

PRINCIPALES EPISODIOS DE INUNDACIONES DE 2018

Fco. Javier Rodríguez Marcos
Jefe del Área de Predicción Operativa
frodriguezmaemet.es

Agradecimientos: Peio Oria Iriarte, Rafael Requena Briones, Alejandro Roa Alonso, Ramón Pascual Berghaenel, Jesús Montero Garrido, José A. Fernández Monistrol

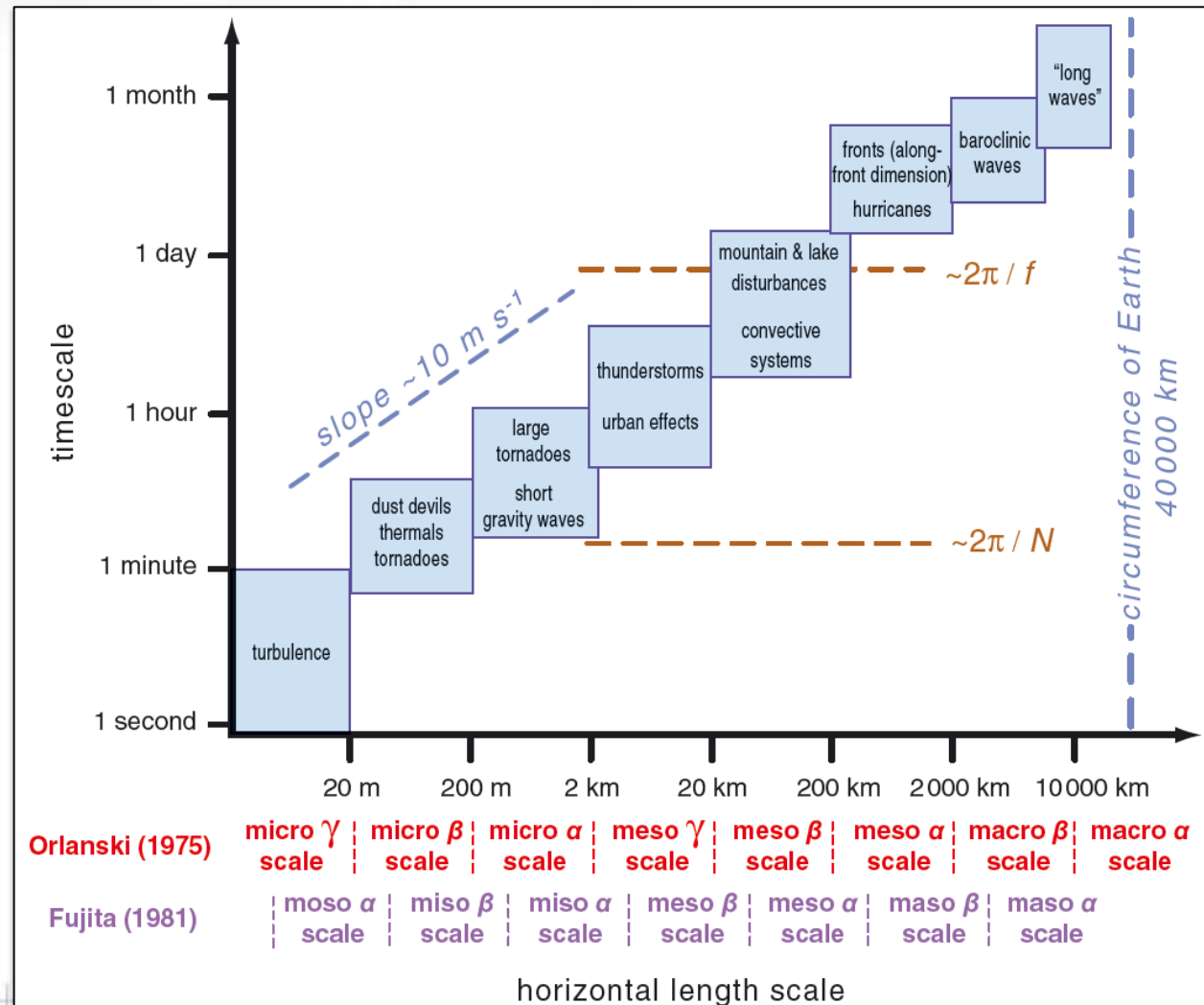
Jornada “La gestión del riesgo de inundación fluvial en el contexto del cambio climático”

Índice

- Escalas meteorológicas
- Situaciones meteorológicas que han producido las principales inundaciones de 2018
- Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro 7-12 abril 2018
- Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018

Escalas meteorológicas

- Sistemas meso α - β → Sistemas con precipitaciones persistentes en áreas extensas (a veces también torrenciales) → Afectación a cuencas grandes o varias medianas.
- Sistemas meso β - γ → Sistemas con precipitaciones muy fuertes o torrenciales, localizadas y de corta duración → Afectación a cuencas pequeñas, rápidas (inundaciones repentinas; *flash floods*)



Fuente: Markowski y Richardson, Mesoscale Meteorology in Midlatitudes

Situaciones meteorológicas que han producido las principales inundaciones de 2018

- Precipitaciones persistentes (predominan avisos de precipitación en 12 h; P2):
 - **7-12 abril: crecida extraordinaria del Ebro (graves daños económicos)**
- Precipitaciones persistentes y muy fuertes/torrenciales (mezcla de avisos de precipitación en 12 y 1 h; P2 y P1):
 - **9 octubre: Baleares (Sant Llorenç; Mallorca; 13 muertos; graves daños personales y económicos)**
 - 14-15 octubre: Cataluña (interacción masa Mediterránea con restos de “ex-Leslie”).
 - 18-19 octubre: Valencia, Castellón, Tarragona y Teruel.
 - 21 octubre: Málaga (Ronda y Antequera; **1 muerto en Campillos**).
 - 15-16 noviembre: Región de Murcia, Alicante, Valencia, Barcelona, Girona (**1 muerto en Mieres**).

Situaciones meteorológicas que han producido las principales inundaciones de 2018

- Precipitaciones muy fuertes/torrenciales (predominan avisos de precipitación en 1 h; P1):
 - 26 mayo: Navarra (valle del Roncal)
 - 2-3 junio: Albacete-Murcia
 - 9 agosto: Lleida-Tarragona
 - 16 agosto: Teruel, Huesca y Lleida
 - 17 agosto: Girona, Barcelona (1 muerto en Rubí), Baleares y Albacete.
 - 18 agosto: Alicante (Jávea)
 - 6 septiembre: Barcelona
 - 8 septiembre: Toledo (Cebolla)
 - 9 septiembre: Soria (Sta. María de Huerta)
 - 9-10 septiembre: Jaén (Beas de Segura)
 - 18 noviembre: Lugo (Viveiro; 1 muerto)

Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro 7-12 abril 2018

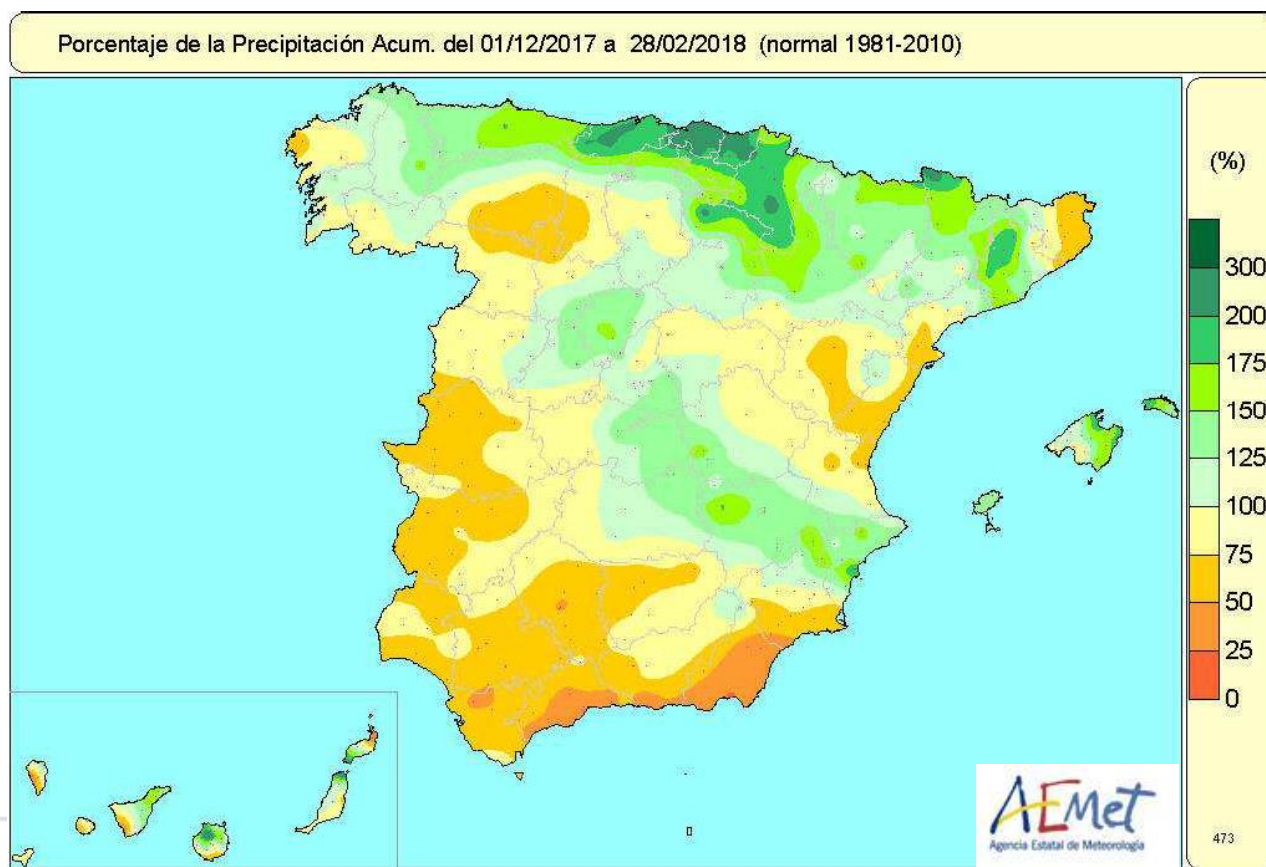


Pradilla de Ebro (Zaragoza), 14 de abril de 2018 (Fuente: Carlos Rosillo, El País)

Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro

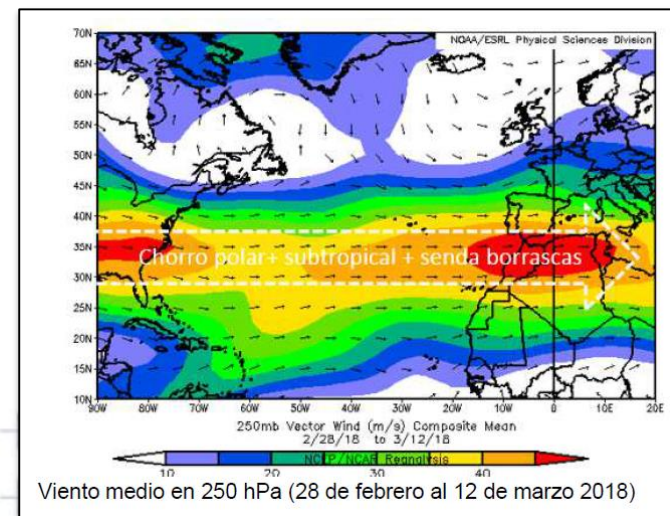
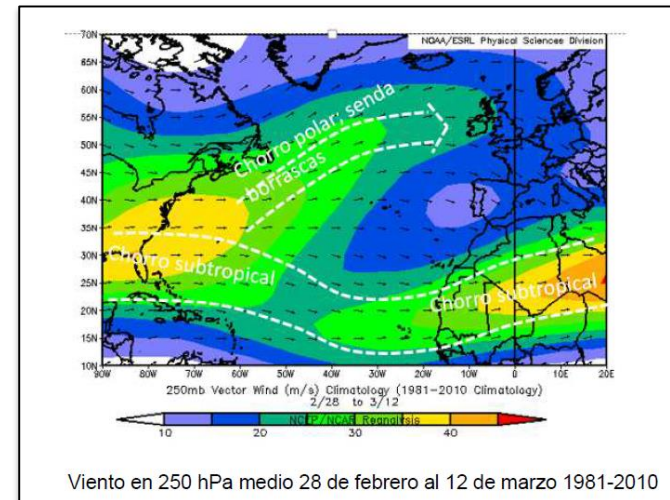
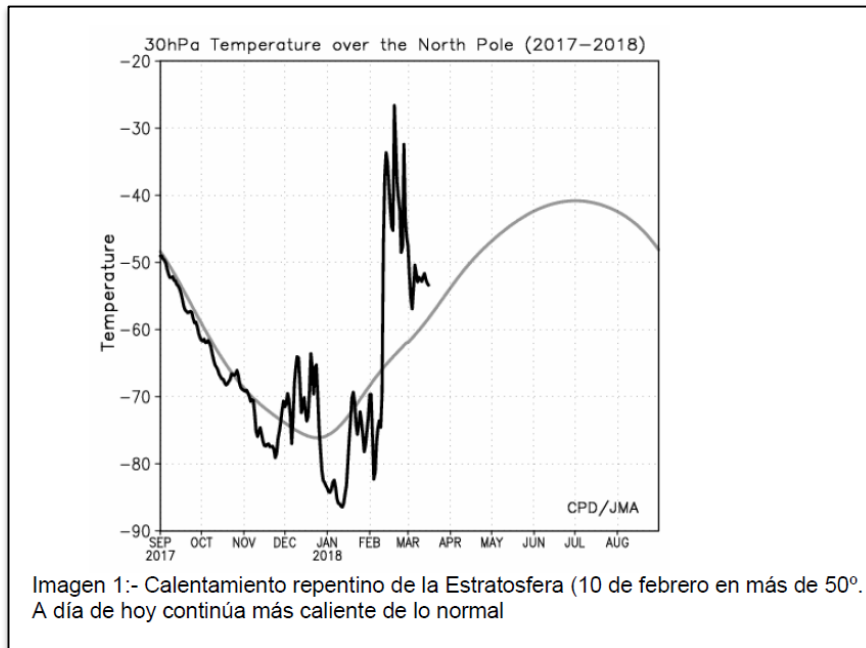
7-12 abril 2018

- Claro superávit de precipitación en la cuenca del Ebro durante el invierno (DEF) de 2017-18, especialmente en sus tramos alto y medio (2º invierno más lluvioso en Navarra desde que se tienen registros, tras el de 2012-13).



Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro 7-12 abril 2018

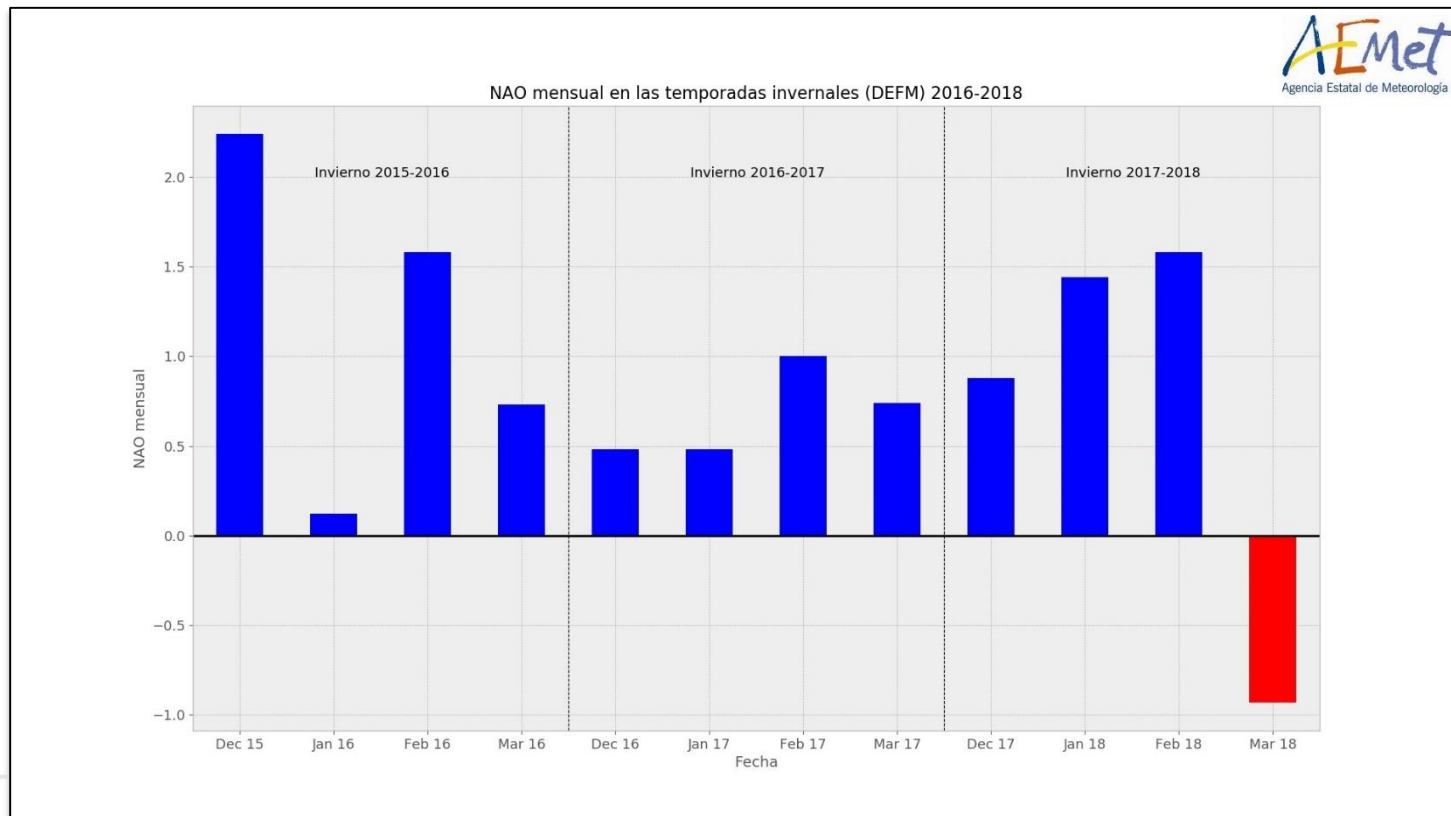
- Calentamiento Repentino de la Estratosfera (CRE) y sus consecuencias en la circulación general:



Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro

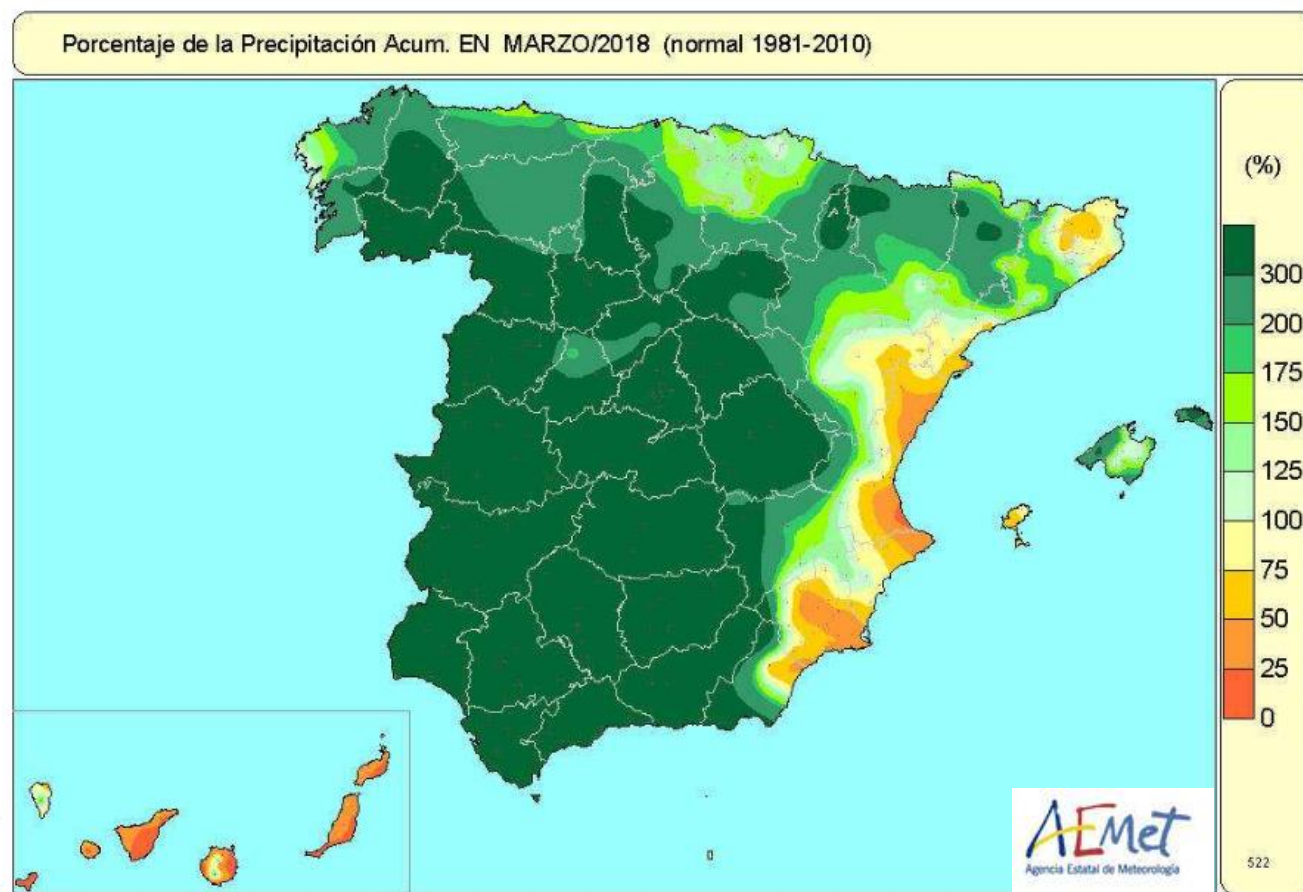
7-12 abril 2018

- Como consecuencia de este CRE se produjo una clara NAO mensual negativa en marzo de 2018. IPMA y AEMET nombraron 4 borrascas entre finales de febrero y marzo, que produjeron importantes lluvias y nevadas en la Península, además de viento.



Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro 7-12 abril 2018

- Claro superávit de precipitación en la cuenca del Ebro en marzo de 2018, especialmente en su tramo medio (frentes y predominio del SW sinóptico).



Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro

7-12 abril 2018

- Carácter extremadamente húmedo en promedio en la cuenca del Ebro en marzo de 2018, con más del doble de precipitación respecto a la media.

CUENCAS	P. m	P. e	% P	CA	PA	% PA
NORTE Y NOROESTE	109.2	297.4	272	MH	1122.1	119
DUERO	38.6	135.6	351	MH	349.2	89
TAJO	40.1	213.5	532	EH	444.7	103
GUADIANA	36.3	179.7	495	EH	375.7	96
GUADALQUIVIR	46.1	249.7	542	EH	503.1	109
SUR	48.4	195.7	404	EH	373.7	83
SEGURA	34.1	49.6	145	H	162.3	63
JÚCAR	35.4	62.3	176	MH	212.5	64
EBRO	37.9	81.6	215	EH	342.6	98
PIRINEO ORIENTAL	43.1	67.2	156	H	394.7	94
VERTIENTE ATLANTICA	45.7	209.1	458	EH	536.2	536
VERTIENTE MEDITERRANEA	38.4	84.0	219	MH	301.5	302
MEDIA PENINSULAR	47.1	162.9	346	EH	449.5	100

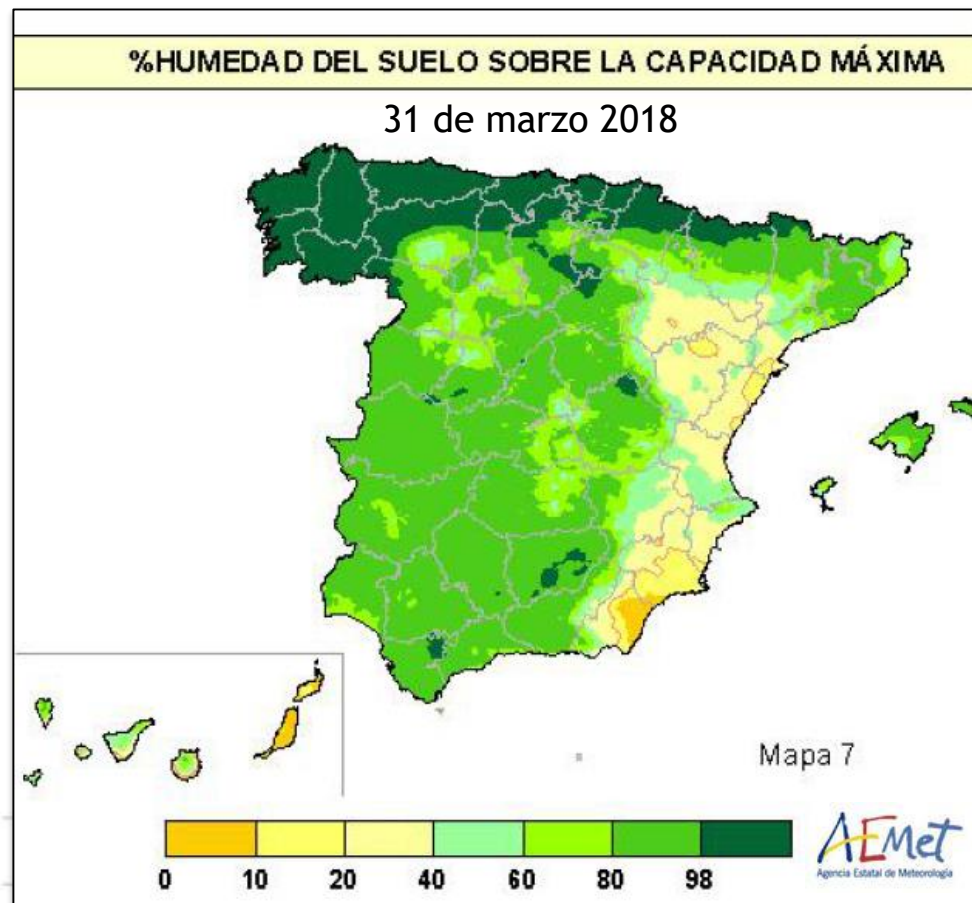
FUENTE: Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Pm = Precipitación media 1981 - 2010.
 Pe = Precipitación media estimada del mes.
 %P = % con respecto a la media 1981 - 2010.
 CA = Carácter de la precipitación estimada del mes.
 EH = Extremadamente húmedo.
 MH = Muy húmedo.
 H = Húmedo.
 N = Normal.
 S = Seco.
 MS = Muy seco.
 ES = Extremadamente seco
 PA = Precipitación estimada acumulada desde 1º de septiembre.
 %PA = % con respecto a la media 1981 - 2010 de las precipitaciones acumuladas.

Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro

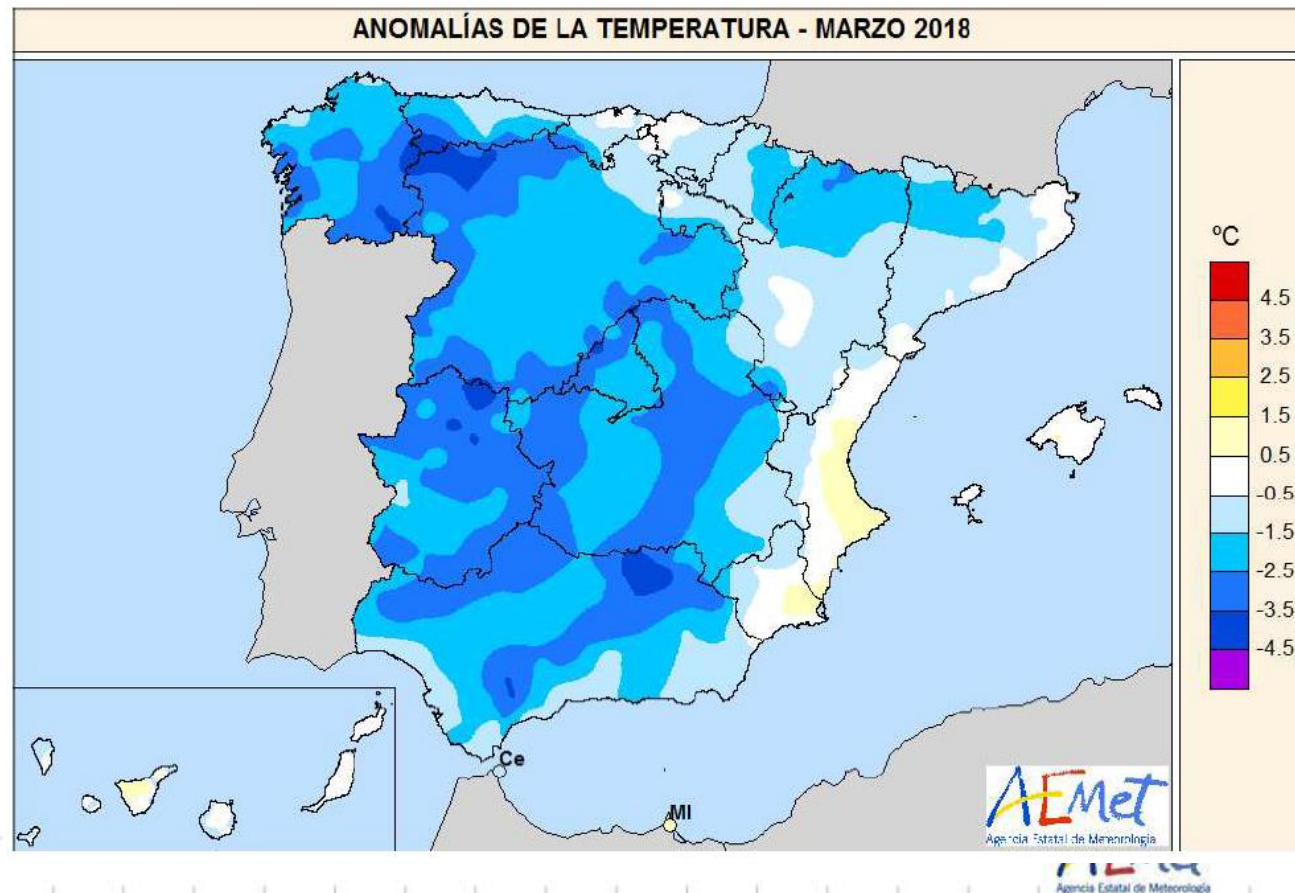
7-12 abril 2018

- Como consecuencia de las importantes lluvias desde diciembre de 2017, el suelo estaba saturado en Cantabria, País Vasco, mitad norte de Navarra y Pirineo oscense → Aumento de la escorrentía.



Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro 7-12 abril 2018

- Además, marzo fue un mes entre frío y muy frío en la cuenca del Ebro, por lo que se siguió acumulando nieve en las cabeceras de los ríos.



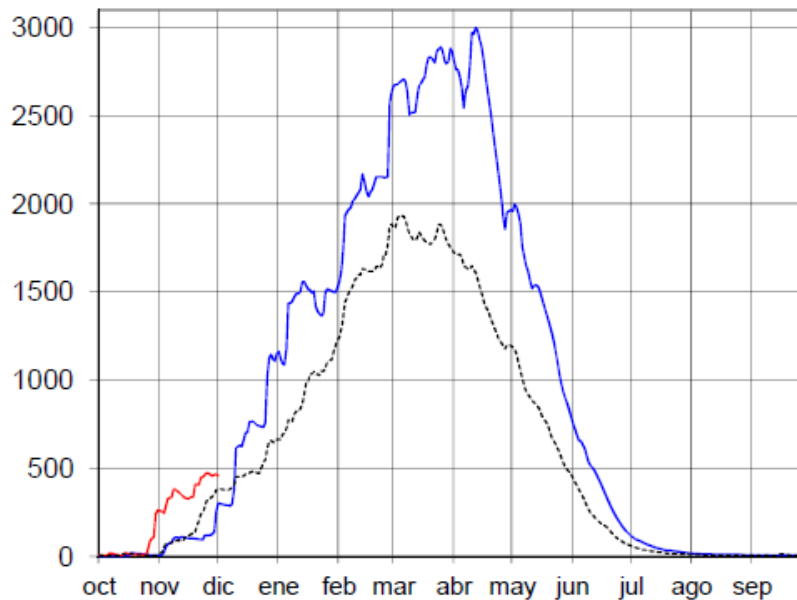
Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro

7-12 abril 2018

- La temporada invernal y el comienzo de la primavera fueron especialmente nevadas.
- Se produjo deshielo los días anteriores al episodio.
- El pico máximo se alcanzó en pleno episodio (día 11 ó 12 de abril).

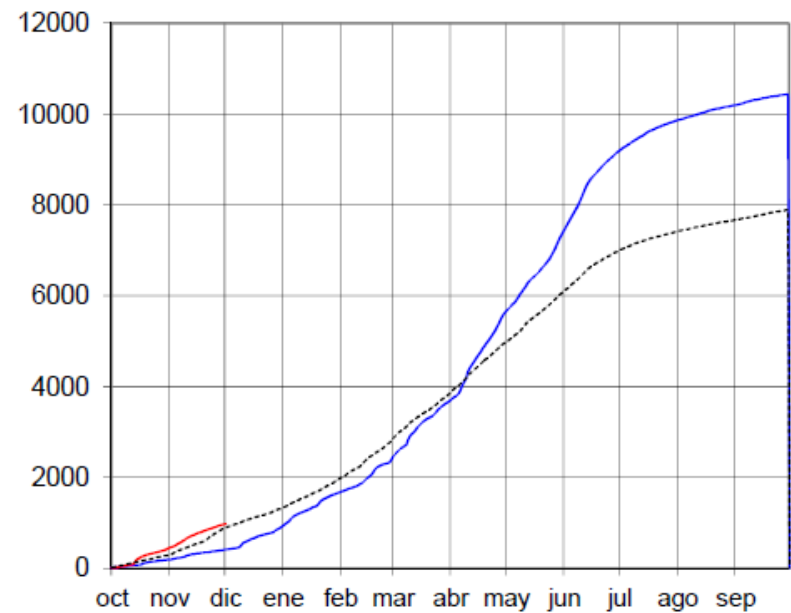
RESERVA DE NIEVE*

(hm³ de agua equivalente)



APORTACIONES TOTALES¹

(hm³ acumulados desde el 1 de octubre)



AÑO 2018-2019

AÑO 2017-2018

PROMEDIO 5 últimos años

Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro

7-12 abril 2018

- Nota Informativa del 7 de abril de 2018

Nevadas en cotas relativamente bajas para la época del año

Información elaborada el día 7 de abril de 2018

Mañana domingo 8 y el lunes 9, la Península y Baleares se verán afectadas por dos frentes de origen atlántico. El primero de ellos afectará durante la primera mitad del domingo principalmente al noreste peninsular donde se esperan precipitaciones persistentes y localmente fuertes aunque con cotas de nieve relativamente altas, por encima de unos 1600 metros. Se esperan deshielos en el entorno de los Pirineos. El segundo frente entrará por el oeste de la Península a partir de la tarde del domingo, extendiendo sus precipitaciones a lo largo del lunes a toda la vertiente atlántica y nordeste peninsular. Será significativa la cota de nieve que durante la madrugada del lunes puede descender hasta unos 800 metros en muchas zonas del interior.

El martes es muy probable que se produzca el acercamiento de una borrasca atlántica y que las bajas presiones permanezcan en las cercanías de nuestro territorio hasta el jueves. Los frentes que traerá asociados y los que previsiblemente se desarrollen producirán precipitaciones abundantes el martes en la vertiente atlántica, especialmente en el cuadrante suroeste, y el miércoles en el tercio noreste. Las cotas de nieve oscilarán en las diferentes zonas con el paso de los frentes pudiendo descender ocasionalmente hasta unos 800/1000 metros. Soplarán vientos de componente oeste con rachas muy fuertes en el área del Estrecho, Sureste y Baleares.

Las temperaturas permanecerán bajas para la época del año, especialmente las diurnas.

Canarias se verá afectada en menor medida por esta situación atlántica, con vientos del norte y algunas lluvias principalmente en el norte de las islas de mayor relieve.

A partir del jueves la incertidumbre en la evolución atmosférica es considerable, manteniéndose la probabilidad de que continúen registrándose precipitaciones en la Península, pero en principio con acumulaciones menores y con una cota de nieve ascendiendo progresivamente.

8 abril: precipitaciones persistentes y localmente fuertes en el NE peninsular (1ª mitad) con cota > 1600 m
→ Deshielo en Pirineo

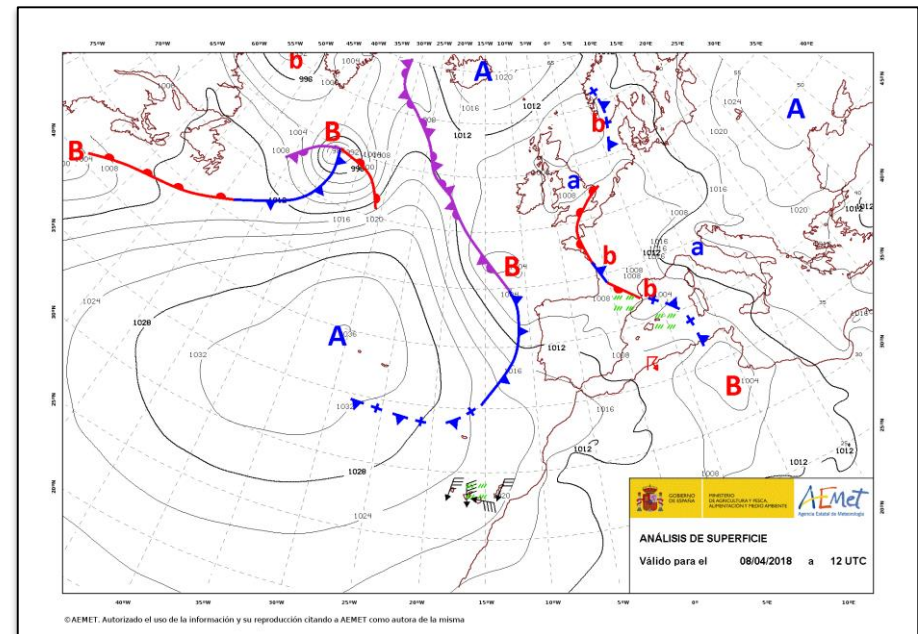
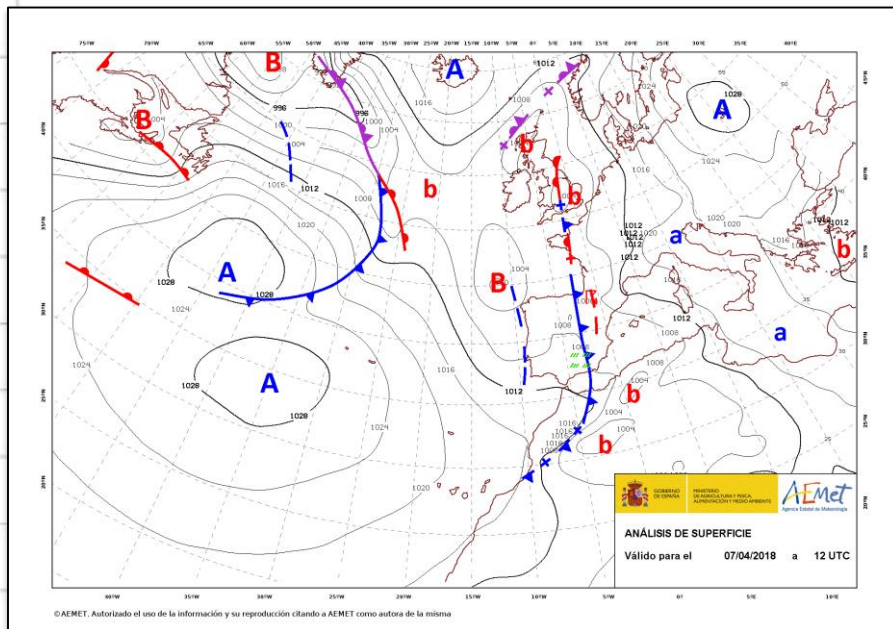
9 abril: precipitaciones generalizadas en el NE peninsular con cota 800 m de madrugada (luego subiendo).

11 abril: precipitaciones abundantes en el tercio NE peninsular, con cota de nieve oscilante debido a los pasos frontales, bajando temporalmente a 800 m.

A partir 12 abril: aún probabilidad de precipitaciones en la Península, pero menos intensas, y subida de cota.

Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro 7-12 abril 2018

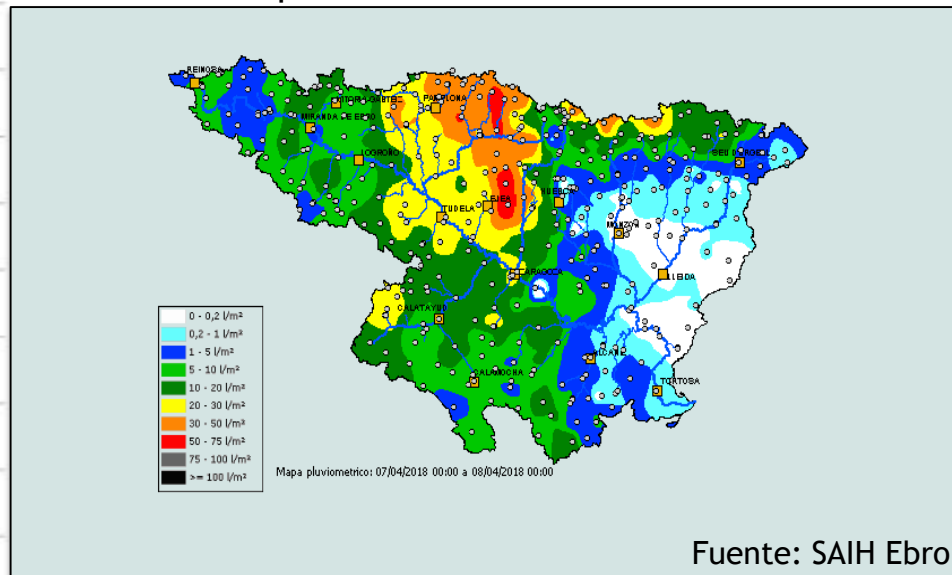
- Se produjo un sucesivo paso de borrascas y frentes, con precipitaciones muy significativas y generalizadas en la cuenca del Ebro, especialmente los días 7-8 y 10-12 de abril.
- 7-8 abril 2018:



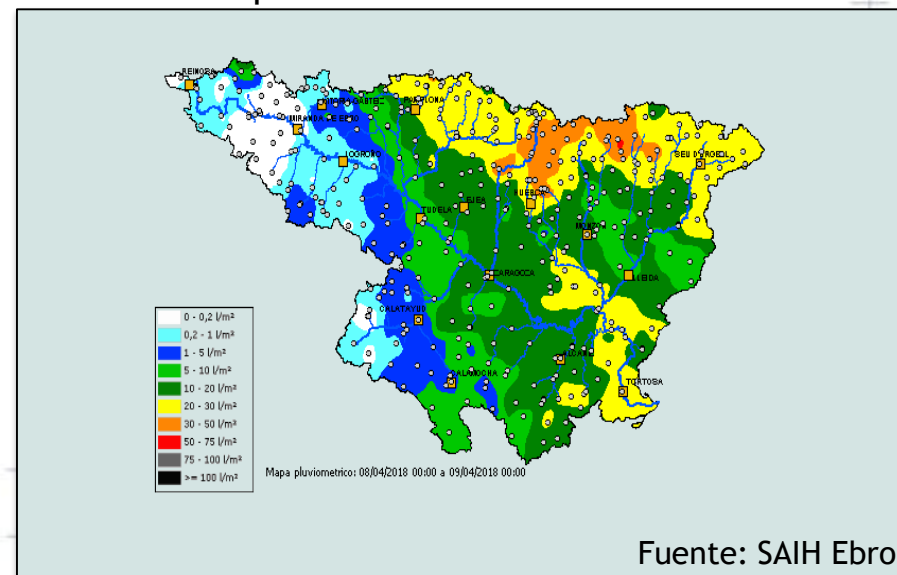
Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro

- **7-8 abril 2018:** 7-12 abril 2018
 - Avisos de FMA activos en la cuenca del Ebro:
 - Naranjas de lluvias por precipitación acumulada en 12 h (“persistencia”) en Cinco Villas de Zaragoza y Pirineo navarro (80 mm).
 - Amarillos de lluvias por precipitación acumulada en 12 h (40-60 mm) y en 1 h (“intensidad”; 15 mm) en el resto de la provincia de Zaragoza, en Centro y Ribera navarras y en la provincia de Huesca.
 - Amarillos de deshielos en Pirineo oscense y navarro.
 - Se registraron cantidades muy significativas de precipitación, especialmente en la margen izquierda del tramo medio.

Pcp acumulada 7 abril de 2018



Pcp acumulada 8 abril de 2018



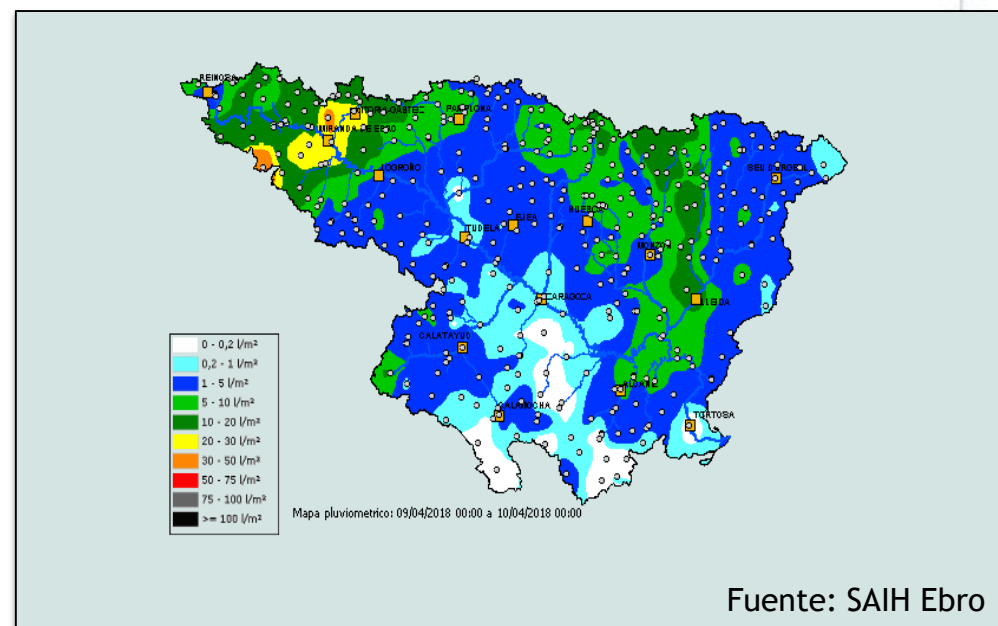
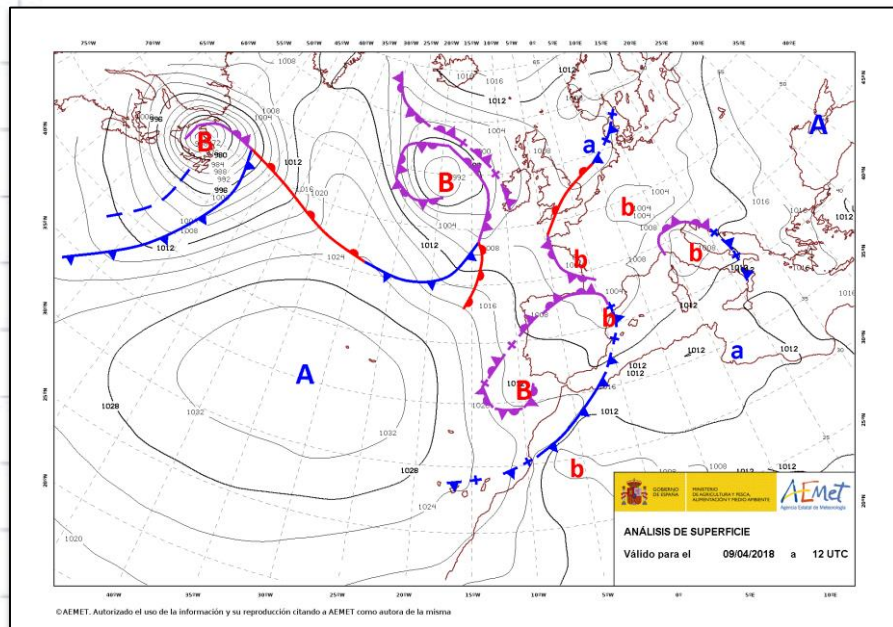
Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro

7-12 abril 2018

• 9 abril 2018:

- Una nueva borrasca afectó a la cuenca del Ebro, aunque de forma menos significativa que los dos días anteriores.
- Avisos de FMA activos en la cuenca del Ebro:
 - Amarillos de nevadas en la Cantábrica de Burgos, Ibérica riojana y zonas del Pirineo, con cota de cuajado > 1000 m.
- Las mayores cantidades de precipitación se produjeron en el tramo alto.

Pcp acumulada 9 abril de 2018



Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro 7-12 abril 2018

- **10-12 abril 2018:**
 - Una nueva borrasca afectó a la cuenca del Ebro, con un frente muy activo que formó una oclusión en el valle del Ebro a partir del día 11.
 - Avisos de FMA activos en la cuenca del Ebro:
 - Amarillos de lluvias por precipitación acumulada en 12 h (“persistencia”) en todas las zonas de Navarra (40-50 mm; días 10 y 11) y de Zaragoza (40 mm; día 11), Llanada alavesa (40 mm; días 10 y 11) y Bajo Aragón de Teruel (40 mm; día 11).
 - Naranjas de nevadas en las zonas del Pirineo y de montaña de Teruel (días 10 y 11; cota de cuajado > 800-1000 m; > 600-700 en Navarra).
 - Amarillos de nevadas en C. Cantábrica de Cantabria y Burgos (día 10), Ibérica riojana (días 10 y 11), e Ibérica zaragozana, Cinco Villas y Bajo Aragón de Teruel (día 11) (cota de cuajado > 800-1000 m).

Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro

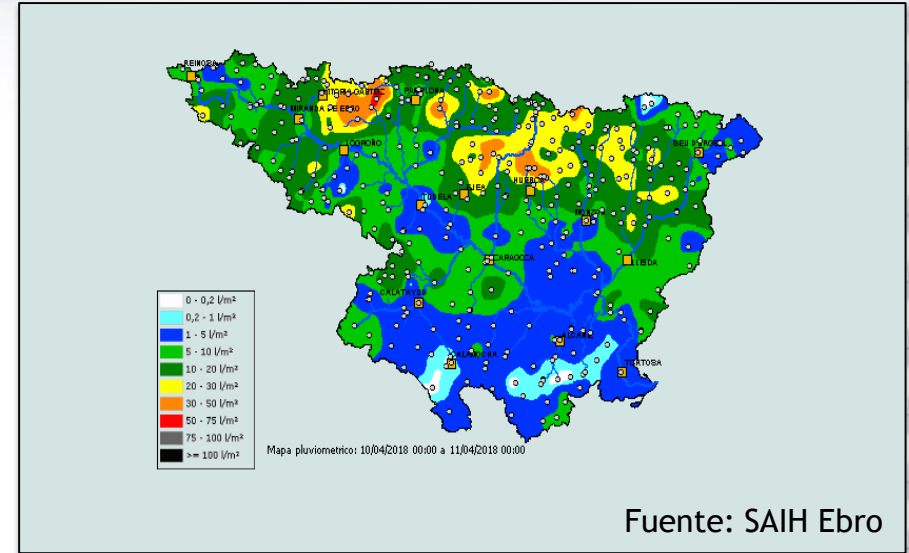
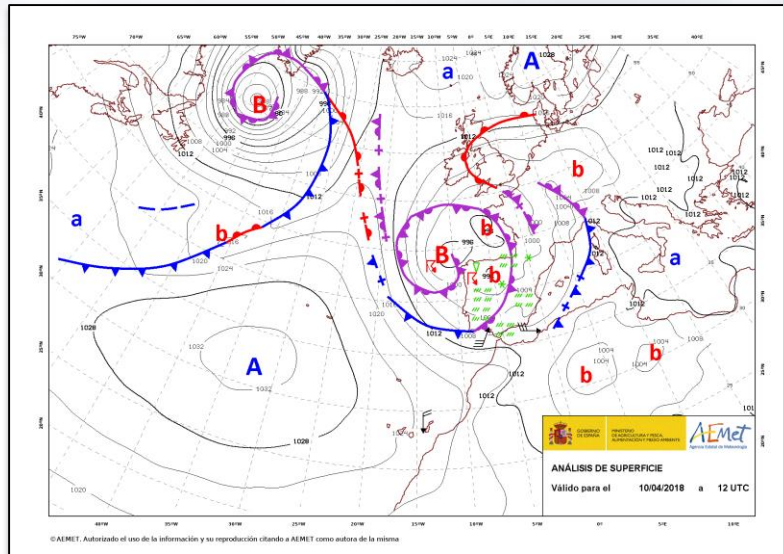
7-12 abril 2018



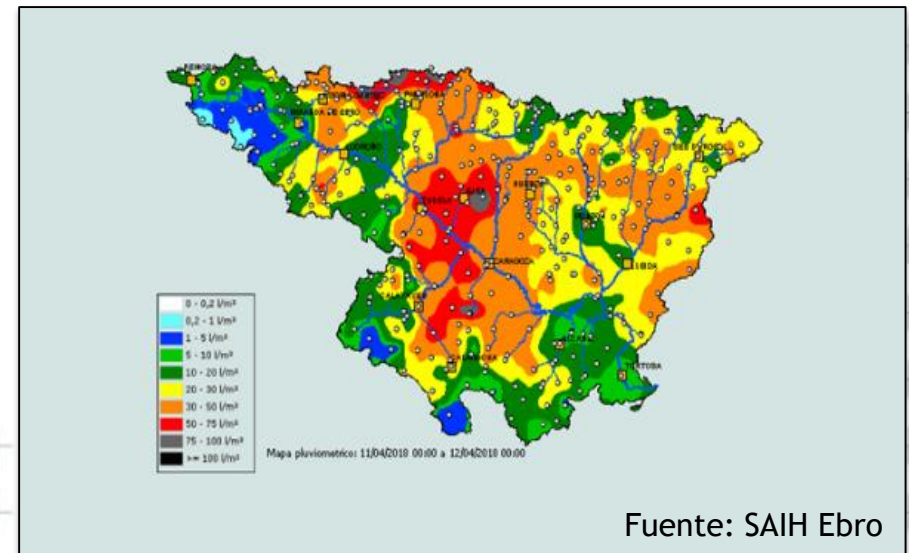
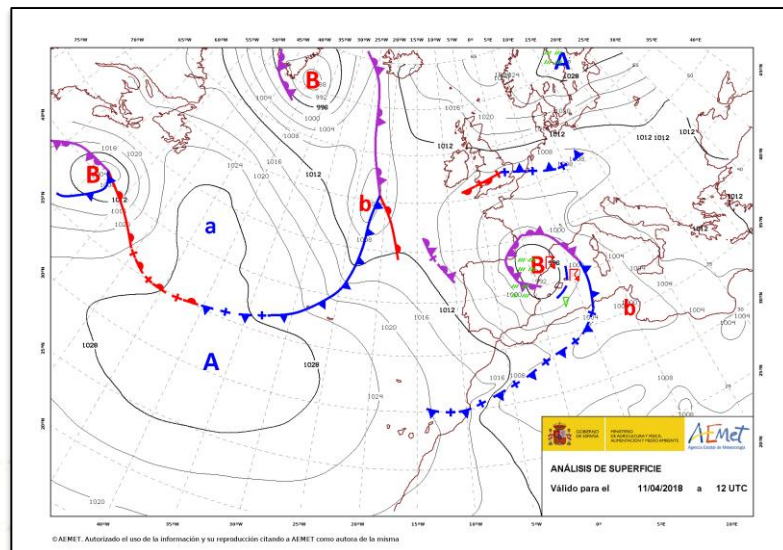
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA



Pcp acumulada 10 abril de 2018



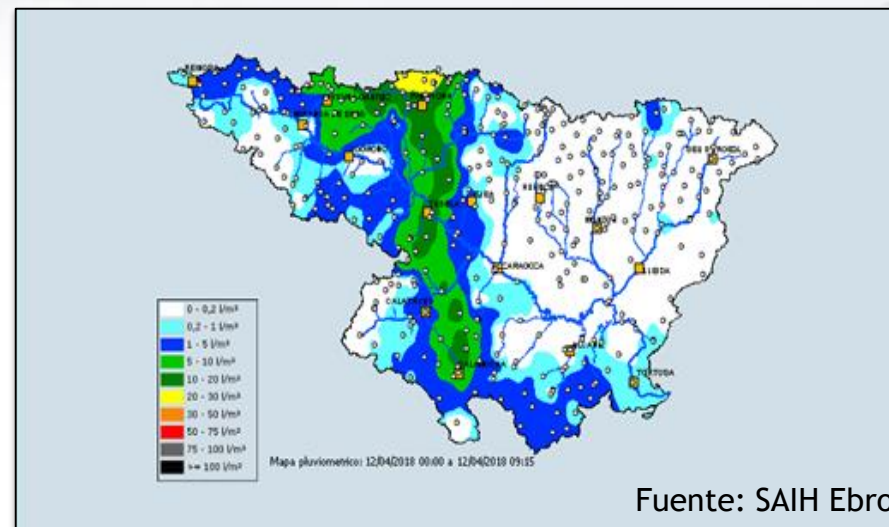
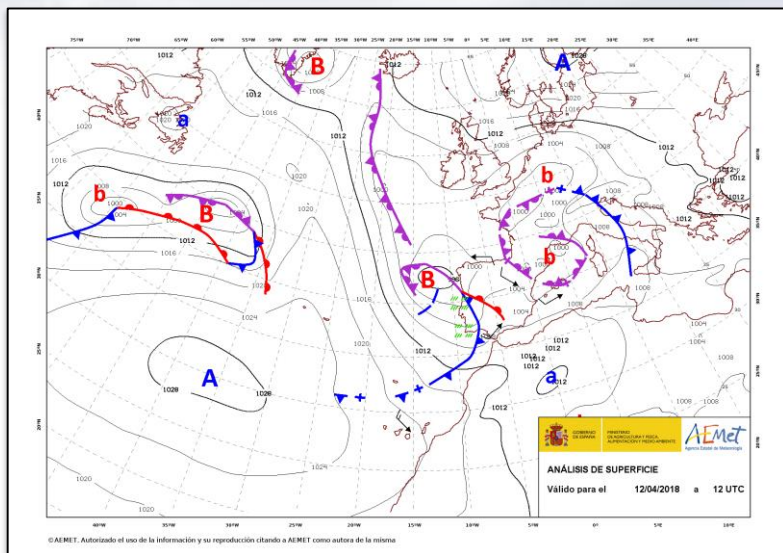
Pcp acumulada 11 abril de 2018



Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro

7-12 abril 2018

Pcp acumulada 12 abril de 2018 (hasta 09:15 h)



Precipitación acumulada en Navarra entre el mediodía del martes 10 y el mediodía del jueves 12 de abril (~ 48 horas; fuentes: AEMET, SAIH Ebro, Gob. de Navarra)

- ~ 120 mm (localmente 150 mm): cabeceras del Arga y Ultzama, altiplano de Aurtitz-Burguete, corredor del Arakil y valle de Larraun.
- ~ 40-60 mm: cuencas de Pamplona, Lumbier y Aoiz, zona media oriental y Pirineo navarro oriental.
- ~ 60-80 mm: Ribera del Ebro → ¡MUY DESTACABLES E INUSUALES!

Ejemplo de oscilación de la cota de nieve en Navarra:

- Se mantuvo en general > 1200 m, pero hubo desplomes de cota en la zona de Urbasa-Burunda el martes 10 por la noche y en el valle del Roncal el miércoles 11 por la tarde, mientras que el 11 por la mañana subió de forma generalizada hasta los 1500-1600 m (¡deshielo!).

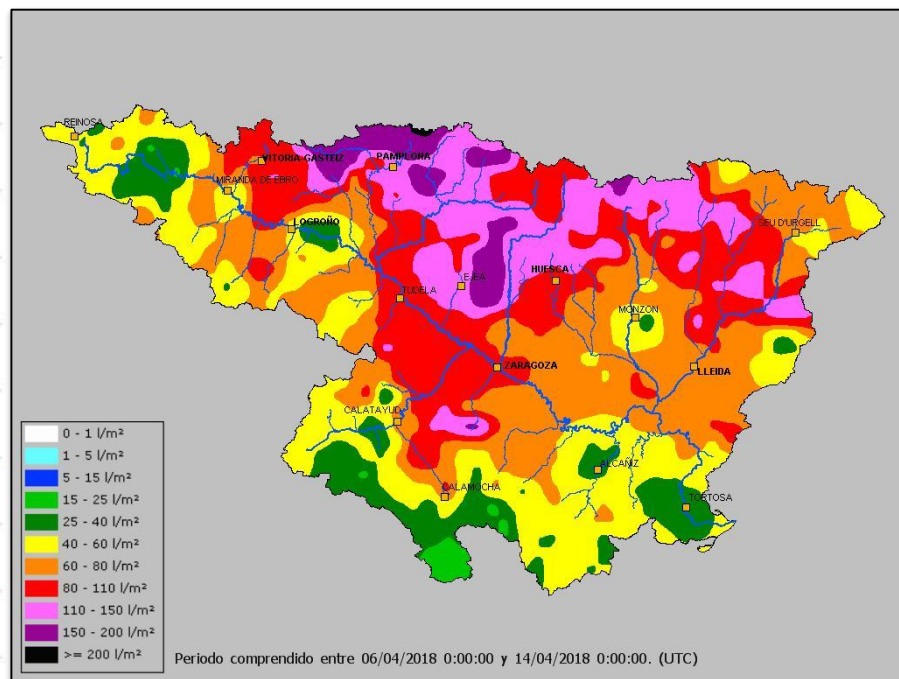
Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro

7-12 abril 2018

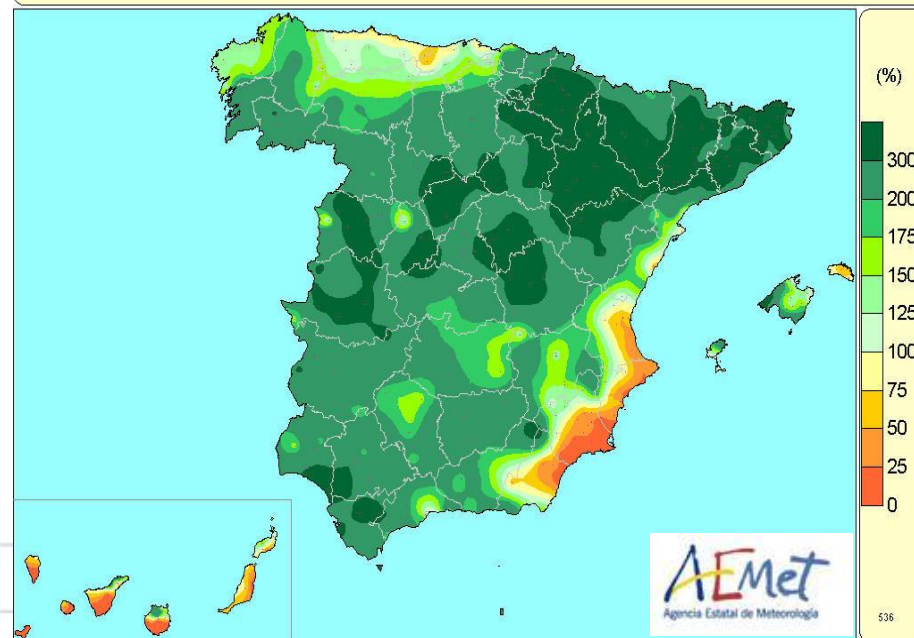


- Precipitaciones muy significativas y generalizadas en toda la cuenca del Ebro.
- Destacan las importantes precipitaciones en ambas márgenes del tramo medio, en subcuencas poco habituales, como las del Queiles, Arba/zona Bardenas, Jalón y Huerva (en otras ocasiones se restringen más al Alto Ebro y a las cabeceras del Ega, Arga y Aragón).
- En gran parte de Navarra, Aragón, La Rioja, Álava y Lleida llovió más del triple de lo normal durante la primera quincena de abril.

Pcp acumulada 6-13 abril de 2018



Porcentaje de la Precipitación Acum. del 01/04/2018 a 15/04/2018 (normal 1981-2010)



Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro

7-12 abril 2018

- Consecuencias hidrológicas:
 - Crecida extraordinaria del Ebro
 - Crecidas en muchos de sus afluentes: Zadorra, Arakil, Larraun, Arga, Ega, etc.

CRECIDAS EXTRAORDINARIAS EN EL EJE DEL EBRO DURANTE LOS ÚLTIMOS 20 AÑOS										
FECHA EPISODIO CASTEJON	NIVEL MÁXIMO (m)	CAUDAL MÁXIMO (m³/s) (5)	FECHA EPISODIO TUDELA	NIVEL MÁXIMO (m)	CAUDAL MÁXIMO (m³/s)	FECHA EPISODIO ZARAGOZA	NIVEL MÁXIMO (m)	CAUDAL MÁXIMO (m³/s)	VOLUMEN DE AGUA ESTIMADO POR ENCIMA DE 1800 m³/s DE CAUDAL EN TUDELA (hm³) (2)	TIEMPO ENTRE MÁXIMOS ENTRE CASTEJON Y ZARAGOZA (horas)
27/02/2015	7.78	2691	27/02/2015	5.85	2582	02/03/2015	6.10	2448	182	75
06/02/2003	7.54	2847				09/02/2003	5.76	2237	104 (4)	72
13/04/2018	7.77	2682	14/04/2018	5.34	2413	15/04/2018	5.36	2037	78	60
03/04/2007	7.33	2282	04/04/2007	4.99	2279	05/04/2007	5.19	1952	45	60
21/01/2013	7.47	2203	21/01/2013	4.64	2119	23/01/2013	4.80	1755	33	50
01/02/2015	7.36	2307	02/02/2015	4.53	2069	04/02/2015	4.72	1715	32	56

COMENTARIOS

1) Los datos que figuran en esta tabla de la avenida del 2018 son provisionales y están sujetos a validaciones posteriores (aunque no se esperan modificaciones sustanciales.)

2) Para caracterizar la capacidad de generar daños de una avenida en el eje del Ebro hay que tener en cuenta tres factores: **1.** El nivel y caudal máximos en las estaciones de aforo (Castejón, Tudela y Zaragoza). **2.** Volumen de agua del episodio que puede desbordarse (evaluado de forma aproximada como el volumen de hidrograma por encima de 1800 m³/s en el aforo de Tudela). **3.** Aportaciones de otros afluentes al tramo Castejón-Mequinzenza (Queiles, Huecha, Arba, Jalón, Huerva, Gállego, Aguas Vivas, etc).

3) Se han ordenado los episodios en función del volumen de agua del episodio que puede desbordarse.

4) Al no existir la estación de Tudela en el 2003, el volumen de ese episodio se ha evaluado con Castejón.

5) Los caudales estimados en Castejón no presentan la fiabilidad de los de Tudela o Zaragoza debido a las alteraciones en las condiciones del flujo (rotura, desbordamiento de motas, etc.) que se producen en ese tramo para niveles superiores a 7 metros aproximadamente. Esta falta de fiabilidad se manifiesta en la escasa diferencia de alturas reflejada en la tabla (7,78-7,33) entre el mayor y menor de estos episodios extraordinarios, frente a las diferencias registradas en Tudela (5,85-4,53) y Zaragoza (6,10-4,72).

Fecha realización: ABRIL 2018
Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro

Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro 7-12 abril 2018

- Principales impactos:
 - Daños muy cuantiosos en la agricultura e infraestructuras, valorados en más de 50 millones de euros en La Rioja, Navarra y Aragón.
 - Calles, bajos y locales inundados en el casco viejo de Tudela, aunque con menor impacto que en la crecida extraordinaria de 2015.
 - Múltiples carreteras cortadas, especialmente en la Ribera baja navarra (ej: N-113 en Castejón; temporalmente un carril de la AP-15). El impacto en Castejón fue similar al de 2015.
 - Desalojadas varias urbanizaciones en Zaragoza: Alfajarin, Movera y barrio de Alfocea en Zaragoza capital.
 - Rotura de torres eléctricas, dejando sin suministro a unos 700 clientes de las comarcas de Daroca y Calatayud.



Casco viejo de Tudela (Navarra), 13 de abril de 2018
(Fuente: JDIGES, Agencia Efe)

Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro 7-12 abril 2018

- Participación operativa de AEMET:
 - Elaboración y emisión de avisos FMA por los Grupos de Avisos (de deshielos por parte del GPV de Zaragoza, en coordinación con la CHE).
 - Participación de los Delegados Territoriales de Aragón y Navarra en los correspondientes CECOPI:
 - Aragón: 7 días (11-17 abril 2018)
 - Navarra: 3 días (11-13 abril 2018)
 - Predicciones a medio plazo para la UME elaboradas por el Delegado Territorial de AEMET en Aragón (toma de decisiones relacionada con el Ejercicio 2018 de la UME).



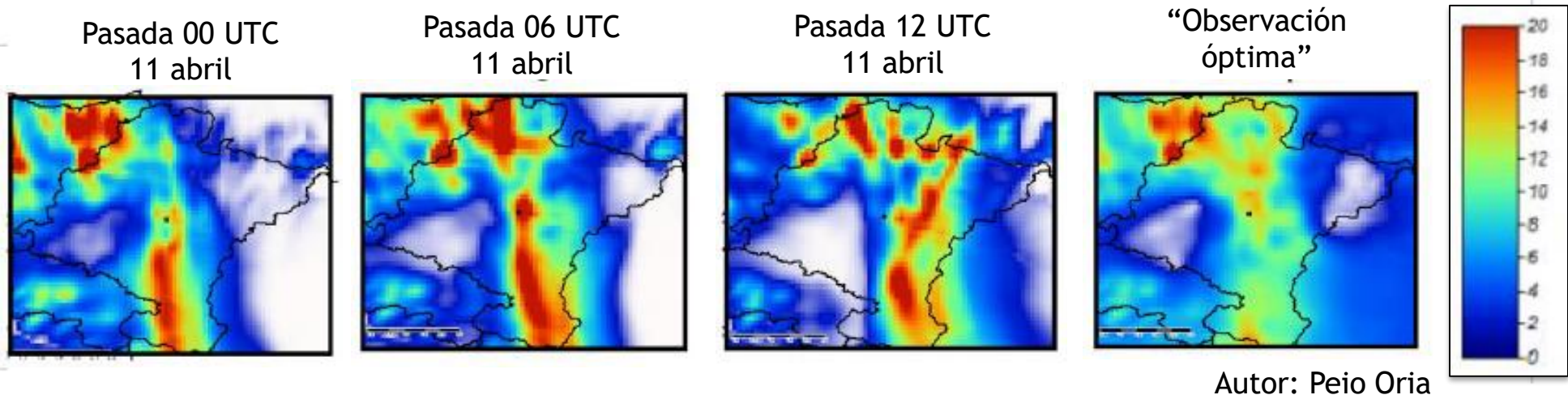
Predictor de AEMET en su puesto de trabajo



CECOPI del 16 de abril de 2018 en 112 de Aragón
(Fuente: AralInfo)

Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro 7-12 abril 2018

- Ejemplo de las limitaciones de los modelos numéricos de predicción: sobrestimación de la precipitación del modelo de mesoescala de alta resolución de AEMET en Navarra entre las 21 UTC del día 11 y las 00 UTC del día 12.



Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro

7-12 abril 2018

- Principales conclusiones:

- Las importantes precipitaciones entre diciembre de 2017 y marzo de 2018 hicieron que los suelos se encontraran saturados en Cantabria, País Vasco, mitad norte de Navarra y Pirineo oscense.
- Las importantes cantidades de nieve acumuladas durante el invierno y marzo hicieron que algunos embalses desaguaran de forma preventiva los días previos al episodio ante futuros deshielos+lluvias.
- Las precipitaciones entre el 7 y 12 de abril fueron muy significativas y generalizadas en toda la cuenca del Ebro, incluso en subcuencas de ambas márgenes del tramo medio donde son menos habituales.
- En gran parte de Navarra, Aragón, La Rioja, Álava y Lleida llovió más del triple de lo normal durante la primera quincena de abril.
- La nieve que cayó temporalmente por debajo de 1200 m se fundió a lo largo del episodio (incluso ocasionalmente también por debajo de unos 1500 m).

Precipitaciones persistentes cuenca del Ebro

7-12 abril 2018

- Principales conclusiones:
 - Parece que el deshielo de la gran cantidad de nieve que había de reserva en la cuenca antes del episodio no fue un factor crítico. Las consecuencias hubieran sido mucho peores si hubiera habido una cota de nieve constante por encima de los 1500 m o incluso por encima de los 2000 m, como sucedió durante los días siguientes (por suerte, ya sin lluvias significativas).
 - La detección de los CRE permite predecir mejor la NAO negativa y, por tanto, el paso sucesivo de borrascas sobre la Península de cara al plazo medio o plazo medio extendido, con precipitaciones más generalizadas en toda la Cuenca del Ebro.
 - Incluso los modelos numéricos de predicción del tiempo más avanzados presentaron limitaciones, por lo que el papel del predictor y la presencia de AEMET en los CECO y CECOPI sigue siendo esencial.
 - Potencial utilidad en un futuro de avisos de precipitación en 24 y 48 h para cuencas con tiempo de concentración elevado como la del Ebro.
 - Los daños materiales fueron muy importantes.

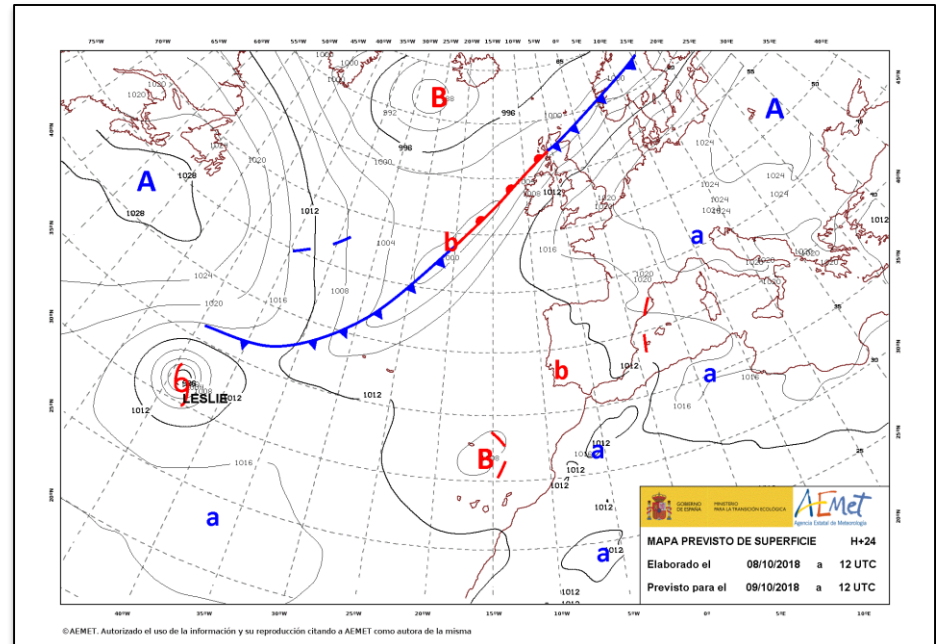
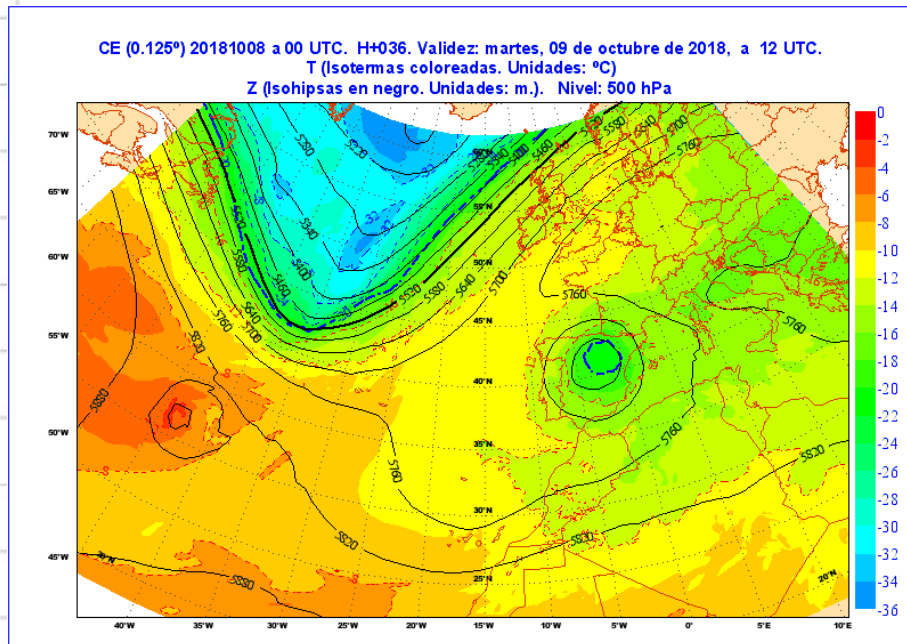
Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018



Sant Llorenç des Cardassar (Mallorca), 9 de octubre de 2018 (Fuente: Cati Cladera, Agencia EFE)

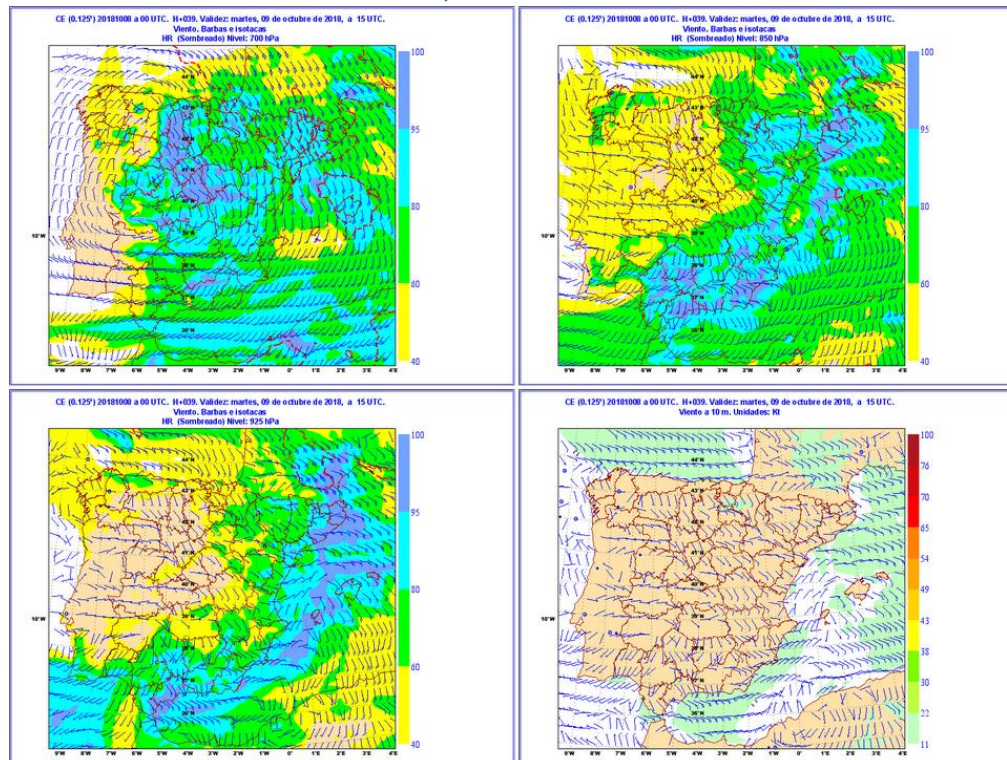
Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018

- Predicción de la situación sinóptica el día anterior:
 - Niveles medios y altos: localización de la Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA) ya bastante predecible, con su centro sobre la Ibérica y su mayor forzamiento hacia el NE peninsular y Baleares.
 - Niveles bajos: flujo del SE de origen subtropical y línea de inestabilidad entre Baleares y las costas peninsulares.



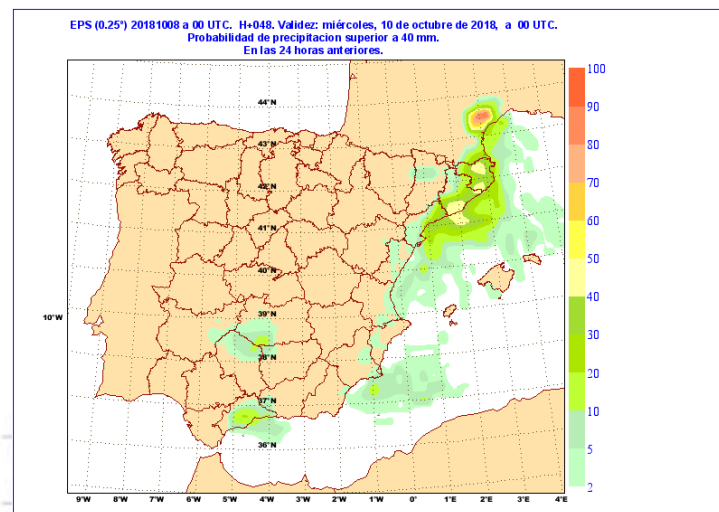
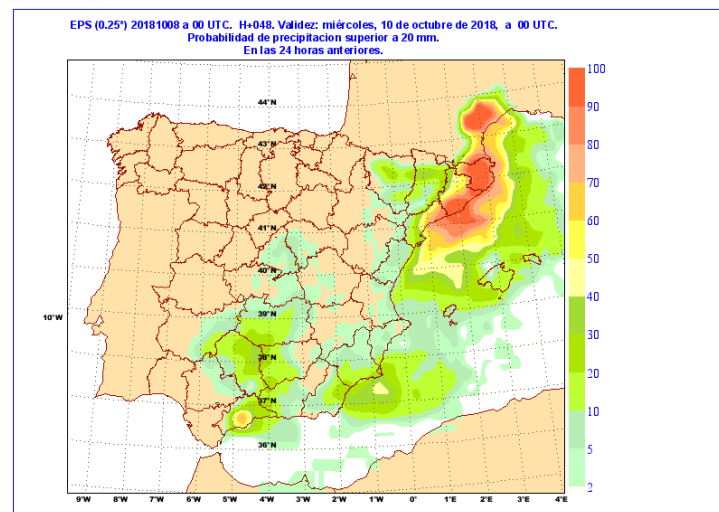
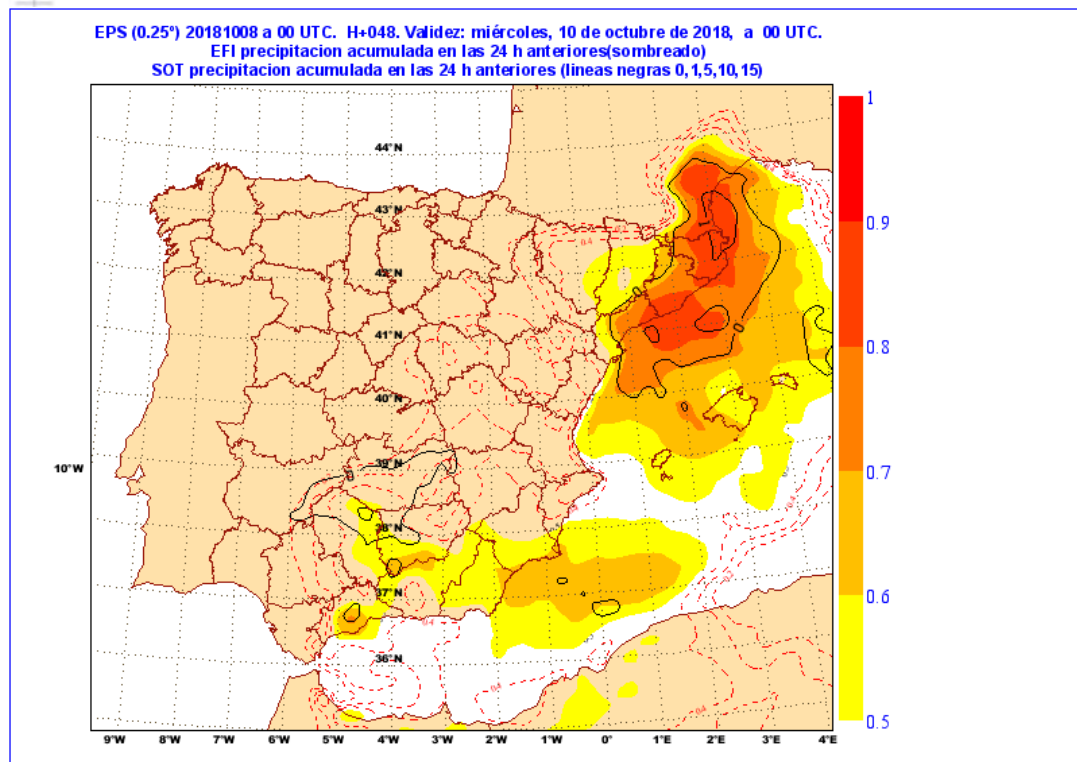
Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018

- Predicción de la situación mesoescalar el día anterior:
 - El flujo del SE tenía mucha dimensión vertical y venía cargado de humedad del Mediterráneo y de latitudes subtropicales.
 - Debido a la interacción con la orografía y a la situación sinóptica, la zona más complicada parecía Cataluña, aunque también la zona de Málaga (SE y cizalladura en dirección) y Baleares (línea de convergencias de viento y humedad hacia el SW de Baleares).



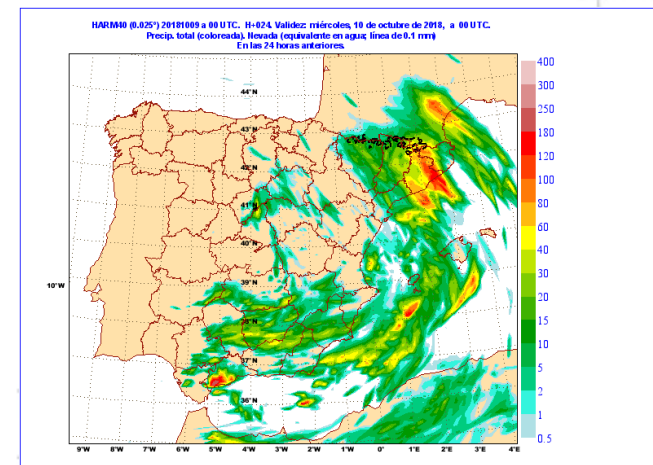
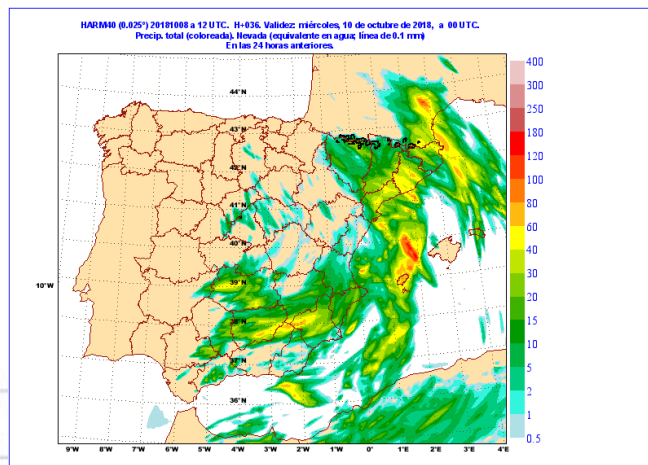
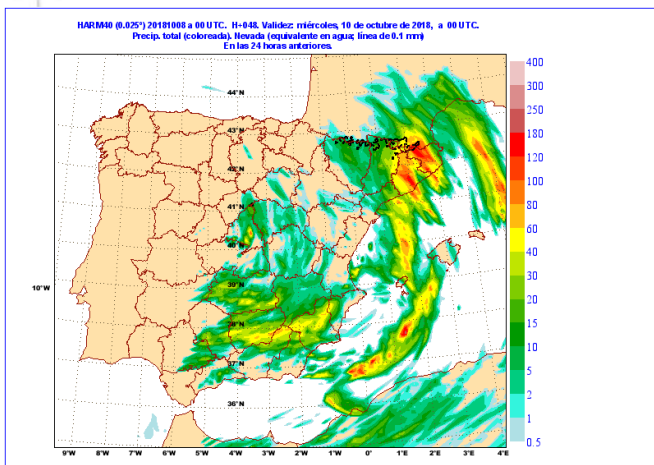
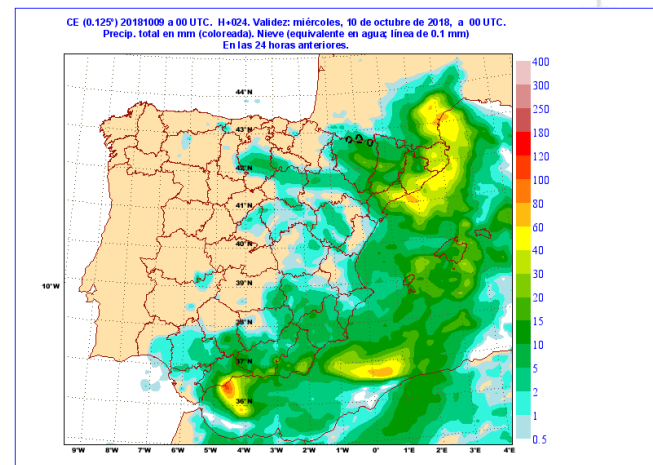
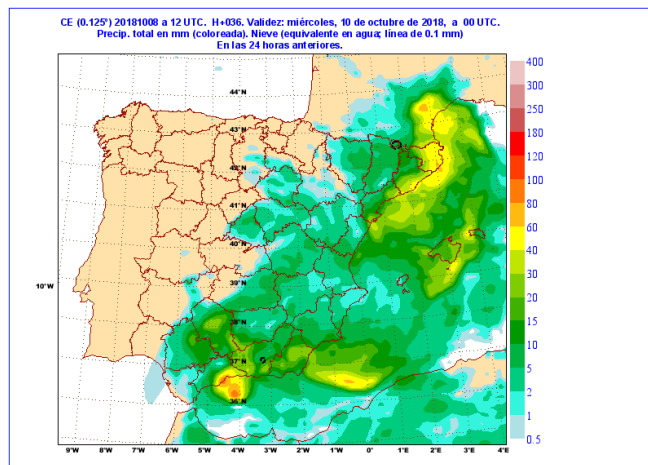
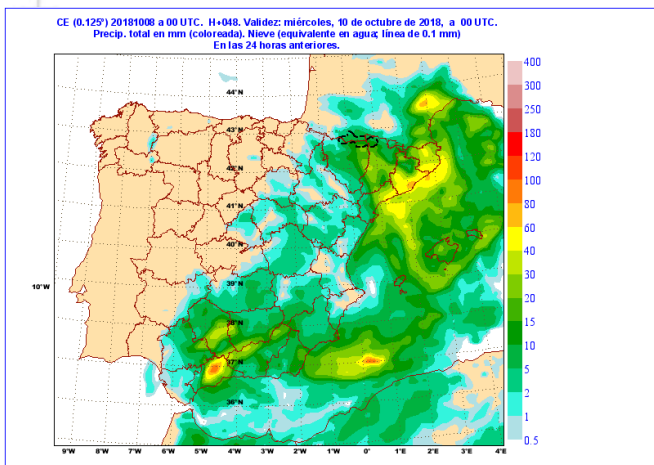
Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018

- Campos probabilísticos del modelo del ECMWF disponibles la mañana del día anterior:



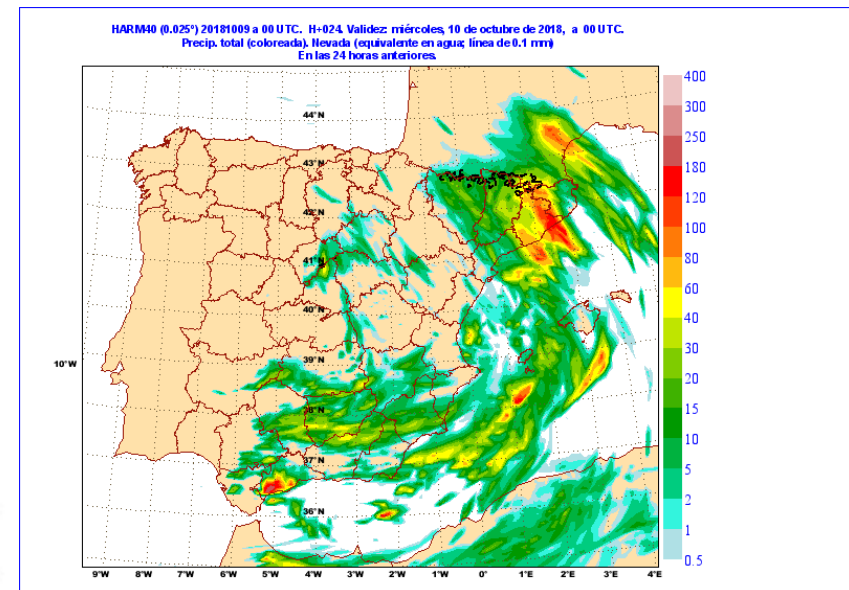
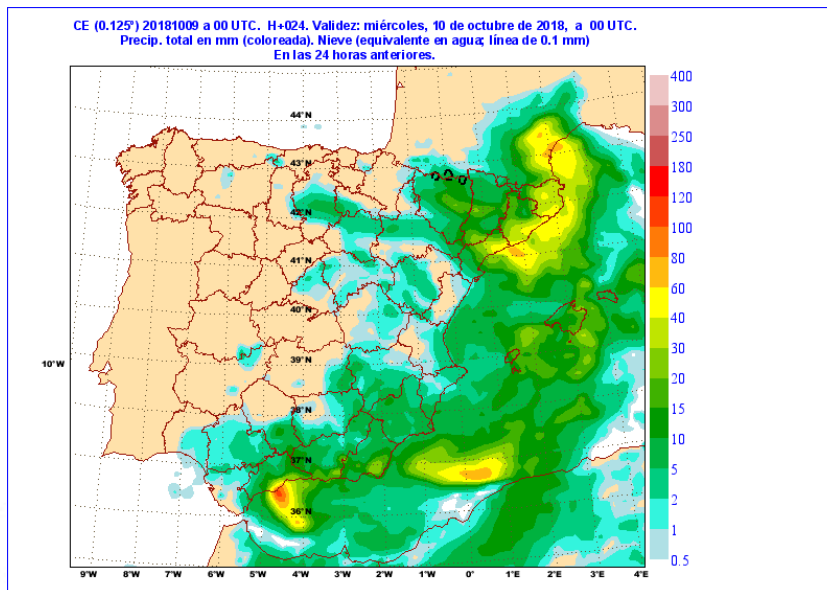
Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018

- Campos deterministas de los modelos del ECMWF (arriba) y Harmonie-Arome (abajo) disponibles los días 8 y 9:

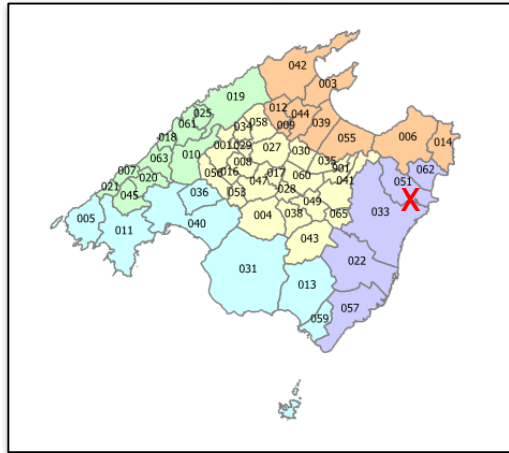


Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018

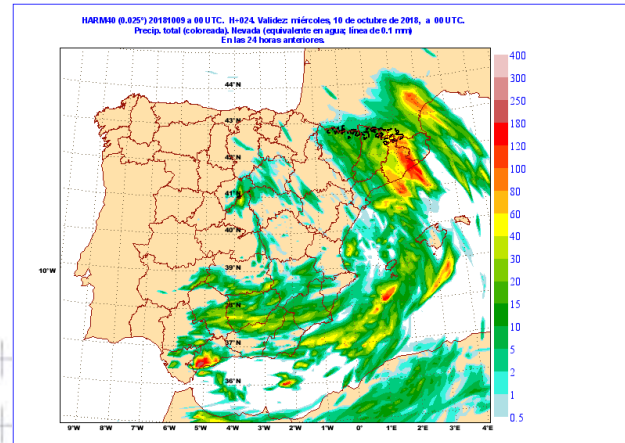
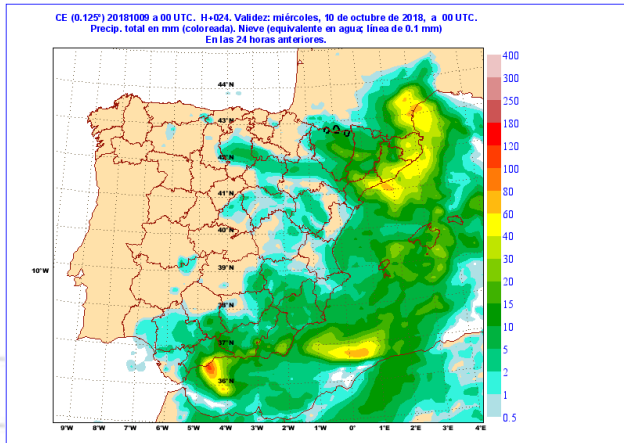
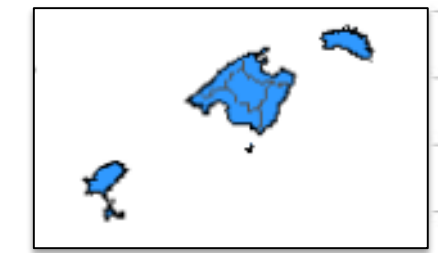
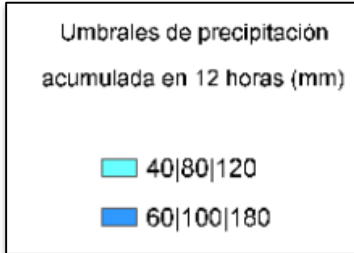
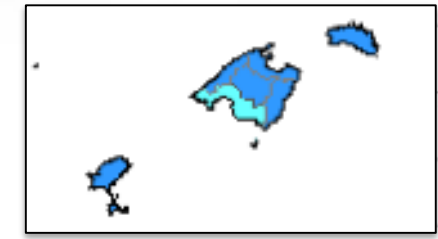
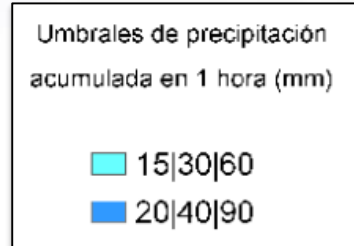
- Con todo esto (y muchos más campos), el Sistema Nacional de Predicción considera que habrá convección profunda y organizada, siendo las zonas más probables y con precipitaciones más intensas Cataluña, Málaga y Baleares, en ese orden (no había cantidades de precipitación previstas especialmente significativas en Baleares).
- Pero la incertidumbre es grande, ya que hay bastante diferencia entre modelos y pasadas, por lo que es imposible incluso en el corto plazo poder predecir la localización precisa de los máximos de precipitación.
- Será muy necesaria la vigilancia (satélite, radar, EMA, RRSS, etc.).



Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018



- 645401 Sierra Tramontana
- 645402 Norte y nordeste de Mallorca
- 645403 Interior de Mallorca
- 645404 Sur de Mallorca
- 645405 Levante mallorquín



Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018

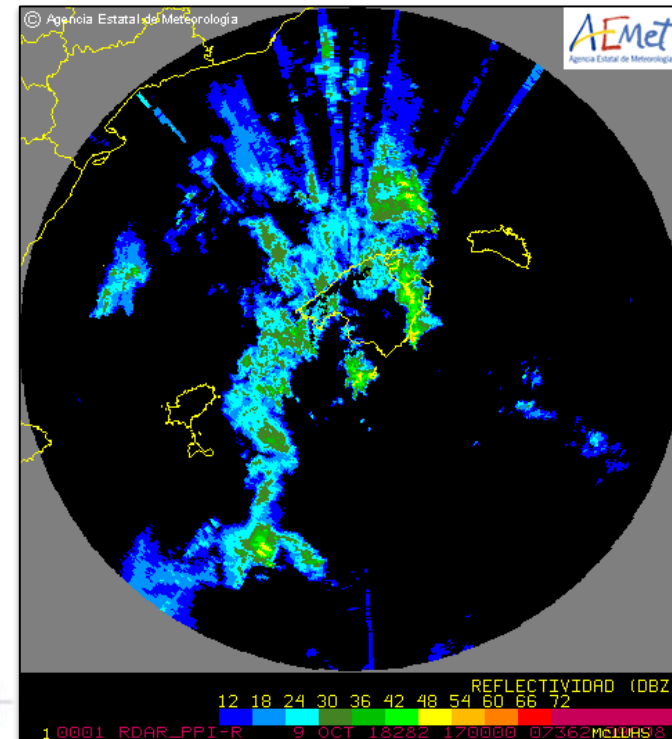
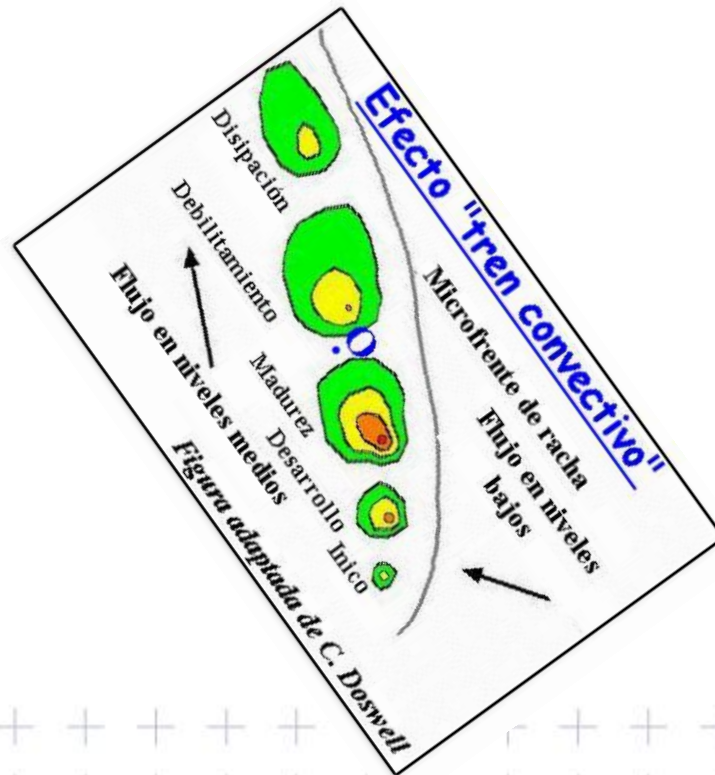
- Se emiten los siguientes avisos de FMA y las siguientes llamadas al 112 de Baleares por parte del predictor:
 - **11:32 h día 8:** amarillos de precipitación acumulada en 1 h para toda Baleares (20 mm), con probabilidad del 10-40 %, válidos para todo el día 9 (en Cataluña y Málaga también amarillos).
 - **22:22 h día 8:** se aumenta la probabilidad de los avisos amarillos de precipitación acumulada en una hora al 40-70 % y se emiten **avisos amarillos de tormentas para toda Baleares**, válidos desde las 22:00 h del día 8 hasta las 24:00 h del día 9 para toda Baleares (esa noche se suben a naranja los P1 de Girona y Barcelona con validez a partir de las 18 h del día 9).
 - **16:39 h día 9:** llamada para recabar información de retorno. El técnico del 112 comenta que no hay ninguna incidencia, tan solo el impacto de dos rayos.
 - **18:30 h día 9:** tras observar una acumulación horaria de 50 mm en una hora en la estación automática de Colonia de Sant Pere (Artà) y la estructura convectiva del radar, el predictor llama de nuevo para recabar información de retorno: algunas balsas en carreteras y la Policía y Bomberos están actuando.

Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018

- Se emiten los siguientes avisos de FMA y las siguientes llamadas al 112 de Baleares:
 - **18:53 h día 9:** naranjas observados (fruto de la vigilancia) por precipitación acumulada en una hora de 50 mm, válidos desde ese momento hasta las 21:00 h, en dos zonas de aviso de Mallorca: Norte y nordeste, y Levante mallorquín. El resto de zonas continúan con los avisos amarillos emitidos el día anterior (la mañana de este día se subió a naranja el P1 de Sol y Guadalhorce).
 - **19:00 h día 9:** siguiendo el protocolo interno del Grupo de Avisos Este, llamada para comunicar que se ha emitido un aviso de fenómenos observados de nivel naranja (50 mm en 1 hora), con validez hasta las 21 h. Posteriormente a esta llamada, fue imposible comunicar de nuevo, debido a la saturación de la línea.
 - **20:13 h día 9:** se añaden en estas dos mismas zonas avisos naranjas por precipitación acumulada en 12 horas de 100 mm, válidos desde las 20:00 hasta las 22:00 h.
 - **22:01 h día 9:** aviso rojo observado por precipitación acumulada en 12 horas de 220 mm en Norte y nordeste de Mallorca, válido hasta las 02:00 hora local del día 10 (alrededor de esa hora se ponen naranjas de P2 y TO en Cataluña, añadiendo algunas zonas más, y se añaden también naranjas de P2 en Málaga, añadiendo la Axarquía).

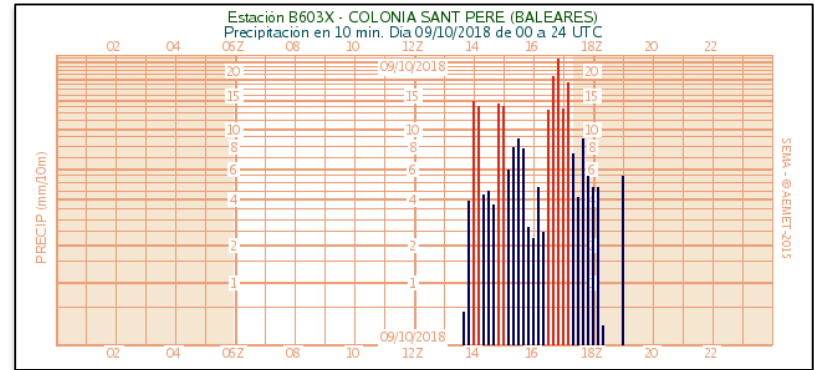
Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018

- Desde el punto de vista meteorológico, lo que produjo unas precipitaciones torrenciales, persistentes y tan localizadas fue el llamado modelo de “tren convectivo”, por el cual sobre un mismo sitio van pasando sucesivas células convectivas, ya que se van generando corriente abajo.

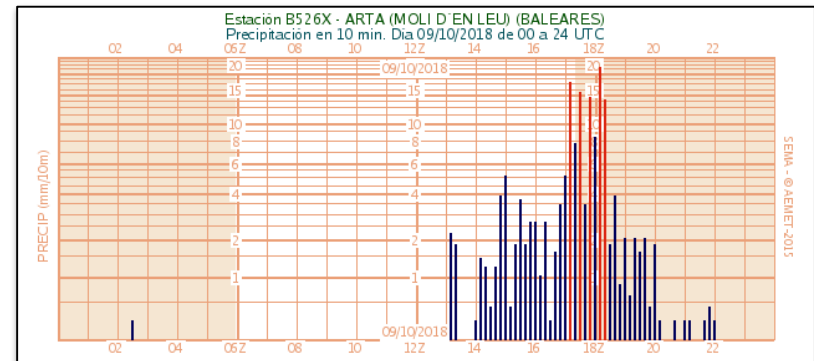
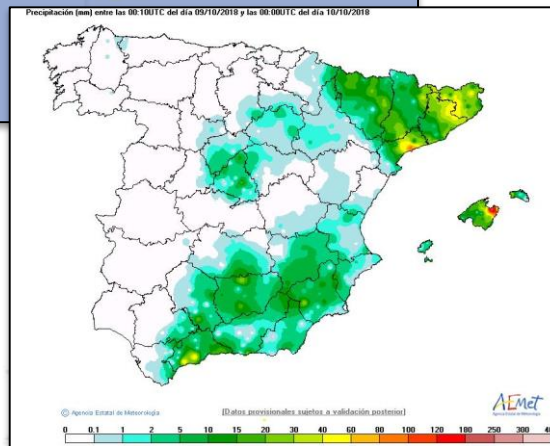
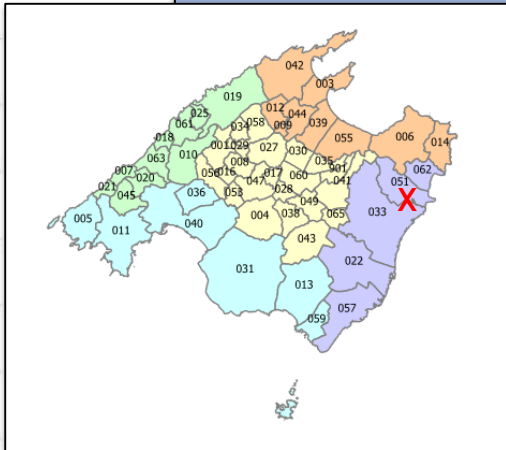


Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018

- Precipitación observada en estaciones automáticas (EMA):



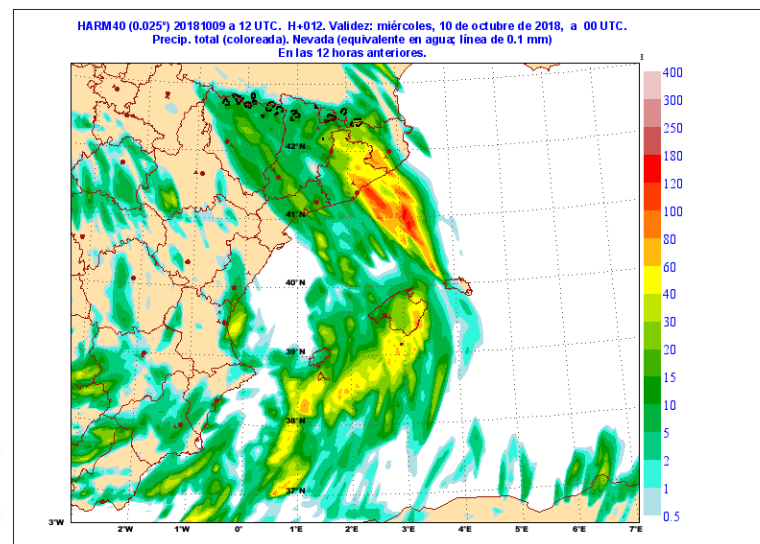
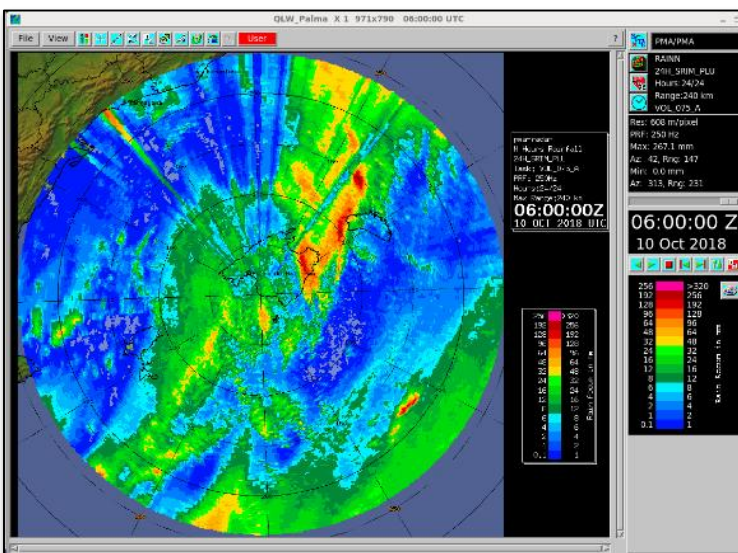
233 mm en poco más de 4 horas, concentrados entre las 16 y 20 h (14-18 UTC), con un máximo de 90 mm entre las 18:20 y 19:20 h.



157 mm en poco más de 6 horas, concentrados entre las 16 y 22 h (14-20 UTC), con un máximo de 71 mm entre las 19:20 y 20:20 h.

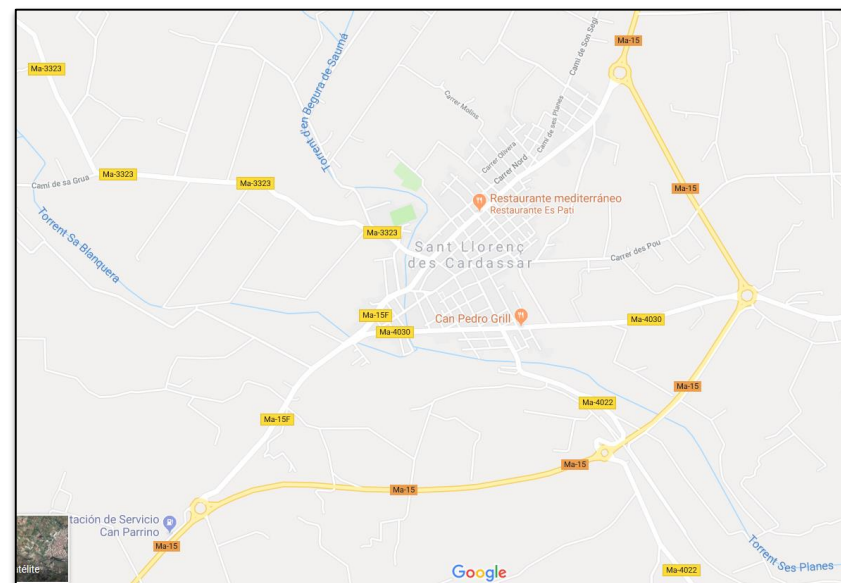
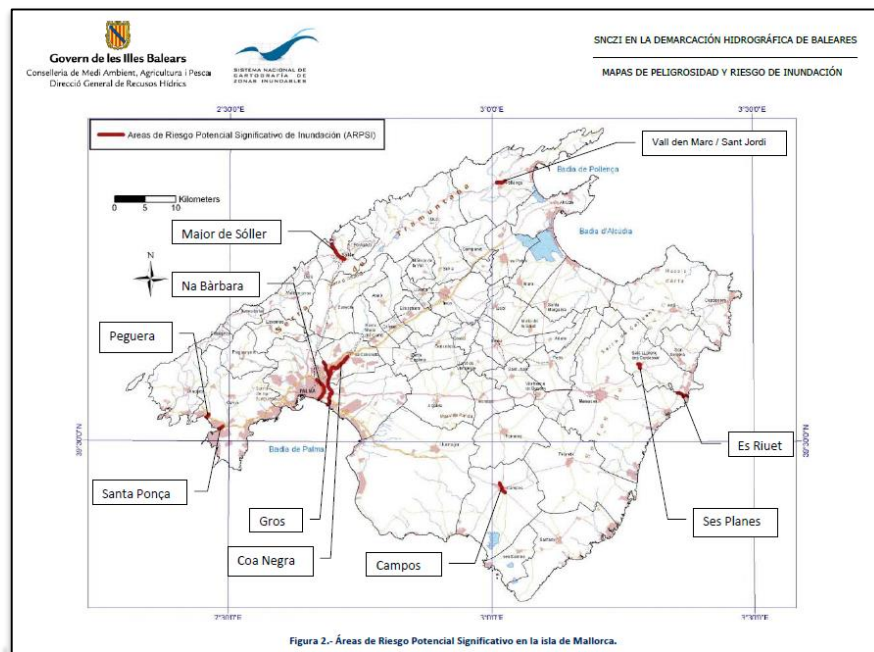
Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018

- Precipitación estimada por radar y comparación con última pasada del modelo Harmonie-Arome:
 - Precipitaciones más intensas muy localizadas en la línea de tormentas muy estrecha con orientación NNW-SSE.
 - Gran variación espacial: en Manacor, situado solo a unos 7 km en línea recta de Sant Llorenç, se recogieron solo 23 mm.
 - La última pasada de Harmonie-Arome (disponible para el predictor a las 17 h) ya daba valores de 60-80 mm en el este de Mallorca, pero los repartía en más de 4-6 h y aún así se quedó corto.



Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018

- Consecuencias hidrológicas:
 - Inundación repentina (*flash flood*) de los torrents que desembocan en Sant Llorenç (d'en Begura, sa Blanquera y ses Planes).
 - El tramo del torrent de Ses Planes (que recoge a los otros dos torrents) a la altura de Sant Llorenç des Cardassar es uno de los 11 tramos ARPSI identificados en Baleares.



Fuente: “Mapas de peligrosidad y riesgo de inundación en la demarcación hidrográfica de baleares”
(Govern de les Illes Balears)

Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018

- Principales impactos:
 - **13 víctimas mortales en Sant Llorenç des Cardassar.**
 - Daños muy cuantiosos en infraestructuras municipales, con unos 13 millones de euros estimados (principalmente en los municipios de Sant Llorenç, Artà y Son Servera), además de los cuantiosos daños en las carreteras, estimados en 21 millones de euros.



Fuente: Mayka Navarro

Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018

- Principales conclusiones:
 - La precipitación fue muy localizada, torrencial y persistente, debido al modelo de “tren convectivo”.
 - Aunque la situación meteorológica a nivel general (escala meso α) estaba bien prevista por los modelos numéricos, no ocurrió lo mismo a nivel más local (escala meso β - γ).
 - La tecnología actual no permite predecir ni la localización ni la intensidad exacta de la precipitación de un fenómeno excepcional como el ocurrido en el NE de Mallorca el día 9, por lo que para estos casos se recurre a la vigilancia mediante estaciones meteorológicas automáticas (EMA), radares, imágenes de satélite y otros medios.
 - Cerca de Sant Llorenç, municipio situado al norte de la zona de aviso del Levante mallorquín, solo hubo dos estaciones meteorológicas automáticas que dieron valores acumulados de precipitación en menos de 12 horas muy significativos, ambas situadas en el municipio de Artà, situado en el este de la zona de aviso del Norte y nordeste de Mallorca. En solo una de ellas se superó el umbral de aviso de nivel rojo de precipitación acumulada en 12 horas (180 mm).

Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018

• Principales conclusiones:

- Debido a que la red de EMA de AEMET se diseñó en su momento para la observación climatológica y no para la vigilancia de FMA, los datos llegan en ocasiones con retraso a los predictores (en este caso alrededor de 1 hora), lo que dificulta una mayor rapidez en la toma de decisiones.
- Los pasos exigidos por los propios protocolos de actuación (necesarios para buscar consenso dentro del Sistema Nacional de Predicción) incrementaron el retraso en la emisión del aviso rojo, aunque el aviso naranja por riesgo importante estaba activo desde las 18:53 h, con anterioridad a que se produjera la fase más intensa del episodio.
- La vigilancia a través de los radares meteorológicos en la actualidad tampoco permite agilizar la toma de decisiones, porque los productos que ofrecen son más cualitativos que cuantitativos y no incluyen una estimación de la intensidad de precipitación ni la acumulación total en las horas previas. Es muy difícil tomar la decisión de subir un nivel de aviso de precipitación haciendo uso solamente de las imágenes radar, sin un dato en superficie que apoye dicha decisión.
- Los protocolos de actuación se cumplieron y existió una coordinación adecuada entre las distintas unidades de AEMET implicadas.

Precipitaciones torrenciales y persistentes extremo NE de Mallorca 9 octubre 2018

- Principales líneas de mejora:
 - En un contexto de cambio climático y calentamiento global, cabe esperar un aumento en intensidad y frecuencia de los FMA, especialmente en regiones como la mediterránea. Por tanto, la actualización y mejora de los sistemas de observación, predicción y vigilancia es urgente y puede ser aún más necesaria en el futuro.
 - Adecuación de la red de EMA para mejorar su despliegue territorial y aumentar la frecuencia de transmisión de datos (retraso máximo 10 min).
 - Renovación de la red de radares para incorporar tecnologías que permitan una mejor estimación de la intensidad y acumulación total de lluvia.
 - Aplicación de técnicas geoestadísticas, combinando el máximo número de observaciones y datos de radar y/o satélite y/o modelo para saber con la mayor exactitud la precipitación acumulada durante las horas previas.
 - Adaptación de los modelos numéricos para disponer de herramientas de predicción inmediata (*nowcasting*; hasta las 6 h) o a muy corto plazo (hasta las 12 h), junto con técnicas de extrapolación radar. Ya se está trabajando en la asimilación de radar en el modelo Harmonie-Arome y se ha comenzado a utilizar el sistema gSREPS de forma experimental. Ambas cosas mejorarán en un futuro la predicción de episodios convectivos.

MUCHAS GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN

Fco. Javier Rodríguez Marcos
frodriguezmaemet.es