

Borrasca Juan

19 de enero de 2024

C. MANUEL JIMÉNEZ-CAVERO Y FRANCISCO J. BELLO-MILLÁN



Basílica de El Pilar de Zaragoza bajo la nevada del 19 de enero de 2024

1. Introducción

Durante el viernes 19 de enero de 2024 se produjeron precipitaciones y nevadas en diversas zonas del interior peninsular, nada excepcional para la época del año en la Península. Varias fueron las capitales de provincia que quedaron bajo un manto de nieve durante la tarde: Ávila, Segovia, Soria y Zaragoza. He aquí, en esta lista de capitales, donde

radica la singularidad del episodio. Las tres capitales castellanas se caracterizan por rasgos climáticos similares (con sus lógicas particularidades) y todas ellas pertenecen a la región C de la clasificación de Köppen-Geiger. Por otra parte, la capital aragonesa exhibe un clima radicalmente distinto, con características propias de la región climática B (Figura 1). Cabe destacar también que, duran-

te el episodio de estudio, otras capitales como Madrid, Guadalajara, Huesca o Teruel registraron precipitaciones de entre 20 y 40 mm, pero todas ellas en forma de lluvia. Con esta información, y teniendo en cuenta la altitud de las distintas ciudades, parece difícil dibujar mentalmente la cota de nieve en el norte peninsular.

¿Cómo es posible que se acumulen entre 2 y 5 cm de nieve en Zaragoza, mientras que en Huesca o Teruel cayesen 20 mm de lluvia? Si Soria, Segovia, Ávila y Teruel se hallan todas en torno a 1000 m podemos pensar, *a priori*, que la cota de nieve era más alta en la Ibérica turolense, por una probable irrupción fría en el tercio norte peninsular. Pero, en ese caso, ¿por qué se produjeron nevadas de entidad en el valle medio del Ebro mientras que en la provincia oscense todo fue en forma líquida, incluidas varias localidades del Pirineo? (Figura 2). Todas estas preguntas han dado

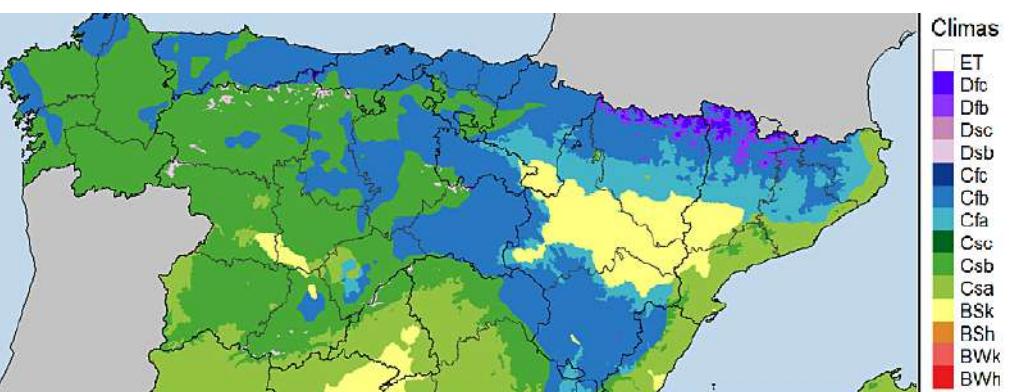
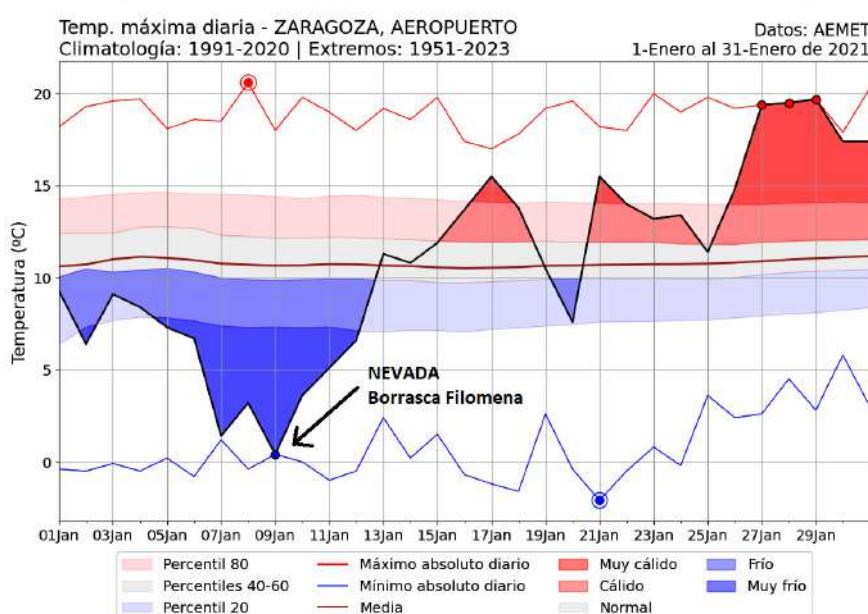
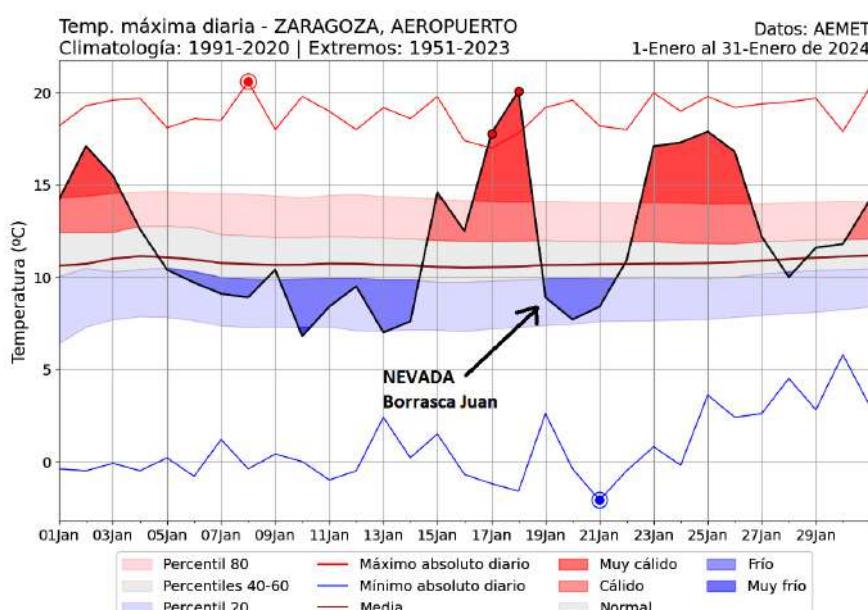


Figura 1. Tipos de clima de Köppen-Geiger para el periodo 1991-2020. Chazarra et al. (2022)



Figura 2. Imagen Sentinel del 20 de enero de 2024. Se aprecia superficie nevada en zonas de la meseta Central Norte (Ávila, Segovia y Soria), sistema Ibérico y valle del Ebro (Ribera de Zaragoza). También en zonas clásicas de montaña: cordillera Cantábrica y Pirineos. Nubosidad media y alta en la meseta Central Sur, y nubosidad baja en el prepirineo oscense y catalán, así como en el Bajo Aragón de Teruel. Ver también Figura 12.



pie a la redacción del presente artículo.

Particularizando en la nevada de Zaragoza, varios son los aspectos que la hacen singular. Estos no se deben tanto al espesor de nieve total acumulado, unos 2-5 cm en función de la zona de la ciudad (en enero de 2021 con Filomena, o en febrero de 2005, se acumularon unos 15 cm en el casco urbano) sino a las condiciones meteorológicas que imperaron durante los días previos y durante el propio episodio.

La ribera media del Ebro constituye una zona deprimida, con altitudes menores a 200 m, situada en un entorno de sombra pluviométrica. Se halla protegida por varios sistemas montañosos que dificultan la entrada de vientos húmedos, quedando las precipitaciones en el norte de los Pirineos, sudoeste del sistema Ibérico y en el este de la cordillera Costero-Catalana. El pasillo natural para precipitaciones persistentes y generalizadas proviene de remontar el propio valle del Ebro. Se trata de aquellas situaciones en las que soplan vientos del SE, húmedos en los niveles más bajos, que consiguen sobrepasar la cordillera Costero-Catalana, de menor altitud en comparación con el resto. Con este contexto orográfico, el modelo conceptual clásico de nevadas de entidad en el valle medio (ribera del Ebro de Zaragoza) es relativamente simple. En primer lugar, es necesario que durante varios días previos persista la estabilidad atmosférica que favorezca que la masa de aire situada

Figura 3. Evolución de las temperaturas máximas diarias observadas en el EMA del aeropuerto de Zaragoza. Arriba: enero de 2024, nevada con borrasca Juan. Abajo: enero de 2021, nevada con borrasca Filomena. En 2021 se aprecia un periodo frío previo al día de la nevada (9 de enero de 2021), que encaja con el modelo conceptual de nevadas en el valle medio del Ebro. En cambio, el día anterior a la nevada de la borrasca Juan la máxima fue de 20 °C. Fuente: elaboración propia a partir de datos de AEMET.

Borrasca Juan. 19 de enero de 2024

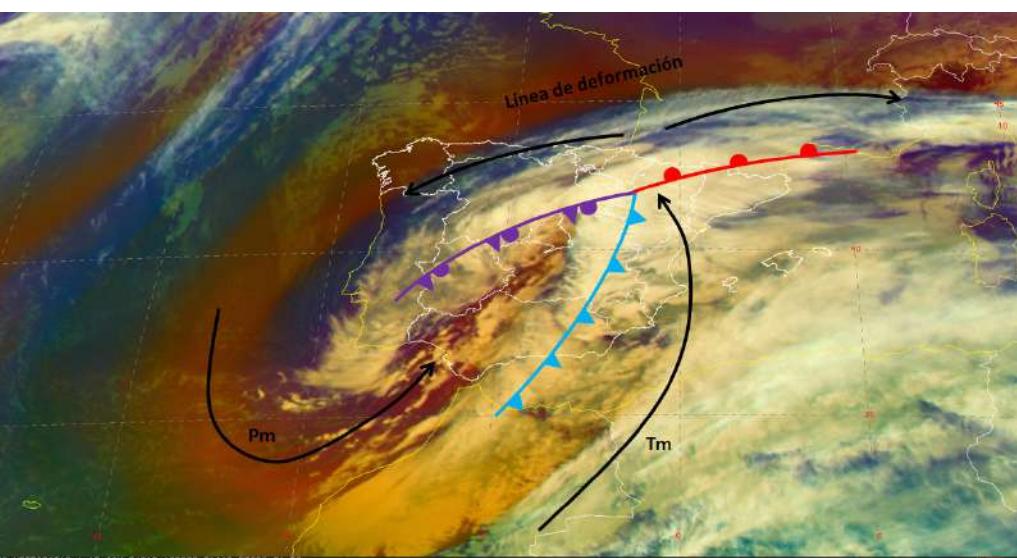


Figura 4. Imagen RGB de masas de aire del viernes 19 de enero de 2024 a las 12 UTC, con sistema de frentes de la borrasca Juan y flujos relativos en niveles medios/altos. Pm: masa de aire polar (intrusión seca). Tm: masa de aire tropical marítima

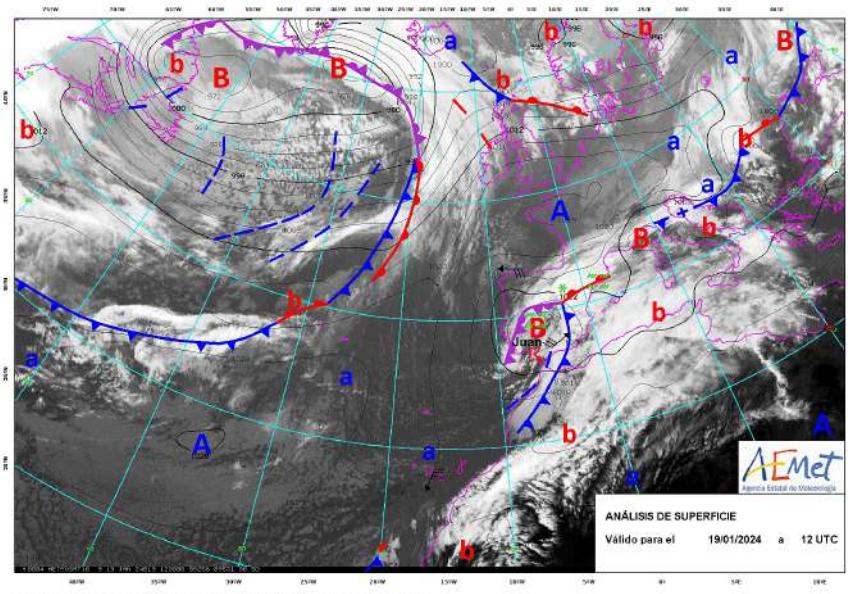
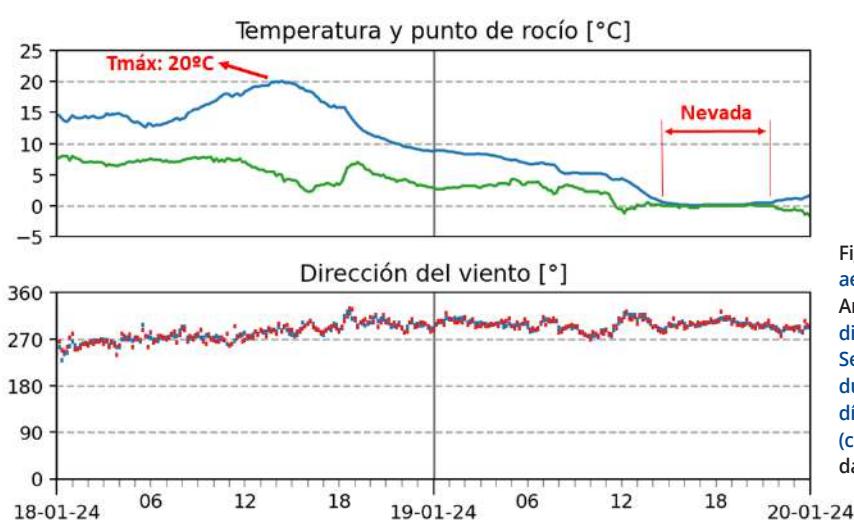


Figura 5. Guía Técnica de Diagnóstico. Análisis en superficie del 19 de enero de 2024 a las 12 UTC. Fuente: AEMET.



junto al suelo se enfrié paulatinamente. Esto es relativamente habitual en los meses de diciembre y enero en situaciones anticiclónicas de invierno (Figura 3). En segundo lugar, tras el episodio de estabilidad y enfriamiento previo, es necesaria la llegada de una borrasca por el SO con su centro ubicado en latitudes relativamente bajas, de forma que su frente cálido u ocluido alcance el NE peninsular, posibilitando el establecimiento de vientos del SE remontando el río. Es deseable, por tanto, la ausencia de episodios cálidos previos, pero también de episodios advectivos polares. Estos últimos traen consigo fuertes vientos de componente norte, que se encajan como cierzo en el valle del Ebro. Además de no dejar apenas precipitaciones, favorecen una capa límite superficial muy bien mezclada, que inhibe la formación de una inversión de tierra y dificulta que se baje a 0 °C en superficie.

2. Análisis sinóptico y mesoescalar

A partir de la tarde del jueves 18, por el SO peninsular se acerca la borrasca Juan en proceso de profundización, con un frente cálido que va barriendo de sur a norte la mitad E de la península ibérica durante el viernes 19 (Figura 4 y Figura 5). A su paso se producen algunas descargas eléctricas en el cuadrante suroeste, asociadas a convección embizada en el frente frío. Al mismo tiempo, por el Cantábrico oriental se produce la irrupción de una masa de aire polar continental en niveles bajos, procedente del interior de Europa. Se trata de una advección de componente norte que arrastra una masa de aire muy fría en los niveles más bajos y consigue penetrar al interior peninsular por el pasillo orográfico de los Montes Vascos. La citada advección fría es conducida por la orografía y se dirige, por un lado, hacia la meseta Central Norte y, por otro, hacia el valle del Ebro. Sobre la vertiente me-

Figura 6. Datos diezminutales registrados en el aeropuerto de Zaragoza (EMA Ind.9434 de AEMET). Arriba: temperatura y punto de rocío. Abajo: dirección del viento medio y de la racha máxima. Se aprecia el brusco descenso de temperaturas durante el día 19, con una máxima de 20 °C el día previo a la nevada. Viento constante del NO (cierzo). Fuente: elaboración propia a partir de datos de AEMET.

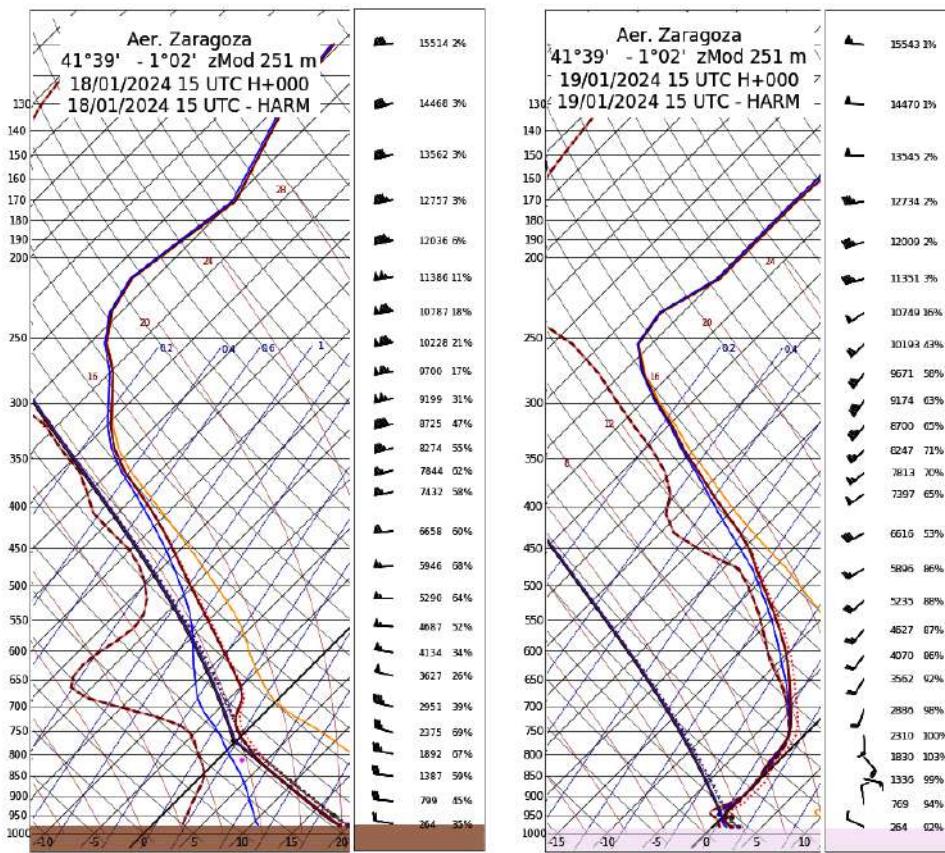


Figura 7. Perfiles verticales del análisis de Harmonie-Arome en el Aeropuerto de Zaragoza a las 15 UTC. Izda: jueves 18. Dcha: viernes 19. Se aprecia cambio brusco de masa de aire en superficie, con descenso de temperatura de casi 20 °C en 24 horas. Por contra, en 700 hPa se ve inalterada.

diterránea, sobrevuela una masa relativamente más cálida asociada al conveyor cálido de la borrasca Juan, bombeando humedad impulsada desde latitudes más bajas.

La cota de nieve cae en picado a lo largo del viernes en las zonas afectadas

por la irrupción fría de norte, alcanzándose las máximas al principio del día (más concretamente a las 00 UTC, Figura 6). Fuera de entornos de montaña, las precipitaciones son en forma de nieve en aquellas zonas donde el frente cálido (u ocluido) de la borrasca Juan consigue

avanzar sobre la vertical de la masa de aire frío que se desliza junto al suelo desde el norte.

Si analizamos los perfiles verticales de los análisis de Harmonie del jueves 18 y el viernes 19, a las 15 UTC (Figura 7), vemos que en 700 hPa la temperatura apenas cambia, mientras que por encima se produce una advección cálida, con giro anticiclónico del viento con la altura y ascenso de la tropopausa. Por contra, por debajo del nivel de 700 hPa, la variación del perfil termodinámico revela una advección fría, tanto más intensa cuanto más cerca de la superficie. En 900 hPa se produce un descenso de temperatura muy marcado, pasando de 10 °C a 0 °C. La variación es extraordinaria junto al suelo, debido a que, además del efecto de la advección, el calentamiento diurno superficial es mínimo en un entorno con abundante nubosidad.

Por tanto, la advección fría es especialmente notoria en las capas más bajas, por debajo de 850 hPa. Esto aumenta la estabilidad de la estratificación y, por tanto, posibilita que la cordillera pirenaica actúe de barrera, favoreciendo que la vertiente sur del Pirineo quede a resguardo de la advección de norte, protegiendo a toda la provincia de Huesca, y sin que aquí se produzca un cambio de masa de aire (Figura 8). Sin embargo, la irrupción fría avanza y se encajona por el valle del Ebro, arrastrada por el cierzo establecido. De esta forma se produce un drástico cambio de masa de aire (en niveles bajos), tanto en el propio valle

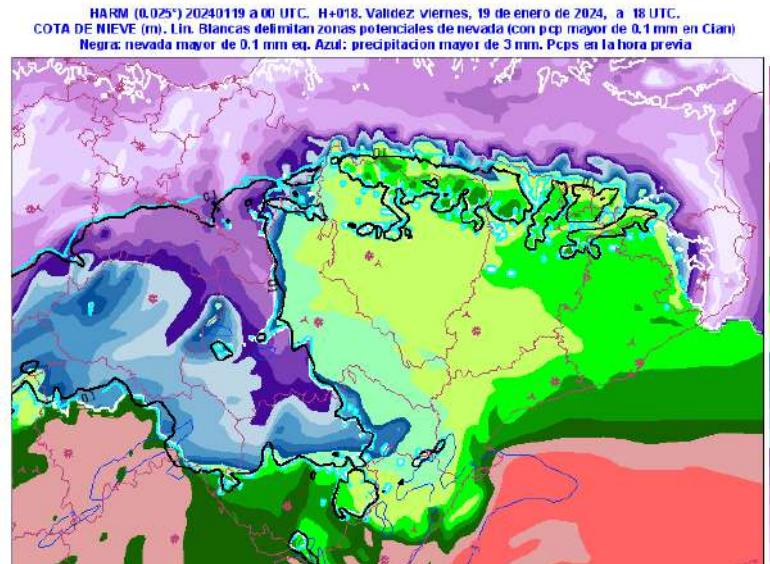
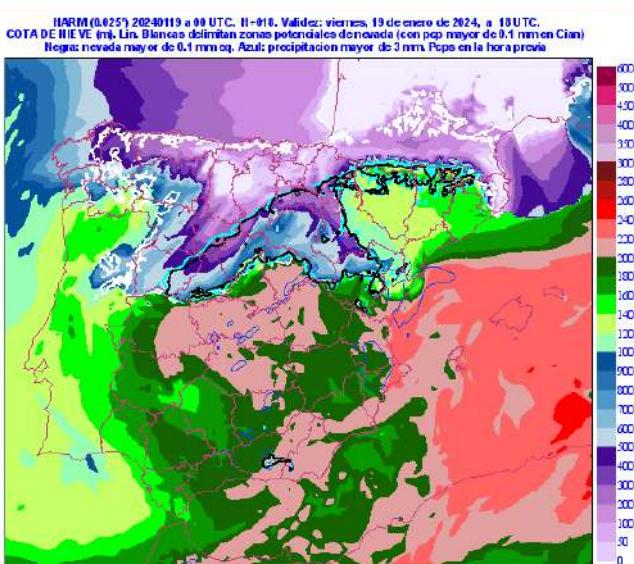


Figura 8. Cota de nieve prevista por el modelo Harmonie-Arome para el viernes 19 de enero de 2024 a las 18 UTC. Izda: área peninsular. Dcha: detalle nordeste peninsular. Se aprecia el efecto orográfico de bloqueo de masa de aire por parte del Pirineo ante el flujo de componente N.

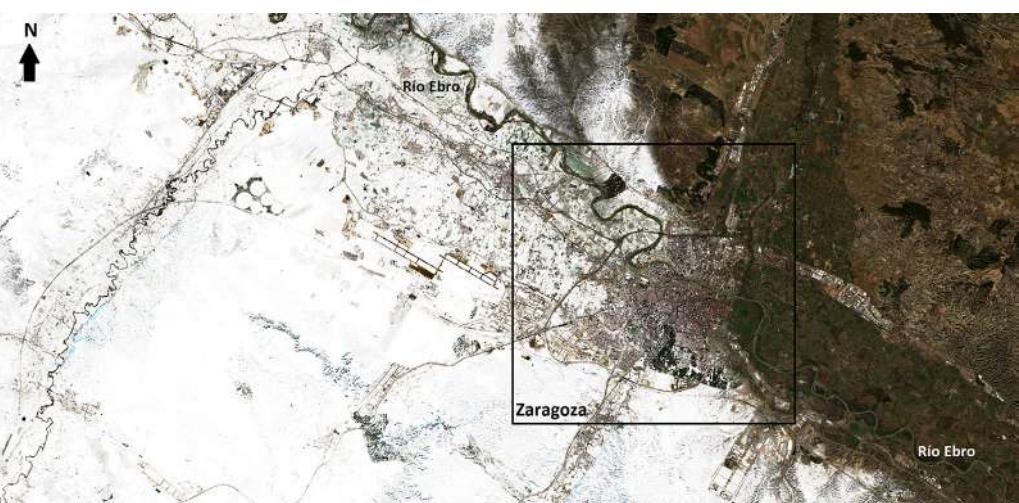


Figura 9. Imagen Sentinel, sábado 20 de enero de 2024. Detalle en el entorno de la ciudad de Zaragoza. Se aprecia frontera muy marcada entre los barrios del suroeste de la ciudad (con superficie nevada) y los del nordeste (sin nieve).



Figura 10. Observaciones de precipitación total registradas en 24 horas a lo largo del viernes 18 de enero de 2024. En las capitales aragonesas, 15 mm y 18 mm en Huesca y Teruel, respectivamente, en forma de lluvia. Los 16 mm del aeropuerto de Zaragoza fueron en forma de nieve.



medio del Ebro y zonas adyacentes de su margen derecha como en el entorno del sistema Ibérico.

3. Observaciones

La ciudad de Zaragoza queda al límite de la entrada fría en niveles bajos, favoreciendo que la cota de nieve descendiera hasta unos 200 metros aproximadamente. La capital aragonesa se sitúa justo en la frontera de dos masas de aire muy diferenciadas. Al suroeste de la ciudad la advección de noroeste es muy notoria, mientras que ésta no alcanza la comarca de Los Monegros en el noreste de la capital. Es por ello que en los barrios del suroeste nieva de manera persistente durante varias horas y se acumulan hasta 5 cm de nieve, mientras que en el extremo opuesto de la ciudad toda la precipitación es en forma de lluvia (ver imagen de Sentinel del sábado 20 de enero, Figura 9).

La nevada de Zaragoza es bastante anómala, puesto que no encaja en el modelo conceptual clásico de nevadas en el valle medio del Ebro. Por un lado, durante el día 19 de enero la nevada se produjo soplando cierzo; y, por otro, durante el jueves 18 de enero se alcanzó una temperatura máxima de 20 °C medidos en el aeropuerto. En este episodio, y al contrario de lo que es habitual, la advección fría canalizada por el cierzo fue lo suficientemente intensa para que, de manera transitoria, la cota de nieve se situase a nivel del suelo en la ribera del Ebro. Al mismo tiempo, sobre el noreste peninsular tenía lugar una advección húmeda en torno a 700 hPa, favorecida por el paso de un frente cálido asociado a la borrasca Juan (Figura 11).

En las otras dos capitales de provincia aragonesas las precipitaciones fueron en forma de lluvia (Figura 10). Tanto Huesca como Teruel no se vieron afectadas por la irrupción fría de norte. La primera quedó protegida por los Pirineos y la segunda, ubicada más al sur, no fue alcanzada por el aire frío.

La borrasca Juan provocó serios impactos en las vías de comunicación, principalmente de las comunidades de Castilla y León y de Aragón, debido a la copiosa nevada que propició a lo largo de la segunda mitad del viernes. Los importantes acumulados ocasionaron numerosos problemas en las carreteras, afectando significativamente a algunas

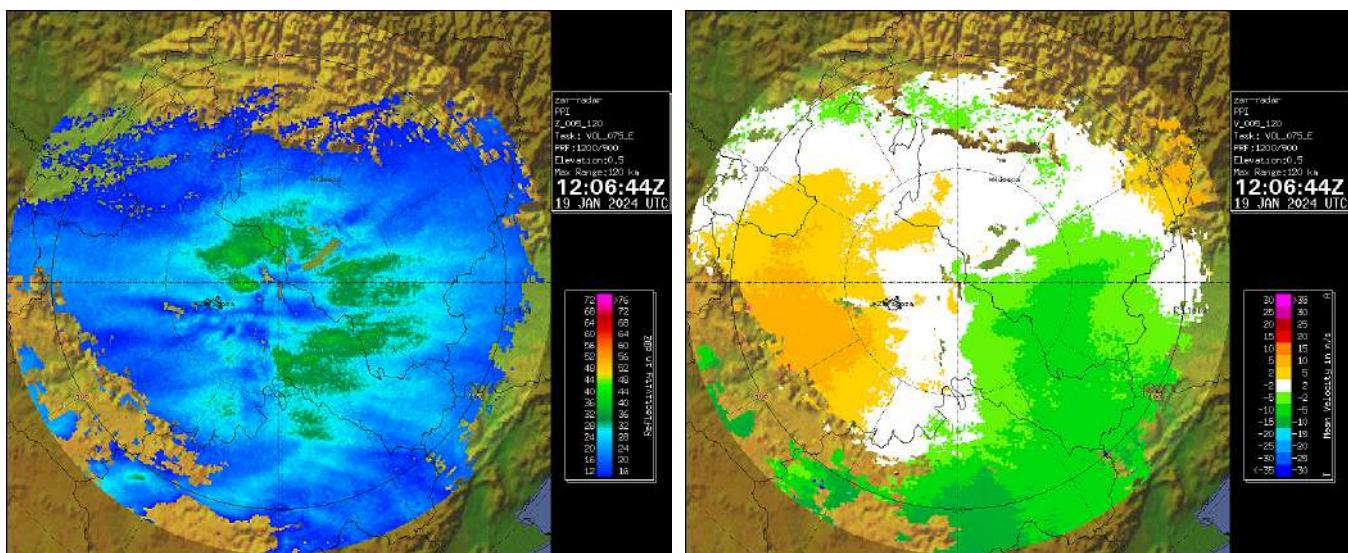


Figura 11. Plan Position Indicator (PPI, elevación 0.5°) y viento radial doppler del radar de Zaragoza, el viernes 19 de enero de 2024 a las 12:06 UTC. Se aprecia patrón radar de banda brillante con reflectividad realizada en forma de anillo, asociada a nevadas (izda.) y advección del sureste aportando humedad por encima de la cota del radar, 800 m aproximadamente (dcha.)

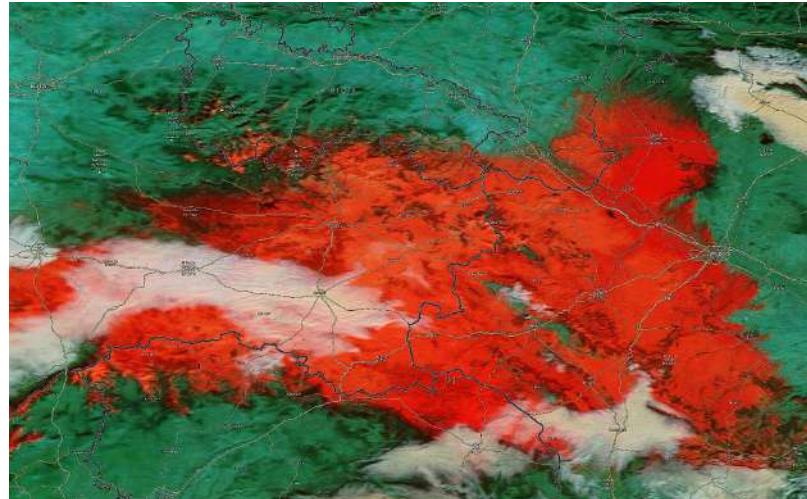
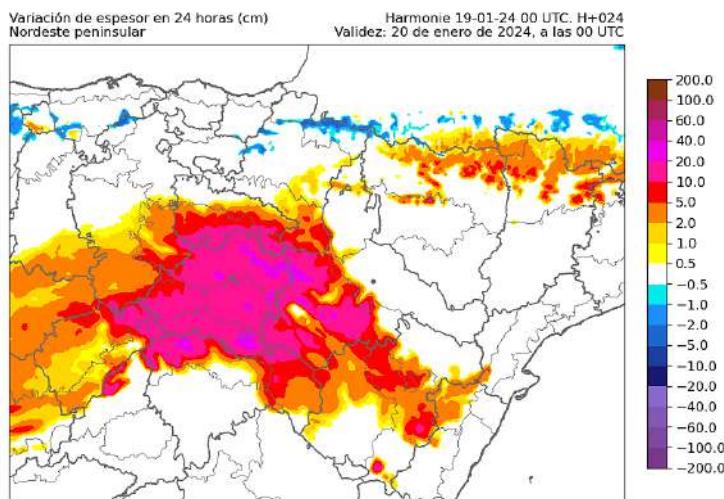


Figura 12. Izda: variación de espesor de nieve en 24 h prevista por Harmonie-Arome durante el 19 de enero de 2024. Dcha: superficie nevada observada por el sensor MODIS del satélite Terra (con realce RGB de nieve en rojo) el sábado 20 de enero de 2024. Se aprecia de manera subjetiva que la nevada se sobreestimó en la ibérica riojana, y se infraestimó en la comarca de Las Cinco Villas (Zaragoza) y ribera del Ebro en torno a Zaragoza capital.

vías principales como la A-1 y A-2 en diferentes puntos kilométricos de las comunidades anteriormente mencionadas. En la N-122 la Unidad Militar de Emergencias (UME) tuvo que rescatar a más de medio millar de personas que quedaron atrapadas en sus coches. En la provincia de Zaragoza la nieve provocó también problemas en la vía ferroviaria al quedarse parados dos trenes de pasajeros en los que también tuvo que intervenir la UME. Además, dos vuelos con destino a Zaragoza tuvieron que ser desviados a otros aeropuertos alternativos, debido a que la nevada registrada sobre la capital aragonesa obligó a cerrar el aeropuerto durante unas horas.

4. Conclusiones

La nevada en Zaragoza del 19 de enero de 2024 se puede considerar excepcional desde el punto de vista del modelo conceptual típico de nevadas en la ribera media del Ebro, y no tanto por los acumulados registrados. Las condiciones meteorológicas no eran las más favorables para que se acumulasen varios centímetros de nieve en la ciudad, puesto que el evento no venía precedido de un periodo frío. Fue un episodio límite, con un cambio muy brusco de masa de aire en los niveles más bajos, que posibilitó que la frontera de masas de aire se situase sobre la capital, y que a su vez coincidió con una advección húmeda por encima de 700 hPa.

Se trata de un episodio con muy baja predecibilidad; y que, en este caso, lleva una elevada incertidumbre en el tiempo sensible. En este sentido, se aprecia la dificultad que exhiben los modelos numéricos de predicción del tiempo para predecir nevadas en condiciones límite, en las que las temperaturas rondan los 0 °C en superficie (Figura 12). Si estas condiciones se dan en zonas densamente pobladas, los impactos pueden ser considerables, como así sucedió en el entorno de la capital aragonesa.

Referencias

- Chazarra *et al.* (2022). Evolución de los climas de Köppen en España en el periodo 1951-2020. Nota Técnica 37, AEMET.