

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL VIENTO SOBRE LOS CONTAMINANTES, INDICE EN SALAMANCA

A STUDY OF THE INFLUENCE OF THE WIND OVER THE INDEX POLLUTANTS IN SALAMANCA

*M. R. Fidalgo; C. Rodríguez y J. Garmendia
Departamento de Física General y de la Atmósfera.
Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca.*

Abstract

The influence that the magnitude and direction of the wind produce together on the SO_2 concentration and suspended matter (known as black smoke) have been studied.

Measures were taken over four years and the days were classified according to the quadrant of prevailing wind direction.

The wind direction more frequently found in this town prove to be those the first and the third quadrants which coincide with polluted and clean sectors respectively. In both sectors it was observed that the greater the wind force the smaller the concentration of pollutants. The decrease in concentration is quick at first but then when these pollutants approach the background these concentrations remain stationary.

A regression potential equation for each pollutant has been suggested. After studying the potential equation values, we have deduced that the convective diffusion mechanism proved to prevail in the SO_2 concentration while the advection diffusion mechanism predominated in black smoke, according to Benarie.

Resumen

Hemos estudiado la influencia conjunta del módulo y la dirección del viento sobre las concentraciones de SO_2 y la materia en suspensión (caracterizada como humos negros).

Clasificamos los días muestreados (4 años) según el cuadrante de vientos predominante, resultando ser los más frecuentes en la ciudad el 1.º y el 3.º, que en nuestro caso coincidían con los sectores contaminado y limpio respectivamente.

En ambos sectores pudimos apreciar que la disminución de las concentraciones de los contaminantes al aumentar el recorrido del viento es rápida, al principio, tendiendo a estacionarse después al acercarnos a las concentraciones de fondo.

Para cada contaminante establecimos las ecuaciones de regresión potencial, y del estudio de las potencias, según el criterio de Benarie, deducimos que para el SO_2 el mecanismo de difusión predominante es la difusión convectiva, mientras que para los humos predomina la advección.

Introducción

En la capacidad de dilución de la atmósfera juegan un papel decisivo las distintas variables meteorológicas, sobre todo, el régimen de vientos, la presión atmosférica y el gradiente vertical de temperatura. Sin embargo esta capacidad de autodepuración no es ilimitada, por ello es conveniente conocer la evolución de los niveles de contaminación en una zona y la influencia sobre ellos de las variables meteorológicas.

El análisis de regresión efectuado entre 16 contaminantes de la atmósfera de Salamanca frente a 8 variables meteorológicas (Fidalgo,

1986 y 1987) puso de manifiesto que la variable más influyente, en general, sobre las concentraciones de los distintos contaminantes era precisamente el módulo de la velocidad del viento. De hecho, el viento es el mecanismo responsable de la turbulencia mecánica y por consiguiente, del transporte y dilución de contaminantes.

En el presente trabajo vamos a estudiar más detalladamente la relación de los contaminantes índice —SO₂ y humos— con el viento, considerado tanto su recorrido como su dirección.

Parte experimental

Los filtros de contaminación fueron recogidos diariamente durante 4 años (mayo 1978 - mayo 1982) en un equipo SF Mc Leod que proporcionaba un caudal de aire aspirado de 4 m³ día⁻¹.

La determinación cuantitativa de SO₂ y de la materia en suspensión, caracterizada como humos negros, se llevó a cabo siguiendo normas BS-1747 por el método del peróxido de hidrógeno y reflectometría respectivamente.

Los datos meteorológicos correspondientes al viento nos fueron facilitados por el observatorio que el INM posee en Matacán, cerca de Salamanca.

Relación con el recorrido y dirección del viento

Según la situación del punto de muestreo, los cuadrantes de vientos más frecuentes en la ciudad —1.º y 3.º— van a coincidir en nuestro caso particular con los sectores que denominaremos C y L siguiendo el criterio adoptado por otros autores (Suárez Marcos, 1977). Así, los vientos del primer cuadrante se corresponden con el sector C o contaminado por proceder del núcleo urbano. Por el contrario, los vientos del tercer cuadrante provienen de una zona poco poblada y limpia desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, de ahí que se corresponda con el sector L, limpio o campo.

Inicialmente clasificamos los días muestreados según el cuadrante de vientos predominante. Consideramos que en un día ha predominado un determinado cuadrante, si el viento provino de él un mínimo de 18 horas.

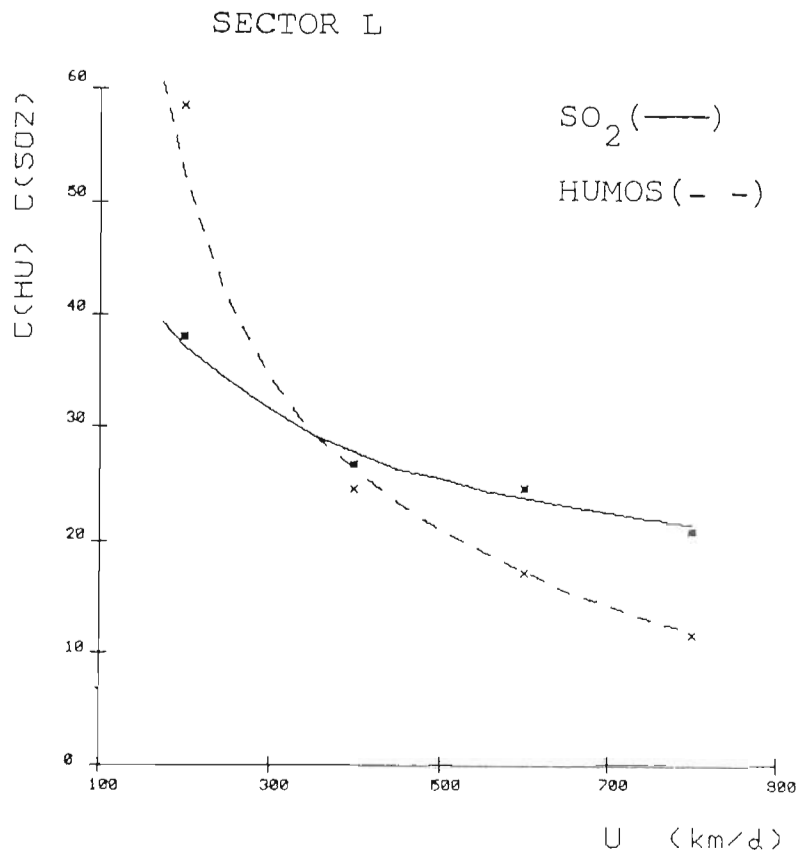
Una vez analizados el total de datos nos centramos en el primero y tercer cuadrantes por ser los más frecuentes en Salamanca. Para cada sector dividimos las oscilaciones de la velocidad del viento en 4 intervalos calculando, para cada uno de ellos, las concentraciones medias de SO₂ y humos. Estos resultados junto con el número de datos correspondientes a cada intervalo se muestran en la tabla 1

TABLA I
CONCENTRACIONES MEDIAS DE SO₂ Y HUMOS SEGUN VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO PARA LOS SECTORES L Y C

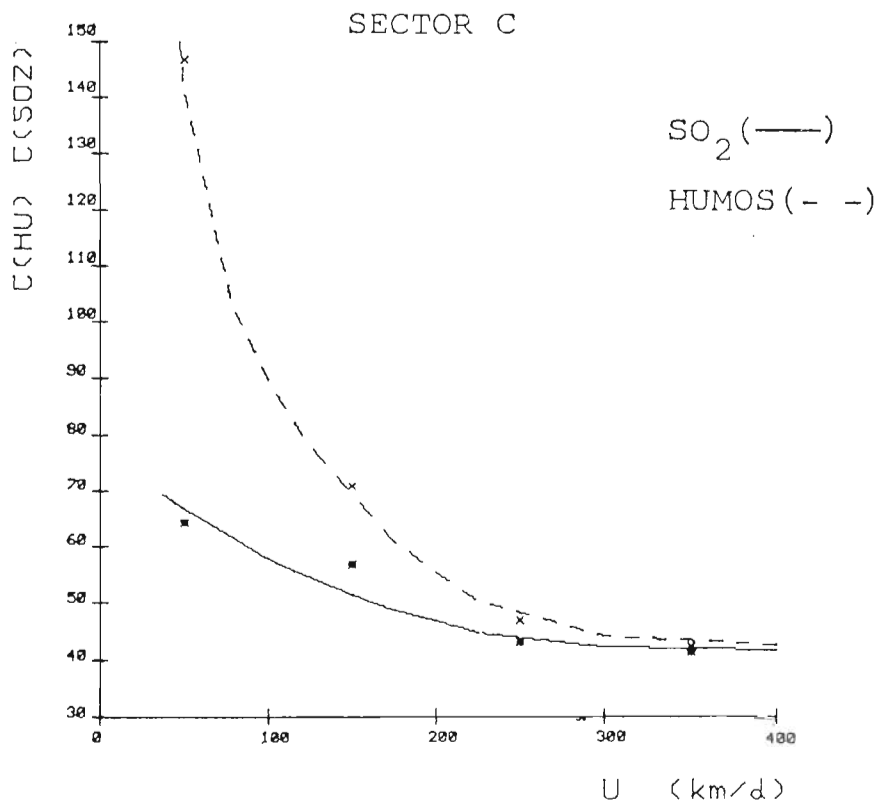
SECTOR L				
\bar{u} (km/d)	< 300	300-500	500-700	> 700
\bar{C}_{SO_2} (µg/m ³)	37,7	26,4	24,3	20,8
\bar{C}_{HUMOS} (µg/m ³)	58,0	24,4	16,8	11,3
N.º datos	37	73	45	20
SECTOR C				
\bar{u} (km/d)	< 100	100-200	200-300	> 300
\bar{C}_{SO_2} (µg/m ³)	64,0	56,5	43,1	41,3
\bar{C}_{HUMOS} (µg/m ³)	145,5	70,2	46,6	42
N.º datos	20	30	42	21

Se observa que a medida que aumenta el recorrido del viento disminuyen las concentraciones en ambos sectores. Adviértase que para el sector C las concentraciones de ambos contaminantes son más altas y los valores medios de la velocidad del viento más bajos que los correspondientes al sector L.

En las gráficas 1 y 2 se aprecia que la disminución que experimentan las concentraciones de



Gráfica 1.—Evolución conjunta de las concentraciones de SO₂ y humos con la velocidad del viento en el sector L.



Gráfica 2.—Evolución conjunta de las concentraciones de SO₂ y humos con la velocidad del viento en el sector C.

SO₂ y humos con el recorrido del viento es más acusada en los primeros intervalos, sobre todo para los humos, con tendencia a estacionarse. Es lógico si tenemos en cuenta que el poder de dispersión del viento está limitado por las concentraciones de fondo de la zona; que una vez alcanzadas son independientes de la velocidad del viento.

A continuación cuantificamos esta dependencia de las concentraciones de los contaminantes respecto del módulo de la velocidad del viento para cada sector, resultando como ajuste más adecuado el potencial, coincidiendo con el obtenido en el análisis de correlación realizado para el total de los datos y para los 4 períodos de invierno (Fidalgo, 1986) fijándonos únicamente en el recorrido del viento y no en su dirección.

Ajustamos los datos de cada sector a una función potencial de la forma: $c = a u^b$. Para el sector L las ecuaciones de ajuste, expresadas en forma lineal son:

$$\begin{aligned} \lg C_{SO_2} &= 2,41 - 0,40 \lg u & r &= -0,33 \\ \lg C_{Humos} &= 3,92 - 0,99 \lg u & r &= -0,79 \end{aligned}$$

siendo: C_{SO_2} y C_{Humos} las concentraciones de los contaminantes; u , módulo de la velocidad del viento y r , el coeficiente de correlación.

De ellas deducimos que existe dependencia entre la concentración de humos y el viento procedente de este sector ($r = -0,79$). Sin embargo, la relación es menos vinculante para el SO₂ ($r = -0,33$). En principio, podemos pensar en la influencia de las distintas alturas de emisión de los dos contaminantes. Los vientos, generalmente fuertes para este sector, harían descender las altas emisiones en las que se encuentra el SO₂ quedando enmascarada la relación entre el aumento de la velocidad del viento y la consiguiente disminución de los niveles de SO₂. Sin embargo, al ser escaso el número de industrias de la capital responsables de las emisiones a elevada altura de SO₂ no parece ser la razón principal en nuestro caso. Más convincente parece el hecho de que las concentraciones de SO₂ en este sector son relativamente bajas, de forma que al acercarse

se a las concentraciones de fondo, éstas, ya no se verían afectadas por la velocidad del viento.

El sector contaminado es en el que nos interesa primordialmente analizar el efecto del viento.

Sus ecuaciones de ajuste son:

$$\begin{aligned} \lg C_{SO_2} &= 2,37 - 0,31 \lg u & r &= -0,41 \\ \lg C_{Humos} &= 3,71 - 0,86 \lg u & r &= -0,68 \end{aligned}$$

Observamos un aumento de la relación entre el SO₂ y el viento (-0,41) respecto al sector anterior; mientras que para los humos disminuye a -0,68. Posiblemente se deba a que las variaciones del módulo de la velocidad del viento en este sector son pequeñas.

A continuación nos vamos a fijar en las pendientes de las rectas obtenidas que se corresponden con las potencias a las que viene elevada la velocidad del viento.

En la tabla 2 se muestran las ecuaciones con sus respectivos coeficientes de correlación para ambos contaminantes. Además de las correspondientes a los dos sectores hemos añadido las del período total de 4 años y 4 inviernos estudiados.

TABLA II
ECUACIONES DE REGRESION
POTENCIAL PARA LOS
CONTAMINANTES SO₂ Y HUMOS
FRENTE A LA VELOCIDAD DEL
VIENTO

Período	Contaminante	lg a	b	Coef. correlación r
4 años	SO ₂	2,57	-0,44	-0,47
	Humos	3,96	-1,00	-0,81
4 inv.	SO ₂	2,58	-0,45	-0,49
	Humos	3,98	-0,97	-0,83
Sector C	SO ₂	2,37	-0,31	-0,41
	Humos	3,71	-0,86	-0,68
Sector L	SO ₂	2,41	-0,40	-0,33
	Humos	3,92	-0,99	-0,79

Como puede observarse las potencias correspondientes al SO_2 (de $-0,31$ a $-0,45$) son bastantes más pequeñas que las de los humos (de $-0,86$ a -1), con lo cual las concentraciones de SO_2 experimentan menor variación que las de humos para un mismo incremento en el recorrido del viento. El signo negativo de todas ellas nos confirma que la relación es inversa.

Benaire (1980) establece un valor de 0 para la potencia de la velocidad del viento cuando solamente existe la difusión convectiva, y -1 si únicamente hay advección. Los valores experimentales intermedios obtenidos en una atmósfera urbana darán idea, por tanto, del predominio de uno u otro mecanismo.

A la vista de nuestros resultados, para el SO_2 parece tener mayor influencia la difusión convectiva en todos los casos, y sobre todo, en el sector C (potencia = $-0,31$).

Para los humos existe un predominio claro de la difusión advectiva por su valor próximo a -1 . El sector C es el que presenta el valor más bajo de la potencia ($-0,86$). Este valor respecto del sector L ($-0,99$) podría explicarse si tenemos en cuenta que: los vientos en el sector contaminado proceden de la ciudad; son más débiles que los del otro sector, y se encuentran, además, con el apantallamiento que suponen las edificaciones de la misma.

Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos podemos concluir que la relación de la velocidad del viento con las concentraciones de los contami-

nantes es más vinculante para los humos que para el SO_2 .

Las concentraciones de SO_2 y humos disminuyen a medida que aumenta la velocidad del viento, al principio, de forma rápida mostrando después una tendencia a estacionarse cuando se alcanzan módulos de la velocidad del viento superiores. Creemos que se debe a que el poder de dilución del viento se ve limitado por las concentraciones de fondo reinantes en la zona.

El poder de dispersión del viento afecta de distinta forma a los humos y al SO_2 . Mientras que para los humos existe un predominio claro de la advección, para el SO_2 parece influir más la difusión convectiva, lo cual podría ser consecuencia directa de la propia naturaleza de ambos contaminantes.

Bibliografía

- BENARIE, M. M. (1980): "The simple box model simplified. Atmospheric Pollution". Proceedings of the 14 th. Intern. Colloq., París. May 5-8. *Studies in Environ. Sci.* 8.
- B. S. I., (1986): "Methods for the measurement of air pollution". Pt. 2 and 3. *British Standard 1747*.
- FIDALGO, M. R.; MATEOS, J. y GARMENDIA, J., (1986): "Relaciones cuantitativas entre los contaminantes índice y las variables meteorológicas en Salamanca". *Rev. de Meteor. Diciembre*, 53-57.
- (1987): "Influencia cuantitativa de 8 variables meteorológicas en las concentraciones de 12 elementos contenidos en los aerosoles atmosféricos de Salamanca". *Anales de Fis. Serie B*, Vol. 83, 163-165.
- SUÁREZ MARCOS, A., (1987): "Contribución al estudio de la dispersión de elementos sólidos en las capas bajas de la atmósfera". *Tesis Doct. Dpto. Fís. Fundamental. Univ. Valladolid*.