



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Relación entre parámetros meteorológicos y contaminantes atmosféricos medidos con un sistema DOAS en Burgos

Autor: Ramón E. Viloría Raymundo

Institución: Universidad de Burgos
E-mail: rviloría@ubu.es

Otros autores: Verónica Tricio



RESUMEN:

La medida de contaminantes atmosféricos mediante la utilización de un sistema DOAS (Espectrometría por Absorción Óptica Diferencial) presenta grandes ventajas con respecto a los métodos tradicionales basados en una medición puntual; la ubicación del medidor, los efectos de superficie, la proximidad a fuentes emisoras o los vientos locales pueden influir notablemente en los resultados obtenidos. La técnica DOAS salva estas limitaciones pues promedia la absorción espectroscópica a lo largo del camino óptico de medida; además, el sistema es capaz de medir simultáneamente distintos contaminantes. Con un equipo DOAS instalado hace cinco años en el Campus de San Amaro de la Universidad de Burgos hemos medido las concentraciones de 11 contaminantes, aunque en este trabajo analizamos los datos de ozono, NO_x y SO₂ únicamente. Las medidas se realizan a lo largo de dos caminos ópticos, pues el DOAS cuenta con dos emisores, dos receptores y una unidad central que procesa la señal de ambos caminos. En el trabajo se analiza el comportamiento de los contaminantes citados en diversas situaciones meteorológicas; para ello contamos con los datos de una pequeña estación que acompaña al equipo DOAS y de los más detallados datos obtenidos con una torre meteorológica ubicada en Villafría, próxima a la ciudad de Burgos. La notable influencia de parámetros como la radiación solar, la velocidad del viento o la temperatura, particularmente en aquellas especies que participan en el ciclo fotoquímico, son analizadas en detalle en este trabajo.



1.- INTRODUCCIÓN

La medida de contaminantes atmosféricos mediante la utilización de un sistema DOAS (Espectrometría por Absorción Óptica Diferencial) presenta grandes ventajas con respecto a los métodos tradicionales basados en una medición puntual; la ubicación del medidor, los efectos de superficie, la proximidad a fuentes emisoras o los vientos locales pueden influir notablemente en los resultados obtenidos. La técnica DOAS salva estas limitaciones pues promedia la absorción espectroscópica a lo largo del camino óptico de medida; además, el sistema es capaz de medir simultáneamente distintos contaminantes. Con un equipo DOAS instalado hace cinco años en el Campus de San Amaro de la Universidad de Burgos hemos medido las concentraciones de 11 contaminantes, aunque en este trabajo analizamos los datos de ozono y NO_x únicamente. Las medidas se realizan a lo largo de dos caminos ópticos, pues el DOAS cuenta con dos emisores, dos receptores y una unidad central que procesa la señal de ambos caminos.

2.- EQUIPO DE MEDIDA

Desde el año 2002 se cuenta con un equipo de medida DOAS (Espectrometría por Absorción Óptica Diferencial). Su principio de medida se basa en la absorción de la luz que recorre un determinado camino óptico debida a los contaminantes atmosféricos presentes en ese recorrido. Su uso permite determinar concentraciones de contaminantes no medibles fácilmente por técnicas estándar, además de forma continua e integradas espacialmente. Los efectos locales son asimismo eliminados con estos métodos ópticos, pues la integración se efectúa para todo el recorrido del haz de luz. Un sistema DOAS consta de un emisor, compuesto por una lámpara de xenón y un espejo parabólico que actúa como colimador, y un receptor, compuesto también por un espejo que focaliza la luz recibida hacia una fibra óptica que conduce el haz luminoso hacia una red de difracción ubicada en la Unidad central, donde un sistema compuesto por fotodetectores y fotomultiplicadores permite, junto al software adecuado, obtener las concentraciones de los elementos atmosféricos deseados.

El sistema trabaja en la región UV-VIS (200 a 900 nm). Para seleccionar la longitud de onda, un disco giratorio (que permite una resolución de 0,4 nm) se coloca frente al fotomultiplicador que detecta la intensidad luminosa, y la convierte en una señal digital que puede ser almacenada en la unidad central. El espectro atmosférico medido se usa para obtener el espectro diferencial; a partir de la correlación múltiple entre el espectro medido y los valores pregrabados de los gases atmosféricos que absorben en la misma región del espectro se determinan las concentraciones, que son almacenadas en el ordenador junto a sus desviaciones estándar y niveles de luz.

En la Universidad de Burgos se cuenta con un sistema más completo que el descrito, pues la Unidad Central analiza la luz que reciben dos detectores de dos caminos ópticos diferentes (fig. 1), utilizando un multiplexor que intercambia la fibra óptica que llega de cada uno de los caminos. Uno de ellos debe ser de corta longitud, pues sólo así se puede proceder a la medida de NO y NH_3 . Los aparatos se hallan ubicados en los tejados de diversos edificios universitarios; un emisor se sitúa sobre el Edificio I+D+i, el otro sobre la Facultad de Económicas, mientras que la Unidad Central y los dos receptores se hallan en la Facultad de Humanidades y Educación. El sistema permite la medida casi simultánea (con poca diferencia temporal) de NO , NO_2 , NO_3 , NH_3 , SO_2 , formaldehído, estireno, ozono, fenol, benceno, tolueno y xileno. El estudio de la importancia de los procesos químicos de transformación en la atmósfera puede ser uno de los objetivos más fructíferos del trabajo que estamos abordando.

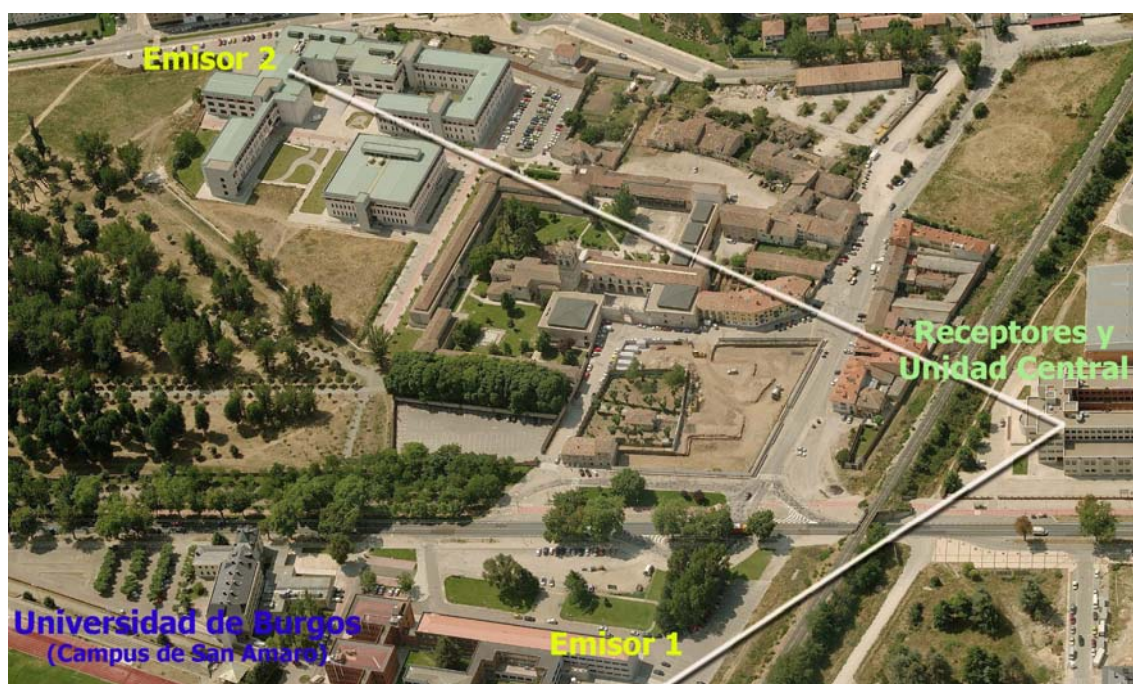


Figura 1. El sistema DOAS en su ubicación actual en el Campus de San Amaro de la Universidad de Burgos

El sistema se completa con una estación meteorológica que permite determinar la radiación solar total, temperatura, humedad atmosférica, presión, velocidad y dirección del viento.

3.- ANÁLISIS DE DATOS

En el trabajo se analiza el comportamiento de los contaminantes citados en diversas situaciones meteorológicas; para ello contamos con los datos de una pequeña estación que acompaña al equipo DOAS y de los más detallados datos obtenidos con una torre meteorológica ubicada en Villafría, próxima a la ciudad de Burgos. La notable influencia de parámetros como la radiación solar, la velocidad del viento o la temperatura, particularmente en aquellas especies que participan en el ciclo fotoquímico, son analizadas en detalle en este trabajo.

En las primeras gráficas que siguen se han representado las evoluciones temporales de algunos contaminantes medidos por el DOAS y de parámetros meteorológicos escogidos. En la figura 2 se muestra la evolución simultánea de las concentraciones de ozono y NO_2 en el camino largo, siendo claramente observable el comportamiento opuesto de sus variaciones debido a la relación conocida que ambos presentan en el ciclo fotoquímico. Los datos de esta y las siguientes gráficas corresponden a un episodio anticiclónico muy característico ocurrido durante el verano de 2003, año muy cálido en los meses veraniegos en la ciudad de Burgos (recordemos que ese año ostenta récords diversos ligados probablemente al calentamiento global).

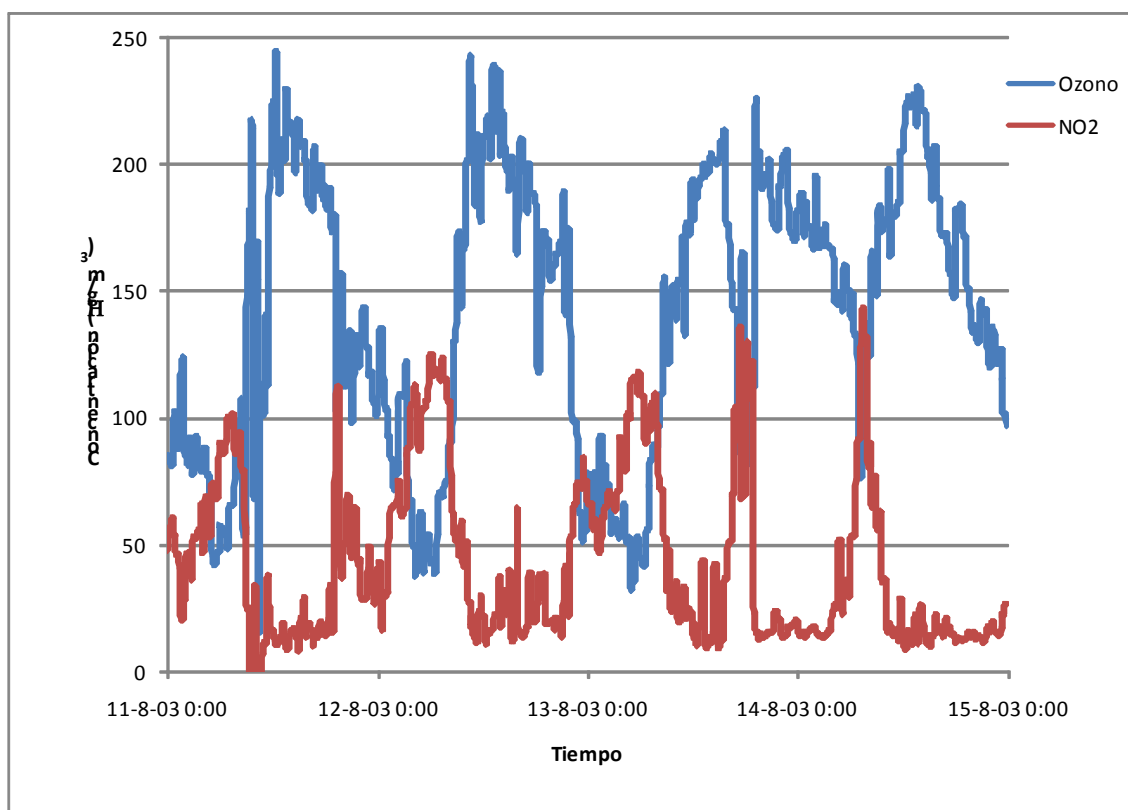


Figura 2.- Evolución temporal de las concentraciones de ozono y NO2 en un episodio del mes de Agosto de 2003.

La figura 3 muestra la elevada coincidencia (al margen de la arbitraria elección de escalas) entre la evolución temporal del ozono y los valores medidos de la temperatura del aire. Es notable, salvo en el tercer día del episodio, la coincidencia casi perfecta de los máximos y mínimos de ambas magnitudes. Sin embargo, otra variable a menudo asociada al comportamiento del ciclo fotoquímico como es la radiación solar, muestra una evidente correlación pero mucha más disparidad en la ubicación de máximos y mínimos (figura 4).

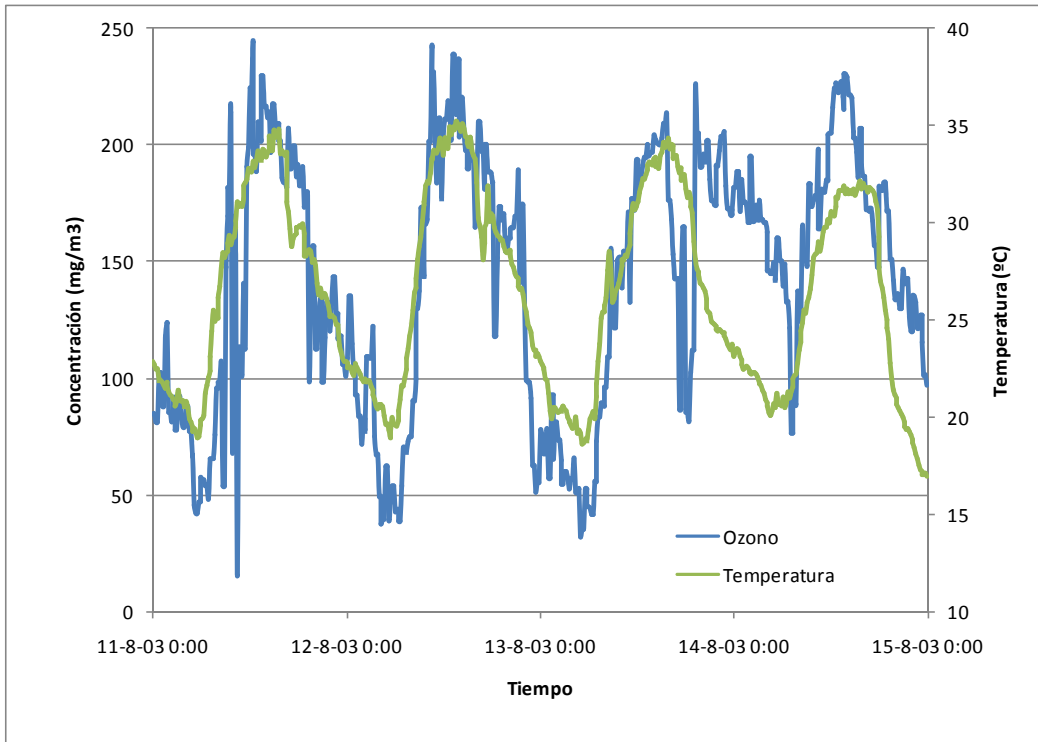


Figura 3.- Evolución temporal de la concentración de ozono y temperatura en un episodio del mes de Agosto de 2003

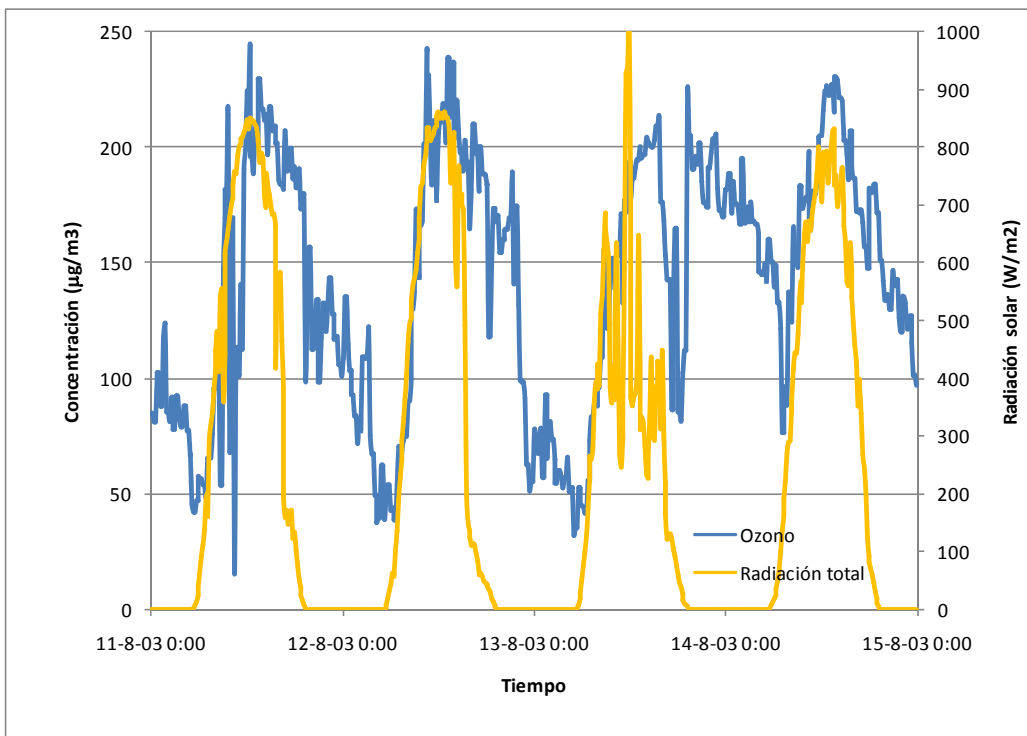


Figura 4.- Evolución temporal de la concentración de ozono y la radiación solar en un episodio del mes de Agosto de 2003

Con el fin de analizar en detalle estas relaciones deducidas de la evolución temporal, hemos calculado los valores medios de los distintos parámetros estudiados correspondientes a todo el mes de agosto de 2003. Estas medias se obtienen tomando los valores de cada parámetro con un intervalo de 10 minutos, y promediando para todos los días del mes, obteniendo así una serie de gráficas que muestran la evolución diaria media de los diferentes variables. Las figuras 5, 6 y 7 muestran precisamente los valores medios a lo largo del día del ozono y el NO₂, del ozono y la temperatura y finalmente, del ozono y la radiación solar total. Este ciclo diario se manifiesta, por una parte, claramente ligado a la evolución temporal del NO₂, pues los máximos y mínimos de ambas magnitudes están inversamente relacionados. Además, ahora se pone de manifiesto de manera mucho más evidente lo que antes se afirmaba: la correlación entre los valores de la concentración de ozono, contaminante fuertemente ligado al ciclo fotoquímico en el que la radiación solar juega un papel desencadenante y ésta es claro, pero no es una correlación directa a lo largo del día; efectivamente, juega un papel clave en el inicio de la formación de ozono, pero a partir de un cierto momento, es la temperatura la variable que muestra un nivel de dependencia y correlación mucho más estrecho, acompañando la evolución a lo largo del evidente ciclo diario.

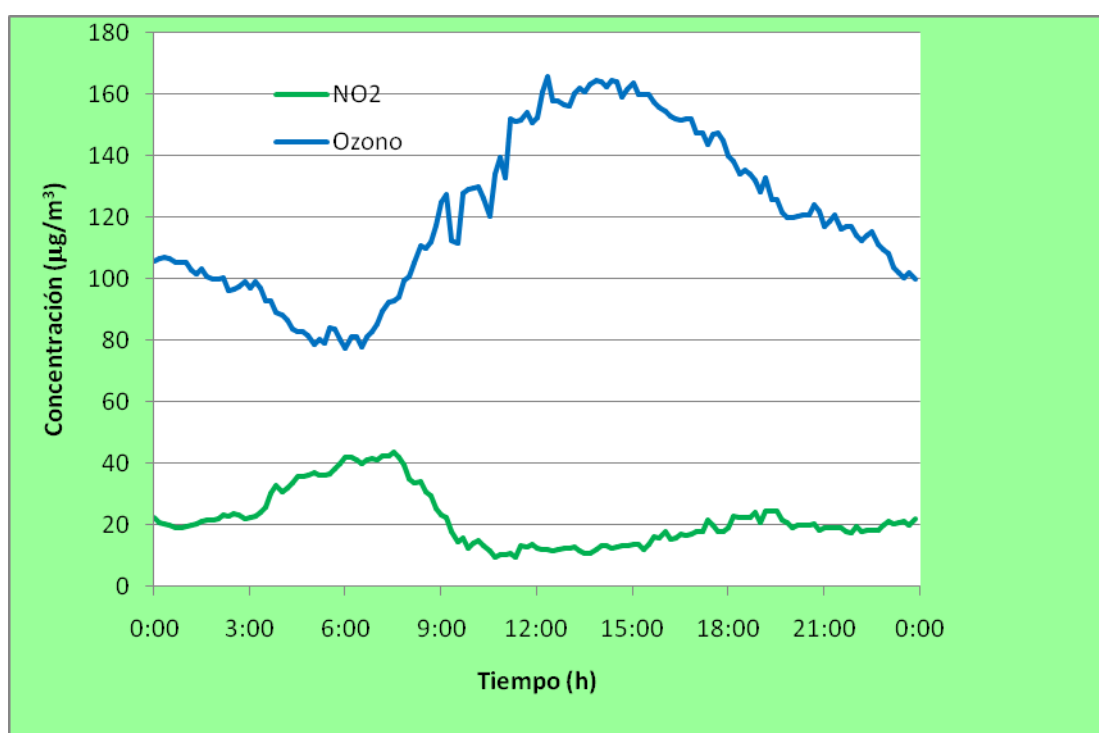


Figura 5.- Evolución media a lo largo del día de ozono y dióxido de nitrógeno, para todo el mes de Agosto.

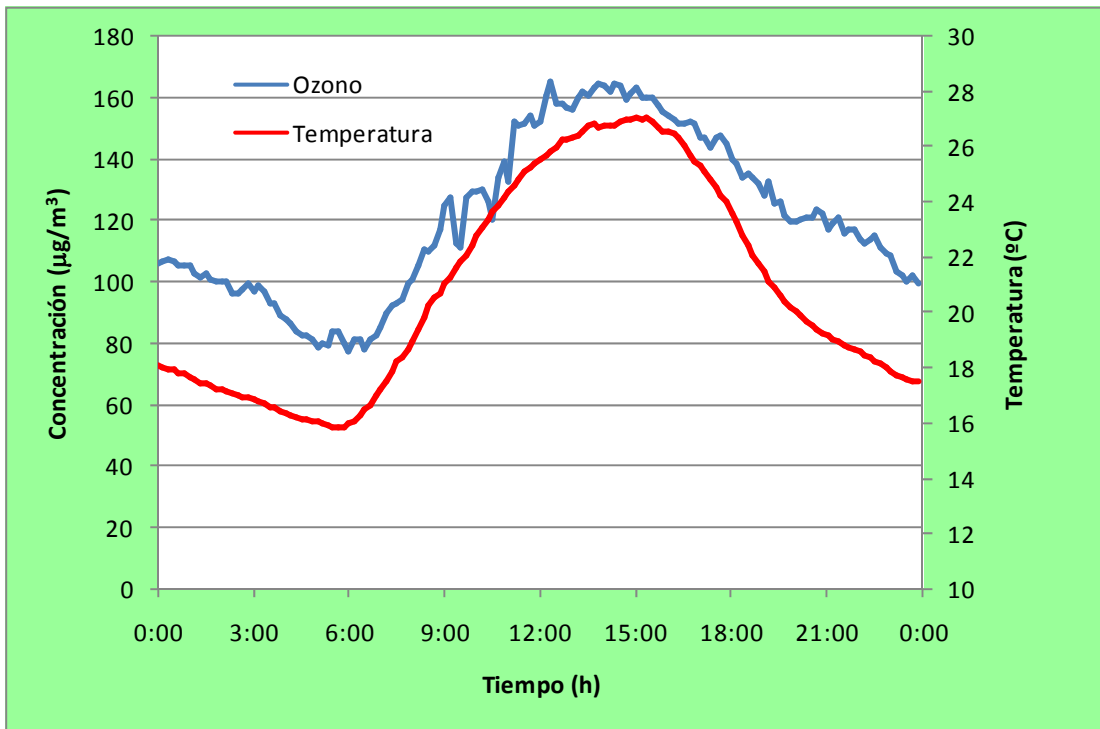


Figura 6.- Evolución media a lo largo del día de ozono y la temperatura, para todo el mes de Agosto

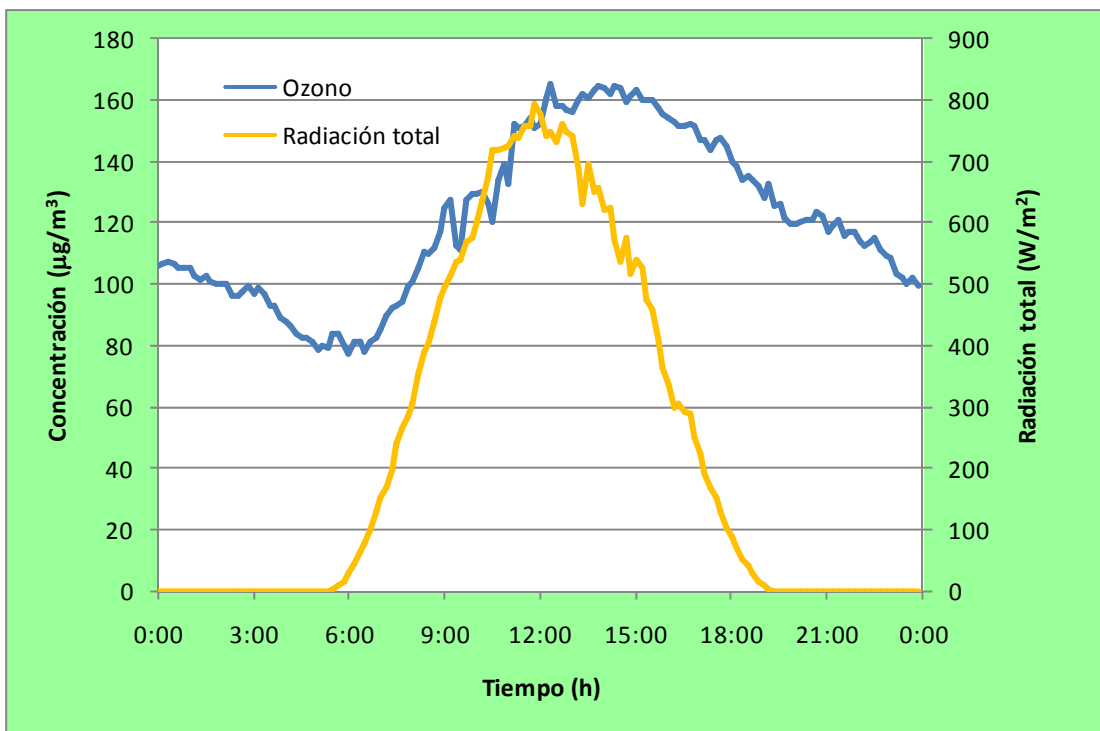


Figura 7.- Evolución media a lo largo del día de ozono y la radiación solar total, para todo el mes de Agosto

Finalmente, hemos representado (figura 8) la evolución media diaria del ozono y el NO₂ para el mes de Agosto completo y para el episodio antes analizado, interesante porque se superaron con frecuencia los niveles de alerta a la población para las concentraciones de ozono. Es fácil ver cómo niveles superiores de NO₂ previos en la atmósfera, característicos de la situación meteorológica de estancamiento de masas de aire de tipo anticiclónico, ayudan a provocar picos de ozono superiores a los 200 µg/m³ durante buena parte de las horas centrales del día; además, la destrucción de óxidos de nitrógeno prueba ser muy efectiva, generando los altos niveles de ozono observados.

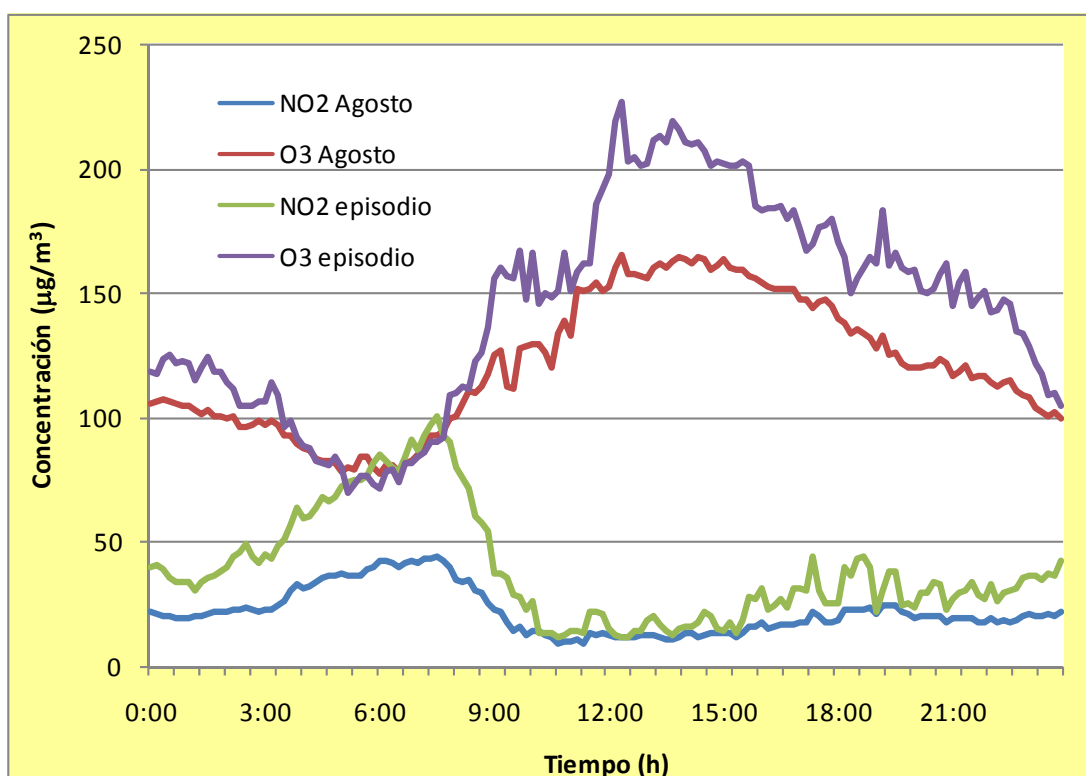


Figura 8.- Evolución media a lo largo del día de ozono y dióxido de nitrógeno, para todo el mes de Agosto y para el episodio analizado



REFERENCIAS

Edner, H., Ragnarson, P., Spaennare, S. and Svanberg, S., 1993, Differential optical absorption spectroscopy (DOAS) system for urban atmospheric pollution monitoring. *Applied Optics*, **32**, 327-333.

Kong Hwa Chiu, Usha Sree, Sen Hong Tseng, Chien-Hou Wu, and Jiunn-Guang Lo, 2005, Differential optical absorption spectrometer measurements of NO₂, SO₂, O₃, HCOH and aromatic volatile organics in ambient air of Kaohsiung Petroleum Refinery in Taiwan. *Atmospheric Environment*, **39**, 941-955.

Kourtidis, K., Ziomas, I., Zerefos, C., Gousopoulos, A., Balis, D., Tzoumaka, P., 2000. Benzene and toluene levels measured with a commercial DOAS system in Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Environment*, **34**, 1471-1480.

Morales, J.A., Treacy, J., and Coffey, S., 2004, Urban ozone measurements using differential optical absorption spectroscopy. *Anal. Bioanal. Chem.*, **379**, 51-55.

Volkamer, R., Etzkorn, T., Geyer, A., and Platt, U., 1988, Correction of the oxygen interference with UV spectroscopic (DOAS) measurements of monocyclic aromatic hydrocarbons in the atmosphere. *Atmospheric Environment*, **32**, 3731-3747.