

VARIABILIDAD DE LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES A LO LARGO DE LOS DÍAS DE LA SEMANA EN BARCELONA

Arturo SÁNCHEZ LORENZO

Grupo de Investigación Geoambiental, Universidad de Extremadura

RESUMEN

El propósito de esta comunicación es el análisis de las concentraciones de algunos de los principales contaminantes medidos en la ciudad de Barcelona, desde diciembre de 1998 a noviembre de 2002. Se ha estudiado la dependencia existente entre los valores medios diarios máximos y el día de la semana. A diferencia de lo que ocurre con los otros contaminantes, el ozono (contaminante fotoquímico) presenta las mayores concentraciones durante el fin de semana, que es cuando en la ciudad se reducen las emisiones (concentración más baja de los demás contaminantes primarios).

Palabras clave: Barcelona, contaminantes, concentración, días de la semana.

ABSTRACT

The aim of this paper is to analyse concentrations of some of the main pollutants measured in the city of Barcelona, from December of 1998 to November of 2002. The existent dependence has been studied between the maximum daily mean values and the day of the week. Contrary to what happens with the other pollutants, the ozone (photochemical pollutant) it presents the biggest concentrations during the weekend that is when in the city decrease the emissions (lower concentration of the other primary pollutants).

Key words: Barcelona, pollutants, concentration, days of the week.

1. INTRODUCCIÓN

No existe una definición exacta de contaminación atmosférica, y al consultar la bibliografía nos encontramos con numerosas aproximaciones, siendo todas ellas semejantes, pero diferenciándose en diversos aspectos. Esas diferencias están relacionadas normalmente con la formación académica del autor, así como el contexto socio-económico en el que se realizan.

La contaminación del aire se puede definir como la presencia en la atmósfera de sustancias o energía en tales cantidades y de tal duración que son capaces de causar daños a los hombres, a las plantas o a la vida animal, o de dañar los objetos y estructuras fabricadas por el hombre, o de provocar cambios de temperatura y clima, o dificultades para el cómodo disfrute de la vida, de los bienes o de otras actividades humanas (ELSOM, 1990).

Así, desde una óptica general la contaminación no necesariamente ha de entenderse como un producto de la actividad humana, pues el propio planeta genera sustancias contaminantes de forma natural.

Tal y como comenta ALBENTOSA (1980), la contaminación no es un fenómeno reciente, sino que se remonta a las épocas protohistóricas. Desde hace miles de años los incendios forestales y las tormentas de arena lanzan a la atmósfera toneladas de polvo y hollín.

Pero esta contaminación “natural” debe diferenciarse claramente de la que en la actualidad se emite debido a la acción del hombre (contaminación *tecnógena* según diversos autores), y que está relacionada con la expansión demográfica, el crecimiento industrial y, como síntesis de ambos, con el hecho urbano (ALBENTOSA, 1980).

Por lo tanto, el estudio de la contaminación atmosférica sobre las ciudades posee en la actualidad una importancia relevante, ya que buena parte de la población mundial se asienta sobre áreas urbanas, apuntando las proyecciones hacia un aumento de este porcentaje.

Las interrelaciones que se establecen entre la contaminación atmosférica urbana y la climatología han sido objeto de estudio por diferentes investigadores. Los avances que se han realizado dan como resultado que en la actualidad ya se puedan enumerar las principales modificaciones generadas por los espacios urbanos. Así LÓPEZ GÓMEZ *et al.* (en HERNÁNDEZ y ENDLICHER, 1998) afirman que las ciudades constituyen los espacios humanizados más espectaculares, ya que son en ellas donde la acción del hombre alcanza intensidad máxima, alterándose incluso el aire y el clima regional (temperatura, lluvia, viento), con gran repercusión ecológica, puesto que afecta de manera directa e inmediata a sus habitantes (LÓPEZ GÓMEZ *et al.*, 1991).

Así, se producen modificaciones de las variables climáticas debido a la contaminación atmosférica. Pero además, estas variables climáticas o meteorológicas influyen en las variaciones espacio-temporales de la contaminación (FERNÁNDEZ GARCÍA, 2001). De todas formas en las distribuciones de las concentraciones de los contaminantes juega un papel fundamental las emisiones antrópicas, siendo igual o más importante que las condiciones impuestas por el medio físico o atmosférico.

2. ÁREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

El estudio se centra en la ciudad de Barcelona (41° N, 2° E aprox.), situándose tres de las seis estaciones de control atmosférico en el mismo término municipal de Barcelona:

1. Eixample (Av. Roma-Urgell);
2. Gràcia-St.Gervasi (Gala Placídia) y,
3. Poblenou (Trueta).

Las otras se sitúan en:

4. L'Hospitalet de Llobregat (Av. Torrent Gornal);
5. Badalona (Pl. Pep Ventura) y,
6. Santa Coloma de Gramanet (Torre Balldovina), municipios colindantes con los que forma prácticamente un continuo urbano (Fig.1).

Por lo tanto, el estudio engloba sólo una parte del área metropolitana de Barcelona, aunque en estos cuatro municipios reside más de 2 millones de personas, es decir, la mayor parte de la población de dicha unidad.



Fig.1. Red de Vigilancia y Previsión de la Contaminación Atmosférica (XVPCA) en el Área Metropolitana de Barcelona. Marcadas con círculo las estaciones empleadas en el estudio
Fuente: Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya

De las seis estaciones de control atmosférico se ha estudiado la serie comprendida entre diciembre de 1998 y noviembre de 2002, contando para ello con las medias diarias de los siguientes contaminantes: CO, SO₂, NO, NO₂, y O₃.

A partir de estos datos se han realizado los diferentes gráficos, aunque necesitaron un tratamiento específico ya que las series presentaban vacíos (superiores a un par de meses consecutivos en ocasiones), con lo que la comparación entre las diversas estaciones seleccionadas se veía dificultada. Así, se han elegido sólo los días que presentasen registros en todas estaciones seleccionadas.

Para ver la distribución de los contaminantes durante los días de la semana se ha realizado una clasificación de los días que cumplían con los requisitos citados anteriormente. Para apreciar las diferencias que existen a lo largo de la semana se ha optado por realizar una clasificación con los datos de los últimos cuartiles y deciles de cada contaminante. Así se ha conseguido diferenciar si las concentraciones más elevadas de contaminación se agrupaban en los días laborables o en el fin de semana.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la distribución por días de la semana (Figs. 2-6) de los diferentes contaminantes se aprecia claramente como las concentraciones más bajas de CO, SO₂, NO y NO₂ (monóxido de carbono, dióxido de azufre, monóxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno) se agrupan preferentemente durante el fin de semana. Así, durante los días laborables las concentraciones presentes son muy superiores, siguiendo una tendencia creciente a lo largo de la semana, que por lo general provoca que los valores máximos se concentren en jueves y viernes. Esta distribución es

obvia, ya que durante los fines de semana cesan considerablemente las emisiones de contaminantes, fruto de la disminución del tráfico, de las actividades industriales, etc. Así, también es presumible que a lo largo de la semana la tendencia de la contaminación sea ascendente, pues se irán acumulando progresivamente, hasta tener un máximo en los días finales de la semana laboral (jueves y viernes). Destacar también que en el NO (Fig. 4) se aprecia claramente como los lunes presentan valores más elevados que los martes y miércoles, hecho que puede ser explicado posiblemente por la reactivación de las industrias, oficinas (calefacción o aire acondicionado), etc. después del fin de semana, que se traduce, tal y como citan algunos autores (ELSOM, 1990), en unas emisiones de contaminantes muy elevadas, superando incluso las que se realizan a lo largo de los demás días laborables. En cambio el O₃ (ozono), presenta una distribución totalmente diferente (Fig. 6), apreciándose nítidamente como aumentan las concentraciones los fines de semana. También es destacable que el ozono muestra una mayor dependencia al día de la semana, ya que son mayores las diferencias que se establecen entre los días laborables y el fin de semana.

Para poder explicar esta distribución hay que entender la génesis de este contaminante, ya que sin lugar a dudas este hecho va a facilitar la comprensión de los resultados obtenidos. Brevemente decir que el ozono es un contaminante secundario de origen fotoquímico, es decir que necesita radiación solar, así como unos contaminantes primarios o precursores para su formación (hidrocarburos y óxidos de nitrógeno).

Esto implica en primer lugar que las máximas concentraciones de ozono se van a registrar en la época estival (Fig. 7), debido a la mayor radiación solar existente en esa época del año. Esto coincide con una reducción de las concentraciones en los demás contaminantes primarios (CO, SO₂, NO y NO₂), tal y como por ejemplo ocurre en el caso del monóxido de nitrógeno (Fig. 8), debido a diversas causas, entre las que destacan las reducciones de emisiones de contaminantes por los periodos vacacionales, mayores fenómenos convectivos que aumentan la capa de aire disponible para la difusión (disminuyéndose por lo tanto la densidad o concentración de los contaminantes), etc.

A diferencia de lo que ocurre con el ozono, los demás contaminantes presentan un máximo en las épocas invernales, tal y como se puede apreciar para el caso del NO (Fig. 8), debido a entre otros factores a las inversiones térmicas en superficie que dificultan la mezcla del aire en altura, evitando con ello la difusión de los contaminantes.

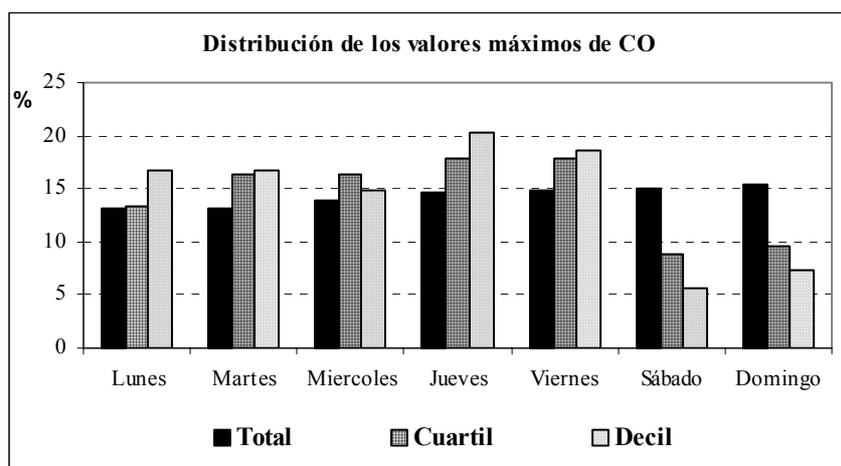


Fig. 2. Distribución, por días de la semana, de las concentraciones de CO

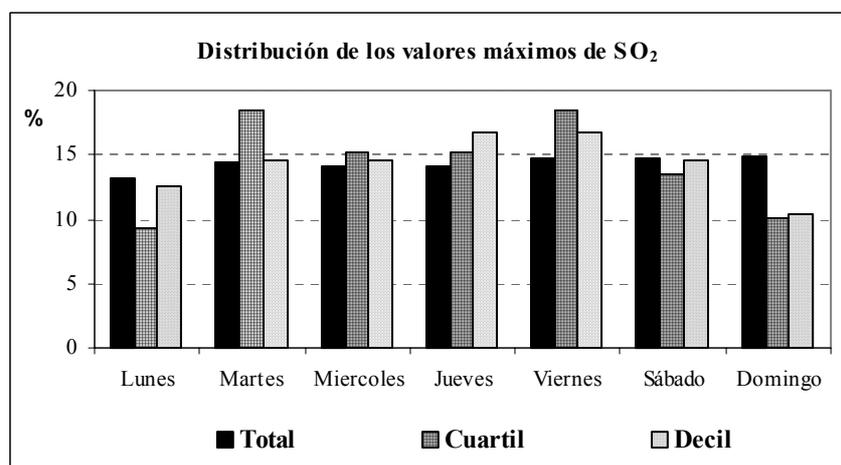


Fig. 3. Distribución, por días de la semana, de las concentraciones de SO₂

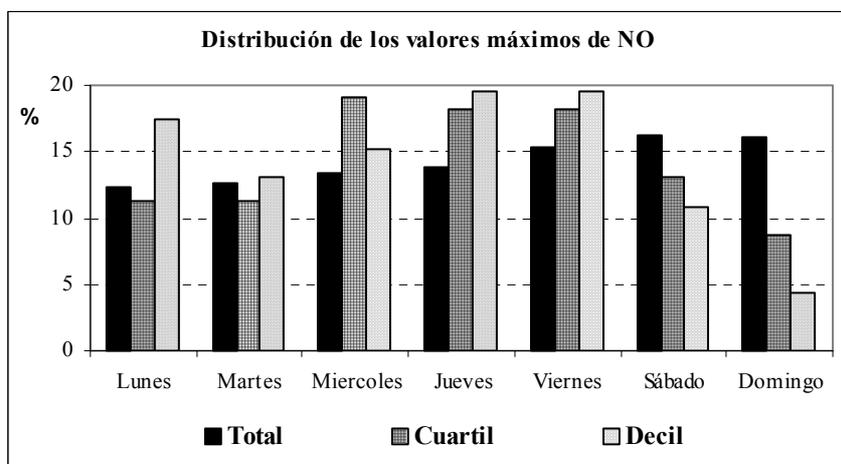


Fig. 4. Distribución, por días de la semana, de las concentraciones de NO

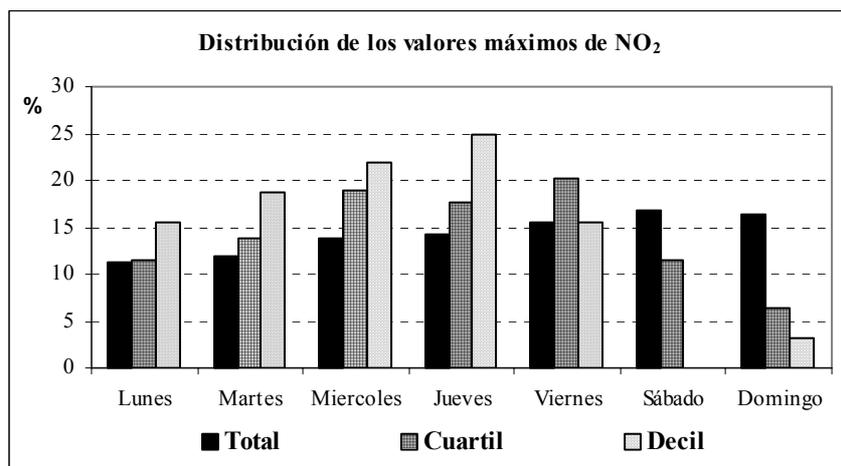


Fig. 5. Distribución, por días de la semana, de las concentraciones de NO₂

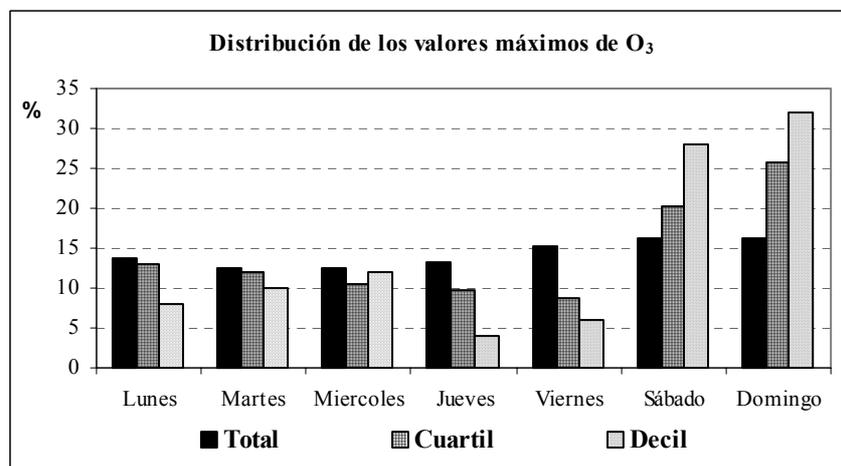


Fig. 6. Distribución, por días de la semana, de las concentraciones de O₃

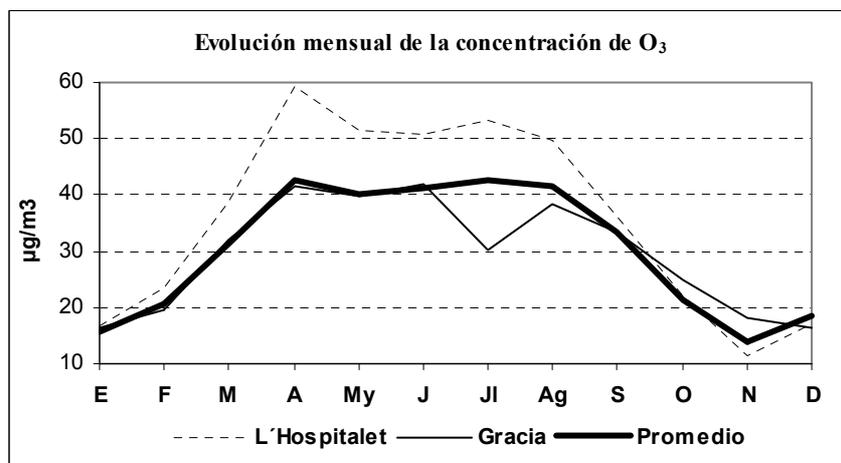


Fig. 7. Evolución de la concentración de O₃ (Dic. 1998-Nov. 2002)

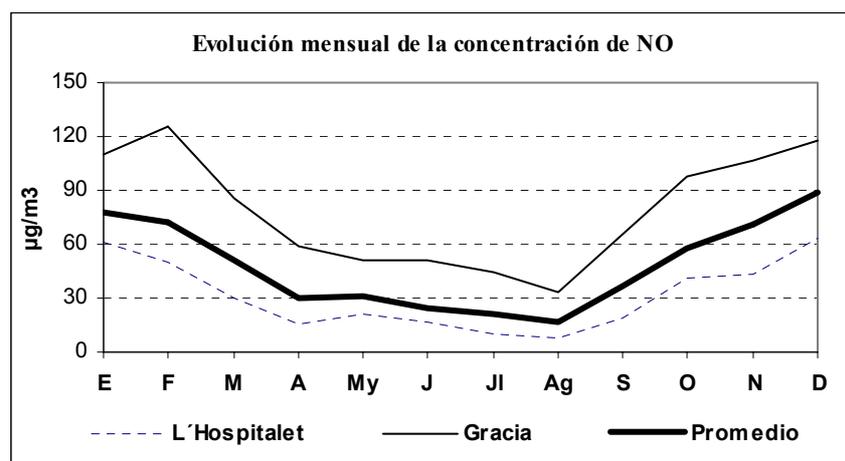


Fig. 8. Evolución de la concentración de NO (Dic. 1998-Nov. 2002)

Además de esta variación temporal también existe una diferenciación espacial en la distribución de los contaminantes, tal y como se aprecia (Figs. 7 y 8) en las estaciones situadas en Gracia (centro) y L'Hospitalet (periferia). Así, en Gracia, los valores de NO son a lo largo del año superiores a los de L'Hospitalet, mientras que ocurre todo lo contrario para el ozono (excepto en los meses de octubre y noviembre).

Esta distribución espacial ya es señalada por FERNÁNDEZ GARCÍA (2001) al afirmar que este hecho está debido al papel desempeñado por los contaminantes precursores, ya que las mayores emisiones realizadas en las zonas céntricas de las ciudades implican un ciclo continuado en la formación y destrucción del ozono, por lo que raramente se alcanzan niveles elevados en la concentración de este contaminante. En cambio, en las zonas periféricas, la formación de NO₂ es bastante menor y el ozono se forma a partir de precursores procedentes de la ciudad y transportado hacia la periferia por los vientos dominantes.

Este fenómeno puede reflejarse en las figuras 9 y 10, donde se ha representado la distribución, por días de la semana, de los valores máximos de ozono, pero a diferencia de la figura 6 no se ha representado los valores medios, sino los de las estaciones de L'Hospitalet y Gracia respectivamente. Los datos nos muestran que los porcentajes de los fines de semana en la estación de Gracia son superiores a los de L'Hospitalet, lo que a simple vista hace suponer que las disminuciones de los contaminantes precursores que ocurren en estos días favorece, en términos relativos, la formación de ozono en la zona central de la ciudad.

La disminución de los contaminantes precursores durante el fin de semana se basa en los gráficos anteriormente comentados, pero en concordancia con la argumentación realizada los días de máximas concentraciones (cuarto cuartil y décimo decil) del O₃ se producen durante el semestre cálido, mientras que para los demás contaminantes ocurre en el frío. Como el interés está en ver la relación de los contaminantes precursores en la formación del ozono se ha realizado una distribución, por días de la semana, de los valores máximos de NO₂ registrados en las estaciones de L'Hospitalet y Gracia durante el semestre cálido (Figs. 11 y 12 respectivamente). En ellas se

observa la misma tendencia que con los promedios de todas las estaciones (Fig. 5), sin que además existan diferencias significativas entre ambas estaciones.

Otro detalle que salta a la vista es que el aumento de las concentraciones de ozono alcanza su máximo los domingos (Figs. 6, 9 y 10), justo cuando las emisiones de los contaminantes primarios son menores.

Así, queda claro que no por más emisiones de precursores el ozono alcanza concentraciones mayores, sino todo lo contrario.

Por lo tanto se podría deducir que el descenso en la emisión de los contaminantes podría favorecer indirectamente la formación del ozono. Una posible explicación habría que intentarla buscar en la importancia de la radiación solar, ya que es el principal factor o variable a la hora de estudiar las fluctuaciones del ozono.

Una hipótesis que parece adaptarse a los resultados obtenidos es que posiblemente el aumento de la contaminación de O_3 durante los fines de semana esté debida a la reducción de los contaminantes precursores en la ciudad. Este hecho favorecería una mayor visibilidad atmosférica, y por lo tanto una mayor radiación solar, que se traduciría en un aumento de los procesos fotoquímicos de formación del ozono.

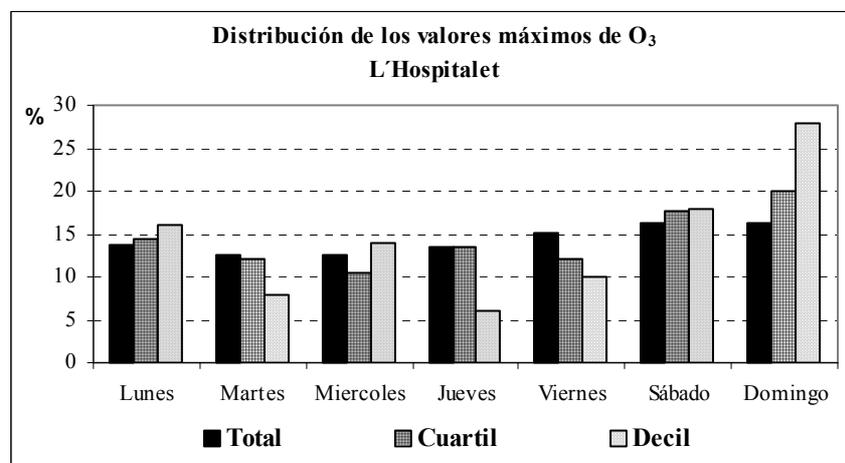


Fig. 9. Distribución, por días de la semana, de las concentraciones de O_3 en L'Hospitalet

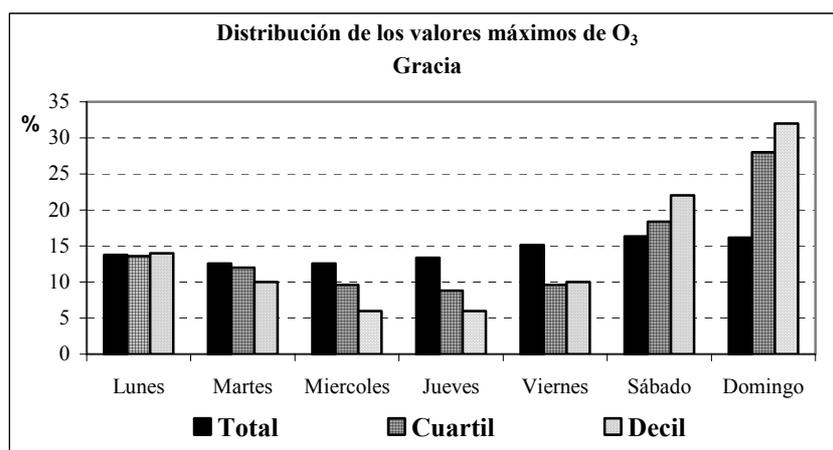


Fig. 10. Distribución, por días de la semana, de las concentraciones de O₃ en Gracia

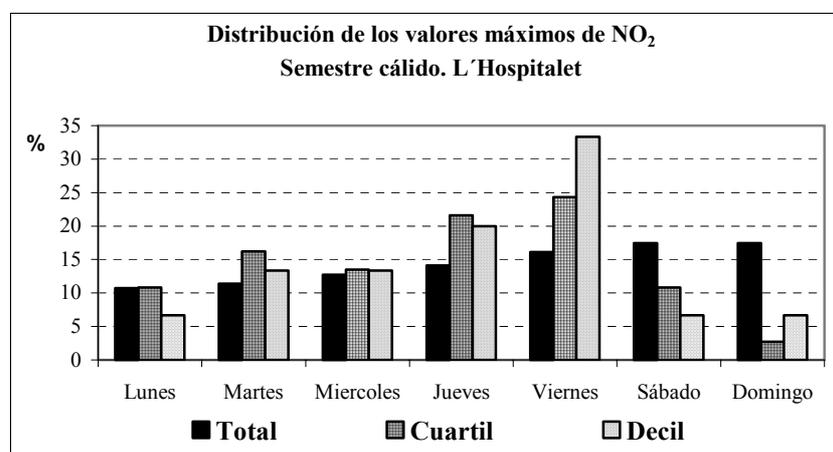


Fig. 11. Distribución, por días de la semana, de las concentraciones de O₃ en L'Hospitalet, teniendo en cuenta solamente el semestre cálido

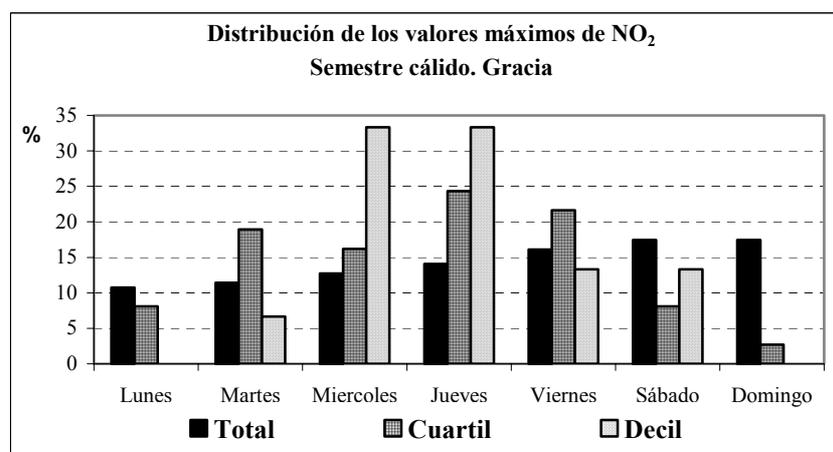


Fig. 12. Distribución, por días de la semana, de las concentraciones de O₃ en Gracia, teniendo en cuenta solamente el semestre cálido

Tal y como citan HUEBNER *et al.* (1994), la importancia de los contaminantes es fundamental a la hora de establecer los balances radiativos en la ciudad. Hay que pensar que dichos contaminantes reflejan o absorben parte de la radiación de onda corta incidente (y por lo tanto parte de la UV). Estos mismos autores citan la importancia de los contaminantes en la formación de la isla de calor.

Como acabamos de decir, los contaminantes absorben parte de la radiación solar, y posteriormente reemiten radiación infrarroja, con lo que de esta forma se puede plantear la hipótesis siguiente: la radiación infrarroja que genera la capa de contaminantes sobre la ciudad intensifica la isla de calor durante la noche, pero a su vez la atenúa durante el día (por reducción de radiación solar). En concreto BERGSTROM *et al.* (en HUEBNER *et al.*, 1994) señalan que la radiación infrarroja de la capa de contaminantes incrementa la isla de calor al amanecer, pero la reflexión de la radiación solar por la capa de aerosoles disminuye la magnitud de la isla de calor durante el día. Todo lo dicho encaja con las características principales de las islas de calor urbanas. Durante la noche presentan anomalías positivas respecto a sus alrededores, pero por el día esta diferencia se iguala o incluso se invierte.

De forma paralela, al saber que durante los veranos disminuyen las concentraciones de la contaminación (NO, pero también NO₂, CO, SO₂) también se podría relacionar con el fenómeno de la isla de calor, ya que tal y como se ha demostrado en la mayoría de los estudios, ésta no aparece, o si lo hace es con una menor intensidad, durante los meses estivales (MORENO, 1993 y 1999). Por lo tanto la relación entre isla de calor y concentración de contaminantes es evidente, aunque por supuesto no se puede pensar que es el único factor exclusivo en su formación, simplemente existe una “retroalimentación” positiva.

4. CONCLUSIONES

Tal y como era previsible los contaminantes primarios presentan las mayores concentraciones de contaminación los días laborables, no siendo así para el caso del ozono, que lo hace durante los fines de semana, incrementándose el porcentaje de sábado a domingo. Así, queda patente que además de las condiciones atmosféricas o sinópticas también juega un papel importante las actividades antrópicas.

A partir de los resultados obtenidos se puede intuir que las diferencias espaciales y temporales en las concentraciones de los contaminantes primarios juega un papel fundamental en los balances radiativos, influyendo de forma notable en la formación fotoquímica del ozono.

5. AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento al Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, y en especial a Lluís Gustems, por proporcionarme desinteresadamente los datos necesarios para este estudio.

También agradezco al Grupo de Climatología del Departamento de Geografía Física y Regional de la Universidad de Barcelona, especialmente a M^a Carmen Moreno García, ya que sin su consejo este pequeño estudio de investigación no hubiese sido posible.

6. REFERENCIAS

- ALBENTOSA SÁNCHEZ, L.M. (1980). "Contaminación y cambio de clima en las regiones urbanas industrializadas". *Tarraco, Cuadernos de Geografía*, 1, pp. 11-37.
- BALDASANO, J.M.; CALBÓ, J. y COSTA, M. (1996). Importance of atmospheric transport processes in the urban air quality: the case of Barcelona. En: POWER, H. y MOUSSIOPOULOS, N. (Eds.). *Urban Air Pollution. Volume 2*. Computational Mechanics Publications, Southampton, Boston.
- ELSOM, D. (1990). *La contaminación atmosférica*. Ediciones Cátedra. Madrid.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (2001). Clima y calidad ambiental en las ciudades: propuesta metodológica y su aplicación al área de Madrid. En: RASO NADAL, J.M. y MARTÍN-VIDE, J. (Eds.). *Proyectos y métodos actuales en Climatología*. Publicaciones de la Asociación Española (AEC), Serie B, 1, pp. 41-66.
- HERNÁNDEZ, C. y ENDLICHER, W. (1998). La contaminación atmosférica en un área urbana subtropical: el caso de San Miguel de Tucacán (Argentina). En: FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; GALÁN GALLEGO, E. y CAÑADA TORRECILLA, R. (Coords). *Clima y ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas*. Parteluz, Madrid, pp. 145-154.
- HORCAS CALVO, R. y NÁJERA CUENCA, I. (1998). La influencia de las condiciones atmosféricas en la dispersión de contaminantes. En: FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; GALÁN GALLEGO, E. y CAÑADA TORRECILLA, R. (Coords). *Clima y ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas*. Parteluz, Madrid, pp. 495-507.
- HUEBNER, W.F.; KILLEN, R.M. y BOICE, D.C. (1994). Reciprocity between the urban heat island effect and air pollution. En POWER, H.; MOUSSIOPOULOS, N. y BREBBIA, C.A. (Eds.). *Urban Air Pollution, Volume 1*. Computational Mechanics Publications, Southampton, Boston.
- MORENO GARCÍA, M.C. (1993). *Estudio del clima urbano de Barcelona: la isla de calor*. Oikos-tau, Barcelona.
- MORENO GARCÍA, M.C. (1999). *Climatología urbana*. UB, Col. Textos Docents, 160, Barcelona.

