico. Igualmente determina la situación de suelo rural de todo aquel que sea susceptible de albergar riesgos de inundación, y se exige la prevención de dichos riesgos, tanto de las Administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo, en la ordenación que hagan de los usos del suelo, como de los propietarios de los terrenos, en su deber de conservación de los mismos. Así, la normativa urbanística establece, entre otras cosas, las bases económicas y medioambientales del régimen jurídico del suelo.

Autonómica

Sin perjuicio de esa normativa básica, en base a diversos títulos competenciales, no debe olvidarse que la Ordenación del Territorio y el Urbanismo son competencias exclusivas de las CCAA, por lo que su legislación sectorial propia es determinante.

D) Legislación ambiental.

La legislación ambiental incide en la intervención pública en relación con las inundaciones, estableciendo aspectos limitantes y condicionantes a actuaciones en tramos fluviales, desde distintos puntos de vista:

- De un lado, a través de la previsión de una serie de instrumentos preventivos respecto a distintas actuaciones a realizar en los ríos o en zonas relacionadas, como ocurre, sobre todo con la legislación de evaluación de impacto ambiental, actualmente recogida en la Ley 21/2013, de 9 de diciembre.
- Por otro lado, la protección de los distintos recursos naturales y la ordenación de su uso, a través de la normativa de protección de recursos naturales, fauna y flora silvestres, y de espacios naturales protegidos, estatal y autonómica (en especial, Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y de Biodiversidad, o las leyes de pesca)

2.3 Legislación específica para la gestión de la cuenca del Ebro: Plan de cuenca.

El Plan Hidrológico de la demarcación hidrográfica del Ebro, aprobado por Real Decreto 129/2014, de 28 de febrero, contiene en sus artículos 82 a 88 una serie de previsiones respecto a la gestión de inundaciones.

El artículo 82 de la Normativa del Plan Hidrológico 2009-2015 (RD 129/2014, de 28 de febrero) se dedica a la coordinación del Plan Hidrológico con el Plan de Gestión de Riesgos de Inundación, y el Esquema de Temas Importantes del segundo ciclo de planificación 2015-2021 (CHE, 2014) incide en la necesidad de esta coordinación. Por tanto,

El Plan de Gestión de Riesgos de Inundación y el Plan Hidrológico de la demarcación son elementos de una gestión integrada de la cuenca, y de ahí la importancia de la coordinación entre ambos procesos, guiados por la Directiva de Inundaciones (2007/60/CE) y la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) respectivamente. Esa coordinación se materializa en la incorporación de las determinaciones y medidas del Plan de Gestión de Riesgos de Inundación en el Programa de Medidas del Plan Hidrológico y en la tramitación conjunta de su Evaluación Ambiental Estratégica.

2.4 Administraciones involucradas.

Las competencias en gestión y defensa frente a los efectos adversos de las inundaciones afectan a todas las administraciones, en diversas materias:

- Las administraciones locales, en materias de planeamiento urbanístico y protección civil.
- Las de las Comunidades Autónomas, sobre todo en cuestiones relacionadas con la ordenación del territorio, medioambiente, protección civil o agricultura.
- La administración general del Estado, en relación con protección civil y la gestión del dominio público hidráulico en las cuencas intercomunitarias (en virtud de lo cual ha asumido la gestión de las crecidas).

La implantación de toda esta normativa citada supone una oportunidad para mejorar la coordinación de todas las administraciones a la hora de reducir los daños por inundaciones, centrándose fundamentalmente en las zonas con mayor riesgo de inundación (Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación).

| |
|--------------------------------------|
| CUADRO DE NORMATIVA APLICABLE |
|--------------------------------------|

1.- Normativa Comunitaria (y su trasposición más directa).

- 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 (DM).
- 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 (DEGRI).
- Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión de riesgos de inundación, de 9 de julio.

2.- Legislación española: de aguas, protección civil, urbanística y ambiental.**A) Legislación de Aguas**

- Texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001 de 20 de julio.
- Reglamento del Dominio Público Hidráulico (art. 14), aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, modificado por Real Decreto 9/2008, de 11 de enero y por el R.D. 1290/2012, de 7 de septiembre.
- 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, (art. 59.3)
- Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, modificada por la Ley 11/2005, de 22 de junio, (art 28.2 y 3).
- El Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión de riesgos de inundación

B) Legislación de protección civil

- Ley 2/1985, de 21 de enero, de Protección Civil.
- Norma Básica de Protección Civil: Real Decreto 407/1992, de 24 de abril.
- Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones (Acuerdo de Consejo de Ministros de 9 de diciembre de 1994).
- Plan Estatal de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (Acuerdo del Consejo de Ministros de 29 de julio de 2011)

C) Legislación urbanística.

- Estatal: Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Suelo
- Autonómica: legislación propia de cada Comunidad Autónoma

D) Legislación ambiental.

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación de impacto ambiental.
- Legislación de protección de recursos naturales, fauna y flora silvestres; y de espacios naturales protegidos, estatal y autonómica (en especial, Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y de Biodiversidad).

3.- Legislación específica para la gestión de la cuenca del Ebro: Plan de cuenca.

- Plan Hidrológico de la demarcación hidrográfica del Ebro, aprobado por Real Decreto 129/2014, de 28 de febrero, (artículos 82 a 88)

3. ACTUACIONES REALIZADAS EN GESTIÓN DE AVENIDAS

La Confederación Hidrográfica del Ebro ha incorporado, en su gestión del riesgo de inundación, lo establecido en el marco de la Directiva de Inundaciones (3 fases), ha desarrollado una serie de herramientas (SITEbro, SAIH y SAD) y las ha introducido en el desempeño ordinario de sus competencias (control y vigilancia del D.P.H., obras y mantenimiento de cauces, medición de caudales, gestión de embalses, etc.).

A continuación se explican estos tres aspectos: directiva de inundaciones, herramientas para la gestión y tareas del Organismo relacionadas con las inundaciones.

3.1 Directiva de Inundaciones: fases I, II y III

En la demarcación hidrográfica del Ebro se han realizado las tres etapas que marca la **Directiva de Inundaciones**:

1.- Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI): se identificaron aquellos tramos fluviales con riesgo significativo de inundación, 374 zonas, englobadas dentro de 46 Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs). Este documento se redactó en mayo de 2011 y fue sometido a consulta pública durante 3 meses desde el 1 de junio. La Dirección General del Agua remite con fecha 4 de noviembre de 2011 la EPRI a la Dirección General de Protección Civil y Emergencias del Ministerio del Interior para informe de la

Comisión Nacional de Protección Civil. Este órgano colegiado emitió informe favorable en su reunión del Pleno celebrada el 17 de noviembre de 2011. Finalmente se remite a la Comisión Europea con fecha 8 de marzo de 2012.

2.- Mapas de Peligrosidad y Mapas de Riesgo: muestran las consecuencias adversas potenciales de las inundaciones en las ARPSIs. Los mapas de peligrosidad incluyen láminas de inundación y mapas de calado. Por su parte, los de riesgo recogen el número indicativo de habitantes que pueden verse afectados; la actividad económica de la zona que puede verse afectada; las instalaciones industriales que pueden ocasionar contaminación accidental en caso de inundación, como las estaciones depuradoras; las zonas protegidas para la captación de agua destinadas a uso humano o masas de agua de uso recreativo y zonas para la protección de hábitats y especies. Todos ellos pueden consultarse desde:

<http://iber.chebro.es/SitEbro/sitebro.aspx?SNCZI>

Ambos tipos de mapas, peligrosidad y riesgo, se han calculado para tres escenarios de probabilidad: alta probabilidad (asociada a un período de retorno de 10 años –o previsibilidad estadística de inundación cada 10 años-), probabilidad media (asociada a un período de retorno de 100 años –o previsibilidad estadística de inundación cada 100 años-) y baja probabilidad de inundación o escenario de eventos extremos (período de retorno de 500 años –o previsibilidad estadística de inundación cada 500 años-). En esta Demarcación se han obtenido estos Mapas para 3.250 kilómetros de cauces. Este documento se somete a consulta pública durante tres meses desde el 10 de enero de 2014, a raíz de la cual se reciben 45 alegaciones. El Comité de Autoridades Competentes emite informe favorable con fecha 8 de octubre de 2014.

3.- Planes de Gestión del Riesgo de Inundación: son la herramienta clave de la Directiva, que fijará para cada ARPSI sus objetivos de gestión del riesgo de inundación y, de acuerdo con cada Administración competente, las actuaciones a realizar. Estas actuaciones podrán ser puntuales, tener un ámbito comarcal regional o de toda la cuenca hidrográfica en función de la tipología de actuación. Cada Administración competente será la responsable de la priorización y aprobación de su programa de medidas, estableciendo el Plan los mecanismos de coordinación. Según la Directiva, los planes de gestión del riesgo de inundación se revisarán y actualizarán a más tardar el 22 de diciembre de 2021 y, a continuación, cada seis años.

Como última fase de la implantación, se ha redactado y sometido tres meses a información pública (desde enero a marzo de 2015) el Plan de Gestión de Riesgo de Inundación en la demarcación hidrográfica del Ebro, que incluye medidas coordinadas entre las distintas Administraciones con competencias en ordenación del territorio y protección civil, entre otras.

Los planes de gestión del riesgo de inundación abarcan todos los aspectos de la gestión del riesgo de inundación, centrándose en la prevención, protección y preparación, incluidos la previsión de inundaciones y los sistemas de alerta temprana, y teniendo en cuenta las características de la cuenca o subcuenca hidrográfica considerada.

3.2 Herramientas desarrolladas: SITEbro, SAIH, SAD.

3.2.1 SITEbro

En la cuenca del Ebro, tienen especial importancia las tres herramientas de trabajo siguientes que permiten el acceso, público, a la información disponible en materia de inundaciones (entre otras):

El denominado Geoportal SITEbro es la principal puerta de acceso, desde la Web institucional del Organismo, a toda la geoinformación competencia de la C.H.E. Almacena,

mantiene y gestiona un amplio banco de datos georreferenciados, procedente de los distintos servicios técnicos del Organismo, sobre el medio hídrico de la Demarcación Hidrográfica del Ebro.

El SITEbro básico ha ido dando paso a toda una serie de SITEbros específicos. El SITEbro SNCZI integra las cartografías del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.

SITEbro SNCZI publica los mapas de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI, Fase I Directiva Inundaciones) y los mapas de riesgo y peligrosidad por inundación (Fase II Directiva Inundaciones) que integran el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas inundables (SNCZI).

Además de estos mapas de peligrosidad y riesgo que integran el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) es vocación del SITEbro publicar las capas con las zonas de máxima inundación que se han ido obteniendo, episódicamente, como consecuencia de las diversas avenidas registradas en el eje del Ebro. A fecha de hoy se han publicado ya las capas o láminas de inundación correspondientes a las crecidas de 2003 y 2013, y paulatinamente irán publicándose las correspondientes a otros episodios de inundación (2007, 2008, 2009, 2010, 2015) con la intención de disponer de una verdad terreno que posibilite la adecuada ordenación y gestión del dominio público hidráulico y espacios fluviales afectados.

Con motivo de la crecida extraordinaria del río Ebro en febrero de 2003 la Confederación Hidrográfica del Ebro (C.H.E.) puso en marcha, por vez primera, un importante operativo aéreo para el seguimiento de la evolución espacio-temporal de los episodios de avenida, que se concretó, en aquel entonces, en la aplicación de dos técnicas complementarias: fotointerpretación en vuelo a lo largo de los días de inundación y análisis de imágenes de satélite Landsat 7 y Spot 2 y 5 correspondientes a distintos momentos de la evolución de la avenida. Estas fuentes de información aérea posibilitaron, una vez transcurrido el máximo de la crecida, la estimación de las superficies anegadas, así como la generación de una importante base de datos georreferenciada específicamente aplicada al conocimiento de la evolución de la avenida cuyo producto síntesis (capa GIS con el área de máxima o “mancha” de la inundación) ha quedado integrado en el Sistema de Información Territorial de la C.H.E., SITEbro (<http://iber.chebro.es/SitEbro/sitebro.aspx>).

Para el oportuno seguimiento del episodio de crecida del río Ebro en 2015 se ha optado por utilizar estas mismas herramientas (vuelos aéreos tripulados y análisis de imágenes de satélite) a las que se ha sumado, en esta ocasión, el empleo puntual de drones. En cada episodio de crecida se pormenoriza, siguiendo un orden espacio-temporal, el empleo de cada una de estas técnicas y los resultados obtenidos.

3.2.2 S.A.I.H.

El Sistema Automático de Información Hidrológica en la cuenca del Ebro está operativo, con servicio 24H/365días desde 1997 en el Centro de Proceso de Cuenca (CPC).

Actualmente la topología de la red está formada por:

- 231 estaciones de aforo en río, la mayor parte pertenecientes a la Red Oficial de Estaciones de Aforos y el resto intercambios con CCAA y empresas hidroeléctricas
- 73 embalses
- 286 estaciones en canales de riego
- 39 estaciones meteorológicas completas
- 345 medidas de precipitación

- 192 medidas de temperatura ambiente
- 12 telenivómetros para la estimación de la reserva nival
- 42 piezómetros para control de aguas subterránea

Las comunicaciones se soportan en una red propia de comunicaciones formada por 100 repetidores con 62 estaciones base de la red TETRA corporativa.

La información captada por la red se actualiza cada 15 minutos y actualmente se procesan más de 10.000 variables, entre variables de campo y variables calculadas a partir de éstas. Cada una de ellas permite asignarle hasta cuatro valores de aviso, dos por alto y dos por bajo, asignando a cada uno de ellos un protocolo de actuación por parte del personal del CPC.

Desde el año 2002 se publica en la web www.saihebro.com la información más relevante con actualización horaria y, bajo demanda cada quince minutos. Actualmente hay más de 9000 usuarios registrados y en lo que va de año se han visitado 3,5 millones de páginas por parte de 131.000 usuarios con 483.653 sesiones que supone un 80% del total en 2014.

Desde el 2006 se han ido desarrollando versiones de aplicaciones para móviles hasta llegar a los actuales teléfonos inteligentes.

3.2.3 S.A.D.

El Sistema de Ayuda a la Decisión para la Explotación de Embalses del SAIH del Ebro (SAD) se concibe como un conjunto de modelos y herramientas informáticas diseñadas para la previsión, en tiempo real, de los caudales de avenida. Este sistema permite, a los técnicos de la Confederación, simular las posibles maniobras de explotación de los embalses antes de llevarlas a cabo, con el objeto de alcanzar la solución óptima que minimice los efectos perniciosos de dichos caudales. Además posibilita la difusión, con suficiente antelación, de alertas a todos los organismos competentes, así como a la población afectada.

El SAD está operativo, en la CHE, desde el año 2002. Las previsiones de caudal, emitidas por el SAD, pueden ser consultadas a través de la página web del SAIH desde el año 2005.

Datos de entrada al sistema SAD

• Previsiones meteorológicas

De todas las variables meteorológicas que ofrecen los modelos meteorológicos se usan la precipitación y la temperatura. Actualmente los modelos meteorológicos de tipo determinista utilizados por el sistema son:

- El modelo HIRLAM de la AEMET): de resolución espacial de 0.16°, resolución temporal de 1 hora, horizonte temporal de 72 horas y frecuencia de recepción de 6 horas
- El modelo WRF de la ULE: de resolución espacial de 0.03°, resolución temporal de 1 hora, horizonte temporal de 48 horas y frecuencia de recepción de 12 horas.
- El modelo GFS (Global Forecast System) de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration): de resolución espacial de 0.5°, resolución temporal de 3 horas, horizonte temporal de 192 horas y frecuencia de recepción de 6 horas.

El SAD dispone de herramientas que le permiten elaborar sus propias predicciones meteorológicas partiendo de las ya existentes, en base a la experiencia de los técnicos del SAD

• Datos observados en tiempo real

Los datos observados que utiliza el SAD provienen del sistema SAIH y lee los datos de precipitación de las estaciones pluviométricas (341), de temperatura ambiente de los termómetros (194), de caudal de los aforos (225) y de nivel, volumen y caudal saliente de los embalses principales de la cuenca (41). Estos datos presentan una frecuencia de adquisición de 15 minutos.

Para realizar las maniobras de explotación de las presas en episodios de avenida, el SAD permite obtener la combinación de vertidos más eficiente, que salvaguarde la seguridad de las presas, y al mismo tiempo minimice, lo más posible, los caudales de los ríos aguas abajo de las mismas.

Elementos que componen el simulador principal del sistema SAD

• Modelos hidrológicos

Los datos de entrada de precipitación y temperatura alimentan los modelos hidrológicos, que son los responsables de estimar las escorrentías que se generarán en cada una de las 349 subcuencas que componen la cuenca del Ebro. Actualmente hay dos modelos hidrológicos implementados: el modelo NAM, modelo de tipo agregado y el modelo ASTER, modelo de tipo distribuido, empleado en las cuencas con importante aportación en forma de nieve. Para el correcto funcionamiento de estos modelos es necesario un proceso de calibración previo de los parámetros que los controlan, basado en episodios históricos.

• Modelos hidráulicos

Los modelos hidráulicos toman las escorrentías o caudales generados por los modelos hidrológicos, en cada una de las 349 subcuencas, y los transmiten a lo largo de la red de cauces principales (más de 5000 km) que conforman la cuenca hidrográfica del Ebro. Actualmente hay dos modelos hidráulicos implementados: el modelo MIKE11, modelo de tipo 1D y el modelo MUSKINGUM. Para el correcto funcionamiento de estos modelos es necesario un proceso de calibración previo de los parámetros que los controlan, en base a episodios históricos de avenida.

• Módulo de gestión de presas

Este módulo es el encargado de simular el efecto que tendrán los caudales previstos por los modelos hidráulicos, sobre los volúmenes de los 41 embalses principales de la cuenca. El módulo dispone de herramientas de edición que permiten diseñar las maniobras de vertido que se desean experimentar.

El simulador principal del sistema SAD integra todo este conjunto de modelos de simulación, junto con las bases de datos de control y junto con otras herramientas informáticas.

3.3 Actuaciones del organismo de cuenca relacionadas con los cauces y sus crecidas.

En diferentes unidades de la Confederación Hidrográfica del Ebro se trabaja antes, durante y después de las crecidas para minimizar los daños de las mismas. Son tareas de *prevención* (control y vigilancia del DPH), *protección* (actuaciones en cauce y gestión de embalses), *preparación* (medición de caudales y seguimiento de crecidas) y *recuperación* (obras de emergencia). Se expone sucintamente en qué consisten estas tareas desarrolladas habitualmente por este organismo y que, con carácter extraordinario, se intensifican durante los episodios de crecida. En los apartados 3 y 4 de cada informe de evento (tres: A), B) y C) en 2015) se

describen tanto las obras de emergencia como los trabajos de apoyo en campo realizados (aforos, guardería fluvial y fotografía aérea) en el transcurso de las avenidas.

a) Control y vigilancia del D.P.H.

El *Servicio de Control de DPH*, del Área de Hidrología y Cauces, realiza un control administrativo de las obras, instalaciones y actuaciones que se pretenden realizar en cauces (dominio público hidráulico) y en las fincas ubicadas en la zona de policía (100 metros a cada lado del cauce), según precisa el Reglamento de DPH.

Ese control está jurídicamente articulado, con carácter general, en el sometimiento a autorización administrativa previa de este Organismo de tales obras, instalaciones y actuaciones, y en la exigencia de informes de este Organismo de cuenca respecto a los planeamientos urbanísticos que puedan afectar esos terrenos.

En ejercicio de tales funciones se deniegan las autorizaciones o se emiten informes desfavorables cuando las actuaciones puedan implicar un obstáculo significativo para la corriente en régimen de avenidas o pueda ser causa de degradación o deterioro del dominio público hidráulico, y en especial, desde 2008, para todo uso vulnerable frente a inundaciones en zonas de flujo preferente. Igualmente, las resoluciones de las correspondientes solicitudes de autorización y los informes que se emiten en la materia, cuando son favorables, se emiten incluyendo condiciones cada vez más restrictivas en zonas inundables (véase marco legal).

No obstante, la situación real del presente no obedece a las limitaciones legales actualmente vigentes, sino a una diversa casuística de uso de la zona inundable.

El Servicio de control y vigilancia del D.P.H., dependiente de la Comisaría Adjunta, en sus funciones de guardería o policía fluvial (a través de sus agentes medioambientales) realiza una labor de inspección e informe, sobre los expedientes relacionados con los cauces, desde temas de vertidos, calidad del agua, autorizaciones de obra, concesiones, denuncias, etc. hasta todo aquello relacionado con las afecciones que pueden provocar los diversos cursos fluviales (más de 12.000 Km. de cuencas principales) en situaciones de crecida. En avenidas, este servicio ha realizado apoyo técnico en campo según se refiere el apartado 4.4.2 de cada evento de crecida, interviniendo directamente en su seguimiento.

b) Obras de emergencia y mantenimiento de cauces

Los trabajos y obras que el Área de Gestión Medioambiental ha desarrollado en el transcurso de los años, van encaminados a disminuir el riesgo y mejorar el comportamiento hidráulico de río Ebro en situación de avenidas. Se enmarcan dentro de las medidas de protección.

En las obras de mantenimiento de cauces que anualmente se presupuestan se incluyen de forma priorizada, en función de la disponibilidad, actuaciones de mejora de drenaje de puentes, eliminación de obstáculos al paso del agua, estabilización de márgenes, etc.

Asimismo, relacionados con la gestión del riesgo de inundación (especialmente en el tramo medio del Ebro) se han desarrollado proyectos y ejecutado actuaciones como los de cauces de alivio o zonas de inundación controlada (Pradilla, Novillas y Pina).

Las obras de emergencia llevadas a cabo durante estos episodios de avenida y las que posteriormente se dispusieron por parte del MAGRAMA se incluyen en el apartado 4.3 del informe específico de cada evento. Hay que señalar que dichas actuaciones evitaron daños,

mucho mayores, en núcleos de población que quedaron así protegidos temporalmente durante el paso de la punta de la avenida.

Previamente, tras el episodio de crecida de 2013, se realizaron obras de emergencia que consistieron en redistribuciones de grava con el principal objetivo de limitar las erosiones en poblaciones y mejorar la capacidad de desagüe del río Ebro. Las actuaciones de extracciones de áridos (en Castejón, Novillas, Pradilla y Pina) han resultado ineficaces a la hora de disminuir los calados de agua de forma significativa en este episodio de 2015; sin embargo, la parte de este material destinada a realizar refuerzos en las defensas urbanas (depósitos laterales) sí ha contribuido a mejorar la defensa existente frente a las velocidades del agua.

c) Medición de caudales

El objetivo que se persigue al realizar aforos directos del caudal (mediciones completas de la sección mojada y las velocidades del agua) circulante durante las avenidas es el de poder contrastar y verificar los datos de caudal estimado disponibles (accesibles en el SAIH). Son mediciones muy valiosas, por escasas, que permiten realizar un seguimiento de los datos reales en situaciones extremas. La toma de datos de caudal se enmarca dentro de las medidas de preparación.

Mediante todos los aforos directos, realizados durante el año, se ajusta la relación altura-caudal (curvas de gasto) en cada sección de control – estación de aforo (hay más de 220 en los ríos de la cuenca del Ebro). El nivel es el único dato que se mide en las estaciones de aforo y el caudal es un dato calculado a partir de las curvas de gasto. Gracias a los aforos directos se pueden verificar estas curvas y, dado que los niveles altos son muy escasos (habitualmente se afora con niveles medios y bajos) es muy importante tomar estos datos en avenidas

El Servicio de Aforos y Estadística de la Confederación Hidrográfica del Ebro cuenta en estos momentos con un único equipo dedicado exclusivamente a la realización de aforos directos. Otro técnico realiza labores de gabinete y afora en campo puntualmente en situaciones que así lo requieren. La escasez de personal hace difícil abarcar una cuenca como la del Ebro y más en episodios de intensas lluvias y crecidas importantes, ya que es materialmente imposible llegar a todos los puntos en que sería interesante medir. A esto hay que añadir las adversas condiciones que suelen hacer de los aforos en grandes crecidas un trabajo especialmente complicado, tanto técnicamente como en lo relativo a la seguridad del personal y de los equipos utilizados. El incidente más grave en los últimos años, sucedió precisamente durante una medición en el río Guadalupe durante la crecida de marzo de 2015, y supuso la pérdida de uno de los equipos de medida DOPPLER.



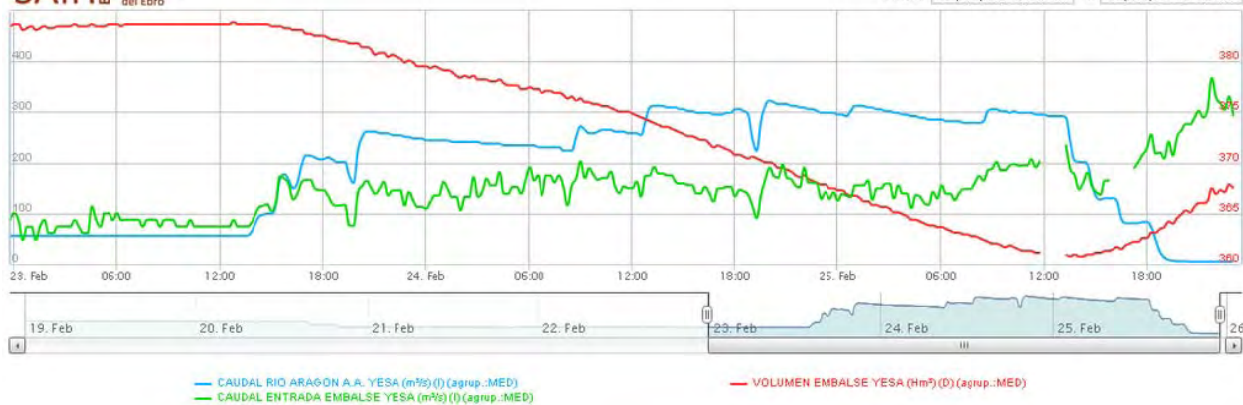
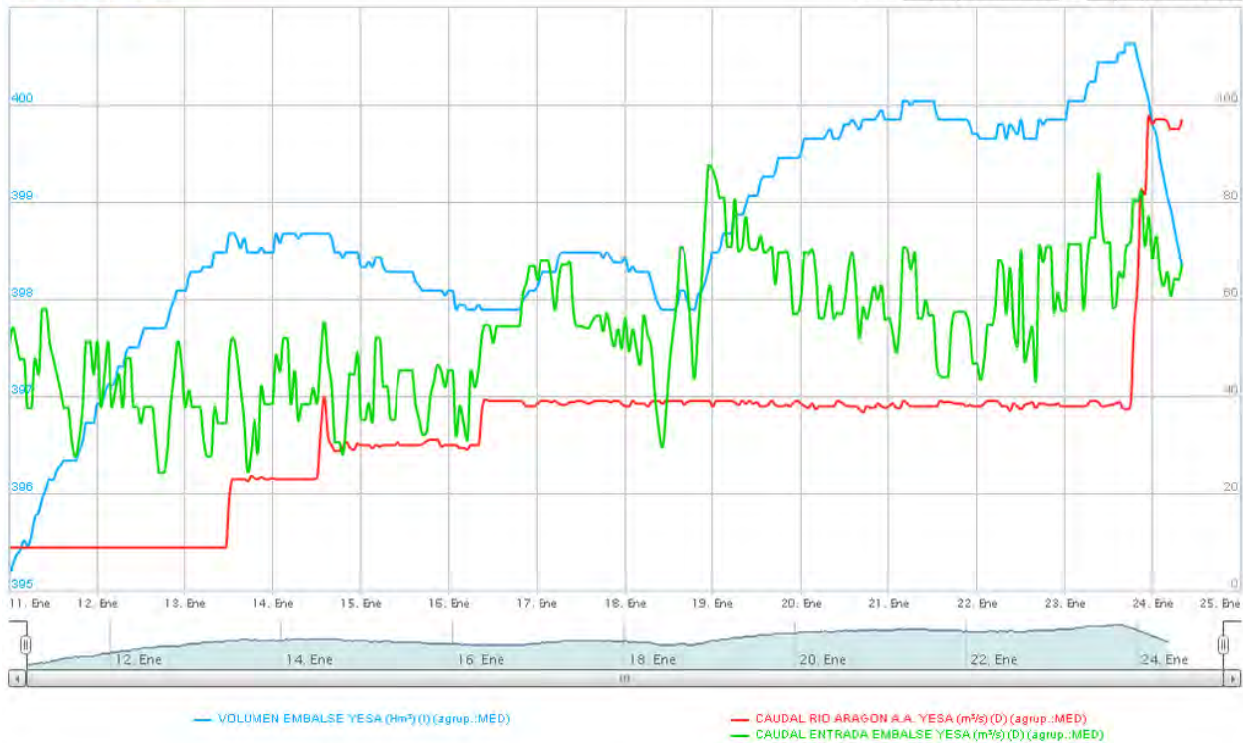
En episodios de avenidas extraordinarias, las condiciones del río pueden ser tan adversas que llegan a imposibilitar completamente la medición.

A pesar de los avances técnicos de los últimos años (a partir de 2007), que han facilitado enormemente la realización de mediciones con grandes caudales, debe tenerse en cuenta que los datos obtenidos están sujetos a una incertidumbre que es tanto mayor cuanto más extraordinarios son esos caudales. Hablar de un error de $\pm 10\%$ es sin duda demasiado optimista en estos casos. Lógicamente esta incertidumbre se traslada a las curvas de gasto, que asignan a cada altura de escala H un caudal estimado Q , para cada estación de aforos y que varían en el tiempo afectadas por la evolución morfológica del tramo de río en que se ubican.

Esta situación de incertidumbre se ve notablemente agravada en el momento en que los cauces se desbordan, las motas se rompen, etc. y el río deja de comportarse como un sistema lineal. Por tanto, durante episodios extraordinarios es prácticamente imposible afinar más allá de ese 10% en cuanto a los caudales circulantes en tiempo real, y menos aún en cuanto a las previsiones, lógicamente. Ni siquiera tras analizar los datos sosegadamente, reajustando las curvas de gasto, realizando balances entre distintas estaciones, etc. es fácil reducir ese margen de error.

d) Gestión de embalses

La gestión de los embalses puede disminuir de forma importante los efectos de las avenidas ya que, en función de las predicciones meteorológicas, se maniobran para aumentar los resguardos antes de comenzar las precipitaciones. Así se desfazan las puntas de las avenidas en ríos regulados con las de los cauces con caudales no regulados (con lo que se evita su suma en las confluencias). Los embalses convierten unos caudales perjudiciales por su elevada magnitud en un recurso utilizable cuando hay escasez, al conseguir retener los volúmenes de la avenida.



Estas actuaciones en ejercicio de la función de administración y control del dominio público hidráulico (art. 23 TR. Ley de Aguas) son decididas en caso de avenidas por el Comité Permanente de la Confederación Hidrográfica al que se refiere el art. 49 del Reglamento de Administración Pública del Agua.

Este Comité Permanente, formado por el Presidente del Organismo, El Comisario de Aguas, el Director Técnico y el Jefe de Explotación, se constituirá a la mayor brevedad posible, a instancia de cualquiera de sus miembros y está facultado para adoptar las medidas que estime oportunas, incluso embalses o desembalses extraordinarios (al margen del régimen ordinario de explotación de un embalse) sin necesidad de oír a la Comisión de Desembalse de la cuenca, debiendo dar cuenta inmediata de su actuación al Ministerio y la propia Comisión de Desembalse.

4. INFORME DE LAS AVENIDAS

Se incorporan a continuación los informes específicos detallados de cada episodio de crecida que, uno a continuación del otro, han tenido lugar en 2015 en la cuenca del Ebro. Estos eventos principales han sido:

- A) ENERO – FEBRERO 2015: CUENCA ALTA DEL EBRO.
- B) FEBRERO – MARZO 2015: EJE DEL EBRO.
- C) MARZO 2015: MARGEN DERECHA DEL EBRO.

En cada informe, con paginación independiente, se sigue un índice general que desarrolla los siguientes aspectos básicos:

- 1 INTRODUCCIÓN.
- 2 METEOROLOGÍA.
 - 2.1 Descripción de la configuración atmosférica.
 - 2.2 Descripción de las precipitaciones observadas.
 - 2.3 Descripción de las previsiones meteorológicas disponibles y los avisos asociados a ellas.
- 3 HIDROLOGÍA.
 - 3.1 Niveles y caudales en estaciones de aforo.
 - 3.2 Descripción de la crecida.
- 4 GESTIÓN DE LA AVENIDA.
 - 4.1 Gestión de embalses.
 - 4.2 Gestión de avisos.
 - 4.2.1 Avisos a Protección Civil.
 - 4.2.2 Acciones de comunicación: Notas de Prensa, atención a medios de comunicación, Twitter
 - 4.3 Obras de emergencia durante la crecida.
 - 4.4 Apoyo técnico en campo:
 - 4.4.1 Aforos directos.
 - 4.4.2 Actuaciones del Servicio de Control y Vigilancia del DPH.
 - 4.4.3 Fotografía aérea de la inundación



4. INFORME DE LAS AVENIDAS

4 A) ENERO – FEBRERO 2015: CUENCA ALTA DEL EBRO.

- 1 INTRODUCCIÓN. *(Pág. 2)*
- 2 METEOROLOGÍA. *(Págs. 2 a 11)*
 - 2.1 Descripción de la configuración atmosférica.
 - 2.2 Descripción de las precipitaciones observadas.
 - 2.3 Descripción de las previsiones meteorológicas disponibles y los avisos asociados a ellas.
- 3 HIDROLOGÍA. *(Págs. 11 a 23)*
 - 3.1 Niveles y caudales en estaciones de aforo.
 - 3.2 Descripción de la avenida en Miranda de Ebro.
 - 3.3 Descripción de la avenida en el tramo del Ebro Logroño-Mendavia.
 - 3.4 Descripción de la avenida en el tramo del Ebro Alfaro-Mequinenza.
- 4 GESTIÓN DE LA AVENIDA. *(Págs. 23 a 31)*
 - 4.1 Gestión de embalses.
 - 4.2 Gestión de avisos.
 - 4.2.1 Avisos a Protección Civil.
 - 4.2.2 Acciones de comunicación: notas de Prensa, atención a medios de comunicación, Twitter.
 - 4.3 Obras de emergencia durante la crecida.
 - 4.4 Apoyo técnico en campo:
 - 4.4.1 Aforos directos.
 - 4.4.2 Actuaciones del Servicio de control y vigilancia del DPH.
 - 4.4.3 Fotografía aérea de la inundación.

4. INFORME DE LAS AVENIDAS

4 A) ENERO – FEBRERO 2015: CUENCA ALTA DEL EBRO.

Fecha elaboración: JUNIO 2015

Fuente: Área de Hidrología y Cauces, SAIH y SAD.

1. INTRODUCCIÓN.

El presente documento recoge los hechos más significativos del episodio de avenida que tuvo lugar entre el 30 de enero y el 6 de febrero de 2015 en la cuenca del Ebro. En él se analizan distintos aspectos como la situación meteorológica que dio lugar al evento, la evolución hidrológica de la avenida en los cauces afectados y la gestión de la misma (gestión de presas y avisos) por parte de la CHE.

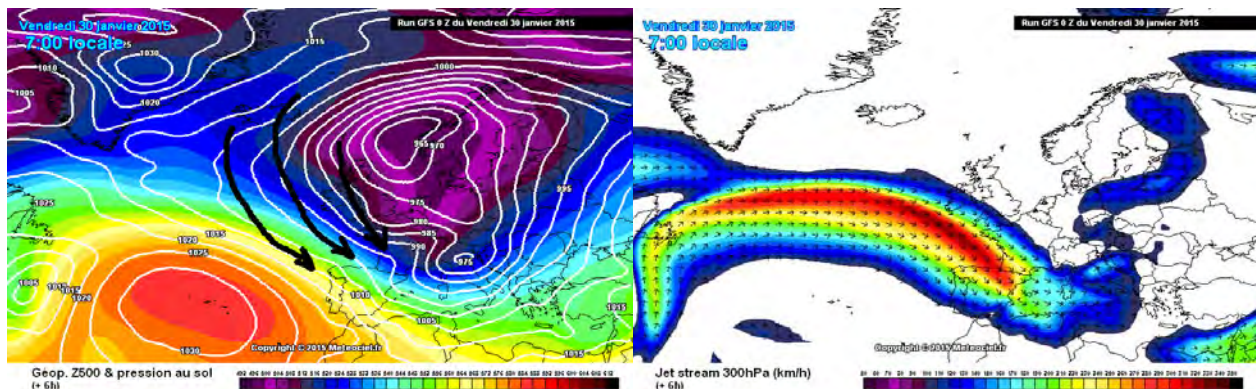
El área más afectada por el evento meteorológico fue toda la margen izquierda del Ebro comprendida entre el embalse del Ebro y la cuenca alta del Aragón, lo que generó crecidas importantes, unas ordinarias y otras extraordinarias, en las cuencas del Nela, Jerea, Omecillo, Bayas, Zadorra, Ega, Arga, Irati y Aragón, así como en el propio río Ebro, desde su cabecera, hasta su desembocadura. Las mayores afecciones tuvieron lugar en distintos puntos de la cuenca del Nela y del propio Ebro, desde la confluencia del Nela, hasta más abajo de Zaragoza.

2. METEOROLOGÍA.

Se describe a continuación la situación meteorológica que originó la avenida, caracterizada a grandes rasgos por un episodio de lluvia que se prolongó durante 72 horas, al que se le sumó la fusión parcial de la reserva de nieve almacenada en ese momento en la cabecera del Ebro y la cuenca alta del Nela.

2.1 Descripción de la configuración atmosférica

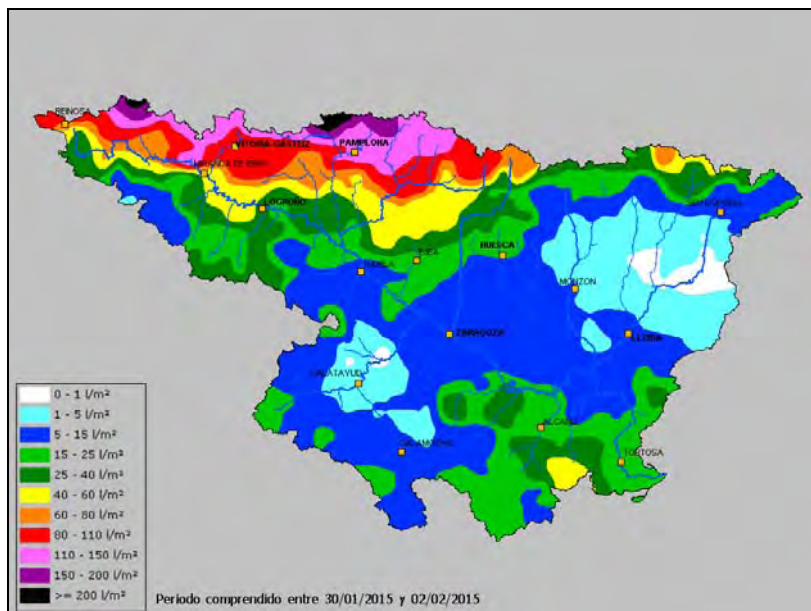
La configuración atmosférica fue la correspondiente a una advección de aire polar marítimo con flujo continuo de viento de noroeste en superficie y oscilando entre el oeste y el noroeste en capas medias de la troposfera (5500 msnm). En lo referente al estado general de la atmósfera, a finales de diciembre e inicios de enero tuvo lugar un CSE (Calentamiento Estratosférico Súbito) menor, aunque de larga duración, que provocó la bilocación del vórtice polar con una difusión hacia las capas medias y bajas de la troposfera, bastante efectiva sobre el oeste del continente europeo, lo que alteró la circulación general de la atmósfera, sobre esta zona, desde mitad de enero. Esta alteración quedó de manifiesto en la formación y desplazamiento de un anticiclón débil sobre la región polar próxima a Groenlandia, un reforzamiento y desplazamiento hacia el sur del anticiclón de las Azores (aunque con un posterior alargamiento hacia el norte) y el desplazamiento hacia el sur de un intenso “Jet Stream” a 200-300 hPa. Se terminó de formar también una extensa área de bajas presiones en el mar del Norte con una serie de sistemas frontales y líneas de inestabilidad muy activos.



Situación de los centros de presiones en superficie y en altura, así como la disposición de la corriente circumpolar y sus velocidades en la mañana del día 30 de enero

2.2 Descripción de las precipitaciones observadas.

Se muestra a continuación un mapa de cantidades de precipitación acumulada registrada según la red de pluviómetros automáticos del SAIH del Ebro.



Mapa de las precipitaciones acumuladas en la cuenca del Ebro los días 30 y 31 de enero y 1 de febrero.

| Zona geográfica | Precipitación media acumulada (l/m ²) |
|-------------------------------------|---|
| Cuenca alta Ebro (margen izquierda) | 127 |
| Cuenca alta Ebro (margen derecha) | 39 |
| Cuenca alta Zadorra | 102 |
| Cuenca baja Zadorra | 105 |
| Cuanca alta Ega | 83 |
| Cuenca alta Arga | 129 |
| Cuenca Irati | 130 |
| Cuenca alta Aragón | 104 |
| Cuenca baja Arga-Aragón | 59 |
| Sistema Ibérico occidental | 30 |

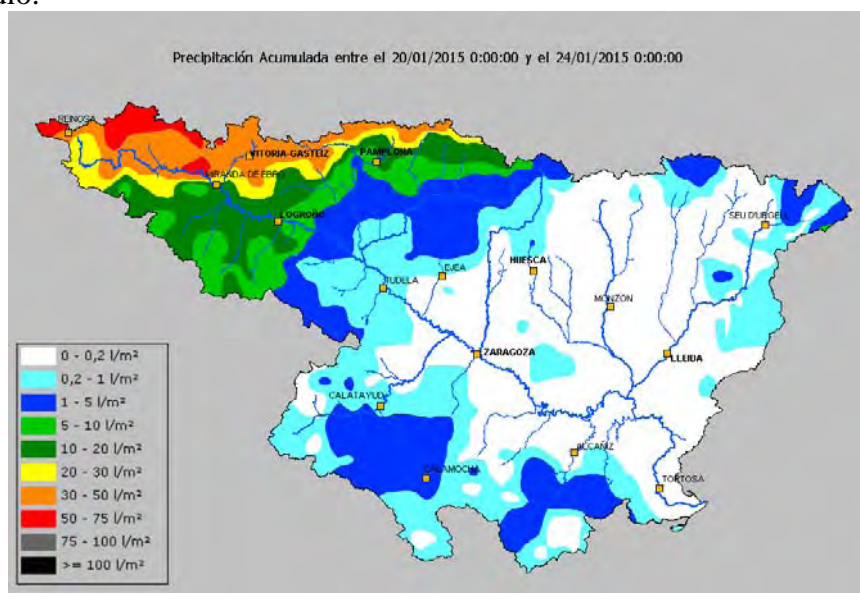
Tabla de precipitación media acumulada por zonas geográficas los días 29, 30, 31 de enero y 1 de febrero.

Se describe a continuación la evolución cronológica del evento en 3 fases:



Evolución de la temperatura y la precipitación quinceminal en Espinosa de los Monteros (cabecera del Trueba, afluente del Nela) desde el día 20 de enero hasta el 5 de febrero.

Fase 1, del 20 al 24 de enero: durante estos días se produjeron importantes nevadas en cotas bajas (500 msnm) en el norte de la cuenca del Ebro, de manera que el día 30 de enero todavía quedaban acumulaciones de nieve importantes (más de 30-40 mm) sobre los 600 msnm en la margen izquierda del Ebro, especialmente en la cuenca vertiente al embalse del Ebro, en la cuenca del Nela y en la Sierra del Urbasa (vertiente a las cuencas del Araquil y el Ega fundamentalmente). Estas acumulaciones de nieve fueron mucho menos importantes fuera de estas zonas, ya que la superficie de cuenca por encima de los 600 msnm es poco importante en las cuencas del Jerea, Omecillo, Bayas, Zadorra y Arga. También en la margen derecha de la cuenca alta del Ebro se llegaron a acumular entre 10 y 30 mm en forma de nieve. En el siguiente mapa se muestra donde se produjeron las precipitaciones en esta primera fase del episodio.



Precipitación acumulada entre el 20 y el 24 de enero

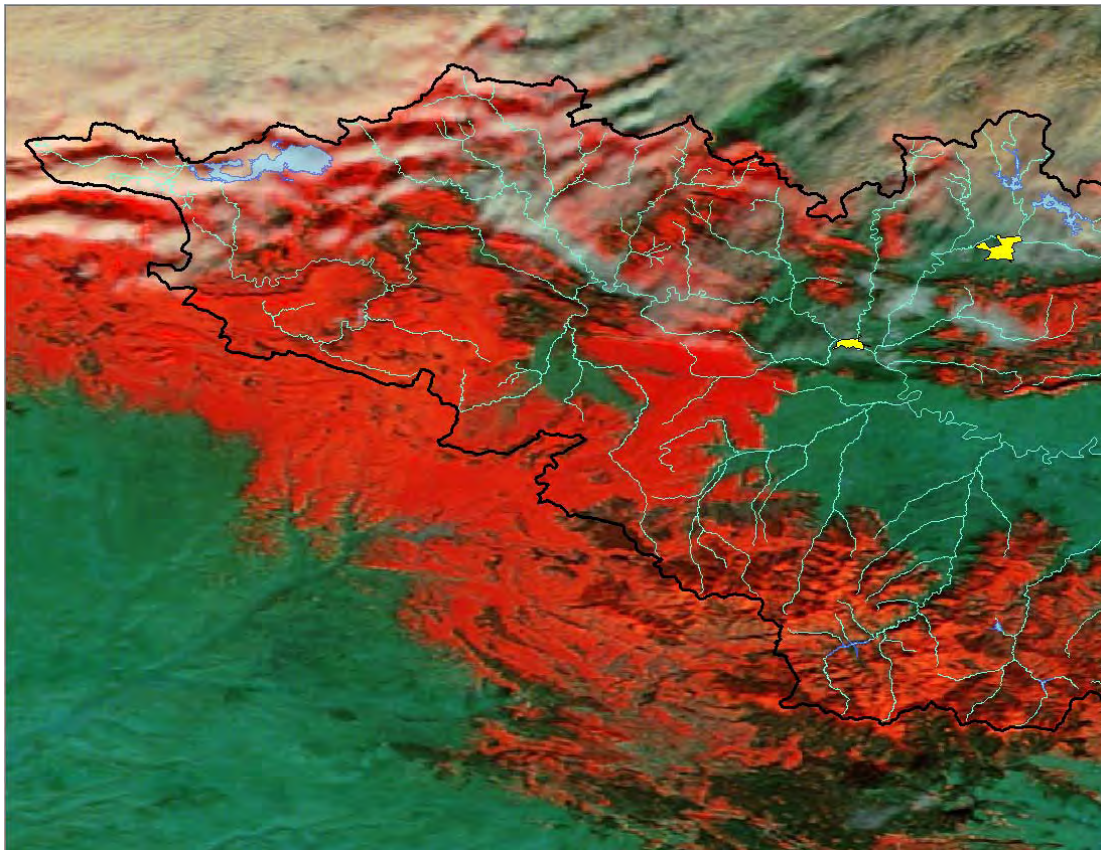
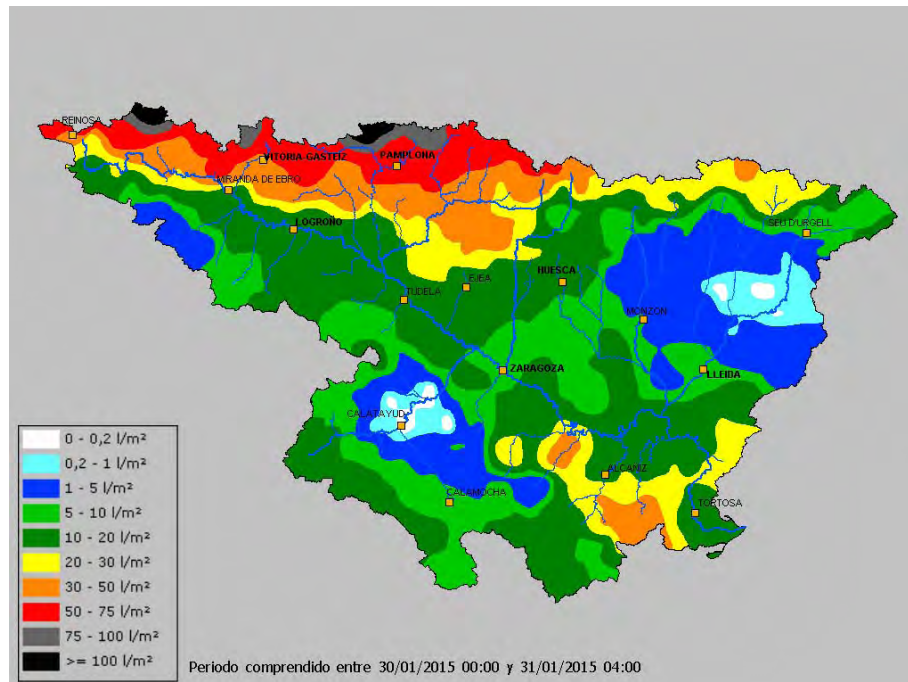


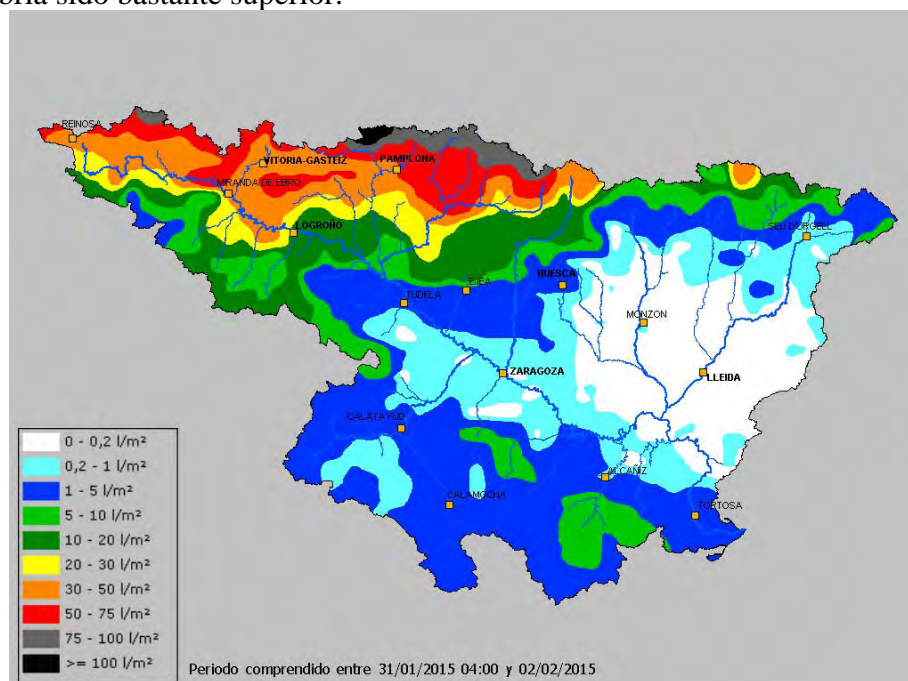
Imagen MODIS de la cobertura de nieve (en rojo) de la cuenca alta del Ebro tras las nevadas del 20-24 enero.

Fase 2, del 30 de enero a la madrugada del 31 de enero: Durante este periodo de unas 30 horas se produjeron precipitaciones de intensidades moderadas a fuertes en prácticamente toda la cuenca del Ebro pero, especialmente, en la margen izquierda del Ebro, desde su cabecera, hasta la cuenca del Aragón. En las cuencas altas de los ríos Nela, Jerea, Omecillo, Bayas, Zadorra, Ega, Arga, Irati y Aragón se recogieron acumulados de precipitación de entre 50 y 100 l/m². En las cabeceras de las cuencas del Nela y del Araquil se recogieron más de 100 l/m². Hay que destacar que la cota de nieve fue algo superior a los 2000 msnm. Al final del día 30 comenzó a bajar la cota de nieve, de manera que durante la madrugada del día 31 llegó a situarse sobre los 800 msnm. Este dato tuvo bastante relevancia ya que, durante todo el día 30, a las escorrentías propias de la precipitación líquida, hubo que sumar los caudales generados por la fusión de la nieve acumulada durante los días previos en las cuencas del Nela, cabecera del Ebro y en la Sierra de Urbasa. En la cuenca del Nela por ejemplo, se estima que entre un 10 y un 20 % de las escorrentías que se produjeron, se debieron a la fusión de la nieve preexistente. Este fenómeno fue también significativo en las cuencas del Ega, Araquil y en la cuenca vertiente al embalse del Ebro, pero poco importante en el resto de cuencas.



Precipitación acumulada en la cuenca del Ebro entre el 30 de enero y la madrugada del 31.

Fase 3, de la madrugada del 31 de enero, al 2 de febrero: Tal y como se ha comentado, las temperaturas bajaron la madrugada del día 31, descendiendo la cota de nieve hasta los 500-700 msnm. Durante este periodo remitió la intensidad de las precipitaciones, que pasaron a ser moderadas, pero persistentes, dando acumulados de nieve de más de 30 y 50 mm sobre los 500 msnm en la margen izquierda del Ebro y de 5-20 mm en la margen derecha. El descenso de la temperatura y de la intensidad de la precipitación redujo de forma ostensible las escorrentías, propiciando el fin del episodio de avenida, pero acumuló cantidades muy importantes de nieve, en cotas bajas, de cara a los siguientes eventos. Esta bajada de temperaturas tuvo gran relevancia ya que, de no haberse producido, la magnitud de esta avenida habría sido bastante superior.



Precipitación acumulada en la cuenca del Ebro entre la madrugada del 31 de enero y el día 2 de febrero.

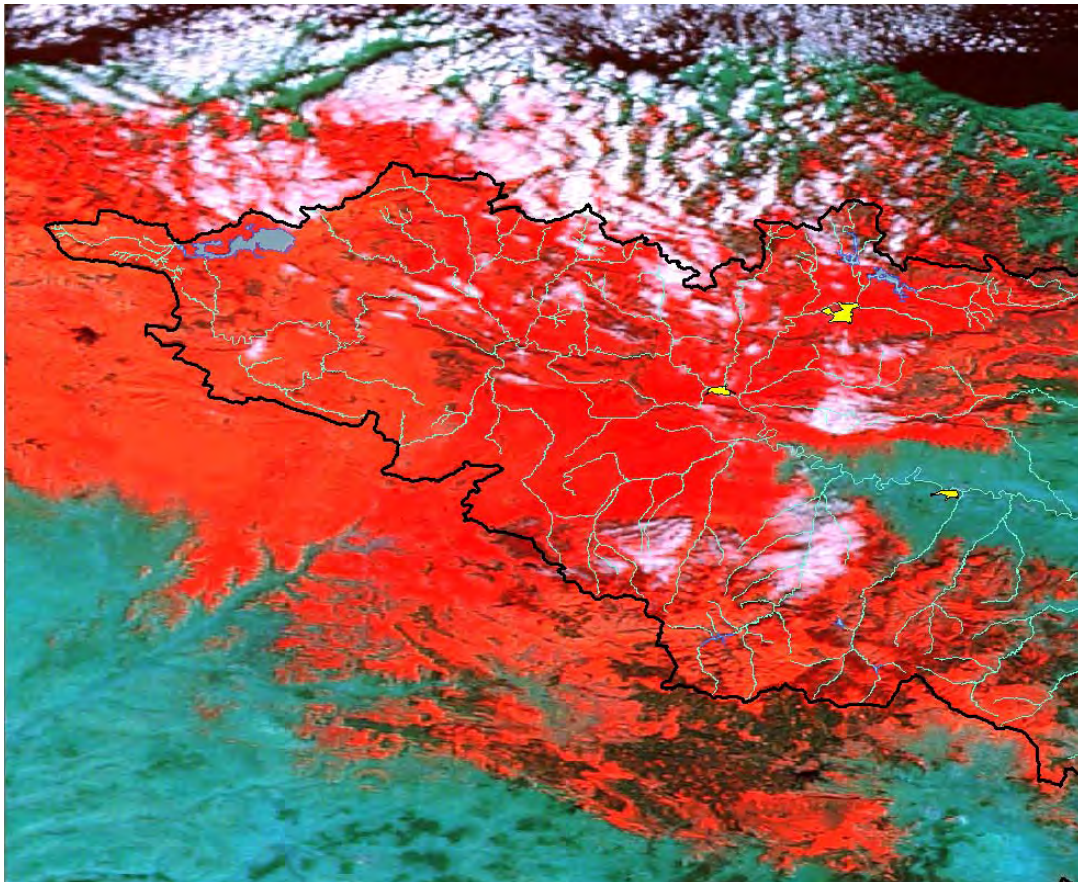
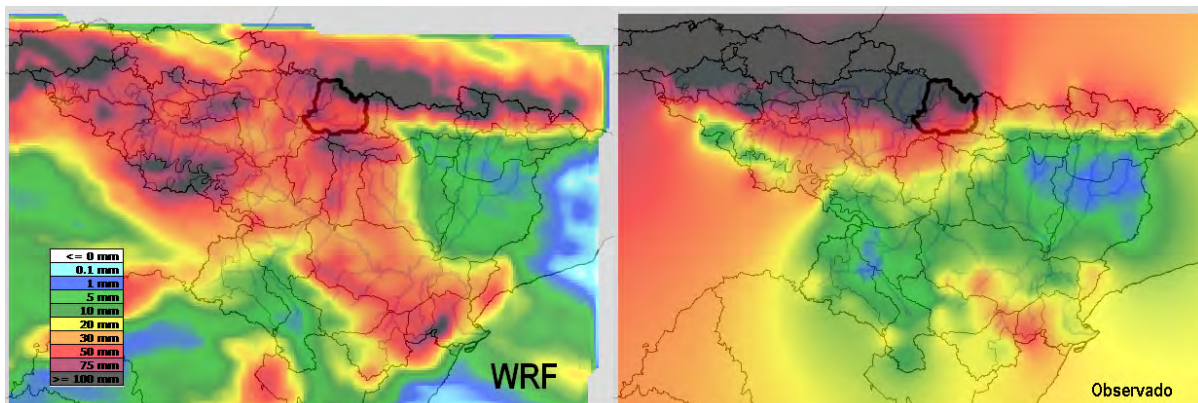


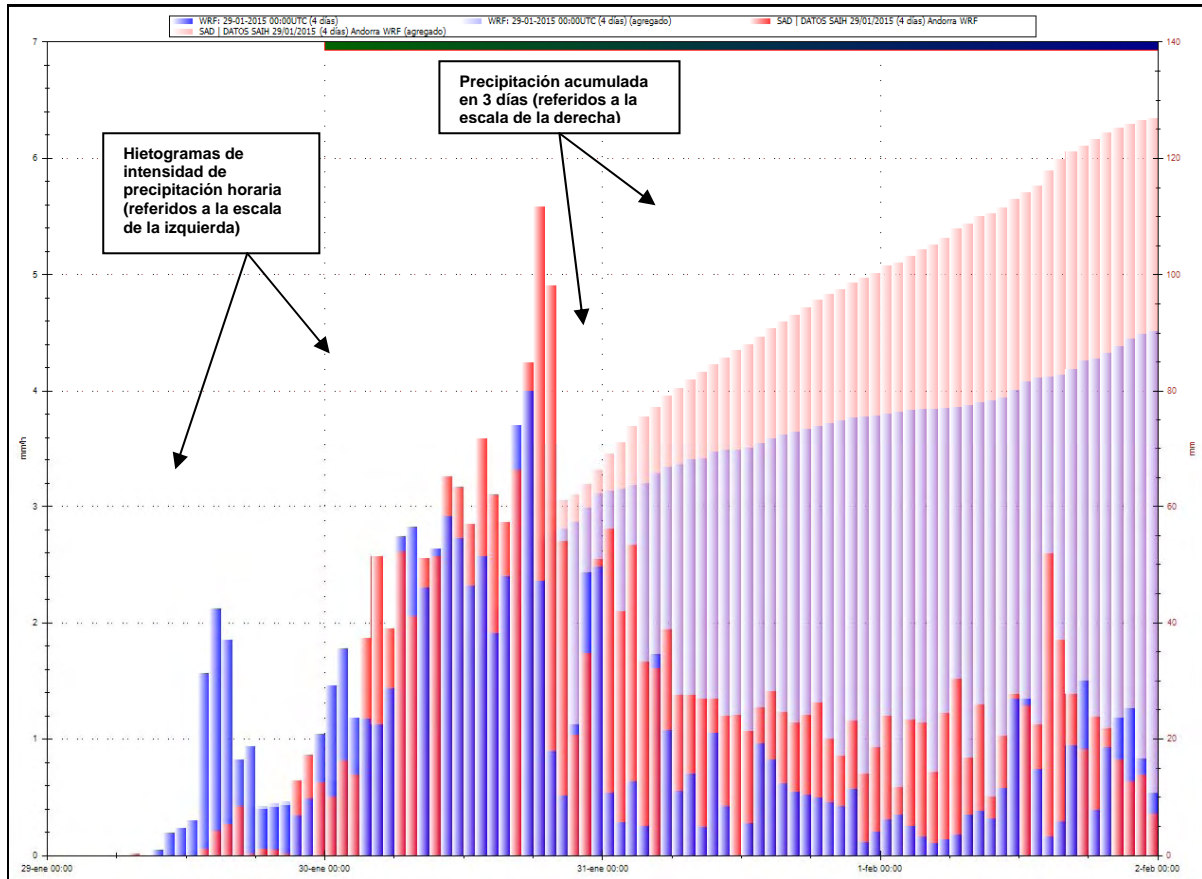
Imagen MODIS de la cobertura de nieve (en rojo) de la cuenca alta del Ebro tras las nevadas del 31 de enero y 1 de febrero.

2.3 Descripción de las previsiones meteorológicas disponibles y los avisos asociados a ellas.

Se muestra a continuación unas imágenes comparativas de las precipitaciones acumuladas previstas el día correspondiente al inicio del evento (modelos WRF-0.03° y HIRLAM-0.16°), en comparación con las precipitaciones reales registradas al final del mismo. En primer lugar, el modelo meteorológico WRF-0.03°:

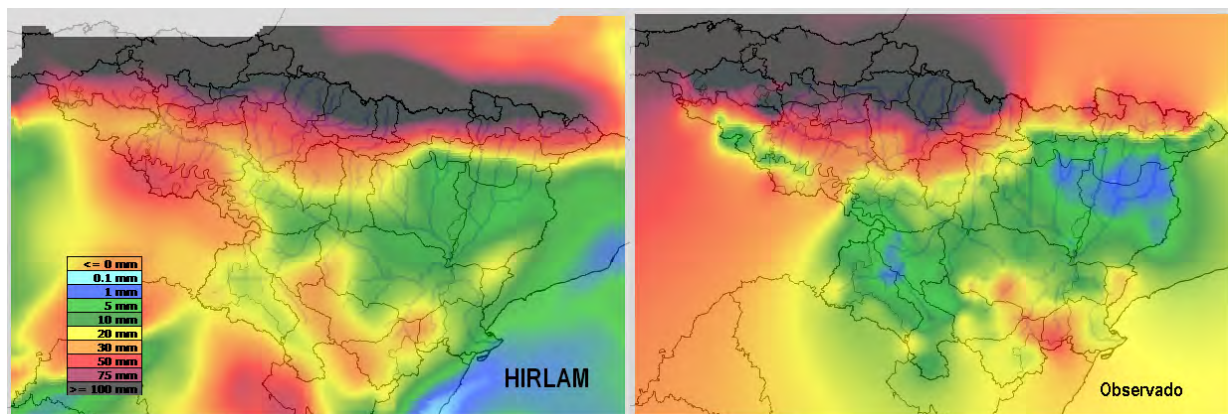


Comparativa de la precipitación acumulada prevista por el modelo WRF-0.03° y la observada por la red SAIH los días 30 de enero, 31 de enero y 1 de febrero.

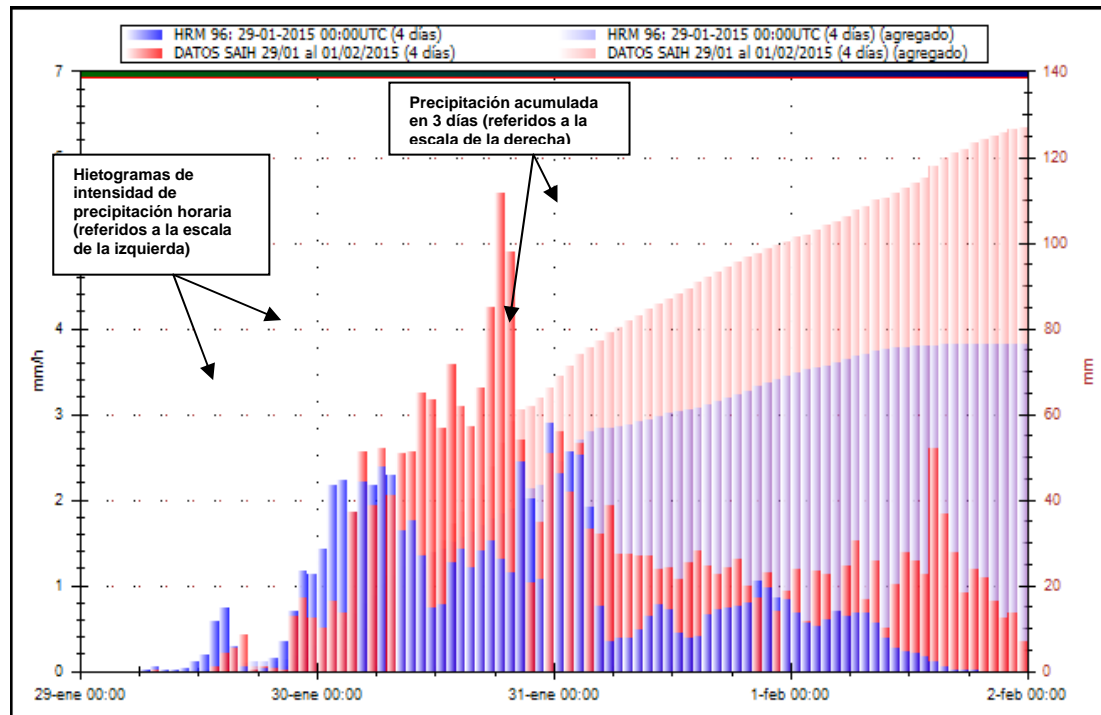


Comparativa de la distribución horaria de la precipitación prevista por el modelo WRF-0.03° y la observada por la red SAIH los días 29 de enero, 30 de enero, 31 de enero y 1 de febrero, en la zona de la margen izquierda de la cuenca alta del Ebro. Rojo: observado y azul: previsto

A continuación el modelo meteorológico HIRLAM_0.16°:



Comparativa de la precipitación acumulada prevista por el modelo HIRLAM-0.16° y la observada por la red SAIH los días 30 de enero, 31 de enero y 1 de febrero.



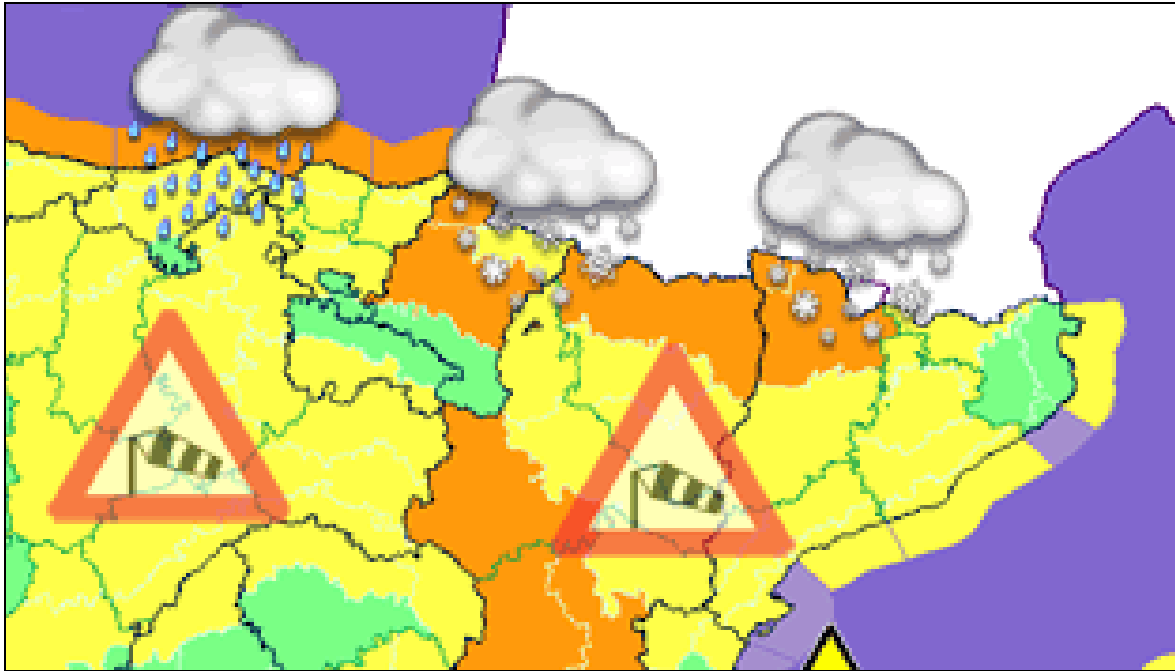
Comparativa de la distribución horaria de la precipitación prevista por el modelo WRF-0.03° y la observada por la red SAIH los días 29 de enero, 30 de enero, 31 de enero y 1 de febrero, en la zona de la margen izquierda de la cuenca alta del Ebro. Rojo: observado y azul: previsto

Como puede observarse en estas dos comparativas, a nivel de cuenca completa, las diferencias Observado-WRF y Observado-HIRLAM no son importantes. Sin embargo, si se tiene en cuenta la zona más afectada por el evento a nivel hidrológico (la cuenca alta del Ebro), se pueden encontrar acumulados previstos inferiores en un 20% a los reales (SAIH) en el WRF y casi de un 50% en el HIRLAM. En cuanto a las intensidades de precipitación, el WRF logró simular este parámetro de una forma bastante satisfactoria, mientras que el HIRLAM previó intensidades de precipitación bastante menores que las realmente acontecidas. En definitiva, tanto el modelo WRF-0.03°, como el HIRLAM-0.16°, infraestimaron algo las precipitaciones en la margen izquierda del Ebro, aunque los resultados del WRF-0.03° se asemejaron más a la realidad. Sin embargo, en la margen derecha ocurrió lo contrario, los modelos estimaron precipitaciones significativamente superiores a las reales.

Las previsiones meteorológicas disponibles en aquel momento activaron alertas meteorológicas, tanto por parte de la AEMet, como de EFAS (European Flood Awareness System):

Activación de alertas de AEMet

Por parte de la AEMet, el día 29 de enero se activaron, para el día 30, alertas naranjas por nevadas de 25 cm en las comunidades de Navarra (con cota 1200 msnm), Aragón y Cataluña y alertas amarillas por lluvia acumulada de entre 40 y 60 mm en 12 horas en las comunidades de Cantabria, País Vasco, Navarra y Aragón. El día 30 se mantuvieron las mismas alertas del día 29 y se activaron nuevas para el día 31, casi todas ellas alertas naranjas o amarillas por acumulaciones de nieve de entre 5 y 25 cm en las comunidades de Cantabria, Castilla y León (Burgos), La Rioja, Navarra, Aragón y Cataluña.

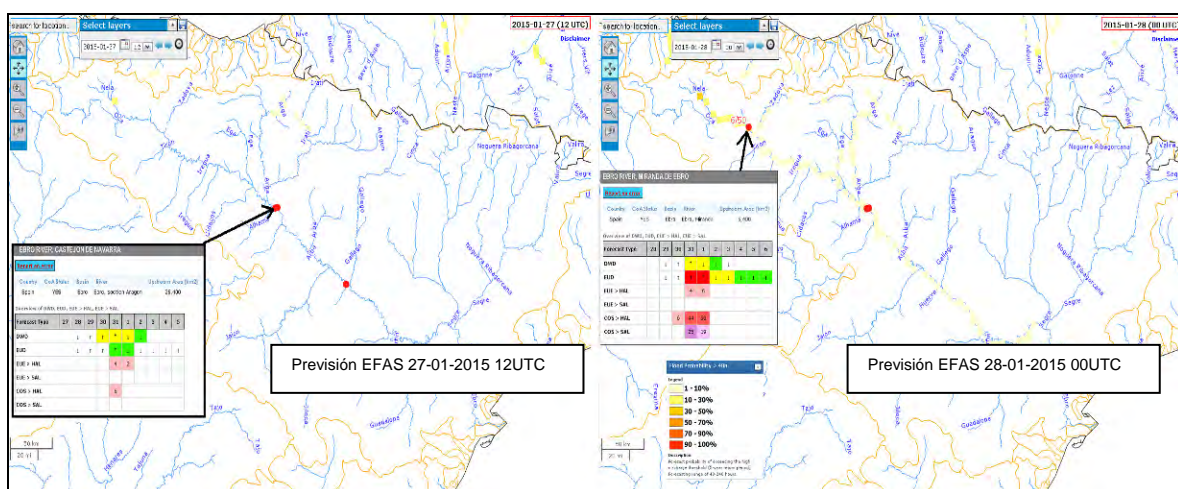


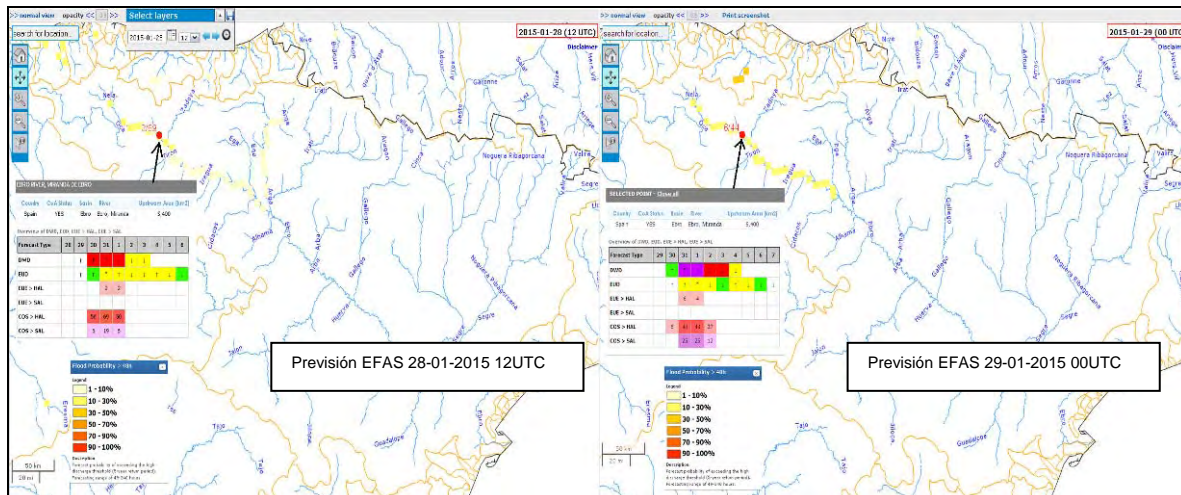
Avisos AEMet 30 de Enero 2015

Activación de alertas de EFAS (European Flood Awareness System)

El sistema europeo de alerta temprana de inundación, a través de su página web, también activó avisos por superar los umbrales de probabilidad de que el evento fuera de 5 y 20 años de periodo de retorno, especialmente en el tramo del río Ebro de la zona de Miranda de Ebro. Los modelos deterministas DWD y ECMWF detectaron con 48 horas de antelación un evento de bajas a moderadas dimensiones en el eje del Ebro a la altura de Miranda. El modelo probabilístico COSMO daba probabilidades superiores al 50% de que se diera un evento de periodo de retorno superior a los 5 años y en torno al 10% de que fuera superior a 20 años. El modelo probabilístico del ECMWF no dio una señal significativa.

Se muestran a continuación los mapas de probabilidad de superar las avenidas de 5 y 20 años de periodo de retorno calculados por el EFAS los días 27, 28 y 29 de Enero:





Previsiones EFAS del 27-28-29 de Enero 2015

El día 27 de enero, tanto los modelos deterministas del Deutsche Wetterdienst (DWD) y del Centro Europeo (ECMWF), como los probabilísticos del ECMWF y COSMO, detectaron un evento de pequeñas dimensiones para el Ebro en Castejón, cuyo máximo de caudal se daría el 31 de enero.

El día 28 de enero, según las previsión determinista del ECMWF y la probabilística COSMO, el evento hidrológico previsto pasó a ser de pequeña, a moderada dimensión, y se centró especialmente en la zona de Miranda de Ebro, con hasta un 25% de probabilidades de que se superase un evento con un periodo de retorno de 20 años y un 44% de probabilidades de que se superase un evento con un periodo de retorno de 5 años.

El día 29 de enero, la previsión del DWD empeoró sus perspectivas, el COSMO las mantuvo y disminuyeron las correspondientes al ECMWF.

3. HIDROLOGÍA.

3.1 Niveles y caudales en estaciones de aforo.

La situación meteorológica descrita en el apartado anterior dio lugar a crecidas en prácticamente todos los afluentes de la margen izquierda del Ebro desde su nacimiento hasta la cuenca del Aragón y, en la margen derecha, desde la cuenca del Rudrón hasta la del Cidacos. La crecida de estos afluentes generó, a su vez, la crecida del propio Ebro, desde su nacimiento hasta su desembocadura. De todas éstas hay que destacar, por su carácter extraordinario, las crecidas de los ríos Nela, Jerea, Omecillo, Bayas, Zadorra, Ega, Arga y la del propio Ebro, desde su cabecera hasta el aforo de Castejón incluido (en Tudela la crecida ya fue de carácter ordinario). En general, las crecidas de los afluentes de la margen derecha del Ebro fueron mucho menos importantes (todas ellas ordinarias). Analizando el hidrograma de crecida en la estación de aforos de Zaragoza, se puede decir que la crecida comenzó en este punto el día 31 de enero a las 0h y terminó el día 13 de febrero a las 12h. Durante este periodo el volumen de agua circulante por este aforo fue de aproximadamente 1050 Hm³, mientras que por el Ebro en Tortosa circularon aproximadamente 1140 Hm³. Se describe a continuación la evolución cronológica de la avenida.

Cronología del evento:

- *30 de Enero:* caudales en ascenso en todos los ríos de la margen izquierda del Ebro desde su cabecera hasta el Aragón, así como los ríos de la margen derecha del Ebro desde el Rudrón hasta el Cidacos.
- *31 de Enero: Madrugada:* se alcanzan los valores máximos de caudal en las cabeceras y tramos altos de todos los afluentes del Ebro, desde su cuenca alta, hasta la cuenca del Salazar en su margen izquierda, y desde el Rudrón, hasta el Cidacos en su margen derecha. *Mañana:* se alcanzan los valores máximos de caudal en los tramos bajos de algunos afluentes como el Nela, Jerea, Omecillo, Bayas y en el río Aragón. En el río Ebro, el máximo de la onda de la avenida se sitúa entre Riosequillo y Cereceda. *Tarde-noche:* se alcanza el máximo caudal en los tramos bajos de los ríos Zadorra y Arga. En el Ebro el máximo de la crecida llega a la población de Miranda de Ebro.
- *1 de Febrero:* este día los caudales son ya descendentes en la cuenca alta del Ebro, así como en todos los afluentes de la cuenca afectados por la avenida, con la excepción del Ega, que alcanza el máximo en su tramo final durante la madrugada. En el Ebro el caudal máximo alcanza Logroño al mediodía. La confluencia de los caudales procedentes principalmente del Ebro, el Arga, el Ega y el Aragón dan lugar al caudal máximo de crecida en el Ebro en Castejón al final de la jornada.
- *2 de Febrero:* los caudales son claramente descendentes en el Ebro aguas arriba de su confluencia con el Aragón, mientras que la avenida avanza por el tramo medio del Ebro. Al final de la tarde, el valor máximo de la crecida del Ebro llega a Gallur.
- *3 de Febrero:* A mediodía los caudales son descendentes en el Ebro aguas arriba de Gallur y alcanzan su valor máximo al principio de la tarde en Alagón.
- *4 de Febrero:* Desde la madrugada los caudales son descendentes en el Ebro aguas arriba de Alagón. El máximo caudal de la crecida llega a Zaragoza al principio de la mañana y, al final del día, se sitúa cerca de Pina de Ebro.
- *5 de Febrero:* Al mediodía el caudal máximo de la crecida alcanza la presa de Mequinenza siendo absorbida por este embalse.

Tabla de caudales máximos registrados:

| Código aforo | Nombre de la estación de aforo | Hmáx registrado (m) | Qmáx que se estimó en tiempo real (m³/s) | Qmáx corregido después de análisis (m³/s) | Fecha del máximo | Clasificación de la crecida | T estimado de Qmáx respecto a avenidas naturales (periodo de retorno en años) |
|--------------|--------------------------------|---------------------|--|---|------------------|-----------------------------|---|
| 9283 | Nela en Villarcayo | 3.53 | 155 | 155 | 31/01/2015 5:15 | extraordinaria | 2 - 5 |
| 9254 | Trueba en Medina de Pomar | 3.69 | 387 | 402 | 31/01/2015 2:15 | extraordinaria | 25 |
| 9092 | Nela en Trespaderne | 6.46 | 783 | 783 | 31/01/2015 8:00 | extraordinaria | 25 |
| 9166 | Jerea en Virués | 4.43 | 161 | 161 | 31/01/2015 6:00 | extraordinaria | 5 |
| 9188 | Omecillo en Berguenda | 3.13 | 145 | 145 | 31/01/2015 3:00 | extraordinaria | 5 - 10 |
| 9165 | Bayas en Miranda | 4.67 | 233 | 236 | 31/01/2015 7:45 | extraordinaria | 5 - 10 |



| | | | | | | | |
|------|-----------------------------|------|------|------|------------------|----------------|---------|
| 9315 | Zadorra en Mendivil | 3.26 | 64 | 64 | 31/01/2015 17:30 | ordinaria | |
| 9314 | Alegría en Vitoria | 3.06 | 49 | 49 | 31/01/2015 10:15 | extraordinaria | 2 - 5 |
| 9317 | Zadorra en Abetxuko | 4.93 | 131 | 131 | 31/01/2015 12:15 | ordinaria | |
| 9075 | Ayuda en Berantevilla | 2.4 | 77 | 77 | 31/01/2015 18:00 | extraordinaria | 2 - 5 |
| 9074 | Zadorra en Arce | 4.84 | 621 | 400 | 31/01/2015 21:00 | extraordinaria | 5 |
| 9070 | Urederra en Eraul | 5 | 108 | 150 | 31/01/2015 8:30 | extraordinaria | 10 - 25 |
| 9071 | Ega en Estella | 4.67 | 267 | 267 | 31/01/2015 11:00 | extraordinaria | 10 - 25 |
| 9003 | Ega en Andosilla | 4.79 | 305 | 305 | 01/02/2015 4:30 | extraordinaria | 10 - 25 |
| 9068 | Araquil en Asiaín | 4.95 | 521 | 521 | 31/01/2015 3:45 | extraordinaria | 5 |
| 9067 | Ulzama en Olave | 2.77 | 171 | 171 | 30/01/2015 18:00 | máx. ordinaria | 2.5 |
| 9152 | Arga en Eugui | 0.81 | 30 | 30 | 30/01/2015 22:15 | ordinaria | |
| 9159 | Arga en Huarte | 2.23 | 86 | 86 | 30/01/2015 19:00 | ordinaria | |
| 9313 | Arga en Burlada | 4.11 | 345 | 277 | 30/01/2015 21:30 | ordinaria | |
| 9270 | Elorz en Pamplona | 2.59 | 68 | 68 | 31/01/2015 2:15 | ordinaria | |
| 9069 | Arga en Etxauri | 6.06 | 1001 | 972 | 31/01/2015 4:00 | extraordinaria | 5 |
| 9084 | Salado en Alloz | 0.47 | 2.8 | 2.8 | 01/02/2015 11:45 | ordinaria | |
| 9004 | Arga en Funes | 5.8 | 1001 | 882 | 01/02/2015 1:00 | extraordinaria | 5 |
| 9277 | Irati en Aoiz | 0.3 | 3.12 | 3.12 | mantenido | ordinaria | |
| 9264 | Irati en Aos | 1.53 | 131 | 131 | 30/01/2015 20:30 | ordinaria | |
| 9064 | Salazar en Aspuz | 2.36 | 117 | 117 | 30/01/2015 11:00 | ordinaria | |
| 9065 | Irati en Liédena | 3.19 | 319 | 289 | 30/01/2015 23:15 | ordinaria | |
| 9063 | Esca en Sigües | 2.1 | 82 | 82 | 30/01/2015 10:45 | ordinaria | |
| 9062 | Veral en Biniés | 0.85 | 21 | 21 | 30/01/2015 8:15 | ordinaria | |
| 9061 | Subordán en Javierregay | 0.82 | 24 | 24 | 30/01/2015 10:00 | ordinaria | |
| 9101 | Aragón en Yesa | 0.27 | 7 | 7 | 30/01/2015 20:30 | ordinaria | |
| 9005 | Aragón en Caparroso | 2.46 | 363 | 363 | 31/01/2015 11:15 | ordinaria | |
| 9279 | Rudrón en Valdeleiteja | 1.29 | 43 | 43 | 31/01/2015 9:45 | ordinaria | |
| 9093 | Oca en Oña | 1.6 | 24 | 24 | 31/01/2015 22:00 | ordinaria | |
| 9189 | Oroncillo en Orón | 0.95 | 15 | 15 | 31/01/2015 19:15 | ordinaria | |
| 9281 | Tirón en Haro | 1.28 | 19 | 19 | 01/02/2015 22:00 | ordinaria | |
| 9038 | Najerrilla en Torremontalbo | 0.95 | 21 | 21 | 31/01/2015 11:45 | ordinaria | |
| 9036 | Iregua en Islallana | 0.74 | 21 | 21 | 31/01/2015 8:45 | ordinaria | |
| 9197 | Leza en Leza | 0.76 | 12 | 12 | 31/01/2015 6:15 | ordinaria | |
| 9253 | Cidacos en Arnedillo | 0.74 | 11 | 11 | 31/01/2015 3:15 | ordinaria | |
| 9026 | Ebro en Arroyo | 0.29 | 1.8 | 1.8 | mantenido | ordinaria | |
| 9161 | Ebro en Palazuelos | - | - | 1000 | - | extraordinaria | 10 |
| 9001 | Ebro en Miranda de Ebro | 6.95 | 1413 | 1022 | 31/01/2015 18:30 | extraordinaria | 5 - 10 |
| 9280 | Ebro en Logroño | 5.4 | 1550 | 1515 | 01/02/2015 11:00 | extraordinaria | 10 |
| 9120 | Ebro en Mendavia | 5.48 | 1280 | 1280 | 01/02/2015 17:00 | extraordinaria | 5 |
| | Confluencia Ebro y Aragón | - | - | 2470 | - | | |
| 9002 | Ebro en Castejón de Ebro | 7.36 | 2073 | 2315 | 01/02/2015 19:00 | máx. ordinaria | 2,5 |
| 9284 | Ebro en Tudela | 4.53 | - | 2069 | 02/02/2015 0:15 | ordinaria | |
| 9285 | Ebro en Novillas | 6.94 | - | - | 02/02/2015 4:15 | ordinaria | |
| 9286 | Ebro en Alagón | 7.21 | - | - | 03/02/2015 5:30 | ordinaria | |
| 9311 | Ebro en Zaragoza (A-2) | 7.28 | 1770 | 1770 | 04/02/2015 1:45 | ordinaria | |
| 9011 | Ebro en Zaragoza | 4.72 | 1739 | 1714 | 04/02/2015 3:00 | ordinaria | |
| 9163 | Ebro en Ascó | 3.03 | 808 | 808 | 01/02/2015 14:00 | ordinaria | |
| 9027 | Ebro en Tortosa | 3.13 | 808 | 808 | 02/02/2015 10:15 | ordinaria | |

Tabla de niveles y caudales máximos en estaciones de aforo en este episodio y periodo de recurrencia asociado.

Los datos presentados en la tabla son datos registrados por las estaciones de aforo de la Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA), que son los ofrecidos por el SAIH en tiempo

real, salvo uno, el dato de caudal estimado en la confluencia de los ríos Ebro y Aragón, localizada 10 km aguas arriba del aforo de Castejón. Se ha añadido este punto de estimación por la relevancia que tiene para todo el tramo medio del Ebro, ya que el Aragón (al que ya se ha sumado el Arga) aporta, habitualmente, caudales incluso superiores a los del propio Ebro.

Para la estimación de los periodos de retorno (T) asociados a los caudales máximos que figuran en la tabla, se han tomado en general, como referencia, los caudales característicos estimados por el SNCZI (Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables) en el Mapa de Caudales Máximos (CAUMAX) elaborado por el CEDEX. Hay que tener en cuenta que las referencias se establecen para caudales de avenida restituidos al régimen natural, es decir, los caudales máximos anuales utilizados para elaborar la estadística, han sido previamente calculados en régimen natural, admitiendo un 20% de laminación como máximo en los datos foronómicos que constituyen la base del CAUMAX. Por tanto, si a un caudal, en una estación, se le asigna un periodo de retorno de 5 años, significa que, en promedio, cada 5 años, en ese punto del río, considerando su cuenca vertiente **en régimen natural (eliminando sus embalses)**, se registraría una avenida con un caudal igual o superior a ese caudal.

Los datos de caudal no se miden directamente, sino que se calculan a partir del nivel observado, utilizando una tabla de gasto (altura-caudal). Esta tabla se va ajustando, con el paso de los años, para adaptarse a los cambios naturales de la sección del río. En la tabla, los caudales estimados en tiempo real son los que se presentaron en la página web durante el episodio y, a priori, eran los mejores que podían ofrecerse en ese momento. Es bastante habitual que, durante un evento de avenida importante, se altere la morfología del cauce y sea necesario reajustar la tabla. Una vez terminado el episodio, los técnicos de la CHE analizan los hidrogramas de avenida estableciendo balances con los de los aforos situados aguas arriba y aguas abajo, comparando los volúmenes circulantes, contrastando los caudales estimados con los caudales obtenidos por aforos directos, evaluando otros datos complementarios (pluviometría, vertidos de embalses, caudales turbinados en centrales hidroeléctricas, etc.). Estos análisis sirven para reajustar las tablas de gasto vigentes durante el evento y corregir con ello el dato de caudal ofrecido en tiempo real (ver datos corregidos en la tabla). Aún así, los datos corregidos son susceptibles de poder ser modificados en el futuro si se considera justificado a la luz de nuevos estudios. En la siguiente tabla se exponen los motivos que justifican la corrección del caudal circulante.

| Código de la estación de aforo | Nombre de la estación de aforo | Hmáx registrado (m) | Qmáx que se estimó en tiempo real (m ³ /s) | Qmáx corregido después de análisis (m ³ /s) | Comentarios |
|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---|--|---|
| 9254 | Trueba en Medina de Pomar | 3,69 | 387 | 402 | El nivel máximo registrado excedió el nivel máximo de la tabla de gasto, por lo que no se pudo estimar el caudal máximo en tiempo real |
| 9165 | Bayas en Miranda | 4,67 | 233 | 236 | El nivel máximo registrado excedió el nivel máximo de la tabla de gasto, por lo que no se pudo estimar el caudal máximo en tiempo real |
| 9074 | Zadorra en Arce | 4,84 | 621 | 400 | El remanso producido en la confluencia de los ríos Zadorra y Ebro dio lugar a una sobreelevación de la lámina de agua que inhabilitó la tabla de gasto vigente al sobreestimar de forma importante los caudales circulantes |
| 9070 | Urederra en Eraul | 5 | 108 | 150 | El nivel máximo registrado excedió el nivel máximo de la tabla de gasto, por lo que no se pudo estimar el caudal máximo en tiempo real |
| 9069 | Arga en Etxauri | 6,06 | 1001 | 972 | Tabla de gasto modificada sobre la base de aforos directos realizados en episodios posteriores |

| | | | | | |
|------|--------------------------|------|------|------|---|
| 9313 | Arga en Burlada | 4,11 | 345 | 277 | Tabla de gasto modificada sobre la base de aforos directos realizados en episodios posteriores |
| 9004 | Arga en Funes | 5,8 | 1001 | 882 | Tabla de gasto modificada sobre la base de aforos directos realizados en episodios posteriores |
| 9065 | Irati en Liédena | 3,19 | 319 | 289 | Tabla de gasto modificada sobre la base de aforos directos realizados en episodios posteriores |
| 9161 | Ebro en Palazuelos | - | - | 1000 | No registró los niveles máximos por avería en la estación. El caudal se ha estimado sobre la base de otros datos complementarios |
| 9001 | Ebro en Miranda de Ebro | 6,95 | 1413 | 1022 | El remanso producido en la confluencia de los ríos Zadorra y Ebro dio lugar a una sobreelevación de la lámina de agua que inhabilitó la tabla de gasto vigente al sobreestimar de forma importante los caudales circulantes |
| 9280 | Ebro en Logroño | 5,40 | 1550 | 1515 | El sensor de nivel se averió durante el episodio y los datos posteriores fueron aportados por observaciones en campo. |
| | Confluencia Ebro-Aragón | | | 2470 | El caudal se estima sumando las aportaciones del Ebro, el Ega, el Arga, el Aragón, el Cidacos y el Alhama |
| 9002 | Ebro en Castejón de Ebro | 7,36 | 2073 | 2315 | Tabla de gasto modificada mediante aforos directos realizados durante el episodio y los balances con los aforos situados aguas arriba y aguas abajo |
| 9284 | Ebro en Tudela | 4,53 | - | 2069 | Tabla de gasto ajustada en el tramo alto mediante aforos directos realizados durante el episodio |
| 9011 | Ebro en Zaragoza | 4,72 | 1739 | 1714 | Tabla de gasto modificada mediante aforos directos realizados en episodios posteriores |

Tabla que muestra las correcciones del caudal estimado en tiempo real después de análisis posteriores

Por considerar que tiene un interés particular, se presenta a continuación una descripción específica detallada de la avenida en la zona próxima a Miranda de Ebro, en el tramo del Ebro comprendido entre Logroño y Mendavia, y en el tramo del Ebro comprendido entre la confluencia del Ebro y Aragón, y el embalse de Mequinenza.

3.2 Descripción de la avenida en Miranda de Ebro.

En Miranda se dispone de las estaciones de aforo 9001 Ebro en Miranda, 9165 Bayas en Miranda y 9074 Zadorra en Arce.



Mapa de situación de las estaciones de aforo en los tres ríos de Miranda de Ebro

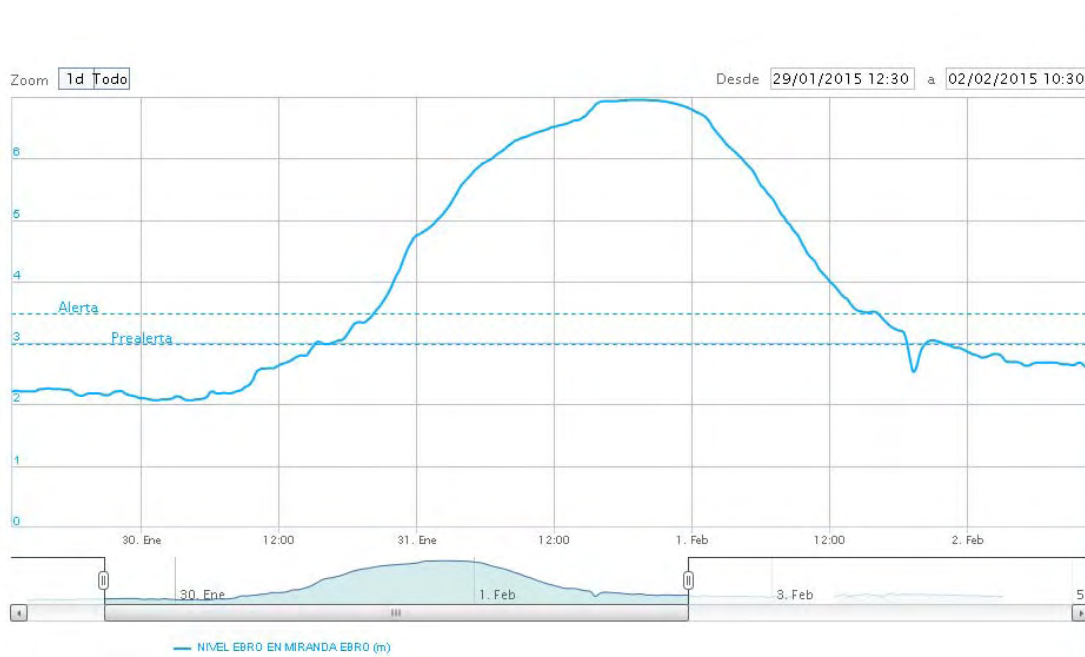
En el Ebro en Miranda de Ebro se pudo constatar un fenómeno de sobreelevación de niveles que en esta población sólo se observa cuando suceden varias circunstancias al mismo tiempo. Este fenómeno es de gran relevancia para las posibles inundaciones en dicha población y consiste en que, cuando confluyen caudales importantes en el Ebro, con caudales importantes en el Zadorra y/o en el Bayas, se reduce la capacidad de desagüe del Ebro en la confluencia de los tres ríos, generando un amplio remanso que ralentiza el flujo y sobreeleva los niveles observados en las tres estaciones de aforo. Cuando esto ocurre, queda invalidada la utilización de las tablas de gasto de las estaciones, calibradas para las situaciones en las que cada uno de los ríos crece de forma individual. Este suceso dificulta tremendamente la estimación de los caudales, ya que el caudal que circula por un aforo ya no depende sólo del nivel observado en él, sino de la combinación de niveles en los tres afluentes. La imposibilidad de utilizar una tabla de gasto fiable hace necesario apoyarse en otras medidas adicionales para estimar el caudal (caudales de afluentes ubicados aguas arriba, afluentes directos, datos ofrecidos por otras fuentes, etc.).

Estos fueron los datos registrados en las 3 estaciones de aforo de Miranda:

9001 Ebro en Miranda

La mayor parte del caudal registrado en Miranda provino de la cuenca del río Nela, que registró un caudal punta de unos 750 m³/s originados en su mayor parte por las cuantiosas precipitaciones y, en menor medida, por la fusión parcial de la nieve almacenada por encima de los 800 msnm durante la semana anterior al evento. A esta crecida extraordinaria del Nela se le puede asignar un T (periodo de retorno) próximo a 25 años.

El nivel máximo registrado en el aforo 9001 Ebro en Miranda de Ebro fue de 6.95 m, el 31/01/2015 a las 18:30h.

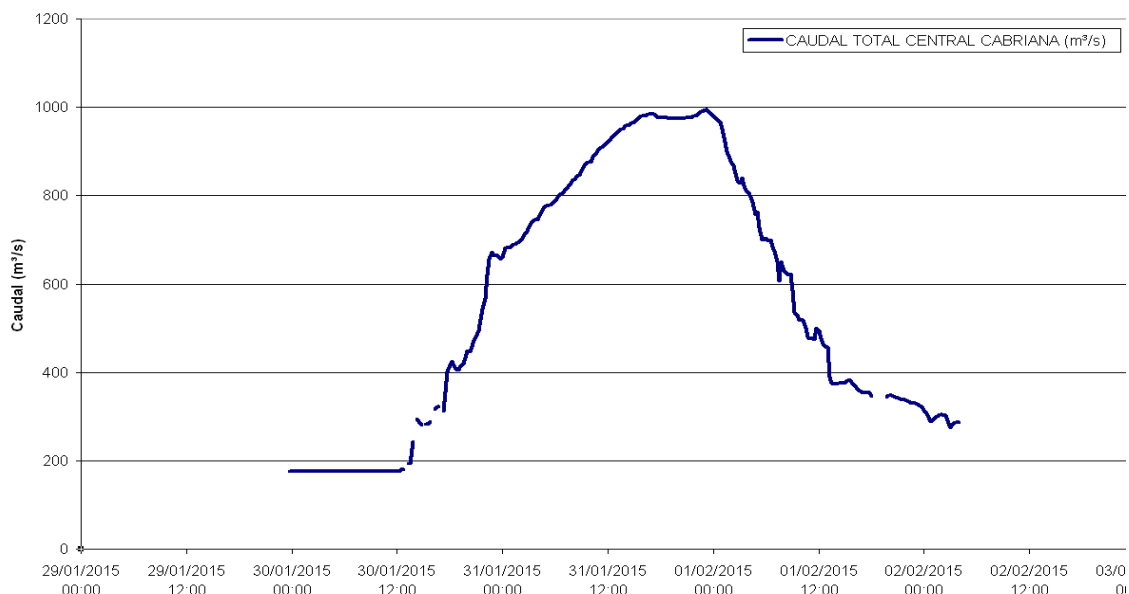


Limnigrama del aforo 9001 Ebro en Miranda

En lo que respecta al caudal, como ya se ha explicado, no es una medida directa, sino que se estima a partir del nivel registrado, con una tabla de gasto (altura-caudal) ajustada

previamente mediante aforos directos, y calibrada con otros eventos anteriores. Es válida para las situaciones en las que sólo el río Ebro viene crecido y los ríos Bayas y Zadorra no interfieren en su desagüe o circulación a través del tramo urbano de Miranda, ya que la estación de aforos del río Ebro en Miranda está situada aguas arriba de esta confluencia. El caudal máximo que le habría correspondido, en situación de fluencia sin interferencia, a un nivel de 6,95 metros sería de 1413 m³/s, que es el dato que se ofreció en tiempo real.

En esta ocasión, sin embargo, la crecida de los ríos Bayas y Zadorra interfirió en la capacidad de desagüe del Ebro (y del Zadorra), generando un remanso que redujo las velocidades de flujo, y sobreelevó la lámina de agua, invalidando, por tanto, la utilización de las tablas de gasto y agravando la inundación. Esto obliga a recurrir a otras fuentes, aparte del nivel real registrado, que permitan evaluar los caudales circulantes. En esta ocasión las fuentes que se han utilizado son dos: los datos registrados por las estaciones de aforo de diversos afluentes, situadas aguas arriba de Miranda y los datos de IBERDROLA de los caudales vertidos por las presas de Sobrón y Cabriana, situados en el río Ebro aguas arriba de Miranda. Analizando ambas fuentes se estima que el caudal punta en el aforo 9001 del Ebro en Miranda de Ebro fue de unos 1022 m³/s. Para este caudal, según la tabla de gasto establecida para la estación, válida para cuando el Zadorra no viene crecido, el nivel que hubiera correspondido hubiera sido de 5,60 m de altura. Partiendo de estos datos, se estima que las crecidas del Zadorra y del Bayas ejercieron un efecto de sobreelevación de la lámina de agua en Miranda de Ebro de aproximadamente 1,35m.



Hidrograma de caudal estimado en la central de Cabriana (aportado por IBERDROLA).

9165 Bayas en Miranda

El nivel máximo registrado fue de 4,67 m el 31/01/2015 a las 7:45h, mientras que el caudal máximo estimado para este nivel fue de 236 m³/s

No existen datos para contrastar que la estación del Bayas en Miranda se vio afectada por la sobreelevación.

9074 Zadorra en Arce (inmediatamente aguas abajo de Miranda de Ebro)

El nivel máximo registrado fue de 4,84 m el 31/01/2015 a las 21:00h. En cuanto al caudal máximo estimado, aplicando la tabla de gasto que es válida para las situaciones en las que sólo el Zadorra viene crecido (y el Ebro no), el caudal máximo que le habría correspondido sería de 621 m³/s, siendo éste el dato que se ofreció en tiempo real. Sucede que en esta ocasión el Ebro vino crecido, lo que redujo la capacidad de desagüe del Zadorra en la confluencia con el Ebro, tal y como se ha explicado en la sección del Ebro en Miranda. En esta ocasión, para la estimación del caudal circulante, se ha recurrido de nuevo a otras fuentes. Se trata de los datos registrados por las estaciones de aforo situadas aguas arriba de Arce, de los vertidos de los embalses de Ullívarri y Urrúnaga, de los datos de precipitación de los pluviómetros del SAIH y de las modelizaciones llevadas a cabo con el Sistema de Ayuda a la Decisión (SAD) del Ebro. Analizando todas estas fuentes se estima que los caudales punta registrados en 9074 Zadorra en Arce fueron próximos a 400 m³/s. No se dispone de información fidedigna para poder estimar la sobreelevación de la lámina de agua a la altura de la estación de aforo.

Aclaración sobre las previsiones de nivel y caudal realizadas por el sistema SAD para el aforo 9001 Ebro en Miranda

En los días siguientes a la avenida se produjeron, por parte de algunos afectados, críticas a las previsiones de caudal emitidas por la CHE para la estación 9001 Ebro en Miranda. Se hacen a continuación algunas consideraciones sobre dichas previsiones.

Las previsiones realizadas por el Sistema de Ayuda a la Decisión (SAD) del Ebro en la mañana del día 30 de Enero se basaban en: los datos de precipitación y temperatura previstos por los modelos meteorológicos, los datos observados por el SAIH (precipitación, temperatura, caudales en río y datos de embalses) y la nieve estimada existente en las cabeceras de las cuencas del Ebro y del Nela. Se predijo un caudal máximo para Miranda de Ebro del orden de 900 m³/s durante la mañana del 31 de enero, que constituía una avenida extraordinaria (la máxima crecida ordinaria se establece en 740 m³/s). Aplicando la tabla de gasto de la estación 9001, para este caudal se previó un nivel en torno a 5,20m. Estos datos fueron transmitidos al Ayuntamiento de Miranda de Ebro (a través del concejal de seguridad ciudadana) el 30 de enero a las 11h tal como quedó registrado en una llamada telefónica. Ante esta llamada, el responsable de seguridad manifestó que ellos estimaban que, cuando el aforo de Miranda alcanza los 5m de altura, el agua comienza a inundar la calle Bilbao del casco de Miranda. A esto añadió que si el Zadorra bajaba crecido, la situación podía agravarse aún más, como efectivamente sucedió. Posteriormente se ha constatado que realmente el nivel asociado al comienzo de inundación del casco histórico es incluso unos centímetros más bajo (en torno a 4,75m).

Como se ha comentado, la previsión de aviso de caudal máximo fue del orden de 900 m³/s, y se realizó con una antelación de unas 30 horas a la llegada del caudal máximo, cuando todavía se estaba en mitad del episodio de precipitaciones. El caudal circulante por el aforo 9001 estimado después de los análisis fue de 1022 m³/s. Se puede afirmar, por tanto, que la calidad de la previsión de caudal (que es el dato que ofrecen los modelos) fue bastante satisfactoria (10% de error).

Por otro lado, la previsión inicial del nivel máximo fue del orden de 5,20m, mientras que el nivel observado en el aforo posteriormente fue de 6,95m. Por tanto el nivel previsto fue

inferior al posteriormente registrado, aunque los niveles previstos ya conllevaban afecciones importantes al casco urbano por ser superiores a 4,75m. Esta infraestimación se debió a que los niveles previstos no pueden ser calculados por los modelos matemáticos, sino que se deducen de las tablas de gasto, que como ya se ha explicado, quedaron invalidadas en el momento que comenzó a producirse el remanso por la coincidencia de caudales altos en los tres ríos que confluyen aguas abajo del tramo urbano de Miranda.

La explicación de por qué no se hizo una buena previsión de los niveles fue que no se tenía constancia de lo importante que podían ser los efectos de retención ejercidos por el Zadorra sobre el Ebro (aún siendo conscientes de que era bastante probable que este fenómeno de sobreelevación pudiera darse, se desconocía su magnitud real), debido a que este fenómeno se manifiesta en muy pocas ocasiones. La única avenida similar de la que se tiene constancia, desde que existe el SAIH (1997), fue la acontecida el 5 de febrero de 2003, ya que el resto de avenidas en este periodo han sido sustancialmente menores, y el remanso en dichos episodios ha sido prácticamente imperceptible. En cuanto a la avenida del 5 de febrero de 2003, hay que decir que los datos disponibles en el SAIH eran de peor calidad que los actuales (menos pluviómetros, menos aforos y tampoco se disponía de los caudales vertidos por Sobrón y Cabriana). A esto hay que añadir que la calidad de las curvas de gasto de los aforos también se ha venido afinando con el paso de los años. También hay que resaltar que el sistema de modelización de la cuenca, SAD, no estaba en aquellas fechas en condiciones de hacer una buena modelización del evento (se comenzó a operar en fase de pruebas en diciembre de 2002).

Este ha sido el primer episodio en Miranda en que el estado del arte ha permitido hacer una cuantificación de la sobreelevación de la lámina asociada a la confluencia de caudales de avenida. Esta información deberá ser tenida en cuenta y contrastada en futuros episodios.

Se recuerda la competencia del organismo de cuenca en el seguimiento de crecidas, la cual se viene realizando desde 1997 a través del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH), mediante los datos de nivel registrados en las estaciones de aforo; datos que son actualizados cada 15 minutos y publicados en página web (www.saihebro.es)

El seguimiento de alturas en cada estación de aforo, es decir, su evolución, consiste en ofrecer de manera fidedigna (a través del SAIH, en tiempo real) el nivel observado en cada punto de seguimiento (estación de aforo).

Las previsiones son una herramienta adicional, sistema experto instaurado hace 10 años en la cuenca del Ebro y en continua mejora, que se ofrece como Sistema de Ayuda a la Decisión y se realizan con la siguiente advertencia:

Aviso legal

Los usuarios de los datos en tiempo real y de las previsiones son advertidos de la naturaleza provisional de la información antes de usarla para la toma de decisiones que conciernen a seguridad personal o pública o aplicadas a un negocio que suponga consecuencias económicas u operacionales substanciales. **La Confederación Hidrográfica del Ebro, no asumirá ninguna responsabilidad por cualquier daño o perjuicio ocurrido como consecuencia del uso de esta información.**

El Usuario se compromete a hacer un uso adecuado de la Información.

Datos de la avenida del 5 de febrero de 2003 y 20 de diciembre de 1980:

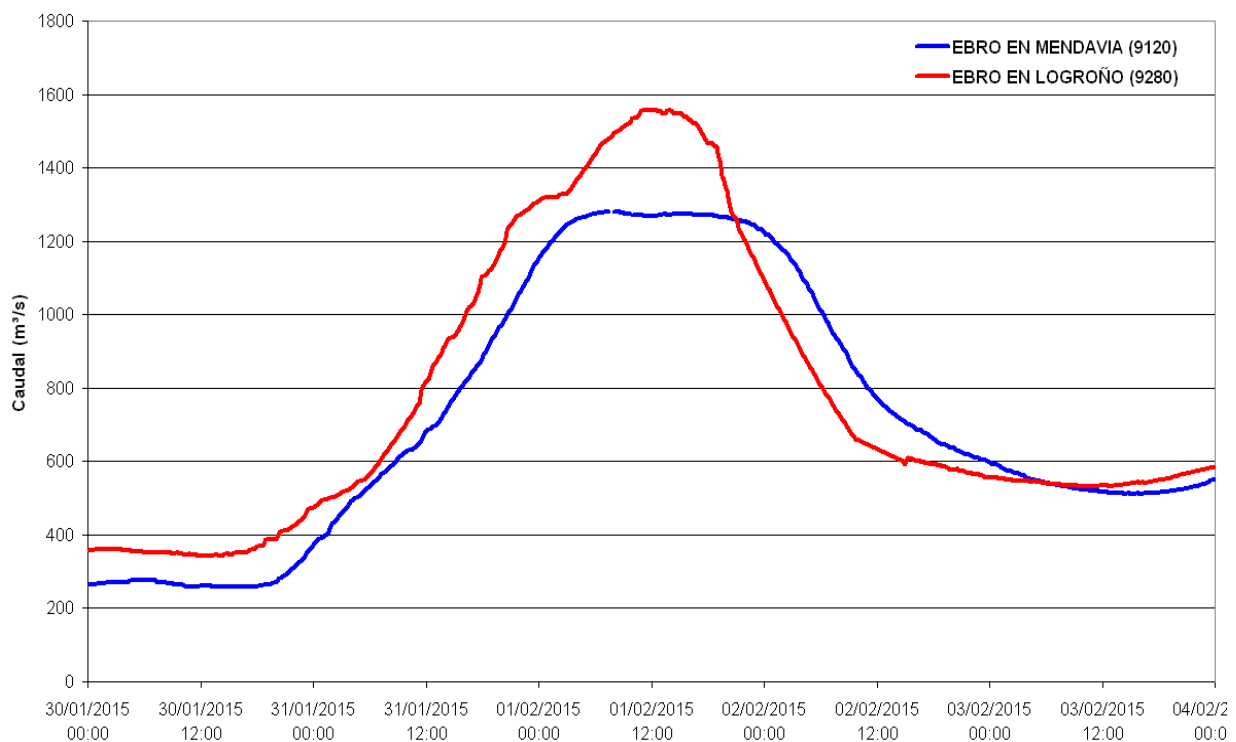
Los datos de nivel registrados en la estación de aforos del río Ebro en Miranda en estos eventos de avenida extraordinarios fueron, respectivamente, de 6,29 m (2003) y 7,20 m (1980). En su momento se asignaron los siguientes caudales a dichos niveles: 1216 m³/s y 1790 m³/s. Dichos caudales se hallan hoy en revisión (mediante análisis completo del episodio en toda la cuenca afectada), pues fueron asignados basándose principalmente en la curva de gasto (altura-caudal) vigente en esta estación de aforo y que se estima, a día de hoy, que están sobredimensionados.

En todo caso, los **niveles registrados** (tanto antes como ahora) son el testigo fiel de la **evolución de la inundación** en ese tramo durante el transcurso de cada crecida. Este seguimiento es el que desde 1997 se realiza en tiempo real a través del SAIH. Anteriormente se realizaba la transmisión de la información por otros medios. De la evolución de niveles y tendencias (ascendente-descendente) es de lo que este Organismo tiene obligación dar aviso.

3.3 Descripción de la avenida en el tramo del Ebro Logroño-Mendavia.

Los datos de caudal estimados en las estaciones de aforo de Logroño (9280) y Mendavia (9120) reflejan una laminación muy importante del caudal máximo en el tránsito entre ambas estaciones, ya que el caudal máximo estimado en Logroño fue de 1550 m³/s (coherente con los valores del Ebro en Miranda más el Bayas y Zadorra), mientras que el caudal máximo estimado en Mendavia fue de 1280 m³/s, a lo que se añade la forma puntiaguda del limnigrama de Logroño, frente a la achatada de Mendavia.

Caudal estimado en los aforos 9280 Ebro en Logroño y 9120 Ebro en Mendavia



Hidrogramas del Ebro en Logroño y del Ebro en Mendavia

Se ha constatado en otros episodios que para caudales punta en Logroño de hasta 1100 m³/s aproximadamente, el flujo permanece confinado entre las motas en este tramo de río y, en entonces, el caudal punta de ambos aforos prácticamente se mantiene. Sin embargo, para caudales superiores, comienzan los desbordamientos del cauce y el anegamiento de la llanura de inundación, lo que va reduciendo el caudal máximo de la avenida a medida que ésta avanza. El efecto es muy importante para caudales de más de 1500 m³/s, tal y como se ha podido apreciar en este episodio.

3.4 Descripción de la avenida en el tramo del Ebro Alfaro-Mequinenza.

El tramo del Ebro que va desde la confluencia de los ríos Ebro y Aragón en la localidad de Alfaro, hasta el embalse de Mequinenza, experimenta desbordamientos del río, más allá de las motas que lo confinan, para caudales que fluctúan, en líneas generales, entre 1500 y 2200 m³/s, en función del tramo. Esto supone que el caudal máximo que se estima en Alfaro (sumando los hidrogramas de los afluentes que confluyen aguas arriba de este punto), suele reducirse (laminarse) conforme el agua fluye hacia los aforos de Castejón, Tudela y Zaragoza, que son los lugares donde puede hacerse una estimación del caudal circulante. El problema más importante que existe para la estimación de caudales en el eje del Ebro es que, además de la gran anchura del río (dificulta enormemente la estimación de velocidades), los desbordamientos por la llanura de inundación generan almacenamientos de agua temporales y flujos paralelos al río por las propias márgenes, que pueden llegar a circundar la sección de control que constituye la estación de aforos. En estos casos, el nivel registrado en el aforo, y el caudal que se puede estimar a partir de ese nivel, no reflejan el caudal total (aunque sí la mayor parte) que atraviesa esa sección transversal de río, sino sólo lo que circula por el cauce entre motas. En este episodio, este problema de medición sólo parcial del flujo, no ocurrió en los aforos de Tudela o Zaragoza, donde la totalidad del flujo circuló por la sección de control, pero sí que se manifestó en la estación de Castejón.

Actualmente, aguas arriba del aforo 9002 de Castejón, se producen desbordamientos que anegan una extensión que puede llegar a ser de hasta 900 Ha y que puede almacenar fácilmente de 5 a 10 Hm³ de agua, o incluso más si se tiene en cuenta la capacidad de infiltración hasta el nivel freático. Este desbordamiento por encima de la mota de la margen izquierda, aguas arriba del aforo (ver figura), comienza a producirse para caudales de en torno a 1900 m³/s y, cuando el área inundada alberga un volumen determinado, al mismo tiempo que se sigue inundando este área, se establece un retorno de caudal desde la llanura de inundación, hacia el río, aguas abajo del aforo. De esta manera, cuando el área está suficientemente llena, se establece un flujo secundario por la margen izquierda que circunda la estación 9002 y que no la atraviesa. El caudal de este flujo circundante es variable y depende de varios factores: del hidrograma que llega a Castejón, del tiempo que el caudal supera los citados 1900 m³/s, del volumen de agua que haya almacenada en el área embalsada y del estado de la mota rebasada. El caudal del bypass es, por tanto, variable a lo largo del episodio. Hay ocasiones en las que se produce el desbordamiento, pero si el agua embalsada en la margen, no alcanza un determinado volumen, no llega a establecerse el citado bypass. En otras ocasiones, si la avenida es importante, se estima que este caudal secundario puede alcanzar hasta varios cientos de m³/s. Su determinación es muy compleja, ya que no puede ser medido en campo. Para añadir aún más incertidumbre, en este episodio sucedió que el desbordamiento de la mota aguas arriba del aforo, acabó rompiendo la propia mota, lo que facilitó la comunicación entre el cauce y la llanura de la margen izquierda para caudales todavía más bajos (unos 1300 m³/s). Utilizando un modelo hidráulico 2D para la modelización del tránsito de esta avenida por el tramo Alfaro-Tudela, se ha estimado que el caudal máximo

del bypass que rodeó a la estación de aforos A002 Ebro en Castejón pudo ser de aproximadamente 200 m³/s.

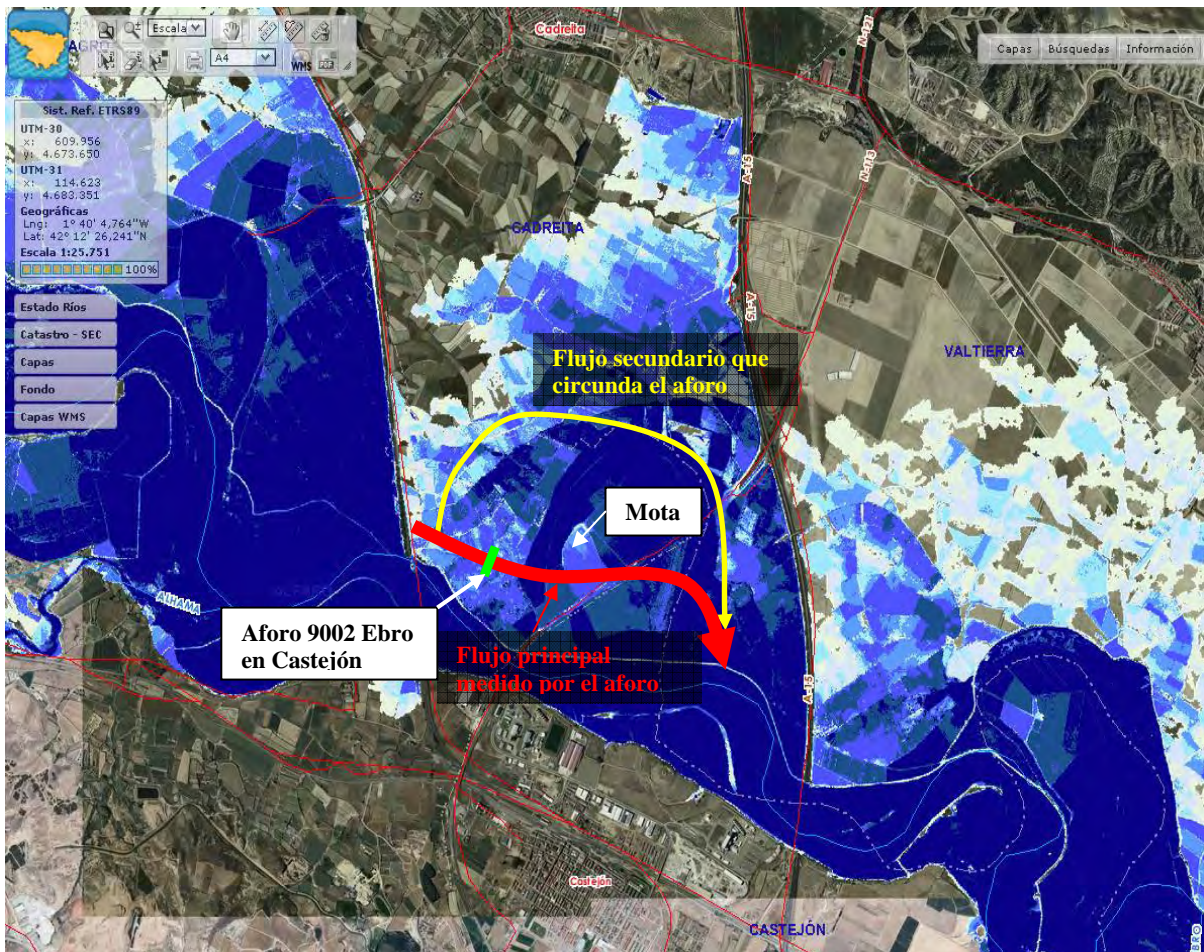
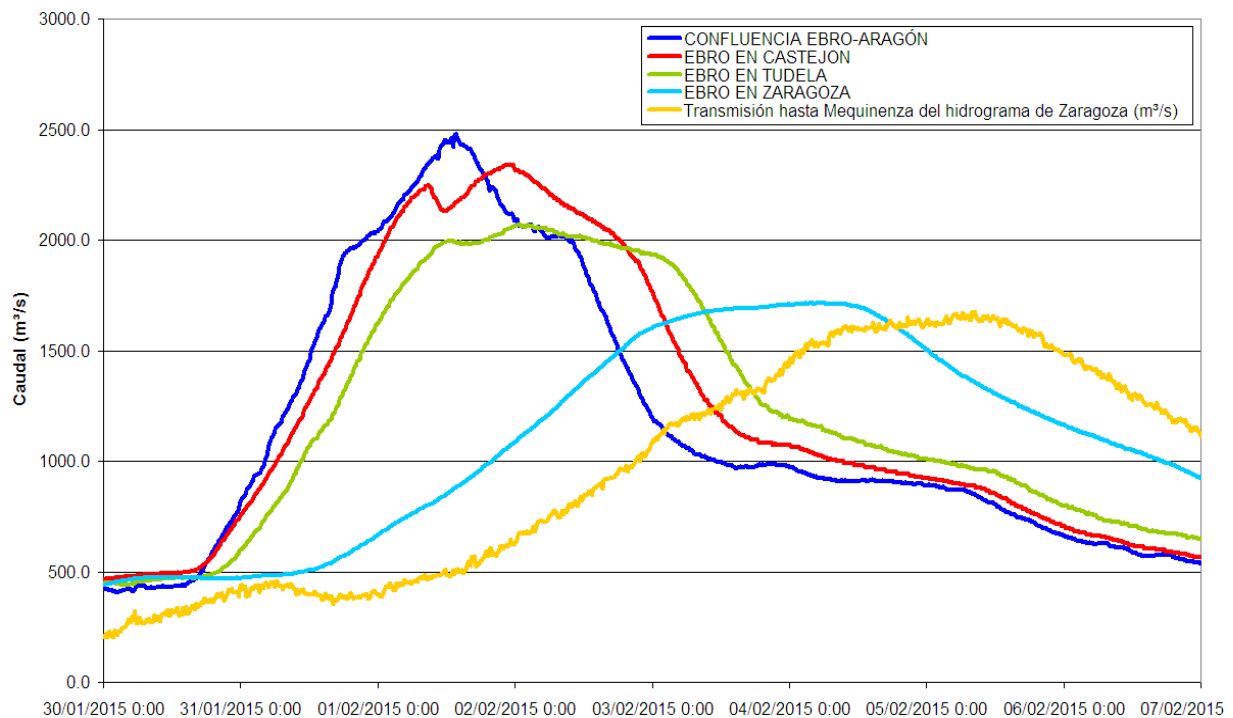


Imagen que refleja la problemática particular de la estación de aforos 9002 Ebro en Castejón

El proceso de desbordamiento descrito para el tramo de río donde se sitúa el aforo de Castejón, se repite, para avenidas próximas a la máxima ordinaria, o superiores, en la mayor parte del tramo Alfaro-Mequinenza. Este proceso es el principal causante de la laminación natural del caudal punta que se produce en el tramo medio del Ebro. Una idea que es muy importante resaltar, es que la intensidad de la laminación del caudal punta, en el tránsito desde Alfaro hasta Mequinenza, no sólo depende del caudal máximo de la avenida, sino también, en gran medida, de la anchura del hidrograma en Alfaro, o lo que es lo mismo, de la duración de la avenida. Para avenidas de hidrograma estrecho (de poca duración), como es ésta, con apenas 36 horas de caudal superior a 2000 m³/s, la laminación es importante (más de 700 m³/s entre Alfaro y Zaragoza en este episodio), mientras que para avenidas de hidrograma más ancho, la laminación del caudal punta es menor, e incluso puede prácticamente no producirse. En el siguiente gráfico se muestran compuestos los hidrogramas de caudal estimados en las localidades de Alfaro, Castejón, Tudela y Zaragoza. En él puede apreciarse perfectamente la laminación del caudal máximo circulante.

Caudal estimado en el Ebro en los aforos del tramo Alfaro-Mequinenza



Hidrogramas del Ebro estimados en Alfaro (confluencia Ebro-Aragón), en las estaciones de aforo de Castejón, Tudela, Zaragoza y en la entrada al embalse de Mequinenza después de restarle las aportaciones del Huerva, el Gállego, el Aguas Vivas, el Martín, el Cinca, el Segre y el Guadalope.

4. GESTIÓN DE LA AVENIDA.

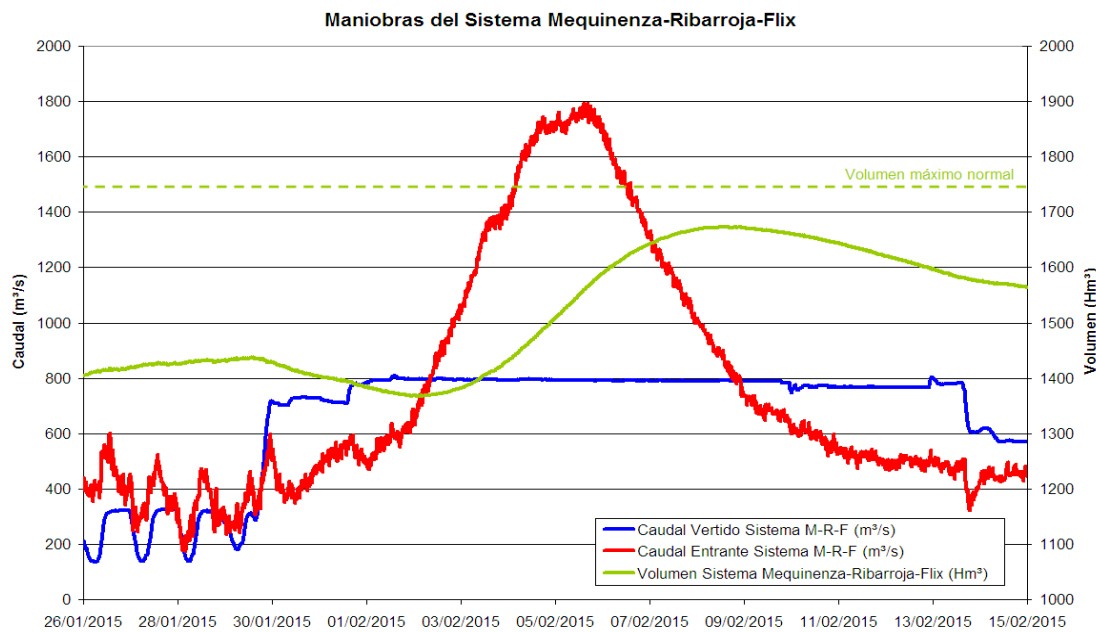
El seguimiento y gestión de las crecidas lo realiza el organismo de cuenca mediante cuatro tipos de medidas principales: la gestión de embalses, los avisos (faxes, notas de prensa, etc.), las obras de emergencia y la toma de datos en campo (aforos, vigilancia y fotografía) para el apoyo de las anteriores. Las principales herramientas de gestión empleadas son el SAIH y el SAD.

4.1 Gestión de embalses.

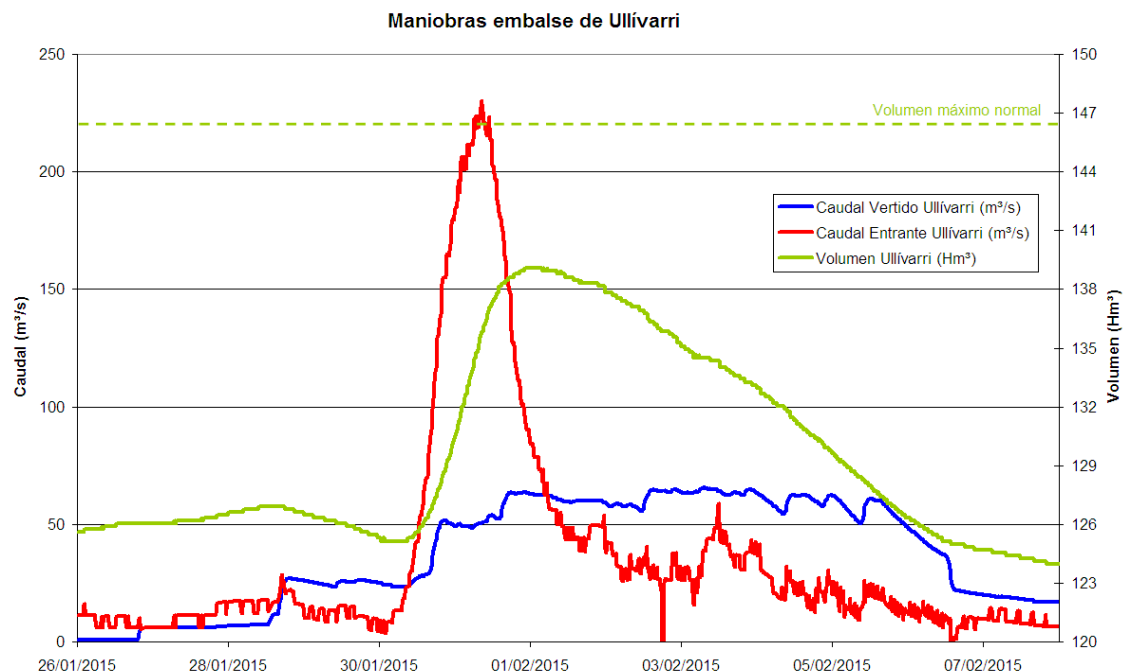
La situación de los embalses al comienzo de este episodio de lluvias era variable, con porcentajes de llenado que fluctuaban entre el 55 y el 85% en los embalses afectados por las lluvias. La mayoría de ellos absorbieron los volúmenes entrantes sin necesidad de hacer maniobras especiales, como los embalses del Ebro (en el Ebro), Urrúnaga (en el Santa Engracia (Zadorra)), Alloz (en el Salado (Arga)), Itoiz (en el Irati) y Yesa (en el Aragón). Los embalses que tuvieron que hacer maniobras de vertido fueron Sobrón (en el Ebro), Ullívarri (en el Zadorra), Eugui (en el Arga) y el sistema Mequinenza-Ribarroja-Flix (en el Ebro).

Las primeras maniobras de vertido, de carácter preventivo, en el sistema Mequinenza-Ribarroja-Flix, comenzaron el día 29 de enero a las 16:00h, y estuvieron fundamentadas en las previsiones de avenida realizadas el día 29 por el SAD, cuando todavía no se había siquiera iniciado el episodio de lluvias. La maniobra consistió en incrementar los vertidos del sistema de 300 a 700 m³/s para ir vaciando parcialmente los embalses, antes de que llegase a ellos el máximo de la avenida, y aumentar así el volumen de resguardo disponible. De esta

manera, cuando llegó el máximo de la avenida (el día 5 de febrero), el sistema fue capaz de laminarla vertiendo un caudal muy inferior al caudal entrante.



En el caso de Ullívarri el día 28 de enero a las 15:00h comenzó también un vertido preventivo de 30 m³/s con el fin de no permitir que el nivel del embalse subiera por encima de la cota 545.20 msnm, tal y como marca el Protocolo de Gestión de los Embalses del Zadorra. El día 30 a las 19:00h el caudal vertido se incrementó hasta 50 m³/s y el día 31 a las 16:00h volvió a subir hasta 60 m³/s. Todas estas maniobras se basaron en la evolución del nivel embalsado en Ullívarri, tal como dicta el citado protocolo, y su finalidad fue laminar el caudal entrante controlando al mismo tiempo el llenado del mismo.



En el caso de Eugui y Sobrón estos embalses tienen muy poco margen para poder laminar caudales de entrada importantes debido a su tamaño reducido por lo que, en riadas grandes, se limitan a verter caudales similares a las aportaciones entrantes. Desde el punto de vista hidráulico, se convierten en embalses prácticamente “transparentes” y sus cuencas pasan a funcionar en régimen natural (como si no existiesen los embalses).

Se presenta a continuación la tabla resumen con los datos más relevantes de los embalses implicados en este evento:

| Embalse | Volumen al comienzo del episodio (Hm ³) y % | Volumen máximo alcanzado (Hm ³) y % | Caudal máximo de entrada (m ³ /s) | Caudal máximo vertido (m ³ /s) | Caudal vertido en el momento que entraba el caudal máximo (m ³ /s) | Caudal laminado a pie de presa (m ³ /s) | Caudal laminado de forma efectiva sobre Castejón (m ³ /s) |
|-----------------------------------|---|---|--|---|---|--|--|
| Ebro | 414,3 (76,7%) | 445,3 (82,5%) | 260 | 1,7 | 1,5 | 258 | 20 |
| Sobrón | 19,1 (95,4%) | 19,3 (96,5%) | 925 | 925 | 925 | 0 | 0 |
| Ullívarri | 125,2 (85,5%) | 139,1 (94,9%) | 200 | 64 | 50 | 136 | 130 |
| Urrúnaga | 44,8 (62,2%) | 60,6 (84,2%) | 170 | 1 | 1 | 169 | 150 |
| Eugui | 16,3 (76,1%) | 18,7 (87,2%) | 44 | 30 | 20 | 14 | 0 |
| Alloz | 44,3 (66,7%) | 55,9 (84,2%) | 75 | 9 | 0,5 | 66 | 40 |
| Itoiz | 238,5 (57,1%) | 265,7 (63,6%) | 220 | 3 | 3 | 217 | 75 |
| Yesa | 295,4 (66,1%) | 321,1 (71,9%) | 155 | 5 | 5 | 150 | 90 |
| Sistema Mequinzena-Ribarroja-Flix | 1437,3 (82,2%) | 1673 (95,7%) | 1750 | 800 | 800 | 950 | - |
| TOTAL | | | | | | | 505 |

Tabla resumen de la gestión de los principales embalses implicados en el episodio

El caudal registrado en una sección fluvial es consecuencia de las aportaciones naturales de la cuenca vertiente y de la laminación (reducción) que se puede producir tanto por la gestión de los embalses aguas arriba como por la debida al propio tránsito de una onda de crecida por un cauce (laminación o atenuación natural).

Se presenta a continuación una tabla en la que se refleja el efecto laminador de las presas, en este episodio, en una selección de puntos significativos de la red hidrográfica.

| Población | Caudal real estimado en el evento (m ³ /s) | Caudal que habría circulado en régimen natural (sin embalses) (m ³ /s) | Afecciones registradas | Afecciones que se habrían producido sin embalses |
|-------------------------|---|---|--|---|
| Ebro en Frías | 1000 | 1200 | Inundación del camping y afecciones a áreas agrícolas | Similares aunque con mayor extensión inundada y calados superiores |
| Ebro en Miranda de Ebro | 1022 | 1200 | Inundaciones muy graves en el casco urbano y en otras zonas residenciales y agrícolas próximas al mismo | Similares aunque con mayor extensión inundada y calados superiores |
| Zadorra en Vitoria | 131 | 450 | Desbordamientos puntuales de poca gravedad en áreas agrícolas y parques | Inundaciones muy graves en el casco urbano, en los polígonos industriales y en otras zonas residenciales y agrícolas próximas al núcleo urbano |
| Ebro en Logroño | 1550 | 1750 | Afecciones leves al núcleo urbano y a los polígonos industriales (según SOS Rioja al límite de producirse afecciones mucho más graves) y cierre del aeropuerto de Agoncillo. Inundación de zonas agrícolas próximas. | Posibles afecciones moderadas al núcleo urbano y a los polígonos industriales y cierre del aeropuerto de Agoncillo. Mayor extensión de la zona agrícola inundada. |
| Arga en Funes | 882 | 920 | Inundación de áreas agrícolas en zonas concretas del tramo Etxauri-Funes | Muy similares a las afecciones registradas |
| Aragón en Caparrosa | 363 | 700 | Sin afecciones reseñables | Desbordamientos locales y afecciones a zonas agrícolas en el tramo Sangüesa-Milagro |
| Ebro en Castejón | 2300 | 2800 | Inundación moderada de áreas agrícolas (en zonas concretas en el tramo Alfaro-Gallur) | Inundación grave de áreas agrícolas (de forma generalizada en el tramo Alfaro-Gallur con mayor extensión inundada y calados superiores) |
| Ebro en Zaragoza | 1739 | 2200 | Inundación leve o moderada de áreas agrícolas (en zonas concretas en el tramo Gallur-Pina de Ebro) | Inundación moderada o grave de áreas agrícolas (de forma generalizada en el tramo Gallur-Caspe con mayor extensión inundada y calados superiores) |
| Ebro en Tortosa | 808 | 2200 | Sin afecciones reseñables | Inundación grave de áreas agrícolas en todo el tramo bajo del Ebro y afecciones moderadas a núcleos urbanos |

Tabla resumen del efecto de la laminación de los embalses sobre puntos relevantes de la cuenca.

4.2 Gestión de avisos

4.2.1 Avisos a Protección Civil

Según los protocolos actuales, la CHE activa la emisión de avisos oficiales vía fax o email, bien cuando el nivel observado en alguna estación de aforo supera su umbral de aviso, o bien cuando existe una certidumbre importante de que dicho umbral vaya a ser superado en el futuro.

En este caso, los días previos al evento meteorológico, la CHE fue anunciando a través de la página web del SAIH, en el apartado de previsiones de caudal (elaboradas por el SAD), el incremento de caudales hasta valores extraordinarios, esperado en varios afluentes de la margen izquierda del Ebro, para el final del día 30 de enero y los días siguientes.

El mismo día 30 por la mañana, desde el centro de control del SAIH, se hicieron varias llamadas a distintos responsables de protección civil de Castilla y León, País Vasco, Navarra y La Rioja con objeto de comunicarles, de forma informal por el momento, que las previsiones hidrológicas del SAD preveían que, con una probabilidad alta, las lluvias que se venían registrando desde primeras horas del día 30, darían lugar a avenidas, en algunos ríos de carácter extraordinario, en los cauces de sus respectivas comunidades autónomas y que, en el momento que los niveles observados superasen los umbrales de aviso, la CHE comenzaría a emitir los avisos oficiales.

El día 30 a las 21:33h la CHE emitió el primer boletín de avisos oficiales indicando que se estaban registrando crecidas extraordinarias en las cabeceras de los ríos Nela, Arga y Ega, y que dicha situación se iba a ir agravando con el paso de las horas y extendiéndose a los tramos bajos de dichos ríos, así como a otros cauces. Los destinatarios de este primer aviso fueron la AGENCIA NAVARRA DE EMERGENCIAS, DELEGACIÓN DEL GOBIERNO DE LA RIOJA, DELEGACIÓN DEL GOBIERNO DE NAVARRA, DELEGACIÓN DEL GOBIERNO DEL PAÍS VASCO, AYUNTAMIENTO DE LOGROÑO, AYUNTAMIENTO DE MIRANDA DE EBRO, AYUNTAMIENTO DE PAMPLONA, PROTECCIÓN CIVIL BURGOS (SUBDELEGACIÓN DEL GOBIERNO, SOS CASTILLA Y LEÓN, SOS RIOJA, SOS-DEIAK (EMERGENCIAS PAÍS VASCO).

En total, a lo largo del episodio, se emitieron 11 boletines, y en ellos se incluyeron 118 avisos a un total de 15 destinatarios diferentes. En la siguiente tabla se muestran las fechas de emisión de los 11 boletines y los destinatarios de los avisos en cada boletín:

| | 30/01/2015 21:33 | 31/01/2015 14:10 | 31/01/2015 22:07 | 01/02/2015 12:47 | 01/02/2015 20:52 | 02/02/2015 14:44 | 02/02/2015 19:51 | 03/02/2015 14:46 | 04/02/2015 14:11 | 05/02/2015 14:59 | 06/02/2015 19:02 |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| SOS CASTILLA Y LEÓN | X | X | X | X | X | X | | | | | |
| PROTECCION CIVIL BURGOS | X | X | X | X | X | X | | | | | |
| AYUNTAMIENTO DE MIRANDA DE EBRO | X | X | X | X | X | X | | | | | |
| SOS-DEIAK (EMERGENCIAS PAIS VASCO) | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| DELEGACIÓN GOBIERNO DEL PAIS VASCO | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| SOS RIOJA | X | X | X | X | X | X | | | | | |
| DELEGACION DEL GOBIERNO DE LA RIOJA | X | X | X | X | X | X | | | | | |
| AYUNTAMIENTO DE LOGROÑO | X | X | X | X | X | X | | | | | |
| AGENCIA NAVARRA DE EMERGENCIAS | X | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| DELEGACIÓN DEL GOBIERNO DE NAVARRA | X | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| AYUNTAMIENTO DE PAMPLONA | X | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| SOS ARAGON | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| DELEGACIÓN GOBIERNO DE ARAGÓN | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| POLICÍA LOCAL DE ZARAGOZA | | | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| BOMBEROS DE ZARAGOZA | | | X | X | X | X | X | X | X | X | |

Tabla con las fechas y horas de los 11 boletines de aviso emitidos y los destinatarios de cada boletín

4.2.2 Acciones de comunicación: notas de Prensa, atención a medios de comunicación, Twitter.

Notas de Prensa

- 30-01-2015 Nota de aviso de caudales enviada a las 17 horas a todo el eje del Ebro.
- 31-01-2015 Nota de prensa actualización previsión de caudales a las 13:56 horas.
El día 31 el presidente de la CHE visitó Miranda de Ebro y Logroño y se convocó a ello a los medios para explicar la evolución de los caudales. Se enviaron audios con explicaciones del presidente
- 01-02-2015 Nota de prensa Actualización de caudales
Ese mismo día se hace una convocatoria a orillas del río Ebro con medios de comunicación para que el presidente de la CHE analice el seguimiento

Atención a medios de comunicación

- 02-02-2015 Convocatoria a medios de comunicación para evaluación y seguimiento de la avenida
- 04-02-2015 Visita y presentación de informe preliminar de la avenida Frías, Miranda de Ebro, La Rioja (con dos notas de prensa de evaluación)

Twitter

Entre los días 30 de enero y 6 de febrero se remitieron 47 tweets directos en el perfil @CH_Ebro a los que habría que sumar los del perfil de @saihebrocpc dedicados a información sobre previsión y seguimiento de caudales, así como posterior análisis de la avenida

4.3 Obras de emergencia durante la crecida.

En los días inmediatamente posteriores al paso de la punta de avenida, se llevaron a cabo diversas actuaciones en diferentes términos municipales.

- Obras de reconstrucción de la escollera sobre la margen derecha del río Trueba para defensa de la urbanización de viviendas en Villalázara de Montija (Burgos).
- Obras de reconstrucción y protección con escollera de la margen izquierda del río Ebro en la zona del polígono industrial de Viana (Navarra).
- Obras de recolocación de escollera en la margen derecha del río Ebro, para protección de los pozos de captación de agua del municipio de Alfaro (La Rioja).
- Obras de reparación de la coronación de las motas defensivas del núcleo urbano de Novillas (Zaragoza), sobre la margen derecha de los ríos Ebro y Huecha.
- Obras de reparación de la rotura en el perímetro delimitativo del área de inundabilidad controlada en la margen derecha del río Ebro, inmediatamente aguas abajo de Novillas (Zaragoza).
- Actuaciones de ayuda al retorno de las aguas al cauce en márgenes inundadas. Fue el caso de Monzalbarba (Zaragoza) donde se utilizaron equipos de achique.

ACTUACIONES DE EMERGENCIA PREVISTAS EN EL TRANCURSO DEL AÑO 2015, A POSTERIORI DE LA AVENIDA

Una vez confeccionado el inventario de puntos con afecciones a motas-defensa y detección de tramos con obstrucciones (material vegetal o sedimentario) y previa autorización por el Consejo de Ministros, se inició la FASE I de reparación provisional e inmediata con el objetivo de que las márgenes no volvieran a verse inundadas al paso de posteriores crecidas como consecuencia de las aperturas y roturas producidas en las motas. En estos momentos el número de afecciones detectadas en la cuenca supera las 850, de las cuales más de la mitad corresponden a la C.A. de Aragón.

En FASES posteriores está prevista la terminación de estas reparaciones provisionales así como el mejorar la seguridad de los núcleos urbanos más vulnerables mediante la adopción de un abanico de medidas donde intervienen diferentes tipologías de soluciones. Se prevén actuaciones de refuerzo, sobre-elevación, rebaje y retranqueo de motas según los casos. También de recuperación de la sección de desagüe mediante la retirada/redistribución de sedimentos y material vegetal acumulado. Medidas paliativas de cauces de alivio y mejora de la permeabilidad de puentes. Finalmente se estudiarán posibles cordones perimetrales de seguridad para evitar que el agua inunde el núcleo urbano, una vez desbordadas las defensas aguas arriba o aguas abajo de su emplazamiento.

4.4 Apoyo técnico en campo.

Se incluyen los aforos directos realizados, las actuaciones del Servicio de control y vigilancia del D.P.H. y la obtención de imágenes aéreas de inundación.

4.4.1 Aforos directos.

Se relacionan a continuación los aforos directos en la crecida en la Cuenca Alta del Ebro (no se contabilizan los realizados en condiciones normales durante este período). durante el episodio del 30 de enero al 6 de febrero de 2015

Episodio A: CABECERA DEL EBRO

| <i>Estación de aforos</i> | <i>nº aforos</i> |
|--------------------------------|------------------|
| AYUDA en BERANTEVILLA | 2 |
| BAYAS en MIRANDA | 2 |
| EBRO en LOGROÑO | 1 |
| EBRO en MENDAVIA | 1 |
| EBRO en MIRANDA | 3 |
| ERRO en URROZ VILLA - LONGUIDA | 1 |
| JEREA en PALAZUELOS | 1 |
| NELA en TRESPADERNE | 1 |
| NELA en VILLARCAYO | 1 |
| OCA en OÑA | 1 |
| TRUEBA en MEDINA DE POMAR | 1 |
| ZADORRA en ARCE | 2 |
| Total aforos realizados | 17 |

4.4.2 Actuaciones del Servicio de Control y Vigilancia del DPH.

Como consecuencia de las lluvias producidas durante los últimos días del mes de enero y consecuentemente posterior fusión de la nieve existente, los días del 26 al 30 de enero se



produjeron crecidas en el río Ayuda a su paso por Berantevilla, previo a los días 31 de enero y 1, 2, 3, 4 y 5 de febrero, en los que, ya de forma más generalizada, se produjeron desbordamientos en multitud de tramos de los ríos de la cuenca alta del río Ebro.

Ante la posibilidad de producirse una avenida se puso en conocimiento del Servicio de control y vigilancia del D.P.H. activándose la prealerta el día 30 a las 17:00 horas en la zona de Miranda de Ebro, quedando el personal (tanto AMA's como TSATyP's) preparado para acudir al control y seguimiento de la avenida y daños en el momento que se activara la alerta, ocurriendo ésta a las 20:00 de 30 de enero con un caudal de 475 m³/s, produciéndose la punta de la avenida el día 31 de enero a las 20:00 horas.

Las poblaciones de la parte alta de la cuenca en Burgos, como Espinosa de los Monteros y Medina de Pomar, Villarcayo y Merindad de Sotocueva, fueron las primeras localidades, de entidad por población, que notaron los efectos de la avenida, quedando cortadas las vías de comunicación como la carretera de Espinosa de los Monteros a Reinosa, estando presentes en la zona los AMA's y TSATyP's adscritos a la misma, prestando servicio con largas prolongaciones de jornadas, con el consiguiente riesgo para poder evaluar el avance de la avenida. A modo de ejemplo, en Frías se produjo un serio problema en el camping existente en la margen izquierda a la altura del puente, teniendo que colaborar con el responsable del ayuntamiento para evitar daños personales en el mismo.

Igualmente ocurrió en la población de Miranda de Ebro, siendo esta la primera población importante afectada por esta primera punta, contribuyendo a ello las aportaciones de los ríos Nela, Jerea, Omecillo, Rudrón, Oca, Oroncillo, Zadorra y el Bayas con 4,84 m. de altura, afectando a numerosas calles de Miranda de Ebro. El personal de la zona formado por Agentes Medioambientales y Técnicos Superiores de Actividades Técnicas y Profesionales, fueron los que constataron que a las 14:00 horas del 31 de enero se alcanzaba 4,70 m. de altura en la estación de aforos del Zadorra en Abetxu (Vitoria), contabilizándose en ese punto los aportes del río Alegría, principal afluente del Zadorra y el río Santo Tomás. La función principal de este personal, durante todo el episodio de la avenida, es informar, colaborar con la ciudadanía y administraciones locales y autonómicas y protección civil, comprobando los datos que se aportan desde el centro de control en Zaragoza (SAIH).

A su paso por la ciudad de Logroño el día 1 de febrero el río Ebro alcanzó 5,40 m. de altura máxima y 1550 m³/s a las 14:00 horas, el personal adscrito al sector de Logroño estuvo en su totalidad como en el resto de sectores, a pleno rendimiento realizando un seguimiento. Muy especialmente en la ciudad de Logroño, donde se estaban produciendo alteraciones en las mediciones que se estaban recibiendo de la estación de aforos ubicada en la misma población, el personal estuvo midiendo de forma directa los incrementos de nivel que se estaban produciendo en el río, durante todo el día y la noche.

Finalmente, en el considerado tramo alto del río Ebro se debe destacar los efectos producidos por los ríos navarros como el Ega y el Arga, que causaron importantes daños a las poblaciones de Estella, Lerín o Carcar por parte del Ega y a las poblaciones de Pamplona, Miranda de Arga, Falces, Funes y Milagro por parte del Arga. Al igual que anteriormente se contó con la presencia de los AMA's y TSATyP's durante los episodios surgidos a lo largo del mes de febrero.

Las funciones, del personal del Servicio, no solo no acaban con el final de la avenida, es más este es el inicio de un importante trabajo que continúa con la inspección una vez

terminada la misma, realizando en el momento que lo permite el terreno los informes necesarios para proceder a una evaluación lo más exhaustiva y rápida posible.

El total de efectivos adscritos a este Servicio de Control y Vigilancia del D.P.H., que prestaron sus servicios en el tramo alto del Ebro durante este episodio, fue de 16 Agentes Medioambientales y 10 Técnicos Superiores de Actividades Técnicas y Profesionales.

4.4.3 Fotografía aérea de la inundación.

Debido a las muy adversas condiciones meteorológicas que se dieron cita a lo largo de los días en que tuvo lugar la primera punta de crecida (31 de enero – 7 de febrero) fue imposible realizar un vuelo aéreo de reconocimiento (adquisición de fotografías aéreas y vídeo; hay que tener en cuenta que la altura técnica necesaria para la realización de fotografías aéreas es de unos 2.500-3.000 metros). Estas fueron algunas de las particularidades meteorológicas registradas esos días en los centros meteorológicos de los aeropuertos próximos a las zonas a sobrevolar: Vitoria y Logroño. El día 31 de enero, para el que en principio hubiese interesado volar el río Zadorra y alto Ebro, estuvo lloviendo y nevando la mayor parte de la jornada, con viento moderado y techo de nubes de unos 500 m sobre el terreno; a su vez, en Logroño también llovía, y el techo de nubes era de unos 900 m. En el aeropuerto de Zaragoza se registraron rachas de viento de hasta 72 km/h aproximadamente. Entre los días 1 y 5 de febrero, se registró un temporal de frío, viento y nieve excepcional, que impidió volar: fortísima velocidad del viento (hasta 105 km/h en Zaragoza), techos de nubes por debajo de los 1000 m, y temperaturas muy por debajo de 0º que, junto con la humedad del ambiente, podían producir hielo en las alas del avión.

No se dispone, por consiguiente, de documentación gráfica (fotografías aéreas) de apoyo que registre el episodio de crecida en la cuenca alta del Ebro ocurrido entre el 31 de enero y el 7 de febrero de 2015.

4. INFORME DE LAS AVENIDAS

4 B) FEBRERO – MARZO 2015: EJE DEL EBRO

- 1 INTRODUCCIÓN. *(Pág. 2)*
- 2 METEOROLOGÍA. *(Págs. 2 a 11)*
 - 2.1 Descripción de la configuración atmosférica
 - 2.2 Descripción de las precipitaciones observadas
 - 2.3 Descripción de las previsiones meteorológicas disponibles y los avisos asociados a ellas
- 3 HIDROLOGÍA. *(Págs. 11 a 18)*
 - 3.1 Niveles y caudales en estaciones de aforo.
 - 3.2 Descripción de la avenida en el tramo del Ebro Alfaro-Mequinzenza
- 4 GESTIÓN DE LA AVENIDA. *(Págs. 19 a 41)*
 - 4.1 Gestión de embalses.
 - 4.2 Gestión de avisos.
 - 4.2.1 Avisos a Protección Civil.
 - 4.2.2 Acciones de comunicación: notas de Prensa, atención a medios de comunicación, Twitter.
 - 4.3 Obras de emergencia durante la crecida.
 - 4.4 Apoyo técnico en campo:
 - 4.4.1 Aforos directos.
 - 4.4.2 Actuaciones del Servicio de control y vigilancia del DPH.
 - 4.4.3 Fotografía aérea de la inundación
 - 4.5 Valoración Comparativa de daños

4. INFORME DE LAS AVENIDAS

4 B) FEBRERO – MARZO 2015: EJE DEL EBRO

Fecha elaboración: JUNIO 2015

Fuente: Área de Hidrología y Cauces, SAIH y SAD.

1. INTRODUCCIÓN.

El presente documento recoge los hechos más significativos del episodio de avenida que tuvo lugar entre el 23 de febrero y el 11 de marzo de 2015 en la cuenca del Ebro. En él se analizan distintos aspectos como la situación meteorológica que dio lugar al evento, la evolución hidrológica de la avenida en los cauces afectados y la gestión de la misma (gestión de presas y avisos) por parte de la CHE.

El área más afectada por el evento meteorológico fue toda la margen izquierda del Ebro comprendida entre el embalse del Ebro y la cuenca alta del Aragón, lo que generó crecidas importantes, unas ordinarias y otras extraordinarias, en las cuencas del Nela, Jerea, Omecillo, Bayas, Zadorra, Ega, Arga, Irati y Aragón, así como en el propio río Ebro, desde su cabecera, hasta su desembocadura. Los embalses que se vieron afectados por la crecida fueron los del Ebro, Urrúnaga, Ullívarri, Alloz, Eugui, Itoiz, Yesa y el sistema Mequinzenza-Ribarroja-Flix. Las mayores afecciones tuvieron lugar en todo el tramo medio del Ebro, desde la localidad de Alfaro, hasta el embalse de Mequinzenza, al quedar anegada buena parte de la llanura de inundación del Ebro a lo largo de un tramo de unos 200 km de longitud, aunque también hubo afecciones menores en puntos concretos de la cuenca del Nela, del Arga, y del tramo alto del Ebro.

2. METEOROLOGÍA.

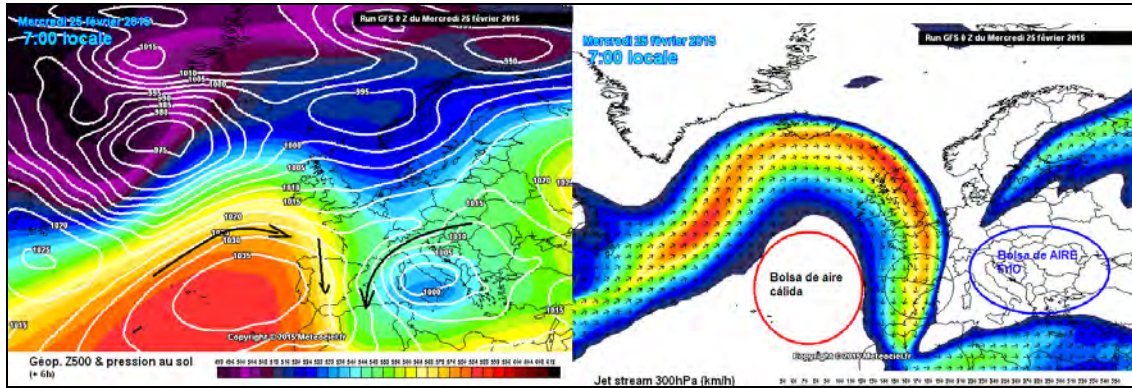
Se describe a continuación la situación meteorológica que originó la avenida, caracterizada, a grandes rasgos, por una borrasca atlántica cuya actividad se prolongó durante más de tres días, dejando precipitaciones muy abundantes en el cuadrante noroccidental de la cuenca del Ebro. El efecto de estas lluvias sobre la cuenca se vio reforzado por dos factores: el alto grado de saturación del terreno después de casi un mes seguido de lluvias y la presencia de un manto de nieve en cotas bajas (unos 700 msnm), que cubría buena parte de la cuenca alta del Ebro, la Sierra de Urbasa y otras zonas altas de las cuencas del Zadorra, Ega, Arga e Irati, y que se fundió de forma parcial durante el evento.

2.1 Descripción de la configuración atmosférica

La configuración atmosférica fue la correspondiente a una advección de aire polar marítimo con flujo continuo de viento de norte-noroeste, tanto en superficie, como en capas medias de la troposfera (5500 msnm). El paso de la corriente circumpolar (Jet Stream) de norte a sur justo por la cordillera pirenaica permitió que la masa de aire húmedo superara ampliamente la barrera orográfica de los Pirineos, llegando las precipitaciones hasta casi 50 km al sur del cambio de vertiente.

El día que se produjeron las precipitaciones más intensas fue el 25 de febrero, coincidiendo con el paso del Jet Stream por la cuenca del Ebro. A su paso y, debido a

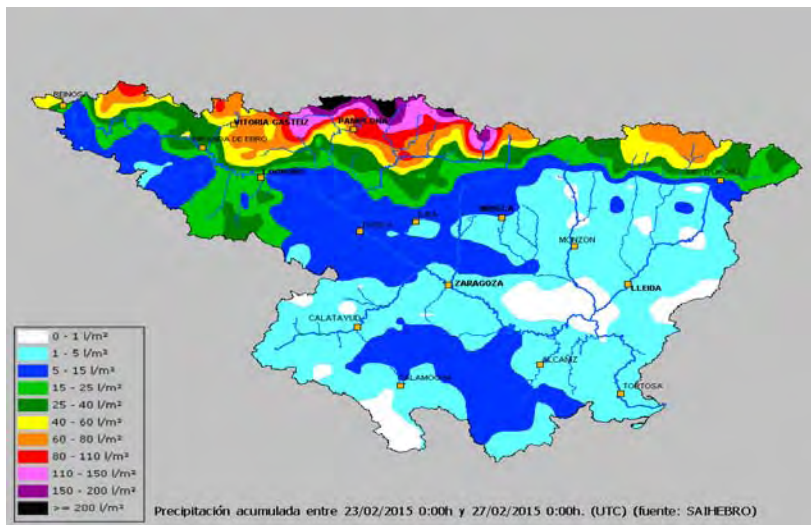
que venía precedido por una masa de aire frío y empujado por una masa de aire cálido subtropical, las temperaturas fueron subiendo de oeste a este de forma moderada, desde el inicio del día 25 en la parte occidental de la cuenca, desde el mediodía del 25 en la central y desde la madrugada del 26 de febrero en la oriental.



Situación de los centros de presiones en superficie y en altura, así como la disposición de la corriente circumpolar y sus velocidades en la mañana del día 25 febrero

2.2 Descripción de las precipitaciones observadas.

Se muestra a continuación el mapa de cantidades de precipitación acumulada a lo largo de todo el episodio (del 23 al 26 de febrero), registrada por la red de pluviómetros del SAIH del Ebro.



Mapa de las precipitaciones acumuladas en la cuenca del Ebro los días 23, 24, 25 y 26 de febrero.

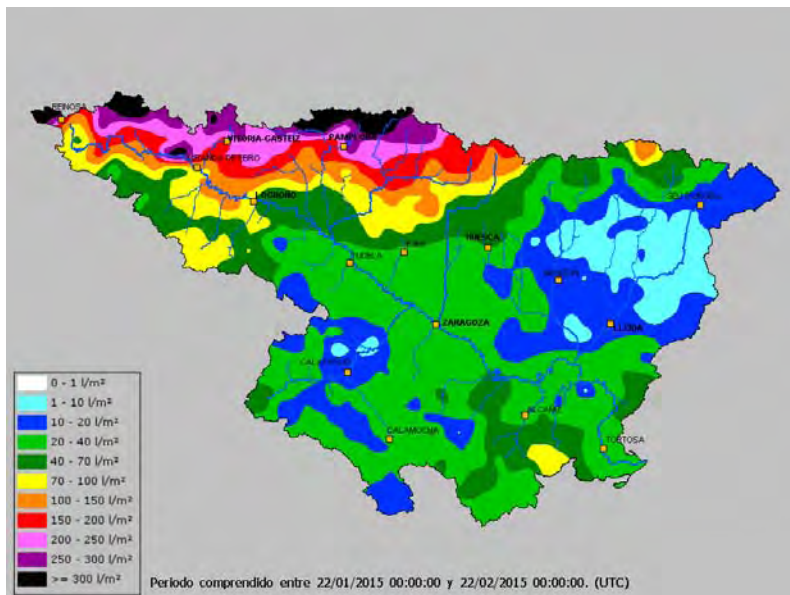
| Zona geográfica | Precipitación media acumulada (l/m ²) |
|-------------------------------------|---|
| Cuenca alta Ebro (margen izquierda) | 55 |
| Cuenca alta Ebro (margen derecha) | 19 |
| Cuenca alta Zadorra | 62 |
| Cuenca baja Zadorra | 58 |
| Cuenca alta Ega | 62 |
| Cuenca alta Arga | 110 |
| Cuenca Irati | 103 |
| Cuenca alta Aragón | 74 |
| Cuenca alta Gállego | 39 |
| Cuenca baja Arga-Aragón | 29 |
| Sistema Ibérico occidental | 16 |

Tabla de precipitación media acumulada por zonas geográficas los días 23, 24, 25 y 26 de febrero.

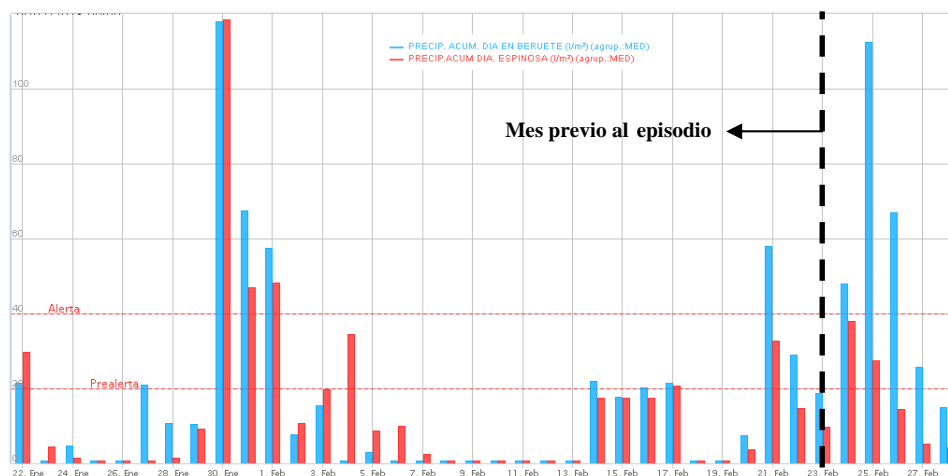
Se describe a continuación la evolución cronológica del evento meteorológico.

El día previo a la llegada de la borrasca atlántica (día 23), la mitad occidental de la cuenca del Ebro se encontraba en unas condiciones bastante desfavorables de cara a la respuesta hidrológica de la cuenca:

1. Por un lado, el terreno se encontraba con unas condiciones de humedad muy altas, con depósitos superficiales bastante saturados después de un mes con muchas precipitaciones. Se registraron lluvias en más de la mitad de los 30 días precedentes al día 23 de febrero (de los 9 días previos, había llovido en 7). Estas condiciones de humedad altas favorecieron la generación de escorrentía durante el evento.

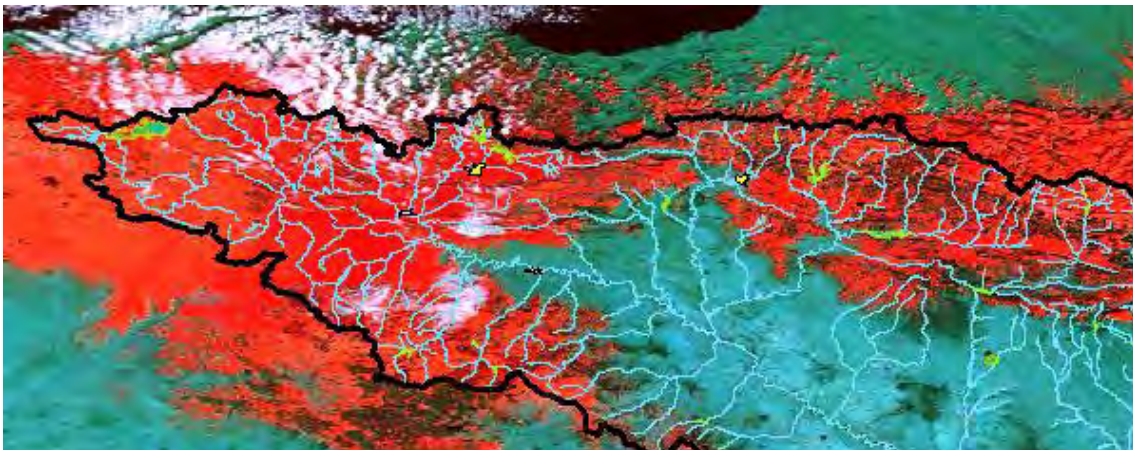


Precipitación registrada por el SAIH en la cuenca del Ebro durante el mes previo al evento

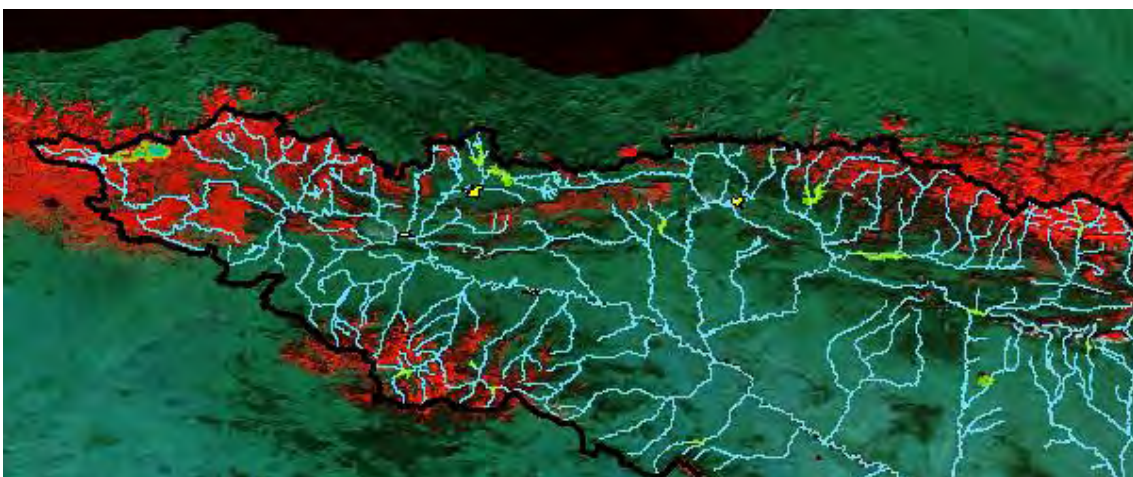


Precipitación diaria registrada por el SAIH en Beruete (cuenca del Arga) y Espinosa de los Monteros (cuenca de Nela) durante el mes previo al evento

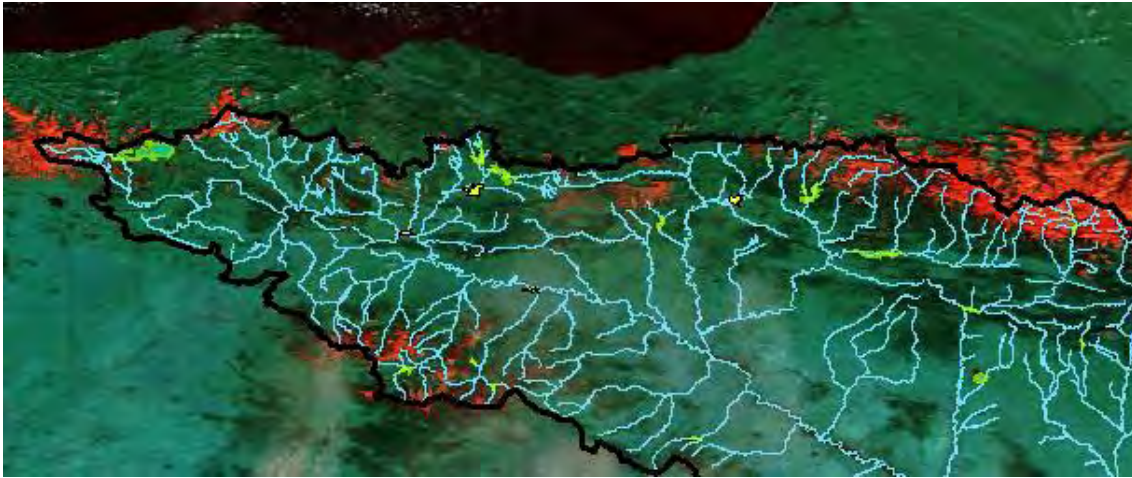
2. Además, las lluvias de los 10 días anteriores dieron lugar a caudales circulantes bastante superiores a los habituales justo antes del episodio de lluvias final. Por ejemplo, el día 23 de febrero, el caudal del Ebro en Miranda de Ebro era ya de 400 m³/s, en el Ega en Estella de 80 m³/s, en el Arga en Etxauri de 250 m³/s, en el Irati en Liédena de 100 m³/s y en el Ebro en Castejón de casi 1400 m³/s. Este hecho justifica buena parte de los caudales máximos alcanzados unos días después.
3. Por otro lado, en buena parte de la cuenca alta del Ebro, en cotas de aproximadamente 700 msnm y superiores, permanecía almacenado un manto de nieve de espesores importantes (entre 50 y 100 l/m² de equivalente en agua en promedio). Esta cobertura nival se generó en una ola polar que afectó al noroeste de la cuenca entre los días 2 y 7 de febrero y, aunque se fue consumiendo poco a poco, mantuvo unos espesores considerables hasta el comienzo del episodio. La fusión de esta nieve almacenada entre los 700 y 1100 msnm contribuyó a incrementar, entre un 10 y un 30% (según cuencas), los caudales registrados en el Alto Ebro, Rudrón, Nela, Jerea, Omecillo, Bayas, Ega e Irati. Este factor fue muy importante en cuencas como el Alto Ebro, Nela, Jerea, Omecillo y Bayas, y prácticamente despreciable en otras de menor altitud, como la del Zadorra o el Arga.



Cobertura nival (rojo) en el noroeste de la cuenca del Ebro el día 9 de febrero vista por el satélite Modis.

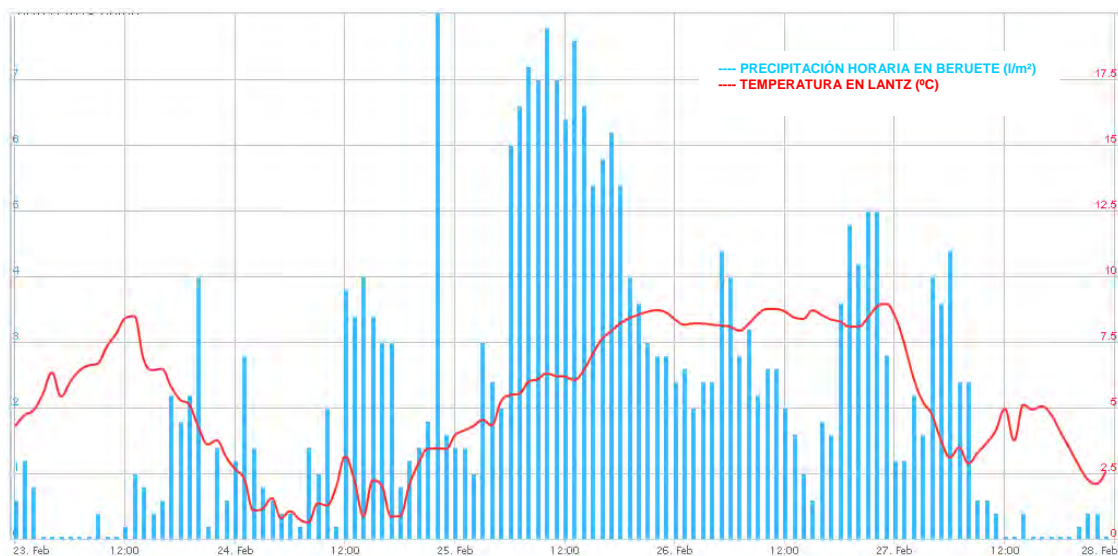


Cobertura nival (rojo) en el noroeste de la cuenca del Ebro el día 19 de febrero (justo antes del evento) vista por el satélite Modis.



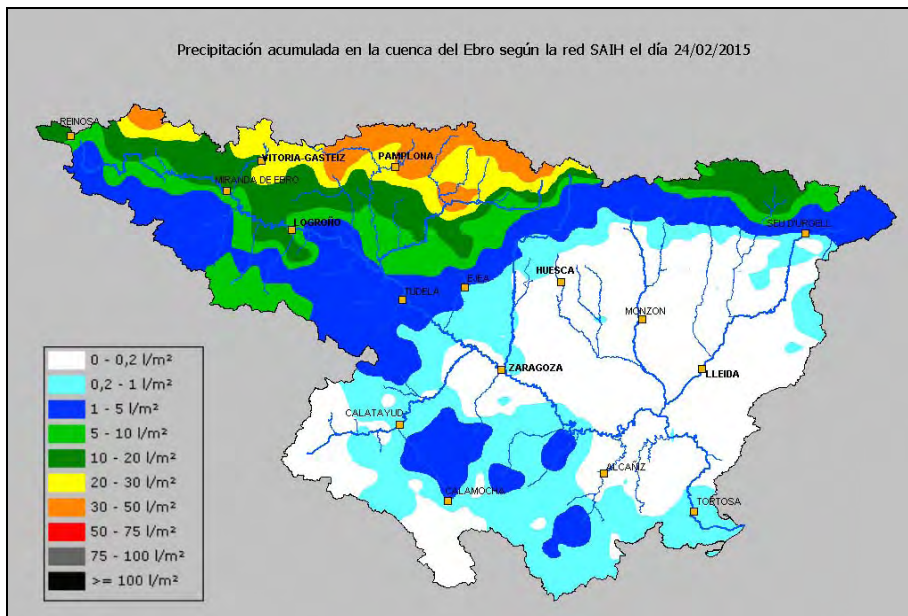
Cobertura nival (rojo) en el noroeste de la cuenca del Ebro el día 5 de marzo (justo después del evento) vista por el satélite Modis.

Se muestra a continuación la evolución de la precipitación y la temperatura a lo largo del evento tomando como ejemplo dos estaciones de la cuenca del Arga: Beruete para la precipitación y Lantz (a 700 msnm) para la temperatura.



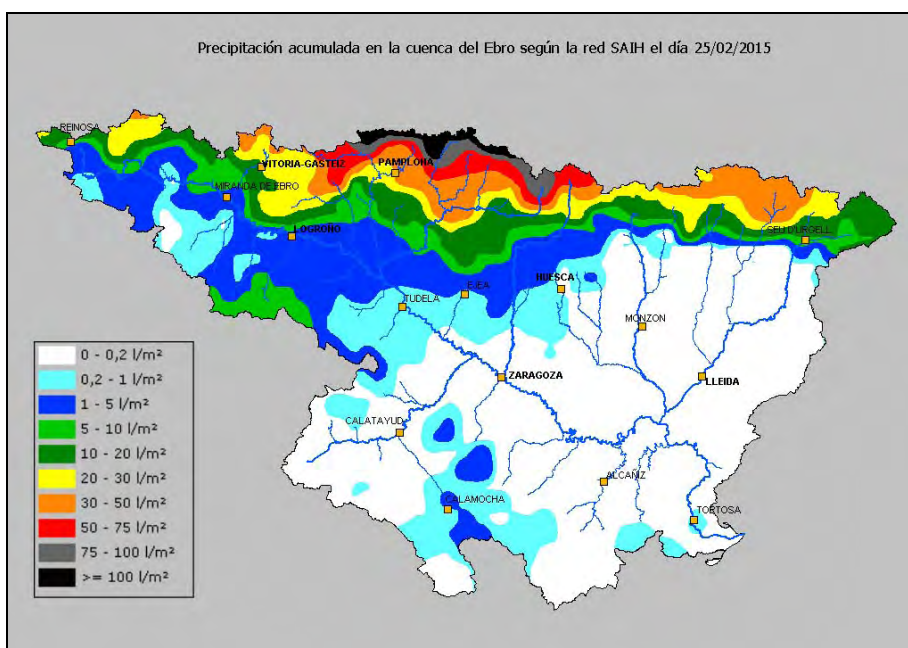
Evolución de la temperatura en Lantz (700 msnm) y la precipitación horaria en Beruete (ambos en la cabecera del Arga) entre el día 23 y el 27 de febrero.

- *Días 23 y 24 de febrero:* como se aprecia en el gráfico anterior, durante la tarde del día 23 y todo el día 24, se produjeron chubascos de intensidad moderada, pero persistentes, en todo el cuadrante noroeste de la cuenca. Durante ese día 24 las temperaturas se mantuvieron bajas, lo que hizo que la cota de nieve se situara en el entorno de los 700-800 msn.



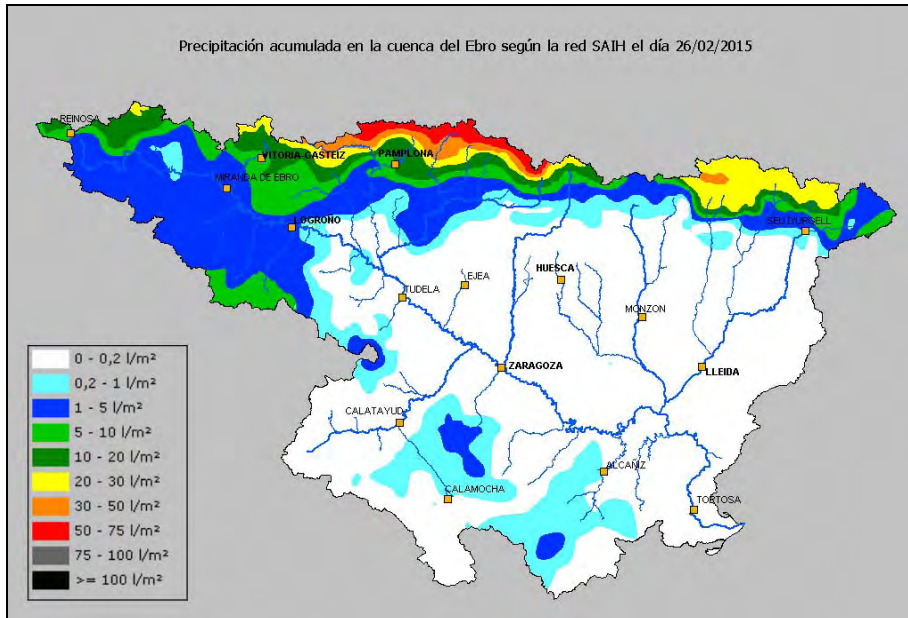
Precipitación registrada por el SAIH durante el día 24 de febrero

- *Día 25 de febrero:* este día se incrementó sustancialmente la intensidad de las precipitaciones y éstas se extendieron a todo el extremo norte de la cuenca. También aumentaron de forma progresiva las temperaturas de oeste a este. Por la mañana, la cota de nieve se situó a 1500 msnm en el tercio oeste de la cuenca, a 1000-1300 msnm en el tercio central y a menos de 1000 msnm en el resto. En el transcurso del día fueron ascendiendo las temperaturas y manteniéndose las precipitaciones, de tal modo que, al final de la jornada, la cota de nieve superó los 1400-1600 msnm en la mitad occidental de la cuenca y se mantuvo sobre los 900-1200 msnm en el resto.



Precipitación registrada por el SAIH durante el día 25 de febrero

- *Día 26 de febrero:* se mantuvieron las precipitaciones en el norte de la cuenca, pero disminuyeron su intensidad. La cota de nieve se mantuvo toda la jornada por encima de los 1600 msnm.

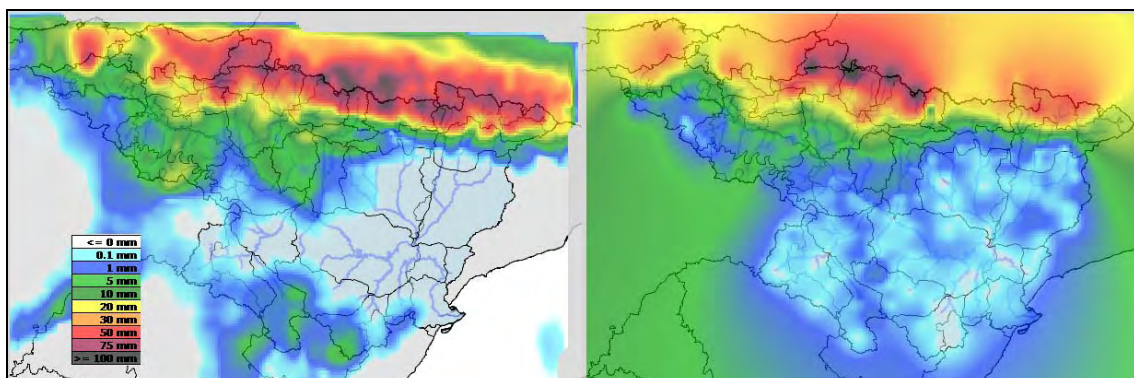


Precipitación registrada por el SAIH durante el día 26 de febrero

- *Día 27 de febrero:* finalmente, este día, remitieron las precipitaciones en casi toda la cuenca y volvió a producirse un descenso de las temperaturas, situándose la isoterma de 0°C por debajo de los 1000 msnm.

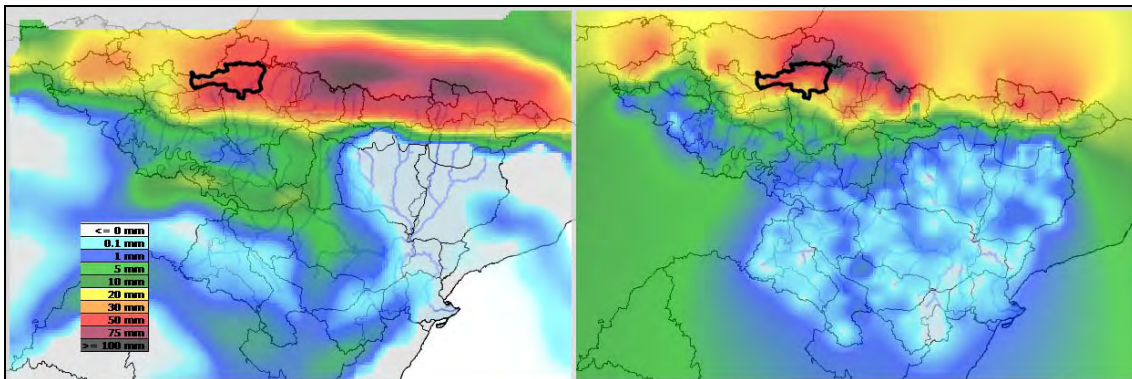
2.3 Descripción de las previsiones meteorológicas disponibles y los avisos asociados a ellas.

Se muestra a continuación unas imágenes comparativas de las precipitaciones acumuladas previstas para el día 25 (el de mayor precipitación), según los modelos WRF-0.03° y HIRLAM-0.16°, en comparación con las precipitaciones reales registradas por el SAIH. En primer lugar, el modelo meteorológico WRF-0.03°:



Comparativa de la precipitación acumulada prevista por el modelo WRF-0.03° (izquierda) y la observada por la red SAIH (derecha) el día 25 de febrero.

Y a continuación, el modelo meteorológico HIRLAM-0.16°.



Comparativa de la precipitación acumulada prevista por el modelo HIRLAM-0.16° (izquierda) y la observada por la red SAIH (derecha) el día 25 de febrero.

Como puede observarse en estas dos comparativas, a nivel de cuenca completa, las diferencias entre la precipitación observada por la red del SAIH y el modelo meteorológico WRF (del Grupo de Física Atmosférica de la Universidad de León) no fueron importantes, pero si se selecciona sólo la zona que más contribuyó para la consecución de la avenida (cuencas del Arga y el Irati) se pueden encontrar acumulados previstos un 20% inferiores en el WRF, que los reales observados. En cuanto a las intensidades de precipitación, las previstas por el WRF se ajustaron muy bien a las observadas. Hay que remarcar que el modelo sobreestimó bastante las precipitaciones en el Pirineo central y oriental, pero esta precipitación no contribuyó a la riada, ya que quedó retenida en los embalses pirenaicos de las cuencas del Gállego, Cinca, Nogueras y Segre.

Por lo que respecta al modelo HIRLAM-0.16°, a nivel de cuenca completa, las diferencias entre la precipitación observada por la red del SAIH y el modelo meteorológico HIRLAM (de la AEMet) son significativas, puesto que la previsión supera en un 20-30% a la precipitación observada. Si se considera sólo la zona que más contribuyó a la avenida (cuencas del Arga y el Irati), los resultados son mejores y no se encuentran apenas diferencias entre los acumulados previstos y la precipitación observada. En cuanto a las intensidades de precipitación, las previstas por el HIRLAM no se ajustaron bien a las observadas, ya que el modelo propone intensidades mucho más débiles, pero más mantenidas en el tiempo, que las realmente registradas. Al igual que le pasó al WRF, el HIRLAM sobreestimó bastante las precipitaciones en el Pirineo central y oriental.

En definitiva, los resultados del modelo WRF, el utilizado para elaborar las previsiones del SAD, fueron bastante satisfactorios, aunque infravaloraron ligeramente las precipitaciones en las cuencas del Arga y del Irati.

Activación de alertas de AEMet

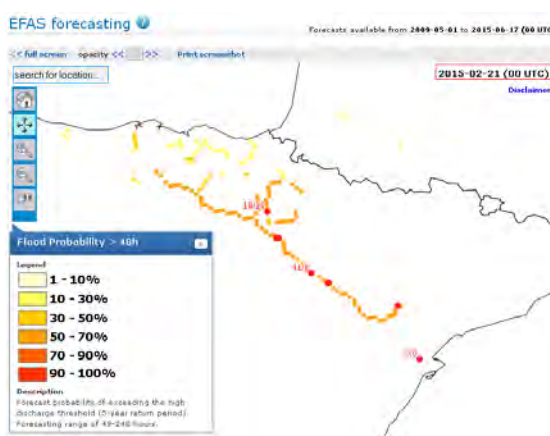
Las previsiones meteorológicas disponibles en aquel momento activaron alertas meteorológicas tanto por parte de la AEMet, como de EFAS (European Flood Awareness System).

Por parte de la AEMet, el día 24 se activaron alertas rojas por nevadas de 40 cm en las comunidades de Castilla y León, País Vasco, Navarra, Aragón y Cataluña; alertas amarillas por lluvia acumulada de entre 40 y 60 mm en 12 horas en las comunidades de País Vasco, Navarra, Aragón y Cataluña; y alertas naranjas por deshielos en las comunidades de País Vasco, Navarra, La Rioja y Aragón. El día 25 se activaron alertas rojas por nevadas de 40 cm en las comunidades de Navarra, Aragón y Cataluña; alerta naranja por lluvia acumulada de 80 mm en 12 horas en Navarra y amarillas por lluvia acumulada de entre 40 y 60 mm en 12 horas en las comunidades de País Vasco, Aragón y Cataluña; y también alertas naranjas por deshielos en las comunidades de Navarra y Aragón y amarillas en La Rioja y Castilla y León.

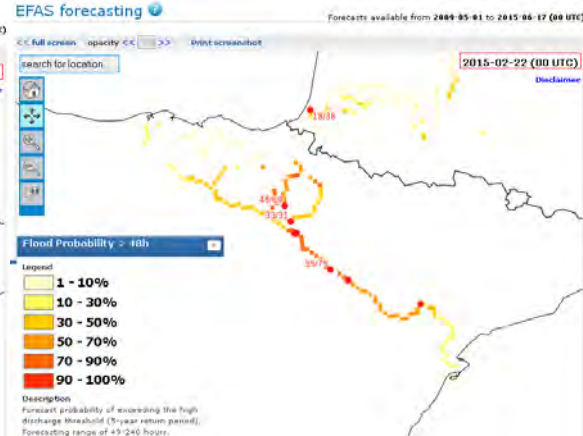
Activación de alertas de EFAS (European Flood Awareness System)

El sistema de alerta por riesgo de inundación europeo EFAS, a través de su página web, también activó avisos por riesgo de inundación centrados sobre todo en las cuencas del Arga, del Aragón y en todo el Ebro, desde su nacimiento, hasta su desembocadura. Para el alto Ebro alertó de riesgos de entre un 10 y un 30% de que se produjeran crecidas de periodo de retorno superior a 5 años. Para el Arga alertó de riesgos de entre un 70 y un 90% de que se produjeran crecidas de periodo de retorno superior a 5 años. Para el Aragón alertó de riesgos de entre un 50 y un 70% de que se produjeran crecidas de periodo de retorno superior a 5 años. Y para el Ebro medio alertó de riesgos de entre un 50 y un 70% de que se produjeran crecidas de periodo de retorno superior a 5 años, todas ellas referidas al régimen natural.

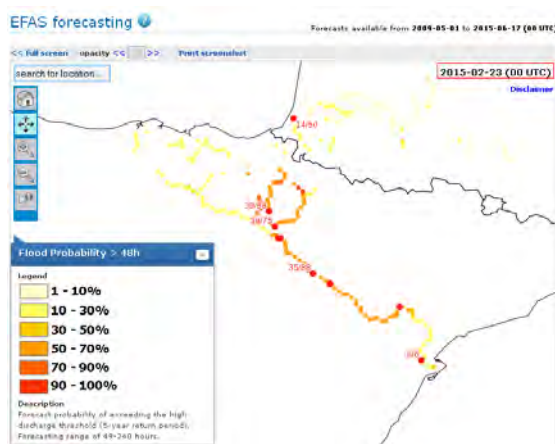
Se muestran a continuación los mapas de riesgo ofrecidos por EFAS los días 21, 22, 23, 24 y 25 de febrero:



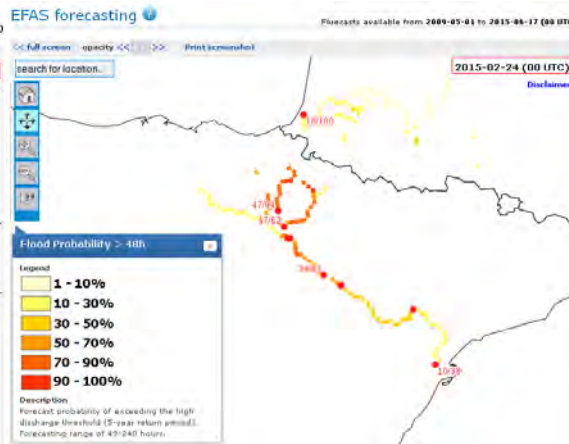
Mapa de alertas EFAS para el día 21



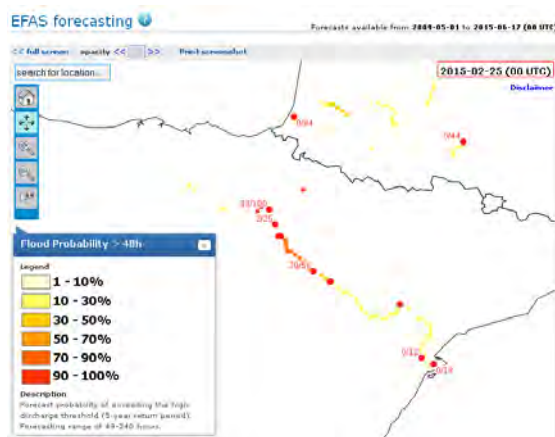
Mapa de alertas EFAS para el día 22



Mapa de alertas EFAS para el día 23



Mapa de alertas EFAS para el día 24



Mapa de alertas EFAS para el día 25

3. HIDROLOGÍA.

3.1 Niveles y caudales en estaciones de aforo.

La situación meteorológica descrita en el apartado anterior dio lugar a crecidas en prácticamente todos los afluentes de la margen izquierda del Ebro desde su nacimiento hasta la cuenca del Gállego y, en la margen derecha, desde la cuenca del Rudrón hasta la del Cidacos. La crecida de estos afluentes generó, a su vez, la crecida del propio Ebro, desde su nacimiento hasta su desembocadura. De todas éstas hay que destacar, por su carácter extraordinario, las crecidas de los ríos Nela, Bayas, tramo alto del Zadorra, Ega, Arga y la del propio Ebro, desde su confluencia con el Bayas, hasta el embalse de Mequinenza. En general, las crecidas de los afluentes de la margen derecha del Ebro fueron mucho menos importantes (todas ellas ordinarias). Analizando el hidrograma de crecida en la estación de aforos de Zaragoza, se puede decir que la crecida comenzó en este punto el día 25 de febrero a las 16h y terminó el día 14 de marzo a las 0h. Durante este periodo el volumen de agua circulante por este aforo fue de aproximadamente 1975 Hm³, mientras que por el Ebro en Tortosa circularon aproximadamente 2170 Hm³. Se describe a continuación la evolución cronológica de la avenida.

Cronología del evento:

- *23 de Febrero:* a partir del mediodía comenzó a llover, al principio con intensidad débil o moderada. Los ríos prácticamente no se movieron en esta jornada.
- *24 de Febrero:* se mantuvieron las precipitaciones de intensidad débil o moderada por todo el cuadrante noroccidental de la cuenca del Ebro. Comenzaron a crecer los caudales en todos los ríos de la margen izquierda del Ebro desde su cabecera hasta el Aragón, así como los ríos de la margen derecha del Ebro desde el Rudrón hasta el Cidacos.
- *25 de Febrero:* se incrementó la intensidad de las precipitaciones (de carácter moderado-fuerte) y la persistencia de las mismas, en todo el cuadrante noroccidental de la cuenca. Como consecuencia de ello, todos los afluentes del Ebro de la mitad occidental de la cuenca, por su margen izquierda y derecha, continuaron aumentando su caudal, alcanzándose los valores máximos en el Omecillo y en los tramos altos del Zadorra, del Arga y del Irati.
- *26 de Febrero:* continuó lloviendo, pero con una intensidad inferior al día precedente. Este día se alcanzaron los valores máximos de caudal en los tramos bajos del Nela, Jerea, Bayas, Zadorra, Ega, Arga, Irati y Aragón. En el río Ebro, el máximo de la onda de la avenida se situó todavía aguas arriba de Miranda de Ebro.
- *27 de Febrero:* este día los caudales fueron ya descendentes en todos los afluentes de la mitad occidental de la cuenca del Ebro. En el Ebro, durante la madrugada, se registró el máximo de caudal casi al mismo tiempo a la altura de Miranda y a la altura de Castejón. A lo largo del día, el caudal máximo alcanzó Logroño y Mendavia en el tramo alto, y Tudela en el tramo medio.
- *28 de Febrero:* a primeras horas de la madrugada el caudal máximo de la avenida llegó a Novillas. Aguas arriba, los caudales eran claramente descendentes en toda la cuenca. Al final de la tarde, el valor máximo de la crecida del Ebro se situó próximo a la localidad de Remolinos.
- *1 de Marzo:* durante la madrugada el máximo de la crecida alcanzó Alagón, y al mediodía se situó cerca de Utebo.
- *2 de Marzo:* durante la madrugada el máximo de la crecida llegó a Zaragoza y, durante la tarde, a Pina de Ebro.
- *3 de Marzo:* a partir del mediodía el máximo de la crecida alcanzó el embalse de Mequinenza. Aguas abajo de la presa de Flix los caudales se mantuvieron próximos a 1800 m³/s hasta el día 9 de marzo, momento en el que volvió a reducirse hasta valores más normales.

Se presenta a continuación la tabla de caudales máximos registrados:



| Código o aforo | Nombre de la estación de aforo | Hmáx registrado (m) | Qmáx que se estimó en tiempo real (m³/s) | Qmáx corregido después de análisis (m³/s) | Fecha del máximo | Clasificación de la crecida | T estimado de Qmáx respecto a avenidas naturales (periodo de retorno en años) |
|----------------|--------------------------------|---------------------|--|---|------------------|-----------------------------|---|
| 9283 | Nela en Villarcayo | 3.59 | 160 | 160 | 26/02/2015 11:30 | extraordinaria | 2 - 5 |
| 9254 | Trueba en Medina de Pomar | 2.25 | 152 | 152 | 27/02/2015 03:15 | máx. ordinaria | 2.5 |
| 9092 | Nela en Trespaderne | 4.69 | 494 | 494 | 26/02/2015 20:15 | extraordinaria | 5 |
| 9166 | Jerea en Virués | 2.95 | 92 | 92 | 26/02/2015 10:15 | ordinaria | |
| 9188 | Omecillo en Berguenda | 1.72 | 52 | 52 | 25/02/2015 06:15 | ordinaria | |
| 9165 | Bayas en Miranda | 3.91 | 183 | 183 | 26/02/2015 14:00 | extraordinaria | 5 |
| 9315 | Zadorra en Mendivil | 3.17 | 60 | 60 | 25/02/2015 00:45 | ordinaria | |
| 9314 | Alegría en Vitoria | 2.88 | 45 | 45 | 25/02/2015 15:00 | extraordinaria | 2 - 5 |
| 9317 | Zadorra en Abetxuko | 4.65 | 118 | 118 | 25/02/2015 20:00 | ordinaria | |
| 9075 | Ayuda en Berantevilla | 2.05 | 58 | 58 | 25/02/2015 21:00 | máx. ordinaria | 2.5 |
| 9074 | Zadorra en Arce | 3.56 | 299 | 299 | 26/02/2015 11:45 | ordinaria | |
| 9070 | Urederra en Eraul | 4.20 | 98 | 98 | 26/02/2015 14:00 | extraordinaria | 5 |
| 9071 | Ega en Estella | 4.17 | 216 | 216 | 26/02/2015 02:30 | extraordinaria | 5 - 10 |
| 9003 | Ega en Andosilla | 4.03 | 253 | 253 | 26/02/2015 16:00 | extraordinaria | 5 |
| 9068 | Araquil en Asiaín | 4.70 | 474 | 474 | 25/02/2015 23:00 | extraordinaria | 2 - 5 |
| 9067 | Ulzama en Olave | 2.93 | 186 | 186 | 25/02/2015 18:45 | máx. ordinaria | 2.5 |
| 9152 | Arga en Eugui | 1.53 | 88 | 88 | 26/02/2015 02:30 | máx. ordinaria | 2.5 |
| 9159 | Arga en Huarte | 2.78 | 127 | 127 | 25/02/2015 21:00 | ordinaria | |
| 9313 | Arga en Burlada | 4.71 | 427 | 336 | 25/02/2015 22:00 | máx. ordinaria | 2.5 |
| 9270 | Elorz en Pamplona | 2.83 | 80 | 80 | 25/02/2015 18:30 | ordinaria | |
| 9069 | Arga en Etxauri | 5.85 | 957 | 923 | 26/02/2015 00:00 | extraordinaria | 5 |
| 9084 | Salado en Alloz | 1.35 | 27 | 27 | 27/02/2015 23:00 | ordinaria | |
| 9004 | Arga en Funes | 5.74 | 986 | 864 | 26/02/2015 19:30 | extraordinaria | 5 |
| 9277 | Irati en Aoiz | 0.86 | 37 | 37 | 25/02/2015 09:15 | ordinaria | |
| 9264 | Irati en Aos | 2.18 | 221 | 221 | 25/02/2015 19:15 | ordinaria | |
| 9064 | Salazar en Aspuz | 3.34 | 224 | 224 | 26/02/2015 01:45 | máx. ordinaria | 2.5 |
| 9065 | Irati en Liédena | 4.92 | 649 | 534 | 26/02/2015 04:00 | máx. ordinaria | 2.5 |
| 9063 | Esca en Sigües | 3.06 | 173 | 173 | 26/02/2015 01:45 | ordinaria | |
| 9062 | Veral en Biniés | - | - | - | - | - | - |
| 9061 | Subordán en Javierregay | 1.20 | 67 | 67 | 25/02/2015 23:30 | ordinaria | |
| 9018 | Aragón en Jaca | 1.18 | 33 | 33 | 26/02/2015 19:15 | ordinaria | |
| 9101 | Aragón en Yesa | 1.84 | 322 | 322 | 24/02/2015 20:15 | ordinaria | |
| 9005 | Aragón en Caparrosa | 4.17 | 741 | 741 | 26/02/2015 02:15 | máx. ordinaria | 2.5 |
| 9279 | Rudrón en Valdelateja | 1.31 | 44 | 44 | 24/02/2015 08:45 | ordinaria | |
| 9093 | Oca en Oña | 1.71 | 27 | 27 | 25/02/2015 09:00 | ordinaria | |
| 9189 | Oroncillo en Orón | 1.00 | 16 | 16 | 23/02/2015 22:30 | ordinaria | |
| 9281 | Tirón en Haro | 1.40 | 25 | 25 | 25/02/2015 05:00 | ordinaria | |
| 9038 | Najerilla en Torremontalbo | 1.30 | 39 | 39 | 27/02/2015 13:00 | ordinaria | |
| 9036 | Iregua en Islallana | 1.01 | 47 | 47 | 27/02/2015 06:00 | ordinaria | |

| | | | | | | | |
|------|---------------------------|------|------|------|------------------|----------------|--------|
| 9197 | Leza en Leza | 0.97 | 23 | 23 | 26/02/2015 12:45 | ordinaria | |
| 9253 | Cidacos en Arnedillo | 0.99 | 25 | 25 | 27/02/2015 14:15 | ordinaria | |
| 9026 | Ebro en Arroyo | 1.52 | 70 | 70 | 28/02/2015 21:00 | ordinaria | |
| 9161 | Ebro en Palazuelos | 8.48 | - | 700 | 26/02/2015 20:00 | máx. ordinaria | 2.5 |
| 9001 | Ebro en Miranda de Ebro | 5.07 | 707 | 767 | 27/02/2015 03:15 | máx. ordinaria | 2.5 |
| 9280 | Ebro en Logroño | 4.45 | 1128 | 1128 | 27/02/2015 06:30 | extraordinaria | 2 - 5 |
| 9120 | Ebro en Mendavia | 4.78 | 1064 | 1064 | 27/02/2015 13:15 | extraordinaria | 2 - 5 |
| | Confluencia Ebro y Aragón | - | - | 2650 | - | | |
| 9002 | Ebro en Castejón de Ebro | 7.78 | 2406 | 2691 | 27/02/2015 00:30 | extraordinaria | 5 - 10 |
| 9284 | Ebro en Tudela | 5.85 | - | 2581 | 27/02/2015 15:30 | extraordinaria | 5 - 10 |
| 9285 | Ebro en Novillas | 7.40 | - | - | 28/02/2015 00:30 | extraordinaria | 5 - 10 |
| 9286 | Ebro en Alagón | 7.90 | - | - | 01/03/2015 04:45 | extraordinaria | 5 - 10 |
| 9311 | Ebro en Zaragoza (A-2) | 9.00 | - | 2500 | 02/03/2015 02:00 | extraordinaria | 5 - 10 |
| 9011 | Ebro en Zaragoza | 6.10 | 2610 | 2448 | 02/03/2015 03:00 | extraordinaria | 5 - 10 |
| 9163 | Ebro en Ascó | 5.38 | 1915 | 1855 | 04/03/2015 20:15 | ordinaria | |
| 9027 | Ebro en Tortosa | 5.48 | 1787 | 1787 | 05/03/2015 07:45 | ordinaria | |

Tabla de niveles y caudales máximos en estaciones de aforo en este episodio y periodo de recurrencia asociado.

Los datos presentados en la tabla son datos registrados por las estaciones de aforo de la Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA), que son los ofrecidos por el SAIH en tiempo real, salvo uno, el dato de caudal estimado en la confluencia de los ríos Ebro y Aragón, localizada 10 km aguas arriba del aforo de Castejón. Se ha añadido este punto de estimación por la relevancia que tiene para todo el tramo medio del Ebro, ya que el Aragón (al que ya se ha sumado el Arga) aporta, habitualmente, caudales incluso superiores a los del propio Ebro.

Para la estimación de los periodos de retorno (T) asociados a los caudales máximos que figuran en la tabla, se han tomado en general, como referencia, los caudales característicos estimados por el SNCZI (Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables) en el Mapa de Caudales Máximos (CAUMAX) elaborado por el CEDEX. Hay que tener en cuenta que las referencias se establecen para caudales de avenida restituidos al régimen natural, es decir, los caudales máximos anuales utilizados para elaborar la estadística, han sido previamente calculados en régimen natural, admitiendo un 20% de laminación como máximo en los datos foronómicos que constituyen la base del CAUMAX. Por tanto, si a un caudal, en una estación, se le asigna un periodo de retorno de 5 años, significa que, en promedio, cada 5 años, en ese punto del río, considerando su cuenca vertiente **en régimen natural (eliminando sus embalses)**, se registraría una avenida con un caudal igual o superior a ese caudal.

Los datos de caudal no se miden directamente, sino que se calculan a partir del nivel observado, utilizando una tabla de gasto (altura-caudal). Esta tabla se va ajustando, con el paso de los años, para adaptarse a los cambios naturales de la sección del río. En la tabla, los caudales estimados en tiempo real son los que se presentaron en la página web durante el episodio y, a priori, eran los mejores que podían ofrecerse en ese momento. Es bastante habitual que, durante un evento de avenida importante, se altere la morfología del cauce y sea necesario reajustar la tabla. Una vez terminado el episodio, los técnicos de la CHE analizan los hidrogramas de avenida estableciendo

balances con los de los aforos situados aguas arriba y aguas abajo, comparando los volúmenes circulantes, contrastando los caudales estimados con los caudales obtenidos por aforos directos, evaluando otros datos complementarios (pluviometría, vertidos de embalses, caudales turbinados en centrales hidroeléctricas, etc.). Estos análisis sirven para reajustar las tablas de gasto vigentes durante el evento y corregir con ello el dato de caudal ofrecido en tiempo real (ver datos corregidos en la tabla). Aún así, los datos corregidos son susceptibles de poder ser modificados en el futuro si se considera justificado a la luz de nuevos estudios. En la siguiente tabla se exponen los motivos que justifican la corrección del caudal circulante.

| Código de la estación de aforo | Nombre de la estación de aforo | Hmáx registrado (m) | Qmáx que se estimó en tiempo real (m³/s) | Qmáx corregido después de análisis (m³/s) | Comentarios |
|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|--|---|---|
| 9313 | Arga en Burlada | 4.71 | 427 | 336 | Tabla de gasto ajustada en el tramo alto con aforos directos realizados durante el episodio |
| 9069 | Arga en Etxauri | 5.85 | 957 | 923 | Tabla de gasto ajustada en el tramo alto con aforos directos realizados durante el episodio |
| 9004 | Arga en Funes | 5.74 | 986 | 864 | Tabla de gasto ajustada en el tramo alto con aforos directos realizados durante el episodio |
| 9065 | Irati en Liédena | 4.92 | 649 | 534 | Tabla de gasto ajustada en el tramo alto con aforos directos realizados durante el episodio |
| 9161 | Ebro en Palazuelos | 8.48 | - | 700 | El caudal se ha estimado sobre la base de otros datos complementarios |
| 9001 | Ebro en Miranda de Ebro | 5.07 | 707 | 767 | El caudal se ha estimado sobre la base de aforos directos realizados durante el episodio y los datos aportados por los embalses de Sobrón y Cabriana |
| | Confluencia Ebro y Aragón | - | - | 2650 | El caudal se estima sumando las aportaciones del Ebro, el Ega, el Arga, el Aragón, el Cidacos y el Alhama |
| 9002 | Ebro en Castejón de Ebro | 7.78 | 2406 | 2691 | Tabla de gasto modificada con aforos directos realizados durante el episodio y los balances con los aforos situados aguas arriba y aguas abajo |
| 9284 | Ebro en Tudela | 5.85 | - | 2581 | Tabla de gasto ajustada en el tramo alto, pasado el episodio, con aforos directos realizados durante la avenida |
| 9311 | Ebro en Zaragoza (A-2) | 9.00 | - | 2500 | La estación no pudo ofrecer datos en tiempo real por verse afectada la comunicación por el desbordamiento del propio Ebro. Los datos sí que pudieron recuperarse pasado el episodio |
| 9011 | Ebro en Zaragoza | 6.10 | 2610 | 2448 | Tabla de gasto ajustada en el tramo alto con aforos directos realizados durante el episodio |
| 9163 | Ebro en Ascó | 5.38 | 1915 | 1855 | Tabla de gasto ajustada en el tramo alto con aforos directos realizados durante el episodio |

Tabla con los motivos por los que se ha corregido el caudal estimado en tiempo real

Por considerar que tiene un interés particular, se presenta a continuación una descripción específica detallada de la avenida en el tramo del Ebro comprendido entre la confluencia del Ebro y del Aragón, y el embalse de Mequinenza.

3.2 Descripción de la avenida en el tramo del Ebro Alfaro-Mequinenza.

El tramo del Ebro que va desde la confluencia de los ríos Ebro y Aragón en la localidad de Alfaro, hasta el embalse de Mequinenza, experimenta desbordamientos del río, más allá de las motas que lo confinan, para caudales que fluctúan, en líneas generales, entre 1500 y 2200 m³/s, en función del tramo. Esto supone que el caudal máximo que se estima en Alfaro (sumando los hidrogramas de los afluentes que confluyen aguas arriba de este punto), suele reducirse (laminarse) conforme el agua fluye hacia los aforos de Castejón, Tudela y Zaragoza, que son los lugares donde puede hacerse una estimación del caudal circulante. El problema más importante que existe para la estimación de caudales en el eje del Ebro es que, además de la gran anchura del río (dificulta enormemente la estimación de velocidades), los desbordamientos por la llanura de inundación generan almacenamientos de agua temporales y flujos paralelos al río por las propias márgenes, que pueden llegar a circundar la sección de control que constituye la estación de aforos. En estos casos, el nivel registrado en el aforo, y el caudal que se puede estimar a partir de ese nivel, no reflejan el caudal total (aunque sí la mayor parte) que atraviesa esa sección transversal de río, sino sólo lo que circula por el cauce entre motas. En este episodio, este problema de medición sólo parcial del flujo, no ocurrió en los aforos de Tudela o Zaragoza, donde la totalidad del flujo circuló por la sección de control, pero sí que se manifestó en la estación de Castejón.

Actualmente, aguas arriba del aforo 9002 de Castejón, se producen desbordamientos que anegan una extensión que puede llegar a ser de hasta 900 Ha y que puede almacenar fácilmente de 5 a 10 Hm³ de agua, o incluso más si se tiene en cuenta la capacidad de infiltración hasta el nivel freático. Este desbordamiento por encima de la mota de la margen izquierda, aguas arriba del aforo (ver figura), comienza a producirse para caudales de en torno a 1900 m³/s y, cuando el área inundada alberga un volumen determinado, al mismo tiempo que se sigue inundando este área, se establece un retorno de caudal desde la llanura de inundación, hacia el río, aguas abajo del aforo. De esta manera, cuando el área está suficientemente llena, se establece un flujo secundario por la margen izquierda que circunda la estación 9002 y que no la atraviesa. El caudal de este flujo circundante es variable y depende de varios factores: del hidrograma que llega a Castejón, del tiempo que el caudal supera los citados 1900 m³/s, del volumen de agua que haya almacenada en el área embalsada y del estado de la mota rebasada. El caudal del bypass es, por tanto, variable a lo largo del episodio. Hay ocasiones en las que se produce el desbordamiento, pero si el agua embalsada en la margen, no alcanza un determinado volumen, no llega a establecerse el citado bypass. En otras ocasiones, si la avenida es importante, se estima que este caudal secundario puede alcanzar hasta varios cientos de m³/s. Su determinación es muy compleja, ya que no puede ser medido en campo. Para añadir aún más incertidumbre, en este episodio sucedió que la mota situada en la margen izquierda, inmediatamente aguas arriba del aforo, se encontraba rota desde la avenida que tuvo lugar a finales de enero. Por culpa de la rotura, el desbordamiento de la mota, en esta ocasión, se estima que comenzó con caudales del Ebro de unos 1300 m³/s, lo que llenó rápidamente la llanura de inundación de la margen izquierda y aceleró el establecimiento del bypass. Se ha estimado, por modelización bidimensional, que el caudal que rodeó la estación de aforo, en este episodio, pudo alcanzar los 300 m³/s.

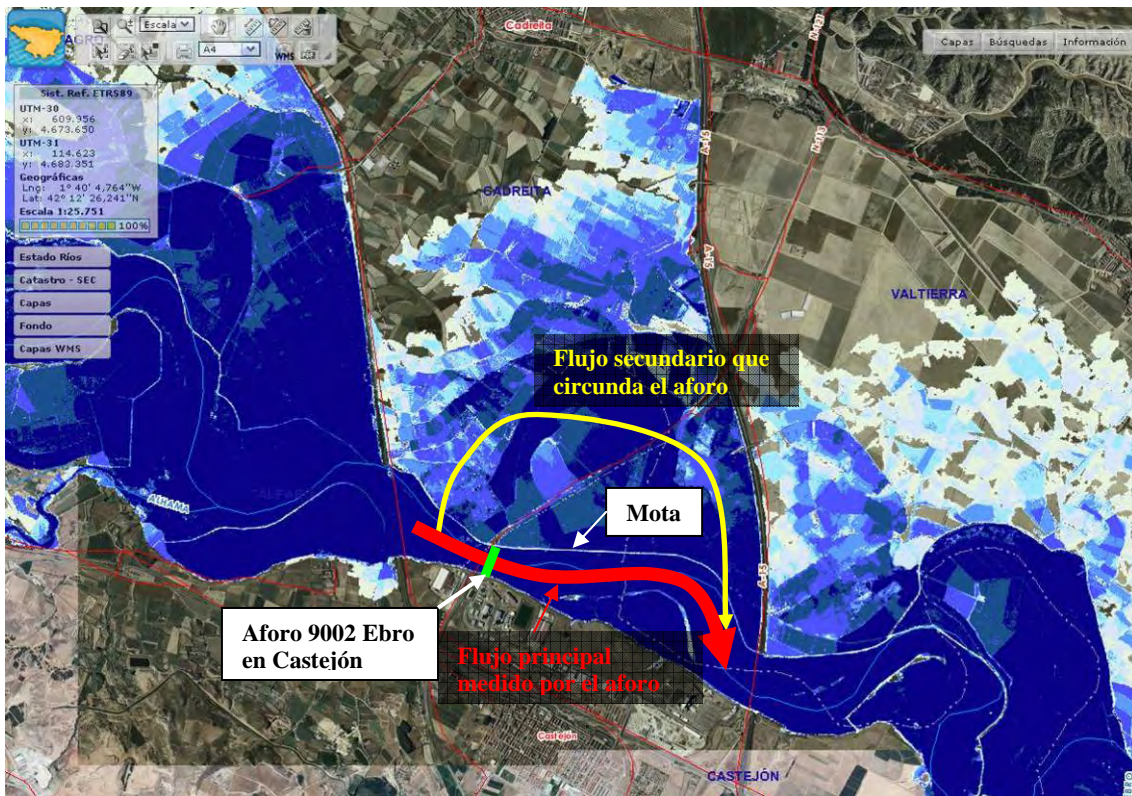
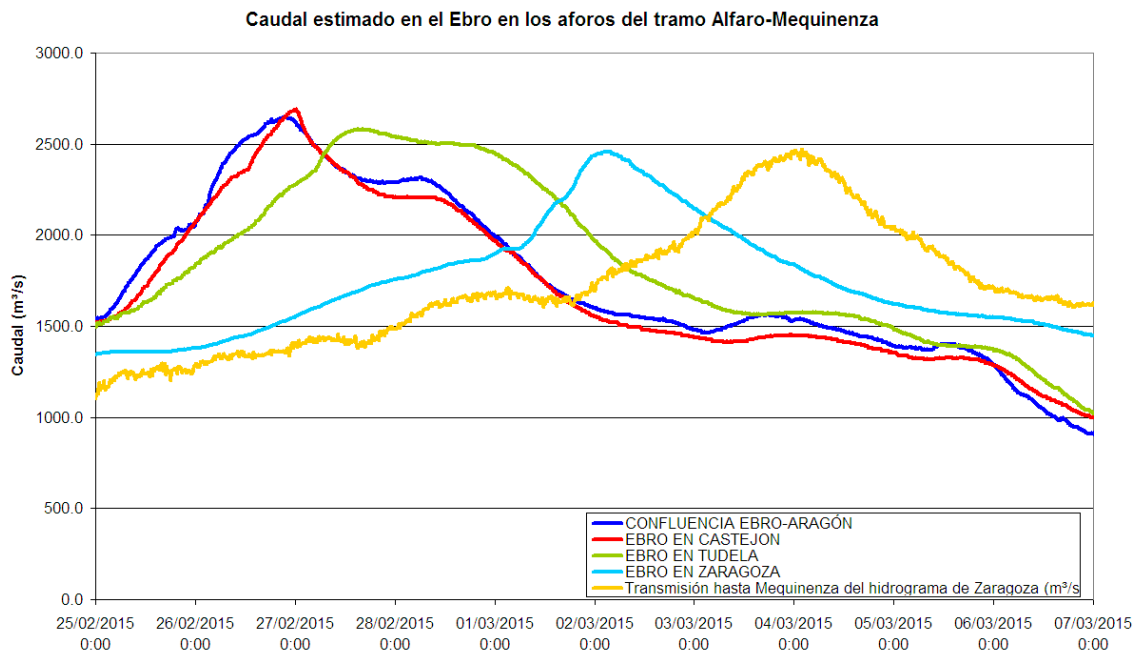


Imagen que refleja la problemática particular de la estación de aforos 9002 Ebro en Castejón

El proceso de desbordamiento descrito para el tramo de río donde se sitúa el aforo de Castejón, se repite, para avenidas próximas a la máxima ordinaria, o superiores, en la mayor parte del tramo Alfaro-Mequinenza. Este proceso es el principal causante de la laminación natural del caudal punta que se produce en el tramo medio del Ebro. Una idea que es muy importante resaltar, es que la intensidad de la laminación del caudal punta, en el tránsito desde Alfaro hasta Mequinenza, no sólo depende del caudal máximo de la avenida, sino también, en gran medida, de la anchura del hidrograma en Alfaro, o lo que es lo mismo, de la duración de la avenida. Para avenidas de hidrograma estrecho (de poca duración), como fue la de finales de enero de este año con apenas 36 horas con caudal superior a 2000 m³/s, la laminación suele ser importante (más de 700 m³/s entre Alfaro y Zaragoza en ese episodio). Sin embargo, para avenidas de hidrograma más ancho, como la analizada en este episodio, con 72 horas de caudal superior a 2000 m³/s, la laminación del caudal punta es menor, e incluso puede prácticamente no producirse. De hecho, en este episodio, la laminación del caudal punta entre Alfaro y Zaragoza, apenas alcanzó los 200 m³/s.

En el siguiente gráfico se muestran compuestos los hidrogramas de caudal estimados en las localidades de Alfaro, Castejón, Tudela, Zaragoza y en el embalse de Mequinenza. En él puede apreciarse la escasa laminación del caudal máximo circulante en este episodio.



Hidrogramas del Ebro estimados en Alfaro (confluencia Ebro-Aragón), en las estaciones de aforo de Castejón, Tudela, Zaragoza y en la entrada al embalse de Mequinzenza después de restarle las aportaciones del Huerva, el Gállego, el Aguas Vivas, el Martín, el Cinca, el Segre y el Guadalope.

De todo lo expuesto, se deduce que la estación de aforos 9002 Ebro en Castejón funciona correctamente para crecidas de caudal inferior a unos 2000 m³/s y unos 7,00m de altura. Para crecidas mayores, el desbordamiento aguas arriba de la mota dificulta la estimación de los caudales circulantes por este tramo, ya que genera alteraciones en los niveles medidos que no se corresponden con el caudal real que baja por el río. La situación se agrava si se produce la rotura parcial de la mota de la margen izquierda aguas arriba de la estación, hecho bastante habitual en avenidas grandes. Los errores que pueden cometerse en la estimación del caudal circulante pueden ser de varios cientos de m³/s (lo que supone un 10% en el caudal total si este se halla sobre los 2.500 m³/s).

Dada la importancia que tiene estimar el caudal en este tramo del río lo mejor posible, para poder evaluar la magnitud de las posibles afecciones aguas abajo, se va a completar el dato de Castejón con otros dos aforos complementarios.

Por un lado, durante los últimos episodios, ha sido posible definir una nueva tabla de gasto para la estación de aforos 9284 Ebro en Tudela, por lo que, a partir de ahora, se podrá hacer el seguimiento del caudal circulante por esta estación de aforos, situada 22 km aguas abajo de Castejón. Por otro lado, se va a dar de alta en el SAIH una estación “virtual” en el Ebro, a la altura de la localidad de Alfaro (confluencia Ebro-Aragón), unos 8 km aguas arriba de Castejón, donde se estimará el caudal haciendo una composición de los caudales aportados por el Arga, el Ega, el Aragón, el Cidacos, el Alhama y el propio Ebro (a la altura de Mendavia), teniendo en cuenta el correspondiente tránsito de cada uno de ellos hasta Alfaro, lugar donde confluyen el Ebro, el Aragón y el Alhama.

Con estos tres datos, se conseguirá reducir la incertidumbre asociada al caudal circulante por este tramo del Ebro.

4. GESTIÓN DE LA AVENIDA.

El seguimiento y gestión de las crecidas lo realiza el organismo de cuenca mediante cuatro tipos de medidas principales: la gestión de embalses, los avisos (faxes, notas de prensa, etc.), las obras de emergencia y la toma de datos en campo (aforos, vigilancia y fotografía) para el apoyo de las anteriores. Las principales herramientas de gestión empleadas son el SAIH y el SAD.

4.1 Gestión de embalses.

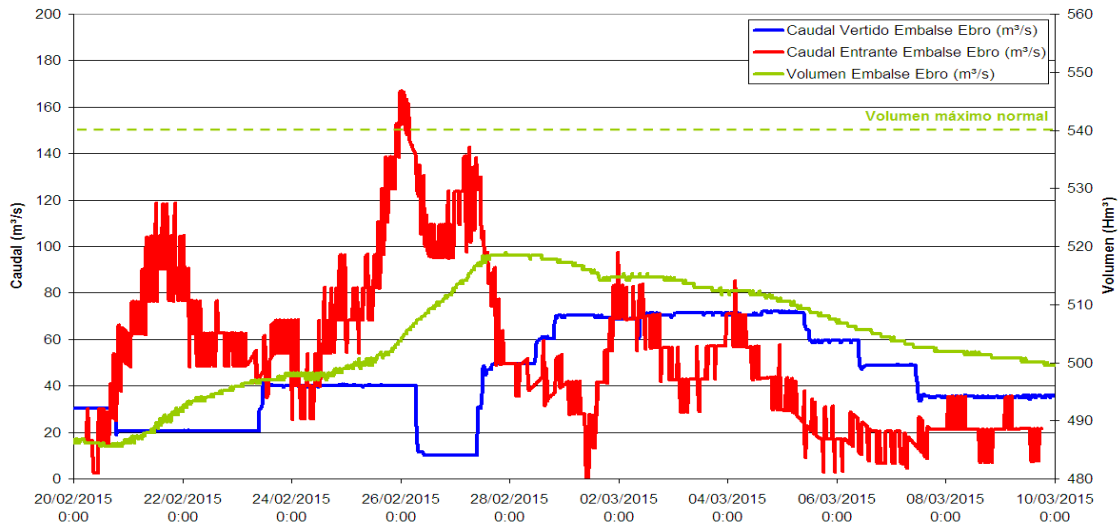
La situación de los embalses al comienzo de este episodio de lluvias era variable, con porcentajes de llenado que fluctuaban entre el 70 y el 95% en los embalses afectados por las lluvias. Los embalses que se vieron implicados de forma importante en este episodio de avenida fueron el Ebro (en el Ebro), Sobrón (en el Ebro), Ullívarri (en el Zadorra), Urrúnaga (en el Santa Engracia (afluente del Zadorra)), Eugui (en el Arga), Alloz (en el Salado (afluente del Arga)), Itoiz (en el Irati), Yesa (en el Aragón) y el sistema Mequinzenza-Ribarroja-Flix (en el Ebro).

Las primeras maniobras de vertido, de carácter preventivo, comenzaron el día 23 de febrero a las 09:00h, en el embalse del Ebro y, a lo largo del mismo día, se fueron acometiendo en los embalses de Ullívarri, Yesa y en el sistema Mequinzenza-Ribarroja-Flix, cuando todavía no se había siquiera iniciado el episodio de lluvias (hay que recordar que durante el día 25 se registraron las precipitaciones más importantes). Estas maniobras estuvieron fundamentadas en las previsiones de avenida realizadas el día 23, y los días anteriores, por el SAD. Las maniobras consistieron en incrementar los vertidos de los citados embalses, antes de que llegase a ellos el máximo de la avenida, con la finalidad de ir vaciándolos parcialmente y aumentar así el volumen de resguardo disponible (o al menos mantenerlo, durante la primera parte del episodio, para disponer de él en el momento adecuado). De esta manera, la mayor parte de ellos, cuando llegó el máximo de la avenida, fueron capaces de laminarla vertiendo, en el momento oportuno, un caudal muy inferior al caudal entrante.

Se describe a continuación la gestión llevada a cabo en los embalses más afectados por este episodio.

En el embalse del Ebro, su gestión se centró en tratar de disminuir los caudales máximos, tanto en la población de Miranda de Ebro (contribuyó reduciendo el caudal máximo en 100 m³/s), como en todo el tramo del Ebro comprendido entre la presa del Ebro y la confluencia con el Nela (en función del lugar se redujo el caudal máximo del río Ebro entre 90 y 120 m³/s), ya que en este tramo fluvial se estimó que varias poblaciones iban a estar al límite de sufrir afecciones graves.

MANIOBRAS EMBALSE DEL EBRO

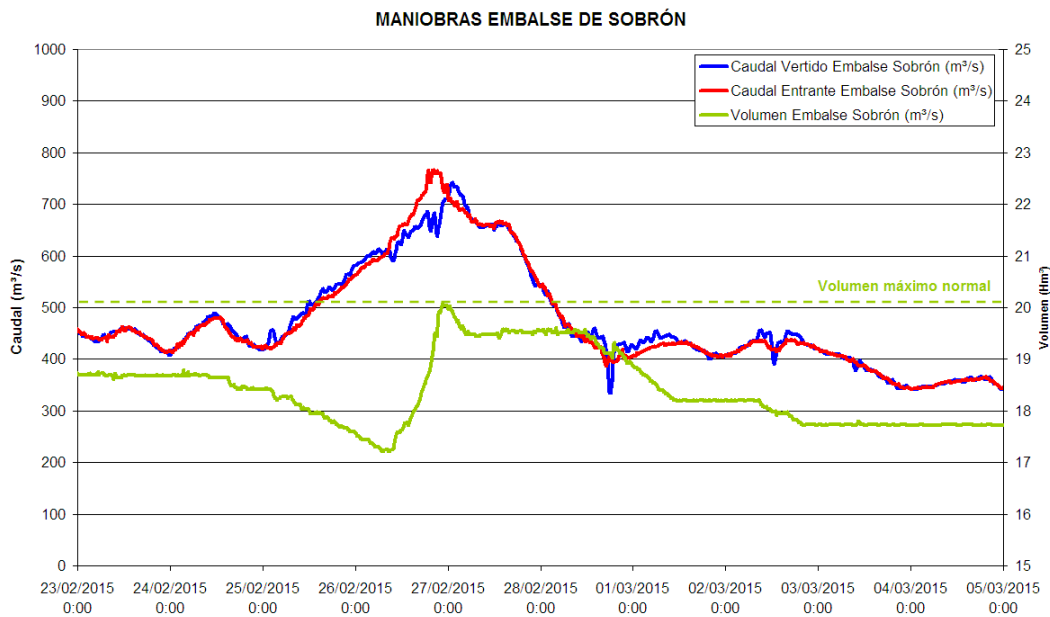


Maniobras realizadas por el embalse del Ebro durante este episodio

En el caso de Sobrón, la gestión de este embalse merece una mención especial, por lo excepcional de la misma. Sobrón es un embalse situado aguas arriba de Miranda de Ebro, gestionado por IBERDROLA en situación normal (y por la CHE en situación de avenida) y que, normalmente, no se utiliza para laminar avenidas debido a que sólo dispone de 3 Hm³ de volumen utilizables para este fin. Esta capacidad es casi insignificante frente a los 200 Hm³ que circularon por el aforo de Miranda los días 25, 26, 27 y 28 de febrero. En este episodio, el caudal que estaba previsto en el Ebro en Miranda, se estimó que iba a superar por poco el umbral de desbordamiento del casco urbano de la población. Concretamente, este umbral de desbordamiento se sitúa aproximadamente en 4,85m (en la escala de la estación de aforos) y, en este evento, el nivel esperado era de unos 5,50m.

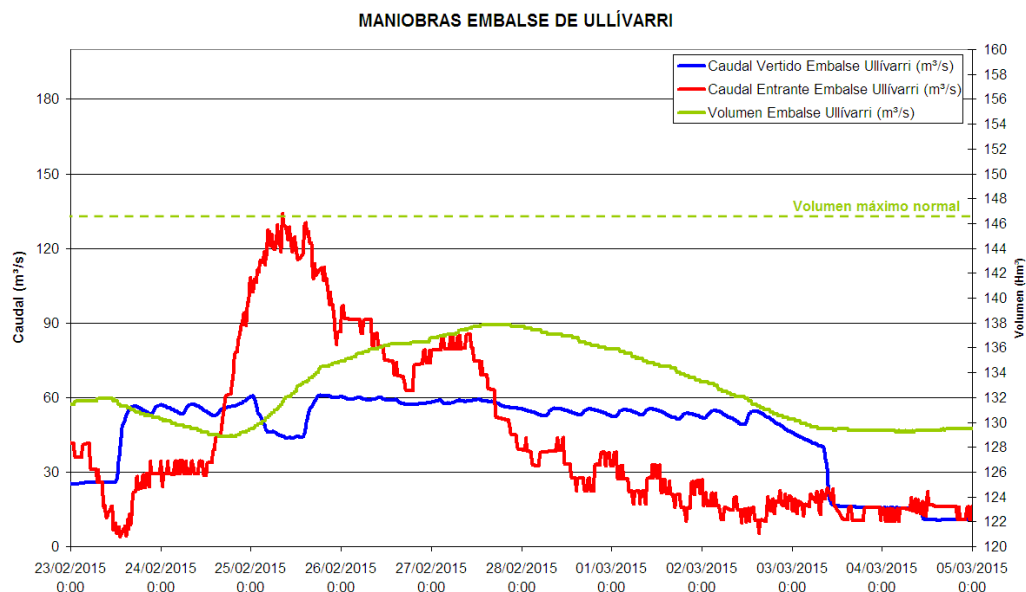
Por este motivo, se decidió utilizar los 3 Hm³ disponibles para reducir el caudal máximo circulante en unos 50-60 m³/s, durante el tiempo previsto que se mantendrían los caudales con riesgo de desbordamiento (unas 15 horas), intentando reducir las afecciones a la población. Con esta maniobra se consiguió que el nivel máximo en el aforo fuese de 5,07m, 30cm inferior al que habría tenido lugar si el embalse de Sobrón no hubiese existido. Hay que señalar que esta maniobra, que resultó muy beneficiosa en este episodio, habría servido de poco en una avenida mayor (como por ejemplo la que aconteció el 30 de enero con 6,95m de altura), ya que rebajar unos centímetros la lámina de agua en el aforo, no habría evitado inundaciones graves en el casco urbano. Si se tiene en cuenta el efecto conjunto de los embalses del Ebro y de Sobrón, se estima que el caudal laminado fue de unos 130 m³/s, lo que supuso un descenso del nivel de la lámina de agua en Miranda de Ebro de aproximadamente 1 metro.

En este evento, no se apreció la interferencia de la confluencia de los ríos Bayas y Zadorra en la sobre elevación del nivel del río Ebro, ya que los caudales de estos primeros eran muy inferiores a los del episodio del mes anterior



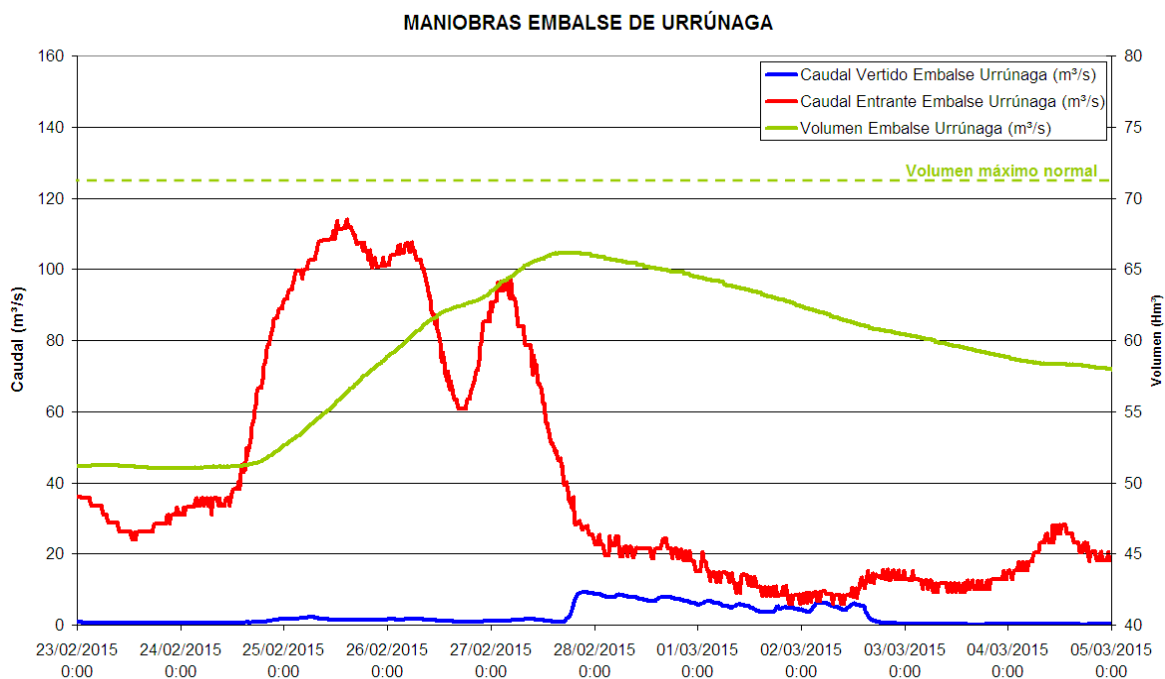
Maniobras realizadas por el embalse de Sobrón durante este episodio

La presa de Ullívarri el día 23 de febrero, a las 13:00h, comenzó también un vertido preventivo de casi 60 m³/s con el fin de incrementar el volumen de resguardo (aumentó, en 3 Hm³ más, el ya disponible). El día 25 a la 01:00h, cuando se acercaba el máximo de la crecida (ver figura), el caudal vertido se redujo a 45 m³/s, y a las 18:45h del mismo día 25, una vez pasado el máximo, volvió a verterse 60 m³/s para impedir que el embalse alcanzase el volumen máximo normal, situación en la que el caudal vertido ha de igualarse al caudal entrante. Todas estas maniobras se hicieron al margen del Protocolo de Gestión de los Embalses del Zadorra, por decisión del Comité Permanente de la CHE, ya que este Comité entendió que, de esta manera, se evitarían desbordamientos importantes en el tramo del Zadorra comprendido entre el embalse de Ullívarri y la población de Vitoria, sin que por ello se viese comprometida, en ningún momento, la seguridad de la presa.



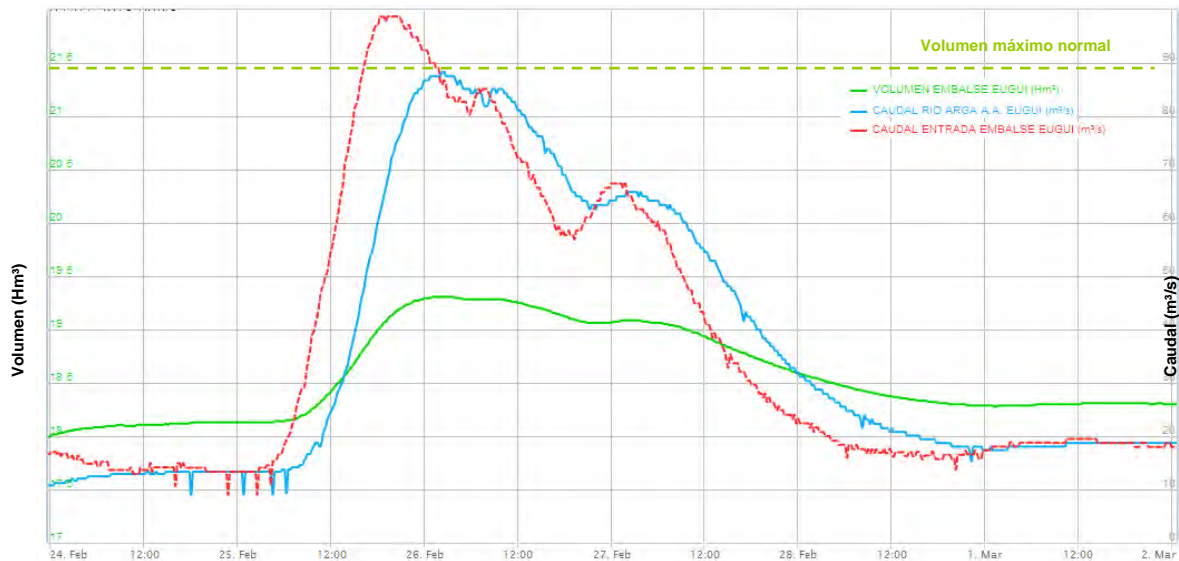
Maniobras realizadas por el embalse de Ullívarri durante este episodio

La presa de Urrúnaga afrontó el episodio con un margen de maniobra mayor que la de Ullívarri, como consecuencia de la turbinación habitual de caudales desde la central de Barazar hacia la cuenca del norte. Durante el desarrollo de la avenida fue posible mantener una turbinación constante de 30 m³/s desde la citada central (caudal no vertido a la cuenca del Ebro), lo que permitió reducir la necesidad de aliviar otros caudales hacia el río Santa Engracia, afluente del Zadorra. De esta manera, el caudal vertido a la cuenca del Ebro se mantuvo en 1 m³/s hasta el día 27 a las 19:00h y, una vez pasada la crecida, el vertido se aumentó hasta 9 m³/s para recuperar los resguardos programados. La gestión conjunta de las presas de Ullívarri y Urrúnaga permitió reducir el caudal circulante por Vitoria de 310 m³/s a 131 m³/s (180 m³/s laminados), mientras que el caudal laminado con respecto al Ebro en Castejón fue de aproximadamente 130 m³/s.



Maniobras realizadas por el embalse de Urrúnaga durante este episodio

En el caso de Eugui, este embalse tiene muy poco margen para poder laminar caudales de entrada importantes debido a su tamaño reducido por lo que, en riadas grandes, se limita prácticamente a verter caudales similares a las aportaciones entrantes (con una ligera laminación en el aliviadero de la presa). Desde el punto de vista hidráulico, en episodios importantes, se convierte en un embalse prácticamente “transparente” y su cuenca se comporta como si estuviera en régimen natural (como si no existiese el embalse).



Maniobras realizadas por el embalse de Eugui durante este episodio

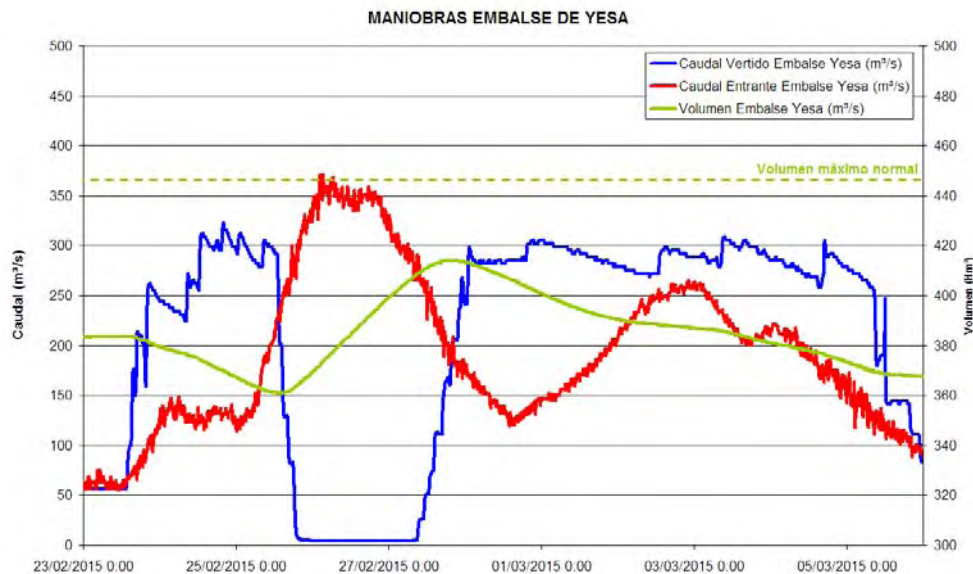
El embalse de Itoiz pudo absorber los caudales entrantes sin necesidad de realizar vertidos excepcionales. Al mediodía del 2 de marzo, una vez pasados los valores máximos de caudal (picos) en los afluentes de aguas abajo, incrementó los vertidos para poder volver a recuperar el volumen de resguardo programado para la época del año. La gestión de Itoiz permitió laminar los caudales circulantes aguas abajo de la presa en más de 400 m³/s.



Maniobras realizadas por el embalse de Itoiz durante este episodio

El día 23 de febrero a las 14:00h se procedió a realizar un vertido controlado preventivo en el embalse de Yesa de 200 m³/s, en atención a las previsiones meteorológicas esperadas para los días siguientes. El día 24 a las 13:00h el vertido se incrementó hasta 300 m³/s. Con ello, se logró aumentar el volumen de resguardo, previo a la inminente avenida, de 63 a 85 Hm³. El día 25 a las 13:00h comenzaron a reducirse, de forma progresiva, los caudales aliviados desde Yesa, de manera que a las 21:00h, 8 horas antes de la llegada del caudal máximo, éstos eran de tan sólo 5 m³/s. El día 27, una vez que se calculó que los caudales vertidos ya no representaban un incremento en el caudal punta de Castejón, se procedió a incrementar de nuevo el caudal aliviado, con

objeto de mantener el volumen de resguardo, que podía resultar necesario en el caso de que se acelerase la fusión de la nieve almacenada en la cuenca vertiente a Yesa en cotas bajas, como consecuencia del incremento de las temperaturas y de las lluvias esperadas para los días 28 de febrero y 1 de marzo, tal y como ocurrió los días 1 y 2 de marzo. Con las maniobras conjuntas de los embalses de Yesa e Itoiz se estima que el caudal máximo del Ebro en Castejón consiguió reducirse en aproximadamente 750 m³/s. Por su parte, en el Aragón en Sangüesa, el caudal circulante se redujo de unos 1300 m³/s a 540 m³/s.



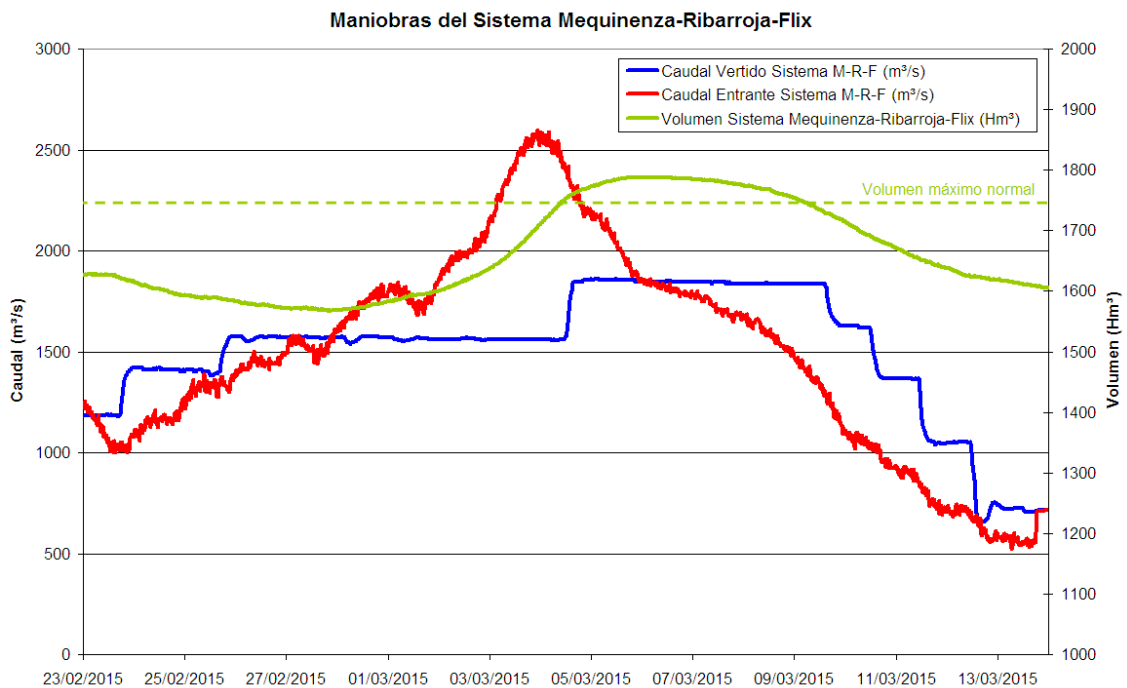
Maniobras realizadas por el embalse de Yesa durante este episodio

Por su parte, en el río Salado, afluente del Arga, la gestión del embalse de Alloz redujo los caudales circulantes aguas abajo de la presa a menos de la mitad.



Maniobras realizadas por el embalse de Alloz durante este episodio

Para finalizar con el repaso de la gestión de los embalses más afectados por la avenida se describe ahora la gestión llevada a cabo en el sistema Mequinenza-Ribarroja-Flix. En concreto, el día 23 de febrero a las 18:00h se incrementaron los vertidos del sistema de 1180 a 1420 m³/s. El día 25 a las 18:00h volvió a aumentarse hasta los 1575 m³/s. Con estas maniobras preventivas se amplió el volumen de resguardo de la presa de 120 a 180 Hm³. Posteriormente, y tras comprobar con la ayuda del CECAT, que los vertidos que se estaban realizando, no estaban causando afecciones significativas, el día 4 de marzo a las 12:00h se volvieron a incrementar los vertidos hasta 1850 m³/s. Este caudal se consideró que era el caudal límite antes de comenzar a sufrir desbordamientos más importantes en el tramo bajo del Ebro. Esta maniobra del día 4 fue necesario acometerla cuando se comprobó que las aportaciones al sistema estaban siendo algo superiores a las que cabía esperar a priori. Hay que señalar que el Comité Permanente de la CHE decidió superar el volumen máximo normal de la presa de Mequinenza de 1534 Hm³ (121 msnm), hasta un volumen máximo observado de 1576,5 Hm³ (121,55 msnm). Esta maniobra, aunque es poco habitual, está contemplada dentro de las normas de explotación de la presa cuando se gestiona una avenida de carácter extraordinario. Gracias a ella, no fue necesario aumentar el caudal vertido al tramo bajo del Ebro, lo que habría significado afecciones de mayor calado. El caudal entrante máximo al sistema de los tres embalses fue de unos 2550 m³/s, por lo que la gestión de los mismos redujo el caudal en el tramo final del Ebro en unos 700 m³/s. Sin embargo, si se tiene en cuenta la gestión conjunta de todas las presas de la cuenca del Ebro, se estima que el caudal que se habría registrado en el tramo bajo del Ebro, en régimen natural, habría sido de unos 3300 m³/s, por lo que la laminación total llevada a cabo por todas las presas, se estima de unos 1500 m³/s.



Maniobras realizadas por el sistema de embalses Mequinenza-Ribarroja-Flix durante este episodio

Se presenta a continuación la tabla resumen con los datos más relevantes de los embalses implicados en este evento:

| Embalse | Volumen al comienzo del episodio (Hm ³) y % | Volumen máximo alcanzado (Hm ³) y % | Caudal máximo de entrada (m ³ /s) | Caudal máximo vertido (m ³ /s) | Caudal vertido en el momento que entraba el caudal máximo (m ³ /s) | Caudal laminado a pie de presa (m ³ /s) | Caudal laminado de forma efectiva sobre Castejón (m ³ /s) |
|-----------------------------------|---|---|--|---|---|--|--|
| Ebro | 495,8 (91,8%) | 519,0 (96,1%) | 165 | 70 | 40 | 95 | 10 |
| Sobrón | 18,7 (93,5%) | 20,1 (100%) | 770 | 740 | 710 | 30 | 0 |
| Ullívarri | 131,4 (89,7%) | 137,8 (94,1%) | 130 | 60 | 45 | 70 | 40 |
| Urrúnaga | 51,2 (71,0%) | 66,1 (91,8%) | 110 | 9 | 1 | 101 | 90 |
| Eugui | 17,8 (83,4%) | 19,3 (90,2%) | 100 | 88 | 79 | 12 | 0 |
| Alloz | 53,9 (81,1%) | 60,6 (91,2%) | 60 | 27 | 19 | 41 | 30 |
| Itoiz | 299,1 (71,7%) | 391,6 (93,8%) | 480 | 35 | 3 | 445 | 400 |
| Yesa | 383,5 (85,8%) | 414,1 (92,7%) | 370 | 320 | 5 | 50 | 350 |
| Sistema Mequinzena-Ribarroja-Flix | 1628,2 (93,2%) | 1787,5 (102,2%) | 2550 | 1855 | 1560 | 700 | - |
| TOTAL | | | | | | | 920 |

Tabla resumen de la gestión de los principales embalses implicados en el episodio

El caudal registrado en una sección fluvial es consecuencia de las aportaciones naturales de la cuenca vertiente y de la laminación (reducción) que se puede producir tanto por la gestión de los embalses aguas arriba como por la debida al propio tránsito de una onda de crecida por un cauce (laminación o atenuación natural).

Se presenta a continuación una tabla en la que se refleja el efecto laminador de las presas, en este episodio, en una selección de puntos significativos de la red hidrográfica.

| Población | Caudal real estimado en el evento (m ³ /s) | Caudal que habría circulado en régimen natural (sin embalses) (m ³ /s) | Afecciones registradas | Afecciones que se habrían producido sin embalses |
|--------------------------------|---|---|--|--|
| Ebro en Miranda de Ebro | 767 | 900 | Inundaciones leves en el casco urbano y en otras zonas residenciales y agrícolas próximas al mismo | Inundaciones graves en el casco urbano y en otras zonas residenciales y agrícolas próximas al mismo |
| Zadorra en Vitoria | 131 | 310 | Desbordamientos puntuales de poca gravedad en áreas agrícolas y parques | Inundaciones muy graves en el casco urbano, en los polígonos industriales y en otras zonas residenciales y agrícolas próximas al núcleo urbano |
| Ebro en Logroño | 1128 | 1400 | Inundación de zonas agrícolas próximas. | Posibles afecciones leves al núcleo urbano y a los polígonos industriales y cierre del aeropuerto de Agoncillo. Mayor extensión de la zona agrícola inundada. |
| Arga en Funes | 864 | 900 | Inundación de áreas agrícolas en zonas concretas del tramo Etxauri-Funes | Muy similares a las afecciones registradas |
| Aragón en Sangüesa | 540 | 1300 | Sin afecciones reseñables | Inundaciones graves en el casco urbano, en los polígonos industriales y en otras zonas residenciales y agrícolas próximas a la población |
| Aragón en Caparros | 741 | 1500 | Sin afecciones reseñables | Inundaciones graves en cascos urbanos y en otras zonas residenciales y agrícolas en el tramo Sangüesa-Milagro |
| Ebro en Castejón | 2691 | 3600 | Inundaciones leves en algunos cascos urbanos y graves de áreas agrícolas en el tramo Alfaro-Gallur | Inundaciones muy graves en cascos urbanos, polígonos industriales y en otras zonas residenciales y agrícolas de todo el tramo Alfaro-Gallur |
| Ebro en Zaragoza | 2448 | 3300 | Inundaciones leves en algunos cascos urbanos y graves de áreas agrícolas en el tramo Gallur-Caspe | Inundaciones muy graves en cascos urbanos, polígonos industriales y en otras zonas residenciales y agrícolas de todo el tramo Gallur-Caspe, incluida la ciudad de Zaragoza |
| Ebro en Tortosa | 1808 | 3300 | Sin afecciones reseñables | Inundaciones muy graves en cascos urbanos, polígonos industriales y en otras zonas residenciales y agrícolas de todo el tramo Flix-Amposta, incluida la ciudad de Tortosa |

Tabla resumen del efecto de la laminación de los embalses sobre puntos relevantes de la cuenca.

Hay que destacar el efecto laminador de la gestión de las presas respecto a lo que habrían significado los caudales en régimen natural. Si se hace un análisis estadístico, la laminación de caudales supuso una reducción significativa del periodo de retorno de los caudales de avenida. Los periodos de retorno que se citan a continuación están referidos, en todos los casos, a avenidas en régimen natural, es decir, como si en la cuenca del Ebro no existiesen embalses. En Miranda de Ebro y en Logroño una avenida

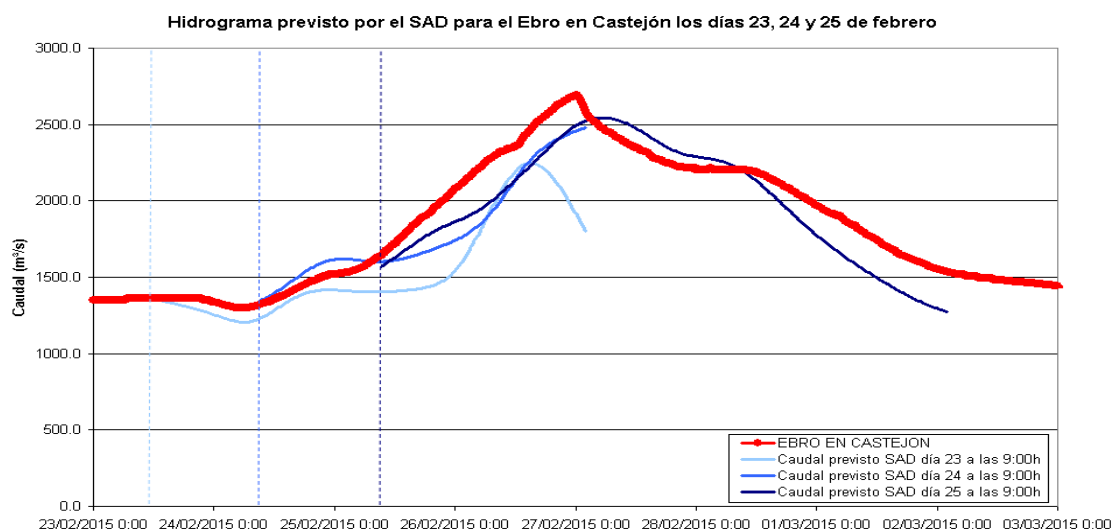
extraordinaria de T5 (periodo de retorno de 5 años para los caudales estimados en régimen natural) quedó reducida a una crecida máxima ordinaria (si no existiesen los embalses los caudales observados ocurrirían cada 2,5 años en promedio). En Vitoria una extraordinaria de T5, a una ordinaria. En Sangüesa y Caparroso una avenida extraordinaria de T10 quedó reducida a una crecida ordinaria. En Castejón y Zaragoza la laminación fue muy importante, ya que una avenida de 3600 m³/s en Castejón, que en régimen natural, tendría un periodo de retorno de unos 25 años (si no existiesen embalses), pudo ser reducida a una avenida de algo menos de 2700 m³/s que, sin embalses, ocurriría, en promedio, cada 5 años. Si nos atenemos a un régimen real con embalses, el periodo de retorno de esta avenida es de unos 10 años. En el caso de Tortosa, lo que habría sido una avenida extraordinaria de T5 sin embalses, quedó convertida en una avenida ordinaria.

4.2 Gestión de avisos

4.2.1 Avisos a Protección Civil

Según los protocolos actuales, la CHE activa la emisión de avisos oficiales vía fax o email, bien cuando el nivel observado en alguna estación de aforo supera su umbral de aviso, o bien cuando existe una probabilidad alta de que dicho umbral vaya a ser superado en el futuro.

En este caso, los días previos al evento meteorológico, la CHE fue anunciando a través de la página web del SAIH, en el apartado de previsiones de caudal (elaboradas por el SAD), el incremento de caudales, hasta valores extraordinarios, esperado en varios afluentes de la margen izquierda del Ebro para el día 25 de febrero y los días siguientes. Como ejemplo, se presenta a continuación un gráfico comparativo en el que puede apreciarse el hidrograma de Castejón, junto con las previsiones de caudal elaboradas por el sistema SAD los días 23, 24 y 25, y publicadas en la página web del SAIH.



Caudal estimado en el Ebro en Castejón frente a las previsiones de caudal publicadas por el SAD los días 23, 24 y 25 de febrero.

En el gráfico anterior se aprecia cómo la modelización del día 23 por la mañana ya intuía una crecida para el día 26 en el Ebro en Castejón con un caudal punta próximo a 2250 m³/s. Las previsiones de los dos días siguientes elevaban dicho caudal hasta los 2500 m³/s, retrasando el máximo hasta la madrugada del día 27.

El día 24 por la mañana, desde el centro de control del SAIH, se hicieron varias llamadas a distintos responsables de Protección Civil de Castilla y León, País Vasco, Navarra, La Rioja y Aragón con objeto de comunicarles, de forma oficiosa por el momento, que las previsiones hidrológicas del SAD preveían que, con una probabilidad alta, las lluvias que se venían registrando desde el mediodía del día 23, junto con las previsiones meteorológicas, darían lugar a crecidas de carácter extraordinario, en los ríos de sus respectivas comunidades autónomas y que, en el momento en que los niveles observados superasen los umbrales de aviso, la CHE comenzaría a emitir los avisos oficiales.

El día 25 a las 14:48h la CHE emitió el primer boletín de avisos oficiales con el siguiente texto general:

“Las lluvias de las últimas 24 horas y la fusión de la nieve acumulada recientemente en cotas inferiores a 1000 m y en las semanas previas a 1000-1500 msnm están provocando aumentos de caudal importantes en todos los afluentes de la margen izquierda del Ebro entre su cabecera y el Aragón. Las más importantes están afectando a los ríos Arga e Irati. En estos momentos continúa lloviendo con intensidad moderada-fuerte y las temperaturas siguen en claro ascenso y los caudales siguen creciendo en los tramos altos de los ríos de este sector de la cuenca. Por este motivo la previsión es que los caudales y niveles seguirán creciendo durante las próximas horas e incluso bien entrada la madrugada en los tramos medios de los afluentes, alcanzando valores extraordinarios de periodo de retorno próximo a 5 años. Como consecuencia de ello también el Ebro, especialmente desde la incorporación del río Aragón, va a experimentar un incremento importante de caudales durante la próxima noche y la jornada de mañana jueves, alcanzando el máximo durante la madrugada del jueves al viernes. En este momento se estima que la avenida alcanzará valores extraordinarios en el tramo medio del Ebro. El episodio de precipitaciones importantes continuará durante todo lo que resta de miércoles, por lo que, estas previsiones llevan implícitas un moderado grado de incertidumbre y son susceptibles de ser modificadas en función de los datos registrados y de las nuevas previsiones”.

Este texto general se complementó con otros comentarios específicos dirigidos a cada comunidad autónoma y con una tabla con los datos observados y las previsiones de nivel y caudal para las estaciones de aforo implicadas en el evento.



| Estación | Nivel Alerta (m) | Estado | Datos Observados | | | | Previsión (25/02/15 08:00) | | |
|---------------------------|------------------------|------------------------|-------------------|--------------|------------------|------|----------------------------|------------------|----------------------|
| | | | Fecha | Nivel (m) | Caudal (m3/s) | Ten. | Fecha Max. | Nivel Max (m) | Caudal Max (m3/s) |
| A001 EBRO-MIRANDA | 3,50 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 3,76 | 525,0 | ↑ A | 26/02/15 09:30 | 5,27 | 726,6 |
| A283 NELA-VILLARCAYO | 2,50 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 2,64 | 90,5 | ↑ A | 25/02/15 23:30 | 2,70 | 96,7 |
| A092 NELA-TRESPADERNE | 3,00 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 3,07 | 258,56 | ↑ A | 25/02/15 20:30 | 3,75 | 350,89 |
| A165 BAYAS-MIRANDA | 3,49 | PREVISION DE ALERTA | 25/02/15 14:15 | 2,71 | 105,80 | ↑ A | 25/02/15 20:00 | 3,67 | 166,15 |
| A074 ZADORRA-ARCE | 2,39 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 2,95 | 226,41 | ↑ A | 25/02/15 22:15 | 3,29 | 264,67 |
| A254 TRUBBA-MEDINA | 1,70 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 1,79 | 95,11 | ↑ A | 25/02/15 16:45 | 2,10 | 133,54 |
| A317 ZADORRA ABETXUKO | 4,00 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 4,59 | 115,68 | → E | - | | |
| A314 ALEGRÍA VITORIA | 2,76 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 2,88 | | → E | 25/02/15 15:00 | 50,00 | |
| A280 EBRO-LOGROÑO | 3,50 | PREVISION DE ALERTA | 25/02/15 14:15 | 3,45 | 732 | ↑ A | 27/02/15 02:45 | 4,61 | 1.200 |
| A120 EBRO-MENDEAVIA | 3,80 | PREVISION DE ALERTA | 25/02/15 14:15 | 3,67 | 724,0 | ↑ A | 27/02/15 08:00 | 5,40 | 1.300 |
| A002 EBRO-CASTEJÓN | 6,30 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 6,69 | 1.681 | ↑ A | 27/02/15 04:15 | 7,94 | 2.544 |
| A003 EGA-ANDOSILLA | 2,50 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 2,85 | 140,32 | ↑ A | 26/02/15 16:15 | 5,13 | 336,00 |
| A004 ARGA-FUNES | 4,00 | PREVISION DE ALERTA | 25/02/15 14:15 | 3,94 | 569,7 | ↑ A | 26/02/15 17:00 | 6,01 | 1.100 |
| A313 ARGA BURLADA | 3,50 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 3,87 | 304,00 | ↑ A | 25/02/15 16:45 | 4,42 | 387,00 |
| A069 ARGA-ETXAURI | 4,00 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 4,62 | 708,7 | ↑ A | 26/02/15 01:30 | 6,26 | 1.000 |
| A067 ULZAMA-OLAVE | 2,50 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 2,62 | 157,42 | ↑ A | 25/02/15 16:15 | 3,01 | 193,52 |
| A068 ARAQUIL EN ASIAÍN | 3,66 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 4,10 | 370,3 | ↑ A | 26/02/15 01:00 | 5,46 | 602,8 |
| A071 EGA-ESTELLA | 3,00 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 3,47 | 154,48 | ↑ A | 26/02/15 02:00 | 4,95 | 296,10 |
| A065 IRATI-LIÉDENA | 3,50 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 3,88 | 446,2 | ↑ A | 26/02/15 04:45 | 4,47 | 560,2 |
| A064 SALAZAR-ASPURZ | 2,50 | PREVISION DE ALERTA | 25/02/15 14:15 | 2,19 | 101,44 | ↑ A | 26/02/15 03:00 | 3,70 | 267,20 |
| A079 ERRO URROZ VILLA | 2,64 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 2,85 | 164,50 | ↑ A | 25/02/15 18:30 | 2,60 | 140,00 |
| A011 EBRO-ZARAGOZA | 4,00 | ALERTA | 25/02/15 14:15 | 4,00 | 1.352 | ↑ A | 28/02/15 22:15 | 5,25 | 2.100 |

Tabla con los datos de nivel y caudal observados y previstos remitidos por la CHE a los organismos de Protección Civil el día 24 de febrero a las 14:48h.

Los destinatarios de este primer aviso fueron la DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS, AGENCIA NAVARRA DE EMERGENCIAS, DELEGACIÓN GOBIERNO DE NAVARRA, AYUNTAMIENTO DE PAMPLONA, SOS CASTILLA Y LEÓN, DELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN CASTILLA Y LEÓN, PROTECCIÓN CIVIL BURGOS (subdelegación del gobierno), AYUNTAMIENTO DE MIRANDA DE EBRO, SOS-DEIAK (EMERGENCIAS PAÍS VASCO), DELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN EL PAÍS VASCO, SOS RIOJA, DELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN LA RIOJA, AYUNTAMIENTO DE LOGROÑO, SOS-ARAGÓN 112, DELEGACIÓN GOBIERNO EN ARAGÓN, POLICÍA LOCAL DE ZARAGOZA Y PARQUE DE BOMBEROS DE ZARAGOZA.

En total, a lo largo del episodio, se emitieron 25 boletines, y en ellos se incluyeron 291 avisos a un total de 20 destinatarios diferentes. En la siguiente tabla se muestran las fechas de emisión de los 25 boletines y los destinatarios de los avisos en cada boletín:



| | 25/02/2015 14:48 | 25/02/2015 16:42 | 25/02/2015 23:28 | 26/02/2015 12:58 | 27/02/2015 02:28 | 27/02/2015 12:48 | 27/02/2015 20:44 | 28/02/2015 13:27 | 28/02/2015 21:23 | 01/03/2015 14:12 | 01/03/2015 21:52 | 02/03/2015 12:42 | 02/03/2015 21:00 | 03/03/2015 12:00 | 03/03/2015 19:14 |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| SOS CASTILLA Y LEÓN | X | | X | X | X | X | X | X | | | | | | | |
| PROTECCIÓN CIVIL BURGOS | X | | X | X | X | X | X | | | | | | | | |
| AYUNTAMIENTO DE MIRANDA DE EBRO | X | | X | X | X | X | X | | | | | | | | |
| DELEGACIÓN GOBIERNO CASTILLA Y LEÓN | X | | X | X | X | X | X | | | | | | | | |
| SOS-DEIAK (EMERGENCIAS PAÍS VASCO) | X | | X | X | X | X | X | | | | | | | | |
| DELEGACIÓN GOBIERNO DEL PAÍS VASCO | X | | X | X | X | X | X | | | | | | | | |
| SOS RIOJA | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| DELEGACIÓN DEL GOBIERNO DE LA RIOJA | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| AYUNTAMIENTO DE LOGROÑO | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| AGENCIA NAVARRA DE EMERGENCIAS | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| DELEGACIÓN DEL GOBIERNO DE NAVARRA | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| AYUNTAMIENTO DE PAMPLONA | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| SOS ARAGÓN | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| DELEGACIÓN GOBIERNO DE ARAGÓN | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| POLICÍA LOCAL DE ZARAGOZA | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| BOMBEROS DE ZARAGOZA | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| CENTRO DE EMERGENCIAS DE CATALUÑA (CECAT) | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| DELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN CATALUÑA | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| PROTECCIÓN CIVIL DE TARRAGONA | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

Tabla con las fechas y horas de los boletines 1 al 15 de aviso emitidos y los destinatarios de cada boletín

| | 04/03/2015 12:27 | 04/03/2015 22:19 | 05/03/2015 14:30 | 05/03/2015 21:18 | 06/03/2015 13:40 | 07/03/2015 08:56 | 08/03/2015 09:13 | 09/03/2015 14:21 | 10/03/2015 14:32 | 11/03/2015 09:07 |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| SOS CASTILLA Y LEÓN | | | | | | | | | | |
| PROTECCIÓN CIVIL BURGOS | | | | | | | | | | |
| AYUNTAMIENTO DE MIRANDA DE EBRO | | | | | | | | | | |
| DELEGACIÓN GOBIERNO CASTILLA Y LEÓN | | | | | | | | | | |
| SOS-DEIAK (EMERGENCIAS PAÍS VASCO) | | | | | | | | | | |
| DELEGACIÓN GOBIERNO DEL PAÍS VASCO | | | | | | | | | | |
| SOS RIOJA | | | | | | | | | | |
| DELEGACIÓN DEL GOBIERNO DE LA RIOJA | | | | | | | | | | |
| AYUNTAMIENTO DE LOGROÑO | | | | | | | | | | |
| AGENCIA NAVARRA DE EMERGENCIAS | | | | | | | | | | |
| DELEGACIÓN DEL GOBIERNO DE NAVARRA | | | | | | | | | | |
| AYUNTAMIENTO DE PAMPLONA | | | | | | | | | | |
| SOS ARAGÓN | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| DELEGACIÓN GOBIERNO DE ARAGÓN | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| POLICÍA LOCAL DE ZARAGOZA | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| BOMBEROS DE ZARAGOZA | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| CENTRO DE EMERGENCIAS DE CATALUÑA (CECAT) | X | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| DELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN CATALUÑA | X | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| PROTECCIÓN CIVIL DE TARRAGONA | X | X | X | X | X | X | X | X | X | |

Tabla con las fechas y horas de los boletines 16 al 25 de aviso emitidos y los destinatarios de cada boletín

4.2.2 Acciones de comunicación: notas de Prensa, atención a medios de comunicación, Twitter.

Notas de Prensa

Se remitieron cuatro notas de prensa para exposición y explicación del episodio todas ellas previas al propio episodio en tramo medio ya que después siempre se considera que la información se debe ir actualizando en continuo a través de la herramienta SAIH. Además, se remitió una quinta nota de prensa sobre el aumento de los desembalses desde el sistema Mequinenza-Ribarroja-Flix.

Hay que añadir que en todas ellas se incluye este párrafo informativo

“Es importante recordar la labor del Sistema Automático de Información Hidrológica que realiza un seguimiento de la Cuenca las 24 horas del día, los 365 días del año. Esto permite actualizar las previsiones de caudal con nuevos datos y según la evolución de cada episodio, que se pueden consultar en la página web de la Confederación Hidrográfica del Ebro www.chebro.es en el enlace Sistema SAIH, o en la página www.saihebro.com. Las previsiones son una referencia de carácter provisional y siempre están pendientes de confirmación con datos observados y de un análisis posterior.”

Emisión de notas:

24-02-2015 a las 14:10 horas

25-02-2015 a las 15:30 horas

26-02-2015 a las 10:05 horas

27-02-2015 a las 17:08 horas (en esta nota se hace referencia expresa a afecciones similares a 2003)

04-03-2015 a las 11:30 horas (esta destinada al Bajo Ebro debido al aumento de los desembalses de Mequinenza)

Las notas de prensa se remitieron a las listas de distribución que el Gabinete de Prensa utiliza para los distintos ámbitos territoriales. En total unas 605 direcciones con los principales medios y periodistas de Cantabria, Castilla y León (Soria y Burgos principalmente en este caso); La Rioja, Navarra, Aragón (las tres provincias); Cataluña (Lleida, Tarragona y Terres de l'Ebre, Barcelona). En este caso no se realizaron envíos, por la no afección territorial, ni a Castilla-La Mancha, ni a la Comunidad Valenciana. Además, las notas se remiten siempre a los servicios de prensa de las Delegaciones de Gobierno y Subdelegaciones de la Cuenca, que en la mayoría de los casos la remiten a sus propias listas de correo y también a los responsables de prensa del MAGRAMA.

Estas notas, además se publican a través de Twitter (1.890 seguidores) y se pueden consultar a través de la página web www.chebro.es

Atenciones a medios de comunicación: telefónicas y entrevistas

La actualización de los datos e información sobre las crecidas se realiza también a través de las atenciones telefónicas por parte del Gabinete de Prensa y también a través de atenciones a medios de comunicación con entrevistas.

Se han contabilizado entre los días 24 de febrero y 6 de marzo de 2015, hasta 80 llamadas atendidas de medios de comunicación diarias (recordamos, es una media, con días de mayor reclamación de información- días 28 -29 de febrero, días 4-5 de marzo- en los que se atendieron picos superiores de llamadas).

También se han gestionado unas 45 entrevistas sobre las avenidas entre los días 24 de febrero y 5 de marzo, a lo que se suman atenciones a los medios en visitas.

Twitter

El perfil de twitter de la CHE, @CH_Ebro que se suma a las acciones de información que haya realizado el propio del SAIH a través de su perfil, tiene 2.053 seguidores, a los que se ha informado de forma continuada y actualizada del seguimiento de este episodio, incluyendo en la mayoría de los casos, además, el hashtag de #crecidas que ayuda a las búsquedas de información.

En total, entre los días 24 de febrero y 7 de marzo se remitieron un total de 94 tweets dedicados a las crecidas, sin sumar aquí los retweets de otros perfiles ajenos a esta Administración que aportaran información sobre la crecida, incluyendo los relacionados con las visitas realizadas para conocimiento y seguimiento de la crecida en el terreno.

De ellos, 36 entre los días 27, 28 de febrero, 1 y 2 de marzo.

Se refieren aquí los principales al respecto de la actualización de datos, indicando las horas de publicación. Su inclusión es en orden cronológico desde el primero seleccionado del día 27 hasta el último que hemos elegido del día 1 de marzo.

4.3 Obras de emergencia ejecutadas durante la crecida y previstas.

En los días previos al paso de la punta de avenida, se llevaron a cabo diversas actuaciones en aquellos términos municipales en los que se dispuso de tiempo suficiente. En ese sentido se ejecutaron:

- Obras de refuerzo de motas y defensas para intentar evitar su rotura al paso de la avenida. Fue el caso de las actuaciones en los TT.MM. de Movera, Pastriz, Pina de Ebro, Gelsa y Quinto de Ebro.
- Obras de creación de cordones (tierras) de seguridad interiores a las motas para que en caso de rotura de las mismas, las aguas no prosiguieran su avance por la margen llegando a inundar zonas habitadas o extensas superficies con intereses agrícolas y ganaderos. Este fue el caso de las actuaciones en los TT.MM. de Remolinos, Utebo, Monzalbarba, La Alfocea y Pina de Ebro, actuación ésta última que contribuyó a la toma de decisión respecto no desalojar a la población (de más de 2.500 habitantes) del casco urbano.
- Obras de recrecimiento provisional de la cota de coronación en el caso particular de motas que defienden núcleos urbanos. En Pina de Ebro y Pradilla de Ebro especialmente donde se logró evitar la inundación del casco urbano (de más de 600 habitantes) al paso de la punta de avenida.

- Actuaciones de apertura de cauces de alivio en la margen que conllevaron la rotura de la carretera de acceso. Este fue el caso de Pina de Ebro.
- Actuaciones de rotura de motas para disminuir la elevación de la lámina de agua, mejorando la seguridad de los núcleos urbanos de aguas arriba, como en el caso de Cabañas de Ebro.
- Actuaciones de ayuda al retorno de las aguas al cauce en márgenes inundadas. Fue el caso de Monzalbarba donde se utilizaron equipos de achique.

ACTUACIONES DE EMERGENCIA PREVISTAS EN EL TRANCURSO DEL AÑO 2015, A POSTERIORI DE LA AVENIDA

Una vez confeccionado el inventario de puntos con afecciones a motas-defensa y detección de tramos con obstrucciones (material vegetal o sedimentario) y previa autorización por el Consejo de Ministros, se inició la FASE I de reparación provisional e inmediata con el objetivo de que las márgenes no volvieran a verse inundadas al paso de posteriores crecidas como consecuencia de las aperturas y roturas producidas en las motas. En estos momentos el número de afecciones detectadas en la cuenca supera las 850, de las cuales más de la mitad corresponden a la C.A. de Aragón.

En FASES posteriores está prevista la terminación de estas reparaciones provisionales así como el mejorar la seguridad de los núcleos urbanos más vulnerables mediante la adopción de un abanico de medidas donde intervienen diferentes tipologías de soluciones. Se prevén actuaciones de refuerzo, sobre-elevación, rebaje y retranqueo de motas según los casos. También de recuperación de la sección de desagüe mediante la retirada/redistribución de sedimentos y material vegetal acumulado. Medidas paliativas de cauces de alivio y mejora de la permeabilidad de puentes. Finalmente se estudiarán posibles cordones perimetrales de seguridad para evitar que el agua inunde el núcleo urbano, una vez desbordadas las defensas aguas arriba o aguas abajo de su emplazamiento.

4.4 Apoyo técnico en campo:

Se incluyen los aforos directos realizados, las actuaciones del Servicio de control y vigilancia del D.P.H. y la obtención de imágenes aéreas de inundación.

4.4.1. Aforos directos.

Se relacionan a continuación los aforos directos en la crecida en el eje del Ebro (no se contabilizan los realizados en condiciones normales durante este período) realizados durante el episodio del 24 de febrero al 5 de marzo

Episodio B: EJE DEL EBRO

| <i>Estación de aforos</i> | <i>nº aforos</i> |
|--------------------------------|------------------|
| ARAGON en CAPARROSO | 1 |
| ARGA en BURLADA | 1 |
| ARGA en ECHAURI | 1 |
| ARGA en FUNES | 2 |
| EBRO en ASCO | 3 |
| EBRO en CASTEJON | 6 |
| EBRO en GELSA | 2 |
| EBRO en NOVILLAS | 1 |
| EBRO en TORTOSA | 1 |
| EBRO en TUDELA | 5 |
| EBRO en ZARAGOZA | 12 |
| EBRO en ZARAGOZA-EXPO | 6 |
| Total aforos realizados | 41 |

4.4.2. Actuaciones del Servicio de Control y Vigilancia del DPH.

Al igual que en la cuenca alta del Ebro, durante el mes de febrero y marzo se continuó con las labores de campo en el seguimiento de la avenida en el eje del Ebro desde la cabecera hasta Tortosa, pasando por el tramo más complicado durante este tipo de episodios, el tramo medio del río Ebro, donde se estuvo en permanente contacto con los ayuntamientos ribereños. Desde Milagro, pasando por Castejón donde se produjeron errores en la estimación de la avenida debido a las roturas habidas en las márgenes del río, Tudela donde hubo inundaciones en las calles del casco urbano, Novillas (en la zona del barrio bajo), y luego ya en la zona más complicada que va desde Gallur hasta pasado Gelsa aguas abajo de Zaragoza.

Especialmente en las localidades de Pradilla, Boquilleni, Cabañas de Ebro, Remolinos, Zaragoza y su entorno de barrios pedáneos, así como en algunas urbanizaciones aguas abajo de Zaragoza, y de forma intensa también en las localidades de Pina de Ebro, Quinto y Gelsa entre otras, hay que decir que el personal del Servicio al igual que en el episodio del tramo alto del Ebro, prolongaron sus jornadas laborales de forma general, llegando a desarrollar sus funciones durante más de 15 horas diarias a lo largo de varios días. Seguidamente, casi sin esperar a la retirada de las aguas de los campos, se inició la toma de datos para su posterior elaboración de los correspondientes informes y su envío a los Servicios Técnicos de la Comisaría de Aguas.

El total de efectivos adscritos al Servicio de control y vigilancia del D.P.H. que prestaron sus servicios en el eje del Ebro y especialmente en el tramo medio y bajo fue de 18 Agentes Medioambientales y 22 Técnicos Superiores de Actividades Técnicas y Profesionales.

4.4.3. Fotografía aérea de la inundación

Como herramienta de apoyo para el seguimiento espacio-temporal del episodio de avenida en el Eje del río Ebro (enero-marzo 2015) se ha optado por la concurrencia y uso combinado, a distintas escalas, de las diversas técnicas de seguimiento aéreo y espacial que el desarrollo tecnológico actual permite: vuelos aéreos tripulados, drones e imágenes de satélite.

Inicialmente (últimos días de enero y primeros de febrero), y dadas las adversas condiciones meteorológicas reinantes en amplias zonas de la cabecera de la cuenca, que se prolongaron a lo largo de casi todo febrero, no se pudieron realizar vuelos aéreos tripulados; únicamente fue posible la observación de tramos fluviales concretos (núcleos de población, motas de protección) a través de drones. El empleo de estas aeronaves no tripuladas, una tecnología emergente y en pleno auge, permite la observación del territorio a escala de detalle, por lo que constituyen un buen medio para el análisis, observación y diagnóstico de las afecciones producidas por la crecida, si bien tienen, en general, una escasa autonomía de vuelo, por lo que únicamente cubren un ámbito local. Gracias al apoyo de la empresa Air Flight Drone, S. L., Servicios Aéreos con Drones pudieron obtenerse fotografías aéreas oblicuas para diversos tramos del Ebro ubicados en los términos municipales de Alcalá de Ebro, Boquiñeni, Luceni, Cabañas de Ebro, Monzalbarba, Novillas, Pastriz, Pina de Ebro y Torres de Berrellén los días 3, 4 y 7 de febrero. El interés de estos vuelos es relativo (escala local y de detalle, escasa autonomía para volar grandes tramos del río), pero, como posteriormente se verá, pudieron utilizarse como control de calidad (“verdad terreno”) de las imágenes de satélite obtenidas para esos mismos tramos y fechas a través del Protocolo Copernicus de la Comisión Europea.



Río Ebro en Castejón el 28 de febrero de 2015

Simultáneamente al empleo de drones, y dadas las adversas condiciones meteorológicas descritas, se procedió a activar, a través del nodo nacional establecido para tal fin (Dirección General de Protección Civil y Emergencias), el Protocolo Copernicus Emergency Management Service Mapping, desarrollado por la Comisión Europea con el apoyo de la Agencia Espacial Europea y la Agencia Europea de Medio Ambiente. Copernicus elabora, en muy breve tiempo de respuesta (inferior, incluso a 48 horas una vez activado el protocolo), una cartografía temática a escala regional que pretende apoyar la gestión de las situaciones de emergencia (desastres naturales) que

entrañen riesgo para los ciudadanos de la UE. Así, y una vez activado el protocolo, se facilitaron a esta C.H.E. los oportunos mapas temáticos de inundación confeccionados a partir de imágenes de satélite Sentinel 1A (3 y 4 de febrero) y Radarsat 2 (3 de febrero), este último equipado con sensores radar, permeables a la cubierta de nubes compactas. Las cartografías temáticas confeccionadas a partir de las imágenes captadas desde estos satélites ofrecen una panorámica de síntesis a escala regional, pero quedan muy por debajo de la resolución espacial requerida por esta C.H.E., que se asimila a una “escala de parcela” (cartografía a escala de parcela: sobre la imagen aérea deben quedar perfectamente identificadas las parcelas de rústica y urbanas afectadas por la inundación; esta resolución resulta imprescindible para la correcta planificación de las actuaciones post-avenida que debe ejecutar la CHE y para la tramitación de expedientes de afección por daños). Se ha podido además evidenciar una inexacta clasificación de la categoría “inundación” en las composiciones temáticas procedentes de las imágenes de satélite procesadas por Copernicus: se han establecido, para ello, puntos de control sobre dichas composiciones temáticas, con la finalidad de comparar puntos y tramos conocidos con la información visual aportada por los drones en mismas fechas y similares horas: así, áreas anegadas según las fotografías obtenidas desde drones (“verdad terreno”) no han registrado inundación alguna según las imágenes de satélite procesadas y aportadas por Copernicus. No obstante lo anterior, en conjunto la experiencia adquirida con la activación del protocolo Copernicus EMS ha sido muy positiva; en el futuro habrá que estar pendientes de las mejoras tecnológicas y metodológicas que se vayan incorporando a este servicio de Gestión de Emergencias Europeo; en concreto, por lo que se refiere a la incorporación de satélites y sensores de mayor resolución espacial y temporal.



Río Ebro desde la vertical de Boquiñeni hacia aguas abajo el 2 de marzo de 2015

La sensible mejora de las condiciones meteorológicas registradas los últimos días del mes de febrero permitió, finalmente, la realización, por parte de la empresa EnVuelo, de vuelos aéreos tripulados los días 27 – 28 de febrero y 2 y 6 de marzo. En

concreto y de manera secuenciada, estos fueron los itinerarios de vuelo que pudieron practicarse: el 27 de febrero se sobrevoló el tramo Ribera Alta del Ebro (Zaragoza) – Tudela (Navarra), el 28 de febrero se siguió el itinerario Remolinos (Zaragoza) – San Adrián (Navarra), el 2 de marzo fue posible volar el tramo Zaragoza – Luceni (Zaragoza) – Mora de Ebro (Tarragona); finalmente, el 6 de marzo se siguió el itinerario Amposta (Tarragona) – Mequinenza (Zaragoza). En todos los casos, los productos gráficos de apoyo obtenidos consistieron en la obtención de fotografías aéreas oblicuas y filmación, ambos en calidad HD. Recientemente se ha obtenido la capa GIS resultado de la restitución cartográfica sobre las ortofotos del PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea, Ministerio de Fomento) de máxima actualización de las mencionadas fotografías aéreas oblicuas y documentos de vídeo. La superficie de máxima inundación obtenida para el tramo así cartografiado (San Adrián, Navarra – cola embalse de Mequinenza, Zaragoza) suma 37.230 ha.



Inundación en el entorno de Zaragoza el 2 de marzo de 2015

Debe hacerse constar que es del mayor interés para este Organismo de cuenca disponer de mapas que reflejen las máximas áreas de crecida por inundación para fechas concretas, que resultan de indudable utilidad en tareas relacionadas con la gestión de avenidas y la delimitación del dominio público hidráulico. Posteriormente, esas cartografías serán incorporadas al Sistema de Información Territorial del Ebro, SITEbro, que es el Sistema de Información Geográfica Corporativo de la C.H.E., y otorgarán un inestimable valor añadido al conocimiento empírico de las inundaciones acaecidas en el último decenio, al definir una “verdad terreno” que puede integrarse en los modelos del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) y Sistema de Ayuda a la Decisión (SAD), posibilitando, de este modo, un mejor conocimiento técnico de los eventos de inundación.

Finalmente, y apoyándonos para ello en la experiencia adquirida en el seguimiento de la avenida extraordinaria de 2003, se vio también necesaria la obtención

de un conjunto de imágenes de satélite de alta resolución espacial que posibilitasen la generación de una capa cartográfica con el mayor detalle posible que refleje las máximas áreas de crecida acaecidas en el Eje del Ebro (tramo Tudela –Navarra- La Zaida – Zaragoza-). Se apuesta para ello por imágenes procedentes del satélite español Deimos 2 (resolución espacial de de 0,75 metros), adquiridas los días 2, 3, 7, 25 y 26 de marzo a partir de las que es posible una muy exacta digitalización y delimitación del área afectada por la inundación. Complementariamente a éstas, se ha adquirido también una imagen Deimos 1 (resolución espacial de de 22 metros), correspondiente al día 06/03/2015, que cubre buena parte del tramo aragonés del Ebro. Actualmente se está trabajando en la digitalización de la mencionada capa cartográfica (GIS), por lo que no se dispone aún de superficies estimadas afectadas por la inundación.

4.5 Valoración comparativa de daños:

Objeto

Se ha llevado a cabo una valoración de los daños económicos ocurridos durante la avenida a partir de la estimación de la actividad económica afectada de los mapas de riesgo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables en la Demarcación Hidrográfica del Ebro. Asimismo, se ha realizado una estimación de los daños que se habrían producido para el caudal natural correspondiente a este evento, es decir, eliminando la reducción en el caudal punta conseguida mediante la laminación de los embalses, principalmente de Yesa e Itoiz.

Consideraciones previas

Los mapas de riesgo no han sido calibrados con eventos reales por falta de información fiable y completa en el momento de su elaboración. La metodología aplicada se basó en la “Propuesta de mínimos para la metodología de realización de los mapas de riesgo de inundación”, elaborada recientemente por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, de forma que los resultados pueden ser comparados con los del resto de cuencas estatales y europeas, aunque no deban tomarse como datos absolutos, ya que pueden diferir con los observados en eventos reales.

La estimación para la evaluación económica total de daños de la actividad económica afectada de los mapas de riesgo se llevó a cabo para eventos de 10, 100 y 500 años de periodo de retorno. Y fue el resultado de valorar los daños producidos por cada una de estas inundaciones en función de los usos del suelo de los terrenos afectados. Escenarios diferentes a los expuestos deberán ser interpolados.

Metodología

Para el estudio del tramo medio del Ebro entre Novillas y la cola del Embalse de Mequinenza se ha partido de los siguientes tramos de riesgo significativo de inundación:

- MEB_03_04
- MEB_05
- MEB_06
- MEB_07
- MEB_08
- MEB_09

Todos ellos presentan unos caudales similares, debido a la ausencia de grandes tributarios (a excepción del Gállego) en todo el ámbito de estudio. Los valores medios obtenidos son los que se muestran en la siguiente tabla (fuente: Mapa de Caudales Máximos en régimen natural):

| | MCO | T10 | T100 | T500 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Caudal (m ³ /s) | 2.051 | 2.964 | 4.548 | 5.464 |

El caudal punta registrado durante la avenida de febrero y marzo de 2015 fue de alrededor de 2.700m³/s, es decir, ligeramente inferior al T10. Por otra parte se estima que la laminación conseguida mediante la gestión de los embalses de Yesa e Itoiz asciende a 700m³/s. Por lo tanto el caudal máximo natural para todo el tramo durante este evento hubiera supuesto 3.400m³/s, que se corresponde aproximadamente con un periodo de retorno de 25 años.

Sumando los valores para cada uno de los tramos se ha obtenido la estimación de la actividad económica afectada para el tramo de estudio en su conjunto y para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años. A partir de estos valores se han extrapolado e interpolado linealmente las estimaciones para la Máxima Crecida Ordinaria, para 2.700m³/s y para 3.400m³/s.

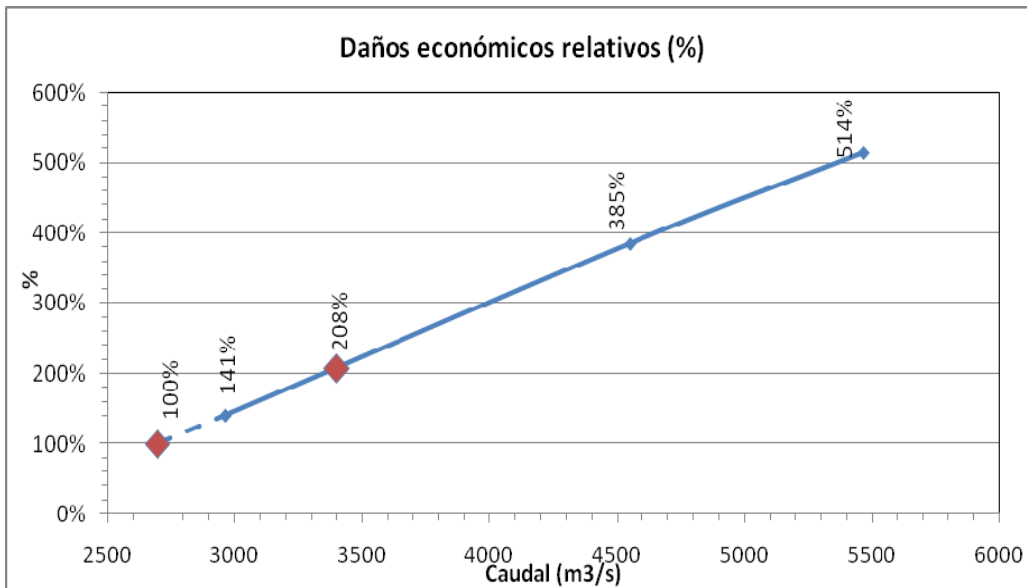
Teniendo en cuenta que es la MCO la que teóricamente define el DPH se ha optado por no considerar los daños correspondientes a este evento en el cómputo final, por lo que se ha restado este valor a todos los demás.

Resultados

Con la metodología expuesta anteriormente se obtiene la siguiente distribución de los daños económicos relativos para los distintos periodos de retorno:

| | MCO | | T10 | T25 | T100 | T500 |
|----------------------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|-------|
| Caudal (m ³ /s) | 2.051 | 2.700 | 2.964 | 3.400 | 4.548 | 5.464 |
| Daños (%) | - | 100% | 141% | 208% | 385% | 514% |

Recordemos que los valores de daños para tres avenidas de alta, media y baja frecuencia (T10, T100 y T500 – puntos azules en el gráfico) ya habían sido calculados en los mapas de riesgo del SNCZI. En este gráfico simplemente se presentan, en porcentaje, referidos a esta crecida (2.700 m³/s de caudal punta)



Por lo tanto, de no haber existido la laminación de los embalses se habría producido un incremento en los daños superior al 100%.

Para ofrecer un orden de magnitud, en un estudio similar llevado a cabo para la avenida de 2013 se obtuvieron los siguientes valores absolutos:

| | Situación real | Situación natural |
|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Caudal (m³/s) | 1.800-2.240 | 2.500-3.250 |
| Daños (M€) | 59 | 149 |

4. INFORME DE LAS AVENIDAS

4 C) MARZO 2015: MARGEN DERECHA DEL EBRO.

- 1 INTRODUCCIÓN. *(Pág. 2)*
- 2 METEOROLOGÍA. *(Págs. 2 a 13)*
 - 2.1 Descripción de la configuración atmosférica
 - 2.2 Descripción de las precipitaciones observadas
 - 2.3 Descripción de las previsiones meteorológicas disponibles y los avisos asociados a ellas
- 3 HIDROLOGÍA. *(Págs. 13 a 19)*
 - 3.1 Niveles y caudales en estaciones de aforo.
 - 3.2 Descripción de la avenida por tramos en el Guadalope y el Bergantes.
- 4 GESTIÓN DE LA AVENIDA. *(Págs. 19 a 26)*
 - 4.1 Gestión de embalses.
 - 4.2 Gestión de avisos.
 - 4.2.1 Avisos a Protección Civil.
 - 4.2.2 Acciones de comunicación: notas de Prensa, atención a medios de comunicación, Twitter
 - 4.3 Obras de emergencia durante la crecida.
 - 4.4 Apoyo técnico en campo:
 - 4.4.1 Aforos directos.
 - 4.4.2 Actuaciones del Servicio de Control y Vigilancia del DPH.
 - 4.4.3 Fotografía aérea de la inundación.

4. INFORME DE LAS AVENIDAS.

4 C) MARZO 2015. MARGEN DERECHA DEL EBRO.

Fecha elaboración: JUNIO 2015

Fuente: Área de Hidrología y Cauces, SAIH y SAD.

1 INTRODUCCIÓN.

El presente documento recoge los hechos más significativos del episodio de avenida que tuvo lugar entre el 20 de marzo y el 28 de marzo de 2015 en la cuenca del Ebro. En él se analizan distintos aspectos como la situación meteorológica que dio lugar al evento, la evolución hidrológica de la avenida en los cauces afectados y la gestión de la misma (gestión de embalses y avisos) por parte de la CHE.

El área más afectada por el evento meteorológico fue casi toda la margen derecha del Ebro y, en menor medida, algunas cuencas de la margen izquierda. En concreto, en la margen derecha se registraron crecidas de diversa consideración en el Tirón, Najerilla, Iregua, Leza, Cidacos, Alhama, Queiles, Huecha, Jalón, Huerva, Aguasvivas, Martín, Guadalope, Matarraña y Ciurana. En la margen izquierda también se produjeron crecidas en los ríos Zadorra, Ega, Arga, Onsella, Zidacos, Arbas, Gállego y Alcanadre. Entre todas estas aportaciones se generó, a su vez, una crecida en todo el tramo medio del Ebro. Destacaron las del Guadalope y Matarraña, en cuanto a los caudales alcanzados, y las del tramo medio-bajo del Jalón y cuencas del entorno del Moncayo, por las afecciones causadas. Hubo también varios embalses que se vieron involucrados en el evento, especialmente Las Torcas, Mezalocha, Calanda, Caspe y el sistema Mequinenza-Ribarroja-Flix, contribuyendo todos ellos a reducir la magnitud de la avenida.

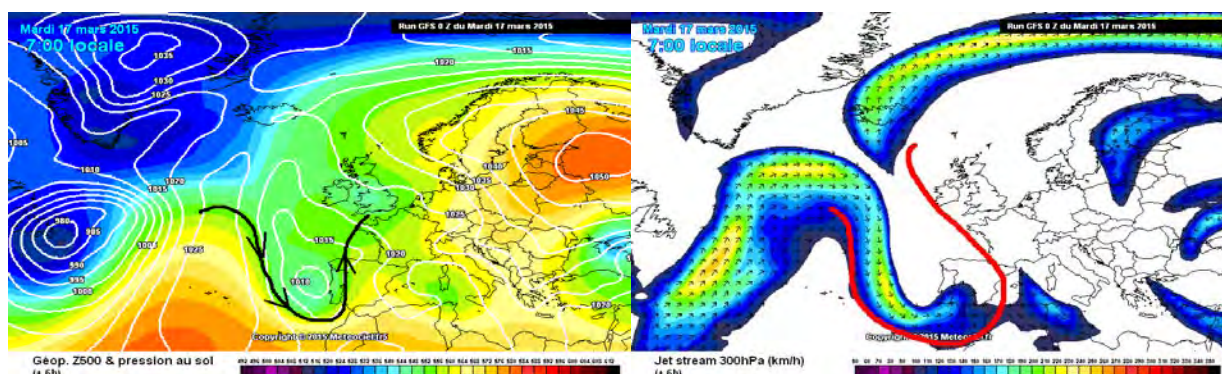
2 METEOROLOGÍA.

Se describe a continuación la situación meteorológica que originó la avenida, caracterizada, a grandes rasgos, por una depresión localizada sobre la Península Ibérica, asociada a un embolsamiento de aire frío que, a nivel de superficie, impulsó vientos cálidos y húmedos, procedentes del Mediterráneo, sobre la cuenca del Ebro. Esta situación generó precipitaciones importantes, irregularmente repartidas por prácticamente toda la cuenca durante los días 21, 22, 23 y 24 de marzo.

2.1 Descripción de la configuración atmosférica.

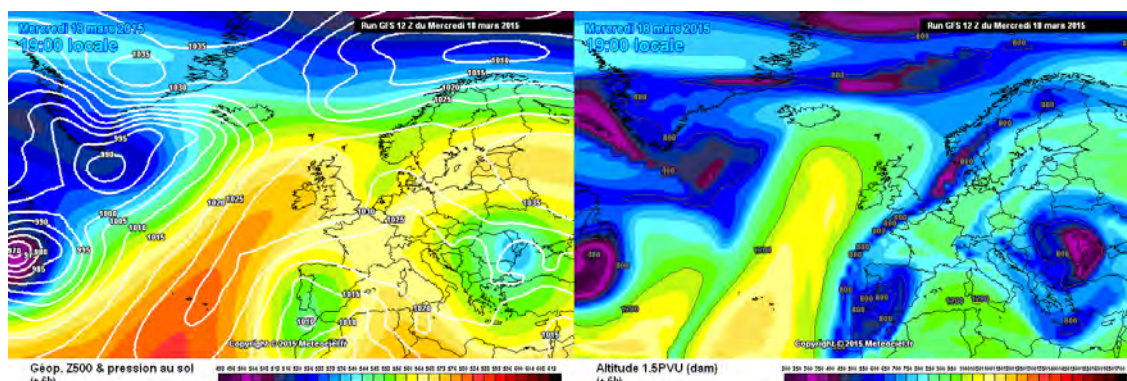
La configuración atmosférica fue la correspondiente a una depresión en niveles medios y altos de la troposfera con reflejo en superficie, formando una borrasca fría que impulsó vientos húmedos procedentes del Mediterráneo, tanto en superficie como en capas medias de la troposfera (5500 msnm), sobre la cuenca del Ebro.

Durante el día 17 de marzo se formó una profunda ondulación de la corriente circumpolar al noroeste de Galicia que se prolongó hasta el norte de las Islas Canarias, generándose también una pequeña borrasca en superficie.



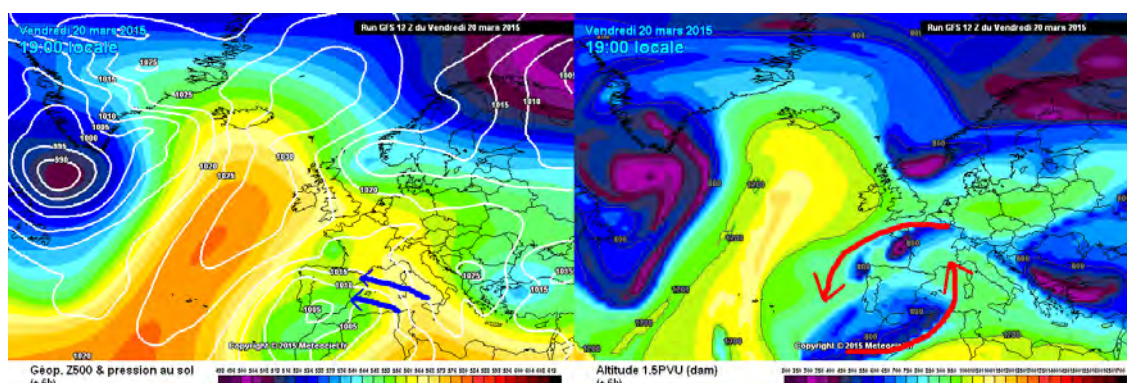
Situación de los centros de presiones en superficie y en altura, así como la disposición de la corriente circumpolar y sus velocidades en la mañana del día 17 de marzo

Entre los días 18 y 19 de marzo, la ondulación de la corriente circumpolar del día anterior, generó una depresión en niveles altos entre las Islas Canarias y la Cordillera del Atlas. La borrasca en superficie fue profundizándose, al tiempo que se mantuvo estacionaria al sur de la Península Ibérica, dando lugar a un ligero flujo del Mediterráneo sobre el sur de la cuenca del Ebro que trajo consigo las primeras precipitaciones. Dicha depresión, en capas medias y altas de la troposfera, no llegó a desvincularse por completo de la corriente circumpolar que, a través de una larga y estrecha vaguada, continuó alimentándola de inestabilidad y aire frío.



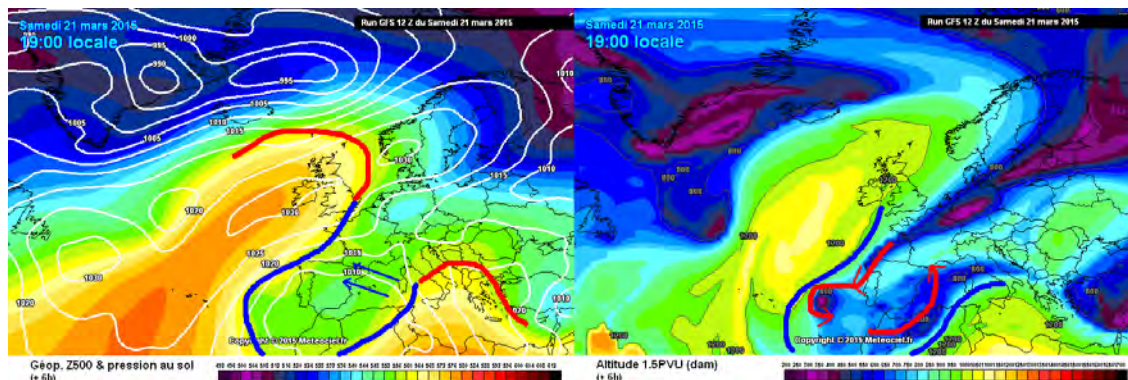
Situación de los centros de presiones en superficie y en altura, así como la vorticidad potencial en la tarde del día 18 de marzo

El día 20 de marzo, lejos de desvincularse la depresión de niveles altos, ésta se vio reactivada por la extensa ondulación de la corriente circumpolar localizada sobre el este de Europa y orientada de noreste a suroeste que, simultáneamente, la desplazó desde el norte de las Islas Canarias hacia el noreste, creando una gran zona de inestabilidad sobre la Península Ibérica. A partir de este momento comenzaron a producirse las precipitaciones más intensas desde el sureste de la cuenca.



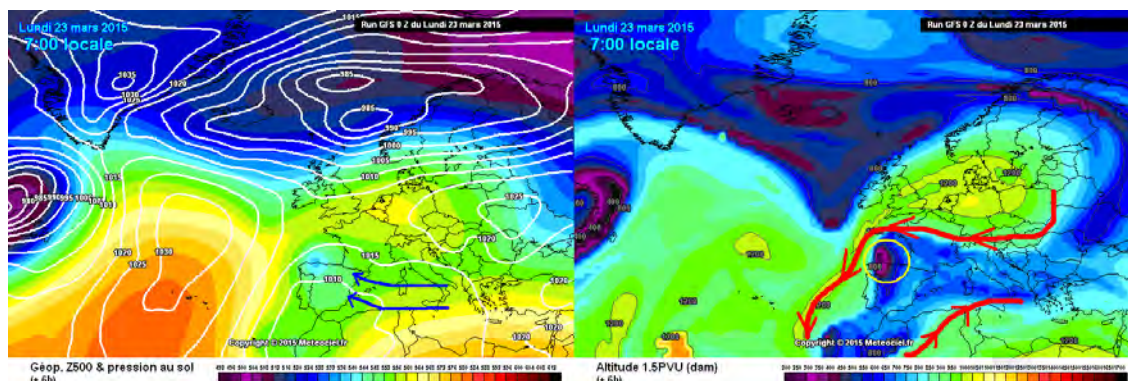
Situación de los centros de presiones en superficie y en altura, junto con la vorticidad potencial, en la tarde del día 20 de marzo. Con flechas azules se señala el flujo del Mediterráneo. Con flechas rojas se indica la entrada del aire frío en altura desde el noreste y el movimiento hacia el noreste de la depresión en niveles altos, generándose una enorme área de inestabilidad sobre la Península Ibérica.

El día 21 de marzo, la depresión en niveles altos fue completamente absorbida por la extensa y profunda ondulación (vaguada) de la corriente circumpolar, cuyo vértice inferior se situó sobre la Península Ibérica, generándose un flujo de suroeste en altura sobre el tercio este de la Península (zona de gran inestabilidad) y otro de noreste en altura sobre el norte de la Península (entrada de aire frío en altura). Estos dos flujos en niveles altos estuvieron coexistiendo con un flujo en superficie de aire más cálido y húmedo, procedente del Mediterráneo, sobre la zona este de la cuenca del Ebro.



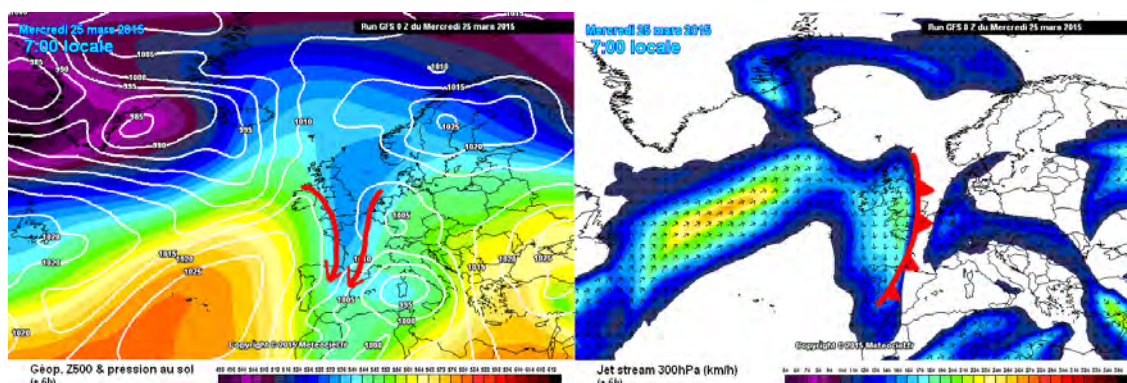
Situación de los centros de presiones en superficie y en altura, junto con la vorticidad potencial, en la tarde del día 21 de marzo. Con flechas azules se muestra la entrada de aire húmedo del Mediterráneo en superficie y con flechas rojas los dos flujos de aire más fríos en altura.

Entre los días 22 y 24 de marzo, la vaguada en altura sigue estacionaria en cuanto a su orientación y ubicación, generándose en la parte del flujo de viento de noreste en altura una nueva zona de mayor vorticidad (inicio de la formación de una depresión aislada en niveles altos, DANA) mientras que, en superficie, continúa el flujo de aire húmedo del Mediterráneo.



Situación de los centros de presiones en superficie y en altura, junto con la vorticidad potencial, en la mañana del día 23 de marzo. Con flechas azules se muestra la entrada de aire húmedo del Mediterráneo en superficie y con flechas rojas los dos flujos de aire más fríos en altura.

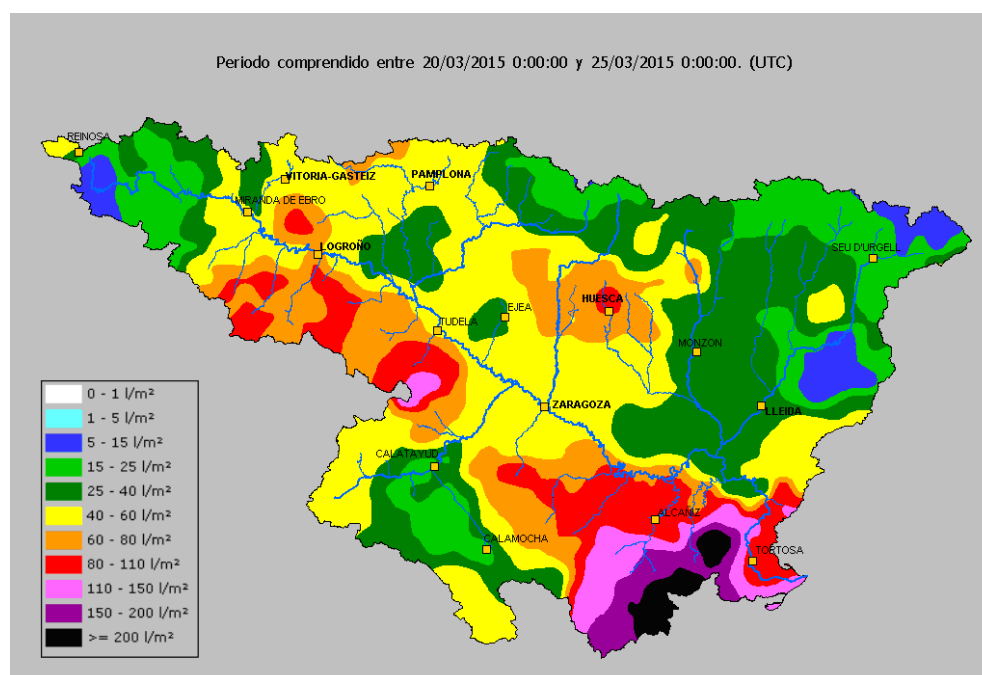
El 25 de marzo, un sistema frontal poco activo, en lo que se refiere a precipitaciones, desplazó la vaguada en altura hacia el este, alejando la inestabilidad de la Península y cortando el flujo del Mediterráneo en superficie que aportaba la humedad necesaria para la generación de precipitaciones. Este suceso puso fin a este episodio de lluvias intensas sobre la cuenca del Ebro.



Situación de los centros de presiones en superficie y en altura, junto con la corriente circumpolar, en la mañana del día 25 de marzo.

2.2 Descripción de las precipitaciones observadas.

Se muestra a continuación el mapa de cantidades de precipitación acumulada a lo largo de todo el episodio (del 20 al 24 de marzo), registrada por la red de pluviómetros del SAIH del Ebro.



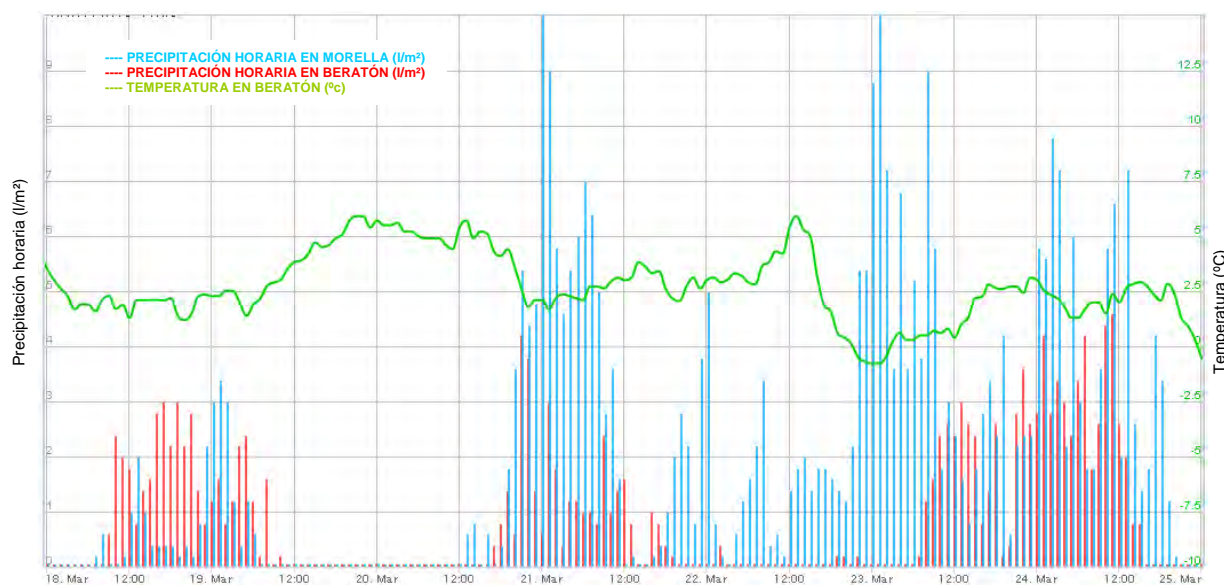
Mapa de las precipitaciones acumuladas en la cuenca del Ebro los días 20, 21, 22, 23 y 24 de marzo.

| ZONA | Precipitación Acumulada (mm) |
|---------------------------------------|------------------------------|
| Cuenca Ebro | 50 |
| Cuenca Alta Margen Izquierda | 25 |
| Cuenca Alta Margen Derecha | 25 |
| Embalses Zadorra | 40 |
| Tramo medio-bajo Zadorra | 35 |
| Cuenca Alta del Arga | 40 |
| Sistema Ibérico La Rioja (occidental) | 60 |
| Cuenca Alta del Ega | 50 |
| Zona Semi-Alta del Ebro | 50 |
| Irati | 35 |
| Aragón Bajo-Zidacos | 40 |
| Ebro Medio (del Alhama al Jalón) | 65 |
| Sistema Ibérico-Moncayo | 80 |
| Aragón-Cuenca de Yesa | 25 |
| Arbas | 50 |

| | |
|-------------------------------|-----|
| Gállego Alto | 25 |
| Gállego Medio | 45 |
| Gállego Bajo | 55 |
| Jalón Bajo | 65 |
| Jalón Alto | 40 |
| Cinca Alto | 35 |
| Guara-Cinca Medio | 40 |
| Cinca Bajo | 40 |
| Ebro Bajo (del Jalón a Flix) | 60 |
| Jiloca | 35 |
| Huerta a Martín (zonas altas) | 70 |
| Garona | 15 |
| Segre Alto | 20 |
| Segre Medio | 20 |
| Segre Bajo | 25 |
| Ciurana | 60 |
| Guadalupe Alto-Bergantes | 160 |
| Desembocadura Ebro-Matarraña | 140 |

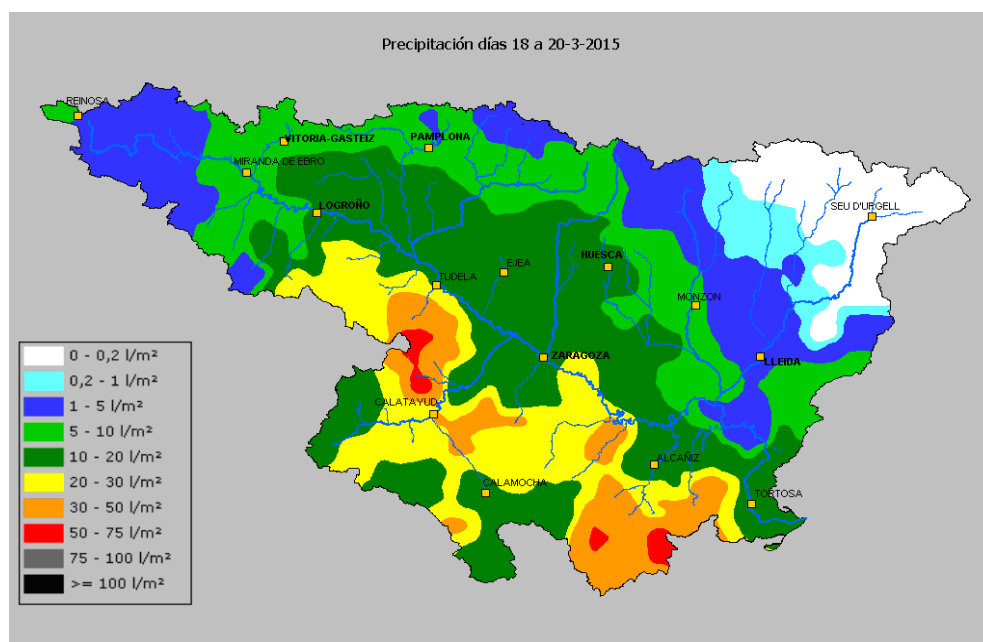
Tabla de precipitación media acumulada por zonas geográficas los días 20, 21, 22, 23 y 24 de marzo.

Se describe a continuación la evolución cronológica del evento meteorológico. En el siguiente gráfico se muestran los hietogramas de precipitación horaria de los pluviómetros de Morella (cuenca del Bergantes-Guadalupe) y Beratón (cuenca del Isuela-Jalón), junto con la temperatura en el termómetro de Beratón, situado a unos 1400 msnm.



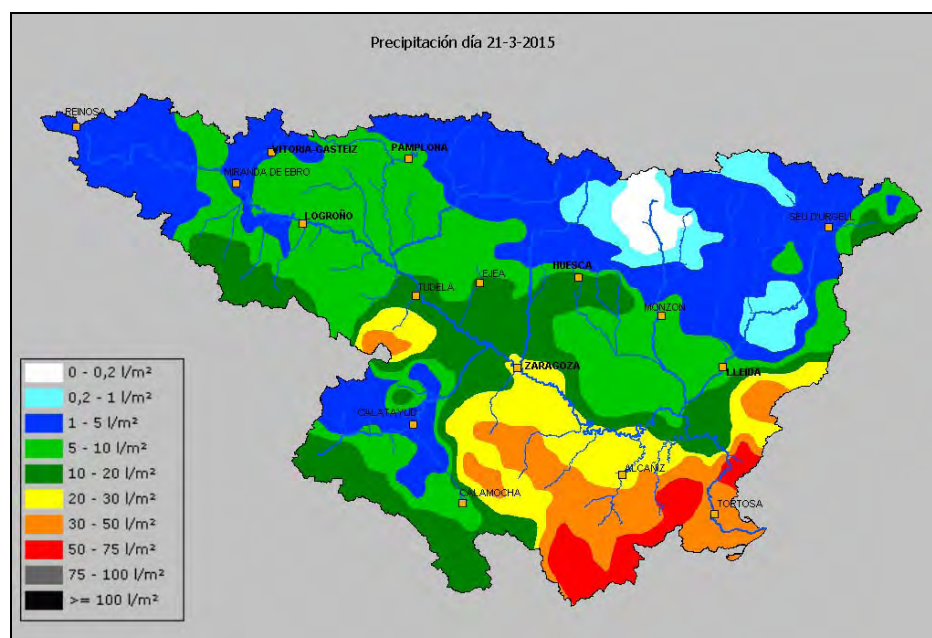
Evolución de la temperatura en Beratón (1400 msnm) y la precipitación horaria en Morella (cabecera del Bergantes) y Beratón (cabecera del Isuela) entre el día 18 y el 25 de marzo.

- *Del 18 al 20 de marzo:* los días 18 y 19 se produjeron precipitaciones de intensidad débil o moderada en prácticamente toda la cuenca del Ebro. En la margen derecha el promedio de los acumulados fue de 20-40 l/m², mientras que en la margen izquierda fue de 5-20 l/m². La cota de nieve se situó, en el Sistema Ibérico, por encima de los 1500 msnm.



Mapa de las precipitaciones acumuladas en la cuenca del Ebro entre los días 18, 19 y 20 de marzo

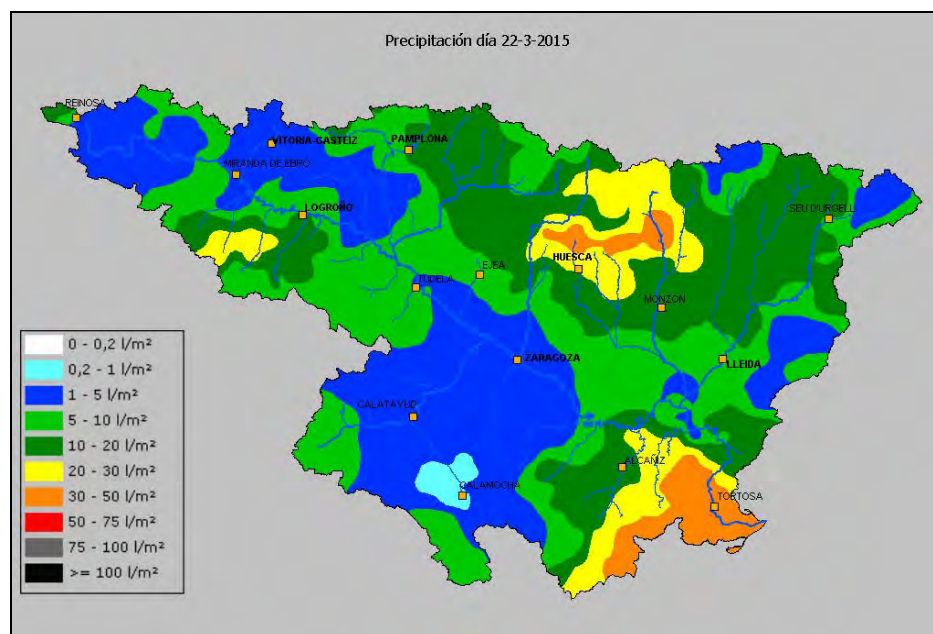
- *21 de marzo:* este día se produjeron precipitaciones de intensidad moderada, localmente fuerte, fundamentalmente en los dos tercios más meridionales de la cuenca del Ebro. En el cuadrante sureste de la cuenca del Ebro y en el área del Moncayo se recogieron en promedio entre 30 y 50 l/m², aunque en las cabeceras de las cuencas del Guadalope y Matarraña los acumulados superaron los 50 l/m². En el resto de la cuenca del Ebro apenas se superaron los 10 l/m². La cota de nieve se situó, en la margen derecha, por encima de los 1500 msnm.



Mapa de las precipitaciones acumuladas en la cuenca del Ebro el día 21 de marzo

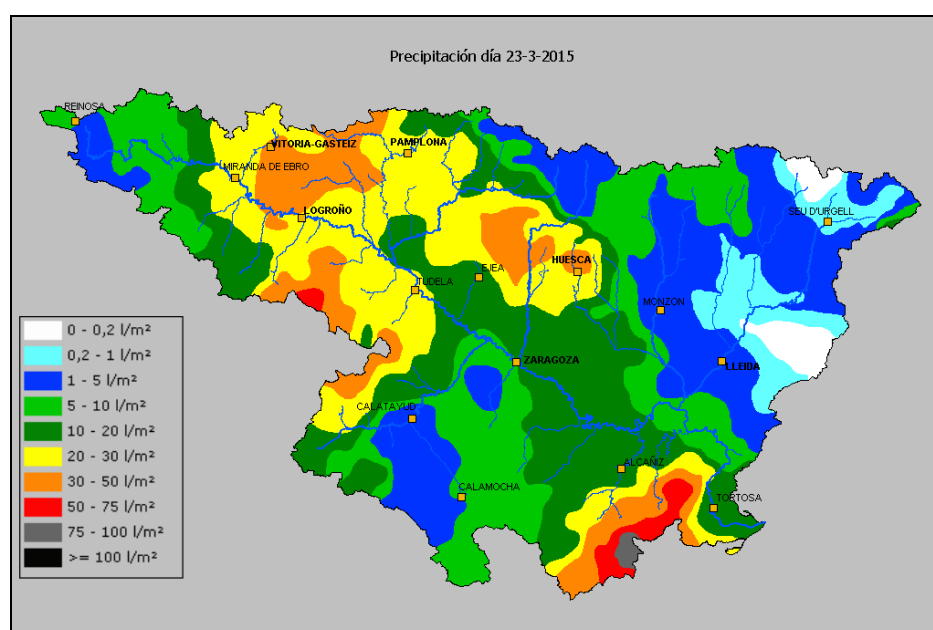
- *22 de marzo:* este día se redujeron las precipitaciones y se concentraron en la mitad oriental de la cuenca del Ebro y en el Sistema Ibérico de la Rioja. En el Prepirineo aragonés y en las cuencas del Guadalope y Matarraña se llegaron a superar los 30 l/m², en la Ibérica riojana los 20 l/m² y en el resto de la mitad oriental de la cuenca los

acumulados fueron de 5-20 l/m². La cota de nieve se mantuvo entre los 1500 y los 2000 msnm en la margen derecha del Ebro



Mapa de las precipitaciones acumuladas en la cuenca del Ebro el día 22 de marzo

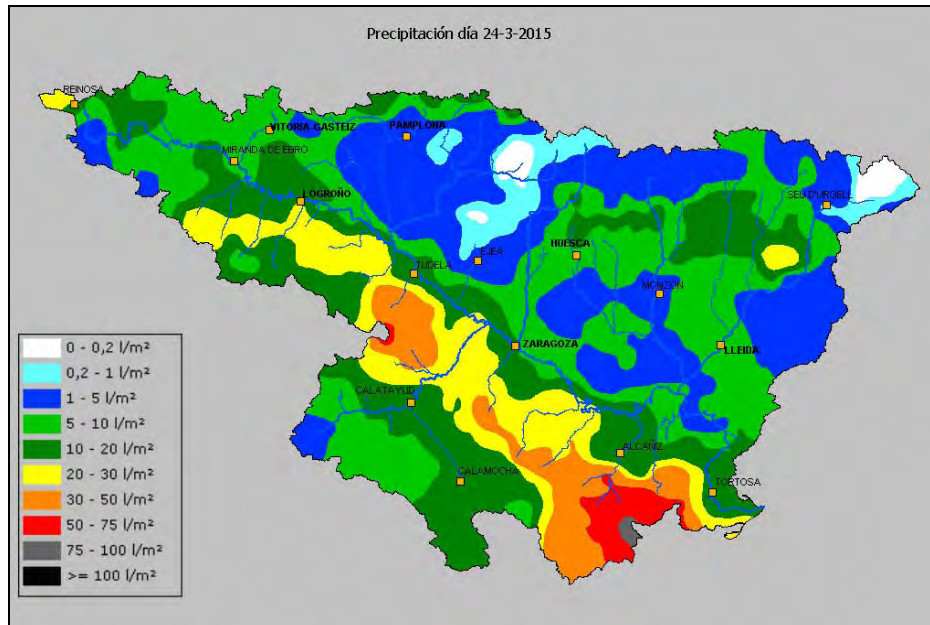
- *23 de marzo:* este día volvieron a generalizarse las precipitaciones y a aumentar la intensidad de los chubascos. En las cuencas del Zadorra, Ega, Arga, Iregua, Leza, Cidacos, Alhama, entorno del Moncayo, Prepirineo de Huesca se recogieron, en promedio, entre 20 y 40 l/m², mientras que en las cabeceras de las cuencas del Guadalope y Matarraña volvieron a recogerse más de 50 l/m². En el resto de la cuenca del Ebro no se alcanzaron los 20 l/m². La cota de nieve bajó hasta los 1300 msnm.



Mapa de las precipitaciones acumuladas en la cuenca del Ebro el día 23 de marzo

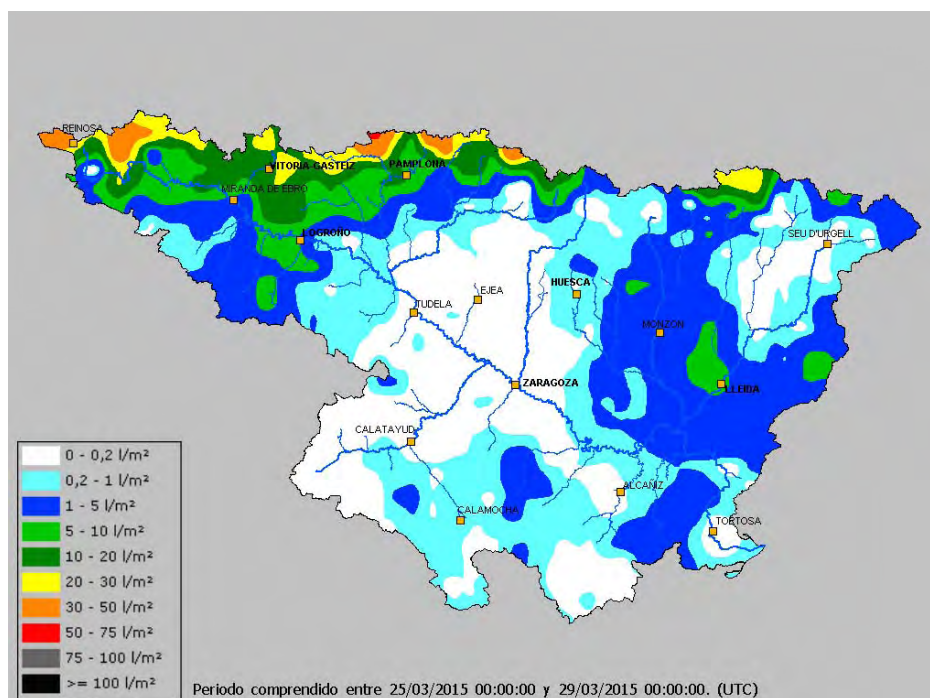
- *24 de marzo:* este día volvieron a repetirse las precipitaciones de intensidad moderada, localmente fuerte, en la margen derecha del Ebro. Los acumulados en las cabeceras de las cuencas del Guadalope y Matarraña superaron los 50 l/m², mientras que en las de las

cuencas del Martín, Aguasvivas, Huerva, Isuela y Huecha se registraron entre 30 y 50 l/m². En el resto de la cuenca del Ebro apenas se superaron los 10 l/m². La cota de nieve volvió a subir por encima de los 1500 msnm.



Mapa de las precipitaciones acumuladas en la cuenca del Ebro el día 24 de marzo

- El día 25 de marzo las precipitaciones remitieron en toda la margen derecha de la cuenca del Ebro, por lo que, desde el punto de vista de las crecidas de los afluentes del Sistema Ibérico, en este día puede darse por concluido el evento meteorológico. Sin embargo, en la margen izquierda, las precipitaciones persistieron (aunque más débiles) en el cuadrante noroeste de la cuenca durante los días 25, 26, 27 y 28.

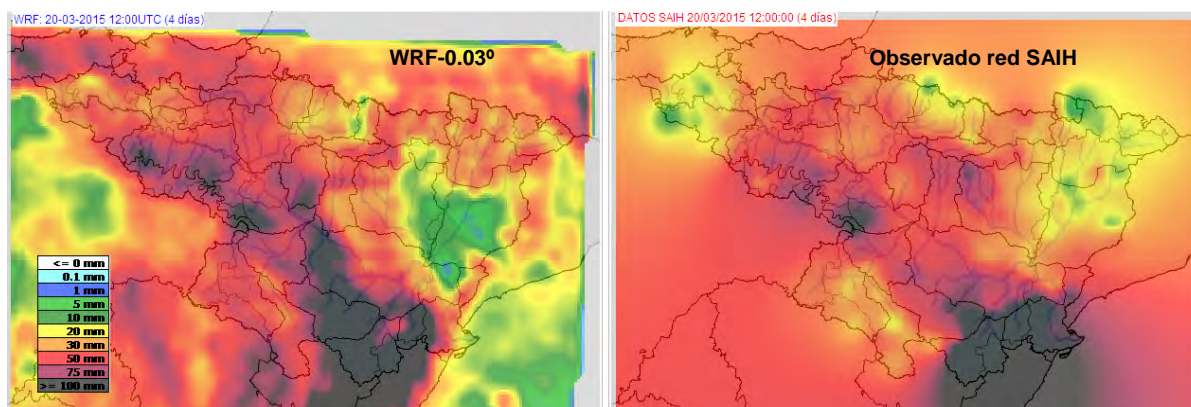


Mapa de las precipitaciones acumuladas en la cuenca del Ebro el día 25, 26, 27 y 28 de marzo

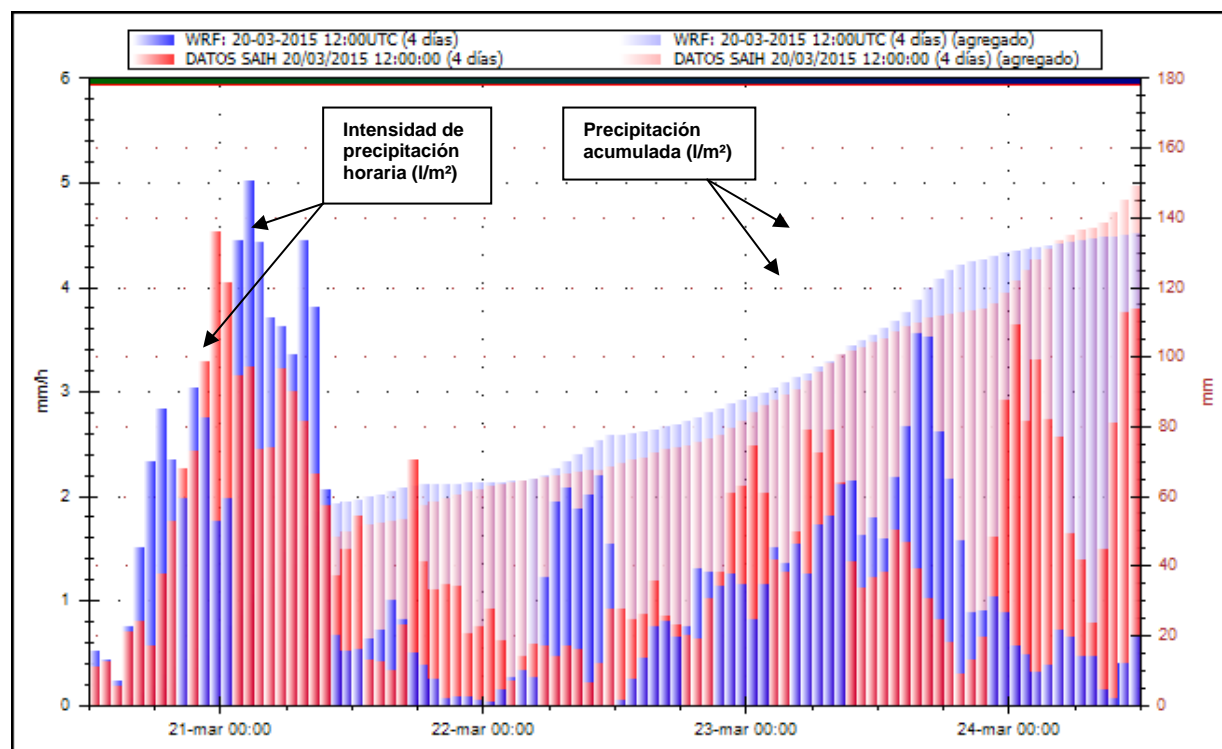
2.3 Descripción de las previsiones meteorológicas disponibles y los avisos asociados a ellas.

Se muestra a continuación unas imágenes comparativas de las precipitaciones acumuladas previstas para los días 21, 22, 23 y 24 de marzo, según los modelos WRF-0.03° y HIRLAM-0.16°, en comparación con las precipitaciones reales registradas por el SAIH.

En primer lugar, el modelo meteorológico WRF-0.03°:



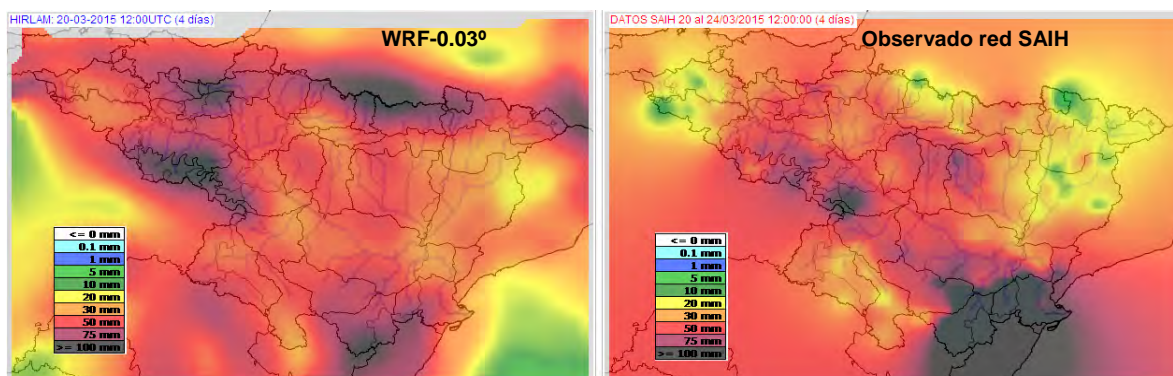
Comparativa de la precipitación prevista por el modelo WRF-0.03° y observada por la red SAIH entre los días 21 y 24 de marzo.



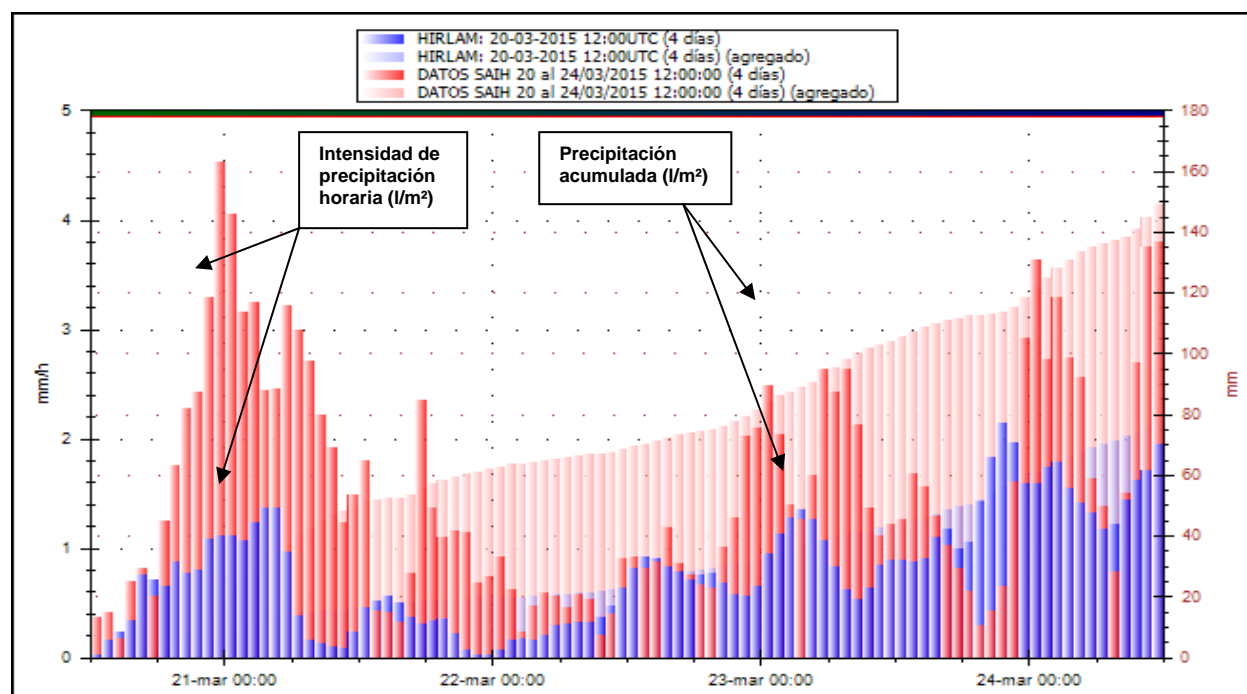
Comparativa de la precipitación (isoyetas) prevista por el modelo WRF-0.03° (Azul) y observada por la red SAIH (Rojo) entre los días 21 y 24 de marzo para la zona de la cuenca del Bergantes

Tanto a nivel de cuenca completa, como a nivel de las cuencas del Guadalope y el Matarraña, los hietogramas de precipitación previstos por el modelo WRF-0.03° se ajustaron bien a los observados por la red SAIH. La distribución geográfica de las lluvias fue muy similar, las intensidades de la precipitación también y quizás, donde hubo algunas diferencias, fue en la distribución temporal de las lluvias en algunos momentos (días 23 y 24).

Se compara ahora el modelo HIRLAM-0.16° con los datos registrados.



Comparativa de la precipitación prevista por el modelo HIRLAM-0.016° y observada por la red SAIH entre los días 21 y 24 de marzo.



Comparativa de la precipitación (isoyetas) prevista por el modelo HIRLAM-0.16° (Azul) y observada por la red SAIH (Rojo) entre los días 21 y 24 de marzo para la zona de la cuenca del Bergantes

En cuanto al modelo HIRLAM-0.16°, la distribución espacial de las precipitaciones previstas difirió de la de las precipitaciones observadas. La precipitación prevista fue sustancialmente menor que la real en las cuencas del Bergantes y Matarraña, y en el Prepirineo oscense. Sin embargo, fue claramente superior en el Sistema Ibérico de la Rioja, en el Pirineo, en la cuenca alta del Ebro y en las cuencas del Ega y del Arga. En conjunto, para toda la cuenca del Ebro, el modelo HIRLAM predijo cantidades de lluvia mayores que las que tuvieron lugar. Otro aspecto a destacar es que la intensidad de las precipitaciones previstas por el modelo HIRLAM fue muy inferior (apenas llegó al 50%) a la de las precipitaciones reales.

Como conclusión, el modelo WRF-0.03°, que es el modelo que utilizó el SAD para elaborar sus previsiones hidrológicas, ofreció unos datos de precipitación prevista que se ajustaron bien a los datos reales. Por el contrario, las previsiones del HIRLAM-0.16° resultaron deficientes, y no habrían dado lugar a unas previsiones de caudal de suficiente calidad.

Activación de alertas de AEMet

Las previsiones meteorológicas disponibles en aquel momento activaron alertas meteorológicas tanto por parte de la AEMet, como de EFAS (European Flood Awareness System).

Por parte de la AEMet, los días 20 y 21 se activaron alertas amarillas por lluvia acumulada de entre 40 y 60 mm en 12 horas en el interior norte de la provincia de Castellón, en el Bajo Aragón de Teruel y en el prelitoral de Tarragona. Entre los días 22 y 24 se activaron alertas naranjas por lluvia acumulada de 80-100 mm en 12 horas en Navarra y amarillas por lluvia acumulada de entre 40 y 60 mm en 12 horas en las comunidades de Aragón, Valencia y Cataluña.

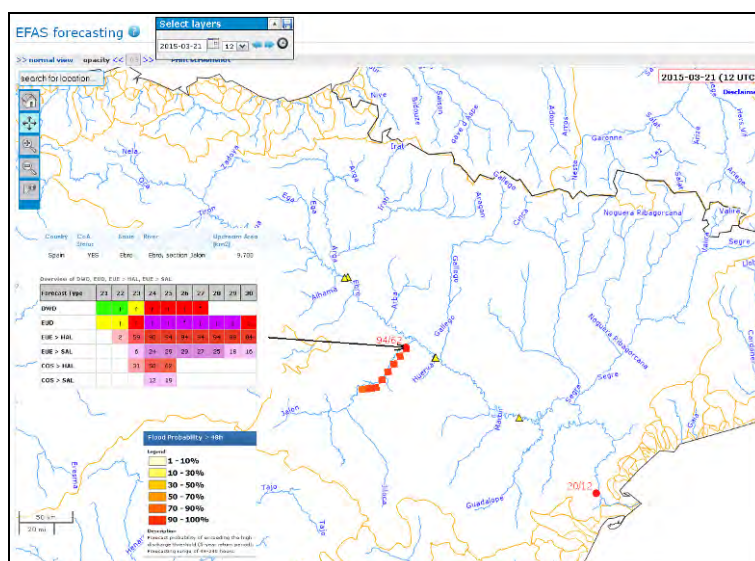
Activación de alertas de EFAS (European Flood Awareness System)

El sistema de alerta por riesgo de inundación europeo EFAS, a través de su página web, también activó avisos por riesgo de inundación el día 21 de Marzo para la cuenca del Jalón para los días 24 a 28 de Marzo y el día 25 de Marzo en el tramo de desembocadura del Ebro para los días 26 a 30 de Marzo.

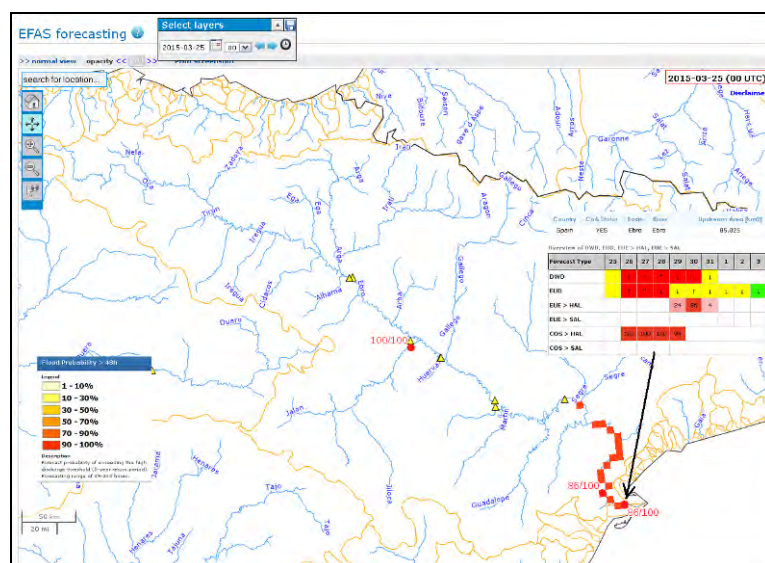
Para la cuenca del Jalón, hubo un aviso oficial de EFAS por una alta probabilidad de inundación para su tramo medio-bajo desde el 22 de Marzo en adelante. En base a la previsión del 21 de Marzo, más del 49% de las EPS (Previsiones por conjuntos) del VAREPS (EPS ECMWF Resolución Variable) exceden el nivel alto (>5 años de periodo de retorno) y más del 6% de las EPS del COSMO (www.cosmo-model.org) exceden el nivel severo (>20 años de periodo de retorno). Comparado con la media del modelo VAREPS, el modelo determinista ECMWF (www.ecmwf.int) es más bajo y el modelo determinista DWD (www.dwd.de) es más bajo también.

Para el tramo bajo del Ebro, EFAS alertó de riesgos superiores a un 70% de que se produjeran crecidas de periodo de retorno superior a 5 años, referidas al régimen natural.

Se muestran a continuación los mapas de riesgo ofrecidos por EFAS los días 21 y 25 de Marzo:



Mapa de alertas EFAS para el día 21



Mapa de alertas EFAS para el día 25

3 HIDROLOGÍA.

3.1 Niveles y caudales en estaciones de aforo.

La situación meteorológica descrita en el apartado anterior dio lugar a crecidas, de diversa magnitud, en prácticamente todos los afluentes de la margen derecha del Ebro situados entre la cuenca del Tirón y la desembocadura del Ebro. Además, en la margen izquierda, también se registraron crecidas en los ríos Zadorra, Arga, Ega, Irati, Aragón, Arba, Gállego y Alcanadre. Como consecuencia de todo ello, el tramo medio del Ebro también experimentó caudales importantes. De todas éstas hay que destacar la avenida del río Guadalope, asociada a un periodo de retorno de 25 años o incluso algo mayor. También fueron extraordinarias, aunque de menor periodo de recurrencia, las crecidas de los ríos Leza, Cidacos, Alhama, Huecha, tramo bajo del Jalón (y sus afluentes Manubles e Isuela) y tramo bajo del Matarraña. En general, las crecidas de los afluentes de la margen izquierda del Ebro estuvieron por debajo del umbral de la Máxima Crecida Ordinaria (MCO), aunque generaron, a su vez, la crecida del propio río Ebro que, en Castejón de Navarra, pasó de 400 m³/s el día 22 hasta los 1500 m³/s de caudal punta el día 24. En el tramo bajo del Ebro, el sistema de embalses Mequinenza-Ribarroja-Flix tuvo un caudal punta de entrada cercano a los 1800 m³/s, mientras que el caudal desembalsado máximo fue de 1400 m³/s.

Analizando el volumen total circulante por la cuenca, por la estación de aforos 9027 Ebro en Tortosa, entre el 23 de marzo y el 7 de abril, ambos incluidos, circularon por este punto 1479 hm³. Se describe a continuación la evolución cronológica de la avenida.

Cronología del evento:

- *Del 18 al 20 de Marzo:* aún a pesar de las precipitaciones producidas en estas tres jornadas, los caudales permanecieron estables o, incluso, en ligero descenso a causa de que, en las cuencas afectadas, las condiciones del terreno eran de extrema sequedad, puesto que, desde inicio de diciembre hasta mediados de marzo (3 meses y medio), apenas se habían llegado a registrar cantidades de precipitación de 40-80 l/m².
- *21 de Marzo:* desde la madrugada se observan aumentos de caudal importantes en los tramos altos de los ríos de las cuencas del Guadalope, Matarraña y en todos los afluentes del tramo

de desembocadura del Ebro, así como, en el Huerva y, en menor medida, el Martín. Los caudales punta se registran al final de esta jornada, siendo los más altos los correspondientes a los ríos Bergantes, Matarraña y Algás (100-150 m³/s).

- *22 de Marzo:* las intensidades de las precipitaciones que se produjeron en esta jornada no fueron lo suficientemente altas como para generar repuntes de caudal superiores a los que tuvieron lugar en la jornada previa, de modo que los caudales permanecieron estables o con ligeras fluctuaciones e, incluso, en ligero descenso en aquellos ríos que ya habían crecido.
- *23 de Marzo:* este día se producen crecidas en los ríos de las cuencas del Guadalope y Matarraña más importantes que las del día 21. Durante la segunda mitad del día comienzan también a aumentar sensiblemente los caudales de los ríos de las cuencas del Arga, Ega, Sistema Ibérico de La Rioja, entorno del Moncayo y cuencas medias del Gállego y Aragón. El río Ebro a su paso por Castejón aumenta su caudal de 450 a 750 m³/s.
- *24 de Marzo:* este fue el día más crítico de todo el episodio, cuando se alcanzaron caudales muy importantes en los ríos de la cuenca del Guadalope (que obligan a continuar gestionando los embalses de Calanda y Caspe) y Matarraña, además de en los ríos Leza, Alhama, Cidacos, Huecha, tramos medio y bajo del Jalón y en el Huerva. El valor máximo de la crecida del Ebro llega Castejón al final de la jornada, con un caudal próximo a los 1500 m³/s, mientras que se aumenta el desembalse del sistema Mequinenza-Ribarroja-Flix de 700 a 1400 m³/s.
- *Del 25 de Marzo al 2 de Abril:* el día 25 empieza a disminuir el caudal de todos los ríos de la cuenca a excepción del tramo bajo del Ebro, donde, debido al desembalse controlado de Ribarroja-Flix, continúan circulando caudales cercanos a los 1400 m³/s. Este desembalse se prolonga hasta el día 1 de abril, momento en el que se da por finalizado el episodio.

Se presenta a continuación la tabla de caudales máximos registrados:

| Código aforo | Nombre de la estación de aforo | Hmáx registrado (m) | Qmáx que se estimó en tiempo real (m ³ /s) | Qmáx corregido después de análisis (m ³ /s) | Fecha del máximo | Clasificación de la crecida | T estimado de Qmáx respecto a avenidas naturales (periodo de retorno en años) |
|--------------|--------------------------------|---------------------|---|--|-------------------|-----------------------------|---|
| 9165 | Bayas en Miranda | 1.96 | 66.9 | 66.9 | 24/03/2015 07:00 | ordinaria | |
| 9315 | Zadorra en Mendivil | 2.03 | 28.1 | 28.1 | 25/03/2015 23:00 | ordinaria | |
| 9314 | Alegría en Vitoria | 2.58 | 38 | 38 | 24/03/2015 01:30 | ordinaria | |
| 9317 | Zadorra en Abetxuko | 3.81 | 81.4 | 81.4 | 24/03/2015 04:00 | ordinaria | |
| 9075 | Ayuda en Berantevilla | 1.76 | 44.3 | 44.3 | 24/03/2015 05:00 | ordinaria | |
| 9074 | Zadorra en Arce | 2.25 | 162.4 | 162.4 | 24/03/2015 13:00 | ordinaria | |
| 9070 | Urederra en Eraul | 3.10 | 64.2 | 64.2 | 24/03/2015 08:45 | ordinaria | |
| 9071 | Ega en Estella | 3.38 | 147 | 147 | 24/03/2015 12:00 | máx. ordinaria | 2.5 |
| 9003 | Ega en Andosilla | 3.26 | 171.8 | 171.8 | 24/03/2015 20:00 | máx. ordinaria | 2.5 |
| 9068 | Araquil en Asiaín | 3.39 | 270.2 | 270.2 | 24/03/2015 04:15 | ordinaria | |
| 9067 | Ulzama en Olave | 1.35 | 53 | 53 | 24/03/2015 02:45 | ordinaria | |
| 9159 | Arga en Huarte | 1.21 | 32.7 | 32.7 | 24/03/2015 01:15 | ordinaria | |
| 9313 | Arga en Burlada | 1.86 | 84.1 | 84.1 | 24/03/2015 03:015 | ordinaria | |
| 9270 | Elorz en Pamplona | 2.05 | 45.4 | 45.4 | 23/03/2015 19:30 | ordinaria | |
| 9069 | Arga en Etxauri | 3.17 | 442.9 | 442.9 | 24/03/2015 06:00 | ordinaria | |
| 9084 | Salado en Alloz | 0.88 | 12 | 12 | 25/03/2015 14:00 | ordinaria | |

| | | | | | | | |
|------|---------------------------------|------|-------|-------|------------------|----------------|---------|
| 9004 | Arga en Funes | 3.42 | 458.6 | 458.6 | 24/03/2015 14:30 | ordinaria | |
| 9264 | Irati en Aos | 1.16 | 102.4 | 102.4 | 24/03/2015 00:30 | ordinaria | |
| 9064 | Salazar en Aspurz | 1.43 | 39.8 | 39.8 | 24/03/2015 03:00 | ordinaria | |
| 9065 | Irati en Liédena | 2.50 | 205.5 | 205.5 | 24/03/2015 03:15 | ordinaria | |
| 9063 | Esca en Sigües | 1.52 | 38.1 | 38.1 | 24/03/2015 00:30 | ordinaria | |
| 9282 | Aragón en Martes | 0.73 | 47.8 | 47.8 | 23/03/2015 20:45 | ordinaria | |
| 9101 | Aragón pie presa Yesa | 0.82 | 52.4 | 52.4 | 23/03/2015 14:45 | ordinaria | |
| 9005 | Aragón en Caparrosos | 2.28 | 329.1 | 329.1 | 24/03/2015 08:15 | ordinaria | |
| 9290 | Arba Luesia en Ejea | 3.45 | 55.6 | 55.6 | 24/03/2015 07:30 | ordinaria | |
| 9260 | Arba Luesia en Tauste | 3.24 | 110.8 | 110.8 | 24/03/2015 23:30 | ordinaria | |
| 9209 | Gállego en Zuera | 1.79 | 144.4 | 144.4 | 24/03/2015 16:00 | ordinaria | |
| 9089 | Gállego en Zaragoza | 2.51 | 150.4 | 150.4 | 24/03/2015 20:00 | ordinaria | |
| 9033 | Alcanadre en Peralta de Alcofea | 1.08 | 17.7 | 17.7 | 23/03/2015 20:00 | ordinaria | |
| 9094 | Flumen en Albalatillo | 1.07 | 30.8 | 30.8 | 24/03/2015 05:30 | ordinaria | |
| 9193 | Alcanadre en Ballobar | 1.09 | 35.5 | 35.5 | 24/03/2015 09:00 | ordinaria | |
| 9281 | Tirón en Haro | 2.12 | 79 | 79 | 25/03/2015 03:30 | ordinaria | |
| 9038 | Najerrilla en Torremontalbo | 1.52 | 54.6 | 54.6 | 25/03/2015 03:00 | ordinaria | |
| 9036 | Iregua en Islallana | 1.19 | 69.9 | 69.9 | 24/03/2015 19:00 | ordinaria | |
| 9197 | Leza en Leza | 1.27 | 40.6 | 40.6 | 24/03/2015 17:45 | extraordinaria | 3.5 - 5 |
| 9253 | Cidacos en Arnedillo | 1.69 | 80.3 | 80.3 | 24/03/2015 07:45 | extraordinaria | 10 |
| 9185 | Alhama en Cintruénigo | 2.53 | 137.3 | 137.3 | 24/03/2015 13:00 | extraordinaria | 10 |
| 9139 | Linares en Igea | 2.07 | 167 | 110 | 24/03/2015 07:30 | extraordinaria | 10 |
| 9251 | Alhama en Cervera | - | - | - | - | - | |
| 9174 | Queiles en los Fayos | 0.66 | 5.3 | 5.3 | 24/03/2015 15:00 | ordinaria | |
| 9175 | Queiles en Tudela | 0.70 | - | - | 24/03/2015 20:30 | ordinaria | |
| 9292 | Huecha en Cortes | 2.21 | 22.4 | 28 | 24/03/2015 18:45 | extraordinaria | 5 |
| 9057 | Deza en Embid | 0.73 | 1.53 | 1.53 | 24/03/2015 20:15 | ordinaria | |
| 9288 | Carabán en Carabantes | - | - | - | 23/03/2015 18:00 | - | |
| 9287 | Manubles en Bijuesca | 2.15 | 26.3 | 26.3 | 24/03/2015 18:00 | extraordinaria | 5 - 10 |
| 9184 | Manubles en Ateca | 1.42 | 32 | 32 | 25/03/2015 00:30 | máx. ordinaria | 5 |
| 9236 | Aranda en cola Maidevera | 0.95 | 5.8 | 5.8 | 24/03/2015 15:15 | máx. ordinaria | 5 |
| 9294 | Pedreñas en Maidevera | 1.05 | 10.2 | 10.2 | 24/03/2015 11:30 | máx. ordinaria | 5 |
| 9238 | Aranda en pie presa Maidevera | 0.71 | 4 | 4 | 26/03/2015 11:00 | ordinaria | |
| 9261 | Isuela en Trasobares | 1.57 | 51.7 | 30 | 24/03/2015 14:45 | extraordinaria | 10 |
| 9055 | Jiloca en Morata de Jiloca | 0.78 | 12.5 | 12.5 | 25/03/2015 07:00 | ordinaria | |
| 9307 | Jalón en Cetina | 0.96 | - | - | 24/03/2015 23:30 | ordinaria | |
| 9126 | Jalón en Ateca | 0.86 | 15 | 15 | 24/03/2015 18:30 | ordinaria | |
| 9266 | Jalón en Calatayud | 2.77 | 73.8 | 73.8 | 25/03/2015 07:15 | máx. ordinaria | 5 |
| 9278 | Jalón en Chodes | 2.85 | 80.2 | 80.2 | 25/03/2015 05:45 | máx. ordinaria | 5 |
| 9087 | Jalón en Grisén | 4.08 | 105 | 105 | 26/03/2015 14:30 | extraordinaria | 5 - 10 |
| 9215 | Huerva en Cerveruela | 1.17 | 20.4 | 40 | 24/03/2015 21:30 | extraordinaria | 7 - 10 |
| 9124 | Huerva en pie presa las Torcas | 0.92 | 45 | 37 | 25/03/2015 06:15 | máx. ordinaria | 7 |
| 9105 | Huerva en pie presa Mezalocha | 1.25 | 38 | 38 | 25/03/2015 13:00 | ordinaria | |
| 9216 | Huerva en Zaragoza | 1.72 | 24.8 | 24.8 | 26/03/2015 08:30 | ordinaria | |
| 9106 | Guadalupe pie presa Santolea | 1.67 | 97.2 | 97.2 | 24/03/2015 17:45 | extraordinaria | 10 |
| 9302 | Bergantes en Villoros | 4.17 | - | - | 24/03/2015 06:15 | - | |

| | | | | | | | |
|------|--|------|-------|--------|------------------|----------------|---------|
| 9031 | Bergantes en Zorita | 4.40 | 500.4 | 500.4 | 24/03/2015 08:15 | extraordinaria | 25 - 50 |
| 9099 | Guadalupe en Caspe | 4.26 | 484.4 | 484.4 | 25/03/2015 12:45 | extraordinaria | 25 |
| 9113 | Figuerales en Valderrobres | 0.55 | 0.8 | 3 | 24/03/2015 20:30 | ordinaria | |
| 9110 | Pena en Beceite | 0.99 | 46.2 | 30 | 24/03/2015 21:30 | máx. ordinaria | 7 |
| 9109 | Pena en Valderrobres (prie presa Pena) | 1.04 | 20.1 | 20.1 | 24/03/2015 21:30 | ordinaria | |
| 9052 | Matarraña en Beceite | 1.11 | 30.1 | 30.1 | 24/03/2015 14:30 | ordinaria | |
| 9297 | Ulldemó en Beceite | 1.63 | 38.3 | 38.3 | 23/03/2015 09:00 | ordinaria | |
| 9176 | Matarraña en Nonaspe | 2.32 | 538.6 | 252.6 | 25/03/2015 06:15 | extraordinaria | 10 |
| 9153 | Algas en Horta de San Juan | 2.18 | 132.3 | 132.3 | 23/03/2015 20:15 | ordinaria | |
| 9177 | Algas en Batea | 1.86 | 123.4 | 123.4 | 23/03/2015 15:15 | ordinaria | |
| 9001 | Ebro en Miranda de Ebro | 3.15 | 413.8 | 413.8 | 27/03/2015 14:00 | ordinaria | |
| 9280 | Ebro en Logroño | 3.19 | 659 | 659 | 27/03/2015 23:30 | ordinaria | |
| 9120 | Ebro en Mendavia | 3.58 | 697 | 697 | 28/03/2015 04:30 | ordinaria | |
| | Confluencia Ebro y Aragón | - | - | 1525 | - | ordinaria | |
| 9002 | Ebro en Castejón de Ebro | 6.09 | 1355 | 1399.5 | 24/03/2015 21:00 | ordinaria | |
| 9284 | Ebro en Tudela | 3.43 | 1441 | 1468 | 25/03/2015 04:00 | ordinaria | |
| 9285 | Ebro en Novillas | 5.84 | - | - | 25/03/2015 12:30 | ordinaria | |
| 9286 | Ebro en Alagón | 6.18 | - | - | 26/03/2015 11:45 | ordinaria | |
| 9311 | Ebro en Zaragoza (A-2) | 6.40 | 1385 | 1385 | 27/03/2015 06:00 | ordinaria | |
| 9011 | Ebro en Zaragoza | 4.06 | 1380 | 1382.2 | 27/03/2015 07:00 | ordinaria | |
| 9163 | Ebro en Ascó | 4.33 | 1445 | 1445 | 24/03/2015 20:15 | ordinaria | |
| 9027 | Ebro en Tortosa | 4.67 | 1449 | 1449 | 25/03/2015 09:30 | ordinaria | |

Tabla de niveles y caudales máximos en estaciones de aforo en este episodio y periodo de recurrencia asociado.

Los datos presentados en la tabla son datos registrados por las estaciones de aforo de la Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA), que son los ofrecidos por el SAIH en tiempo real.

Para la estimación de los periodos de retorno (T) asociados a los caudales máximos que figuran en la tabla, se han tomado en general, como referencia, los caudales característicos estimados por el SNCZI (Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables) en el Mapa de Caudales Máximos (CAUMAX) elaborado por el CEDEX. Hay que tener en cuenta que las referencias se establecen para caudales de avenida restituidos al régimen natural, es decir, los caudales máximos anuales utilizados para elaborar la estadística, han sido previamente calculados en régimen natural, admitiendo un 20% de laminación como máximo en los datos foronómicos que constituyen la base del CAUMAX. Por tanto, si a un caudal, en una estación, se le asigna un periodo de retorno de 5 años, significa que, en promedio, cada 5 años, en ese punto del río, considerando su cuenca vertiente **en régimen natural (eliminando sus embalses)**, se registraría una avenida con un caudal igual o superior a ese caudal.

Los datos de caudal no se miden directamente, sino que se calculan a partir del nivel observado, utilizando una tabla de gasto (altura-caudal). Esta tabla se va ajustando, con el paso de los años, para adaptarse a los cambios naturales de la sección del río. En la tabla, los caudales estimados en tiempo real son los que se presentaron en la página web durante el episodio y, a priori, eran los mejores que podían ofrecerse en ese momento. Es bastante habitual que, durante un evento de avenida importante, se altere la morfología del cauce y sea necesario reajustar la tabla. Una vez terminado el episodio, los técnicos de la CHE analizan los hidrogramas de avenida estableciendo balances con los de los aforos situados aguas arriba y aguas abajo, comparando los volúmenes circulantes, contrastando los caudales estimados con los caudales obtenidos por aforos directos, evaluando otros datos complementarios (pluviometría, vertidos de embalses, caudales turbinados en centrales hidroeléctricas, etc.). Estos análisis sirven para

reajustar las tablas de gasto vigentes durante el evento y corregir con ello el dato de caudal ofrecido en tiempo real (ver datos corregidos en la tabla). Aún así, los datos corregidos son susceptibles de poder ser modificados en el futuro si se considera justificado a la luz de nuevos estudios. En la siguiente tabla se exponen los motivos que justifican la corrección del caudal circulante.

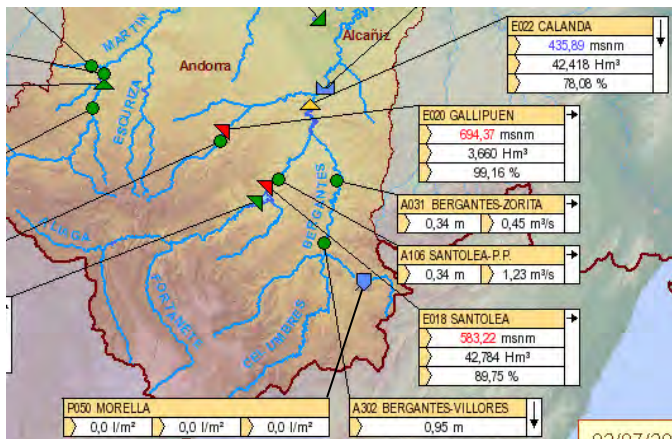
| Código de la estación de aforo | Nombre de la estación de aforo | Hmáx registrado (m) | Qmáx que se estimó en tiempo real (m ³ /s) | Qmáx corregido después de análisis (m ³ /s) | Comentarios |
|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---|--|--|
| 9139 | Linares en Igea | 2.07 | 167 | 110 | Tabla de gasto ajustada en el tramo alto después de análisis de velocidades de flujo y datos de caudal de otros aforos |
| 9292 | Huecha en Cortes | 2.21 | 22.4 | 28 | Tabla de gasto limitada originalmente hasta 2.00m, por lo que no pudo estimar el caudal máximo en tiempo real. |
| 9261 | Isuela en Trasobares | 1.57 | 51.7 | 30 | Tabla de gasto ajustada en el tramo alto después de análisis de velocidades de flujo |
| 9113 | Figuerales en Valderrobres | 0.55 | 0.8 | 3 | Tabla de gasto ajustada en el tramo alto después de análisis de velocidades de flujo |
| 9110 | Pena en Beceite | 0.99 | 46.2 | 30 | Tabla de gasto ajustada en el tramo alto después de análisis de velocidades de flujo |
| 9176 | Matarraña en Nonaspe | 2.32 | 538.6 | 252.6 | El caudal se ha estimado sobre la base de aforos directos realizados durante el episodio y el análisis de otros datos complementarios |
| | Confluencia Ebro y Aragón | - | - | 1525 | El caudal se estima sumando las aportaciones del Ebro, el Ega, el Arga, el Aragón, el Cidacos y el Alhama |
| 9002 | Ebro en Castejón de Ebro | 6.09 | 1355 | 1399.5 | Tabla de gasto modificada sobre la base de aforos directos realizados durante el episodio. Se estima que la rotura existente en la mota de la margen izquierda, situada aguas arriba del aforo, originó un flujo por la llanura de inundación que circundó la estación de aforo y que se estimó de unos 50-100 m ³ /s, que hay que sumar al caudal circulante por la estación |
| 9284 | Ebro en Tudela | 3.43 | 1441 | 1468 | Tabla de gasto ajustada en el tramo alto, pasado el episodio, sobre la base de aforos directos realizados durante la avenida |

Tabla con los motivos por los que se ha corregido el caudal estimado en tiempo real

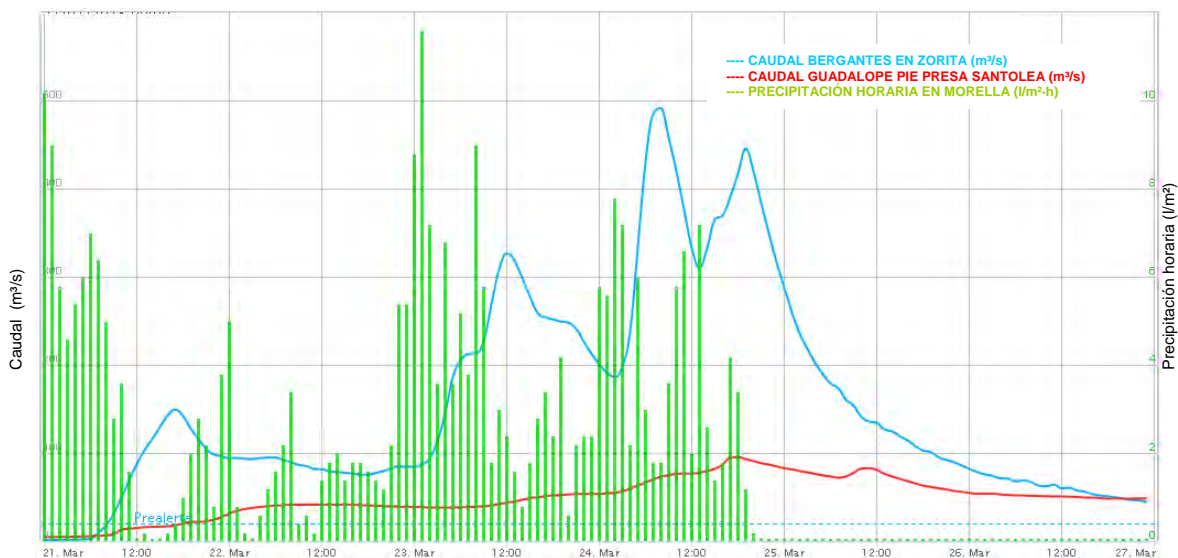
Por considerar que tiene un interés particular, se presenta a continuación una descripción más detallada de la avenida en el tramo alto del Guadalope y el Bergantes.

3.2 Descripción de la avenida por tramos en el Guadalope y el Bergantes.

Se presenta en el siguiente gráfico los hidrogramas de las estaciones de aforo 9031 Bergantes en Zorita y 9106 Guadalope a pie de presa de Santolea, junto al hietograma de precipitación de la estación pluviométrica de Morella (P050).



Mapa de la cuenca alta del Guadalope



Hietograma de precipitación horaria en Morella, junto a los hidrogramas de los aforos 9031 Bergantes en Zorita y 9106 Guadalope en pie de presa de Santolea.

Lo primero que se debe destacar es que la distribución temporal de las precipitaciones fue sumamente compleja, ya que dentro de los cuatro días en los que se produjo la precipitación se pueden distinguir hasta 4 periodos en los que se observa un incremento importante en la intensidad de la lluvia. Esto genera un hidrograma de crecida en la estación de aforos 9031, Bergantes en Zorita, que es una cuenca sin regulación, en el que pueden apreciarse hasta 4 máximos de crecida, de los cuales el tercero es el más elevado con un caudal máximo estimado de 500 m³/s. Esta complejidad dificultó en gran medida, tanto la elaboración de previsiones de caudal ajustadas antes del evento, como la gestión del embalse de Calanda, situado aguas abajo de dicha estación. A diferencia del Bergantes, este aspecto no se aprecia en el hidrograma 9106 Guadalope en pie de presa de Santolea por dos motivos: en primer lugar las precipitaciones no fueron tan abundantes en la cabecera del Guadalope como en la cabecera del Bergantes y, en segundo lugar, la presencia del embalse de Santolea, aguas arriba del aforo, laminó y atenuó la forma del hidrograma.

El otro aspecto que hay de destacar de la avenida en este tramo alto del Guadalope es el gran volumen de agua circulante, debido sobre todo a la duración de las precipitaciones. Desde el día 21 de marzo a las 00:00h hasta el 28 a las 00:00h se midieron 84.1 hm³ por el río Bergantes y 28.6 hm³ por el Guadalope. La suma de ambos, 112.7 hm³, es similar al volumen total que se puede almacenar en los embalses de Calanda y Caspe juntos, que es de 135.5 hm³ llenos al 100%. Dado que estos embalses almacenaban al comienzo del episodio 41 hm³ en

Calanda y 42 en Caspe (83 Hm³ en total), es posible hacerse a la idea de lo compleja que resultó la gestión de una avenida de más de 100 hm³, disponiendo 50 hm³ de volumen de resguardo. En el apartado de gestión de embalses se tratará con más profundidad las actuaciones acometidas por la CHE en relación a estas presas.

4 GESTIÓN DE LA AVENIDA.

El seguimiento y gestión de las crecidas lo realiza el organismo de cuenca mediante cuatro tipos de medidas principales: la gestión de embalses, los avisos (faxes, notas de prensa, etc.), las obras de emergencia y la toma de datos en campo (aforos, vigilancia y fotografía) para el apoyo de las anteriores. Las principales herramientas de gestión empleadas son el SAIH y el SAD.

4.1 Gestión de embalses.

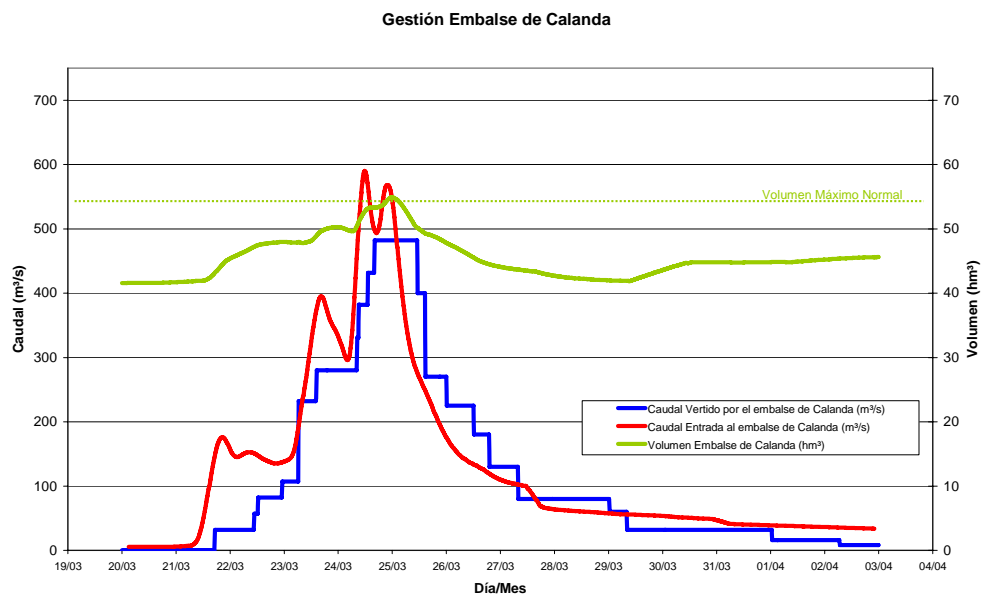
La situación de los embalses más afectados por este evento al comienzo del mismo era muy variable, con porcentajes de llenado que fluctuaban entre el 50 y el 90% en la cuenca del Guadalope, entre el 50 y 80% en la cuenca del Huerva o del 20% en el caso del embalse de Soto-Terroba en la cuenca del río Leza. Los embalses que se vieron implicados de forma importante en este episodio de avenida fueron Santolea, Puente de Santolea, Gallipuéñ, Calanda y Caspe en la cuenca del Guadalope, Las Torcas y Mezalocha en la cuenca del Huerva, Soto-Terroba en la cuenca del Leza, Pena en la cuenca del Matarraña y el sistema Mequinenza-Ribarroja-Flix, en el Ebro.

Las primeras maniobras de vertido, de carácter preventivo, comenzaron el día 21 de marzo por la tarde en los embalses de Calanda y Las Torcas, mientras que en Soto-Terroba, Caspe y en el sistema Mequinenza-Ribarroja-Flix no se inician hasta el día 23 (se debe recordar que las precipitaciones más intensas tuvieron lugar los días 23 y 24). Estas maniobras estuvieron fundamentadas en las previsiones de avenida realizadas por el SAD entre los días 20-24 y los días anteriores. Las maniobras consistieron en incrementar los vertidos de los citados embalses, antes de que llegase a ellos el máximo de la avenida, con la finalidad de ir vaciándolos parcialmente y aumentar así el volumen de resguardo disponible (o al menos mantenerlo, durante la primera parte del episodio, para disponer de él en el momento adecuado). De esta manera, la mayor parte de ellos, cuando llegó el máximo de la avenida, fueron capaces de laminarla vertiendo un caudal inferior o muy inferior al caudal entrante.

Se describe a continuación la gestión llevada a cabo en los embalses más afectados por este episodio.

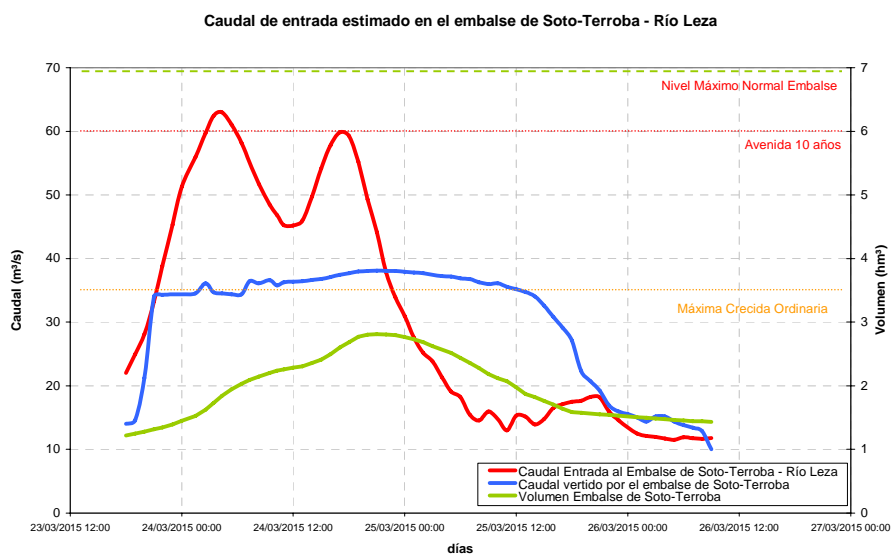
En el embalse del Calanda, la gestión se centró en tratar de disminuir los caudales máximos en las poblaciones de Castelserás y Alcañiz, siendo éstos reducidos hasta en 100 m³/s y no circulando por Alcañiz más de 500 m³/s, ya que en este tramo fluvial se estimó que con este caudal se estaba al límite de sufrir afecciones importantes.

El máximo caudal que se llegó a verter fue del entorno de 475 m³/s, mientras que el caudal entrante tuvo dos picos máximos muy cercanos a 600 m³/s.



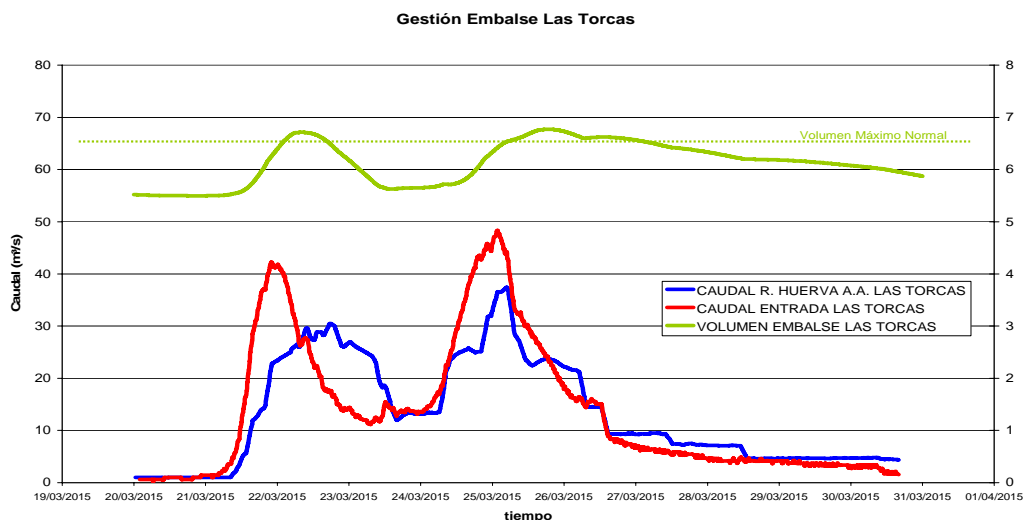
Maniobras realizadas por el embalse de Calanda durante este episodio

El embalse de Soto-Terroba, río Leza, afrontó el episodio con todo su volumen (7 hm³) útil disponible de resguardo, debido a que sus obras de construcción se encontraban en una fase en la que sólo podía tener lleno el embalse muerto, volumen de agua existente por debajo de los desagües de fondo y que no puede vaciarse de forma natural. Dado que el embalse todavía no estaba en disposición de almacenar volumen a través de maniobras de las compuertas de los órganos de desagüe, este se comportaba como una presa agujero, en las que siempre se vierte un caudal menor al de entrada, como consecuencia de que el caudal de salida está limitado por la capacidad máxima de los desagües de fondo. Este embalse y su río destacan por la importante avenida que absorbieron, estimada en dos picos máximos de caudal de más de 60 m³/s, lo que equivaldría a una avenida de periodo de retorno de 10 años. El caudal desembalsado fue de 38 m³/s, por lo que, aguas abajo del embalse la avenida apenas superó la Máxima Crecida Ordinaria (MCO).



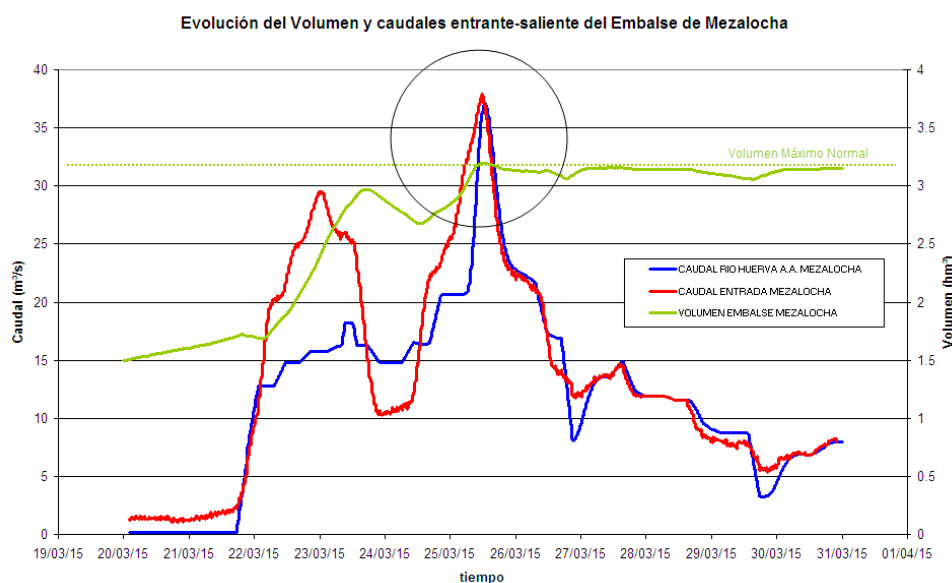
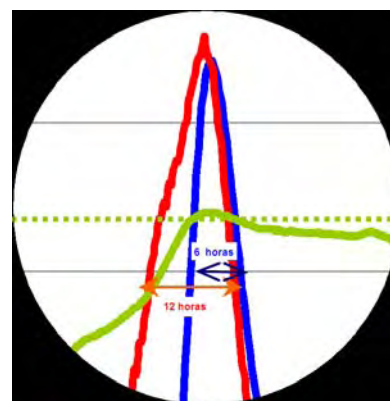
Maniobras realizadas por el embalse de Soto-Terroba durante este episodio

En el embalse de Las Torcas, la gestión se centró en tratar de disminuir los caudales máximos en todas las poblaciones que se encuentran a lo largo del río Huerva desde Tosos hasta Zaragoza, así como las entradas al embalse de Mezalocha, para que este pudiera laminarlas, minimizando su desembalse o haciéndolo menos duradero en el tiempo.



Maniobras de laminación realizadas por el embalse de Las Torcas durante este episodio

El embalse de Mezalocha, cuyo propietario es el Sindicato de Regantes de Mezalocha, pudo absorber la primera crecida de este episodio (Caudal entrada: 30 m³/s, caudal vertido: 16 m³/s), mientras que en la segunda crecida consecutiva (con un volumen almacenado mayor), se vio obligado a verter el mismo caudal que le entró, 37 m³/s, aunque durante un espacio de tiempo mucho menor. Así, en el segundo episodio, el caudal de entrada (en color rojo) estuvo entre 30 y 37 m³/s durante 12 horas, mientras que el vertido del embalse (en azul) fue de entre 30 y 37 m³/s durante 6 horas, reduciendo el volumen del hidrograma aguas abajo de Mezalocha repercutiendo en el tramo bajo del Huerva.



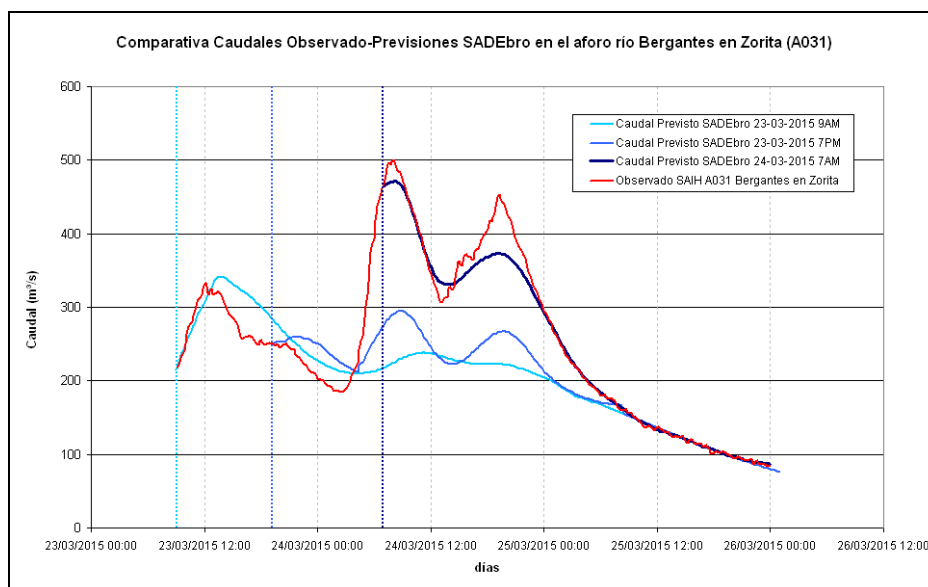
Desembalse de Mezalocha durante este episodio

4.2 Gestión de avisos.

4.2.1 Avisos a Protección Civil.

Según los protocolos actuales, la CHE activa la emisión de avisos oficiales vía fax o email, bien cuando el nivel observado en alguna estación de aforo supera su umbral de aviso, o bien cuando existe una probabilidad alta de que dicho umbral vaya a ser superado en el futuro.

En este episodio, los días previos al evento meteorológico, la CHE fue anunciando a través de la página web del SAIH, en el apartado de previsiones de caudal (elaboradas por el SAD), el incremento de caudales hasta valores extraordinarios esperado en varios afluentes de la margen derecha del Ebro, para el 23 de marzo y los días siguientes. Como ejemplo, se presenta a continuación un gráfico comparativo en el que puede apreciarse el hidrograma del río Bergantes en Zorita (Castellón), junto con las previsiones de caudal elaboradas por el sistema SAD los días 23 y 24, publicadas en la página web del SAIH.



Caudal medido en el Bergantes en Zorita frente a las previsiones de caudal publicadas por el SAD los días 23 y 24 de marzo.

En el gráfico anterior se aprecia cómo la modelización del día 23 por la mañana ya preveía una crecida importante en la cabecera de este afluente del Guadalope para la tarde del 23 de marzo con un *caudal punta* próximo a 350 m³/s. Tanto las previsiones para los días siguientes y la misma previsión del día 23 por la tarde definían nuevos repuntes de caudal de, al menos, 200-300 m³/s.

El día 22 por la tarde, desde el centro de control del SAIH, se hicieron llamadas a distintos responsables de Protección Civil de Aragón, Navarra, La Rioja y Cataluña con objeto de comunicarles, de manera oficiosa por el momento, que las previsiones hidrológicas del SAD preveían que, con una probabilidad alta, las lluvias que se venían registrando desde el día 21 y las que se esperaba que se registraran entre el 23 y 24, darían lugar a avenidas, en algunos casos de carácter extraordinario, en los cauces de sus respectivas comunidades autónomas y que, en el momento en que los niveles observados superasen los umbrales de aviso, la CHE comenzaría a emitir los avisos oficiales.

El día 23 a las 11:00h la CHE emitió el primer boletín de avisos oficiales con el siguiente texto general:

“Desde la madrugada del sábado se han registrado precipitaciones moderadas y persistentes en buena parte del cuadrante sureste de la cuenca del Ebro con acumulados que han superado los 40 l/m² de forma generalizada y amplias zonas de 150-200 l/m², sobre todo en las cuencas altas del Bergantes, Matarraña y Algás.

Las lluvias de las últimas horas han vuelto a generar crecidas en estos ríos, siendo las más importantes las que están teniendo lugar en los ríos Huerva y Bergantes.

La crecida del Bergantes es de carácter extraordinario con un caudal de 280 m³/s en la estación de aforos de Zorita y está previsto que se puedan alcanzar los 350 m³/s a lo largo de la mañana. En el embalse de Calanda el caudal entrante actual es de 250 m³/s y se prevé que puedan entrar hasta 400 m³/s con las lluvias registradas hasta ahora. El caudal vertido por el embalse ha aumentado de 125 a 250 m³/s a las 6AM, de modo que, la crecida del río Guadalope a su paso por Alcañiz alcanzará valores máximos estabilizados de carácter extraordinario durante la tarde. En función de la evolución de las precipitaciones esperadas para hoy lunes, tanto las previsiones de caudal entrante como vertido podrían verse incrementadas.

En el Huerva, la crecida, por el momento, es ordinaria con caudales estabilizados en el entorno de 16 m³/s aguas abajo del embalse de Mezalocha. Durante el sábado pasado, el embalse de Las Torcas tuvo un caudal máximo entrante de 40 m³/s, mientras el vertido máximo realizado por este embalse fue de 26 m³/s.

En la cuenca del Matarraña se alcanzaron caudales máximos ligeramente superiores a 100 m³/s durante el sábado tanto en el Matarraña en Nonaspe como en el Algás en Batea. Las lluvias de las últimas horas están volviendo a generar nuevos repuntes de caudal en ambos ríos, algo mayores que las del sábado.”

Este texto general se complementó con otros comentarios específicos dirigidos a cada comunidad autónoma y con una tabla con los datos observados para las estaciones de aforo implicadas en el evento.

| Estación | Nivel Alerta (m) | Estado | Datos Observados | | | | Previsión | | |
|--------------------------|------------------------|--------|-------------------|--------------|-------------------------------|------|------------|------------------|-----------------------------------|
| | | | Fecha | Nivel (m) | Caudal (m ³ /s) | Ten. | Fecha Max. | Nivel Max (m) | Caudal Max (m ³ /s) |
| A106 SANTOLEA-P.P. | 1,31 | NORMAL | 23/03/15 11:00 | 1,14 | 41,33 | → E | - | | |
| A031 BERGANTES-ZORITA | 2,30 | ALERTA | 23/03/15 10:45 | 3,30 | 281,00 | ↑ A | - | | |

Tabla con los datos de nivel y caudal observados y previstos remitidos por la CHE a los organismos de Protección Civil el día 23 de Marzo a las 11:08h.

Los destinatarios de este primer aviso fueron la DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS, SOS-ARAGÓN 112, DELEGACIÓN GOBIERNO EN ARAGÓN y PROTECCIÓN CIVIL DE TERUEL.

En total, a lo largo del episodio, se emitieron 12 boletines, y en ellos se incluyeron 100 avisos a un total de 14 destinatarios diferentes.

En la siguiente tabla se muestran las fechas de emisión de estos boletines y los destinatarios de los avisos en cada boletín:

| ORGANISMO/FECHAS ENVÍOS | 23/03/2015 11:08 | 23/03/2015 16:04 | 24/03/2015 1:23 | 24/03/2015 14:06 | 24/03/2015 23:12 | 25/03/2015 16:01 | 25/03/2015 21:57 | 26/03/2015 13:56 | 26/03/2015 20:20 | 27/03/2015 14:30 | 27/03/2015 19:42 | 28/03/2015 15:07 |
|---|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| DIRECCION GENERAL DE PROTECCION CIVIL Y EMERGENCIAS | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| DELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN ARAGÓN | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| DELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN CATALUÑA | | | | X | X | X | X | X | | | | |
| DELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN LA RIOJA | | | X | X | X | X | X | | | | | |
| DELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN NAVARRA | | | X | X | X | X | | | | | | |
| 112-ARAGÓN | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| CENTRO DE EMERGENCIAS DE CATALUÑA | | | | X | X | X | X | X | | | | |
| AGENCIA NAVARRA DE EMERGENCIAS | | | X | X | X | X | | | | | | |
| SOS RIOJA | | | X | X | X | X | X | | | | | |
| BOMBEROS DE ZARAGOZA | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| POLICIA LOCAL DE ZARAGOZA | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| AYUNTAMIENTO DE LOGROÑO | | | | X | X | X | X | | | | | |
| PROTECCIÓN CIVIL DE TARRAGONA | | | | X | X | X | X | X | | | | |
| PROTECCIÓN CIVIL DE TERUEL | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

Tabla con las fechas y horas de los boletines de aviso emitidos y los destinatarios de cada boletín

4.2.2 Acciones de comunicación: notas de Prensa, atención a medios de comunicación, Twitter.

Notas de Prensa.

- 23-03-2015 Nota de informe del episodio de crecidas generadas por un fenómeno de lluvias intensas en las cuencas del Huerva, Guadalope y Matarraña
- 24-03-2015 Nota para actualizar el episodio de crecidas por lluvias intensas con aumentos generalizados de caudal en toda la Cuenca

Twitter .

En Twitter la información se empieza a facilitar a partir del día 21 de marzo (igual que la información telefónica a medios).

Del 21 de marzo y hasta el día 27 se remiten 27 tweets con actualización de información, remitiendo a la web o al SAIH

En ambos episodios de avenidas habría que sumar las atenciones telefónicas realizadas desde el Gabinete de prensa, no cuantificadas por el momento.

4.3 Obras de emergencia durante la crecida.

En los días inmediatamente posteriores al paso de la punta de avenida, se llevaron a cabo diversas actuaciones en diferentes términos municipales.

- Restitución de la alineación de margen izquierda y reparación provisional del colector para evitar el vertido masivo de fecales al cauce del río Cidacos aguas arriba de Quel (La Rija).
- Retirada y limpieza de troncos y vegetación obstructivas de la sección de desagüe en los cauces de los ríos Cidacos, Alhama, Jubera y Leza.

ACTUACIONES DE EMERGENCIA PREVISTAS EN EL TRANCURSO DEL AÑO 2015, A POSTERIORI DE LA AVENIDA

Una vez confeccionado el inventario de puntos con afecciones a motas-defensa y detección de tramos con obstrucciones (material vegetal o sedimentario) y previa autorización por el Consejo de Ministros, se inició la FASE I de reparación provisional e inmediata con el objetivo de que las márgenes no volvieran a verse inundadas al paso de posteriores crecidas como consecuencia de las aperturas y roturas producidas en las motas. En estos momentos el número de afecciones detectadas en la cuenca supera las 850, de las cuales más de la mitad corresponden a la C.A. de Aragón.

En FASES posteriores está prevista la terminación de estas reparaciones provisionales así como el mejorar la seguridad de los núcleos urbanos más vulnerables mediante la adopción de un abanico de medidas donde intervienen diferentes tipologías de soluciones. Se prevén actuaciones de refuerzo, sobre-elevación, rebaje y retranqueo de motas según los casos. También de recuperación de la sección de desagüe mediante la retirada/redistribución de sedimentos y material vegetal acumulado. Medidas paliativas de cauces de alivio y mejora de la permeabilidad de puentes. Finalmente se estudiarán posibles cordones perimetrales de seguridad para evitar que el agua inunde el núcleo urbano, una vez desbordadas las defensas aguas arriba o aguas abajo de su emplazamiento.

4.4 Apoyo técnico en campo.

Se incluyen los aforos directos realizados, las actuaciones del Servicio de control y vigilancia del D.P.H. y la obtención de imágenes aéreas de inundación.

4.4.1 Aforos directos.

Se relacionan a continuación los aforos directos en la crecida en la margen derecha del Ebro (no se contabilizan los realizados en condiciones normales durante este período) realizados durante el episodio del 21 al 27 de marzo de 2015.

Episodio C: MARGEN DERECHA

| NOMBRE | nº aforos |
|--------------------------------|-----------|
| ALGAS en BATEA | 1 |
| GUADALOPE en CASPE | 2 |
| GUADALOPILLO en BERGE | 1 |
| HUERVA en LAS TORCAS | 4 |
| HUERVA en MEZALLOCHA | 2 |
| HUERVA en ZARAGOZA | 1 |
| JALÓN en CALATAYUD | 1 |
| JALÓN en GRISEN | 2 |
| MATARRAÑA en NONASPE | 1 |
| Total aforos realizados | 15 |

4.4.2 Actuaciones del Servicio de Control y Vigilancia del DPH.

A lo largo de la segunda y tercera semana del mes de marzo, se produjeron intensas precipitaciones a lo largo de la margen derecha del río Ebro, principalmente en las cuencas de los ríos Jalón, Huerva, Martín, Rambla de Cariñena, Guadalope y Bergantes, por lo que se desarrolló un seguimiento continuo de los incrementos de caudales, al igual que en episodios anteriores. Especial atención tuvo el río Jalón, en las localidades de Calatayud, Morata de Jalón, Épila, Urrea de Jalón, Plasencia de Jalón, hasta su desembocadura en el Ebro.

Se realizó un importante apoyo de información al Ayuntamiento de Caspe, debido a la inquietud manifestada por la altura del agua en el muro que protege a la población, haciendo un seguimiento hasta la presa de Mequinenza y aguas abajo, así como, a lo largo del río Guadalope. También, se estuvo en continuo contacto con el encargado de la presa de Calanda y con el Ayuntamiento de Alcañiz a los que se les aportó información histórica de otros episodios de avenida.

El total de efectivos adscritos a este Servicio de control y vigilancia del D.P.H., que prestaron sus servicios en el eje del Ebro y- con más intensidad en el tramo medio y bajo, fue de 10 Agentes Medioambientales y 12 Técnicos Superiores de Actividades Técnicas y Profesionales.

4.4.3 Fotografía aérea de la inundación.

Como herramientas gráficas de apoyo en el seguimiento de los episodios de avenida que afectaron a diversas subcuencas hidrográficas de la margen derecha a finales de marzo, se dispone de fotografías aéreas oblicuas y documentos de vídeo (ambos en HD) realizados sobre los ríos Huerva y Jalón.

Dadas las buenas condiciones meteorológicas, pudieron ser recorridos mediante vuelos aéreos tripulados.



Río Huerva en Muel el mes de marzo de 2015

5. CONCLUSIONES.

Tras el análisis detallado de estos tres episodios de crecidas, se pone de manifiesto la singularidad de cada evento.

Los fenómenos locales descritos en muchos casos, no pueden ser previstos (roturas de motas, sobreelevaciones,...), así como las consecuencias de los cambios y evolución de los elementos expuestos en la llanura de inundación.

Los sistemas de información hidrológica ofrecen datos de caudal, completados con las previsiones que proporcionan los modelos, asociados a un grado de incertidumbre (al menos del 10%) debido a la magnitud de los caudales registrados y la ausencia de eventos anteriores suficientes que permitan calibrarlos en los escenarios extremos.

Es importante por ello, a partir de este conocimiento, no sólo mejorar los sistemas de información perfeccionando las herramientas actuales, sino también transmitir adecuadamente la situación de avenida para activar otros mecanismos de protección civil o de autoprotección, con antelación suficiente y con adecuados márgenes de seguridad.

El conjunto de medidas que pueden disminuir los daños en la población, actividad económica y medioambiente, se recoge en los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación, y comprende actuaciones de prevención, protección, preparación y recuperación.

Desde estas lecciones aprendidas en cada episodio, incluida la divulgación del conocimiento obtenido, se pretende lograr una actuación coordinada de todas las administraciones públicas y la sociedad para reducir las consecuencias negativas de las inundaciones.