

El impacto del calentamiento repentino de la estratosfera en el invierno 2018-19

JOSÉ MARÍA SÁNCHEZ-LAULHÉ

En conjunto el trimestre invernal (DEF) en España fue cálido y seco, con diciembre cálido próximo a muy cálido y muy seco, enero térmicamente normal o algo frío y normal en cuanto a precipitaciones, (debido a las abundantes precipitaciones en la cornisa cantábrica, pues en buena parte de la Península el mes fue seco), y febrero cálido y muy seco.

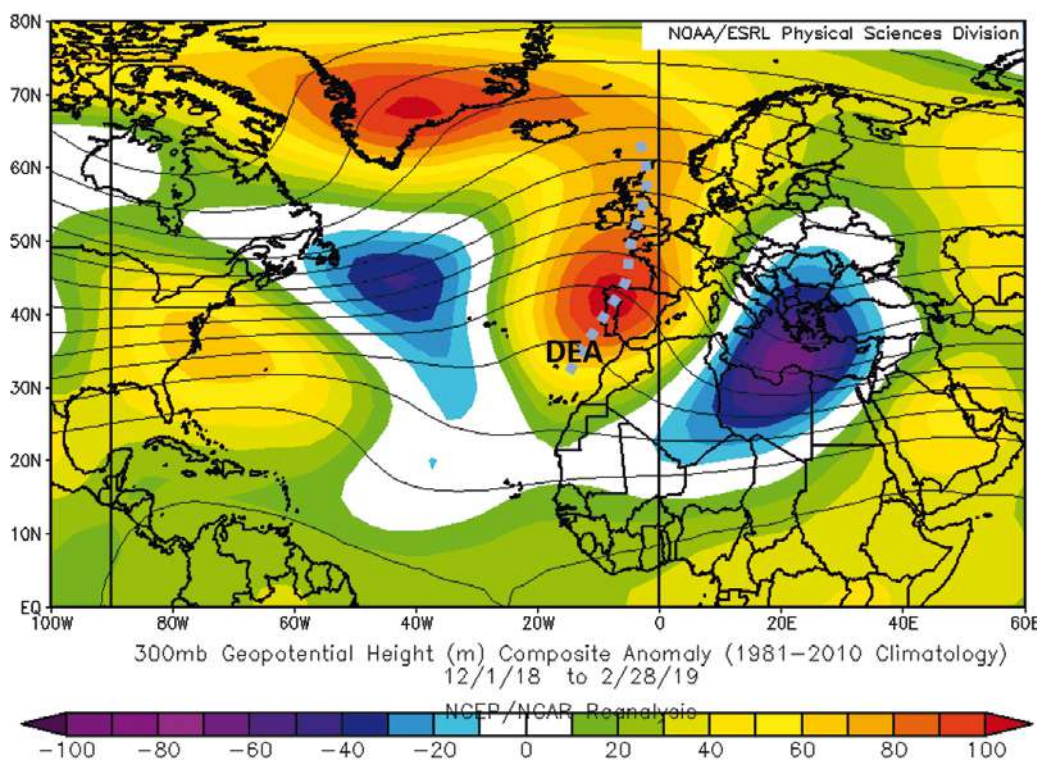


Figura 1. Valor medio y anomalía media de la altura del geopotencial en 300 hPa en el invierno 2018-19



Figura 2. Madrid desde el puerto de la Morcuera el 6 de diciembre pasado de 2018, a las 13:00 h, por José Ángel Arias Tomás

Estas características climatológicas son las que se esperan del campo medio de la altura del geopotencial en 300 hPa del invierno que muestra una *Dorsal del Este del Atlántico norte* (DEA en la figura 1) más intensa de lo normal, resaltada como anomalía (en colores) fuertemente positiva centrada en el NO de la Península, que es indicativa del predominio de circulación anticiclónica, temperaturas altas a todos los niveles y estabilidad termodinámica en el invierno. Consecuencia de la estabilidad fueron la situación de niebla, como la que se presenta en “La imagen del invierno”, o la de bruma o calima en la ciudad de Madrid, provocada por los aerosoles apresados bajo la inversión de subsidencia, que se aprecia en la fotografía de la figura 2.

El régimen de tiempo de la fase negativa de la Oscilación del Atlántico Norte, NAO-, que produce importantes precipitaciones en invierno en la mayor parte de la Península y Canarias por el desplazamiento hacia el ecuador de la corriente en chorro polar que está ligado a la senda de las tempestades o borrascas extratropicales, tuvo una frecuencia invernal muy baja, solo alcanzando el índice diario NAO valores próximos a -1 al principio de enero (figura 3).

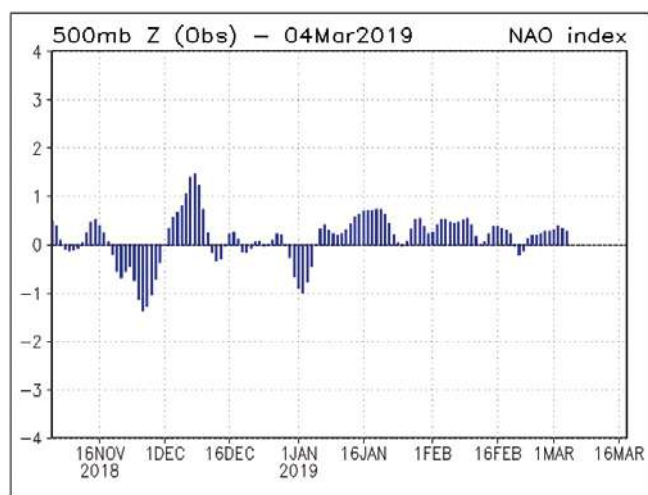


Figura 3. Índice NAO Fuente: NOAA/ Climate Prediction Center

Naturalmente no ha faltado variabilidad a lo largo del invierno, y así en enero las temperaturas fueron normales y las precipitaciones, aunque por debajo de lo normal, fueron bastante más abundantes que en diciembre y febrero, especialmente en el norte de la Península.

Durante el mes de febrero la anomalía positiva de geopotenciales se trasladó hacia el noreste, quedando centrada en la parte final del mes en Alemania (una situación que corresponde al patrón del régimen de tiempo de bloqueo) pero manteniendo bajo su influencia a la península ibérica. Según se puede ver en el mapa de anomalías medias de geopotenciales y temperaturas en 850 hPa del 15 al 28 de febrero (Figura 4), en el norte de la Península las anomalías de temperatura fueron mayores, y las anomalías de geopotenciales indicaban una mayor componente sur del viento. La consecuencia fue que se batieron numerosos récords de temperaturas máximas en esta parte peninsular.

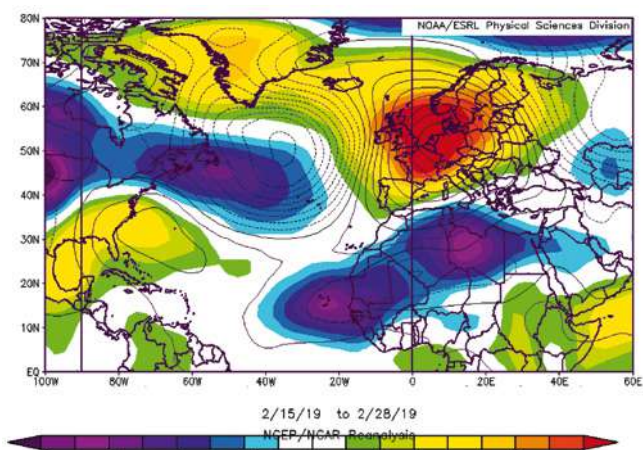


Figura 4. Anomalías medias de geopotencial (contornos) febrero de 2019 y de temperatura en 850 hPa para el periodo 15-28 de febrero

Influencia del vórtice polar estratosférico

La variabilidad climática en latitudes medias del hemisferio norte en invierno está muy ligada al comportamiento del vórtice polar estratosférico, principalmente cuando éste es muy débil. Especialmente notables son las consecuencias en la troposfera de los calentamientos repentinos estratosféricos (CRE), en los que, en unos pocos días, el vórtice polar estratosférico se calienta enormemente y sus intensos vientos del

oeste se debilitan y cambian su dirección de giro. La influencia de los CRE en la circulación troposférica bajo el vórtice polar es grande y puede durar hasta dos meses desde el inicio del fenómeno. En particular, los episodios persistentes de NAO negativa en invierno son precedidos de CRE, que además de generar abundantes precipitaciones en la cuenca atlántica de la Península, producen invasiones de aire frío y bloqueos de la circulación de “oestes” en Europa central y del norte.

Sin embargo, el impacto en la troposfera de los CRE varía considerablemente de un episodio a otro, como se ha puesto en evidencia en las consecuencias sobre la Península del CRE de febrero de 2018¹ (con abundantes precipitaciones en marzo y abril) y las del CRE de final de diciembre de 2018 (seco o muy seco). No todos los CRE causan un impacto significativo de larga duración en la troposfera. Algunos CRE incluso no muestran un impacto visible en la troposfera, lo que ha llevado a que se distinga entre *CRE con propagación descendente* y *CRE sin propagación descendente*.

Una serie de estudios clasifican los CRE en *absorbentes* y *reflectantes*. En los CRE *absorbentes*, las ondas planetarias que inician el calentamiento estratosférico, desplazándose verticalmente desde la superficie terrestre, son absorbidas en la estratosfera, desacelerando e invirtiendo los oestes, situando la Oscilación Ártica (OA) en la estratosfera en fase negativa, y calentando bruscamente la estratosfera por movimientos adiabáticos descendentes en la estratosfera. Se considera que por influencia de la estratosfera, y con cierto retraso, la OA de la troposfera también se sitúa en fase negativa, y el sector Atlántico norte/Europa en fase negativa de la NAO.

Los CRE *reflectantes* están caracterizados por pulsos menos duraderos de ondas planetarias que se desplazan hacia la estratosfera, y que posteriormente son reflejados de vuelta a la troposfera. Estos casos de CRE son de menor duración que los CRE *absorbentes*. Es conocido que en situaciones con presencia de un vórtice polar suficientemente intenso, las ondas ascendentes pueden ser reflejadas hacia abajo perturbando de forma importante las ondas planetarias troposféricas. La energía troposférica emitida a la estratosfera vuelve a la troposfera aumentando la amplitud de las ondas planetarias.

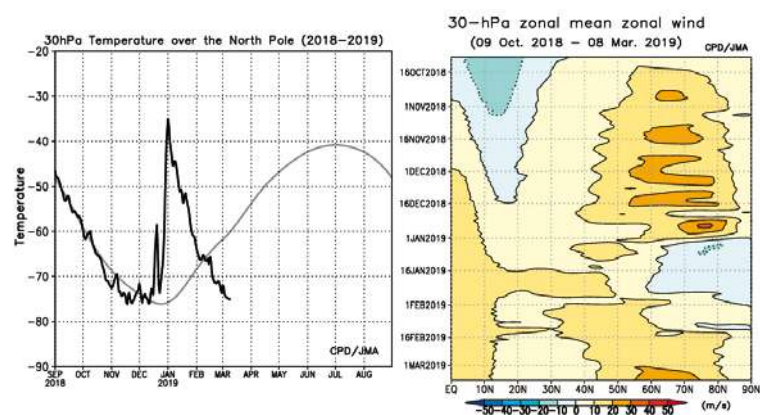


Figura 5. Izquierda: temperatura sobre el polo (trazo negro) y temperatura media 1981-2010 (trazo gris), a 30 hPa; Derecha: viento medio zonal en 30 hPa. Fuente: de la página web de Japan Meteorological Agency

¹ Sánchez-Laulhé JM, Lara M. (2018) Calentamiento estratosférico repentino del 10 de febrero de 2018. *Tiempo y Clima* 5(60): 12-14



El CRE del invierno de 2018-19

A finales de diciembre de 2018 se produjo un episodio de gran CRE, en el que la temperatura sobre el polo norte subió unos 38 °C y los vientos oestes giraron a estes desde 60° N hasta el polo (figura 5).

La evolución de las capas bajas de la estratosfera y de la troposfera durante el CRE se puede seguir en los campos medios quincenales de altura del geopotencial de 100 hPa (Z100) y 500 hPa (Z500) respectivamente, y sus anomalías, desde mitad de diciembre hasta finales de enero (Figura 6). En Z100 se observa que una anomalía positiva de geopotencial se va adueñando del polo, señal del calentamiento, mientras que anomalías negativas predominan sobre las latitudes medias. Esta disposición de las anomalías es indicativa de la fase negativa de la OA en la estratosfera. Sin embargo esta fase negativa de la OA no aparece de forma clara en la troposfera. En el Atlántico, del 1 al 15 de enero, el patrón de las anomalías en 500 hPa es el de bloqueo, con anomalías positivas Z500 situadas al norte de las anomalías negativas que se extienden desde latitudes medias en el Atlántico norte occidental hasta los subtropicos en el Atlántico norte subtropical. El bloqueo se habría producido por la intensificación y ruptura anticiclónica de la onda de Rossby del Atlántico norte, formada por la vaguada con eje en el centro y la dorsal del este de la cuenca (Figura 6d). El resultado es el dominio en la primera parte de enero del *régimen de tiempo de dorsal atlántica*,

asociado a precipitaciones abundantes en la costa cantábrica y a frío en la Península. En el resto del mes las anomalías Z500 indican un predominio de la fase positiva de la NAO.

La amplificación de las ondas planetarias durante un CRE la explican Kodera et al. 2016² por la reflexión hacia abajo de pulsos de ondas de Rossby que previamente habrían alcanzado la estratosfera. En base a esto se puede hacer la hipótesis de que el CRE de enero tuvo un comportamiento *reflectante*, que habría impedido la aparición de un régimen de NAO negativa persistente. El rebote de la energía hacia la troposfera detendría rápidamente el calentamiento de la estratosfera, lo que es congruente con la rápida disminución de temperatura sobre el polo a 30 hPa.

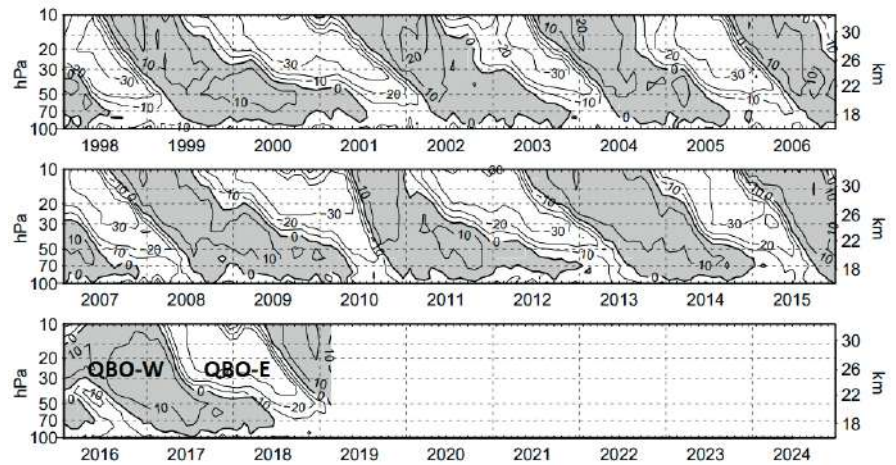


Figura 7. Sección tiempo-altitud de los vientos zonales medios mensuales (m/s) en el ecuador. Intervalo de contorneo: 10 m/s; los vientos oestes están sombreados. Fuente: Institut für Meteorologie, Freie Universität Berlin <https://www.geo.fu-berlin.de/en/met/ag/strat/produkte/qbo/index.html>

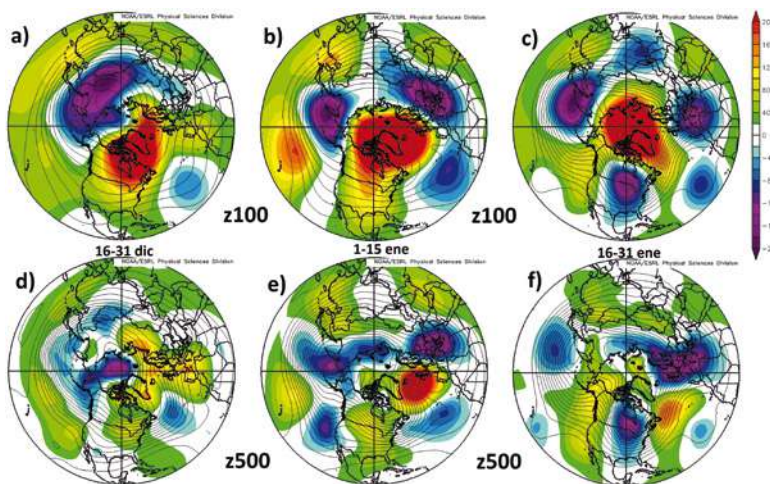


Figura 6. Campos medios (contornos) y anomalías de la altura del geopotencial (zonas coloreadas), quincenales, en 100 hPa (arriba) y en 500 hPa (abajo)

Una serie de estudios ligan los CRE reflectantes a la presencia de un flujo estratosférico suficientemente fuerte. Kretschmer et al. (2018)³ encontraron que un alto porcentaje de los casos de CRE reflectantes ocurrían durante la fase oeste (W) de la Oscilación Casi Biental⁴ (QBO-W), que está ligada al fortalecimiento del vórtice polar. Como se observa en el gráfico de la figura 7, obtenido por la Universidad Libre de Berlín, la QBO entró en fase oeste (en la estratosfera media, a unos 30 hPa) a finales de 2018.

En resumen, la diferente influencia en la troposfera del CRE de febrero de 2018 respecto al de diciembre-enero de este invierno 2018-19, se puede achacar a que el primer evento fue de tipo absorbente, mientras que el segundo fue de tipo reflectante, y esta diferencia puede atribuirse a la existencia de un vórtice polar más intenso en el presente invierno, probablemente debido al cambio de fase de la QBO: Una QBO-E (fase del este) en el invierno 2017-18; una QBO-W (fase oeste) en el invierno 2018-19.

² Kodera K, et al (2016) Absorbing and reflecting sudden stratospheric warming events and their relationship with tropospheric circulation. J Geophys Res Atmos 121:80-94. <https://doi.org/10.1002/2015JD023359>

³ Kretschmer M, et al (2018) The different stratospheric influence on cold-extremes in Eurasia and North America. npj Climate and Atmospheric Science. <https://doi.org/10.1038/s41612-018-0054-4>

⁴ Rodríguez E (2016) La Oscilación Casi Biental. Tiempo y Clima. 5(54): 62-63, <http://hdl.handle.net/20.500.11765/10006>