

# Influencia de los parámetros meteorológicos en la contaminación del aire en la ciudad de Santander

A. Martínez-Fernández, S. Sainz-Villegas, C. Blanco-Alegre, F. Oduber, A.I. Calvo,  
A. Castro, R. Fraile

Departamento de Física, IMARENAB Universidad de León, 24071 León, España

[amartf20@estudiantes.unileon.es](mailto:amartf20@estudiantes.unileon.es)

[ssainv00@estudiantes.unileon.es](mailto:ssainv00@estudiantes.unileon.es)

[cblaa@unileon.es](mailto:cblaa@unileon.es)

[fodup@unileon.es](mailto:fodup@unileon.es)

[aicalg@unileon.es](mailto:aicalg@unileon.es)

[acasi@unileon.es](mailto:acasi@unileon.es)

[rfral@unileon.es](mailto:rfral@unileon.es)

## Resumen

Con este trabajo se pretende calcular, para cada tipo de tiempo, la concentración media de contaminantes presentes en la atmósfera y buscar las correlaciones significativas entre la concentración de dichos contaminantes y algunos parámetros meteorológicos en la ciudad de Santander. Para analizar las posibles diferencias significativas, se han aplicado tests no paramétricos.

Estudios recientes han relacionado la exposición a contaminantes atmosféricos, en especial a material particulado, con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, entre las que encontramos cáncer bronquial, enfisemas pulmonares, trombosis, coágulos e infartos que, en algunos casos, han llegado a causar la muerte (Rückerl et al., 2011). De los 3 millones de muertes debidas a la contaminación atmosférica que han sido estimadas en el mundo, alrededor de 193,000 han ocurrido en Europa y 7000 en España (Ortiz et al., 2017).

En España la contaminación atmosférica es un problema emergente, sobre todo en las ciudades más pobladas, lo que ha llevado a adoptar medidas para reducir las concentraciones de los contaminantes presentes en el aire, principalmente provenientes de la industria y del transporte.

Los eventos más críticos de contaminación atmosférica se asocian fundamentalmente a situaciones anticiclónicas e inversiones térmicas, que dificultan considerablemente la dispersión atmosférica, creando así una cúpula de contaminantes sobre la zona.

El objetivo principal del presente trabajo es calcular para cada tipo de tiempo la concentración media de contaminantes presentes en la atmósfera y buscar las correlaciones significativas entre la concentración de los contaminantes y los parámetros meteorológicos obtenidos de los radiosondeos (diferenciando entre los tres tipos de estaciones de calidad del aire utilizadas, tráfico, industrial y urbana de fondo). Se ha aplicado el test no paramétrico de Kruskal-Wallis para analizar las diferencias significativas entre las diferentes estaciones de los contaminantes medidos.

El gran volumen de tráfico e industria de la ciudad de Santander y la falta de estudios en la zona hacen de esta ciudad un área de estudio ideal para evaluar su calidad del aire. El presente trabajo pretende buscar relaciones entre la concentración de los contaminantes atmosféricos y las condiciones atmosféricas durante el año 2016.

Para llevar a cabo el estudio se han empleado:

- (i) la concentración de diferentes contaminantes atmosféricos cuyos datos son recogidos por las estaciones de la Red de Calidad del Aire de Cantabria, y que están disponibles en <https://www.airecantabria.com/>. Dichas estaciones se encuentran localizadas en la Calle Tetuán (estación urbana de fondo), la Plaza de las Estaciones (estación de tráfico) y el Astillero en la Calle Ballestas (estación de industria), como se muestra en la Figura 1. En la tabla 1 se presentan los contaminantes muestreados así como las técnicas de medida utilizadas;
- (ii) un total de 54 parámetros meteorológicos obtenidos a partir de los radiosondeos diarios descargados de la página OGIMET (<http://www.ogimet.com/sond.phtml>). Han sido extraídos a partir del tratamiento de los datos de los radiosondeos mediante el programa informático RAOB.



Fig. 1.- Localización de las estaciones: Calle Tetuán (urbana de fondo) (punto 1), Plaza de las Estaciones (tráfico) (punto 2) y Astillero (Calle Ballestas) (industria) (punto 3).

CONTAMINANTE	ABREVIATURA	UNIDADES	TÉCNICA DE MEDIDA
Dióxido de azufre	SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Fluorescencia UV
Monóxido de carbono	CO	µg/m <sup>3</sup>	Absorción infrarroja
Monóxido de nitrógeno	NO	µg/m <sup>3</sup>	Quimioluminiscencia
Dióxido de nitrógeno	NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Quimioluminiscencia
Partículas < 10 µm	PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Microbalanza
Ozono	O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Absorción ultravioleta
Tolueno	TOL	µg/m <sup>3</sup>	Cromatografía de gases
Benzeno	BEN	µg/m <sup>3</sup>	Cromatografía de gases

Tabla 1.- Listado de contaminantes atmosféricos empleados en el estudio y técnicas de medida.

SEVERE WEATHER	DATA ANALYSES
Temperatura punto de rocío en superficie (°C)	Presión superficie (hPa)
Temperatura punto de rocío en superficie a 850 mb (°C)	Temperatura superficie (°C)
Velocidad del viento a 850 mb (kt)	Temperatura de punto de rocío en superficie (°C)
Velocidad del viento a 500 mb (kt)	Altura 1000 mb (m)
Velocidad del viento a 200 mb (kt)	Dirección (grados)
LFC – Nivel de convección libre (hPa)	Velocidad (kn)
LI – Índice de elevación (°C)	Tc - Temperatura convectiva (°C)
SI – Índice de Showalter (°C)	Altura Tropopausa (m)
TI – Índice de Thompson (°C)	Altura a -20 °C (m)
JI – Índice de Jefferson (°C)	Altura a -10 °C (m)
Índice K (°C)	Altura a -5 °C (m)
Índice TT (Total Totals) (°C)	Altura a 0°C (m)
SWEAT - Índice de amenaza de tiempo severo	Altura inversión (m)
CAPE Total - Energía potencial convectiva disponible (J/kg)	Tipo inversión
CAPE 0-x km, AGL (J/kg)	ccl-EL – Nivel de equilibrio basado en CCL (m)
srH - Helicidad relativa a la tormenta (0-3 km) (m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> )	lfc-EL – Nivel de equilibrio basado en LFC (m)
EHI – Índice de Energía – Helicidad	LFC (m)
VGP – Parámetro de generación de vorticidad (m s <sup>-2</sup> )	CCL (m)
CAP Strength (°C)	LCL (m)
BRN - N° Richardson global.	1000-500 mb (m)
BRN – Cizalladura del N° de Richardson global (m s <sup>-1</sup> )	1000-700 mb (m)
WBZ – Altura del cero de termómetro húmedo (ft,AGL)	1000-850 mb (m)
Tamaño probable de granizo (in)	850-500 mb (m)
WINDEX (kn)	850-700 mb (m)
T2 Gust (kn)	700-500 mb (m)
Índice KO (°C)	600- 400 mb (m)
Índice Boyden	
Índice S (°C)	

Tabla 2.- Lista de parámetros extraídos con el programa RAOB y unidades.

TIPOS ANTICICLÓNICOS		DIRECCIONALES PUROS		TIPOS CICLÓNICOS	
A	anticiclónico			C	ciclónico
ANE	anticiclónico-noreste	NE	noreste	CNE	ciclónico-noreste
AE	anticiclónico-este	E	este	CE	ciclónico-este
ASE	anticiclónico-sureste	SE	sureste	CSE	ciclónico-sureste
AS	anticiclónico-sur	S	sur	CS	ciclónico-sur
ASW	anticiclónico-suroeste	SW	suroeste	CSW	ciclónico-suroeste
AW	anticiclónico-oeste	W	oeste	CW	ciclónico-oeste
ANW	anticiclónico-noroeste	NW	noroeste	CNW	ciclónico-noroeste
AN	anticiclónico-norte	N	norte	CN	ciclónico-norte

Tabla 3.- Tipos de tiempo según la clasificación de Lamb.

Adicionalmente se ha realizado un estudio de los tipos de tiempo, de acuerdo con la clasificación de Lamb (1972). La clasificación de tipos de tiempo efectuada tiene un carácter objetivo y establece cada tipo de tiempo en función de seis variables basadas en la dirección y vorticidad del viento geostrófico, que son calculadas según los valores de presión atmosférica, estimados diariamente a nivel del mar en 16 puntos situados sobre el entorno de la Península Ibérica. Los valores de la presión en superficie se obtuvieron del IRI (*International Research Institute for Climate Prediction*) en <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.pressure.html>. Así, los tipos de tiempo se clasifican en 9 tipos anticiclónicos, 8 direccionales puros y 9 ciclónicos (tabla 3).

Los tipos de tiempo más habituales durante el año 2016 fueron el anticiclónico (A), y los direccionales puros NE y N en un 18%, 11% y 10% de los días respectivamente (figura 2).

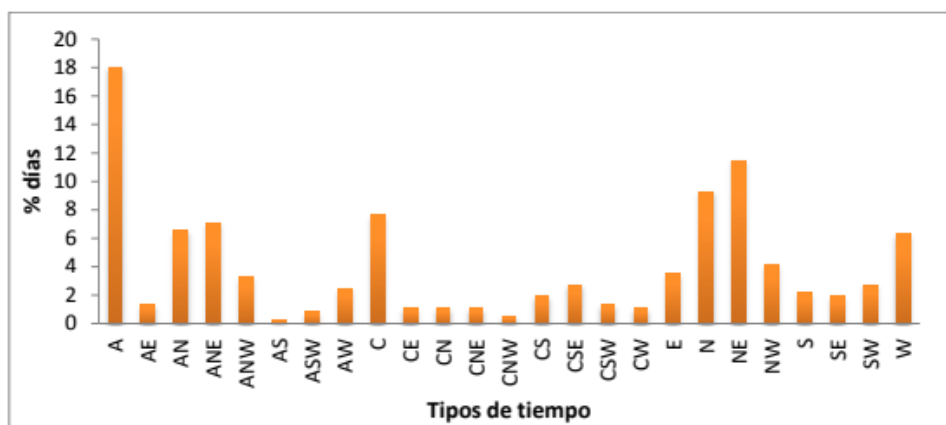


Fig. 2.- Porcentaje de tipos de tiempo en el año 2016.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (TEC2014-57821-R), la Universidad de León (Programa Propio 2015/00054/001) y el proyecto AERORAIN (Ministerio de Economía y Competitividad, CGL2014-52556-R, cofinanciado con fondos FEDER). F. Oduber disfruta de un contrato BES-2015-074473 del Ministerio de Economía y Competitividad. C. Blanco-Alegre disfruta de un contrato FPU16-05764 del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

### Referencias

- Lamb, H. 1972. British Isles Weather types and a register of daily sequence of circulation patterns. *Geophysical Memoir*, 116, 85.
- Ortiz, C., Linares, C., Carmona, R., Díaz, J. 2017. Evaluation of short-term mortality attributable to particulate matter pollution in Spain, *Environ. Pollution*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2017.02.037>
- R uckerl, R., Schneider A., Breitner S., Cyrys J., Peters A. 2011. Health effects of particulate air pollution: a review of epidemiological evidence. *Inhal. Toxicol.* 23 (10), 555-592.