

Invasión de polvo en la península ibérica: del 14 al 16 de marzo de 2022

XAVIER CALBET, MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ RUBIO, JUAN ANDRÉS GARCÍA-VALERO, GERARDO GARCÍA-CASTRILLO RUIZ, ERNEST WERNER HIDALGO Y LUIS M^a BAÑÓN PEREGRÍN. AEMET

Los pasados días 14, 15 y 16 de marzo de 2022 la península ibérica sufrió una intrusión de polvo en suspensión sin precedente procedente del Sahara. Las intrusiones de polvo africano suelen provocar registros de la concentración de partículas llamadas PM10 (partículas con diámetros de 10 μm o menos) de hasta 325 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la Península, y de hasta 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Canarias (Querol et al. 2019).

En este evento, algunas estaciones no pudieron medir los valores máximos de PM10, ya que se saturaron en los 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura 1), mientras que otras estaciones llegaron a registrar valores de más de 3500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura 2). Estos registros son extremadamente inusuales para nuestra zona, evidenciando lo extremo y excepcional del caso.

Otra característica de este evento fue su rápida propagación por la Península y más allá. En la tarde del 14 de marzo, ya había cantidades significativas de polvo en suspensión en la atmósfera en localidades del sur de la península ibérica, tiñendo los cielos de rojo (Figura 3). En algunas zonas, además del polvo, se produjeron también lluvias, en ocasiones intensas. El día 15 a las 8:30 de la mañana, la acumulación de polvo sobre los coches en Madrid era ya abundante (Figura 4).

En la capital, apenas se registró precipitación, y el polvo se iba directamente depositando sobre el suelo. El mismo día 15 a las 9:00 de la mañana, el polvo había llegado ya a los Pirineos, dejando la nieve tintada de ocre o naranja por debajo de unos 2400 m, cerca del refugio de Respomuso (Figura 5). Volviendo la mirada al sur, para el día 16 a las 12:00, el heliógrafo del observatorio de Murcia presentaba un aspecto deplorable e irreconocible (Figura 6).

En este artículo veremos las causas meteorológicas que propiciaron esta intrusión, apoyándonos en los modelos numéricos de predicción, y observaremos el fenómeno desde satélites meteorológicos. Analizaremos el episodio hasta el día 16 de marzo, momento en que la borrasca que provocó todo el episodio se disipó.



Figura 1. Registro de PM10 en la estación de Segovia. Fuente: European Environment Agency (EEA).

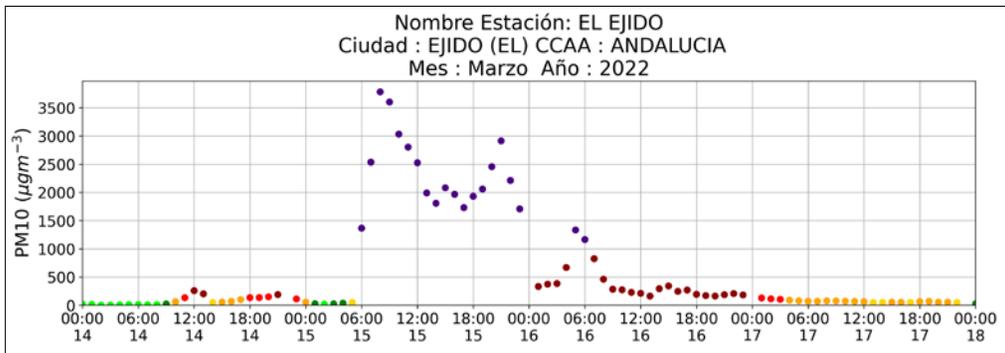


Figura 2. Registro de PM10 de la estación de El Ejido (Almería). Fuente: European Environment Agency (EEA).



Figura 3. Foto del Cuartel de Artillería en Murcia el día 14 de marzo de 2022 a las 18:00. Foto: Luis María Bañón Peregrín

Figura 4. Depósito de polvo sobre un coche en el distrito de Hortaleza de Madrid el día 15 de marzo de 2022 a las 8:30. Foto: Meteo Sierra de Guadarrama [Twitter: @SierraMeteo].

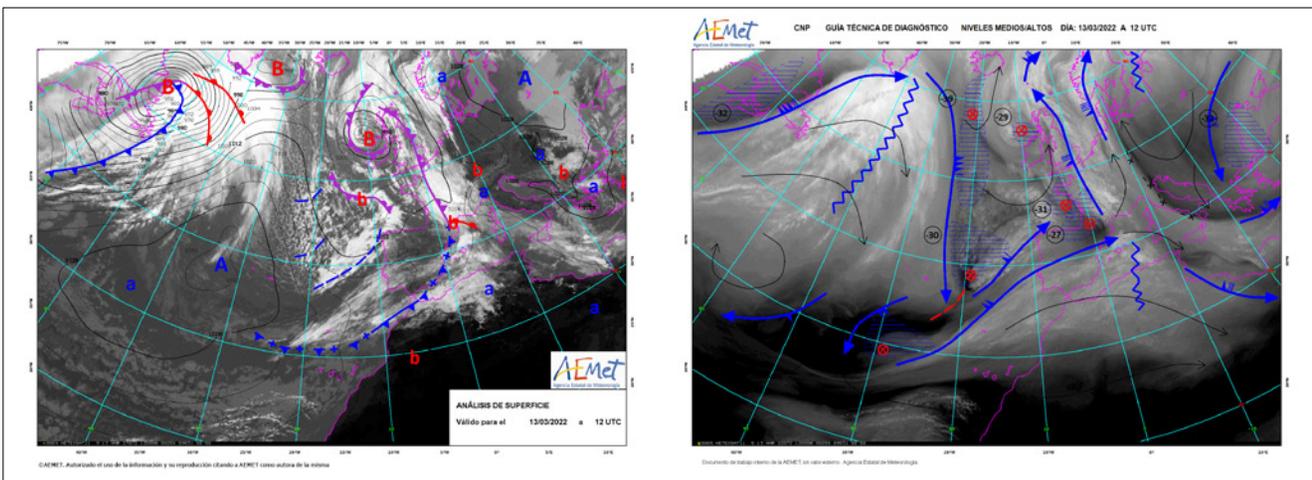


Figura 5. Foto de las inmediaciones del refugio de Respomuso el día 15 de marzo de 2022 a las 9:00. Foto: alberguesyrefugios.com



Figura 6. Heliógrafo del observatorio de Murcia el día 16 de marzo de 2022 a las 12:10. Foto: Alberto Rodríguez

Figura 7. Guías técnicas de diagnóstico de las 12 UTC del 13 de marzo. Principales estructuras sinópticas en superficie (izquierda) y en altura (derecha). Fuente: AEMET



Análisis meteorológico, imágenes de satélites y modelos numéricos

El día 13 de marzo, previo al comienzo de la intrusión de polvo en la Península, la situación sinóptica en superficie estuvo dominada por dos extensas regiones anticiclónicas, una al norte del continente europeo, bloqueando la circulación atlántica, y otra al oeste de Azores (Figura 7). Entre ambos sistemas anticiclónicos se encontraba un amplio sistema depresionario con centro principal al oeste de las islas Británicas, y otros dos centros secundarios, uno al noroeste peninsular y otro sobre el golfo de León. Entre las bajas presiones atlánticas y las altas presiones al oeste de Azores, se localizaba una región con una intensa circulación de noroeste sobre el Atlántico Norte. En cuanto a la situación en altura, había una amplia

vaguada que se situaba sobre la vertical de las bajas presiones en superficie, con eje en la dirección norte-sur (Figura 7). Esta configuración originó un fuerte gradiente de geopotencial que favorecía una circulación en altura más intensa en la parte de entrada a la vaguada que en su zona de salida, hecho que favorecía el descuelgue de la vaguada hacia el sur de la región atlántica. Las previsiones de este día indicaron que la vaguada en altura se descargaría hacia la región del golfo de Cádiz, dando lugar el día 14 a un proceso ciclogénico que desembocaría en una depresión aislada a niveles altos (DANA) y a una borrasca en superficie de gran impacto nombrada como Celia por el Instituto Meteorológico Portugués del Mar y la Atmósfera (IPMA). Dicha borrasca, después de traer las primeras lluvias tras un periodo de larga sequía, provocó una intensa intrusión de polvo sobre la península ibérica.

Invasión de polvo en la península ibérica: del 14 al 16 de marzo de 2022

A pesar de que la mayor parte del tiempo el polvo se encontraba debajo de una cubierta nubosa extensa, la invasión se pudo monitorizar en las imágenes del satélite meteorológico geostacionario Meteosat. Este satélite permite un seguimiento continuo de las estructuras nubosas pues su posición se mantiene fija respecto a cualquier punto terrestre al trasladarse en su órbita a la misma velocidad que la rotación de la Tierra. De este modo el satélite proporciona imágenes cada quince minutos del disco visible de la Tierra en diferentes canales o longitudes de onda del espectro radiativo. La combinación de las imágenes de varios canales es muy útil para seguir determinados fenómenos meteorológicos. En este caso la composición de imágenes llamada “RGB de polvo” resulta de gran utilidad pues permite distinguir el polvo suspendido en la atmósfera, incluso estando sobre superficies brillantes como puede ser el desierto. Una descripción del producto se puede leer en la “Guía Rápida de la RGB de polvo” (EUMETRAIN, 2022). En esta explicación nos basta con saber que utilizando esta composición, el polvo tiene un color magenta o rosa muy característico.

En la descripción del episodio complementamos las imágenes de polvo Meteosat con los siguientes campos de los análisis del modelo atmosférico HRES del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (ECMWF):

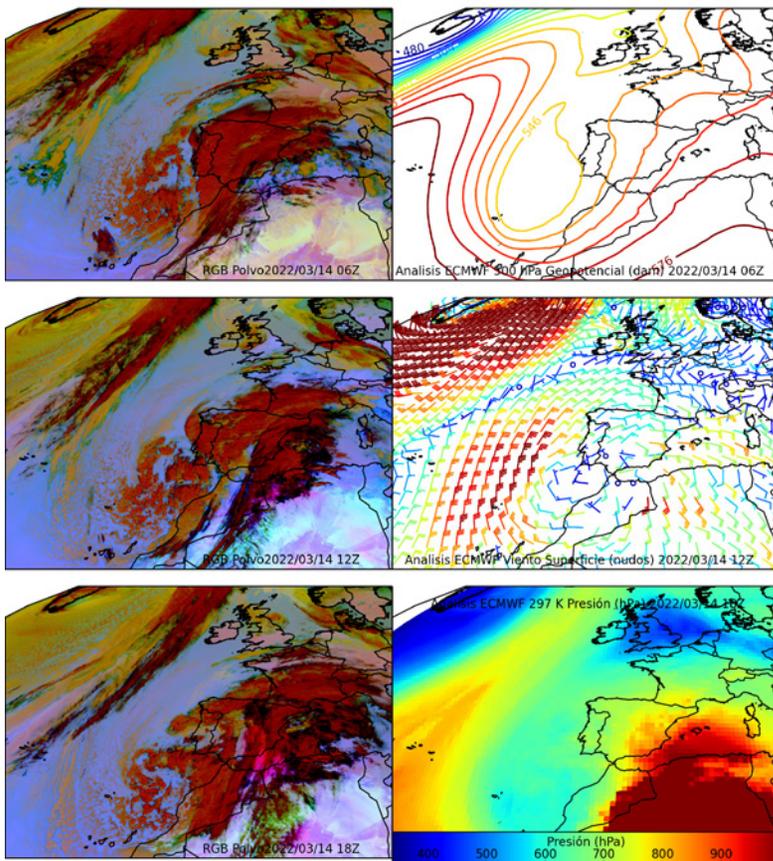


Figura 8. Columna de la izquierda: Imágenes RGB del satélite Meteosat para realizar el polvo de las: 06 UTC (arriba); 12 (en medio); 18 UTC (abajo). Columna de la derecha: análisis del modelo HRES del ECMWF de los campos: altura del geopotencial a 500 hPa de las 06 UTC (arriba); viento en superficie de las 12 UTC (en medio); presión en la superficie isentrópica de 297 K de las 18 UTC (abajo). Día 14 de marzo de 2022.

1. Altura geopotencial de la superficie de 500 hPa. Este campo nos permite localizar las borrascas en altura, en este caso una DANA.

2. Viento en superficie. Fundamental para estimar dónde se levanta el polvo.

3. Análisis isentrópico en la superficie 297 K. Las burbujas de aire, en ausencia de intercambios de calor por efectos radiativos o por condensación o evaporación de agua en su seno, se desplazan siguiendo las llamadas superficies isentrópicas. Estas son superficies de temperatura potencial constante. Así pues, analizando la altura de las superficies isentrópicas junto con el viento sobre ellas se puede estimar cómo se desplazarán las masas de aire tanto en la horizontal como en la vertical. En este caso analizaremos la superficie isentrópica que arranca en la zona donde se levanta el polvo (desde el suelo), pudiendo así estimar dónde se desplazará el polvo y a qué altura se elevará.

El episodio comenzó con la génesis de la DANA y Celia, tal y como se aprecia en los dos paneles de arriba de la Figura 8, correspondientes al 14 de marzo de 2022 a las 06 horas UTC. A la izquierda, está la RGB de polvo del satélite Meteosat, y a la derecha el campo de geopotencial del análisis del ECMWF en 500 hPa. En ambos, se aprecia claramente como la borrasca comienza a desgajarse de la corriente de latitudes medias, desplazándose, por tanto, hacia el sur. Esta borrasca ya tiene reflejo en superficie, como se puede apreciar por la nubosidad que aparece en la imagen del satélite.

Seis horas más tarde (paneles medios de la Figura 8), la borrasca ya se ha separado definitivamente del flujo zonal de latitudes medias y se constituye en una DANA. Analizando los vientos en superficie (panel de la derecha), se pueden apreciar varias zonas donde estos vientos son muy intensos. Una de ellas, al sureste de la DANA y localizada sobre el tercio norte de Argelia coincide con la zona donde comienza (mirando de norte a sur) el desierto del Sahara. Así pues, las condiciones meteorológicas eran propicias para que se levante polvo, tal y como indica la imagen Meteosat, en el panel de la izquierda, mostrando polvo (tonos rosas) por debajo de las nubes altas (tonos rojos oscuros).

Los paneles de abajo de la Figura 8 muestran la situación a las 18 horas UTC. En la imagen de satélite, a la izquierda, se puede ver como el polvo (tonos rosas), arrastrado por el viento, se desplaza hacia la península ibérica y, de hecho, ya ha entrado en ella. Alrededor de este momento es cuando se registran las cantidades más altas de polvo en suspensión en algunas zonas de España. La razón de ello estriba en que, en general, debido a que el recorrido del polvo es corto, no ha dado tiempo a que las partículas más gruesas de polvo se hayan depositado en el suelo. La temperatura potencial del aire cerca del suelo cuando se levantó el polvo (sobre las 12 horas UTC) resultó ser de unos 297 K. Si ahora observamos las diferentes presiones o, equivalentemente, alturas en una superficie isentrópica de 297 K podremos intuir qué recorrido en altura hará el polvo. Las diferentes presiones sobre esta superficie isentrópica están representadas en el panel de la derecha. Se puede ver que si nos vamos desplazando hacia el norte, partiendo del lugar donde el polvo se incorporó a la atmósfera, la superficie isentrópica presenta una presión menor (mayor altitud). Esto implica que el polvo en suspensión se ve sometido a un fuerte ascenso y puede llegar a cotas altas. Puesto que

Figura 10. Imagen del Sentinel-3 en colores naturales el día 15 de marzo de 2022. Fuente: Unión Europea, Copernicus Sentinel-3.

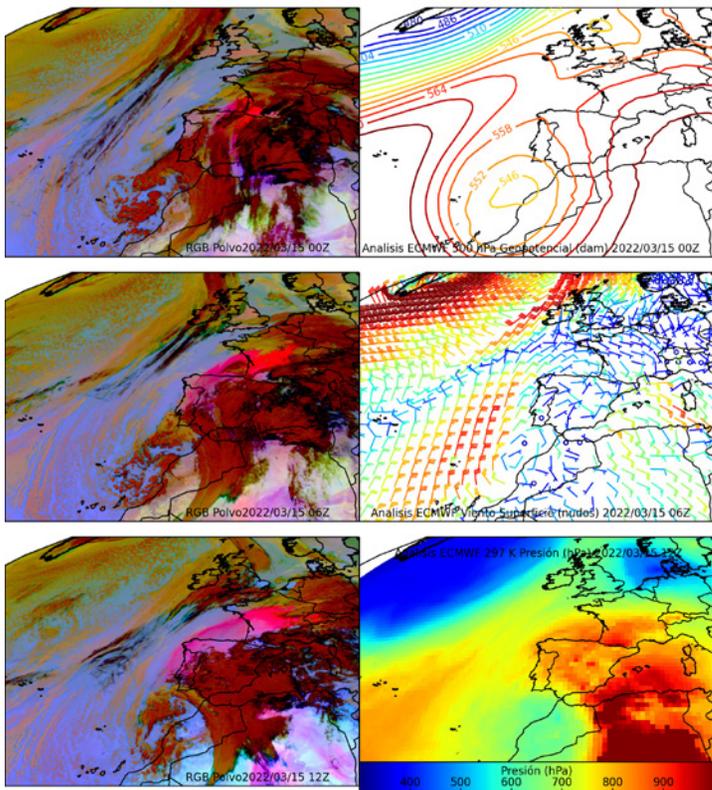
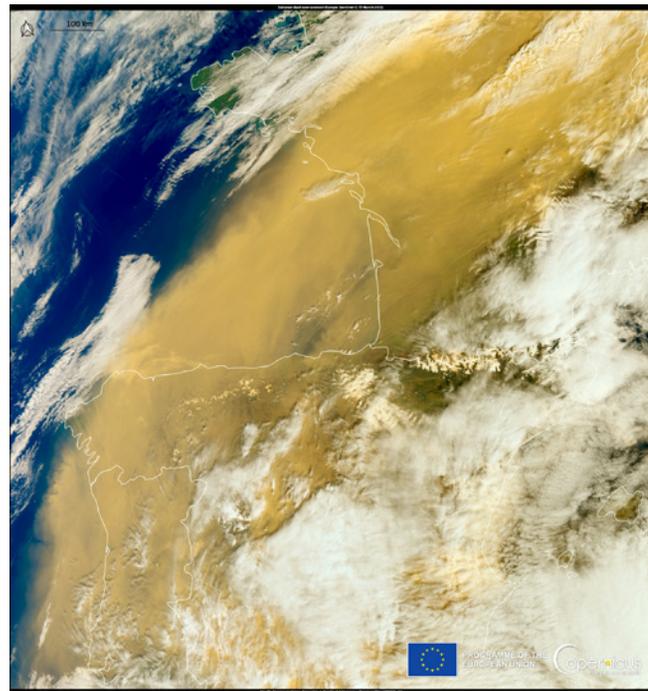


Figura 9. Ídem a la Figura 8 pero comenzando por el día 15 de marzo de 2022 a las 00 UTC (arriba) y acabando a las 12 UTC (abajo).

el viento en altura es en general más intenso que el viento en superficie, el polvo se podrá desplazar de forma más rápida de un lugar a otro que si se desplaza cercano al suelo. Otra forma de ver este fenómeno es notando que el aire sobre la Península estaba más frío que el procedente del desierto. El aire caliente, proveniente del sur, al chocar con otra masa de aire frío, más al norte, se desvía hacia arriba impulsando el polvo a alturas superiores.

En la Figura 9, aparecen paneles similares a los de la Figura 8, pero comenzando el día 15 de marzo de 2022 a las 00 UTC y acabando a las 12 UTC. En todas las imágenes y los campos se continúa apreciando lo comentado anteriormente. En las imágenes consecutivas cada seis horas del satélite (paneles de la izquierda), se aprecia como el polvo se va extendiendo y dispersando hacia el norte. A las 00 UTC el polvo ya ha traspasado los Pirineos y se adentra en Francia. A las 12 UTC toda la Península está afectada por el episodio de polvo y gran parte de Francia también. Es precisamente en esta última imagen donde mejor se aprecia el polvo



(zonas rosas), debido a que no está tan oculto tras las nubes altas que se formaron. De hecho, el satélite Sentinel-3 captó esta situación de forma muy gráfica (Figura 10). Los modelos numéricos de predicción consiguieron predecir este fenómeno de forma bastante precisa (ver el previsto del modelo MONARCH¹ en la figura 11).

En la segunda mitad del día 15, Celia comenzó a perder intensidad, y la DANA empezó una transición paulatina hacia la región mediterránea a través del norte del continente africano. Celia dejó de nombrarse como tal en los mapas meteorológicos del día 16, por lo que su ciclo de vida apenas duró unas 48 horas. No obstante, los restos de la borrasca se fueron desplazando hacia el Mediterráneo central, llegando hasta el este del norte del continente africano y remitiendo así la advección de polvo sobre la Península a partir de la segunda mitad del día 16. En sucesivos días, el polvo se fue extendiendo hacia otras zonas de Europa, llegando incluso a zonas remotas de Asia.

Bibliografía

- * X. Querol, N. Pérez, C. Reche, M. Ealo, A. Ripoll, J. Tur, M. Pandolfi, J. Pey, P. Salvador, T. Moreno, A. Alastuey. African dust and air quality over Spain: Is it only dust that matters?, Science of The Total Environment, Volume 686, 2019, Pages 737-752, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.349> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719324027>).
- * EUMETRAIN, 2022. SEVIRI Dust RGB Quick Guide, https://www-cdn.eumetsat.int/files/2020-04/pdf_rgb_quick_guide_dust.pdf

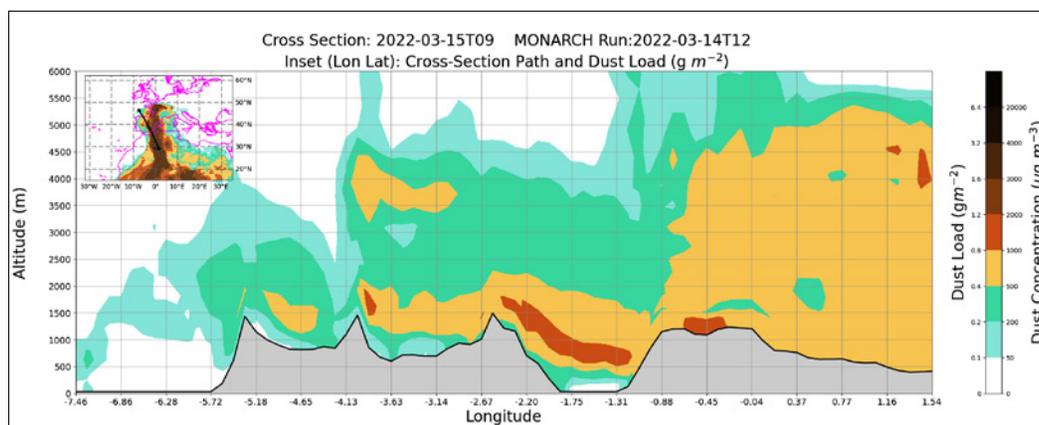


Figura 11. Corte vertical del modelo MONARCH de concentración de polvo y carga total de polvo (recuadro interior) para la pasada del día 14/03/2022 a las 12 UTC y válido para el día 15/03/2022 a las 09 UTC.

¹ El modelo MONARCH, desarrollado por el Barcelona Supercomputing Center (BSC-CNS), es el modelo operativo de polvo mineral del WMO Barcelona Dust Regional Center que es el centro regional de predicción de tormentas de polvo y arena para el Norte de África, el Cercano Oriente y Europa de la Organización Meteorológica Mundial (WMO SDS-WAS). El Barcelona Dust Regional Center está coordinado conjuntamente por AEMET y el BSC-CNS.