

LOS VIENTOS CATABÁTICOS Y SU IMPACTO EN EL RÉGIMEN ESTABLE NOCTURNO DURANTE EL VERANO DE 2017 EN BOSQUE DE LA HERRERÍA (MADRID)

Jon A. Arrillaga⁽¹⁾, Carlos Yagüe⁽¹⁾, Carlos Román-Cascón⁽¹⁾, Mariano Sastre⁽¹⁾, Jordi Vilà-Guerau de Arellano⁽²⁾, Gregorio Maqueda⁽¹⁾

(1) Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid, España (jonanarr@ucm.es)

(2) Meteorology and Air Quality Section, Wageningen University, Países Bajos

Las brisas de montaña, se desarrollan en regiones montañosas y sus alrededores bajo condiciones de buen tiempo y flujo sinóptico débil. Al igual que las brisas marinas, se caracterizan por su naturaleza en forma de circulación mesoscalar, así como por la inversión de su sentido dos veces al día. Sin embargo, mientras que en las marinas el desencadenante es el contraste térmico entre el aire por encima de la tierra y el mar, en las de montaña son las diferencias térmicas entre las diferentes partes de la ladera montañosa y los valles/planicies colindantes las responsables principales. En una ladera montañosa, tras la salida del sol se desarrollan los vientos anabáticos o ladera arriba, y los vientos catabáticos o ladera abajo tras la puesta de sol.

En este estudio, analizamos las características de los vientos catabáticos y sus consecuencias en la capa límite estable nocturna durante el verano de 2017 en la estación de la Red GuMNet de La Herrería (San Lorenzo de El Escorial, Madrid). Este emplazamiento se encuentra localizado en las faldas de la Sierra de Guadarrama, aproximadamente a 50 km de la ciudad de Madrid. Durante el verano de 2017 se realizó una campaña intensiva de medidas en la torre meteorológica fija de 10 m: temperatura y velocidad del viento a 3, 6 y 10 m, concentraciones de CO₂ y vapor de agua a 4 y 8 m, y flujos turbulentos a 4 y 8 m entre otras.

Con el objetivo de seleccionar los días de buen tiempo y flujo sinóptico débil, aplicamos un algoritmo basado en el empleado para seleccionar días de brisa marina en Cabauw (Países Bajos) en Arrillaga et al. (2018). En nuestro caso, particularizamos el algoritmo para las brisas de montaña de la región de estudio: se considera un evento catabático cuando habiendo superado los filtros relativos a la escala sinóptica, el viento tras la puesta de sol sopla al menos durante dos horas seguidas en la dirección perpendicular al eje de la Sierra de Guadarrama en su parte más próxima, [250° - 340°]. En la Fig. 1 se muestra una rosa de vientos de los eventos catabáticos.

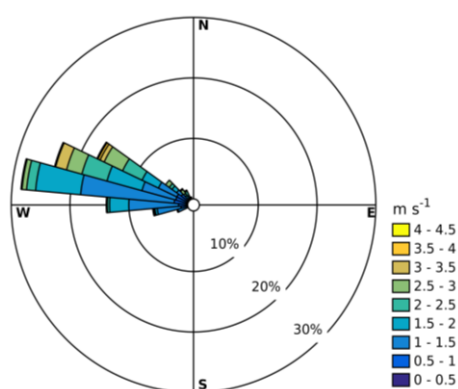


Fig 1. Rosa de vientos a 10 m durante las 2 horas posteriores al establecimiento del flujo catabático en La Herrería en el periodo [22/06/2017 - 26/09/2017].

Dentro del conjunto de todos los eventos catabáticos encontramos casos muy diferentes entre sí dependiendo del máximo de viento alcanzado tras su establecimiento. En la Fig. 2 se representa la variabilidad del perfil de viento en los eventos catabáticos para diferentes horas respecto a la puesta de sol, tras la cual se da el establecimiento del flujo catabático. Tras la puesta de sol la velocidad del viento a 3 m es muy próxima a la observada a 6 m, debido a la presencia en algunos eventos de un *jet* muy somero y débil. Sin embargo, en algunas ocasiones el

viento es considerablemente más intenso (representado mediante los *outliers*) y no se observa el *jet* en capas bajas. Distinguimos dos tipos extremos de eventos catabáticos atendiendo a la velocidad de viento máxima (VVM) a 10 m tras su establecimiento: catabáticos débiles ($VVM < 1.5 \text{ m s}^{-1}$) y catabáticos intensos ($VVM > 3.5 \text{ m s}^{-1}$). Los primeros dan lugar a una inversión térmica superficial asociada a un régimen estable, con turbulencia débil, favoreciendo el desacoplamiento entre niveles verticales y la acumulación de escalares como el CO_2 y vapor de agua en superficie. En algunos eventos débiles se observa un *jet* somero a 3 m. Por otro lado, encontramos los catabáticos intensos, los cuales se intensifican progresivamente tras su establecimiento. Estos originan la ruptura de la inversión térmica superficial debido a un aumento de la turbulencia de origen mecánico: la velocidad de fricción alcanza valores próximos a 1 m s^{-1} . Además, comparten una característica común no observada en el resto de eventos: el máximo de turbulencia medido durante el evento catabático es superior al que se produce en las horas centrales del día, que suele ser el máximo absoluto en el ciclo diario habitual. La causa principal del origen de ambos tipos de catabáticos parece estar relacionada con la dirección del flujo sinóptico con respecto a la orientación de la cadena montañosa. Con el objetivo de cuantificar el impacto de los dos tipos de catabáticos se analiza el balance de CO_2 y vapor de agua, así como el parámetro de capacidad de cizalla (Van Hooijdonk et al., 2015), que caracteriza el grado de turbulencia en el régimen estable nocturno.

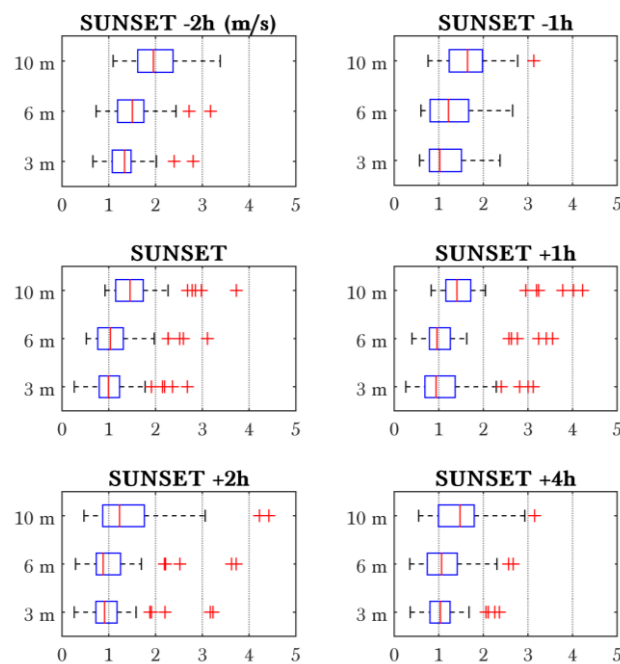


Fig 2. Diagramas de caja de la variación de la velocidad del viento en los niveles de 3, 6 y 10 m en los eventos catabáticos, para diferentes horas relativas a la puesta de sol. La línea vertical roja de las cajas representa la mediana de la distribución, la caja azul delimita q_1 y q_3 (los cuartiles 1 y 3 respectivamente), los *whiskers* (líneas negras que salen de las cajas) indican los valores extremos no considerados *outliers*, y los *outliers* (cruces rojas) se dibujan para valores mayores que $q_3 + 1.5(q_3 - q_1)$ y menores que $q_1 - 1.5(q_3 - q_1)$.

Referencias

Arrillaga, J.A., Vilà-Guerau de Arellano, J., Bosveld, F., Baltink, H.K., Yagüe C., Sastre, M., and C. Román-Cascón, 2018: Impacts of afternoon and evening sea-breeze fronts on local turbulence, and CO_2 and radon-222 transport. Accepted for publication in *Q. J. R. Meteorol. Soc.*

van Hooijdonk, I.G.S., Donda, J.M.M., Clerex, H.J.H., Bosveld, F.C., and B.J.H. van de Wiel, 2015: Shear capacity as prognostic for nocturnal boundary layer regimes. *J. Atmos. Sci.*, **72**, 1518-1532.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto ATMOUNT-II [Ref. CGL2015-65627-C3-3R (MINECO/FEDER)] y la RED de Excelencia Ref. CGL2016-81828-REDT del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, y la red de observación GuMNet (Guadarrama Monitoring Network, www.ucm.es/gumnet) del Campus de Excelencia Internacional, campus CEI Moncloa (CEI). Jon A. Arrillaga es

beneficiario del Programa Predoctoral de Formación de Personal Investigador No Doctor del Departamento de Educación del Gobierno Vasco (PRE_2017_2_0069, MOD.: B).