

La primera intrusión de polvo sahariano en Canarias, documentada científicamente que se conoce (7 de febrero de 1863)

¹EMILIO CUEVAS, ²DAVID BARRIOPEDRO, ³JOSÉ M. GARRIDO-PEREZ, ⁴ÁFRICA BARRETO,

⁵ERNEST WERNER, ¹CARLOS TOLEDANO, ⁶SARA BASART

¹ Grupo de Óptica Atmosférica, Universidad de Valladolid, 47011 Valladolid, España (Colaborador Honorario)

² Instituto de Geociencias (IGEO), Consejo Superior de Investigaciones Científicas - Universidad Complutense de Madrid (CSIC-UCM), 28040 Madrid, España

³ Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Facultad de Ciencias Físicas, UCM, 28040 Madrid, España

⁴ Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (AEMET), 38001 Santa Cruz de Tenerife, España

⁵ Delegación de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) en Cataluña, 08071 Barcelona, España

⁶ Organización Meteorológica Mundial (OMM), Ginebra, 1201, Suiza

El primer análisis sobre el polvo del Sahara/Sahel fue realizado por el mismísimo Charles Darwin, quien a bordo del bergantín "Beagle" recogió numerosas muestras de partículas de polvo en suspensión, analizando su tamaño, en una amplia región del océano Atlántico oriental situada entre el archipiélago de Cabo Verde (latitud 22° 40' – 25° 30' N) y la latitud 28° 45' N en las proximidades de Canarias (Darwin, 1845). Darwin dejó por escrito la impresión que le dejaron las intrusiones de polvo sobre el Atlántico subtropical que analizó: "este polvo cae en tal cantidad, que todo lo ensucia a bordo y ofende a los ojos; algunas veces hasta obscurece la atmósfera, tanto, que se han perdido buques y estrellado contra la costa" (Darwin, 1845). Darwin llegó a Tenerife el 6 de enero de 1832 para realizar observaciones de polvo, e interesado por las condiciones naturales de la isla. Desafortunadamente no pudo finalmente desembarcar por la cuarentena de doce días impuesta tras los rumores de un brote de cólera a bordo del "Beagle" (De Ory y Palomares, 2004).

Aprovechando las investigaciones sobre el polvo sahariano realizadas por Darwin, dos décadas más tarde sería Sabin Berthelot el primero en describir científicamente una intrusión de polvo en Canarias (y muy probablemente en

España) que tuvo lugar el 7 de febrero de 1863. Sabin Berthelot (Figura 1) fue un célebre naturalista y etnólogo francés, cónsul de Francia en Tenerife por aquella época. Fue, junto con Philip Barker Webb, autor de la "Historia Natural de las Islas

dos revistas científicas francesas: Berthelot (1863) y Figuier (1864). Las dos descripciones son muy escuetas y similares, si bien se observan algunas diferencias en matizaciones y detalles.

La crónica de Berthelot (1863) dice así (traducida del francés):

"Lluvia de arena en Canarias"

El señor Berthelot, cónsul de Francia en Santa Cruz de Tenerife, envió a nuestra Academia de Ciencias una muestra de la lluvia de arena que cayó sobre parte de las islas Canarias el 7 de febrero de 1863, durante la noche y la mañana del mismo día, esparciendo [el polvo] sobre los barcos [fondeados] frente a Tenerife, [La] Palma y la isla del [de El] Hierro. La cima de Tenerife, entonces cubierta de nieve, estaba teñida de amarillo hasta la cima por el polvo de grano casi impalpable [muy fino].

Esta arena amarilla, examinada por el Sr. Daubrée, es efervescente con los ácidos, lo que revela la presencia de una gran dosis de carbonato cálcico. El residuo está formado por granos de cuarzo hialino [cristal de roca] e incoloro; algunos son amarillos y opacos.

La lluvia de arena procedía, sin duda, del Sahara. De hecho, es idéntico a las muestras [de suelo] de desierto que existen en el Museo. Al igual que la arena africana, el polvo recogido en Tenerife contiene restos de conchas sin ningún otro rastro de cuerpos organizados.

El Sahara está separado de las islas

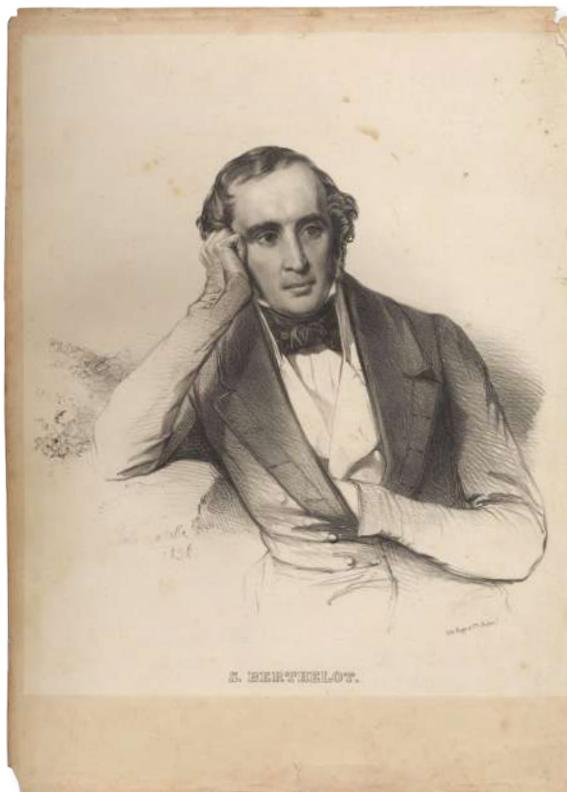


Figura 1. Litografía del científico francés Sabin Berthelot

Canarias", la obra más extensa (9 tomos y un atlas), completa y ambiciosa dedicada a la descripción y clasificación de las especies biológicas canarias que se escribió durante el periodo 1835–1850.

La descripción del evento de polvo del 7 de febrero de 1863 fue publicada en

Anomalías de altura del geopotencial 7 febrero 1863

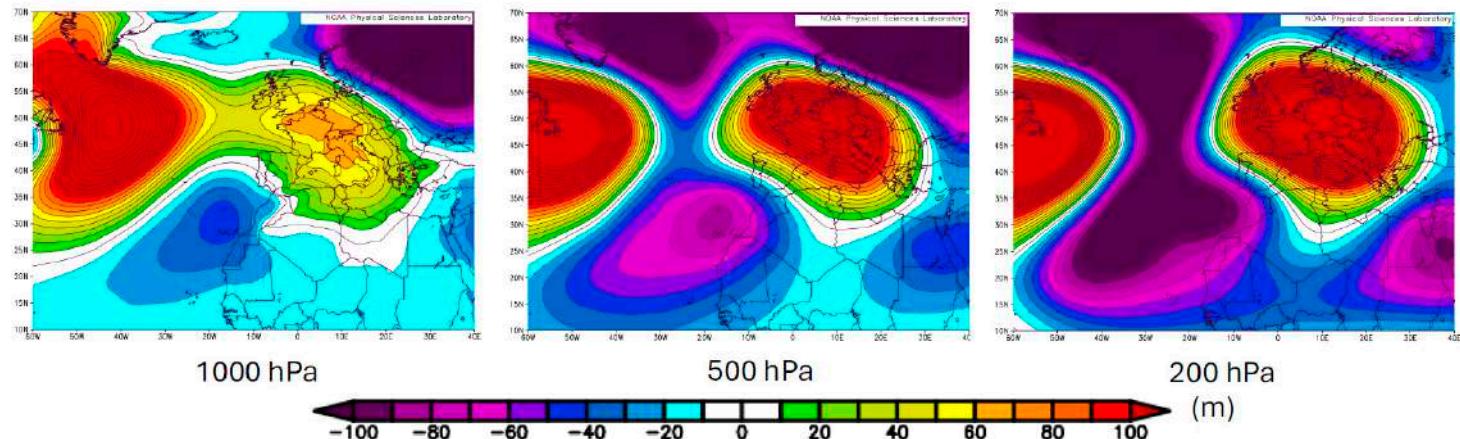


Figura 2. Anomalías de altura de geopotencial en 1000, 500 y 200 hPa, a la izquierda, centro, y derecha, respectivamente, el 7 de febrero de 1863. Imagen proporcionada por el NOAA Physical Sciences Laboratory, Boulder Colorado, desde su web en <https://psl.noaa.gov>

Canarias por una distancia de 32 milímetros; por tanto, es a través de un recorrido tan enorme que este polvo mineral fue transportado por el “contraaliso” de nuestro hemisferio, sin duda, después de haber sido elevado por alguna tromba marina [borrasca], a una altura de al menos 4 kilómetros sobre el nivel del mar.” Fuente: https://gallica.bnf.fr/html/bibliothque_nationale_de_france

Hemos optado por la traducción literal del título “Lluvia de arena en Canarias” para indicar lo poco que se conocía en esa época el polvo mineral en suspensión. De hecho, Berthelot utiliza indistintamente los términos *sable* (arena) y *poussière* (polvo), quizás confundido por el hecho de que en los territorios que ocupaban las colonias francesas situadas en el Sahara y el Sahel es muy común que haya una mezcla de tormentas de polvo y de arena (las zonas fuente de ambos materiales pueden coexistir en un área reducida). De hecho, el programa de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) establecido en 2007 para estudiar este tipo de eventos se denomina “Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System (SDS-WAS)” (<https://community.wmo.int/en/activity-areas/gaw/science-for-services/sds-was>), aunque los sistemas de monitoreo y predicción de estos dos procesos sean radicalmente diferentes.

Las partículas de polvo mineral del desierto generalmente tienen un rango de tamaños entre 0.2 µm y 5 µm, presentan una composición bastante uniforme, y pueden ser transportadas por el viento

a miles de kilómetros de distancia. Por el contrario, las partículas de arena tienen un tamaño varios órdenes de magnitud superior, que puede oscilar entre 0.062 (arena muy fina) y 2 mm (arena muy gruesa), pudiendo ser su composición mucho más heterogénea, ya que con frecuencia se encuentra mezclada con residuos marinos, vegetales y conchas marinas, y suelen ser transportadas por el viento solo unas decenas/centenares de metros debido a su gran masa.

Para realizar esta descripción, Berthelot tuvo que haber recibido información de colaboradores (observadores) que conocieran este fenómeno y su impacto, y que residieran en, al menos, las tres islas que menciona. Es muy meritorio el análisis químico que hacen de las partículas de polvo para conocer su composición haciendo, en gran medida, un diagnóstico correcto. Sin embargo, Berthelot afirma erróneamente que el polvo del Sahara que llegó a Tenerife podía contener restos de conchas. La descripción del evento realizada por Figuier (1864) nos da la pista para explicar este error cuando dice que para analizar la composición de las partículas de polvo utilizaron un microscopio. Lo que, con gran probabilidad, vieron en el microscopio (en el siglo XIX los microscopios tenían una resolución de 0.25 µm) eran pólenes y/o esqueletos de sílice de diatomeas (Querol-Carceller *et al.*, 2008), algas microscópicas (de tamaño > 2 µm) de agua dulce muy abundantes en las numerosas charcas efímeras del sur del Sahara y el Sahel, que cada verano se llenan de agua gracias a las lluvias monzónicas. Los esqueletos de diatomeas y pólenes, con formas que se pueden asemejar a algunos moluscos marinos, pero con dimensiones varios órdenes inferior, aparecen con frecuencia en las muestras de polvo en suspensión recogidas en el Observatorio de Izaña. Berthelot sobreestima en exceso la cantidad de carbonato de calcio (no explica cómo hace esa estimación) ya que hoy sabemos que las partículas de polvo del Sahara contienen un 5 % de partículas ricas en calcio, y un 9 % de otros materiales carbonosos (Kandler *et al.*, 2007). Berthelot confunde el cuarzo transparente cuando en Figuier (1864) describe “El residuo insoluble se compone de granos muy pequeños de cuarzo, la mayoría hialinos e incoloros”, con los silicatos que hoy sabemos representan el 65 % en volumen del total de las partículas de polvo (Kandler *et al.*, 2007). Al parecer esta confusión es habitual si no se dispone del material para análisis necesario en el laboratorio. Berthelot identifica unos pocos granos de cuarzo amarillos y opacos que son realmente de cuarzo y representan en promedio un 6 % del total de una partícula de polvo. Por último, Berthelot imagina con razonable acierto el proceso atmosférico que ocasionó este episodio de polvo. Aunque hoy sabemos que no se trata de una tromba marina, y creemos que Berthelot se refiere a un ciclón con la intensidad suficiente para levantar el polvo del Sahara y transportarlo hasta Canarias a una altura de, al menos, 4 km. Tengase en cuenta que

METEOROLOGÍA DE LAS ISLAS CANARIAS

el concepto de borrasca fue introducido por el meteorólogo noruego Jacob Bjerknes a principios del siglo XX. Esto es consistente con que el tiempo fuera tormentoso y se escucharan truenos con frecuencia (Figuier, 1864), y se observase una intensa lluvia de barro (deposición húmeda) a nivel del mar (Berthelot, 1863). Por otro lado, Berthelot describe cómo el polvo mineral fue transportado por el “contraalísio”, cuando en realidad lo que estaba viendo era la advección de polvo por el 2º cuadrante, con una fuerte componente sur inducida por la depresión. Los datos de globos piloto y observaciones de viento del periodo 1909-1916 desmintieron la existencia de contraalisios (vientos dominantes en altura opuestos a los alisios) sobre el observatorio de Izaña en invierno.

Si bien los episodios de nieve rojiza en las cumbres de Tenerife no son habituales, suelen producirse como consecuencia de la mezcla de la precipitación en forma de nieve en el centro de una DANA (Depresión Aislada en Niveles Altos) con polvo del Sahara que ha sido movilizado por el flanco este de la DANA, situado sobre el sur del Atlas.

Para confirmar que se trataba de una DANA recurrimos al 20th Century Reanalysis (20CR) (https://www.psl.noaa.gov/data/20thC_Rean/), un proyecto liderado por el Laboratorio de Ciencias Físicas de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y el Centro Cooperativo para Investigaciones en Ciencias Ambientales de la Universidad de Colorado. El 20CR produce reanálisis históricos de datos meteorológicos globales que cubren el siglo XX y parte del siglo XIX. La versión 3 del proyecto,

lanzada en 2019, es la más extensa, abarcando el período de 1806 a 2015. El 20CR se ha evaluado y comparado con otros productos de reanálisis históricos como el Coupled ECMWF Reanalysis of the Twentieth Century (CERA-20C), y es capaz de producir estimaciones precisas del estado de la atmósfera en diferentes escalas, desde la sinóptica hasta la climática (Slivinski *et al.*, 2021). Esto permite estudiar eventos meteorológicos importantes del pasado como este episodio de polvo en Canarias.

El reanálisis 20CR de anomalías de la altura de geopotencial en 500 hPa (Z500) muestra para el 5 de febrero de 1863 el típico patrón correspondiente a intrusiones de polvo en invierno en Canarias (Cuevas-Agulló *et al.*, 2024): 1) una DANA en las proximidades del archipiélago (no mostrado aquí), que en este caso se identifica por una anomalía negativa de altura geopotencial que se intensifica desde la superficie (1000 hPa, Figura 2, izquierda) hasta la tropopausa (200 hPa; Figura 2, derecha), y 2) sistemas anticiclónicos o altas presiones sobre Europa (caracterizados por anomalías positivas de altura geopotencial).

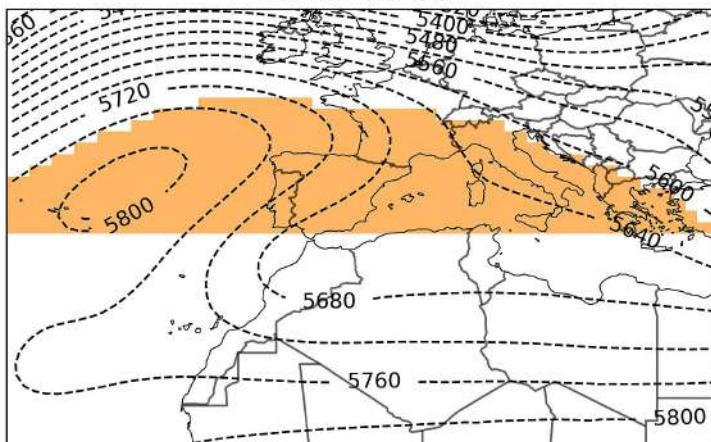
Este patrón dipolar de altas-bajas favorece las intrusiones de polvo de invierno sobre el archipiélago canario (Cuevas *et al.*, 2021; Suárez-Molina *et al.*, 2024) y la región euro-mediterránea occidental en general (Cuevas-Agulló *et al.*, 2024). Muy probablemente el evento de 1863 se trató de un episodio de polvo intenso y muy largo ya que la configuración sinóptica persistió del 4 al 17 de febrero (14 días), lo cual es bastante reseñable. Lamentablemente, no disponemos de observaciones o crónicas que confirmen

la presencia de polvo en Canarias o la península ibérica durante todos esos días, salvo para el 7 febrero.

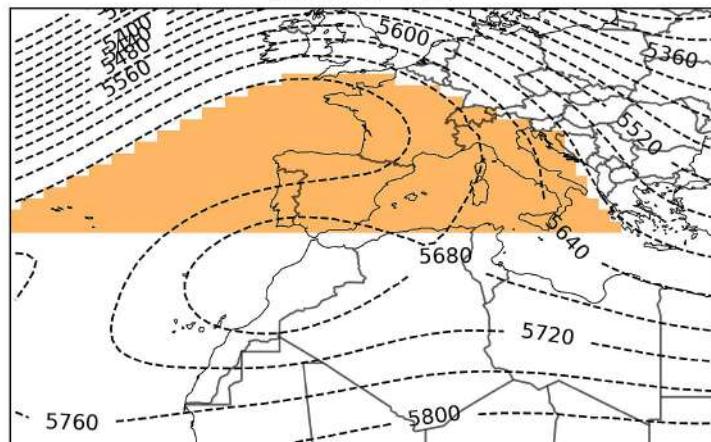
Recientemente, Cuevas-Agulló *et al.* (2024) detectaron dos configuraciones atmosféricas diferenciadas asociadas con intrusiones de polvo invernal sobre el Mediterráneo occidental. Ambas ocurren bajo un patrón dipolar alta-baja, pero bajo diferentes sistemas de alta presión. La primera, más común en el registro histórico, está asociada con bloqueos, sistemas anticiclónicos aislados sobre el centro y norte de Europa, que suelen ir acompañados por DANAs en su flanco sur (Barriopedro *et al.*, 2006). En la segunda configuración, menos común en el registro histórico pero muy frecuente en los últimos inviernos, el sistema anticiclónico coincide con una dorsal subtropical en forma de cuña. Para discernir el tipo de sistemas implicados en el evento de febrero de 1863, se implementó el algoritmo de detección y clasificación de sistemas de alta presión de Sousa *et al.* (2021) y se aplicó al reanálisis del 20CR. El método identificó sin ambigüedades que se trataba de estructuras de dorsal subtropical (Figura 3), que son las que han aparecido de manera recurrente durante los episodios recientes de polvo (2020-2022), en detrimento de los bloqueos característicos del periodo anterior (2003-2019).

Para la historia de la meteorología el análisis de este evento de polvo tiene un gran interés por ser el primero documentado en Canarias (muy probablemente también en España). Además, destaca la duración e intensidad del episodio, que ocurrió bajo un patrón de DANA-dorsal muy similar al que consideramos anó-

1863-02-05



1863-02-06



malo en el corto registro observacional disponible (2003-2022) (Cuevas-Agulló *et al.*, 2024). El episodio de 1863 demuestra que los patrones de DANA-dorsal relacionados con intrusiones recientes de polvo invernal forman parte de la variabilidad climática natural y pone de manifiesto la importancia de ser cautos en las afirmaciones sobre su posible vinculación con el cambio climático, dado el corto registro observacional y la limitada comprensión de los patrones sinópticos asociados.

Agradecimientos

La publicación del episodio de polvo narrado por Berthelot fue identificado por Fernando de Ory (Observador de Meteorología en AEMET, doctor en Historia, especializado en Historia de la Ciencia en Canarias y máximo experto en la larga historia del Observatorio de Izaña). Emilio Cuevas quiere dedicar este trabajo, fusión de historia y ciencia, a la memoria de su amigo Fernando.

Las dos publicaciones en las que Berthelot narra este episodio de polvo fueron buscadas y obtenidas por el personal de la Biblioteca de AEMET, cuyo responsable es Elena Morato, a través de Gallica.

El Dr. Stavros Meletlidis, geólogo del Instituto Geográfico Nacional, nos ha ayudado a entender la descripción dada por Berthelot de la composición mineralógica del polvo mineral del Sahara recogido en Tenerife el 7 de febrero de 1863.

El soporte para el conjunto de datos de la versión 3 del Proyecto *Twentieth Century Reanalysis* proporcionado por la Oficina de Investigación Científica, Biológica y Ambiental del Departamento de Energía de EE. UU., la Oficina del Programa Climático de la Administración Nacional

Oceánica y Atmosférica (NOAA) y el Laboratorio de Ciencias Físicas de la NOAA.

Referencias:

- Barriopedro, D., García-Herrera, R., Lupo, A., and Hernández, E. R.: A climatology of northern hemisphere blocking, *J. Climate*, 19, 1042–1063, <https://doi.org/10.1175/JCLI3678.1, 2006>.
- Berthelot, S.: Pluie de sable qui est tombée sur une partie de l'archipel des Canaries, le 15 février 1863 [Fragmento de una carta de Sabino Berthelot dirigida a la Academia de las Ciencias de París, -leído durante la sesión del 10 de agosto de 1863] en *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, Physique du Globe*, París, t. 57, n° 6, 1863, pp. 363-364, 1863.
- Cuevas, E., Milford, C., Barreto, A., Bustos, J. J., García, R. D., Marrero, C. L., Prats, N., Bayo, C., Ramos, R., Terradellas, E., Suárez, D., Rodríguez, S., de la Rosa, J., Vilches, J., Basart, S., Werner, E., López-Villarrubia, E., Rodríguez-Mireles, S., Pita Toledo, M. L., González, O., Belmonte, J., Puigdemunt, R., Lorenzo, J. A., Oromí, P., and del Campo-Hernández, R.: Desert Dust Outbreak in the Canary Islands (February 2020): Assessment and Impacts. (Eds. Cuevas, E., Milford, C. and Basart, S.), State Meteorological Agency (AEMET), Madrid, Spain and World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, WMO Global Atmosphere Watch (GAW) Report No. 259, WWRP 2021-1, 2021.
- Cuevas-Agulló, E., Barriopedro, D., García, R. D., Alonso-Pérez, S., González-Aleman, J. J., Werner, E., Suárez, D., Bustos, J. J., García-Castrillo, G., García, O., Barreto, Á., and Basart, S.: Sharp increase in Saharan dust intrusions over the western Euro-Mediterranean in February–March 2020–2022 and associated atmospheric circulation, *Atmos. Chem. Phys.*, 24, 4083–4104, <https://doi.org/10.5194/acp-24-4083-2024, 2024>.
- De Ory-Ajamil, F., and Palomares M.: The atmospheric observation in Tenerife Island during the last four centuries and the Mountain Observatory in Izaña: a short history of the Observatorio de Izaña, Tenerife, ICHM (International Commision on the History of Meteorology) Meeting, 5-9 July 2004, Polling, Germany, Arcimis <http://hdl.handle.net/20.500.11765/7365, 2004>.
- Figuier, L.: Pluie de sable aux îles Canaries, *L'année scientifique et industriel le, París*, Ed. Hachette, pp. 279-280, 1864.
- Kandler, K., Benker, N., Cuevas, E., Ebert, M., Knippertz, P., Rodriguez, S., Schütz, L., Weinbruch, S.: Chemical composition and complex refractive index of Saharan Mineral Dust at Izaña, Tenerife (Spain) derived by electron microscopy, *Atmos. Environ.*, 41, 8,058- 8,074, 2007.
- Querol-Carceller, X., Alastuey-Urós, A., Castillo-Fernández, S., Alonso-Pérez, S., Cuevas-Agulló, E., and Rodríguez-González, S.: Impacto de las Emisiones Desérticas de Polvo Africano sobre la Calidad del Aire en España, Sociedad Española de Mineralogía, depósito legal: M-38920-2004, ISSN: 1885-7264, Macla 8, 22-27, 2008.
- Müller, F.: Las corrientes atmosféricas en Tenerife, trabajos esenciales del Observatorio del Instituto de Geofísica Tomo VIII, cuaderno 3, 20pp. Publicado por el Instituto de Geofísica de la Universidad de Leipzig. Editor L. Weickmann, 1936. (traducido por el Alférez Ayudante Ricardo Ortega Sagrista, 1944, disponible en la biblioteca de AEMET).
- Slivinski, L. C., and Coauthors: An Evaluation of the Performance of the Twentieth Century Reanalysis Version 3. *J. Climate*, 34, 1417–1438, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0505.1, 2021>.
- Sousa, P.M., Barriopedro, D., García-Herrera, R., Woollings, T., and Trigo, R.M.: A New Combined Detection Algorithm for Blocking and Subtropical Ridges. *J. Climate*, 34, 7735–7758, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0658.1, 2021>
- Suárez-Molina, D., Cuevas, E., Alonso-Pérez, S., Cana, L., Montero, G., and Oliver, A.: Dust events characterization from visibility, trends and Dust Adversity Index in the Canary Islands for the period 1980–2022, *Heliyon*, Volume 10, Issue 10, e31262, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31262, 2024>.

1863-02-07

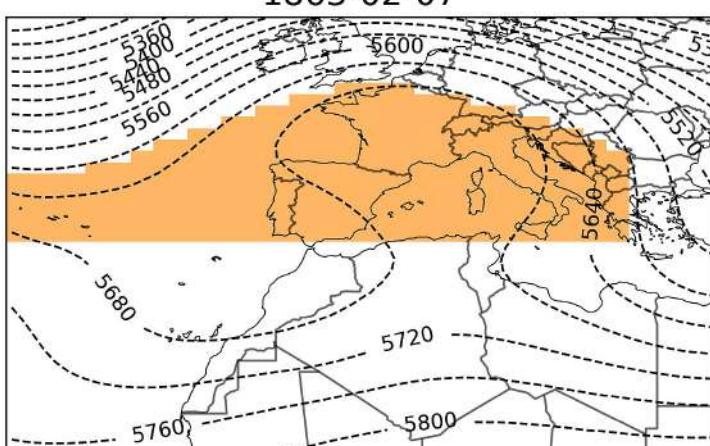


Figura 3. Campo de altura geopotencial en 500 hPa (líneas a trazos, en m) para los días 5, 6 y 7 de febrero de 1863 en el reanálisis 20CR. La región sombreada identifica la estructura de dorsal subtropical detectada por el algoritmo (se muestran únicamente las regiones al norte del cinturón subtropical, situado alrededor de 35°N).