

Trazas de la tempe

SECCIÓN COORDINADA POR AMADEO URIEL
aeuriel@gmail.com

La ola de frío posterior a las nevadas de la borrasca Filomena, en datos del Puerto de Navacerrada y otros observatorios

JOSÉ MIGUEL FERNÁNDEZ SERDÁN

Entre los días 7 y 10 de enero de 2021, la llegada desde Canarias de la borrasca Filomena a la Península, ya ocupada por un aire muy frío introducido por la situación de altas presiones sobre Europa, trajo consigo copiosas nevadas a varias comunidades del interior y especialmente a gran parte de Castilla-La Mancha y Aragón; y a Madrid en su práctica totalidad, afectando sobre todo a zonas llanas y valles.

La figura 1 izq. muestra la nieve como subproducto en la detección de nubes por satélite, la 1 dcha. es la imagen HR-VIS, más detallada pero afectada por sombras y otras fuentes oscuras.

Los espesores alcanzaron o superaron el medio metro en la capital, para regocijo de niños, pero acabaron paralizando el tránsito rodado y los trenes, colapsando aeropuertos, sepultando vehículos, impactando en todas las actividades; con grandes destrozos en arbolado y voladizos, provocando filtraciones en azoteas, etc.

Para encontrar algo similar en Madrid, tendríamos que remontarnos al menos medio siglo o incluso bastante más,

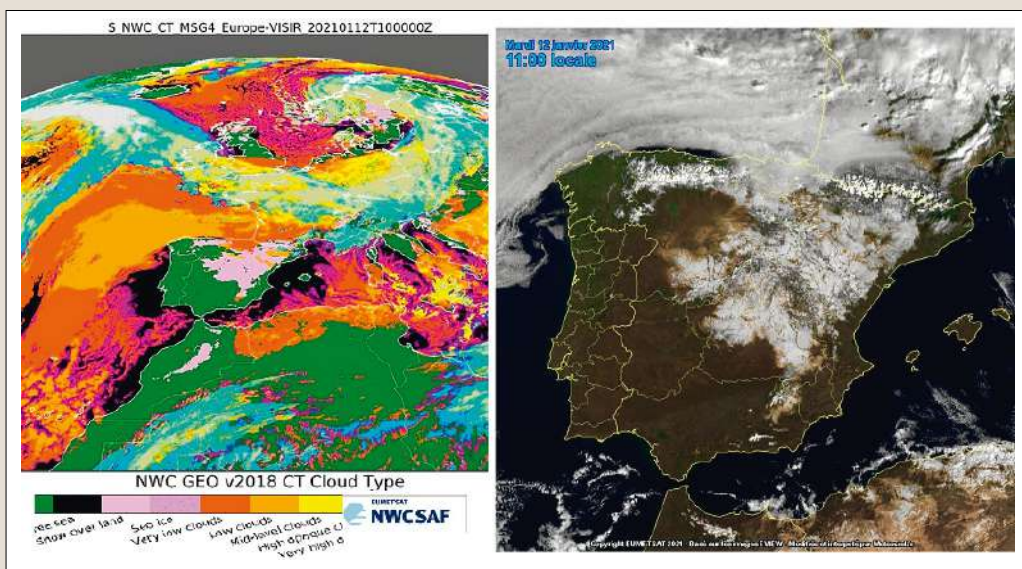


Figura 1. Izq.: Producto de tipo de nube del Nowcasting Satellite Application Facility de EUMETSAT, en la mañana del 12 de enero de 2021, incluyendo cubierta de nieve, Snow over land. Dcha.: Imagen Meteosat HRVIS reprocesada, en la mañana del 12 de enero de 2021 (fuente: Meteociel.fr)

con no más de tres episodios comparables en más de siglo y medio de registros fiables. Tras la nevada, vinieron uno o dos días siempre bajo cero y con suelos cubiertos de nieve, ya en buena medida convertida en hielo. La situación de caos se prolongó más de una semana, debido a causas meteorológicas como la persistencia del anticiclón y el “buen tiempo” seco y muy frío; dándose mínimas históricas.

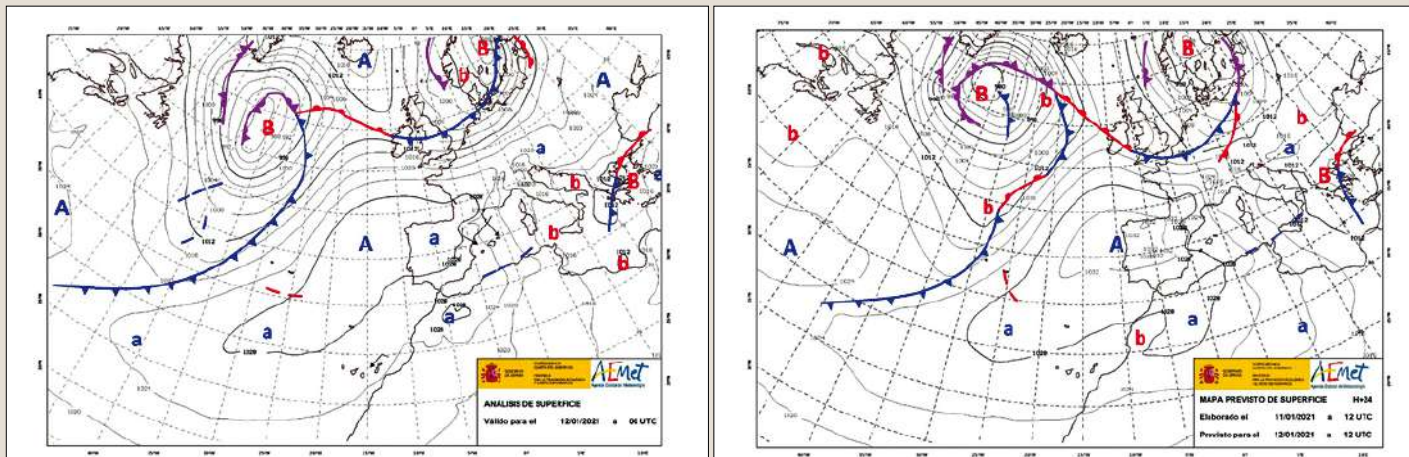


Figura 2: Evolución sinóptica 12 de enero de 2021: izq.) Análisis a las 00 UTC; dcha.) Previsto (+24h) a las 12 UTC

Trazas de la temperie

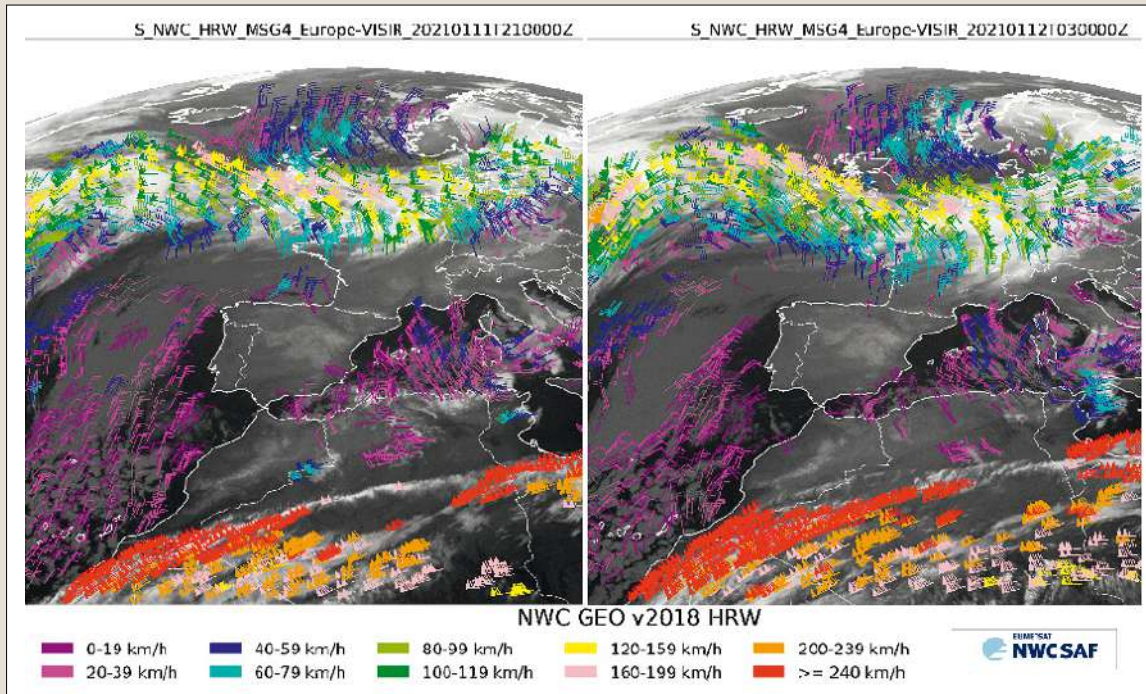


Figura 3: Evolución en 6 horas de la nubosidad IR y vientos derivados en el producto de viento del Nowcasting Satellite Application Facility de EUMETSAT, en la noche del 11 al 12 de enero de 2021: izq.) 21 UTC der.) 03 UTC

En este limitado estudio nos proponemos analizar e interpretar el comportamiento de la temperatura y otras variables en el Puerto de Navacerrada previo a la mañana del 12 de enero -cuando se dieron en llanura, las mínimas más bajas- en relación a otras estaciones de la zona, y también su evolución, en base a conocimientos básicos a varias escalas.

Entre la noche previa y la mañana del 12 de enero, el anticiclón sobre el Atlántico y norte de la Península se refuerza y extiende por sur y este, tendiendo a una forma más circular (figura 2). Es un proceso de reforzamiento y reconfiguración del anticiclón (también sugerido en la evolución, figura 3, de la nubosidad y su traslación o viento, entre el golfo de Vizcaya y el mar de Alborán, en un producto satélite): fortalecido por el suelo muy frío cubierto de nieve y hielo y, sobre todo, en su

parte oriental, centro-este peninsular, por el gradiente térmico de superficie con el Mediterráneo.

Esta anomalía térmica negativa en niveles bajos da origen a flujo del norte, que produce ajuste de masa dejando altas presiones al oeste, dándose ahí los mayores descensos de la subsidencia. Y es allí donde se dieron las temperaturas tan frías, figura 4 izq. recordemos que lo fueron incluso mucho más, hasta menos de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, por el este de Guadalajara y oeste de Teruel; pero fuera de la línea o banda aproximada norte-sur que abarcaremos (desde Valladolid -fuera de mapa- que dio $-6.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta el Tajo) al norte y sur del Puerto de Navacerrada. Un factor a tener en cuenta es que la cubierta nivosa es más extensa, continua y espesa en la Meseta Sur que en la Norte lo que contribuyó a reforzar el anticiclón hacia el sur y

este, pero también como procuraremos mostrar, a reforzar asimetrías, al favorecer una circulación diurna más activa en el lado norte que en el lado sur.

En la mañana del día 11 había ya un aire muy frío en toda la zona, con mínimas de $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$; incluso $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el Puerto de Navacerrada. A continuación, tuvimos el habitual ciclo diurno limitado de montaña, de calentamiento y ya más lento enfriamiento hasta $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (figura 5 izq. sup.), que se mantuvo para, poco antes de la medianoche, dar paso a un discontinuo pero llamativo ascenso, con un

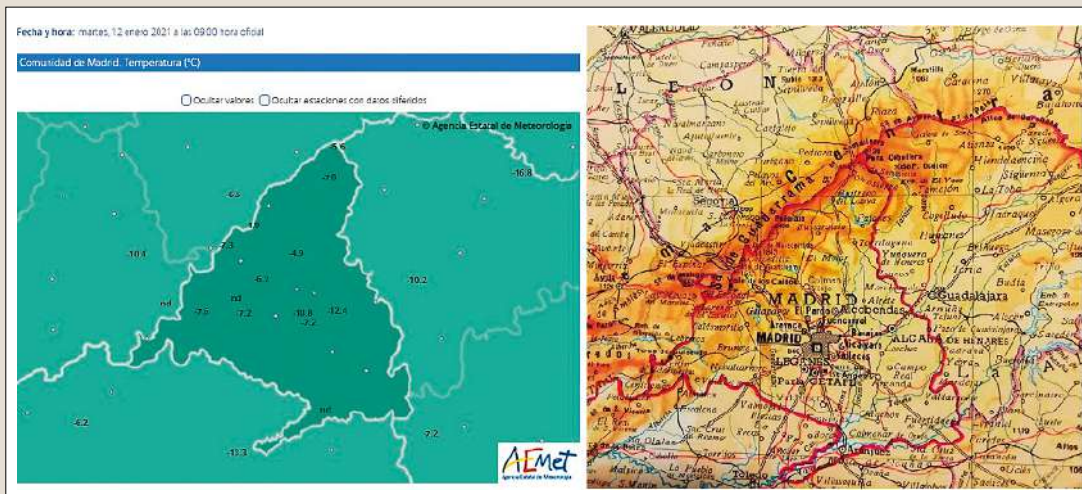


Figura 4: izq.) Temperaturas en Madrid y alrededores, a las 9 horas del día 12 de enero de 2021. dcha.) Mapa de la zona de estudio (fuente: Instituto Geográfico De Agostini)

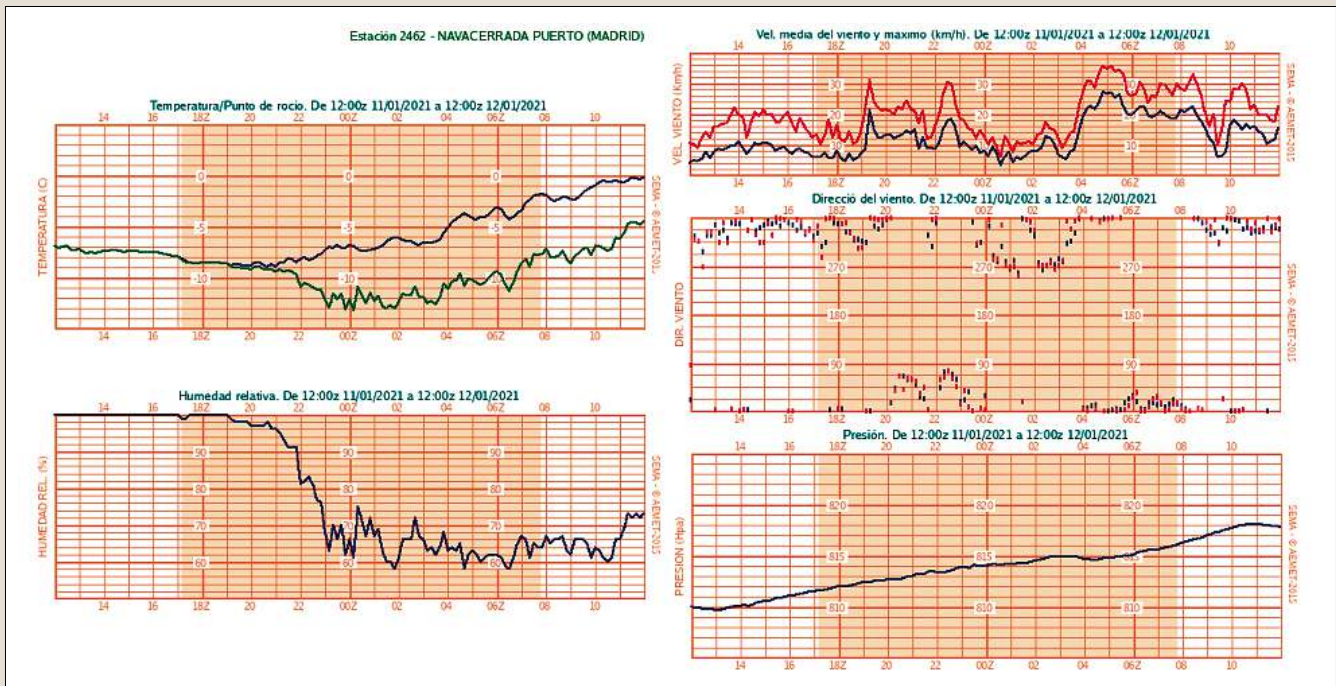


Figura 5: Registros de la estación automática del Puerto de Navacerrada desde las 12 UTC del 11 de enero de 2021 hasta las 12 UTC del 12: (Izq.) Temperatura y Punto de rocío; Humedad relativa. (Dcha.) Velocidad Viento medio y Racha máxima; Dirección Viento; Presión.

aumento de 6 °C hasta las 6 UTC, en que parece restablecerse un limitado ciclo diurno y, tras un descenso de más de un grado, se alcanzan ya los 0 °C al mediodía.

En el contexto del que hemos hablado de reforzamiento del anticiclón, se interpreta que durante la noche la inversión va descendiendo hasta el nivel de la estación y que ya de mañana se encuentra en el aire cálido por encima de ella. El análisis de las otras variables junto con consideraciones relativas a la asimetría a ambos lados de la Sierra, ayudarán a entenderlo mejor (y posteriormente a extender el estudio a toda la zona considerada, mediante datos de otros observatorios).

El ascenso de la presión en el Puerto de Navacerrada (figura 5 dcha. inf.) es notable y casi continuo, con un débil ciclo diurno que se corresponde con el del viento (figura 5 dcha. sup.). Por momentos el viento es relativamente intenso y del norte -altitud y collado- y se ve modulado por factores locales,

débil pero ya del norte por la tarde, se fortalece al principio de la noche cuando alcanza la estación el viento o brisa diurna de la vertiente del Duero, valle arriba del alto Eresma. Luego ganan peso los descensos, es más flojo y variable hasta fortalecerse, sin duda por los importantes descensos vertiente sur. Las fases nocturnas de aumento del viento favorecen al calentamiento por subsidencia frente al enfriamiento radiativo.

La evolución del punto de rocío o de la humedad relativa (figura 5 izq.) sugiere que hubo niebla (efectivamente se había informado de ella en el observatorio hasta las 18 UTC), sin duda fina y pegada al suelo, que se disipó antes de medianoche por el viento y descenso por debajo de la inversión, con aire ya más cálido y mezclado (pero no especialmente seco, la figura 6 muestra, en un producto satélite de contenido medio de humedad en la troposfera media, la llegada por el norte de aire más húmedo).

En definitiva, el grado de subsidencia aumenta con el viento del norte, un flujo medio modulado por vientos de valle o montaña, que se incrementa sobre todo al final de la noche, y siendo los descensos más relevantes del lado sur por el flujo del norte, pero también por efecto de la Sierra (en el que habrá que considerar otras asimetrías en orientación, con-

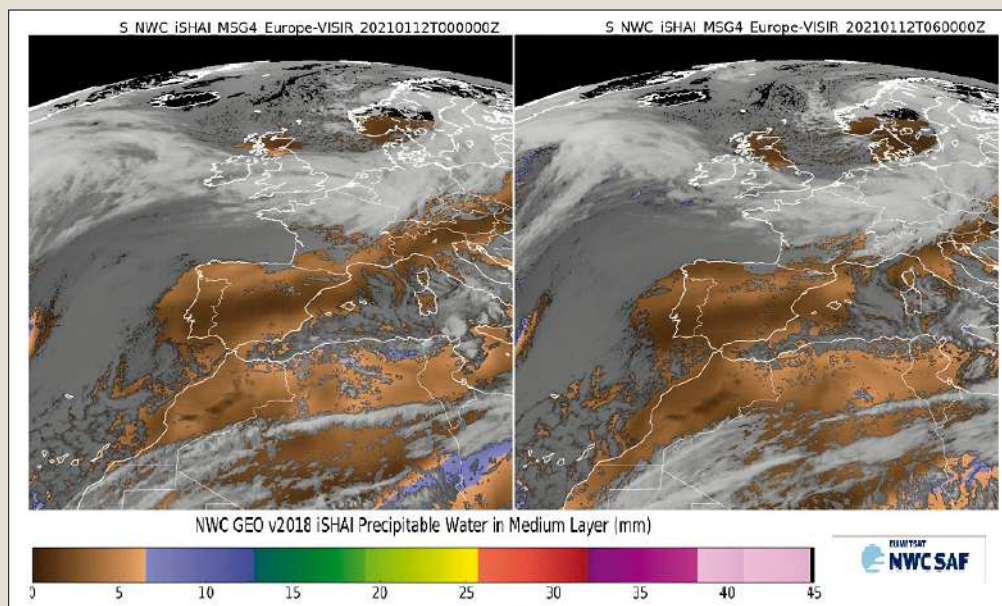


Figura 6: Evolución en 6 horas de la nubosidad IR y contenido total de vapor de agua en un espesor troposférico medio, en el producto de masa de aire del Nowcasting Satellite Application Facility de EUMETSAT, en la noche del 11 al 12 de enero de 2021: a) 00 UTC b) 06 UTC

Trazas de la tempeirie

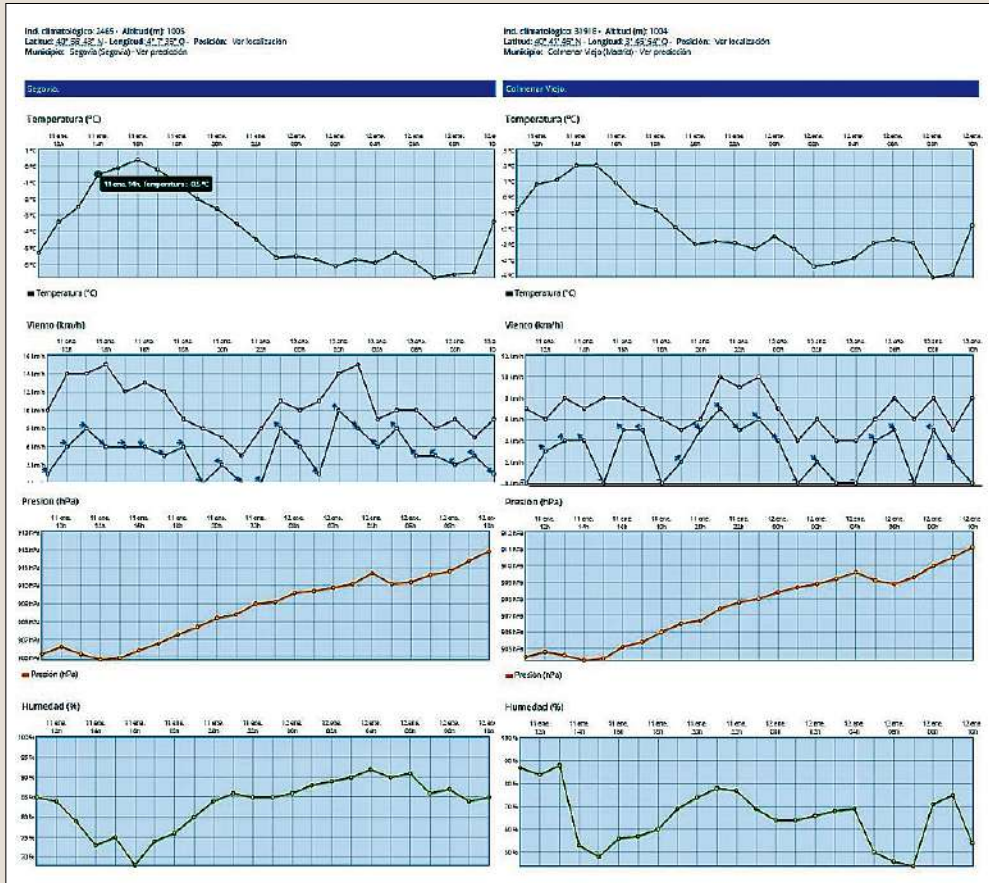


Figura 7: Evolución horaria desde las 11 horas del 12 de enero de 2021 hasta las 10 horas del 13 en los observatorios de: Izq.) Segovia. Dcha.) Colmenar Viejo/FAMET. Temperatura, Viento medio y racha, Presión, Humedad relativa. (fuente: aemet.es)

del viento medio del norte sobre el Puerto, que graduaba el descenso de la inversión. Existe por el momento bastante simetría entre ambos lados; pero el ligero aumento de viento del norte, ligado a la brisa descendente durante la noche en Colmenar, sugiere el reforzamiento de la subsidencia de este lado más que del otro. El enfriamiento en estas estaciones fue en todo caso limitado.

Llamam la atención los bruscos descensos de humedad relativa a las 15 h y a las 5 h (por ser momentos tan distintos) en Colmenar que parecen coincidir con subidas de temperatura y descensos de presión, pero no se dan en ninguna otra estación. Es difícil relacionarlo con el descenso de la inversión que no se vio acompañada por aire más seco- sino

figuración y vertiente). Esto lo analizamos ahora en otras estaciones, de más cerca a más lejos.

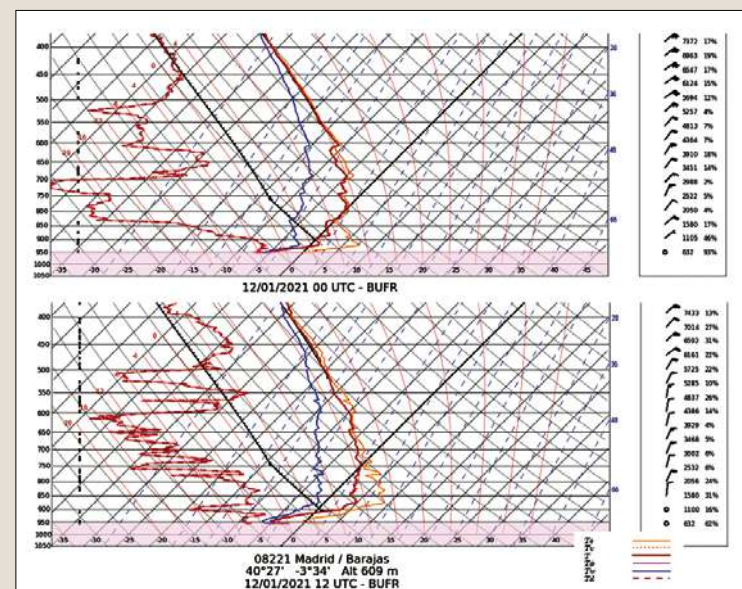
La figura 7 muestra también la evolución en 24 h (pero de forma horaria y hasta las 10 h) en Segovia (7 izq.) y Colmenar Viejo (7 dcha.), observatorios cercanos a ambos lados de la Sierra. Hay que citar que la nevada, que vino con bastante componente sur, fue muy ligera en Segovia y el calentamiento diurno fue mayor, aun con temperaturas más bajas. En tanto que el enfriamiento nocturno fue similar en ambas: unos 7 °C, mayor al principio y limitado por la noche por el descenso de la inversión. Hubo una mayor irregularidad en Colmenar/FAMET, sin duda por causas varias, pero debemos resaltar que aun estando a altitudes similares, la primera es más típica de valles a pie de sierra mientras que la segunda tiene una posición más realzada, incluso en una divisoria menor con circulación muy local superpuesta, y ligera orientación al sur.

Dentro del ascenso regular de la presión, el ciclo diurno relacionado con calentamiento o enfriamiento y brisas, aparece bien marcado. Las brisas algo menos flojas y más reconocibles en el lado norte, se corresponden bien con las variaciones

más bien con causas locales, en particular, el viento débil o en calma, humedad absoluta escasa y cercana al suelo, y distinto terreno en el entorno (pistas de cemento o pavimento tal vez ya limpio y seco por un lado y campos nevados por otro).

La evolución de temperaturas (e inversamente de humedad) en estaciones más alejadas ya propiamente de llanura, fue típica-

Figura 8: Radiosondeos de Barajas hasta 400 hPa, el 12 de enero de 2021: sup.) 00 UTC inf.) 12 UTC (fuente: AEMET)



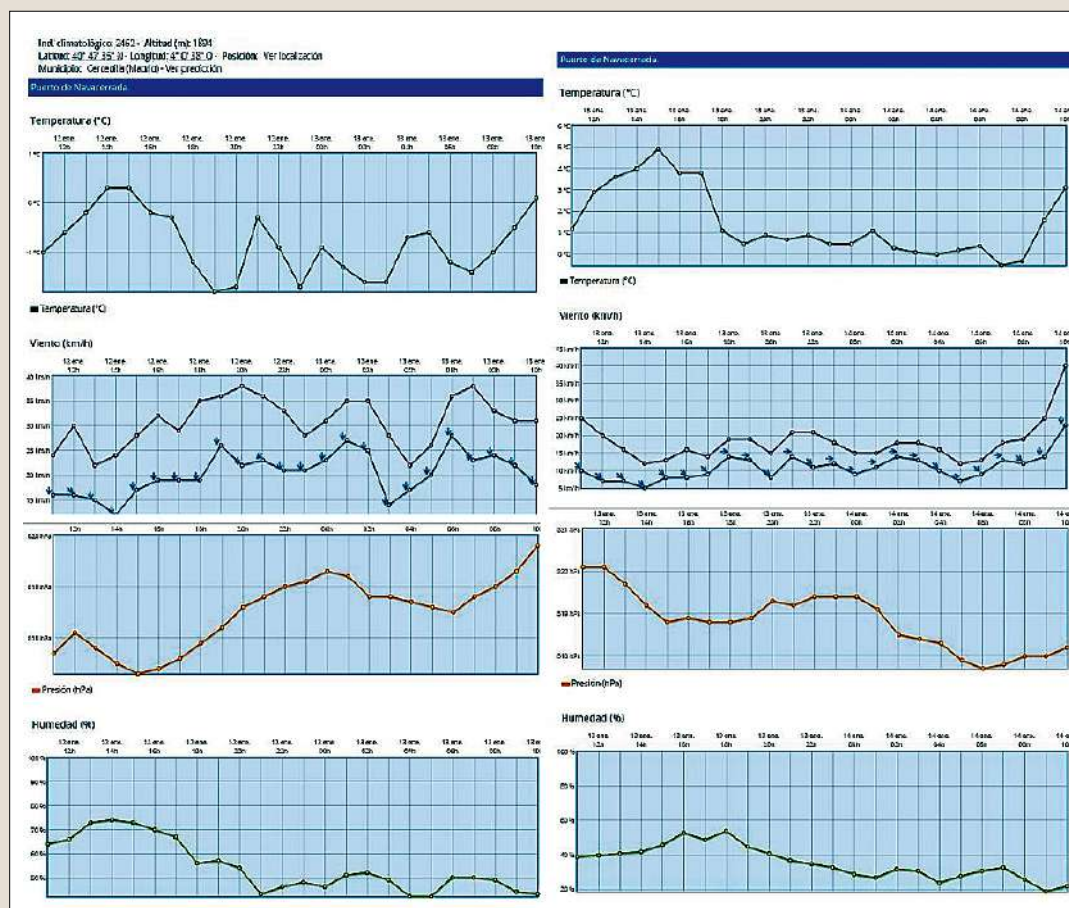


Figura 9: Evolución horaria en el observatorio del Puerto de Navacerrada, en 24 horas antes de las 10 UTC del: izq.) 13 de enero; dcha.) 14 de enero (fuente: aemet.es)

ca. Ascenso y sobre todo descenso continuo, muy acusado en la Meseta Sur con unas mínimas claramente más frías pese a que las máximas fueron similares, con 17 °C en Madrid/Ciudad Universitaria y más de 18 °C en Toledo; frente a los 12 °C de Valladolid. Hubo excepciones con solo de 11 °C más al este en Tarancón, estación más de páramo que de valle, sensible al viento general siempre del norte y más intenso (en torno a 10 km/h por la noche), lo que pudo limitar el enfriamiento radiativo y el efecto de la inversión. Mientras que en las otras se dan brisas débiles, locales, siendo más intensas las diurnas (Cuatro Vientos en el caso de Madrid) y, en consonancia la presión (Retiro en el caso de Madrid) apenas reflejó el mínimo nocturno, con el diurno más evidente.

Finalmente a modo de resumen, la evolución del sondeo de Barajas entre las 00 y 12 UTC (figura 8) nos confirma el calentamiento en un espesor de cientos de hectopascales de la troposfera media. La masa cálida inicialmente en “dientes de sierra” sobre la inversión llegando hasta el nivel del Puerto, se refuerza de manera notable a ese nivel y bastante por encima de él, también con mayor humedad como ya nos indicaba el producto satélite (figura 6). Mientras que su base inicialmente poco marcada, por encima y debajo de 900 hPa, aparece ya nítida a ese nivel (cercano al de Colmenar que mantuvo así su temperatura). Bajo la inversión, la diferencia térmica casi se ha duplicado (aumentará aún, hasta -18 °C); sobre una base muy fría que apenas se calienta, en un espesor ínfimo (significativo, se alcanzaron esas noches raros picos de exceso de contaminación por NO₂... en ausencia de tráfico). Todo ello contribuye a prolongar la situación.

Citar que además se mantuvieron varios días los cielos despejados. Los análisis del modelo muestran entre el 12 y el 13 más que intensificación, alargamiento en dirección a Canarias del anticiclón, empujado por el descenso en latitud de la

baja sobre Escandinavia; mientras que pasando al 14, se debilita y retira de nuevo hacia el norte sobre el centro peninsular.

En el Puerto de Navacerrada, a lo largo del día 12 y hasta la mañana del 13 (figura 9 izq.) sí se da ya un ínfimo ciclo térmico diurno, seguido de pequeñas oscilaciones de noche; la presión sigue ya leve la tendencia al ascenso, con ciclo diurno más marcado este día y con un mínimo nocturno. La humedad sigue bastante a la temperatura. El viento es similar pero más intenso (el modelo lo predecía más al este), lo que puede deberse a esa asimetría entre submesetas y brisas, y en concreto a la diferente cubierta nevosa, con refuerzo por la tarde del viento de ladera ascendente lado norte (lo que explicaría el ascenso de humedad) y sobre todo descensos al sur ya de noche.

Persiste la situación e incluso pudo descender la inversión (sobre todo en el lado sur) pues mientras Madrid y alrededores siguen con mínimas y aire muy frío, Colmenar/FAMET no da ya temperaturas negativas (no olvidar que su situación no es representativa del propio núcleo de población, más abajo y todavía sometido a ellas) en tanto que Segovia continúa teniéndolas, pero ya suavizadas.

Del día 13 al 14 (figura 9 dcha.) se aprecia en Navacerrada el cambio de tendencia, con presión ligeramente en descenso, viento que aminora y cambia a este (retroceso del anticiclón) calentamiento y enfriamiento de día de varios grados, y humedad bastante baja. Las mínimas en la zona de Madrid y al sur mejoraron algo esa mañana por ascenso o debilitamiento de la inversión (en cambio en Segovia bajan ligeramente), pero se mantuvieron como sabemos ya frías varios días más, en tanto que resistió la tendencia anticiclónica.

Agradecimientos a José María Sánchez-Laulhé y Amadeo Uriel, y a los ponentes de la videoconferencia sobre Filomena del Aula F. Morán de la AME, 18/03/2021

En recuerdo de Pilar Fernández Álvarez