

Influencia de las circulaciones mesoescalares forzadas térmicamente en la capa límite urbana y la calidad del aire en la ciudad de Madrid

Influence of mesoscale thermally driven circulations on the urban boundary layer and air quality in the city of Madrid

M. Sastre (1), J. Carbone (1), P. Ortiz-Corral (1), E. Serrano (1,2), C. Román-Cascón (3), V. Cicuéndez (4), A. Martilli (5), B. Sánchez (5), J.L. Santiago (5), R.M. Inclán (5), J. Sun (6), S. Viana (7), R. Borge (8), C. Yagüe (1)

(1) Depto. Física de la Tierra y Astrofísica, Univ. Complutense de Madrid. (2) Asociación Meteorológica Española. (3) Depto. Física Aplicada, INMAR, Univ. Cádiz. (4) Depto. Ingeniería Agroforestal, Univ. Politécnica de Madrid. (5) Unidad de Modelización Atmosférica, CIEMAT. (6) NorthWest Research Associates, Boulder, Colorado, USA. (7) Agencia Estatal de Meteorología. (8) Depto. Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente, Univ. Politécnica de Madrid

RESUMEN

Durante tres semanas a comienzos del verano de 2025 (23 junio–13 julio), y en el marco de los proyectos AIRTEC2-CM y MULTIURBAN-II, se llevó a cabo una campaña intensiva de observación meteorológica y de la turbulencia en el entorno de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid (ETSII-UPM), ubicada en el Paseo de la Castellana, una de las principales arterias urbanas de la ciudad. La campaña incluyó datos de una estación meteorológica permanente y de una estación portátil de la Red GuMNet equipada con instrumentación de alta frecuencia, ambas instaladas en la terraza del edificio de la ETSII-UPM, a 27 m sobre el nivel de la calle. Se registraron variables meteorológicas básicas (temperatura, humedad y viento), flujos radiativos de onda corta y larga, y parámetros turbulentos derivados mediante la técnica de Eddy Covariance, como la velocidad de fricción, la energía cinética turbulenta y el flujo de calor sensible. Asimismo, se emplearon datos de estaciones de calidad del aire del Ayuntamiento de Madrid, incluida una situada en las inmediaciones del área de estudio. El periodo analizado estuvo dominado por condiciones sinópticas muy estables, asociadas a situaciones anticiclónicas persistentes sobre la península Ibérica, con altos valores de presión en superficie y anomalías positivas del geopotencial a 500 hPa. Estas condiciones favorecieron el desarrollo de circulaciones forzadas térmicamente, en particular brisas nocturnas, que desempeñaron un papel relevante en la modulación de la capa límite urbana y en la evolución de las concentraciones de contaminantes. Se analizan los ciclos diarios de temperatura, humedad, viento, radiación y parámetros turbulentos, prestando especial atención a la transición vespertina y a la influencia de las circulaciones mesoescalares nocturnas, así como a su impacto en la calidad del aire, especialmente en situaciones de débil forzamiento sinóptico. Durante varios episodios se registraron concentraciones horarias de NO₂ superiores a 100 µg m⁻³ bajo condiciones muy estables, que disminuyeron notablemente tras el establecimiento de las brisas nocturnas. Finalmente, se presentan simulaciones con el modelo mesoescalar WRF, para evaluar su capacidad de reproducir estas circulaciones. Los resultados indican que las circulaciones forzadas térmicamente pueden desempeñar un papel clave en la redistribución y acumulación de contaminantes en el entorno urbano de Madrid durante episodios estivales.