

# LA EXCEPCIONAL OLA DE FRÍO TRAS LA DEPRESIÓN FILOMENA. ANÁLISIS DEL BALANCE DE ENERGÍA SUPERFICIAL Y DE LOS PROCESOS DE MICROESCALA ASOCIADOS

## THE EXCEPTIONAL COLD WAVE SUBSEQUENT TO SNOWSTORM FILOMENA. ANALYSIS OF THE SURFACE ENERGY BALANCE AND ASSOCIATED MICROSCALE PROCESSES

Pablo Fernández-Castillo<sup>(1)</sup><sup>(2)</sup>, Carlos Yagüe<sup>(2)</sup>, Carlos Román-Cascón<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto de Geociencias, Consejo Superior de Investigaciones Científicas - Universidad Complutense de Madrid (CSIC-UCM), Madrid, [pablof16@ucm.es](mailto:pablof16@ucm.es)

<sup>(2)</sup> Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, [carlos@ucm.es](mailto:carlos@ucm.es)

<sup>(3)</sup> Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, INMAR, CEIMAR, Universidad de Cádiz, Puerto Real, Spain, [carlos.roman@uca.es](mailto:carlos.roman@uca.es)

## SUMMARY

*During January 11-18 2021, the interior of Spain was affected by one of its most extreme cold waves in this century. This event followed historical snowstorm Filomena, with snow accumulations of 30-50 cm in the interior of the country. This study aims at analysing the physical processes leading to the extreme cold temperatures close to the surface, analysing the contribution of the different scales, namely the synoptic and microscale. It is found that the cold wave was not driven by cold wave advection, as is usually the case in Iberia. Stable synoptic-scale conditions enhanced the contribution of the microscale. The study of the microscale processes is carried out by means of analysis of in-situ data from a micrometeorological station at a rural area in the Community of Madrid. Results from this part show that surface albedo incremented from 20% to 80%, leading to a reduction in the net radiation available at the surface, subsequently impacting the sensible, latent and ground heat fluxes. The study proves to contribute to the understanding of the physical processes associated.*

La depresión Filomena afectó a la península ibérica en enero de 2021, dando lugar a una de las mayores nevadas de las últimas décadas en el interior de España, teniendo en cuenta su extensión, persistencia e intensidad (Agencia Estatal de Meteorología; AEMET, 2021). Cuando Filomena abandonó la península ibérica, se inició una ola de frío del 11 al 18 de enero. Esta ola de frío fue de las más considerables del siglo XXI en España, registrándose récords de temperaturas bajas en varios observatorios oficiales. Los estudios existentes sobre episodios de frío anómalo en la península ibérica en invierno han encontrado que estos episodios normalmente se deben a un importante forzamiento sinóptico que da lugar a una advección de aire frío sobre la península ibérica (p. ej.: García-Burgos et al. (2023)). Sin embargo, la situación sinóptica en la ola de frío posterior a Filomena fue completamente diferente, estando caracterizada por un escaso forzamiento sinóptico e incluso anomalías positivas de temperatura en 850 hPa (Figura 1). Además, teniendo en cuenta los importantes impactos asociados con esta ola de frío, es necesario analizar los mecanismos que favorecieron las temperaturas excepcionalmente bajas. Por ello, los objetivos de este estudio consisten en identificar y analizar los procesos físicos que contribuyeron a la ola de frío, tanto en la escala sinóptica como en la microescala. En el análisis sinóptico, se identifica una dorsal anticiclónica afectando a la península ibérica, propiciando condiciones de estabilidad atmosférica y vientos débiles. Estas condiciones favorecen la formación de inversiones térmicas de subsidencia, con aire muy frío acumulándose en las zonas llanas. Además, con esta situación aumentan la importancia de los procesos de microescala. Éstos estudian mediante el análisis del balance de energía superficial (conocido por SEB en inglés) y de la turbulencia, empleando datos observacionales in-situ de una torre micrometeorológica en El Escorial, Madrid (Herrera-GuMNet).

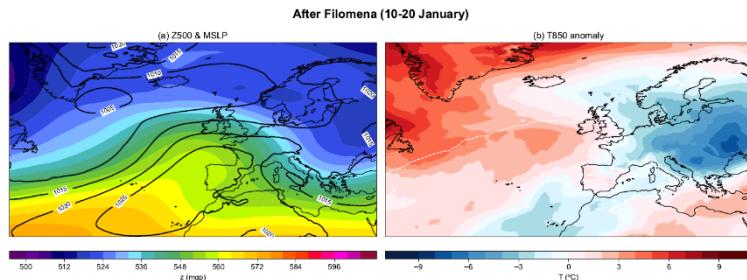


Figura 1 – Condiciones sinópticas en el periodo posterior al paso de Filomena. Mapas compuestos, a lo largo del periodo 11-18 de enero de 2021, de (a) altura geopotencial en 500 hPa (dam; contornos) y presión en superficie reducida al nivel del mar (hPa; isolíneas) y (b) anomalía de temperatura en 850 hPa con respecto a la climatología 1981-2010. Datos procedentes del reanálisis ERA5 (Hersbach et al., 2023).

Se ha encontrado que el albedo superficial aumentó del 20% al 80% tras la nevada, reduciéndose la cantidad de energía solar absorbida por la superficie y, en consecuencia, el calentamiento de la misma. La escasa turbulencia, analizada mediante la energía cinética turbulenta obtenida mediante un anemómetro sónico, contribuyó a un mayor enfriamiento del aire cerca de la superficie, intensificando las inversiones térmicas superficiales. Los flujos turbulentos (calor sensible, latente y de suelo) también experimentaron cambios significativos con respecto al periodo anterior a la nevada (Figura 2). Los resultados de este estudio resaltan la importancia de los procesos de microescala en las temperaturas excepcionalmente bajas en este episodio y de contar con datos observacionales, sin los cuales no se podría haber identificado los procesos físicos más relevantes.

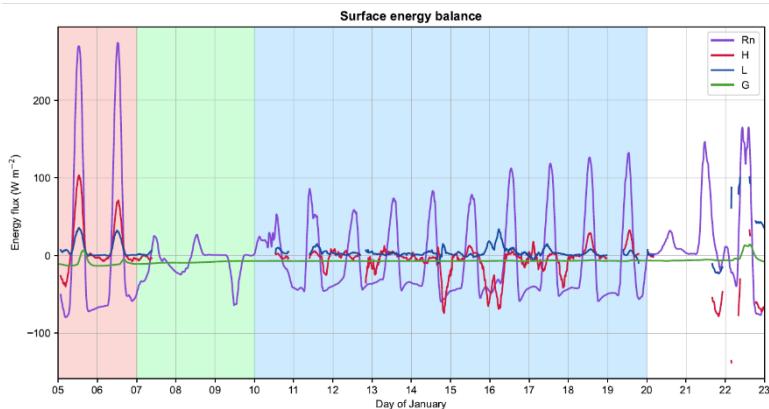


Figura 2 – Evolución de los diferentes términos del balance de energía superficial a lo largo de parte del mes de enero de 2021 en La Herrería: radiación neta ( $R_n$ ; línea morada), flujos de calor sensible ( $H$ ; línea roja), de calor latente ( $L$ ; línea azul) y de calor de suelo ( $G$ ; línea verde). A cada variable se le ha aplicado una media móvil trihoraria. El sombreado rojo corresponde a los días previos a la nevada, el verde a los días durante la nevada y, el azul, a los días posteriores a la nevada con nieve en el suelo.

## REFERENCIAS

- AEMET (2021): *Informe sobre la borrasca Filomena y la posterior ola de frío*.  
 García-Burgos, M. et al. (2023): *Jet configurations leading to extreme winter temperatures over Europe*. J. Geophys. Res. (Atmospheres), 128(24).  
 Hersbach, H. et al. (2023): *ERA5 hourly data on pressure levels from 1940 to present*. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS).

## Agradecimientos

A la red GuMNet (Guadarrama Monitoring Network), perteneciente al Campus de Excelencia Internacional CEI Moncloa, por haber facilitado los datos de la estación de La Herrería, así como a Patrimonio Nacional por las facilidades dadas en la instalación de la torre meteorológica.

Esta investigación se ha llevado a cabo en el marco del Proyecto de I+D+i PID2020-115321RB-I00 (LATMOS-i), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España (MCIN/AEI/10.13039/501100011033).