

## Introducción

Estudios recientes han relacionado la exposición a contaminantes atmosféricos, en especial a material particulado, con enfermedades respiratorias y cardiovasculares que, en algunos casos, han llegado a causar la muerte [1], estimándose una cifra de 3 millones de muertes a nivel global [2].

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

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.

## Zona de estudio



Fig. 1.- Localización de las estaciones de la Red de Calidad del Aire de Cantabria

### Ciudad de Santander, Cantabria, España.

Para llevar a cabo el estudio se han empleado los datos de las estaciones de la Red de Calidad del Aire de Cantabria (Fig.1) (Tabla 1).

1. Calle Tetuán (urbana de fondo)
2. Plaza de las Estaciones (tráfico)
3. Astillero (Calle Ballestas) (industria)

## Material y métodos

Los datos meteorológicos han sido obtenidos de los radiosondeos diarios proporcionados por el Servicio de Información Meteorológica de OGIMET ([www.ogimet.com](http://www.ogimet.com)). Posteriormente, tras su representación (Fig.2) y tratamiento mediante el programa informático RAOB (RAWinsonde OBServation), se han extraído 53 parámetros e índices meteorológicos.

Se ha llevado a cabo un estudio de tipos de tiempo basado en la clasificación de Lamb (1972) [3] (Tabla 2, Fig. 3).

Se han estudiado las concentraciones medias de O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, NO, tolueno, benceno, SO<sub>2</sub> y CO para los tipos de tiempo predominantes (Fig. 4 y 5).

Se han buscado correlaciones entre los parámetros meteorológicos y la concentración de los contaminantes (Tabla 3).

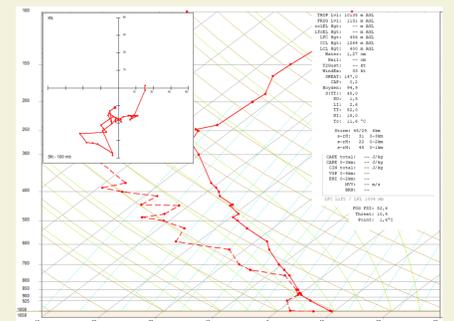


Fig. 2.- Radiosondeo del día 7 de marzo de 2016 para Santander (Programa RAOB).

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

CONTAMINANTE	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
Benceno	BEN µg/m <sup>3</sup>	Cromatografía de gases

Tabla 2.- Tipos de tiempo según la clasificación de Lamb (1972).

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

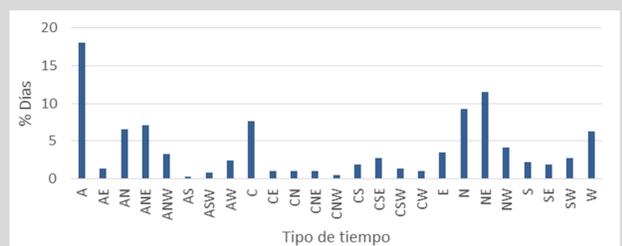


Fig. 3.- Porcentaje de días de cada tipo de tiempo en el año 2016

## Conclusiones

- Se observa un claro predominio del tipo anticiclónico.
- Con el tipo ciclónico se registró la concentración media más alta de NO y SO<sub>2</sub>.
- El tolueno y el benceno alcanzaron la concentración media más alta para los tipos anticiclónico y direccional puro del oeste.
- Se observa una correlación positiva entre PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, NO y CO con la presión en superficie, la altura a 1000 mb y con el CCL.
- El NO<sub>2</sub> muestra una correlación negativa con la temperatura en superficie, la temperatura de rocío en superficie, con las alturas a -20, -10, -5 y 0 °C y con el espesor de las capas para los diferentes intervalos de presión estudiados.

## Bibliografía

- [1] Ruckerl, 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.
- [2] 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>
- [3] Lamb, H. 1972. British Isles Weather types and a register of daily sequence of circulation patterns. *Geophysical Memoir*, 116, 85.

## 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.

## Resultados

Tabla 3.- Correlaciones significativas (α= 0,01) entre los parámetros meteorológicos y los contaminantes atmosféricos.

PARÁMETROS	Santander Centro						Tetuán						El Astillero							
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO	CO	BEN	TOL	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO	CO	O <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO	CO	O <sub>3</sub>	
Temperatura punto de rocío en superficie (°C)																				
Temperatura punto de rocío en superficie a 850 mb (°C)																				
Velocidad del viento a 850 mb (kt)																				
Velocidad del viento a 500 mb (kt)																				
Velocidad del viento a 200 mb (kt)																				
LFC - Nivel de convección libre (hPa)																				
LI - Índice de elevación (°C)																				
SI - Índice de Showalter (°C)																				
TI - Índice de Thompson (°C)																				
JI - Índice de Jefferson (°C)																				
Índice K (°C)																				
Índice TT (Total Totals) (°C)																				
SWEAT - Índice de amenaza de tiempo severo																				
CAPE Total - Energía potencial convectiva disponible (J/kg)																				
CAPE 0-x km, AGL (J/kg)																				
srH - Helicidad relativa a la tormenta (0-3 km) (m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> )																				
EHI - Índice de Energía - Helicidad																				
VGP - Parámetro de generación de vorticidad (m s <sup>-2</sup> )																				
CAP Strength (°C)																				
BRN - N° Richardson global																				
BRN - Cizalladura del N° de Richardson global (m s <sup>-1</sup> )																				
WBZ - Altura del cero de termómetro húmedo (ft,AGL)																				
Tamaño probable de granizo (in)																				
WINDEX (kn)																				
T2 Gust (kn)																				
Índice KO (°C)																				
Índice Boyden																				
Índice S (°C)																				
Presión superficie (hPa)																				
Temperatura superficie (°C)																				
Altura 1000 mb (m)																				
Dirección (grados)																				
Velocidad (nudos)																				
Tc- Temperatura convectiva (°C)																				
Altura Tropopausa (m)																				
Altura a -20 C (m)																				
Altura a -10 C (m)																				
Altura a -5 C (m)																				
Altura a 0 °C ISOCERO (m)																				
Altura 1ª inversión (m)																				
Altura 2ª inversión (m)																				
ccl-EL - Nivel de equilibrio basado en CCL (m)																				
lfc-EL - Nivel de equilibrio basado en LFC(m)																				
LFC (m)																				
CCL (m)																				
LCL (m)																				
1000-500 mb (m)																				
1000-700 mb (m)																				
1000-850 mb (m)																				
850-500 mb (m)																				
850-700 mb (m)																				
700-500 mb (m)																				
600- 400 mb (m)																				

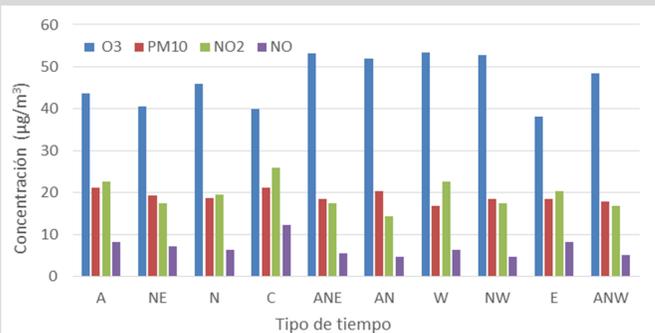


Fig. 4.- Concentración media de O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> y NO para los tipos de tiempo predominantes.

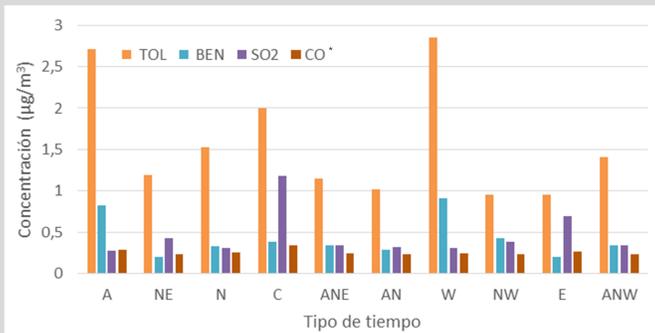


Fig. 5.- Concentración de tolueno, benceno, SO<sub>2</sub> y CO para los tipos de tiempo predominantes (\* Concentración en mg/m<sup>3</sup>).