

**APOYO METEOROLÓGICO A LA GESTIÓN HIDROLÓGICA DE  
LAS CRECIDAS DEL RÍO EBRO DE MARZO Y ABRIL DE 2007**

Rafael Requena , Francisco Espejo, Alberto Desentre, Evelio Álvarez

Centro Meteorológico Territorial en Aragón, La Rioja y Navarra  
Instituto Nacional de Meteorología (MMA)

Fax: +34 976 37 41 43 e-mail: [rrequena@inm.es](mailto:rrequena@inm.es)

La Cuenca hidrográfica del río Ebro, situada en el NE de la península Ibérica contiene, especialmente en torno a las cadenas montañosas que la limitan, algunas de las zonas que registran mayor número de tormentas al cabo del año en España. Estos episodios han provocado muchas veces fenómenos adversos o violentos con fuertes precipitaciones, granizo e incluso, en ocasiones, hasta tornados. La precipitación intensa ha causado riadas locales con importantes daños humanos y materiales, entre las que cabe destacar el episodio de Biescas (7/8/1996), que causó la muerte de más de 80 personas.

Este tipo de sucesos, los más peligrosos, son seguidos especialmente por parte del Grupo de Predicción y Vigilancia (GPV) de Zaragoza de la AEMET, aunque en ellos difícilmente se pueda ofrecer en la actualidad el apoyo suficiente con mucho tiempo de antelación. Algunas veces el escenario sinóptico y mesoscalar susceptible de ocasionar tiempo adverso es anticipado por los modelos de predicción numérica del tiempo con algunos días de antelación, pero esto no permite conocer con suficiente precisión donde y cuando va a tener lugar un fenómeno de estas características. A partir de este punto, el trabajo del GPV se concentra en emitir con la mayor precisión posible los avisos contemplados en el plan *Meteoalerta*, aplicando procedimientos de vigilancia y nowcasting basados en la evaluación mediante productos radar e imágenes de satélite del potencial de adversidad que tienen los núcleos convectivos de gran desarrollo vertical, que son las estructuras principales que pueden ocasionar precipitaciones intensas.

Sin embargo, no es este el tipo de sucesos que nos ocupa en el presente artículo, ya que las riadas en el cauce del Ebro, el más caudaloso de España,

no proceden de *flash floods* sino de escorrentía natural producida con posterioridad a precipitaciones abundantes, fundamentalmente en la cabecera de la cuenca y por la fusión de la nieve en las montañas. El crecimiento de los afluentes principales del Ebro debido a esas circunstancias lleva su tiempo, habiendo pues un desfase entre la precipitación y la crecida que suele dejar un margen amplio a la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) para gestionar con tiempo suficiente las medidas adecuadas para controlar el caudal del río principal en sus diferentes tramos.

#### El SAIH del Ebro

La CHE tiene plenamente operativo desde hace diez años su Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH), uno de los más avanzados de los implantados en España. Para gestionar los 85000 km<sup>2</sup> de la superficie de la Cuenca del Ebro dispone de 515 estaciones repartidas por toda ella, con cerca de 200 pluviómetros, 60 termómetros, 423 sensores para medir el nivel de la lámina de agua en ríos y canales, 1505 sensores medidores de la posición de compuertas en embalses, 59 sensores para medir el nivel de los embalses, 6 estaciones medidoras de la calidad de aguas, 1 estación meteorológica completa y 2274 señales más, calculadas a partir de otros sensores situados en el campo. Todos estos sensores suministran información de la situación real de la Cuenca cada quince minutos.

Una de las mejoras incorporadas al SAIH ha sido el Sistema de Ayuda a la Decisión (SAD), que es un sistema de modelización de la cuenca hidrográfica que calcula caudales futuros alimentándose de dos tipos de variables de entrada. Por una parte los datos hidrológicos quinceminutales que

suministra el propio SAIH (pluviométricos, termométricos, caudales vertidos en embalses y circundantes por las estaciones de aforo). Pero por otra parte incorpora predicciones de lluvia y temperatura facilitadas actualmente cada 6 horas por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) a través del modelo de área limitada de alta resolución (HIRLAM), que proporciona datos de lluvia y temperatura previstos en una malla de precisión de 0.16 grados terrestres, esto es, en una malla de 23 filas y 45 columnas con nodos separados entre sí una distancia aproximada de 16 km.

La colaboración entre la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) y el Grupo de Predicción y Vigilancia (GPV) de Zaragoza, se basa principalmente en la valoración por parte del GPV de los datos suministrados por el modelo HIRLAM, el cual se utiliza habitualmente en las predicciones para las comunidades de su área de responsabilidad, Aragón, La Rioja y Navarra, por las que transcurre gran parte del cauce del río Ebro.

El GPV de Zaragoza trabaja también como sabemos con el modelo del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (ECMWF) modelo global del cual el HIRLAM se nutre para establecer sus condiciones de contorno. Los predictores del GPV están habituados a que no siempre coincidan ambos modelos en su estimación de la precipitación, por lo que necesitan incorporar un valor añadido al hacer sus pronósticos, a la vista de la mayor o menor precisión que vayan mostrando. En situaciones con importantes cantidades de precipitación previstas, el GPV contacta con la CHE aportando esta valoración.

Las crecidas del año 2007

La primavera de 2007 resultó especialmente lluviosa en la cuenca del Ebro. La fig 1. muestra la precipitación del periodo comprendido entre el 18 de marzo y el 10 de abril, tres semanas en las que llovió todos los días en algún lugar de la cuenca (fig 1.)

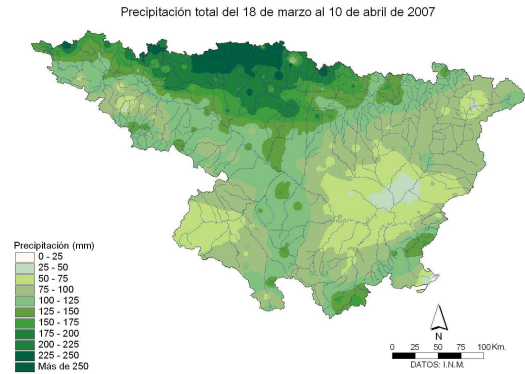


Fig 1. Precipitación total del 18/3 al 10/4 de 2007 en la cuenca del Ebro.

De hecho ya se habían producido situaciones al final del invierno bastantes significativas de las que puede ser un ejemplo la del 7 de Marzo (fig 2).

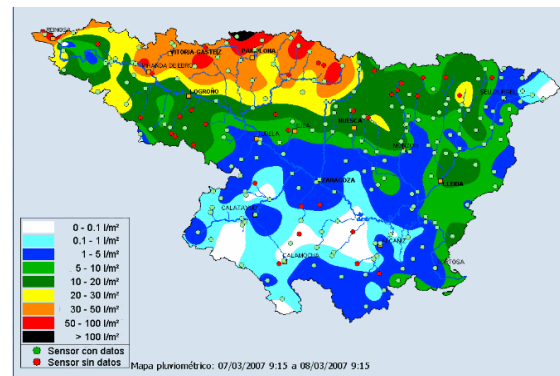


Fig 2. Mapa pluviométrico del SAIH. Lluvia acumulada en 24 h del 7 al 8 de marzo de 2007 (09:15 a 09:15 h)

Estas lluvias en concreto ya provocaron algunas crecidas en pequeños ríos del norte de Navarra como podemos ver en el representativo gráfico con el caudal del río Arga, que aumentó 700 m3/s en menos de 12 horas (fig 3.)

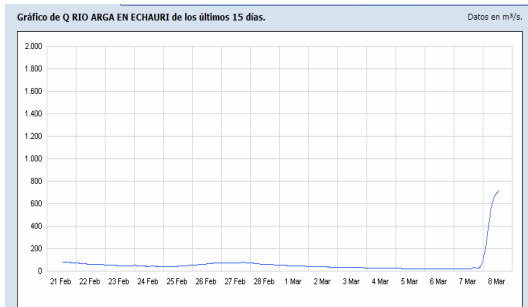


Fig 3. Crecida del río Argá. 7-3-2007

Este tipo de situaciones son sobradamente conocidas por el GPV de Zaragoza, los modelos dan mucha menos precipitación de la que realmente se produce, especialmente en la vertiente cantábrica de Navarra que se encuentra en la zona de mayor precipitación media anual de España, tan sólo igualada por algunas zonas de Galicia y la Sierra de Grazalema en Cádiz. La nubosidad que se puede observar en las imágenes de satélite no presenta los fuertes desarrollos verticales que caracterizan a los episodios de convección profunda que se mencionaban antes, los que pueden provocar inundaciones repentinas. Sin embargo, la continua renovación de unas nubes por otras puede mantener los cielos cubiertos durante varios días, dotando a la precipitación de una persistencia que termina por causar acumulaciones muy importantes.

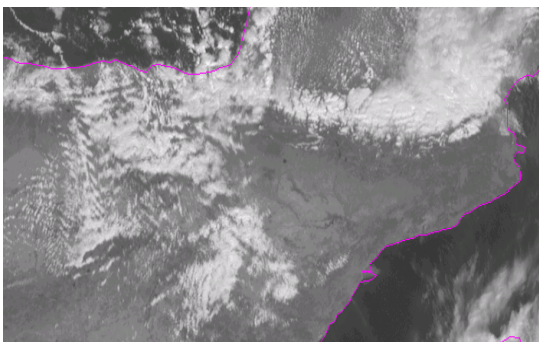


Fig 4. HRVIS 7-3-2007 11:45 UTC

Conforme se acercaba el comienzo de la primavera, los episodios como el anterior se sucedían una y otra vez. Sin

embargo, aunque las lluvias eran abundantes, la acumulación de nieve en los Pirineos se limitaba a zonas muy altas, debido a que las temperaturas estaban siendo suaves por encima de los valores normales. La reserva de nieve en las subcuencas pirenaicas de la cuenca del Ebro a finales del invierno era casi 1000 Hm<sup>3</sup> menor que la del año anterior y desde luego que la media de los últimos cuatro años (fig 9.)

Pero es justo entonces, con el comienzo de la primavera, cuando tiene lugar una situación Norte como la anterior, pero esta vez con un descenso notable de las temperaturas, lo que supuso que la nieve hiciera acto de presencia en cotas muy bajas y no sólo en Pirineos. Esto supuso un elemento nuevo a tener en cuenta. La nieve en la montaña podría seguir un proceso de fusión más o menos controlado como en otras ocasiones, pero no así la que se acumuló en el mismo valle del Ebro. Algunas localidades de la comarca de Cinco Villas en Zaragoza acumularon 30 cm de espesor. En la fig 5. se muestra una imagen radar del 20-3-2007. En la fig 6., la precipitación prevista por el HIRLAM de alta resolución para el día 21-3-2007. En la fig 7. se muestra la imagen visible de alta resolución del 21-3-2007 y en la fig.8, la del SAF de nowcasting del 22-03-2007, con la extensa área nevada en pleno valle del Ebro en color rosa claro.

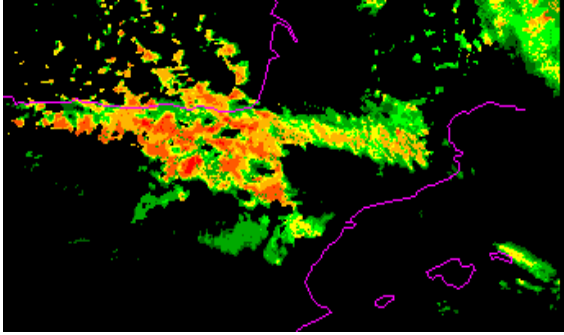


Fig 5. 20-3-2007 10:00 UTC

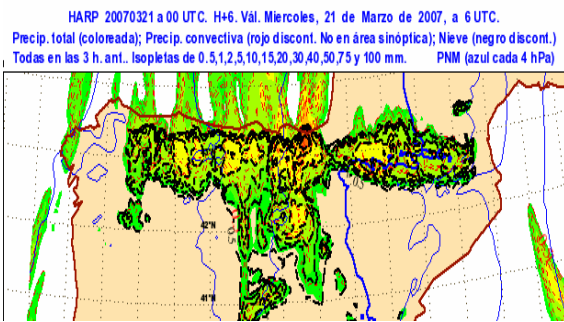


Fig 6. HARP 21-03-2007 06:00 UTC

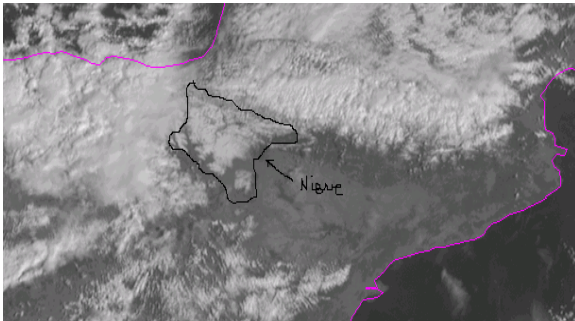


Fig 7. HRVIS 21-3-2007 09:30 UTC

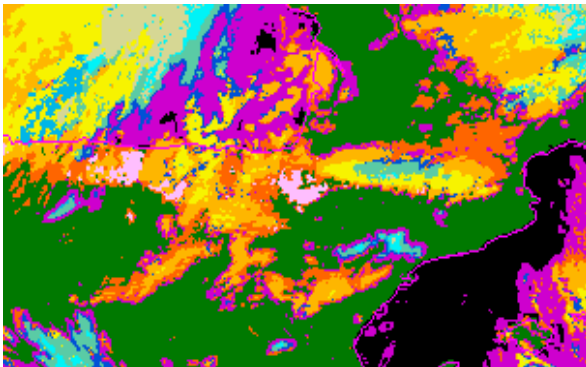


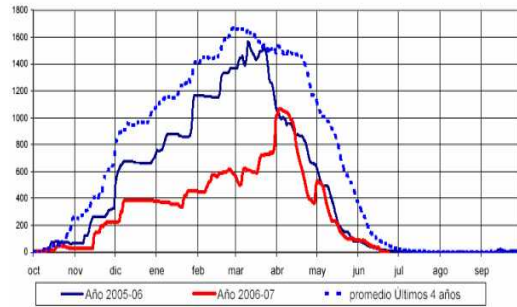
Fig 8. SFNW 22-3-2007 07:15 UTC

Es interesante observar el cambio brusco que con motivo de este episodio

se produjo en la reserva de nieve de las subcuencas pirenaicas, alcanzado el nivel del año anterior en la misma fecha, cuando entonces se había producido el efecto contrario (fig 8.), es decir un rápido descenso.

EVOLUCIÓN DE LA RESERVA DE NIEVE\* EN LAS SUBCUENCAS PIRENAICAS DE LA CUENCA DEL EBRO (Hm<sup>3</sup> de agua equivalente)\*

24 de junio de 2007



Orden	Cuenca	(Hm <sup>3</sup> )*
1	Aragón hasta el Embalse de Yesa	218.1
2	Gállego hasta el Embalse de Búbal	120.3
3	Ara hasta Boltaña	70.6
4	Cinca hasta Escalona	81.2
5	Ésera hasta Campo	78.0
6	Garona hasta Bossost	99.9
7	Noguera Ribagorzana hasta Pont de Suert	42.6
8	Noguera Pallaresa hasta Embalse de Talam	208.1
9	Valira hasta Seo D'Urgel	41.5
10	Segre hasta Seo D'Urgel	47.9
<b>Total:</b>		<b>1008.2</b>

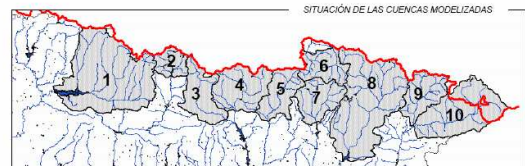


Fig 9. Evolución reserva nieve en subcuencas pirenaicas. Modelo ASTER.

Básicamente consiste en una estimación de la cantidad de nieve que hay en cada macizo en Hm<sup>3</sup> equivalentes. A la CHE lo que le interesa es tener una idea de la cantidad de nieve que hay en el "embalse virtual" que supone el Pirineo. El modelo se corre a principios de cada semana a partir de medidas en una serie de jalones y está calibrado con los aforos de las fusiones de temporadas pasadas.

Hay una evolución para todos los macizos de la temporada en curso (línea roja), su comparación con la temporada pasada (línea azul sólida) y con la media de las cuatro últimas (línea azul discontinua).

De todas formas, con ser importante la nieve acumulada en Pirineos, era la del valle del Ebro la que centró nuestro interés, ya que posteriormente a la situación Norte se preveía una rápida subida de las temperaturas durante los días siguientes, con más precipitaciones, incluso más abundantes, pero ahora en forma líquida.

El núcleo central del Sistema de Ayuda a la Decisión (SAD) del SAIH se basa en la estimación de caudales previstos por dos modelos hidrológicos, complementados por un modelo hidráulico que calcula la transmisión de los mismos a lo largo del conjunto de los cauces modelizados. De los dos modelos hidrológicos, el ASTER se emplea para modelizar los procesos de precipitación/escorrentía y de retención/fusión nival en 29 subcuencas pirenaicas que comprenden las cabeceras de las cuencas del Aragón, Gállego, Cinca, Nogueras y Segre que se muestran en la fig 9. Para el resto de la cuenca del Ebro, utiliza otro modelo, el NAM, que en principio sólo calculaba escorrentía procedente de precipitación líquida, pero al que posteriormente se incorporó un módulo de modelización de acumulación y fusión de nieve en 154 de las 254 subcuencas a las que se aplica.

Por tanto, contábamos con que en las semanas anteriores se habían producido episodios de precipitaciones abundantes que habían llevado al límite de su capacidad a algunos pequeños embalses de la cabecera de la cuenca, con necesidad acuciante de abrir sus compuertas. El último episodio de precipitación había aportado importantes acumulaciones de nieve en cotas bajas y se esperaba un rápido aumento de temperaturas que aceleraría la fusión de la nieve caída y por si fuera

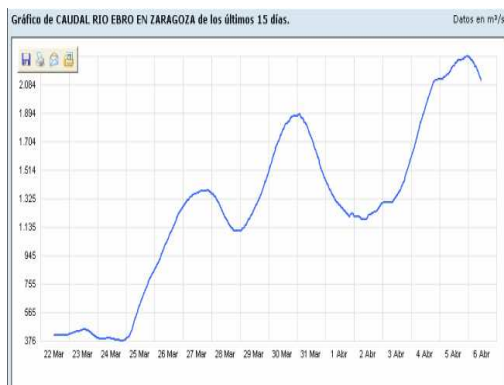
poco, seguido de precipitaciones todavía más intensas.

Todo este cúmulo de circunstancias llevó a la Diputación General de Aragón a constituir un Comité de Crisis, para gestionar la inminente crecida del Ebro, que alcanzaría su pico máximo durante la Semana Santa; de ese comité formaron parte la CHE y el GPV de Zaragoza, que intensificaron sus contactos a partir de ese momento. Las reuniones tuvieron lugar el Martes y Miércoles Santos, 3 y 4 de abril de 2007.

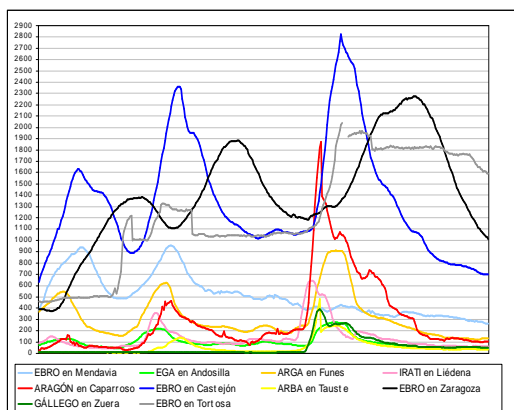
El representante del GPV de Zaragoza comenzó exponiendo en estas reuniones las precipitaciones previstas por los modelos HIRLAM y CE (Centro Europeo). Aunque seguían esperándose para el resto de la Semana Santa, las precipitaciones más significativas que pudieran afectar a la cuenca del Ebro se iban a centralizar a partir de entonces en el tramo bajo de la misma, por lo que no representaban ya una preocupación de cara a incrementar la avenida, ya que en los tramos alto y medio tendían a disminuir. De todas formas seguía habiendo discrepancias en el corto plazo entre el HIRLAM y el CE, aunque se valoró más la tendencia del CE a desplazar más hacia el Mediterraneo y la zona levantina, sobre todo a partir del Viernes Santo, la precipitación prevista, debido al cambio experimentado en el flujo en niveles bajos, con un cambio total de la situación con respecto a las semanas anteriores. En la fig 12. se presentan los mapas que se expusieron en la última reunión del Comité de Crisis, a 48 horas del tercer y máximo pico de la crecida.



El gráfico del caudal del Ebro a su paso por Zaragoza mostró tres picos en tan sólo diez días. Es curioso observar la irregularidad que muestra la vaguada previa al último pico, que es reflejo de las intensas precipitaciones que se produjeron el domingo 1 de abril, y marcaron el inicio de la última remontada del caudal hasta el máximo que se alcanzó en la madrugada del Viernes Santo, 6 de abril, con cerca de 2300 m<sup>3</sup>/s



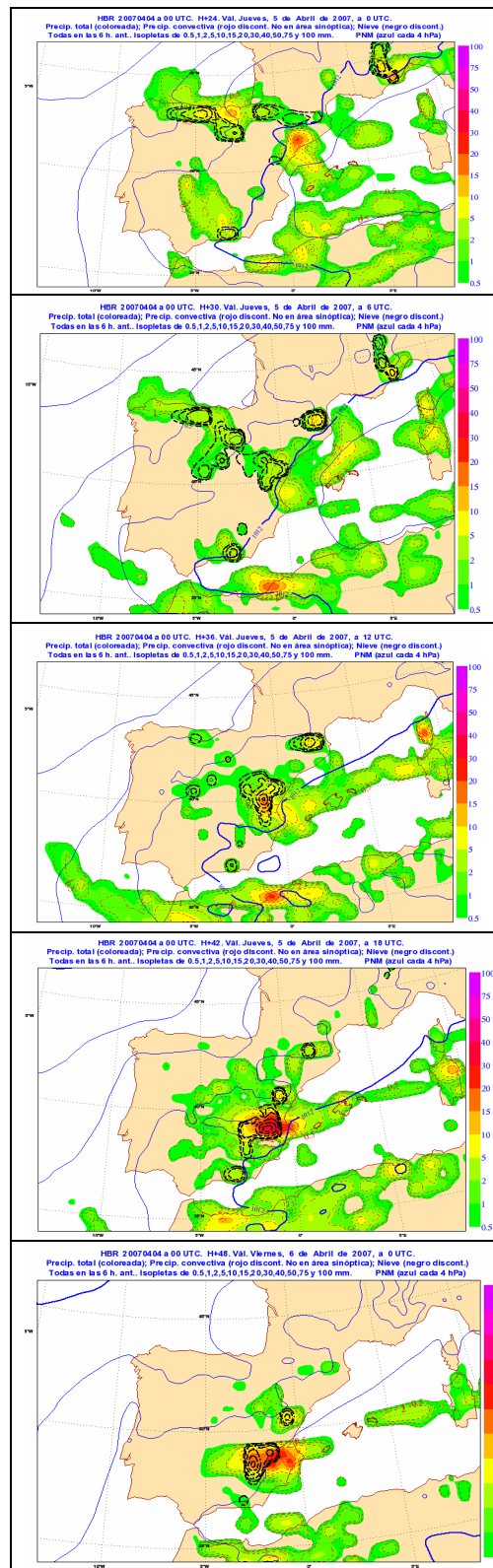
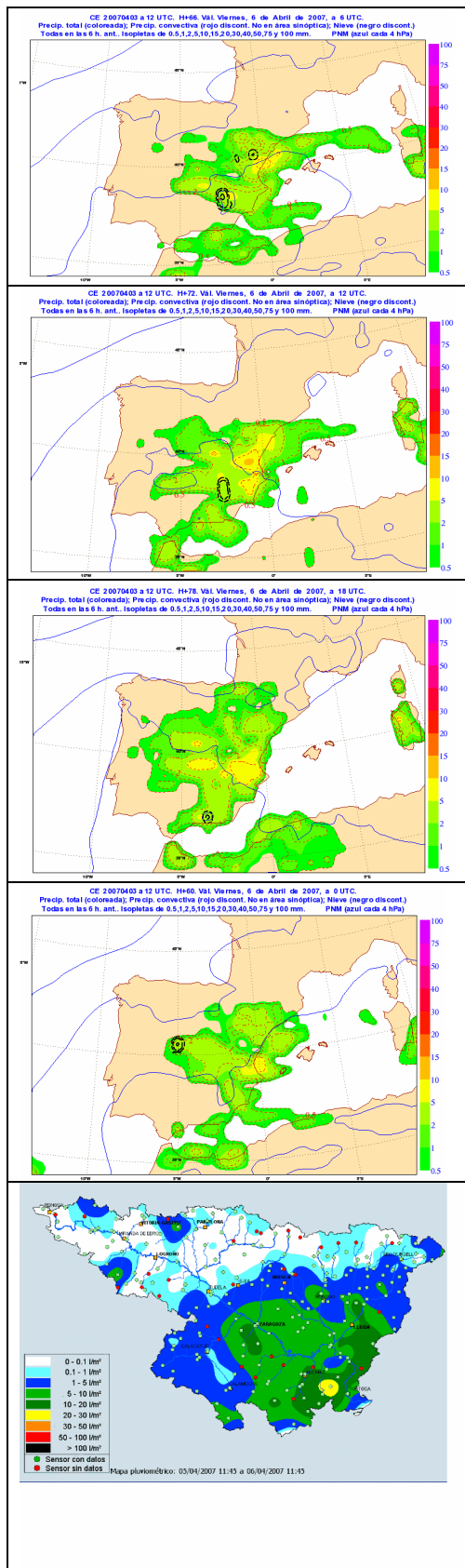
*Fig 10. Caudal del Ebro a su paso por Zaragoza del 22/3 al 6/4 de 2007 (Datos de l*



*Fig 11. Caudal del Ebro a su paso por varios puntos de la Cuenca del Ebro. (Datos de la CHE)*

*Para saber más...*

*Se puede obtener más información en la web del SAIH de la CHE, precipitaciones, caudales, aforos... (www.saihebro.com)*



*Precipitación prevista por el HBR, pasada de 00 UTC del 08/04/04 hasta H+48 (Viernes Santo 08/04/06) cada 6 horas.*

*Fig 12. Precipitación prevista por el CE pasada 12 UTC 08/04/03 para el Viernes Santo, 08/04/05 y registrada en el SAIH en 24 h del 5 al 6 de abril 2008.*



