

INFORME SOBRE EL EPISODIO METEOROLÓGICO DE FUERTES NEVADAS Y PRECIPITACIONES OCASIONADAS POR BORRASCA FILOMENA Y POSTERIOR OLA DE FRÍO

1. INTRODUCCIÓN

La borrasca Filomena, sexta de la temporada 2020-2021, fue nombrada por AEMET el martes 5 de enero de 2021 a las 10:00 UTC por avisos emitidos para el 6 de enero y siguientes días por temporal de viento, lluvias fuertes y/o persistentes y mar en Canarias, sur de Andalucía y Ceuta, y por nevadas copiosas en amplias zonas del interior peninsular. Todos los fenómenos anunciados tuvieron lugar entre los días 6 y 10 de enero, pero lo más destacado fue la gran nevada ocurrida en el interior peninsular los días 8 y 9, que sin lugar a dudas puede ser calificada como histórica, al acumular hasta 50 cm de nieve en Madrid capital y en otras zonas del centro y este. Tras desaparecer Filomena, cesar las precipitaciones y despejarse los cielos durante el domingo 10 dio inicio una ola de frío meteorológica que duró desde el lunes 11 hasta el domingo 17, que también se puede considerar histórica por los registros alcanzados.

2. DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO

2.1 FORMACIÓN Y EVOLUCIÓN POSTERIOR DE LA BORRASCA

La borrasca Filomena se generó en el interior del este de los EE.UU. entre los días 1 y 2 de enero de 2021, se desplazó hacia el noreste de Norteamérica y el día 3, ya completamente formada, entró en el océano Atlántico desde Nueva Escocia, en Canadá. Durante ese día y el siguiente, arrastrada por una rama meridional del chorro polar, se desplazó rápidamente en dirección sureste, perdiendo parte de su estructura de borrasca extratropical típica y debilitándose. El día 5 llegó al centro del Atlántico, con su centro próximo a las islas Azores y un poco al oeste, aproximadamente en 37°N-35°W a las 10 UTC. En ese momento fue cuando recibió nombre por parte de AEMET, dados los avisos emitidos para los siguientes días, primero en Canarias los días 6 y 7, y luego en la Península, a partir del día 7.

Durante las 48 horas siguientes Filomena se desplazó rápidamente desde su posición al oeste de Azores en dirección sureste, hasta situarse sobre Canarias el día 7 a mediodía. En este recorrido entró en aguas más cálidas y se reforzó, adquiriendo en algún momento características próximas a las de los ciclones tropicales. Ya el día 6 un frente frío que iba por delante de la borrasca había producido lluvias intensas y fuertes vientos en el archipiélago, fenómenos ambos que se repitieron durante el día 7, ya con Filomena sobre las islas, y primeras horas del día 8, cuando ya las abandonaba.

A lo largo del día 8 de enero, Filomena, de nuevo con una estructura de borrasca extratropical marcada (frentes frío, cálido y ocluido) se desplazó rápidamente en dirección noreste. Mientras tanto, y desde dos semanas antes, concretamente desde el día de Navidad del año 2020, se había establecido un flujo de aire polar muy frío sobre la Península, que había llevado las temperaturas a valores muy bajos, con mínimas por debajo de 0 °C en prácticamente todo el territorio, y valores de hasta -16 °C en algunos puntos, y máximas que apenas superaban los 0 °C y, en algunas zonas, no los alcanzaban.

Por tanto, al llegar la borrasca Filomena a la Península, el aire cálido y húmedo que traía sobrevoló el aire muy frío que tenía por debajo y, de Andalucía hacia el norte, toda la precipitación se dio en forma de nieve, lo que ocurrió durante casi todo el día 8 y la mayor parte del día 9, abarcando todo el centro y cuadrante noreste de la Península. A finales de ese día el centro de la borrasca se desplazó hacia el mar de Alborán, y durante el día 10 se fue rellenando y cesando su actividad. Aunque lo más destacado, por su excepcionalidad y duración, fueron las nevadas, que cubrieron



AEMet

aproximadamente la mitad de la España peninsular, también fueron muy importantes las lluvias en Andalucía, sobre todo en Málaga, donde en algunos puntos llegaron a ser torrenciales durante el día 8.

Una baja secundaria, formada a sotavento de las montañas de Argelia al tiempo que Filomena se acercaba a la Península, estuvo activa sobre Baleares y Cataluña durante la segunda mitad del día 9 y la mayor parte del día 10, añadiendo nuevas lluvias, nevadas y algunas tormentas.

La gran capa de nieve depositada en el suelo en la mitad de la Península, con un espesor medio de entre 30 y 50 cm, absolutamente excepcional en gran parte de ese territorio, junto con el establecimiento de un anticiclón centrado en la Península, provocó una ola de frío meteorológica igualmente excepcional que duró toda la semana siguiente, desde el lunes 11 hasta el domingo 17, en la que se batieron varios récords de temperatura y la red de AEMET registró hasta -26.5°C en Torremocha de Jiloca, Teruel (y en otras estaciones de otras redes valores por debajo de -30°C).

2.2 CRONOLOGÍA DIARIA

Jueves 31 de diciembre

AEMET emitió una nota informativa en la que ya se indicaba que las precipitaciones asociadas al episodio iban a ser de nieve en cotas inusualmente bajas y destacaba un posible episodio de temperaturas muy bajas que se prolongaría hasta el día 10 de enero. Un extracto de esta nota informativa se muestra a continuación:

asimismo, se prevé que las precipitaciones que pueden producirse durante este episodio sean de nieve en cotas inusualmente bajas. Continuarán las nevadas en el entorno de los sistemas montañosos de la mitad norte, sin poder descartarse en zonas bajas del interior peninsular. Las heladas serán intensas y generalizadas en toda la Península. Con la información disponible a día de hoy es probable que el episodio de temperaturas muy bajas se prolongue al menos hasta el día 10 de enero.

Viernes 1 de enero y sábado 2 de enero

Durante los días 1 y 2 de enero, la borrasca Filomena, aún sin nombre, se forma en la costa este de los EE. UU.

En la predicción mensual elaborada por el SNP de AEMET el 1 de enero ya se menciona que “A partir del martes 5 aumenta la incertidumbre respecto a la posición de una borrasca atlántica, esperándose que afecte al sur de la vertiente atlántica y provocando precipitaciones intensas y con tormentas en el entorno del Estrecho y las islas occidentales de Canarias. Con menor intensidad, también se esperan en otras zonas del tercio sur peninsular, Melilla, Baleares y litoral cantábrico. Las cotas de nieve se mantendrán por debajo de los 800 m y las temperaturas serán inferiores a los valores normales para la época del año.”

El viernes 1 de enero se emite nota informativa por episodio de bajas temperaturas en la que se indica el siguiente contenido:

Asimismo se prevé que las precipitaciones que puedan producirse durante este episodio sean de nieve en cotas inusualmente bajas. Afectarán especialmente al extremo norte peninsular, áreas de montaña del resto de la Península y, de forma más ocasional, a otras zonas de la Meseta norte. Con la información disponible a día de hoy es probable que el episodio de temperaturas muy bajas se prolongue al menos hasta el día 10 de enero.

Domingo 3 de enero

Tras recorrer la costa norteamericana de sur a norte, la borrasca, plenamente formada (figura 1), se dirige hacia el este.

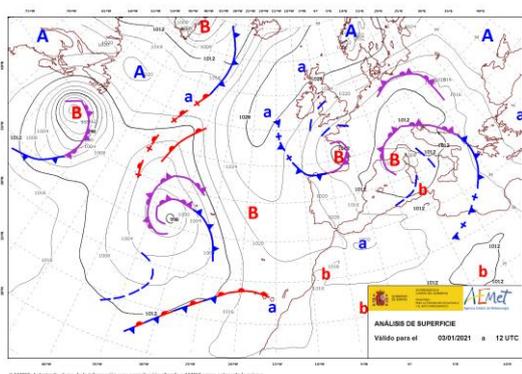


Figura 1. Análisis de superficie del 3 de enero a las 12 UTC. La borrasca, aún sin nombre, aparece al sur de Terranova

Se emite una **Nota Informativa por el temporal de lluvias, viento y mar en Canarias**. Además del mismo, se advierte que la borrasca (que luego se denominaría Filomena) podría afectar al sur peninsular y dejar precipitaciones en forma de nieve en amplias zonas de la Península:

A partir de la tarde del miércoles, día 6, es probable que esta última borrasca comience a afectar al sur peninsular, extendiendo sus efectos los días siguientes a otras zonas de la Península y a Baleares. Dadas las bajas temperaturas que se están registrando, las precipitaciones podrían ser de nieve en amplias zonas.

Lunes 4 de enero

La borrasca continúa su camino hacia el este y pierde algo de intensidad (figura 2 izq.). En la Península, hay un anticiclón persistente y muy bajas temperaturas (figura 2 dcha.)

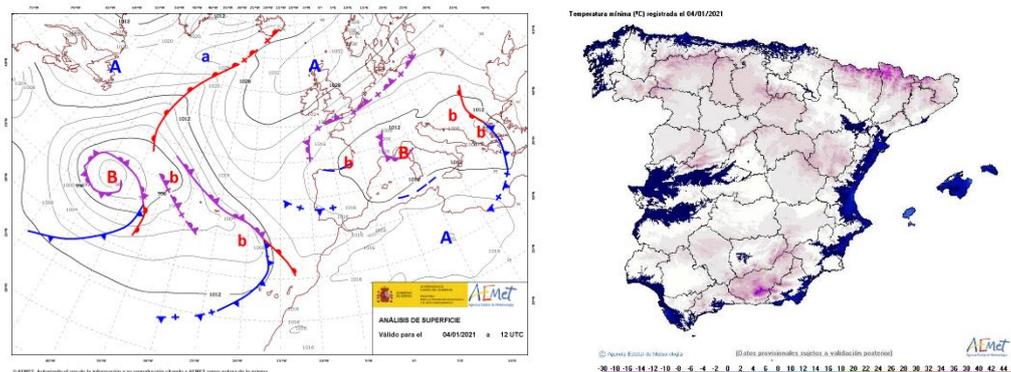


Figura 2. Análisis de superficie del 4 de enero a las 12 UTC y temperaturas mínimas en Península/Baleares

El lunes 4 se emite una **nota informativa por temporal en Canarias y sur peninsular**. En esta nota se amplía el ámbito espacial potencialmente afectado, incluyendo el temporal de lluvias, viento y mar en Canarias y la situación en el sur

peninsular a partir del día 6 de enero. Se hace referencia de nuevo a la posibilidad de nevadas en amplias zonas de la Península con el siguiente contenido:

La presencia de altas presiones sobre el Atlántico norte está obligando a las borrascas atlánticas a desviarse y a seguir trayectorias más meridionales de lo habitual. La inestabilidad asociada a estas borrascas está afectando al oeste de Canarias con la llegada de sucesivos frentes atlánticos y se espera que en los próximos se extienda también al área del Estrecho y sur peninsular.

A lo largo del día de hoy se espera que continúen las precipitaciones en las islas occidentales de Canarias e incluso se generalicen a todo el archipiélago, pudiendo ser fuertes en zonas montañosas orientadas al oeste. Esta situación se repetirá el miércoles 6 y el jueves 7 con la llegada de un nuevo frente atlántico. Asimismo en las islas occidentales se seguirán produciendo vientos fuertes, con intervalos muy fuertes en zonas de montaña. Además se espera que continúe el temporal marítimo con vientos de fuerza 7, mar combinada del oeste de 3 a 4 m, aumentando el jueves a fuerza 8, y olas de 4 a 5 m.

La zona de bajas presiones atlánticas y los frentes asociados irán desplazándose hacia la Península y alcanzarán el área del Estrecho durante la noche del miércoles al jueves, extendiéndose la inestabilidad al cuadrante sureste peninsular, al área mediterránea y a Baleares. Las precipitaciones pueden ser intensas en puntos de Andalucía. Serán de nieve en las sierras orientales andaluzas y en Castilla-La Mancha a partir de los 600-800 m. También se espera viento fuerte de Levante en el Estrecho y mar de Alborán, con un empeoramiento del estado de la mar. Es probable que la inestabilidad se extienda al resto de la Península en los siguientes días, con precipitaciones generalizadas que podrían ser de nieve en amplias zonas de la Península, si bien existe aún un alto grado de incertidumbre al respecto. Esta situación se mantendría hasta el domingo 10 de enero.

Martes 5 de enero

Este día AEMET le asigna nombre a la borrasca por el probable impacto que va a tener en las islas Canarias y en la Península (figura 3). El nombre asignado es **Filomena**, el correspondiente según el orden para el nombramiento de borrascas del Grupo SW de EUMETNET (<http://www.aemet.es/es/conocerlas/borrascas/2020-2021>). El motivo son los avisos de nivel naranja por rachas fuertes de viento en Canarias. Además, se prevén precipitaciones intensas de tipo convectivo en Canarias, debido a la activación de la borrasca al unirse con la circulación subtropical de la zona.

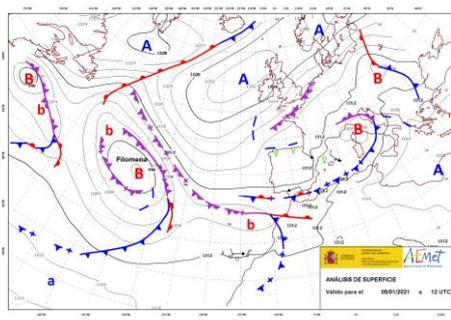


Figura 3. Análisis de superficie del 5 de enero a las 12 UTC, con Filomena ya nombrada

El martes 5 se emite un **aviso especial (01/2021)**, primero del año por **Temporal de viento, mar y lluvias en Canarias, Ceuta y sur de Andalucía** hasta el día 8 y **Nevadas copiosas en amplias zonas del interior peninsular** hasta el día 10, con el siguiente texto:



AEMet

1.- Fenómenos meteorológicos y 2.- Zonas afectadas:

a) Temporal de viento, mar y lluvias en Canarias, Ceuta y sur de Andalucía.

3a.- Comienzo: miércoles, 6 de enero

4a.- Duración: Hasta el viernes 8 de enero

b) Nevadas copiosas en amplias zonas del interior peninsular.

3a.- Comienzo: miércoles, 6 de enero

4a.- Duración: Hasta el domingo 10 de enero

5.- Grado de probabilidad: Muy alto (más del 80%)

6.- Descripción de la situación meteorológica: Una borrasca muy profunda, recién nombrada por AEMET como Filomena, con un sistema frontal asociado muy activo, está situada ahora en el centro del Atlántico norte; se desplazará hacia el este, situándose el jueves inmediatamente al norte de Canarias y penetrando en la Península y Baleares durante los días siguientes. Como consecuencia, a partir de mañana miércoles, tendrá lugar un temporal de viento, mar y lluvias, primero en Canarias y posteriormente en el sur peninsular, Ceuta y área Mediterránea. La interacción del flujo de aire muy húmedo y relativamente cálido con la masa de aire muy fría, en niveles bajos, que nos está acompañando desde hace un par de semanas, provocará que las precipitaciones sean en forma de nieve en cotas relativamente bajas, en amplias zonas del interior peninsular.

El temporal comenzará en Canarias, mañana miércoles y se intensificará durante el jueves y el viernes. Las rachas de viento serán muy fuertes, con valores de 70-80 km/h de forma generalizada, aumentando a 90-100 km/h en medianías y cumbres e incluso a 120 km/h en cumbres de Tenerife. Habrá mal estado de la mar, con viento fuerza 7 y olas de 4-5 metros. Las lluvias serán fuertes y localmente persistentes, principalmente en las islas occidentales y Gran Canaria.

En el sur peninsular y Ceuta las precipitaciones intensas comenzarán el miércoles por la tarde y se extenderán durante los días siguientes a prácticamente toda la Península y a Baleares. Las lluvias más intensas tendrán lugar en el sur de Andalucía, especialmente en las provincias de Cádiz y de Málaga, y en Ceuta, donde se prevé que sean muy fuertes y/o persistentes. En estas zonas también se esperan rachas de viento muy fuertes. El mal estado de la mar afectará a los litorales de Cádiz y del Estrecho y a buena parte del litoral mediterráneo.

En el interior peninsular lo más relevante serán las nevadas copiosas en cotas a partir de 500-700 metros, aproximadamente. Comenzarán el miércoles por la tarde en zonas del interior sureste de la Península y se extenderán e intensificarán, durante el jueves y viernes, a amplias áreas del centro y este peninsular. Durante el viernes, probable día álgido del episodio, la cota de nieve descenderá a 200-400 m. Y durante el fin de semana, con el desplazamiento de la borrasca hacia el norte, las precipitaciones de nieve irán afectando cada vez más a zonas más septentrionales.

Durante este episodio las acumulaciones más importantes se esperan en el este y norte de Castilla-La Mancha, Comunidad de Madrid, interior de la Comunidad Valenciana, sur de Aragón y este de Castilla y León, con espesores que probablemente alcanzarán los 20 centímetros de forma bastante generalizada e incluso, localmente, sobre todo en el entorno del Sistema Ibérico, los 30-40 centímetros.

Es probable que el domingo 10, con el alejamiento de la borrasca hacia el noreste, mejoren las condiciones meteorológicas que han dado lugar a este aviso especial. No obstante, el domingo y el lunes, todavía son posibles las lluvias intensas en el sur de Andalucía y Ceuta debido al acercamiento de una nueva borrasca.

Miércoles 6 de enero

Un frente frío asociado a Filomena llega a Canarias, con lluvias intensas y rachas de viento muy fuertes (figura 4). El anticiclón atlántico se desplaza hacia el este, mientras el flujo subtropical alcanza el sur peninsular y comienzan las precipitaciones en Andalucía, en principio en forma de lluvia. Las temperaturas en la Península continúan muy bajas.

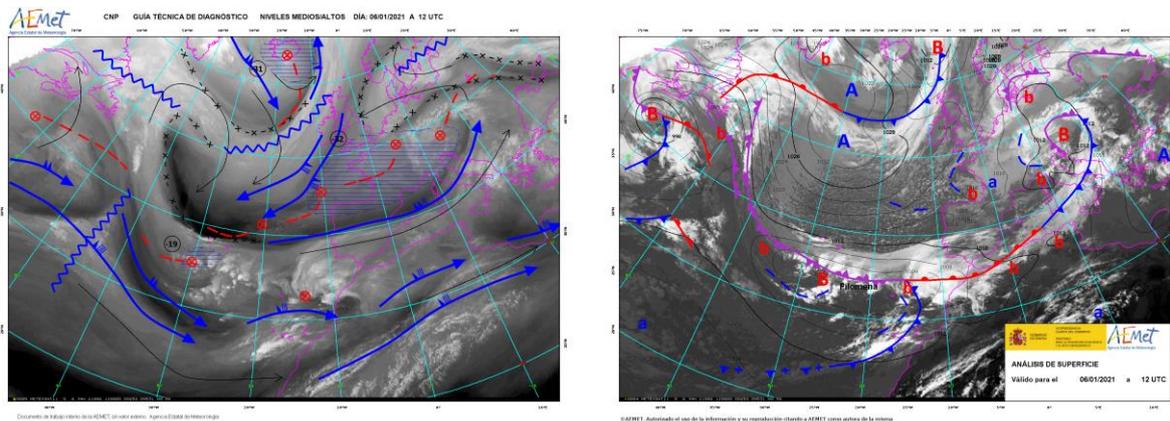


Fig. 4. Guía Técnica de Diagnóstico y Análisis de Superficie del día 6 a las 12 UTC

Este día se actualiza el Aviso Especial (02/2021) donde se especifica la posibilidad de superar los 200mm de precipitación en algunas zonas de las provincias de Málaga y Cádiz. Se incluyen además las precipitaciones persistentes en el litoral valenciano. En cuanto a las nevadas, se mencionan los dos episodios que se van a producir: uno más corto y débil, afectando al centro y este peninsular el jueves; y otro, tras una breve mejoría en las primeras horas del viernes, más intenso y extenso, comenzando en la segunda mitad del viernes y prolongándose durante el sábado, afectando a áreas cada vez más septentrionales de la Península. Se introduce además el episodio de bajas temperaturas posterior a la borrasca:

En el interior peninsular lo más relevante serán las nevadas copiosas en amplias zonas. Comenzarán al final de esta tarde en zonas del interior sureste de la Península y se extenderán, a lo largo del día de mañana jueves, a amplias áreas del centro y este peninsular, aunque habrá una mejoría transitoria entre la tarde del jueves y la primera parte del viernes. En la segunda mitad del viernes y durante el sábado las precipitaciones se intensificarán y se extenderán de sur a norte a buena parte de la Península y Baleares, siendo la zona menos afectada Galicia y el Cantábrico. La cota de nieve variará de forma importante de norte a sur, oscilando entre 800-1200 m en Andalucía, los 500-1000 m en el resto de la mitad sur, los 400-700 m en la zona centro y 200-400 m en la mitad norte. Durante este episodio las acumulaciones más importantes se esperan en el este de Castilla-La Mancha, Comunidad de Madrid, interior de la Comunidad Valenciana, sur de Aragón y montañas de Andalucía oriental, con espesores que probablemente alcanzarán los 20 centímetros de forma bastante generalizada e incluso, localmente, sobre todo en el entorno del Sistema Ibérico y zonas montañosas del sureste, los 30-50 centímetros.

Es probable que el domingo 10, con el alejamiento de la borrasca hacia el noreste, mejoren las condiciones meteorológicas que han dado lugar a este aviso especial, de sur a norte a lo largo del día. No obstante, el domingo y el lunes todavía son probables las lluvias intensas en el sur de Andalucía y Ceuta debido al acercamiento de una nueva borrasca. Los días siguientes a este episodio las temperaturas mínimas experimentarán probablemente un nuevo descenso, sobre todo en zonas cubiertas de nieve, donde las heladas serán especialmente significativas.

Jueves 7 de enero

La borrasca **Filomena**, a su paso por Canarias, continúa dejando intensas lluvias muy intensas y rachas de viento huracanadas en las islas (figura 5). En la Península comienza el episodio de nevadas y lluvias intensas por el sur. Se emiten avisos rojos por nieve en Castilla-La Mancha. La presencia de aire muy frío en el interior peninsular favorece que la precipitación sea en forma de nieve.

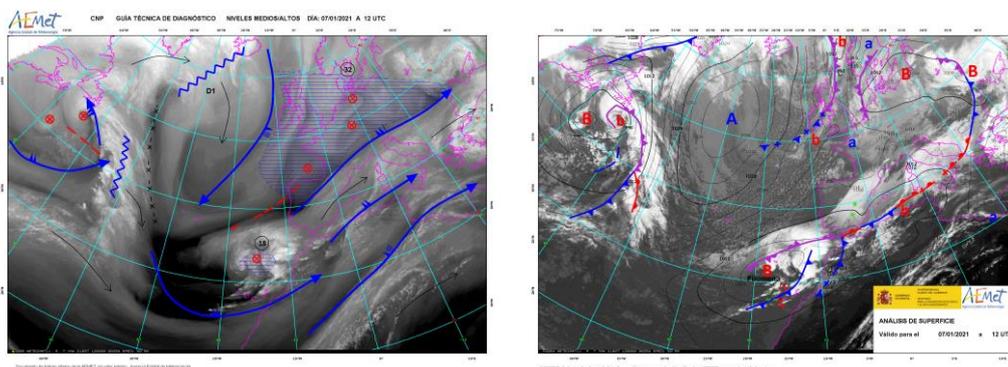


Fig. 5. Guía Técnica de Diagnóstico y Análisis de Superficie del día 7 a las 12 UTC

Se actualiza el Aviso Especial (03/2021) por el temporal de viento, mar y lluvias en Canarias, Ceuta y sur de Andalucía y por las nevadas copiosas en amplias zonas del interior peninsular.

La interacción del flujo de aire muy húmedo y relativamente cálido con la masa de aire muy fría en niveles bajos, que nos está acompañando desde hace unas semanas, provocará que las precipitaciones sean en forma de nieve en cotas relativamente bajas, en amplias zonas del interior peninsular.

En el interior peninsular lo más relevante serán las nevadas copiosas en amplias zonas. Ya se están produciendo en el cuadrante sureste de la Península y algunas zonas del centro. Tras una ligera disminución de las precipitaciones durante la próxima noche, se intensificarán el viernes y el sábado extendiéndose de sur a norte a buena parte de la Península y Baleares, siendo Galicia la zona probablemente menos afectada. La cota de nieve variará de forma importante de norte a sur, oscilando entre 800-1200 m en Andalucía, los 500-1000 m en el resto de la mitad sur, los 400-700 m en la zona centro y 200-400 m en la mitad norte. A lo largo de estos días es muy probable que las acumulaciones de nieve más importantes se produzcan en Castilla-La Mancha, Comunidad de Madrid, interior de la Comunidad Valenciana, sur de Aragón y montañas de Andalucía oriental, con espesores que probablemente alcanzarán los 20 centímetros de forma bastante generalizada e incluso, localmente, sobre todo en el entorno del Sistema Ibérico y zonas montañosas del sureste, los 30-50 centímetros.

A partir del lunes próximo también es probable que se produzca una estabilización general de la atmósfera siendo significativas los siguientes días las heladas nocturnas intensas.

Los avisos de nivel máximo por acumulación de nieve en 24h para el día 7 de enero fueron los indicados en la figura 6.

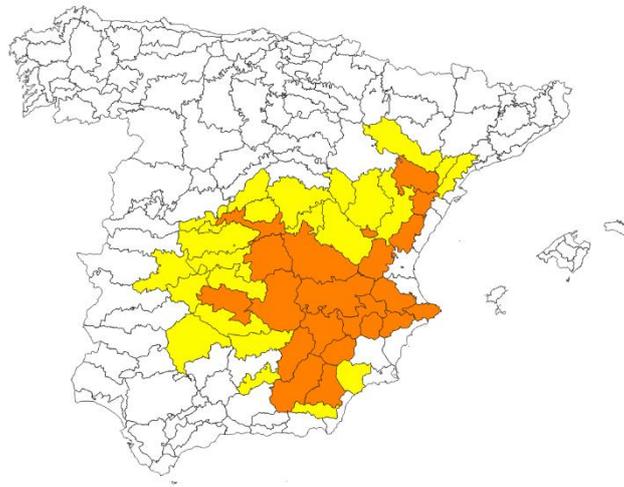


Figura 6. Avisos de nivel máximo por acumulación de nieve en 24h para el día 7 de enero

Los avisos de nivel máximo por temperaturas mínimas para el día 7 de enero fueron los indicados en la figura 7.

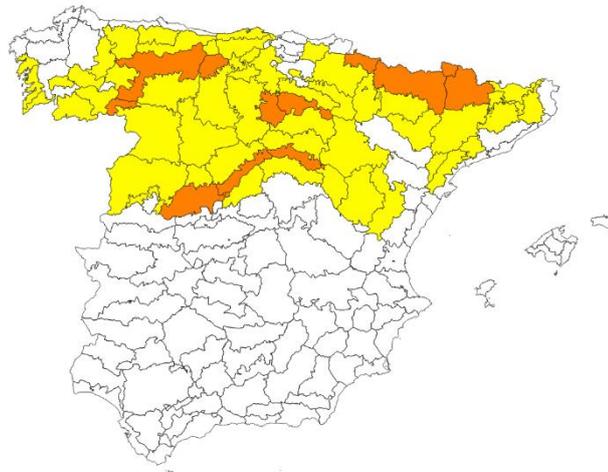


Figura 7. Avisos de nivel máximo por temperaturas mínimas para el día 7 de enero

Viernes 8 de enero

Filomena se sitúa sobre el golfo de Cádiz. El flujo cálido y húmedo de origen subtropical de su parte delantera produce intensas precipitaciones (figura 8), que son de nieve por encima de cualquier altitud en el interior peninsular (fig. 9, cota de nieve). Se emiten avisos de nivel rojo por nevada acumulada superior a 20 cm en 24 horas en zonas bajas de Madrid y de gran parte de Castilla-La Mancha, interior norte de la Comunidad Valenciana y valle medio y bajo del Ebro en Zaragoza, Teruel y Tarragona. En Málaga se registran más de 200 mm de lluvia, con las consiguientes inundaciones. En Canarias, continúan las lluvias intensas, sobre todo en el norte de las islas, y los fuertes vientos en las islas orientales.

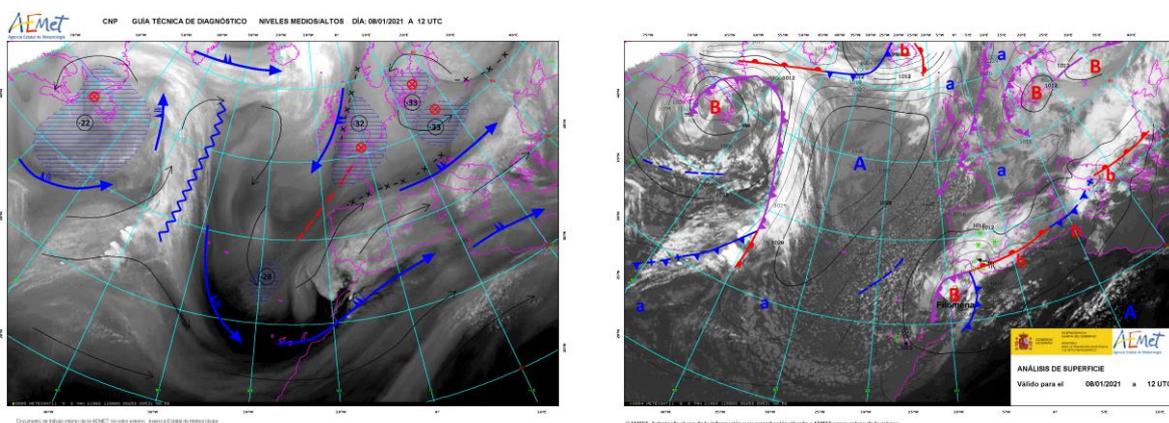


Fig. 8. Guía Técnica de Diagnóstico y Análisis de Superficie del día 8 a las 12 UTC

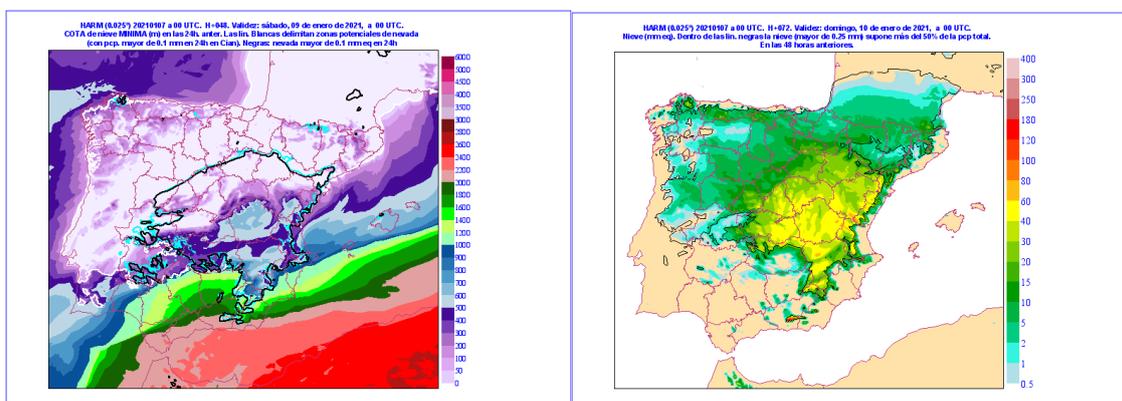


Fig. 9. Cota de nieve mínima en las 24 horas anteriores al 9 de enero a las 00 UTC, según modelo HARMONIE-AROME del día 7 a las 00 UTC (izq.); nieve acumulada en 48 horas anteriores al 10 de enero a las 00 UTC, según el mismo modelo y pasada (dcha.)

Se actualiza, por última vez, el Aviso Especial (04/2021) por el temporal de viento, mar y lluvias en Canarias, Ceuta y sur de Andalucía y por las nevadas copiosas en amplias zonas del interior peninsular:

En cuanto al episodio de nevadas, que ya comenzó ayer en el cuadrante sureste peninsular y algunas zonas del centro, se espera que las intensidades aumenten durante el día de hoy y todo el día de mañana, a medida que las zonas de precipitación se desplacen hacia el norte, llegando a extenderse sobre toda la mitad norte peninsular exceptuando la mayor parte de Galicia y el litoral cantábrico. La cota de nieve variará de forma importante de norte a sur, oscilando entre los 800-1200 m en Andalucía, los 500-1000 m en el resto de la mitad sur, los 400-700 m en la zona centro y 200-400 m en la mitad norte.

A lo largo de estos días es muy probable que las acumulaciones de nieve más importantes se produzcan en la Comunidad de Madrid, ambas mesetas, los sistemas Central e Ibérico y en el valle del Ebro, con espesores que probablemente alcanzarán los 20 centímetros de forma bastante generalizada e incluso, localmente, sobre todo en el entorno del Sistema Ibérico y zonas montañosas del sureste, los 30-50 centímetros.

A partir del lunes próximo es probable que se produzca una estabilización general de la atmósfera, manteniéndose muy bajas las temperaturas, lo que hará que persista el manto nivoso en amplias zonas de la Península y dará también lugar a temperaturas mínimas excepcionalmente bajas.

Los Avisos de nivel máximo por acumulación de nieve en 24h para el día 8 de enero fueron los indicados en la figura 10.

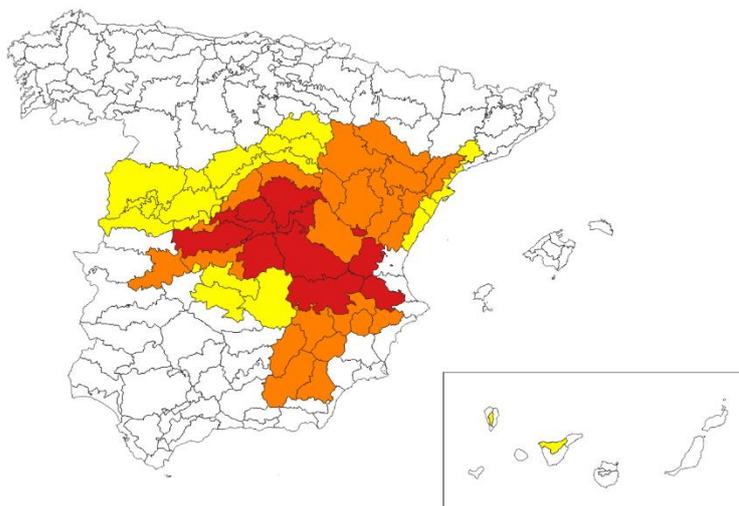


Figura 10. Avisos de nivel máximo por acumulación de nieve en 24h para el día 8 de enero

Los Avisos de nivel máximo por temperaturas mínimas para el día 8 de enero fueron los indicados en la figura 11.

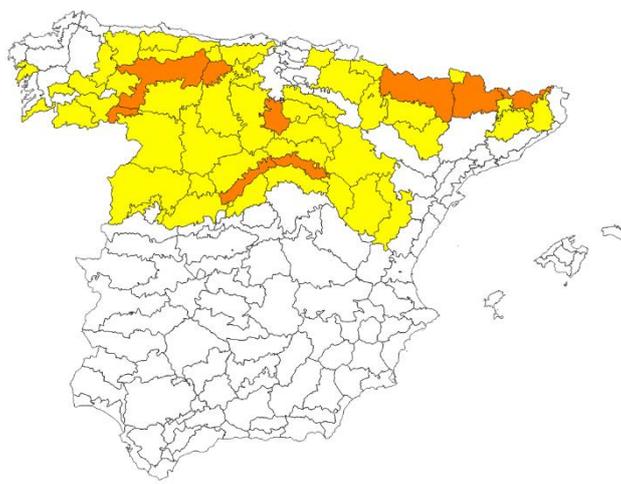


Figura 11. avisos de nivel máximo por temperaturas mínimas para el día 8 de enero

Sábado 9 de enero

La borrasca **Filomena** se centra en la mitad sur peninsular, mientras se genera otra baja a sotavento de Argelia, sobre el Mediterráneo (figura 12). La gran nevada prevista afecta al centro y este de la Península, con espesores entre 20 y 50 cm. Los máximos se dan en Madrid capital y su entorno y en zonas altas de Castellón.

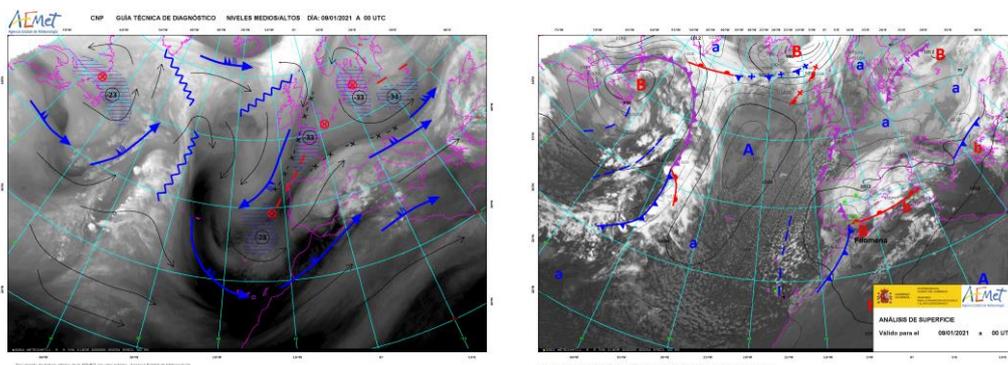


Fig. 12. Guía Técnica de Diagnóstico y Análisis de Superficie del día 9 a las 00 UTC

Este día se emite Aviso Especial (05/2021) por ola de frío en amplias zonas del interior peninsular donde se indicaba:

Con la llegada del anticiclón se producirá un descenso acusado de las temperaturas nocturnas, con heladas generalizadas en el interior peninsular, que serán fuertes en zonas de montaña y en amplias zonas llanas con superficie nevada, afectando sobre todo a la zona centro y áreas del interior de la mitad oriental, que es donde se están registrando las nevadas más importantes.

A partir de la madrugada del domingo al lunes, se iniciará un descenso acusado de temperaturas nocturnas, que continuará la noche siguiente, con heladas fuertes en amplias zonas del interior y temperaturas mínimas que serán inferiores a -10°C en zonas de montaña y áreas llanas con superficie nevada, afectando a puntos donde esta circunstancia es muy poco frecuente. En algunas zonas las máximas se quedarán muy cortas, superando a duras penas los 0°C , o incluso quedando por debajo de ese registro.

A partir de la madrugada del martes al miércoles se iniciará un ascenso notable de las temperaturas, sobre todo en las nocturnas, que continuará los días siguientes, especialmente en zonas de montaña, aunque todavía las heladas serán importantes en zonas llanas del centro, tanto la madrugada del miércoles como la del jueves 14.

Los avisos de nivel máximo por acumulación de nieve en 24h para el día 9 fueron en la figura 13.

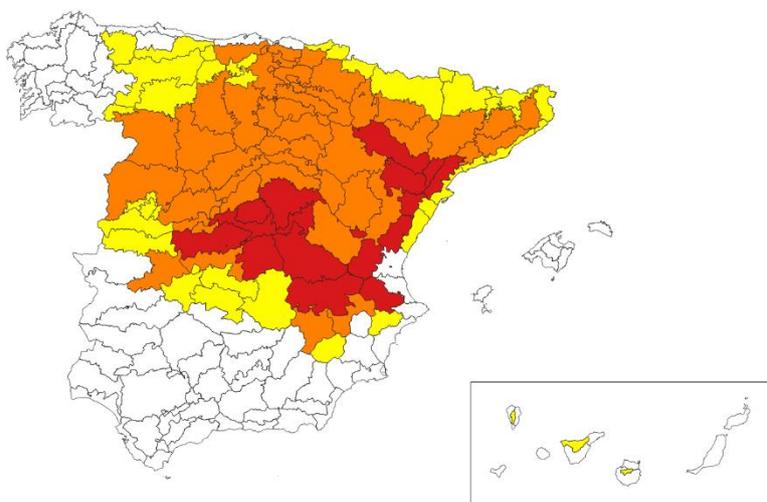


Figura 13. Avisos de nivel máximo por acumulación de nieve en 24h para el día 9 de enero

Los avisos de nivel máximo por temperaturas mínimas para el día 9 fueron los indicados en la figura 14.



Figura 14. Avisos de nivel máximo por temperaturas mínimas para el día 9 de enero

Domingo 10 de enero

Filomena se desplaza hacia el sur, centrándose en el Estrecho y dejando importante actividad convectiva en el mar de Alborán y su entorno, al tiempo que se va rellenando (figura 15). Las nevadas se desplazan hacia el norte peninsular, al tiempo que en el interior se van disipando las nubes (figura 16).

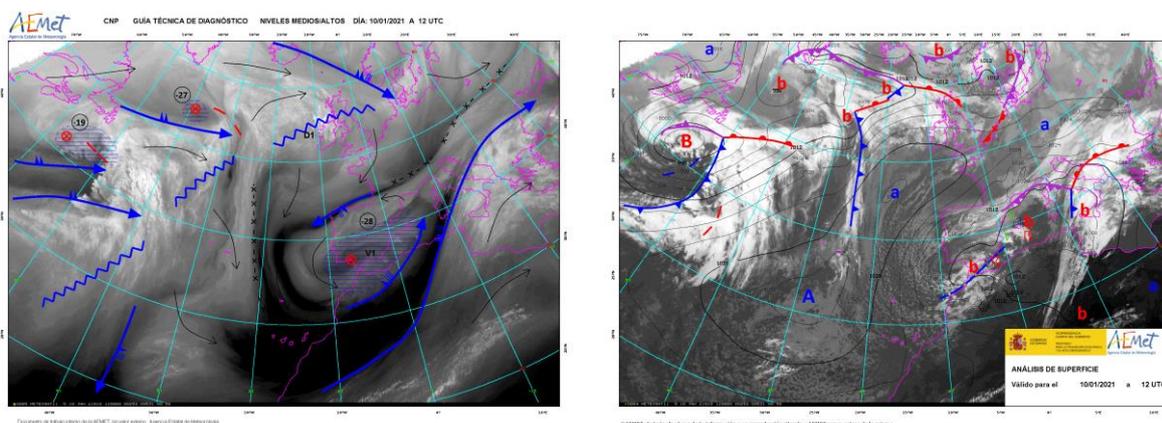


Fig. 15. Guía Técnica de Diagnóstico y Análisis de Superficie del día 10 a las 12 UTC

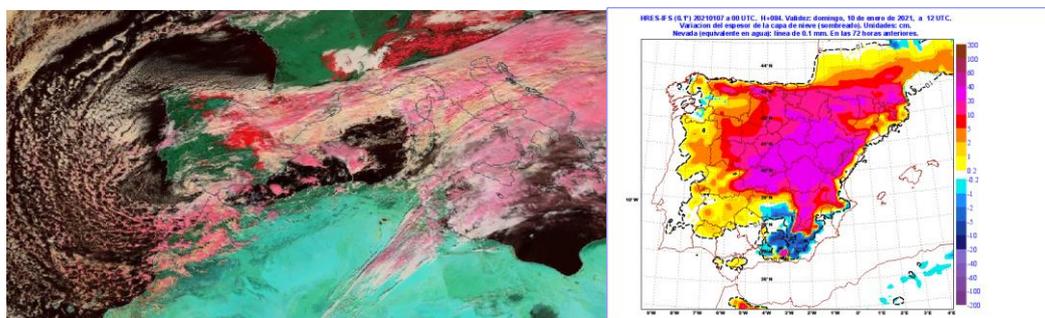


Fig. 16. Imagen del satélite Suomi-NPP con realce coloreado (nieve en rojo) del día 10 a mediodía (izq.) y variación del espesor de la capa de nieve según el modelo HRES-IFS entre el día 7 a las 12 U

Se emite un nuevo aviso especial (06/2021) por ola de frío con el siguiente contenido:

Con la llegada del anticiclón se producirá un descenso acusado de las temperaturas nocturnas durante los próximos días, con heladas generalizadas en el interior peninsular, que serán fuertes en zonas de montaña y en amplias zonas llanas con superficie nevada, afectando sobre todo a la zona centro y áreas del interior de la mitad oriental, que es donde se han registrado las nevadas más importantes.

Las temperaturas nocturnas más bajas se esperan la próxima noche, del domingo al lunes, y también la madrugada del martes, con heladas fuertes en amplias zonas del interior, donde se alcanzarán temperaturas inferiores a -8°C . En zonas de montaña y áreas llanas con superficie nevada las temperaturas mínimas pueden ser inferiores a -10°C .

También es de destacar que las temperaturas diurnas, tanto el lunes como el martes, aún con predominio de cielos poco nubosos o despejados, no superarán los 5°C en buena parte de la Península. En zonas de montaña, e incluso en zonas llanas de la zona centro, se mantendrán en valores negativos toda la jornada.

A partir de la madrugada del miércoles se iniciará un ascenso de las temperaturas, sobre todo de las nocturnas, que afectará a la mitad este peninsular y zonas de montaña principalmente. De todas maneras, las heladas continuarán de forma generalizada en el interior peninsular, aunque no con la intensidad de los primeros días de la semana.

Los avisos de nivel máximo por acumulación de nieve en 24h que se emitieron ese día fueron los indicados en la figura 17.

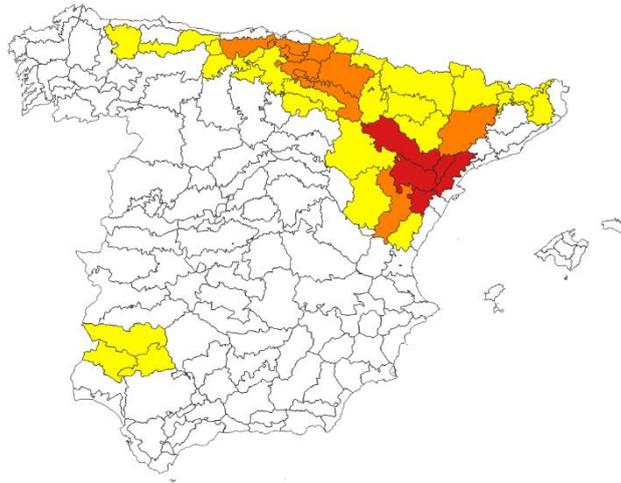


Figura 17. Avisos de nivel máximo por acumulación de nieve en 24h para el día 10 de enero

Los avisos de nivel máximo por temperaturas mínimas para el día 10 fueron los indicados en la figura 18.

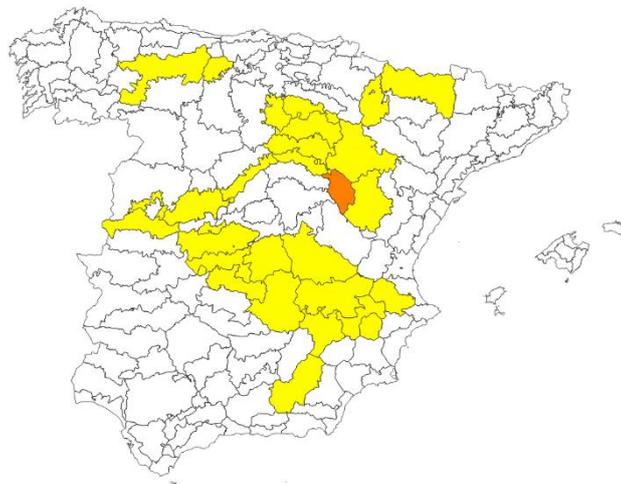


Figura 18. Avisos de nivel máximo por temperaturas mínimas para el día 10 de enero

Días 11 al 15 de enero

Durante estos días se produjeron temperaturas bajas y heladas generalizadas en gran parte de interior peninsular.

Durante este período se emitieron tres actualizaciones del aviso especial por ola de frío: los de referencia 07/2021, 08/2021 y 09/2021 de fechas 11, 14 y 15 de enero respectivamente. En estos avisos especiales se destacaban las fuertes heladas generalizadas en amplias zonas bajas del interior, muy fuertes en una extensa zona del centro e interior del este peninsular, coincidiendo con las zonas donde se habían registrado las nevadas más importantes. Se establecía que hasta el domingo 17 se daban las condiciones de ola de frío meteorológica y la finalización de este



episodio de temperaturas anormalmente bajas finalizaría definitivamente a lo largo del martes 19 y el miércoles 20. Para esos días se espera que se produzca un ascenso de temperaturas con la entrada de aire más templado del suroeste acompañando la llegada de un frente atlántico que recorrerá la Península de oeste a este.

3. DATOS OBSERVADOS

3.1 NIEVE

El principal impacto de la borrasca Filomena fue la extraordinaria nevada, tanto en extensión como en espesor, que cubrió una gran parte (cerca de la mitad) de la España peninsular entre los días 8 y 10. Según las diversas estimaciones, el espesor promedio estuvo entre 30 y 50 cm. Los máximos se dieron en el centro peninsular y provincias del este de Castilla-La Mancha, algo totalmente inusual, así como en zonas altas de Castellón y en el Pirineo de Lleida y Huesca. También hubo importantes nevadas en el Teide.

En la siguiente tabla se muestran los valores de precipitación recogida entre las 07 UTC de los días 7 y 12 de enero, con una estimación correspondiente a espesor de nieve. Aunque dejó de nevar el día 10, los pluviómetros tardaron aún dos días en registrar toda la precipitación, según se iba fundiendo. Los valores se ordenan según el de la nieve estimada, para aquellas estaciones en las que se superaron los 30 cm. Se significa que el espesor de nieve es una magnitud altamente variable en el espacio por la heterogeneidad que puede alcanzar debido al viento.

NOMBRE	ALT.	PROVINCIA	PCP (mm)	NIEVE (EST.) (cm)
IZAÑA	2371	STA. CRUZ TENERIFE	92,6	69
LA POBLA DE CÉRVOLES	673	LLEIDA	63	63
CABACÉS	363	TARRAGONA	58,2	57,4
ROQUE DE LOS MUCHACHOS	2223	STA. CRUZ TENERIFE	174,4	56
MADRID, RETIRO	667	MADRID	52,9	52,9
TOLEDO	515	TOLEDO	55,4	51
VILLAFRANCA	1131	CASTELLON	49,6	49,6
TALARN	807	LLEIDA	46,8	46
MORELLA-PASEO ALAMEDA	990	CASTELLON	45	45
FRAGA	170	HUESCA	45,2	44,4
LAGUARRES	600	HUESCA	44,6	43,2
HUESCA/PIRINEOS	546	HUESCA	43,6	43,2
BENABARRE	765	HUESCA	43,2	42
ALCAÑIZ	334	TERUEL	41,4	41,4



AEMet

ALFORJA	406	TARRAGONA	50,8	41,2
TEMBLEQUE	635	TOLEDO	52,4	40,4
MOSQUERUELA, DEPOSITO	1515	TERUEL	40,4	40,4
LLIMIANA	515	LLEIDA	40	40
CHELVA	515	VALENCIA	45,4	39,4
SEIRA	825	HUESCA	39,8	39,4
BARBASTRO	305	HUESCA	43	39
SARIÑENA, DEPÓSITO AGUA	300	HUESCA	38,4	38,4
MADRID/BARAJAS	609	MADRID	38,2	38,2
CALANDA	466	TERUEL	38,2	38
CASTELLOTE, DEPÓSITO	755	TERUEL	38	38
MOLLERUSSA	252	LLEIDA	38	38
ALBACETE,OBS.	674	ALBACETE	38,1	37,9
JABALOYAS	1430	TERUEL	37,6	37,6
HIJAR, DEPÓSITO	305	TERUEL	37,6	36,6
ALTO DE LOS LEONES	1532	MADRID	35,6	35,6
VILLARROBLEDO	718	ALBACETE	44	35
OSSA DE MONTIEL	905	ALBACETE	35,4	34,8
LA ALCORNOQUERA	625	CIUDAD REAL	40,2	34,7
AINSA, LA SERRETA	610	HUESCA	35,4	34,4
GUADALAJARA	721	GUADALAJARA	34,4	34,4
TERUEL	900	TERUEL	34,4	34,4
VILLANUEVA DE LA CAÑADA	641	MADRID	34,3	34,3
ABENOJAR	718	CIUDAD REAL	43,6	34
VALDERROBRES	482	TERUEL	39	33,6
LA MOLINA	1703	GIRONA	33,6	33,6
SANTA EULALIA DEL CAMPO	1000	TERUEL	32,4	32,4
CHINCHILLA/CENAD	880	ALBACETE	33,3	32,3



ALCÁZAR DE SAN JUAN	640	CIUDAD REAL	43,6	31,8
ARENOS-PANTANO	601	CASTELLON	46,4	31,4
LANAJA, DGA	380	HUESCA	31,4	31,4
CABDELLA-CENTRAL	1273	LLEIDA	32,2	31,2
LLEIDA	185	LLEIDA	40	31
TORRELODONES POLIDEPORTIVO	879	MADRID	30,6	30,6
OSA DE LA VEGA	763	CUENCA	37,6	30,4
QUINTO	205	ZARAGOZA	30,4	30,4
BELLO	1006	TERUEL	30,4	30,4
HUESCA	463	HUESCA	32,2	30

3.2 LLUVIA

Aunque el impacto de la nieve fuera lo más destacado, la borrasca Filomena trajo también abundantes precipitaciones, tanto en Canarias, como en el sur y este de la Península, que en general fueron en forma de lluvia, no de nieve. Destacan los valores siguientes (mayores que 100 mm) para el mismo periodo de 07 UTC del día 7 hasta la misma hora del día 12. Hay que hacer notar que en Málaga casi todas las precipitaciones corresponden al día 8, cuando llegaron a ser torrenciales.

NOMBRE	ALTITUD	NOM_PROV	PCP	NIEVE (EST.)
ESTEPONA	19	MALAGA	252	0
SAN MATEO	1702	LAS PALMAS	190,2	0,4
TEJEDA	1514	LAS PALMAS	183,4	0
ROQUE DE LOS MUCHACHOS	2223	STA. CRUZ TENERIFE	174,4	56
BARX	340	VALENCIA	173	0,2
MARBELLA, CABOPINO	2	MALAGA	170,4	0
TEJEDA CASCO	1060	LAS PALMAS	154,9	0
CEUTA	87	CEUTA	147,6	0
VALLESECO	900	LAS PALMAS	144,4	0
TEROR-OSORIO	683	LAS PALMAS	141,6	0
FUENGIROLA	8	MALAGA	141,5	0



MANILVA	140	MALAGA	141,2	0
SAN ROQUE, SOTOGRADE	1	CADIZ	137,6	0
COÍN	230	MALAGA	129,8	0
JÁVEA, AYUNTAMIENTO	15	ALICANTE	127,2	0
CANDELARIAS	463	STA. CRUZ TENERIFE	124,8	0
PEGO	60	ALICANTE	124,6	0
SAN BARTOLOME TIRAJANA	1220	LAS PALMAS	118,6	0
MÁLAGA/AEROPUERTO	5	MALAGA	117,7	0
LLANOS DE MESA	677	STA. CRUZ TENERIFE	116,8	0
MÁLAGA,CMT	54	MALAGA	115,7	0
SANT JOAN DE LABRITJA	110	BALEARES	115	0
CARCAIXENT	25	VALENCIA	115	0
MARBELLA, PUERTO BANUS	2	MALAGA	113,4	0
SAN BARTOLOME TIRAJANA	960	LAS PALMAS	112,4	0
LLUC	490	BALEARES	110	0
LÁUJAR DE ANDARAX	1518	ALMERIA	101,2	26,2
VÁLOR	1020	GRANADA	101,2	2
MIRAMAR 'SEMIAUTOMÁTICA'	12	VALENCIA	101	0

3.3 OLA DE FRÍO METEOROLÓGICA

La ola de frío posterior a la borrasca Filomena, causada por la gran capa de nieve en combinación con el anticiclón peninsular, duró entre el lunes 11 y el domingo 17, si bien hasta el día 20 en que llegó una borrasca atlántica las temperaturas siguieron siendo muy bajas. Se registraron numerosas efemérides, entre las que destacan los -13.4 °C registrados en Toledo (el anterior registro era -9.8 °C), los -21.0 °C de Teruel (antes -19.0 °C) y los -21.3 °C de Calamocha (antes -20 °C en su actual emplazamiento), todos ellos el día 12.

Este día 12 fue el más frío de la ola. AEMET registró los valores de temperaturas mínimas más bajas : -26.5 °C en Torremocha del Jiloca (Teruel), -25.4 °C en Bello (Teruel) y -25.2 °C en Molina de Aragón (Guadalajara).

3.4 OLA DE FRÍO CLIMATOLÓGICA

Con los datos actuales a falta de confirmación concreta, desde el punto de vista climatológico ha sido una ola de frío de 14 días de duración (del 5 al 18), superada tan solo por la del invierno 2001-02 con 17 días e igualada a las de los inviernos 1980-81 y 1984-85. La temperatura media en la España peninsular durante los días 1-17 de enero de 2021



AEMet

ha sido de 2,0 °C, con una anomalía media de -3,8 °C (periodo de referencia 1981-2010). La temperatura mínima media durante los días 1-17 ha sido de -2,6 °C, con una anomalía media de -3,9 °C. La temperatura máxima media durante los días 1-17 ha sido de 6,6 °C, con una anomalía media de -3,8 °C

4. RELACIÓN CON CAMBIO CLIMÁTICO

Es necesario indicar que un suceso meteorológico por muy intenso que sea, como el reciente episodio de Filomena, no caracteriza ni cambia el clima por sí solo. Un suceso meteorológico solo constituye un acontecimiento puntual en la secuencia mucho más amplia del conjunto de sucesos que constituyen el clima. Solo cuando se produce significativamente, aumenta o disminuye considerablemente su frecuencia y produce tendencia adquiere significancia en lo relativo al clima.

El temporal de nieve de Filomena y su posterior episodio de bajas temperaturas en el centro de España tiene un carácter excepcional. Su período de retorno en muchos lugares puede sobrepasar el medio siglo y más. No obstante lo anterior, esto no contradice la tendencia global y regional a un aumento de temperaturas.

Por otro lado, una posible relación entre el cambio climático y el posible aumento de la frecuencia de este tipo de nevadas se puede encontrar indirectamente a través del fenómeno denominado calentamiento súbito estratosférico (CSE). Un CSE es un calentamiento repentino que se produce en una capa variable de la Estratosfera terrestre. Este hecho ocurre, de media, una vez cada dos años durante el invierno del hemisferio boreal, aunque los grandes calentamientos se producen cada cinco años aproximadamente. Este fenómeno es causado por el desplazamiento de grandes ondas atmosféricas de escala planetaria desde la superficie terrestre hasta la estratosfera, donde rompen (de manera análoga a las grandes olas marinas rompen en la costa) provocando la inversión completa de los vientos del oeste y un calentamiento drástico de la estratosfera polar boreal.

Los efectos de un CSE pueden dar lugar a grandes variaciones climáticas de escala mensual a trimestral, tanto en Europa como en el este de América del norte. Las mayores variaciones meteorológicas ligadas a CSE dejaron a buena parte de Europa sometida a un invierno riguroso, debido a un flujo del Este de origen siberiano asociado a un anticiclón de bloqueo en latitudes altas sobre el Atlántico norte que desplaza los vientos del oeste, la corriente en chorro de los niveles altos troposféricos y sus borrascas y frentes asociados hacia latitudes más bajas. En consecuencia el paso de estas perturbaciones hacia el este se produce por la península, produciendo importantes precipitaciones en las cuencas de los grandes ríos atlánticos. Tras la ocurrencia de un gran CSE es frecuente que, debido a la creación de un anticiclón de bloqueo sobre el Atlántico a latitudes altas, la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) entre en una fase negativa, lo que tiene un tremendo impacto para la península ibérica.

La NAO consiste en un dipolo norte-sur de anomalías, con un centro localizado sobre Groenlandia o Islandia y el otro de signo opuesto situado en las latitudes centrales del Atlántico Norte, próximo a las Azores. La fase negativa de la NAO conlleva presiones por encima de lo normal en latitudes altas y presiones por debajo de lo normal en el Atlántico norte central y el oeste de Europa. En la fase negativa, la corriente en chorro de niveles altos y la senda de las borrascas del Atlántico norte se desplazan hacia latitudes más bajas, dando como resultado precipitaciones por encima de lo normal en el sur de Europa.

Desde finales del año 2020 los modelos meteorológicos empezaron a pronosticar un posible **calentamiento súbito estratosférico** en el comienzo de 2021. La relación entre el origen de Filomena y este CSE está por confirmar, pero existen similitudes entre la situación generada tras un CSE y la situación atmosférica en la que se produjo Filomena y estudios (Hall et al, 2020) que así lo indican como una posible causa. El mapa de superficie para las 12UTC del día 5 muestra una situación que podría ser compatible con los efectos producidos por un CSE.

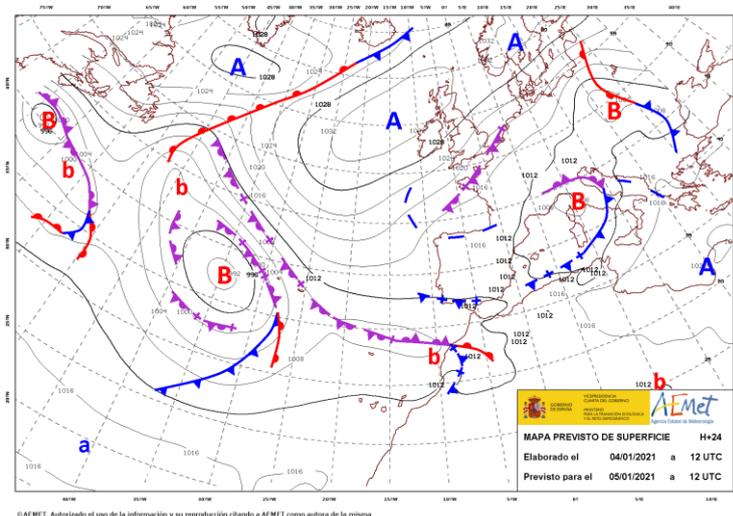


Figura 19. Mapa de superficie previsto para las 12 UTC del día 05/01/2021

El antecedente más cercano donde se produjo un CSE y repercutió en un tiempo atmosférico con importantes nevadas, fue en febrero de 2018. En torno al día 10 de febrero se produjo un CSE. La temperatura en la estratosfera del polo norte subió extraordinariamente en unos días (más de 50 °C a 30 hPa) y los vientos medios zonales se volvieron del Este hasta 50 N (figura 20).

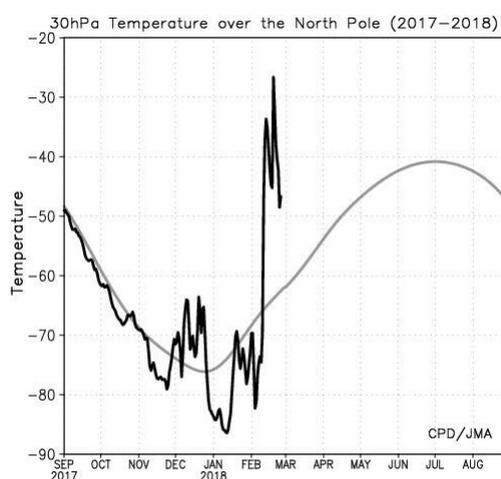


Figura 20. Series temporales de temperaturas al nivel de 30 hPa sobre el polo norte. La línea negra muestra la temperatura diaria, y la gris indica la normal (periodo 1981-2010). Fuente CPD/JMA (Climate Prediction Division/Japan Meteorological Agency.)

Dentro del episodio de mal tiempo, tuvo lugar la borrasca Emma que afectó a la península durante prácticamente toda la semana en que estuvo activa. Un estudio sobre Emma puede encontrarse en la siguiente dirección electrónica https://www.aemet.es/es/conocerlas/borrascas/2017-2018/estudios_e_impactos/emma. En este episodio, el 26 de febrero de 2018 AEMET emitió un aviso especial por lluvia, viento y nieve en la Península y Canarias válido desde el mismo día 26 y durante una semana. Las nevadas, muy copiosas, ocurrieron justo antes de la llegada de los frentes que acompañaron a la borrasca Emma.

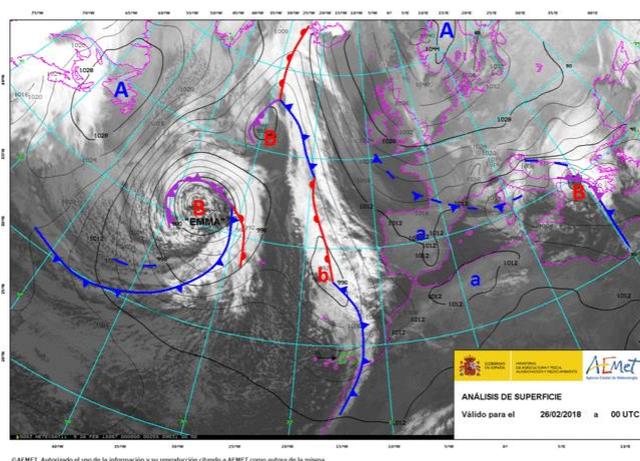


Figura 21: Evolución de Emma entre los días 25 de febrero y 3 de marzo

En cuanto al aumento de la frecuencia de ocurrencias de CSE imputables a cambio climático, hay que referirse a diversos estudios, entre ellos Kang et al, 2017, en los que se muestra que la frecuencia de CSE se incrementa significativamente en respuesta a un mayor forzamiento de la Oscilación de Madden Julian (MJO). Debido a que tanto las observaciones (Slingo et al.1999; Hendon et al. 1999; Jones and Carvalho 2006; Oliver and Thompson 2012) como los modelos (Lee 1999; Caballero and Huber 2010; Schubert et al. 2013; Arnold et al. 2013, 2014) indican que la actividad de MJO se fortalece en situación de clima más cálido y, por tanto, en una situación de cambio climático como el actual, estos resultados sugieren que los eventos de CSE pueden volverse más frecuentes como resultado de una MJO fortalecida, con posibles implicaciones en el clima de latitudes altas de la troposfera.

Por otra parte, algunos estudios (p.ej. Rao et al) no señalan cambios robustos en 4 características de los SSW (frecuencia, distribución estacional, acoplamiento estratosfera-troposfera y persistencia) en un contexto de cambio climático. Tan solo encuentra cambio, aunque no muy significativo desde el punto de vista estadístico, en la frecuencia del CSE de las simulaciones históricas a RCP45/SSP245 y luego a RCP85/SSP585 que es proyectado consistentemente por el CMIP5 y los conjuntos multimodales (MMEs) del CMIP6 en la mayoría de los meses de invierno (diciembre-marzo). Este aumento de la frecuencia de los CSE es más pronunciado a mediados (finales) del invierno en el CMIP6 (CMIP5).



AEMet

Referencias:

- Arnold, M. Branson, M. A. Burt, D. S. Abbot, Z. Kuang, D. A. Randall, and E. Tziperman, 2014: Effects of explicit atmospheric convection at high CO₂. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 111, 10 943–10 948, doi:10.1073/pnas.1407175111
- Arnold, N., Z. Kuang, and E. Tziperman, 2013: Enhanced MJOlike variability at high SST. *J. Climate*, 26, 988–1001, doi:10.1175/JCLI-D-12-00272.1.
- Caballero, R., and M. Huber, 2010: Spontaneous transition to superrotation in warm climates simulated by CAM3. *Geophys. Res. Lett.*, 37, L11701, doi:10.1029/2010GL043468
- Hendon, H. H., C. Zhang, and J. D. Glick, 1999: Interannual variation of the Madden–Julian oscillation during austral summer. *J. Climate*, 12, 2538–2550, doi:10.1175/1520-0442(1999)012,2538:IVOTMJ.2.0.CO;2
- Jones, C., and L. M. V. Carvalho, 2006: Changes in the activity of the Madden–Julian Oscillation during 1958–2004. *J. Climate*, 19, 6353–6370, doi:10.1175/JCLI3972.1
- Kang, W y Tziperman, E, 2017: More Frequent Sudden Stratospheric Warming Events due to Enhanced MJO Forcing Expected in a Warmer Climate, <http://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0044.1>
- Lee, S., 1999: Why are the climatological zonal winds easterly in the equatorial upper troposphere? *J. Atmos. Sci.*, 56, 1353–1363, doi:10.1175/1520-0469(1999)056,1353:WATCZW.2.0.CO;2
- Oliver, E. C., and K. R. Thompson, 2012: A reconstruction of Madden–Julian oscillation variability from 1905 to 2008. *J. Climate*, 25, 1996–2019, doi:10.1175/JCLI-D-11-00154.1
- Rao, J, Garkinkel C, 2020: CMIP5/6 models project little change in the statistical characteristics of sudden stratospheric warmings in the 21st century, doi: <https://orcid.org/0000-0001-5030-0288>
- Schubert, J. J., B. Stevens, and T. Crueger, 2013: Madden-Julian oscillation as simulated by the MPI Earth system model: Over the last and into the next millennium. *J. Adv. Model. Earth Syst.*, 5, 71–84, doi:10.1029/2012MS000180
- Slingo, J., D. Rowell, K. Sperber, and E. Nortley, 1999: On the predictability of the interannual behaviour of the Madden-Julian oscillation and its relationship with El Niño. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 125, 583–609, doi:10.1002/qj.49712555411