

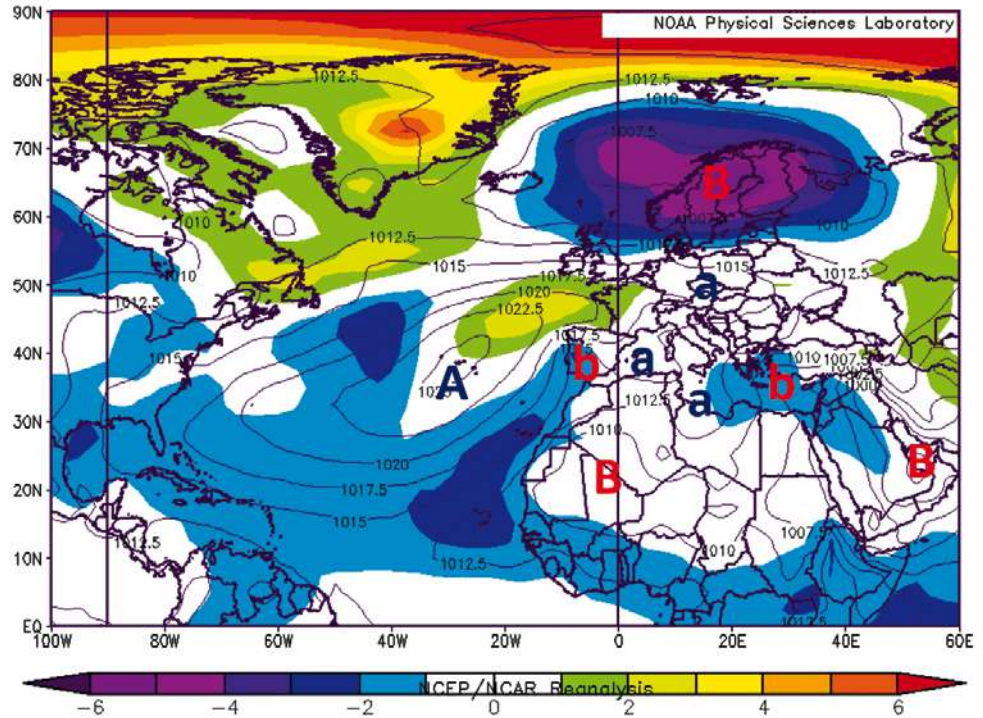


# El monzón y el clima de España en julio de 2020

JOSÉ MARÍA SÁNCHEZ-LAULHÉ

El mes de julio de 2020 ha sido en la España peninsular el tercer julio más cálido en 56 años de registro, siendo extremadamente cálido en amplias zonas del sur. También fue extremadamente cálido en el noroeste de África, incluyendo las zonas altas de las islas Canarias (ver Crónica del Tiempo en este número de TyC).

Figura 1. Mapa promedio para julio de 2020 de la presión a nivel del mar (líneas) y sus anomalías (color) en hPa. Fuente NOAA



Nos centraremos en el artículo en dos anomalías climáticas que probablemente contribuyeron de forma importante a la anomalía mensual de temperatura. La primera, de niveles bajos, es la alta frecuencia de los vientos de levante en la Península. La segunda, de niveles altos, es la presencia de una anomalía positiva de temperatura en niveles altos de la troposfera.

## Los vientos de levante

La persistencia del levante en julio se explica en el mapa de presión media a nivel del mar de la figura 1, donde se observa: una lengua de anomalía negativa de presiones que se extendía desde las islas de Cabo Verde hasta el sudoeste de la Península, donde se correspondía con una vaguada invertida de presiones asimétrica; una anomalía positiva de presiones que se extendía desde las islas Azores hasta el oeste de Francia, que junto a la vaguada invertida determinaban un intenso gradiente de presiones dirigido hacia el polo en el noroeste de la Península; y una dorsal de altas presiones que se extendía por el Mediterráneo occidental afectando al NE de la Península. Este campo de presiones y la disposición de las cadenas orográficas impedían la ventilación marítima atlántica que modera las temperaturas de la mayor parte de la Península en verano.

Las rosas de frecuencia e intensidad del viento de la estación meteorológica de Tarifa muestran la preponderancia del

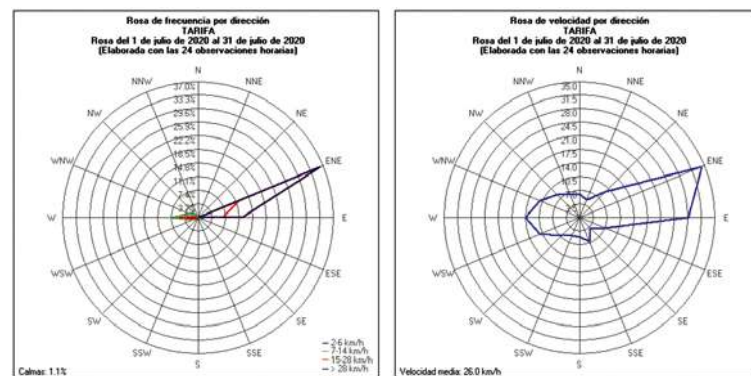


Figura 2. Rosas de dirección y velocidad del viento para el mes de julio de 2020 en la estación de Tarifa de AEMET

flujo de levante en el Estrecho de Gibraltar en el mes de julio (figura 2). Dado que en el Estrecho en verano los vientos de levante son mucho más intensos que los de poniente, el recorrido del viento mensual puede servir para caracterizar la variabilidad interanual del viento de levante. El de 2020 es el mes de julio de mayor recorrido del viento de lo que llevamos de siglo XXI registrado en Tarifa<sup>1</sup> (aunque el recorrido pudo ser mayor en julio de 2016, de constantes temporales de levante<sup>2</sup>, del que no hay existe el dato mensual porque hubo problemas con el anemómetro).

<sup>1</sup> No consideren las medidas de siglo XX porque la estación de Tarifa sufrió un cambio de emplazamiento en el año 2000. En el nuevo emplazamiento el viento es menor, pues está más alejado del mar, y tiene un pequeño cerro al este, que apantalla en buena medida el viento de levante.

<sup>2</sup> Sánchez-Laulhé JM (2017) Mapa de presión a nivel del mar de agosto de 2016: verano de levantes. *Tiempo y Clima*, 5,55 <https://pub.ame-web.org/index.php/TyC/article/view/1121/1156>

Figura 3. Anomalías de temperatura medias en 250 hPa en el mes de julio de 2020. Fuente NOAA

### La anomalía de temperatura en niveles altos

En la figura 3 se observa la anomalía positiva de temperatura en el nivel de 250 hPa que se extendía casi zonalmente desde la isla de Madeira hasta el Mediterráneo oriental, afectando al sur de la península ibérica y a las islas Canarias. La anomalía térmica se correspondía con una anomalía positiva de la función de corriente,  $\psi$ , en niveles altos de la troposfera (ver figura 4 donde se muestra  $\psi$  en la superficie sigma 0.21, a unos 200 hPa), lo cual suponía una extensión hacia el oeste del alta del Tíbet (figura 4). El alta del Tíbet, o anticiclón tibetano, está asociado al monzón asiático, siendo su mecanismo de mantenimiento el calentamiento diferencial entre el este y el oeste del Alta que genera una circulación secundaria transversal este-oeste, que se relaciona con la circulación anticiclónica por la dinámica de Sverdrup (ver recuadro). En concreto la circulación este-oeste asociada al alta del Tíbet se impulsa en su parte oriental por el calentamiento diabático en la columna atmosférica por las lluvias monzónicas del sudeste de Asia, y en su parte occidental (y al este de la vaguada de niveles altos sobre el Atlántico) por el enfriamiento radiativo sobre el norte de África y el Atlántico oriental. Probablemente, la extensión del alta del Tíbet hacia el oeste en julio de este año pudo en parte deberse a un monzón de la India anómalamente intenso en la primera mitad del verano, como muestra el índice del Monzón de la India (IM) (Figura 5), aunque en el mantenimiento de la anomalía de las anomalías de  $\psi$  próximas a la Península pudieron haber contribuido importantes retroefectos locales.

### El mantenimiento de la situación meteorológica estacionaria

En la figura 4 se muestran las anomalías positivas medias de julio de  $\psi$  en niveles altos de los subtrópicos sobre Madeira y en el Atlántico Norte central que evidencian la retirada hacia el oeste de la vaguada Atlántica de la onda planetaria de niveles altos, y en latitudes medias se observa otra anomalía al noroeste de la Península, prolongación hacia el noreste de la dorsal asociada al alta de las Azores. Estas anomalías positivas de  $\psi$  constituyeron un bloqueo que alejaba de la Península las perturbaciones ciclónicas atlánticas. Algunos de los mecanismos implicados en esta situación estacionaria meteorológica podrían ser:

1. La presencia en niveles medios de la troposfera de una onda corta estacionaria que producía movimiento ascendente y advección cálida sobre la Península (figura 4). La dorsal de la onda formaba parte del anticiclón asociado a la baja térmica en niveles bajos del Sahara en el noroeste de África, que fue en julio anómalamente cálido, probablemente por su conexión con la anomalía cálida existente en niveles más altos. La vaguada de la onda, situada en la zona de fuerte gradiente de temperaturas y de advección fría al oeste de la Península y Marruecos, sería consecuencia del descenso casi adiabático de los oestes al penetrar en la estructura de la onda de Rossby del monzón asiático, en su deslizamiento por las isentrópicos hacia la baja térmica.
2. La advección cálida crearía en niveles medios sobre la Península una fuerte inversión de temperatura que con el fuerte calentamiento diurno del verano produciría altas temperaturas junto a la superficie.

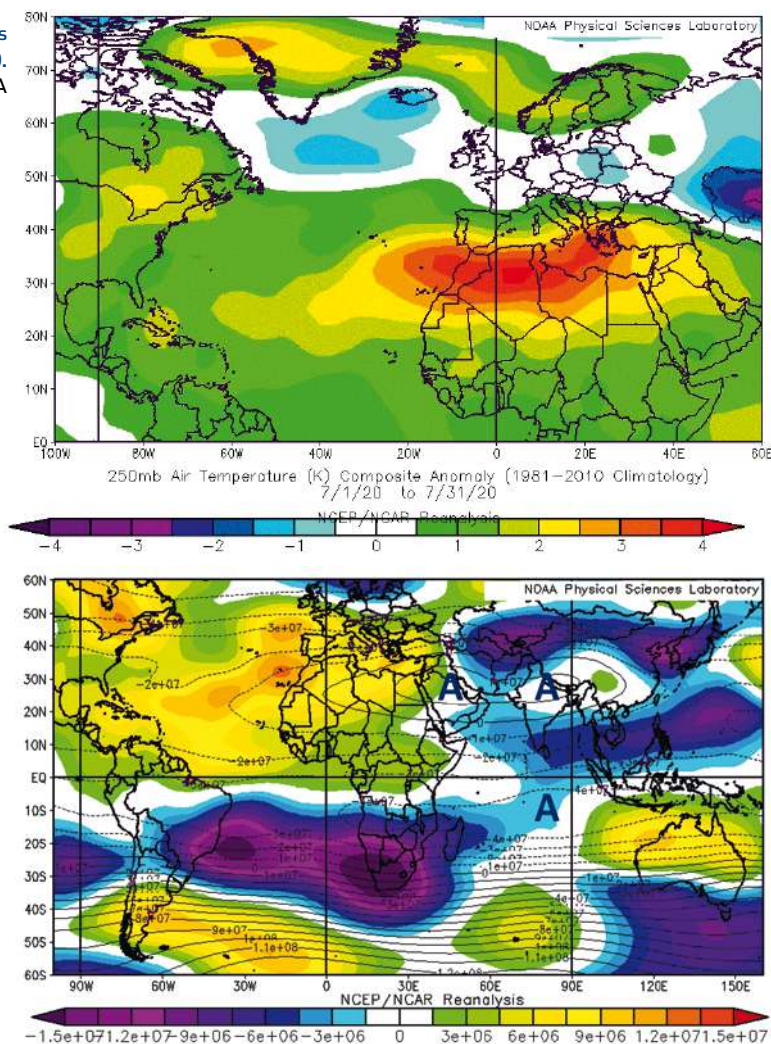


Figura 4. Mapa medio de la función de corriente (líneas) y sus anomalías (color) en la superficie sigma 0.21 en julio de 2020. Unidades  $m^2/s$ . Fuente NOAA

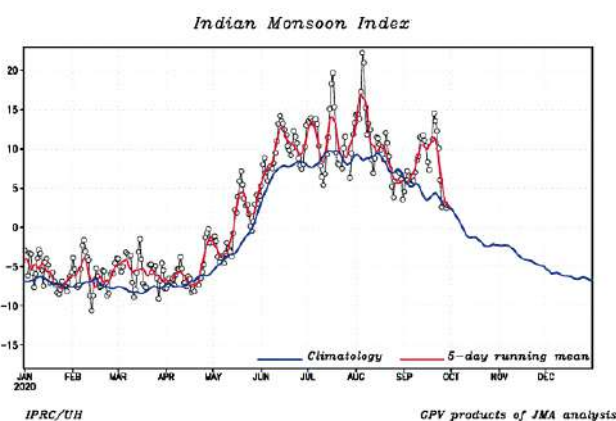


Figura 5. Evolución del Índice del Monzón de la India, IM Index = U850 (40° E - 80° E, 5° N - 15° N) - U850 (70° E - 90° E, 20° N - 30° N). Fuente: International Pacific Research Center (IPRC)/ Universidad de Hawái (UH)

3. A consecuencia del fuerte calentamiento se produciría una baja térmica más profunda de lo normal, que conectada a las bajas presiones del norte de África, tomaría la forma de vaguada de altura geopotencial invertida en niveles bajos (figuras 1 y 7). La vaguada térmica estaba constituida en su flanco oriental por el flujo del sudeste sobre la Península, y en su flanco occidental por el flujo del norte sobre el Atlántico, relacionados por la dinámica de Sverdrup (ver recuadro) respectivamente a movimientos ascendentes y descendentes en dichas zonas.



4. En el nordeste de la Península la dorsal nororiental del anticiclón Atlántico y la vaguada térmica de la Península crearon un fuerte gradiente de presiones dirigido hacia el noroeste (figura 1) y vientos fuertes del NNE en la costa gallega. Estos vientos producirían un máximo de la nubosidad en la capa límite marítima (CLM) corriente abajo, entre la latitud de Lisboa y la de las islas de Madeira, y al oeste de la línea dibujada en la figura 8 (en esta figura está contorneada la insolación media en superficie). En esta región, habría un notable gradiente de temperatura oeste-este que mantendría los movimientos descendentes y la vaguada de niveles medios en esta región.

5. La dorsal nororiental era la única anomalía positiva de presión del alta de las Azores y en niveles bajos y se debería al ajuste del campo de masa a los vientos de oeste del chorro polar, situado a 50° N, y a los vientos del nordeste en Galicia. Esta anomalía de presión alimentaría la anomalía positiva de la altura de geopotencial en los niveles más altos que colaboraría con las anomalías positivas subtropicales en el bloqueo de la Península.

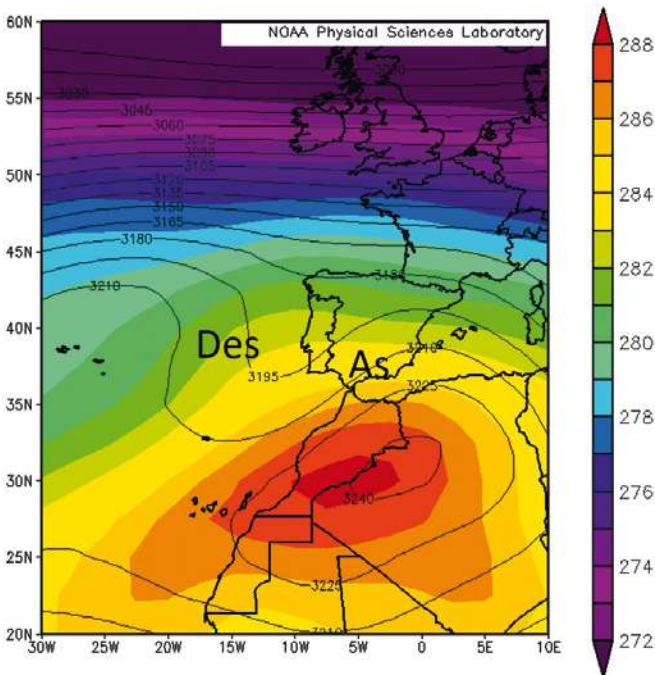


Figura 6. Campos de temperatura (colores, en K) y altura de geopotencial (líneas, en m) en 700 hPa medios en julio de 2020. Fuente NOAA

## El viento de levante en los mares de Alborán y Palos

El predominio del flujo de levante en niveles bajos en julio en la costa mediterránea del sur de la Península es consecuencia de la situación estacionaria atmosférica descrita. El aire de la CLM estaba cubierto por una fuerte inversión de temperatura que impedía que traspasase las cordilleras costeras salvo en pasillos orográficos muy localizados, cuyo máximo exponente es el Estrecho. En respuesta a una perturbación, que varíe la profundidad de la CLM, se generan ondas de Kelvin

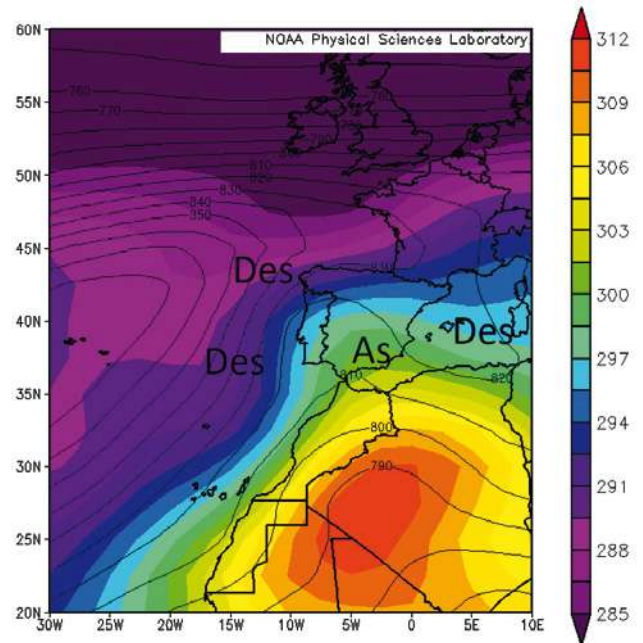


Figura 7. Campos de temperatura (colores, en K) y altura de geopotencial (líneas, en m) en 925 hPa medios en julio de 2020. Fuente NOAA

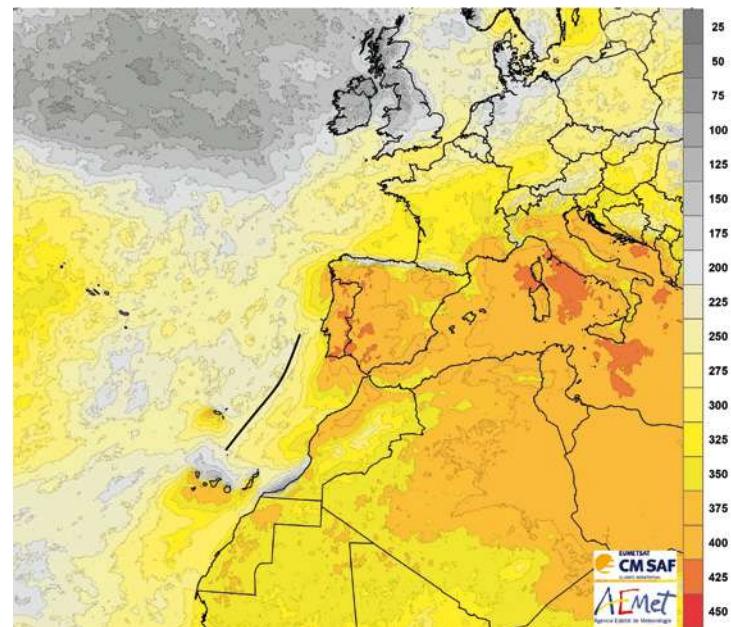


Figura 8. Mapa mensual de julio de radiación de onda corta incidente en superficie, ( $w/m^2$ ) obtenido por METEOSAT. Fuente de datos CM SAF

libres, cuya estructura se muestra esquemáticamente en la figura 9. Las ondas de Kelvin se propagan en el hemisferio norte dejando la costa a la derecha, siendo los vientos paralelos a la costa y del mismo sentido que el de propagación de la onda cerca de la costa norte (para distancias menores que el radio de deformación de Rossby) donde la CLM supere su altura de equilibrio. Por encima de la CLM, en Alborán y Palos, el flujo medio en julio era de componente sur forzado por la vaguada térmica peninsular (ver figura 7). El movimiento ascendente de escala sinóptica y la presencia de las cadenas montañosas en el litoral aumentarían el espesor de la CLM generando un viento medio de componente este en la costa mediterránea del sur de la Península. En consecuencia, los vientos de levante durante julio fueron consecuencia de la intensa baja térmica de la península ibérica consecuencia, a su vez, del fuerte calentamiento diabático en niveles bajos.

## ¿Un sistema monzónico en la Península?

En niveles bajos en este mes de julio la situación atmosférica de la península ibérica tiene bastantes similitudes con las de un continente subtropical, sea por ejemplo el continente subtropical de América del Norte o el extensísimo continente subtropical afro-asiático. Al igual que los continentes subtropicales en verano, la Península tiene bajas presiones térmicas en niveles bajos desplazadas hacia el oeste y anticiclones al este y al oeste. A diferencia de la circulación en esos continentes donde las altas presiones por encima de las bajas presiones de superficie se encuentran en la parte superior de la troposfera, las altas presiones por encima de la baja térmica peninsular se encuentran en niveles medios troposféricos. La circulación transversal divergente es similar a la descrita en el recuadro para los monzones subtropicales, pero menos profunda. Una diferencia fundamental es que los movimientos ascendentes de los monzones en el este de los continentes son más profundos por la intensa liberación de calor latente, mientras que en la Península son mucho menos profundos (al igual que ocurre con la baja del Sahara) generados por el calentamiento diabático sensible. Además en Meteorología el tamaño importa.

También los vientos de levante sobre el Mediterráneo en la situación estudiada guardan semejanza con los vientos alisios del sur de los anticiclones subtropicales al este de los continentes en verano. Estos alisios también se deben a ondas de Kelvin planetarias atrapadas en la vaguada ecuatorial, y forzadas por el chorro de niveles bajos del sur asociado al calentamiento diabático por las precipitaciones de los monzones.

## Agradecimiento

A José Ángel Nuñez Mora de la Delegación de AEMET en Valencia a quien se debe el mapa de irradiación solar; figura 8 del artículo.

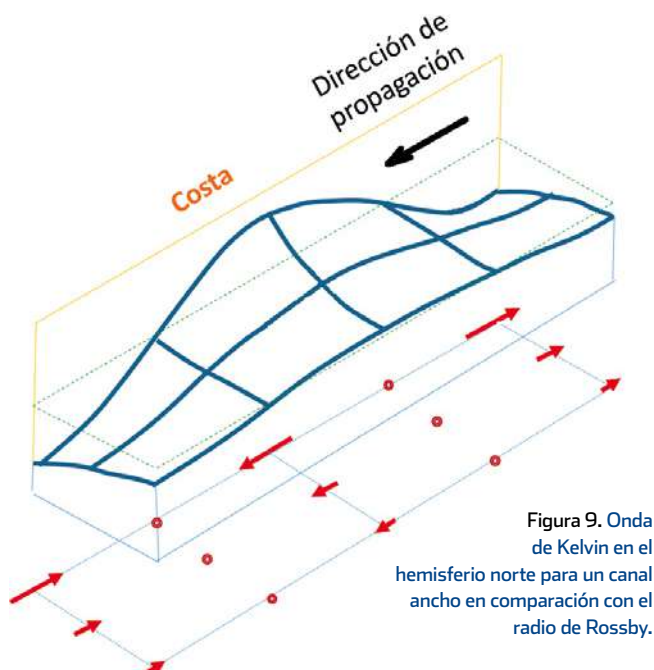


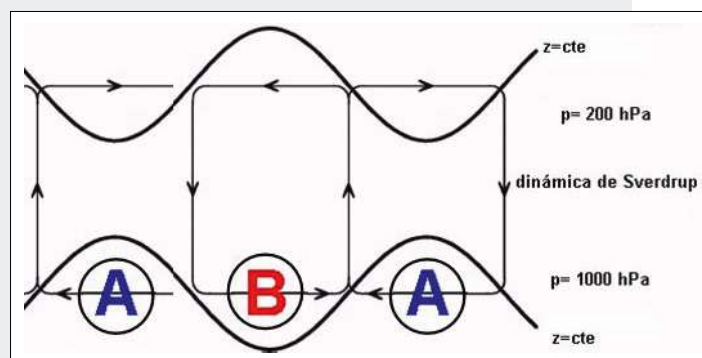
Figura 9. Onda de Kelvin en el hemisferio norte para un canal ancho en comparación con el radio de Rossby.

## CIRCULACIÓN DIVERGENTE PLANETARIA TROPICAL

En los trópicos, donde domina la advección planetaria sobre la advección de vorticidad relativa, la rama superior este-oeste de la circulación divergente coincide con una dorsal (baja/vaguada) en niveles altos (bajos) y las ramas verticales tienen direcciones de viento meridionales contrarios en niveles altos y bajos, siguiendo la relación de Sverdrup,

$$\beta v = f \frac{\partial \omega}{\partial p}$$

donde  $\beta$  es el gradiente meridional del parámetro de Coriolis  $f$ , (relación a la que se reduce la ecuación de la vorticidad para un estado estacionario y con advección de vorticidad relativa despreciable frente a la advección de vorticidad planetaria). Así en 200 hPa, en las zonas de ascensos, mínimos de  $\psi$ , los vientos serán de componente norte, con vaguada al este y dorsal/alta al oeste. En niveles bajos de la zona de ascenso el viento será de componente sur con bajas presiones al oeste y altas al este.



## RELACIÓN ENTRE EL MONZÓN ASIÁTICO Y EL ANTICLÓN DE LAS AZORES DE VERANO

Rodwell y Hoskins (1996)<sup>a</sup> hallaron una relación entre los monzones y los anticiclones subtropicales de verano. Diagnosticaron que el calentamiento diabático del monzón asiático y la divergencia asociada en niveles altos de la troposfera, generaba una onda de Rossby tipo Gill en el oeste del calentamiento (Gill 1980<sup>b</sup>), que consiste en una circulación ciclónica de niveles bajos y un anticiclón cálido en niveles altos, que forzaba una subsidencia hacia el oeste en las zonas periféricas del alta tibetana. Estos descensos se producían por la interacción del flujo de oeste de latitudes medias con la estructura térmica generada por el monzón. Desde los niveles altos, en la zona fronteriza del alta, el flujo de oeste descendía adiabáticamente por superficies isentrópicas inclinadas por la onda de Rossby. La subsidencia se reforzaba aún más porque el calentamiento asociado al descenso adiabático tendría un retroefecto local positivo al inhibir la liberación de calor latente y aumentar el enfriamiento radiativo (Rodwell y Hoskins, 2001)<sup>c</sup>. La subsidencia generaba en niveles bajos el flujo norte-sur que producía el cierre la parte oriental del anticiclón subtropical en la cuenca oceánica existente al oeste del monzón, de acuerdo con la dinámica de Sverdrup. Consecuentemente, la variabilidad en el monzón puede afectar de forma importante a la variabilidad climática en el nordeste de África y de la península ibérica que son zonas periféricas del Alta tibetana.

<sup>a</sup> Rodwell MJ, Hoskins BJ (1996) Monsoons and the dynamics of deserts. Q J R Meteor Soc 122:1385-1404. <https://doi.org/10.1002/qj.49712253408>

<sup>b</sup> Gill AE (1982) Atmospheric-Ocean Dynamics. International Geophysics 30, Academic Press Inc.

<sup>c</sup> Rodwell MJ, Hoskins BJ (2001) Subtropical Anticyclones and Summer Monsoons. J Climate 14:3192-3211. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014%3C3192:S AASM%3E2.O.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014%3C3192:S AASM%3E2.O.CO;2)