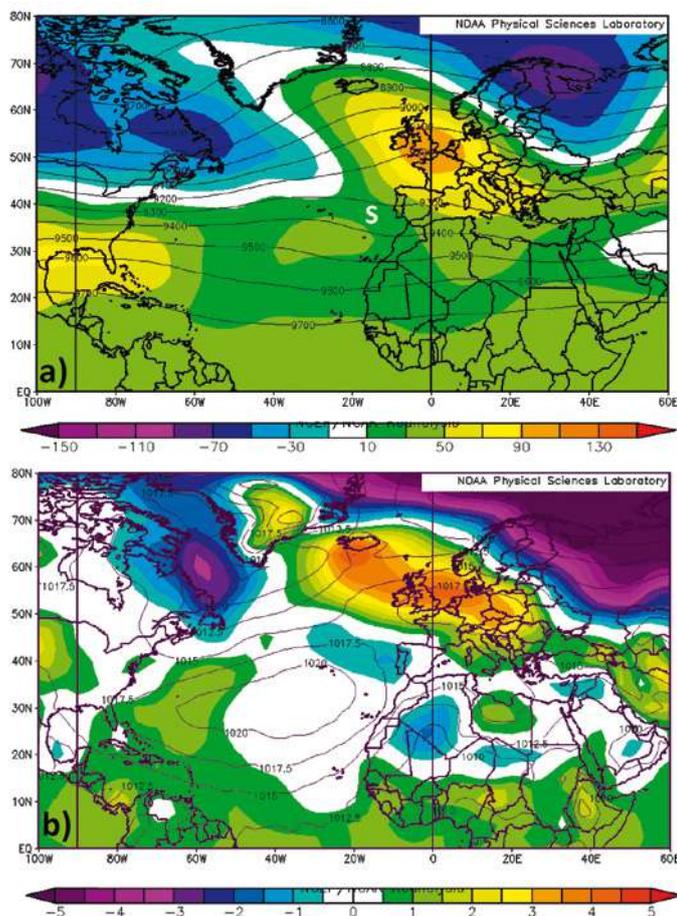


Primavera de 2020: Extraordinario bloqueo en Europa

JOSÉ MARÍA SÁNCHEZ-LAULHÉ

Figura 1. Mapas promedio para la primavera de: a) la altura del geopotencial en 300 hPa (líneas) y sus anomalías (color) en m; b) presión a nivel del mar (líneas) y sus anomalías (color) en hPa. Fuente NOAA



Como se observa en la figura 1, que muestra para el sector Atlántico Norte-Europa (ANE), el campo medio de altura de geopotencial en 300 hPa (Z300) y sus anomalías, y el campo medio de la presión a nivel del mar (PNM) y sus anomalías para la primavera de 2020, la circulación media atmosférica se caracterizó en esta estación por el bloqueo de los oeste en Europa debido a la presencia en Europa occidental y lati-

tudes altas del Atlántico Norte oriental de una dorsal más intensa de lo normal. Los regímenes de tiempo predominantes fueron el Bloqueo Europeo o Escandinavo y el de Dorsal Atlántica (figura 2) según las asignaciones realizadas por el producto experimental del ECMWF sobre regímenes de tiempo¹.

Descripción de los niveles altos y superficie en el sector ANE y noroeste de África

En 300 hPa (figura 1a) se observa, una amplificación de la dorsal y de las vaguadas climatológicas casi estacionarias de la primavera del sector ANE en latitudes más altas de 60 °N: la dorsal del noreste del Atlántico Norte y las vaguadas del este de Norteamérica y del este de Europa. La anomalía positiva de la dorsal se extendía desde Europa hasta Groenlandia, con un máximo centrado en el Canal de la Mancha. La anomalía negativa sobre Canadá se estiraba sobre el Atlántico hacia el sudeste hasta el norte de las Azores, y se prolongaba hasta el sudoeste de la Península como un surco de anomalía mínima relativa de Z300 (S en figura 1a).

En el campo de PNM (figura 1b), consecuente con la barotropía en las circulaciones de baja frecuencia en las latitudes extratropicales, se observa una anomalía positiva principal que se extendía por Europa central hasta Groenlandia cruzando las islas británicas e Islandia, y unas anomalías negativas principales que afectaron al mar del Labrador y al norte de Escandinavia y Rusia. Además, había anomalías negativas en el oeste de la Península y al noroeste de África, donde hay una baja térmica (o de calor) profunda para la primavera. La península ibérica se encontraba en una zona de bajo gradiente de presión, entre dos anticiclones, el centroeuropeo y el subtropical oceánico, y entre dos zonas de bajas presiones, la baja del sur de Groenlandia y la vaguada inversa de carácter térmico del nordeste de África que se estira hacia el polo la baja térmica.

La baja térmica de África occidental es la respuesta térmica de la troposfera inferior al calentamiento superficial. En verano, esta baja presión se encuentra sobre el Sahara y, por lo que se denomina baja térmica sahariana (BTS). La BTS se ha identificado como un componente importante del sistema monzónico de África occidental (MAO) en primavera y verano (Lavaysse et al., 2015)² y un impulsor de la precipitación sobre el Sahel. En la troposfera inferior, la circulación ciclónica generada por una BTS intensa tiende a reforzar el flujo del monzón del sudoeste a lo largo de su flanco oriental y el flujo de Harmattan del noreste a lo largo del flanco occidental.

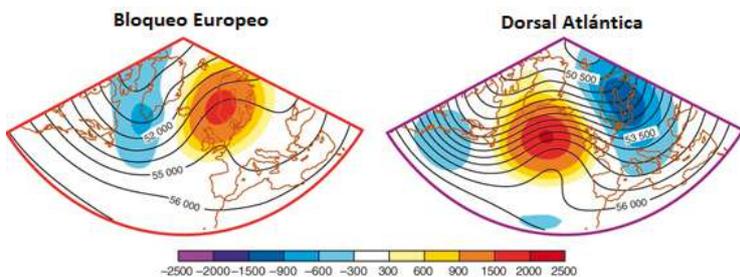


Figura 2. Patrones geográficos de los regímenes de tiempo euroatlánticos Bloqueo Europeo y Dorsal Atlántica. Se muestran las anomalías geopotenciales (sombreado de color) y geopotencial (contornos) en 500 hPa (Ferranti et al, 2015)

¹ <https://confluence.ecmwf.int/display/FCST/Weather+regimes+extended+range+forecasts>

² Lavaysse, C., Flamant, C., Evan, A. et al. Recent climatological trend of the Saharan heat low and its impact on the West African climate. *Clim Dyn* 47, 3479–3498 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2847-z>

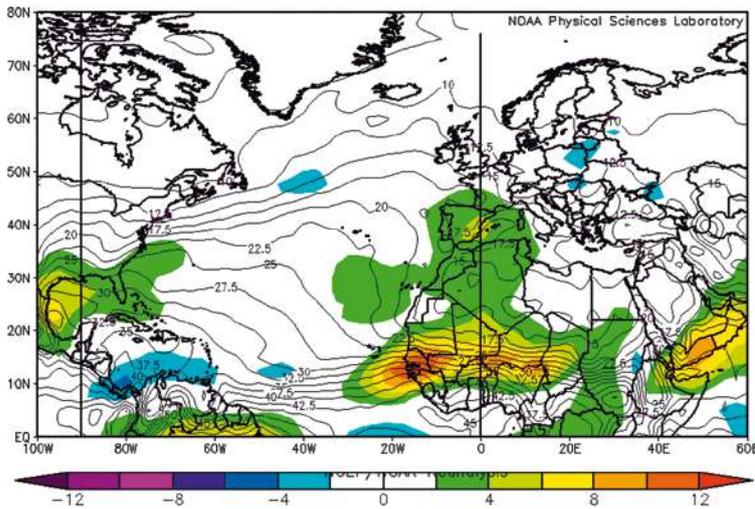
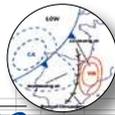
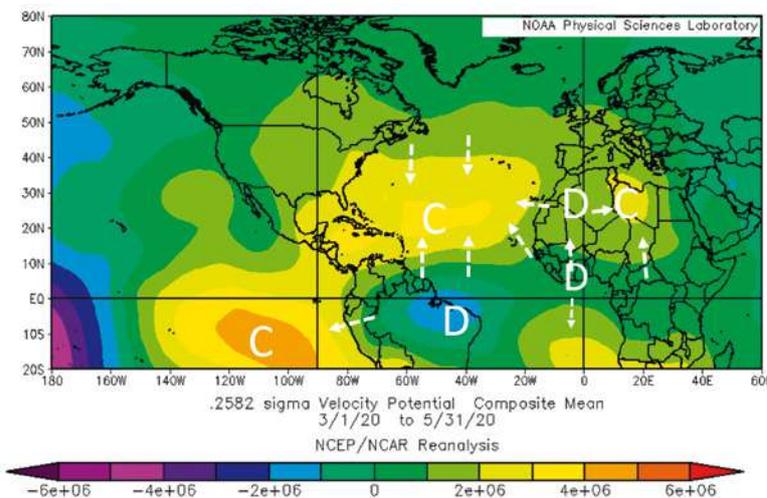


Figura 3 Mapas promedio para la primavera del agua precipitable en la columna atmosférica (líneas) y sus anomalías (color) en mm. Fuente: NOAA/ESRL



En la figura 3 se muestra una zona de anomalía positiva de agua precipitable en la columna atmosférica en la primavera que desde el Sahel (ver recuadro) se extendía hasta la Península, con un máximo sobre el este de España. La fuerte anomalía de agua precipitable en el Sahel se debe a una precipitación convectiva anómala en la primavera que está correlacionada con la presencia de una baja de térmica anómala sobre el Sahara. Y en la figura 4 se presenta el campo de potencial de velocidades en niveles altos de la troposfera. Los mínimos relativos del potencial de velocidades en estos niveles indican zonas de movimientos ascendentes (o zonas de divergencia de viento, D) mientras que los máximos relativos indican movimientos descendentes (o zonas de convergencia de viento, C). Como se puede observar, la zona de anomalía de agua precipitable del noroeste de África y la Península coincide con una zona de ascendencia a gran escala y parece tener su origen el Sahel reforzado en su parte norte por la convección del este peninsular.

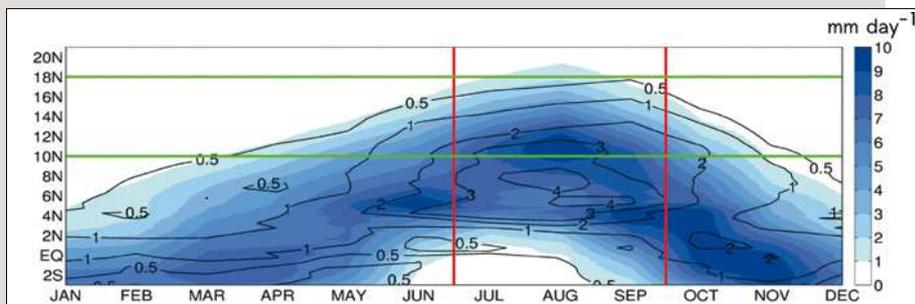
Las anomalías de temperatura y precipitación y la circulación

Debido a la desviación de las borrascas atlánticas por el bloqueo, la primavera fue más seca que el promedio en gran parte de Europa, incluyendo Irlanda y el Reino Unido³, gran parte de Francia, la mayor parte de Europa central, la región alrededor del sur del mar Báltico y la mayor parte de Europa del este (Figura 5). En todas estas regiones, la humedad del suelo y la humedad relativa estuvieron muy por debajo del

Figura 4. Promedios para la primavera del potencial de velocidades ($m^2 s^{-1}$) en la superficie sigma 0.258. C y D son zonas de convergencia y de divergencia de viento. Las flechas blancas a trazos representan esquemáticamente al viento divergente y son perpendiculares a las isolíneas de potencial de velocidad y dirigidas hacia los valores más altos del potencial de velocidades.

El Sahel

El Sahel es la región de transición semiárida entre el desierto del Sahara al norte y las sabanas húmedas al sur. Se extiende por el norte de África tropical desde Senegal hasta Níger (10° - 18° N, 15° O - 15° E). El monzón de África occidental caracteriza el ciclo hidrológico en esta región, impulsado por un desplazamiento sur-norte-sur de la zona de convergencia intertropical (ZCIT), una banda de nubes convectivas profundas en los trópicos, que define la región de máxima precipitación. En promedio, la ZCIT sobre África Occidental cambia abruptamente de la costa de Guinea (4° - 6° N) a aproximadamente 10° - 12° N a fines de junio, determinando el pico de precipitación en el Sahel durante julio-septiembre, en el cual la variabilidad de la precipitación también es máxima. La variabilidad de baja frecuencia de las precipitaciones en el Sahel varía de escalas de tiempo interanuales a décadas, con períodos de



Ciclo estacional de lluvias del Sahel. Diagrama latitud-tiempo de las cantidades de lluvia promediadas longitudinalmente (15° O - 15° E) (sombreadas) y su desviación estándar (contornos). Las líneas horizontales verdes continúan indican el dominio latitudinal del Sahel (10° - 18° N) (Suárez-Moreno et al, 2018).

fluctuaciones abruptas de año a año y décadas de tendencias pronunciadas hacia condiciones de sequía o húmedas. Aparte de la ZCIT, las principales características de circulación asociadas con la variabilidad de la lluvia saheliana en las escalas de tiempo interanual y decadal son la baja de térmica del Sahara, el chorro del este africano

(AEJ), el chorro tropical del este, y los chorros del oeste de bajo nivel sobre el Atlántico. Suárez-Moreno, R., B. Rodríguez-Fonseca, J. A. Barroso, and A. H. Fink, 2018: Interdecadal Changes in the Leading Ocean Forcing of Sahelian Rainfall Interannual Variability: Atmospheric Dynamics and Role of Multidecadal SST Background. *J. Climate*, 31, 6687-6710.

³ Ha sido la primavera más soleada del Reino Unido de su serie histórica que comienza en 1929, con más horas de sol que la mayoría de sus veranos. Solo los veranos de 1955, 1976 y 1989 tuvieron más horas de sol.

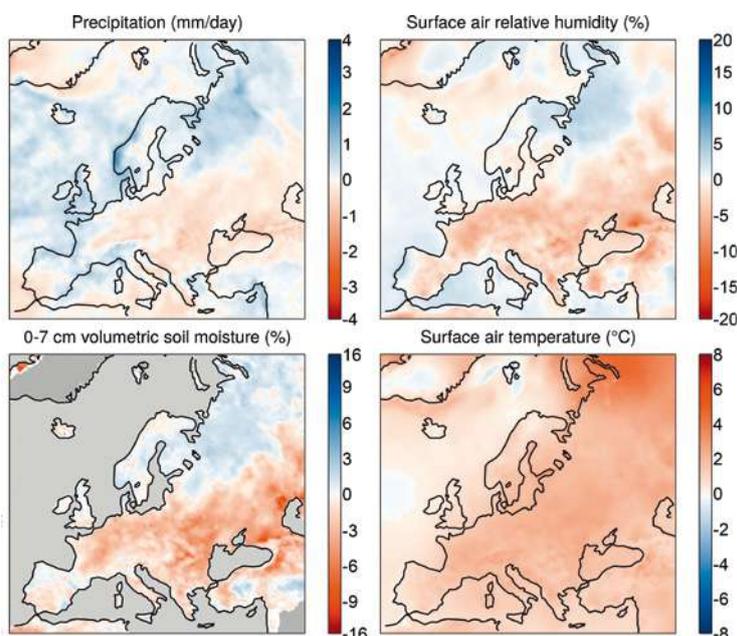


Figura 5. Anomalías para la primavera de: la precipitación media diaria, la humedad relativa del aire en superficie, la humedad del suelo y la de temperatura media diaria del aire en superficie. Fuente de datos: ERA 5. Crédito: Copernicus Climate Change Service/ECMWF

promedio, especialmente en una banda latitudinal que se extiende desde el Reino Unido hasta el mar Caspio. La precipitación fue por encima de lo normal en las regiones marginales del bloqueo: la península Ibérica, partes de Grecia, Escandinavia y Rusia europea.

La primavera en España (ver Crónica del Tiempo en este número de *TyC*) tuvo un carácter muy cálido (especialmente altas fueron las temperaturas mínimas), con zonas extremadamente cálidas en la mitad norte de la Península. En cuanto a precipitaciones fue muy húmeda, con marzo y abril muy húmedos, y mayo normal (en abril y mayo abundaron las tormentas). El surco S en el campo de anomalías de alturas de geopotenciales del oeste de la Península (figura 1a) indica la senda de ciclones atlánticos (mayoritariamente danas) de esta primavera hacia latitudes bajas a causa del bloqueo. La anomalía positiva del campo de agua precipitable que cubría la Península podría ser debido a las precipitaciones abundantes que trajeron las perturbaciones ciclónicas y el pantano barométrico reinante en niveles bajos que podría tener un efecto acumulativo y un retroefecto positivo a su vez sobre la precipitación de las bandas precipitantes siguientes. La anomalía del agua precipitable del noroeste de África podría haber tenido una influencia positiva sobre la precipitación sobre la Península, por lo que el MAO pudiera haber tenido influencia sobre las lluvias peninsulares (interacción tropical-extra-tropical). Así mismo dicho moznón podrá haber influido en los récords históricos de valores bajos de horas de sol en España descritos por Núñez en este número de *TyC*.

La humedad suelo y el bloqueo europeo

El patrón meteorológico de la primavera en Eurasia recuerda a los de los veranos recientes, con dorsales acompañadas

de temperaturas superiores a lo normal en Europa y en Asia central y oriental, y entre ellas una vaguada con temperaturas más normales en Asia occidental⁴. Este patrón se debe a interacciones suelo-atmósfera causado por la humedad contenida en la tierra. Sobre los suelos secos la mayoría del desequilibrio radiativo en la superficie terrestre se transforma en calor sensible, en subir la temperatura del aire, formando anomalías positivas de altura del geopotencial (dorsales), mientras que sobre suelos húmedos buena parte se transforma en calor latente y posiblemente en formación de nubosidad y precipitación, tendiendo a formar en la atmósfera de encima vaguadas o anomalías negativas de geopotencial.

La persistencia de un vórtice polar estratosférico (VPE) fuerte y del régimen NAO+ intenso en enero y febrero hizo que al inicio de la primavera la extensión de la capa de nieve euroasiática haya sido la más pequeña en el registro, tras las de 2002 y 1995. En particular la nieve estuvo por debajo de la media en casi toda Europa y partes de sudoeste de Asia. La falta de nieve, el déficit de precipitaciones y la altas temperaturas en el invierno en el área de Eurasia que rodea a los mares Negro y Caspio (un punto caliente, *hot spot*, de la interacción suelo-atmósfera) hizo que en esta zona los suelos estuvieran muy secos al final del invierno. El debilitamiento del VPE en la primavera, puede haber dado paso al protagonismo de los retroefectos positivos suelo atmósfera primero en este área y luego en la mayor parte de Europa para inducir cambios en las ondas de gran escala la circulación que dieron lugar al patrón de bloqueo de la primavera, que extendieron las condiciones secas y anticiclónicas a la mayoría de Europa.

Condiciones para realimentación suelo-atmósfera

La superficie terrestre responde a anomalías sostenidas (persistentes) en la atmósfera en escalas de tiempo subestacionales a estacionales (S2S) y en cualquier momento y lugar en que se cumplan tres condiciones específicas, la cadena de procesos para las retroalimentaciones entre tierra y la atmósfera puede amplificar y mantener las anomalías ofreciendo una ventana de oportunidades para aumentar la predecibilidad a escalas S2S. La primera condición es la sensibilidad de la atmósfera a las variaciones del estado de la superficie terrestre mediante cambios en los flujos superficiales (una medida de esta sensibilidad es la correlación entre la humedad del suelo y las anomalías de evaporación); la segunda es una suficiente magnitud de variabilidad en los estados de la superficie terrestre para generar una respuesta atmosférica significativa. Estas dos primeras condiciones están vigentes en las llamadas regiones de "puntos calientes" de acoplamiento suelo-atmósfera, como las Grandes Llanuras de América del Norte, el Sahel de África, las latitudes medias de Eurasia, la cuenca del río Indo, gran parte de Australia, África meridional y La Pampa de América del Sur. La tercera condición necesaria es la memoria o la persistencia de anomalías en la superficie de la tierra. La memoria tiende a ser mayor en las regiones áridas (ver por ejemplo, Mariotti et al. 2020).

Mariotti, A., and Coauthors, 2020: Windows of Opportunity for Skillful Forecasts Subseasonal to Seasonal and Beyond. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 101, E608–E625, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0326.1>.

⁴ Sánchez-Laulhé JM (2019). La amplificación ártica y el verano 2019. *Tiempo y Clima*. 5, 66