

Caracterización de la contaminación atmosférica próxima a una vía urbana mediante la técnica de teledetección óptica DOAS en el marco del proyecto LIFE MINOX-STREET



L. Núñez, M. Palacios, M. Germán y M. Pujadas
 CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas)
 Avenida Complutense, 40, 28040 Madrid (lourdes.nunez@ciemat.es)



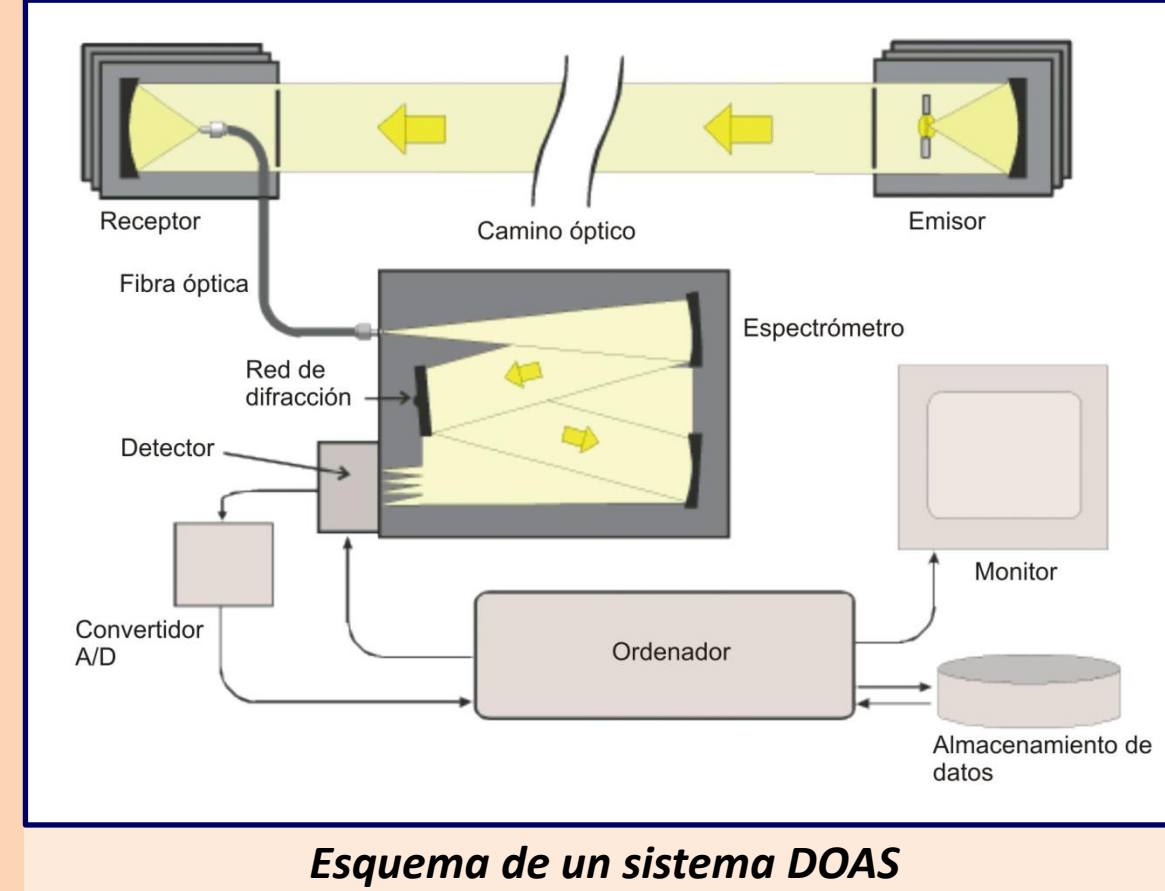
La contaminación atmosférica relacionada con el tráfico rodado constituye uno de los problemas más acuciantes en algunas ciudades de Europa lo que hace que la mejora de la calidad del aire sea una tarea urgente. En la Comunidad Autónoma de Madrid, el tráfico rodado es la principal fuente de emisiones antropogénicas de óxidos de nitrógeno. En Madrid capital no es infrecuente que se superen en algunas estaciones de la red de vigilancia de la calidad del aire los valores límites horario y anual para el NO₂. Por otro lado, el transporte de masas de aire contaminadas procedentes del área metropolitana dificulta las opciones de mejora de la calidad del aire en otras zonas de la región por lo que resulta muy importante la evaluación científica rigurosa del potencial real de mejora de la calidad del aire vinculado a cualquier medida paliativa que pueda plantearse.

En el contexto del proyecto LIFE MINOX-STREET, cofinanciado por el Instrumento Financiero para el Medio Ambiente de la Unión Europea, se va a caracterizar experimentalmente el efecto ambiental derivado del uso de diferentes materiales fotocatalíticos específicamente seleccionados que serán aplicados en superficies de distintos escenarios de la localidad de Alcobendas (Comunidad de Madrid). Para ello, además de utilizar las técnicas convencionales de medida de concentración de compuestos gaseosos contaminantes, se utilizarán técnicas de detección remota óptica. En particular, se empleará la técnica DOAS activa ("Differential Optical Absorption Spectroscopy") que permite obtener concentraciones gaseosas espacialmente promediadas gracias a que la medida se realiza a lo largo de un camino óptico abierto (típicamente del orden de 100 a 500 m) lo que dota al resultado de una representatividad espacial muy notable, especialmente cuando la medidas se tienen que realizar a baja altura y cerca de carreteras. Estas condiciones son atípicas para medidas DOAS por lo que resulta imprescindible su puesta a punto para estudiar las características ambientales y atmosféricas de los escenarios elegidos de Alcobendas y el comportamiento de sus vías urbanas como fuentes lineales de contaminantes atmosféricos.

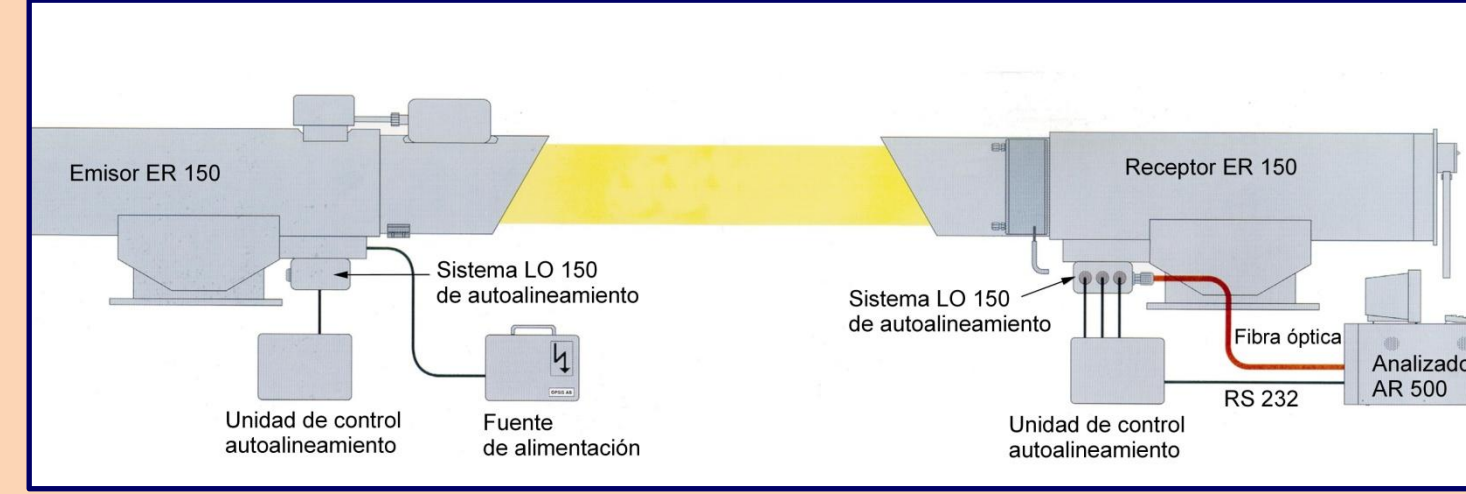
TÉCNICA DOAS ACTIVA ("Differential Optical Absorption Spectroscopy")

CARACTERÍSTICAS

- Técnica diseñada para la medida de compuestos gaseosos basada en la aplicación de la ley de absorción de luz de Lambert-Beer (versión diferencial).
- Medida de concentración integrada en un camino óptico largo (se evitan efectos locales).
- Medida multiparamétrica con alta resolución temporal.
- Permite la medida de especies precursoras de contaminantes secundarios (no abordable por otro tipo de técnicas).



Esquema de un sistema DOAS



Esquema del sistema DOAS AR500 de OPSIS empleado por CIEMAT
 Homologaciones:
 U.S. EPA: NO₂, SO₂ y O₃
 TÜV (Alemania) y MCERTS (Reino Unido): NO₂, SO₂, O₃ y C₂H₄
 GOST (Rusia): NO, NO₂, SO₂, O₃, H₂S, NH₃, CO, Cl₂, HCl, estireno, benceno, tolueno, fenol, formaldehído, HF, CH₄



Componentes del sistema DOAS AR500 de OPSIS



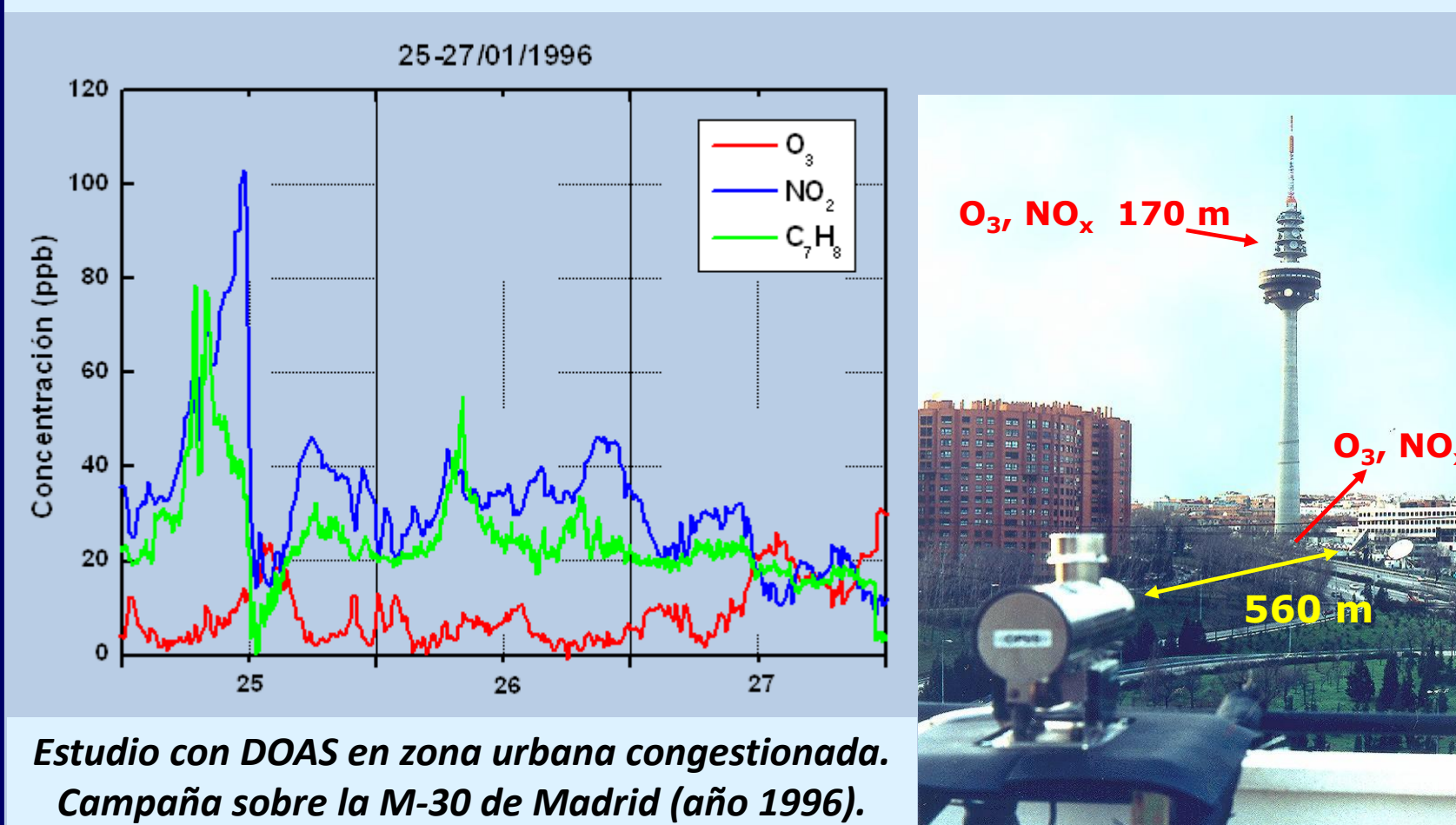
DOAS AR500 en aplicaciones de calidad del aire urbano (cortesía de OPSIS)



DOAS AR500 en aplicaciones de calidad del aire en aeropuertos y túneles (cortesía de OPSIS)

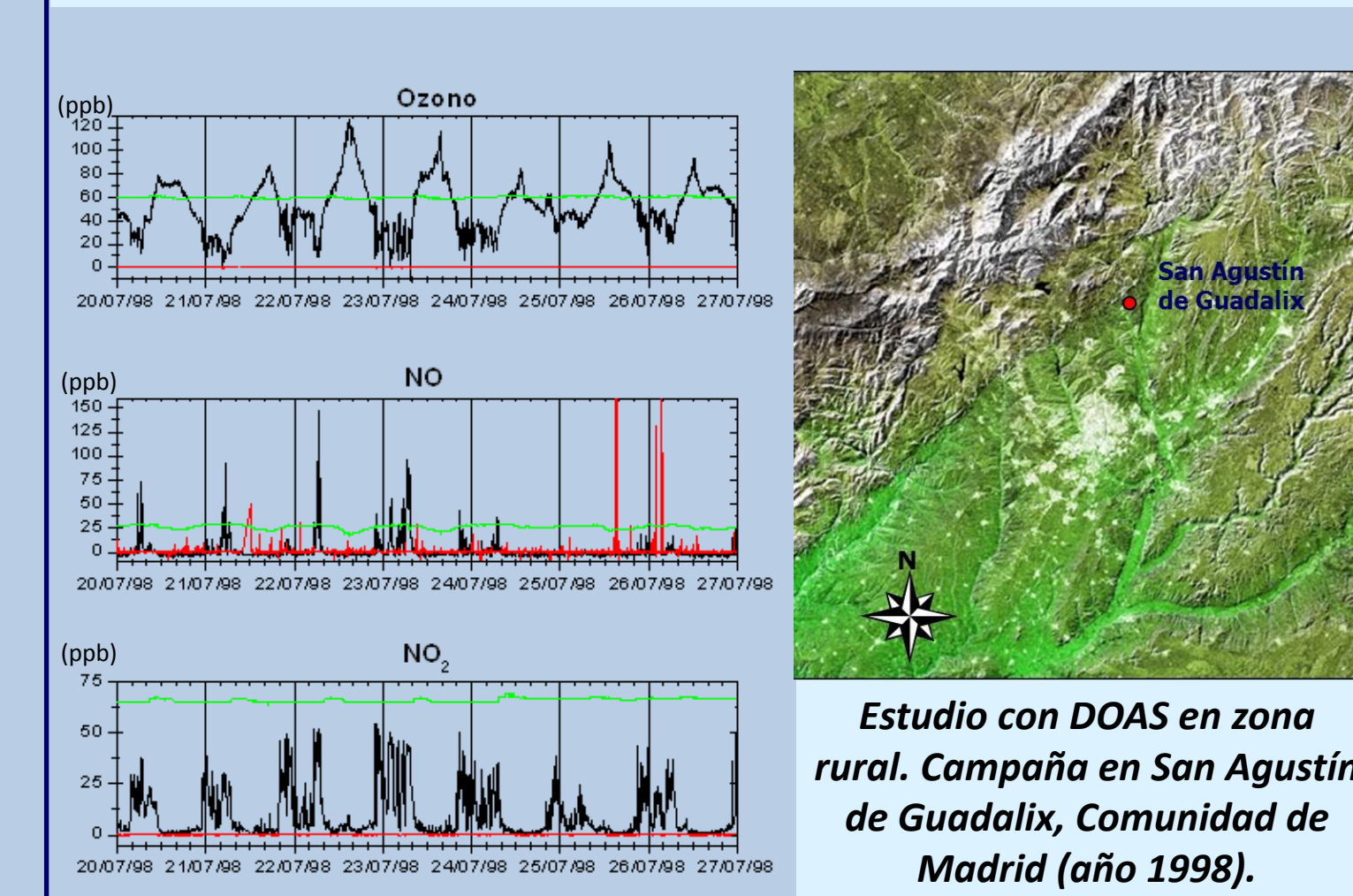
Experiencias previas del CIEMAT con DOAS: El CIEMAT trabaja con la técnica DOAS desde los años 90 en la investigación de diferentes aspectos relacionados con la formación de contaminantes secundarios en la Comunidad de Madrid. Desde el año 2000, un sistema DOAS AR500 forma parte de la estación de medida de contaminantes atmosféricos ubicada en CIEMAT.

Procesos de formación de NO₂ en un entorno urbano (área metropolitana de Madrid)



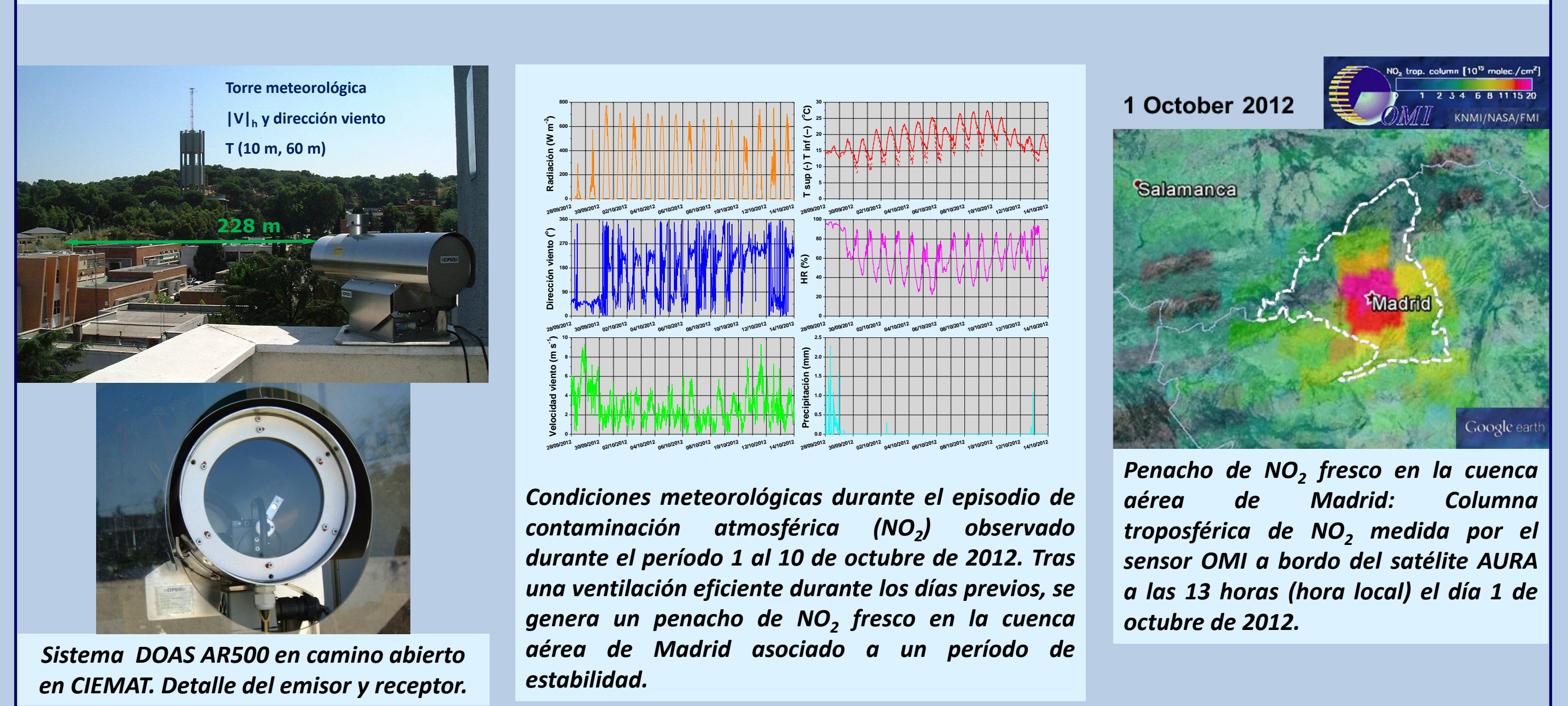
Estudio con DOAS en zona urbana congestionada. Campaña sobre la M-30 de Madrid (año 1996).

Transporte regional de oxidantes fotoquímicos



Estudio con DOAS en zona rural. Campaña en San Agustín de Guadalupe, Comunidad de Madrid (año 1998).

Procesos de formación de NO₂ en un entorno suburbano (CIEMAT, Ciudad Universitaria, Madrid)

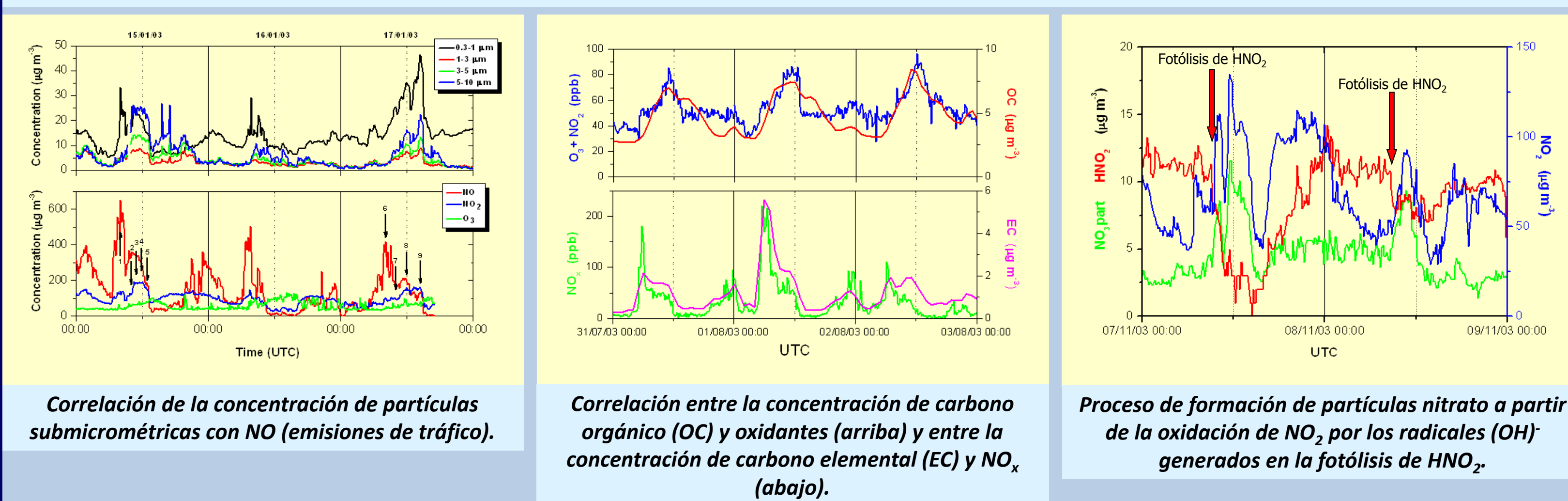


Sistema DOAS AR500 en camino abierto en CIEMAT. Detalle del emisor y receptor.

Condiciones meteorológicas durante el episodio de contaminación atmosférica (NO₂) observado durante el periodo 1 al 10 de octubre de 2012. Tras una ventilación eficiente durante los días previos, se genera un penacho de NO₂ fresco en la cuenca aérea de Madrid asociado a un periodo de estabilidad.

Penacho de NO₂ fresco en la cuenca aérea de Madrid: Columna troposférica de NO₂ medida por el sensor OMI a bordo del satélite AURA a las 13 horas (hora local) el día 1 de octubre de 2012.

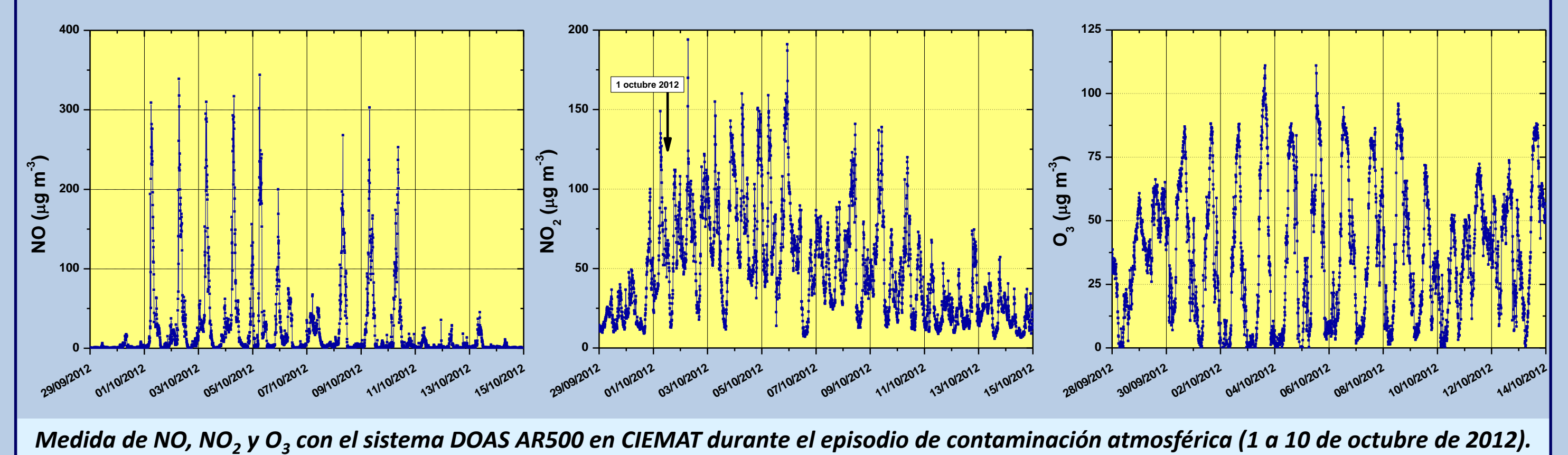
Procesos de formación de partículas (tamaño de partículas, carbono, nitrato) en un entorno suburbano (CIEMAT, Ciudad Universitaria, Madrid)



Correlación de la concentración de partículas submicrométricas con NO (emisiones de tráfico).

Correlación entre la concentración de carbono orgánico (OC) y oxidantes (arriba) y entre la concentración de carbono elemental (EC) y NO_x (abajo).

Proceso de formación de partículas nitrato a partir de la oxidación de NO₂ por los radicales (OH) generados en la fotólisis de HNO₂.



Medida de NO, NO₂ y O₃ con el sistema DOAS AR500 en CIEMAT durante el episodio de contaminación atmosférica (1 a 10 de octubre de 2012).

Medida de gases contaminantes con DOAS en calle. Puesta a punto del sistema para su implementación futura en Alcobendas.



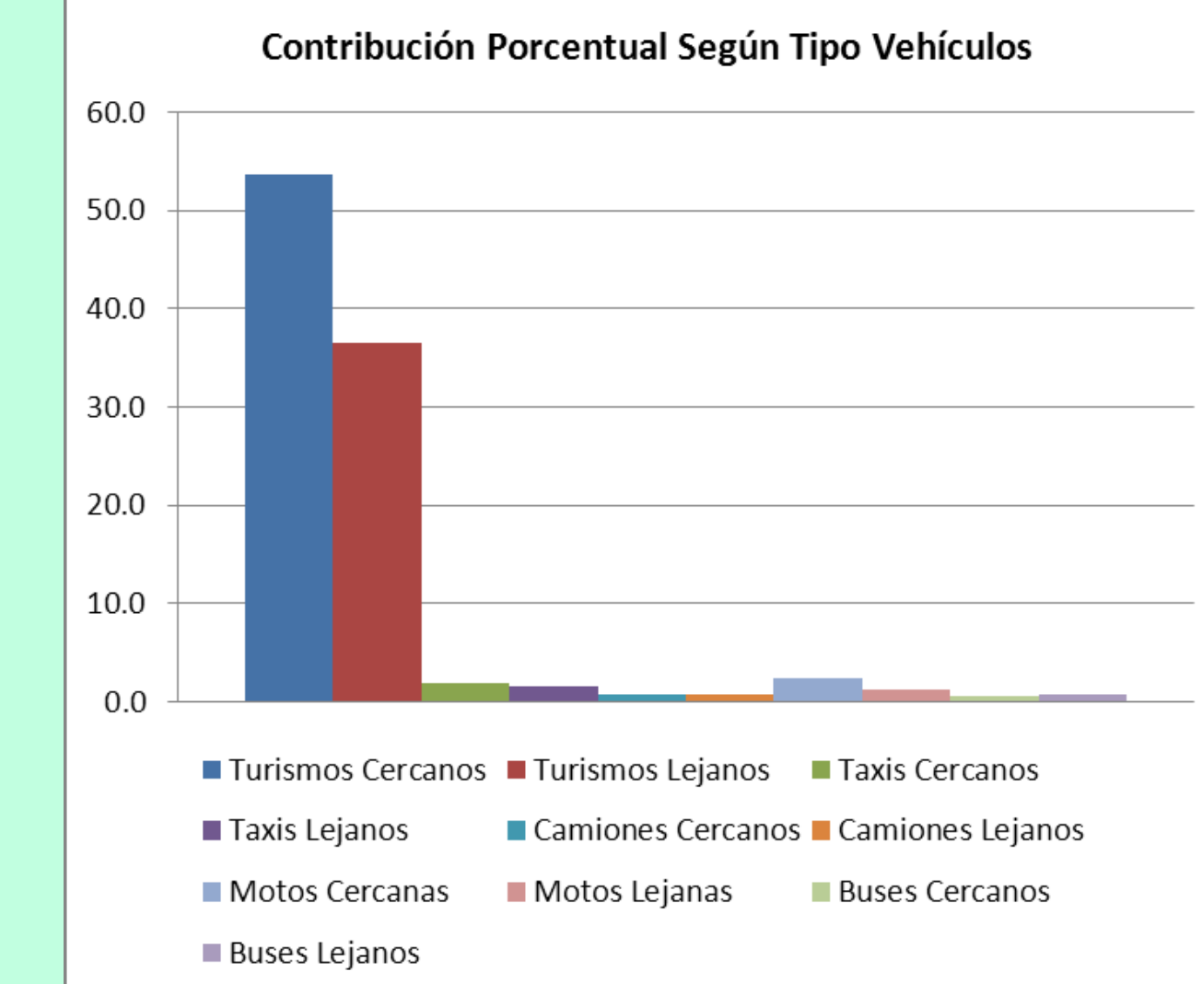
Detalle del receptor ER150 del sistema DOAS utilizado para la medida de los contaminantes NO, NO₂ y O₃ en calle (longitud del camino óptico = 80 m)



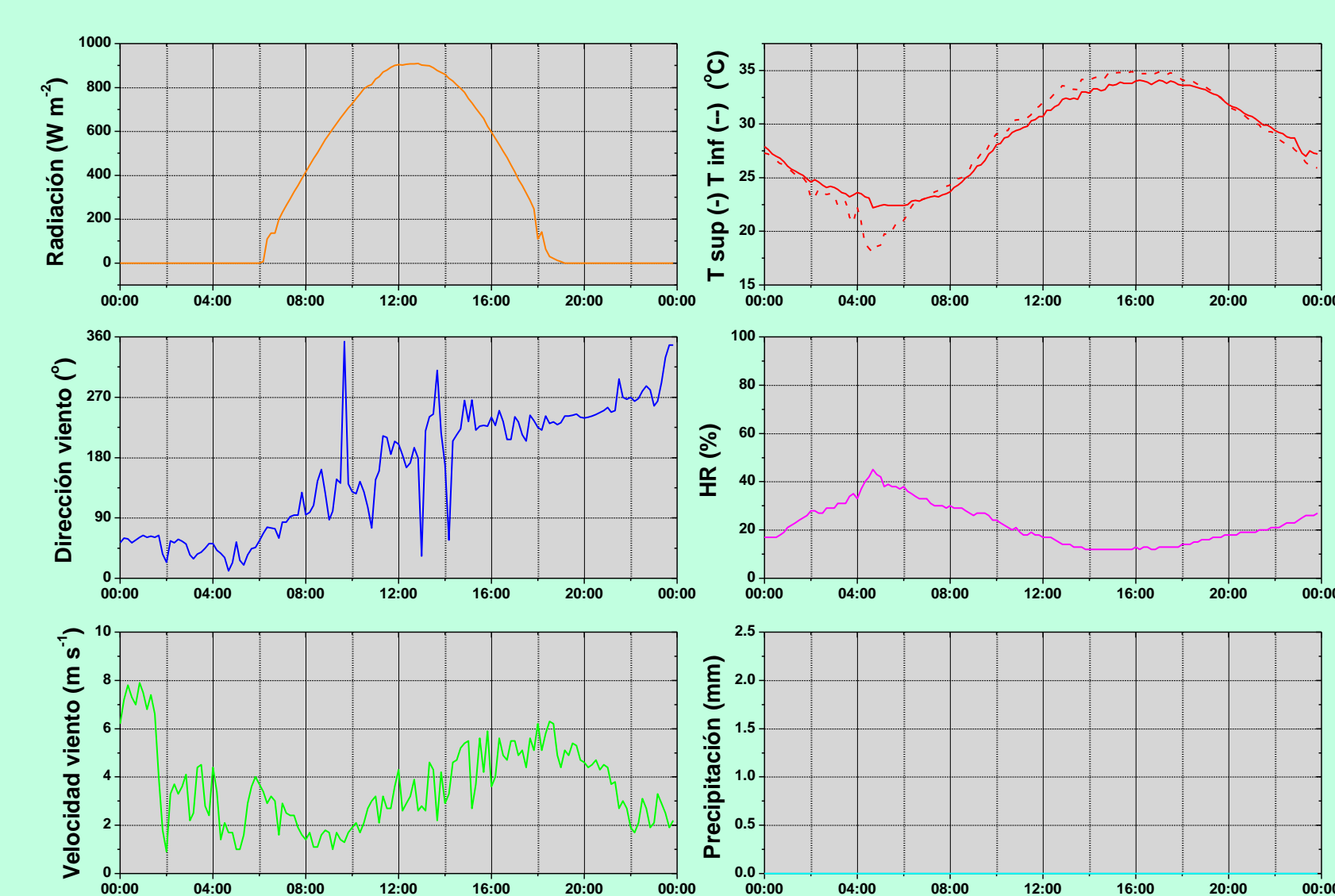
Detalle del analizador AR500 del sistema DOAS utilizado en calle



Registro del tráfico con cámara de vídeo.

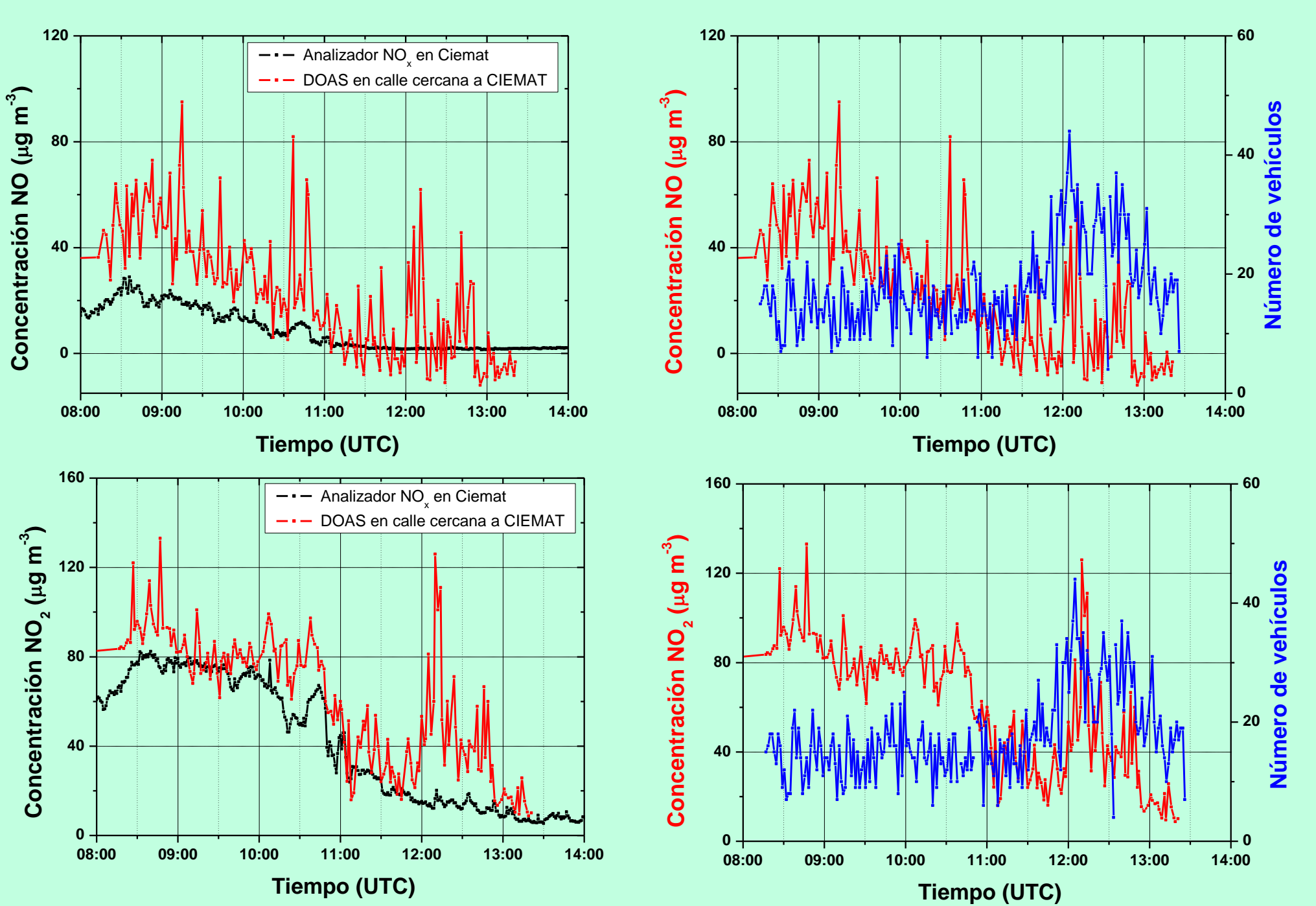


Contribución porcentual del parque de vehículos distinguiendo los dos sentidos de circulación en la calle. Se observa que el 90% de los vehículos que transitaron fueron turismos.



Datos meteorológicos obtenidos por la torre meteorológica del CIEMAT correspondientes al 23 de julio de 2014.

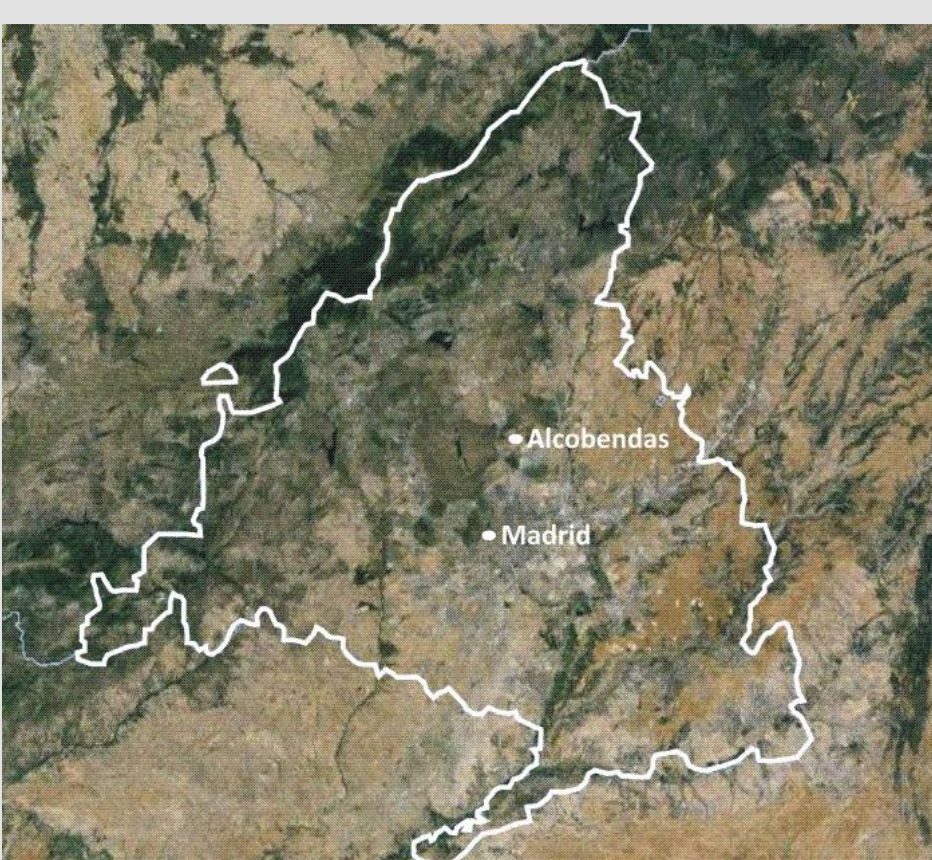
El ciclo diurno del día 23 de julio de 2014 estuvo caracterizado por unas condiciones meteorológicas de alta insolación y temperaturas elevadas. A las 8:00 UTC la velocidad del viento registrada fue de 2 m/s, presentando un aumento sostenido que alcanzó un máximo de 6 m/s alrededor de las 18 UTC. La evolución de este parámetro indica que durante el periodo de medidas con el DOAS en calle (de 8:00 UTC a 13:00 UTC) el comportamiento de la masa de aire estuvo influenciado por una ventilación relativamente eficiente. El comportamiento de la dirección del viento refleja un patrón de flujo característico del área de medida y compatible con condiciones locales de la cuenca aérea, que comienzan con vientos del noreste a primera hora del día y a lo largo del periodo diurno van girando en el sentido de las agujas del reloj hasta establecerse del suroeste. Durante el periodo de medidas con el sistema DOAS en calle se observaron direcciones de viento del este al sur-suroeste. El CIEMAT se encuentra situado muy próximo al centro de la capital a unos 5 km al norte-noroeste. Considerando las direcciones y velocidades del viento que tuvieron lugar durante el periodo de medidas con el DOAS, puede decirse que el área de medida estuvo a sotavento de una parte del área metropolitana y por tanto estuvo en condiciones de recibir contaminantes procedentes de la misma, además de los emitidos por el tráfico más cercano.



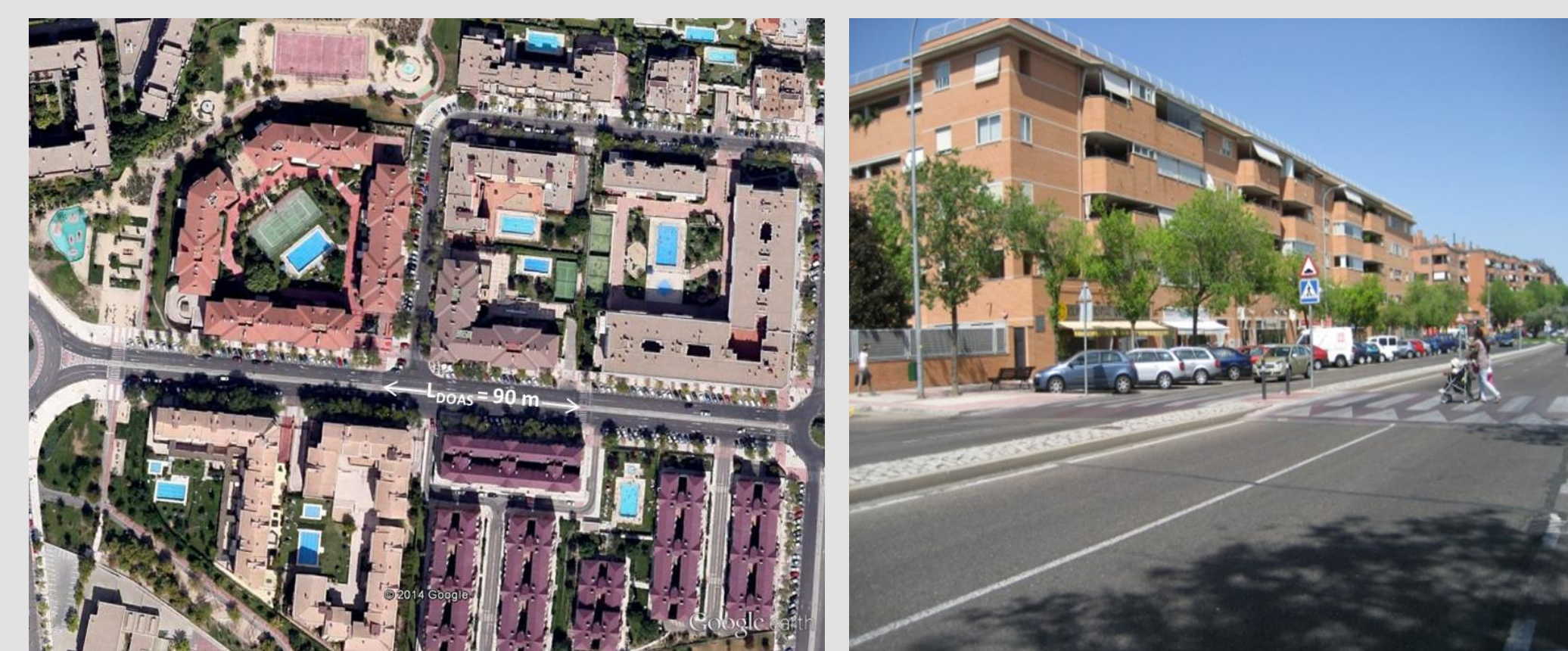
Concentraciones de NO (arriba izda.) y NO₂ (abajo izda.) obtenidas con el sistema DOAS instalado junto a la valla exterior del CIEMAT y con un analizador convencional de NO₂ situado en el recinto interior a unos 350m. En los gráficos de la derecha, concentraciones de ambos contaminantes vs número de vehículos (turismos) que transitaron durante la realización de las medidas (desde las 8:00 UTC a las 13:30 UTC del día 23 de julio de 2014).

Durante las primeras horas de la mañana (8 a 11 UTC) los valores de concentración de NO y NO₂ registrados por ambos sistemas mostraron un perfil temporal muy similar, con una ligera disminución de la concentración hasta las 11 UTC asociada, muy probablemente, a un descenso de las emisiones del tráfico del área metropolitana de Madrid y a un incremento de la velocidad del viento. A partir de ese momento, se observó una caída más acusada de las concentraciones de fondo registradas por el analizador de NO₂ asociada a la dinámica de ventilación que se refleja en la evolución diurna de las variables meteorológicas ya descrita. Las concentraciones obtenidas con el sistema DOAS a partir de las 12 UTC mostraron, además de la caída progresiva ya mencionada, valores claramente superiores a los registrados por el analizador convencional. El perfil temporal obtenido correlaciona con el asociado al número de vehículos que transitaron por la calle, poniendo de manifiesto que la técnica DOAS es adecuada para estudiar la influencia de una fuente lineal de emisiones de tráfico sobre las concentraciones de gases contaminantes en un área urbana.

Acciones futuras en Alcobendas



Situación de Alcobendas en la Comunidad de Madrid



Escenario de la futura campaña de medidas con DOAS en calle de Alcobendas

La caracterización experimental del efecto descontaminante producido por los materiales fotocatalíticos seleccionados en el proyecto LIFE MINOX-STREET se llevará a cabo próximamente en escenarios urbanos del municipio de Alcobendas. Para ello se desarrollarán campañas de medida específicas en las que se utilizarán los sistemas y procedimientos que se hayan desarrollado y optimizado en las fases previas del proyecto.

En concreto, el estudio del efecto ambiental debido al material fotocatalítico seleccionado para su aplicación en calzada se realizará en una vía urbana rectilínea de doble sentido, suficientemente larga (>150m) y con tráfico elevado. Se estudiarán el comportamiento de la calle elegida como fuente lineal de contaminantes atmosféricos y las características ambientales y atmosféricas de esta vía, antes y después de implementar el material fotocatalítico seleccionado para calzada. En esta caracterización se empleará, entre otros sistemas, la técnica DOAS descrita, que permitirá promediar espacialmente los efectos macroscópicos sobre la calidad del aire que se puedan producir como consecuencia de la acción del material fotocatalítico que se aplique en la calzada de esta calle.

Agradecimientos: Con la contribución del instrumento financiero LIFE de la Unión Europea