

# Anomalías de la circulación en marzo de 2018 tras la ruptura del vórtice polar en febrero

JOSÉ MARÍA SÁNCHEZ LAULHÉ

Los grandes Calentamientos Repentinos de la Estratosfera (SSW) pueden dar lugar a grandes variaciones climáticas de escala mensual a trimestral, tanto en Europa como en el este de América del Norte. Tras un gran SSW es frecuente que la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) entre en una fase negativa, pudiendo producirse grandes variaciones climáticas que dejan a buena parte de Europa sometida a un invierno riguroso debido a un flujo del Este de origen siberiano, y a la península ibérica a temperaturas suaves y grandes precipitaciones en las cuencas de los grandes ríos atlánticos, todo debido a un anticiclón en latitudes altas sobre el Atlántico norte de bloqueo que desplaza los vientos del Oeste, la corriente en chorro de los niveles altos troposféricos y sus borrascas y frentes asociados hacia latitudes más bajas, formándose una única corriente en chorro zonal en el Atlántico subtropical en los casos más extremos. Sin embargo, los impactos de los SSW varían ampliamente, dependiendo de la evolución de la ruptura del vórtice polar, la intensidad del acoplamiento estratosfera-troposfera, y del estado climático de la estratosfera. Un evento reciente y extremo tuvo lugar en el invierno 2009-10 con efectos enormes en Europa que afectaron al transporte y a la demanda energética. En la España peninsular fue el invierno más lluvioso al menos desde 1965.

Las observaciones muestran que durante un SSW las grandes variaciones en la intensidad de la circulación estratosféricas aparecen primero a una altitud de unos 50 km, descienden a la estratosfera baja y posteriormente inducen cambios drásticos en la troposfera. Durante los 60 días posteriores al inicio de los acontecimientos, los mapas de presión medios en superficie se parecen mucho a los patrones negativos de la Oscilación Ártica y de la NAO.

En la figura 1 se puede observar las fuertes anomalías del viento en 250 hPa sobre el Atlántico norte para los días del 28 de febrero al 12 de marzo de 2018, que son efectos del gran SSW ocurrido sobre el día 10 de febrero, cuyas gráficas de temperatura y

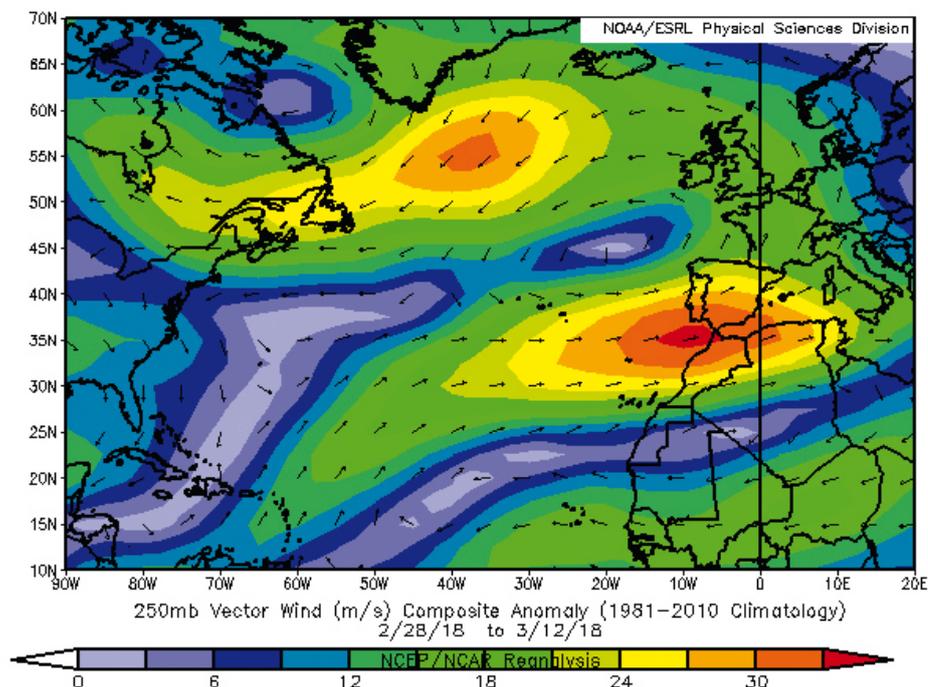
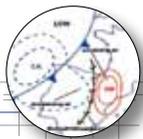


Figura 1. Anomalía del viento medio en 250 hPa (28 de febrero al 12 de marzo 2018)

viento en la estratosfera se pueden ver en la sección previa “Tras las de la Temperie”. Lo más significativo son un máximo de viento del Oeste, inmediatamente al oeste del Estrecho de Gibraltar, y otro máximo, al SE de la punta meridional de Groenlandia, inmerso en una circulación anómala del Este que desde el norte de Europa cruza la península del Labrador.

En el mapa de la figura 2, que muestra la circulación normal para estos días para el periodo de referencia 1981-2010, en el nivel de 250 hPa, se pueden observar las características propias de la circulación media del invierno, siendo una muy importante la discontinuidad en la corriente en chorro. En el invierno conviven dos corrientes en chorro separadas, una de carácter polar localizada a latitudes mayores de 30°, dentro de la célula de Ferrel, asociada a la senda o ruta habitual de las tempestades de las latitudes medias, que desde las costas de América del Norte se dirige a las islas Británicas, e impulsada por la convergencia de momento en las zonas frontales de las borrascas. Su señal en el mapa medio no es muy intensa por su comportamiento serpenteante debido a los retroefectos de las intensas borrascas sobre la propia corriente en chorro. La otra corriente en chorro situada más al sur (a unos 30° de latitud en promedio), adentrándose en África



al sur de las islas Canarias, y en el borde subtropical de la célula de Hadley en la alta troposfera tropical-subtropical (a unos 200 hPa), es relativamente persistente y es impulsada, en gran medida, por la advección del momento angular absoluto por la circulación meridional media de la célula, que es impulsada a su vez por la convección térmica y el enfriamiento radiativo en los trópicos. Este chorro subtropical tiene poca actividad ciclogénica y una situación geográfica mucho más fija, que hace que su intensidad media sea mayor.

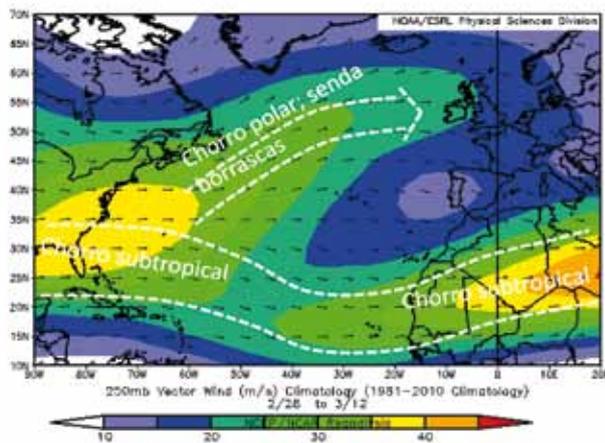


Figura 2. Viento medio en 250 hPa 28 de febrero al 12 de marzo 1981-2010

En la figura 3 se muestra el mismo campo que en la figura 2 y para los mismos días pero de este año, 2018. Se aprecia un cambio espectacular con respecto a las características normales, con un chorro único combinado zonal situado entre las latitudes 30° - 35° N, producto de la superposición de los dos chorros atlánticos, el polar y el subtropical. El chorro resultante es más intenso y hereda propiedades de ambos: del chorro polar, que lo asocia a la formación y dirección de las borrascas, y del subtropical, que le da estabilidad en su posición con el consiguiente menor desarrollo de los ciclones extratropicales o borrascas. En consecuencia el chorro único está asociado a una ruta de borrascas muy estacionaria que cruza la Península.

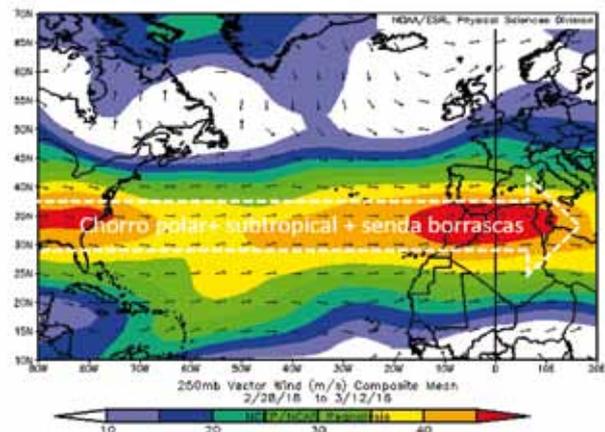


Figura 3. Viento medio en 250 hPa del 28 de febrero al 12 de marzo 2018

La interacción con el continente africano desvía hacia el norte el fuerte flujo en niveles bajos (figura 4), asociado al chorro, haciendo el viento progresivamente más paralelo al gradiente térmico y, en consecuencia, aumentando de forma notable la advección térmica cálida en las borrascas. Con frecuencia esta advección se acrecienta con el encuentro sobre la Península entre la masa marítima tropical y la masa muy fría y seca continental, una frontogénesis que intensifica las precipitaciones asociadas a los frentes cálidos.

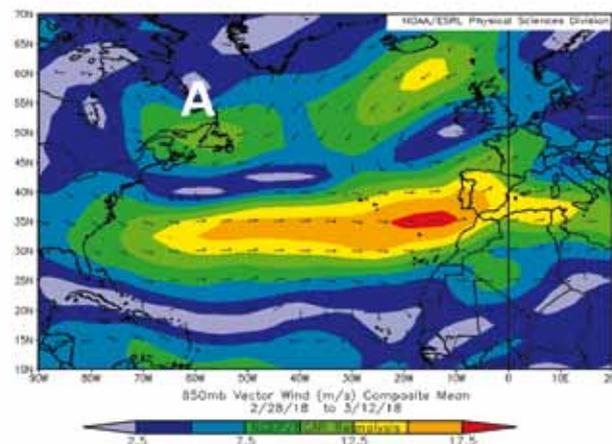
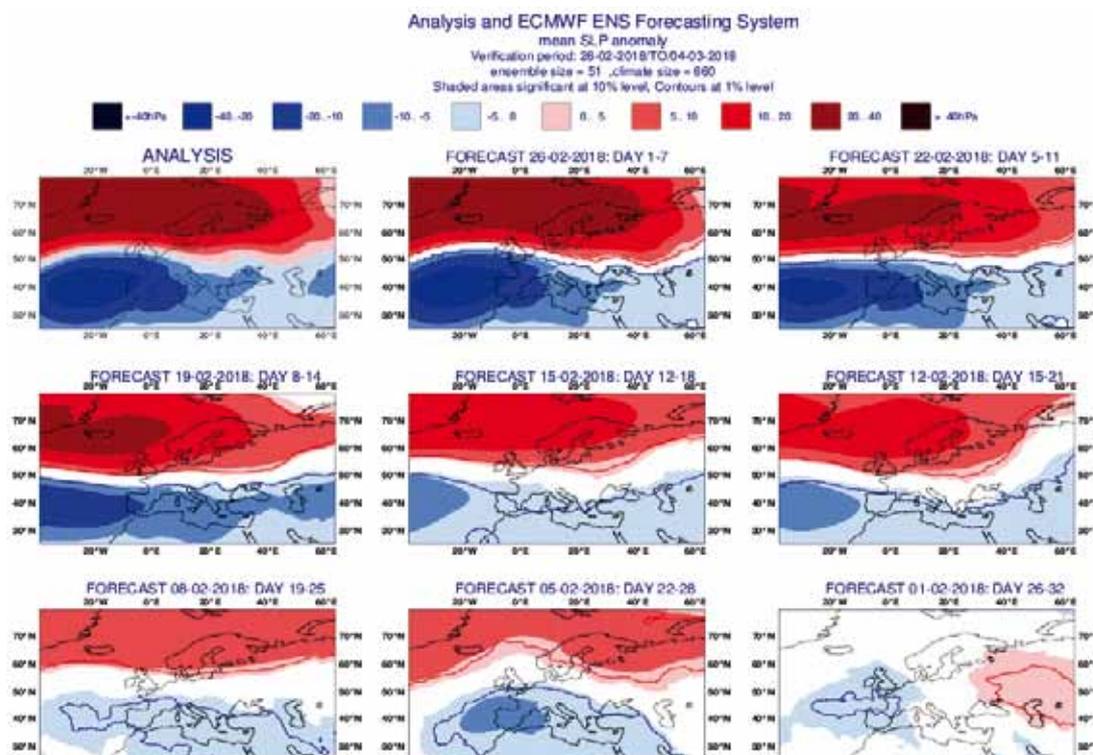


Figura 4. Viento medio en 850 hPa del 28 de febrero al 12 de marzo 2018

## Predecibilidad

El sistema de predicción mensual por conjuntos del ECMWF había previsto el estado de fase negativa de la NAO para la semana del 26 de febrero al 4 de marzo con un mes de antelación, como se muestra en las predicciones de anomalía de presión semanales relativas al clima del modelo de los últimos 20 años de la figura 5. El primer panel corresponde a las anomalías calculadas mediante el análisis operativo y el reanálisis del ECMWF para la semana 26 de febrero al 4 de marzo. Los otros paneles corresponden a los ocho pronósticos mensuales que comienzan con una semana de diferencia y se verifican en esa semana. El rango temporal de los pronósticos es de 1-7, 5-11, 8-14, 12-18, 15-21, 19-25, 22-28 y 26-32 días. De la figura se desprende una alta predecibilidad por la gran semejanza entre las anomalías previstas contra el análisis ECMWF y la consistencia entre los pronósticos mensuales de una semana a otra, si bien conforme el alcance temporal de la predicción es menor se acentúan en el Atlántico norte tanto la anomalía positiva de presiones en latitudes altas, donde se produce un alta de bloqueo, como la anomalía negativa en las latitudes de la Península, por donde se desvía la senda de las borrascas atlánticas, y consecuentemente la intensidad del viento del Este sobre la mayor parte de Europa, que conlleva una ola de frío "siberiana".

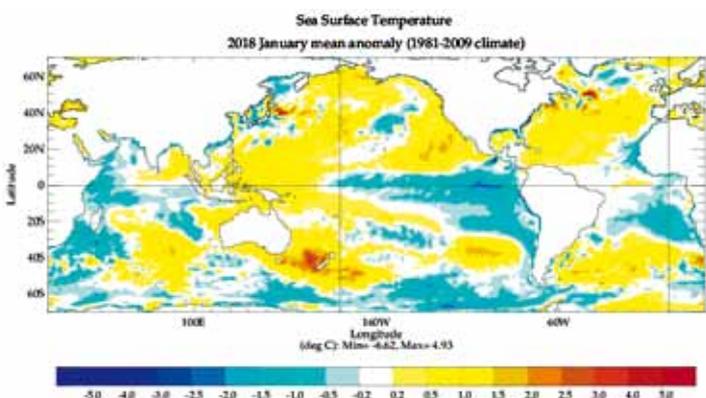
En principio la naturaleza caótica de la atmósfera impide predicciones del tiempo útiles de alcance superior a unas dos semanas, pero este límite se extiende en casos de condiciones de contorno con una variabilidad más predecible y más lentamente cambiante que la atmósfera. Así como las condiciones de cam-



**Figura 5.** Predicción semanal de la anomalía de presión para la semana del 26 de febrero al 4 de marzo de 2018 del sistema de predicción mensual por conjunto del ECMWF, resultado de las pasadas con referencia inicial 1, 5, 8, 12, 15, 19, 22 y 26 de febrero.

biantes de la temperatura de la superficie del océano Pacífico tropical debidas al fenómeno El Niño Oscilación Sur (ENSO) ofrecen la posibilidad de predicciones climáticas estacionales que muestran cierta destreza en buena parte del globo, la variabilidad lenta de la estratosfera ofrece la posibilidad de predicciones climáticas de escala mensual de éxito para las latitudes medias. Se ha demostrado que las predicciones por conjuntos realizadas justamente antes de la ocurrencia de un gran SSW en el invierno tienen una alta predecibilidad.

Hay casos de extrema extensión de la predecibilidad cuando en un invierno coexiste un gran SSW con una temperatura de la superficie del agua del mar en el Atlántico norte más alta de lo normal. En ese caso la troposfera queda rodeada de contornos de temperaturas altas, y como reacción a esos forzamientos térmicos se crearán preferentemente unas condiciones similares a las fases negativas de la AO y de la NAO (Kuroda, 2008<sup>11</sup>). Este parece ser el caso de este año, como se puede apreciar en el mapa medio de enero de la temperatura de la superficie del agua del mar (figura 6).



## La estratosfera y los modelos climáticos

Entre los modelos climáticos integrantes del tercer (CMIP3) y del quinto (CMIP5) Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados ha habido un cambio muy importante debido al aumento en el número de ellos con límite superior (techo) por encima de la estratopausa y al progreso general hacia una representación más realista de la estratosfera en los modelos. Solo 5 de los 23 modelos CMIP3 tenían el techo por encima de 1 hPa, mientras que en el archivo CMIP5, esta proporción ha aumentado a 15 modelos de 45, y muy pocos tienen techo en la mitad de la estratosfera media (10 hPa), por lo que es de suponer que han disminuido de forma importante los modelos que probablemente distorsionan de forma importante la dinámica estratosférica. Según Charlton-Pérez<sup>12</sup>, los modelos CMIP5 con techo bajo (límite superior con presión mayor que 1 hPa) simulan mal la variabilidad estratosférica siendo la frecuencia de las situaciones de grandes SSW que generan muy baja, menos de la mitad de la frecuencia con que se detectan por los reanálisis y los modelos con techo alto. La escasa variabilidad estratosférica en los modelos de techo bajo afecta a sus acoplamientos estratosfera troposfera, dando como resultados anomalías de corta duración de la Oscilación Ártica y de la NAO, que no producen los efectos troposféricos de larga duración que se observan. En consecuencia, dada la importancia de los SSW en la generación de situaciones de grandes precipitaciones en la Península, las proyecciones de variaciones de la precipitación con el cambio climático del conjunto de los modelos del CMIP5 no pueden generar gran confianza.

**Figura 6.** Anomalía media de la temperatura superficial del agua del mar durante enero de 2018. Fuente ECMWF.

<sup>11</sup>Sánchez-Laulhé J.M., 2017: Las corrientes en chorro sobre el Atlántico norte en el invierno 2009-2010. *Tiempo y Clima*. Vol 4; Num 58

<sup>12</sup>Kuroda Y., 2008: Role of the stratosphere on the predictability of medium-range weather forecast: A case study of winter 2003–2004. *Geophys. Res. Lett.* 35: L19701.

<sup>13</sup>Charlton-Perez, A. J., et al., 2013: On the lack of stratospheric dynamical variability in low-top versions of the CMIP5 models. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, 2494–2505, doi:10.1002/jgrd.50125.