

INTRODUCCIÓN

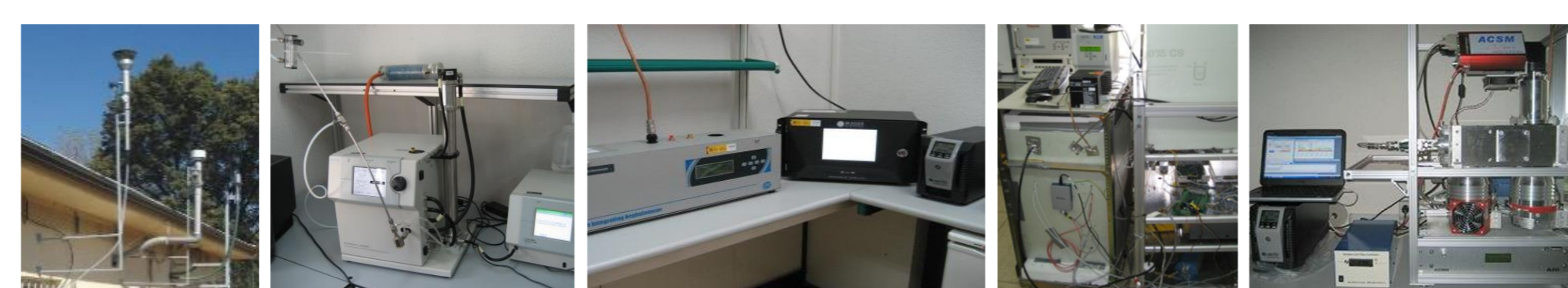
El cambio climático y la contaminación atmosférica son dos de las mayores amenazas ambientales para nuestra sociedad. El proyecto TIGAS-CM contribuye a una mejor comprensión de los procesos atmosféricos relacionados con los aerosoles y gases traza, sus propiedades físico-químicas y su distribución espacial permitiendo, con ello, reducir la incertidumbre asociada a la descripción de estos fenómenos cuando se estima el forzamiento radiativo así como conocer las causas de la variabilidad climática. Asimismo, los problemas de contaminación atmosférica se han ido agravando en las áreas urbanas en los últimos años. Sin embargo, aunque se vienen implementando medidas de mitigación, éstas no son siempre eficaces, al estar basadas en datos de concentración de contaminantes a nivel de superficie. Por ello, es necesario disponer de observaciones en estaciones de medida que permitan tanto documentar el perfil en altura de concentraciones obteniéndose, de esta manera, una visión más realista y precisa de la evolución de la masa de aire contaminada que se pretende caracterizar, como conocer mejor aspectos relevantes de los procesos atmosféricos que tienen lugar. El proyecto TIGAS-CM (2019-2021) realiza la medida de la componente vertical de gases y propiedades de aerosoles por detección remota (técnicas LIDAR y MAX-DOAS-2D) y complementa esta información con los datos medidos en superficie en la estación de investigación del CIEMAT, datos proporcionados por las Redes de Calidad del Aire del Ayuntamiento y de la Comunidad de Madrid y datos de satélite, obteniendo una caracterización única y novedosa para el estudio de la contaminación en Madrid.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- Medida en superficie de propiedades físico-químicas de aerosoles atmosféricos en tiempo real mediante técnicas avanzadas.
- Monitorización bidimensional de la contaminación atmosférica (gases y aerosoles) en Madrid mediante técnicas de detección remota.
- Estudio de componentes (aerosoles y gases traza) y procesos físico-químicos de la contaminación atmosférica en ambiente urbano.

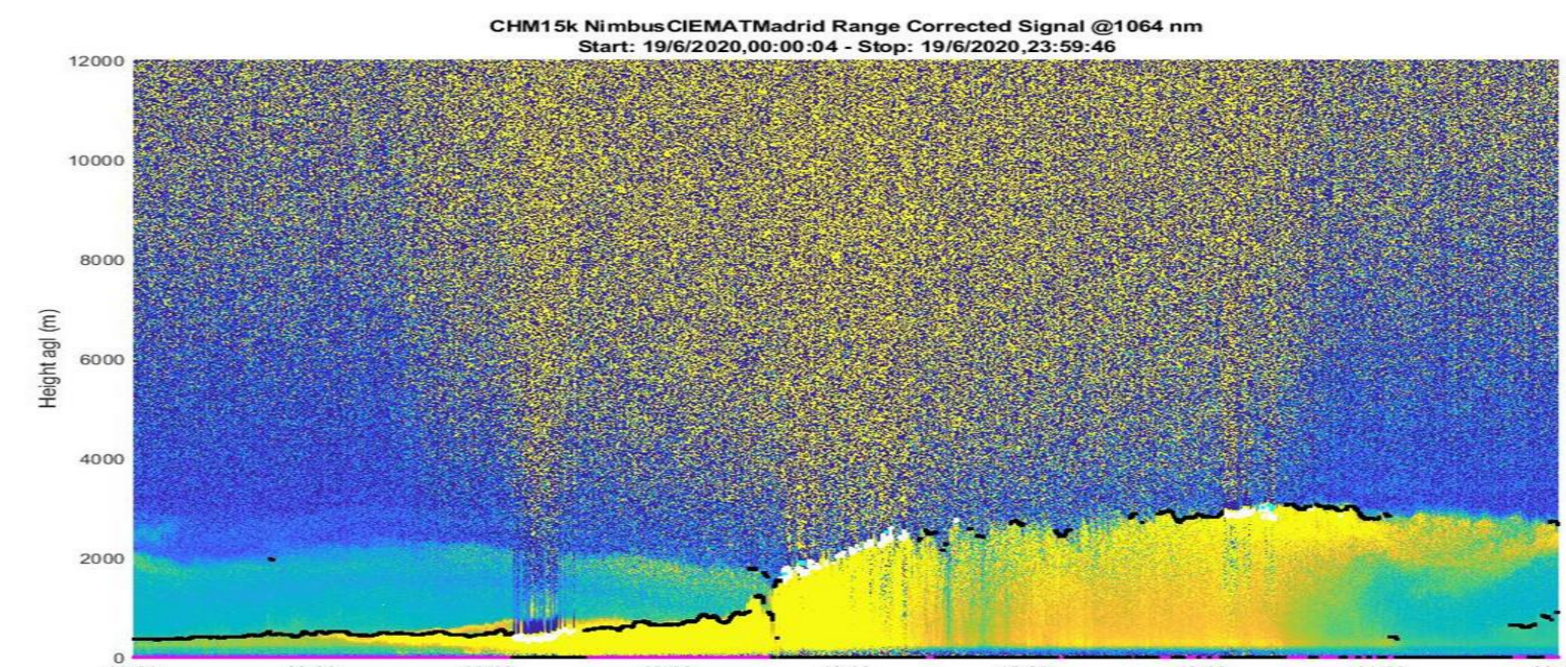
OBJETIVOS Y RESULTADOS

1 Medida de propiedades físico-químicas de aerosoles atmosféricos en tiempo real e "in-situ" mediante técnicas avanzadas



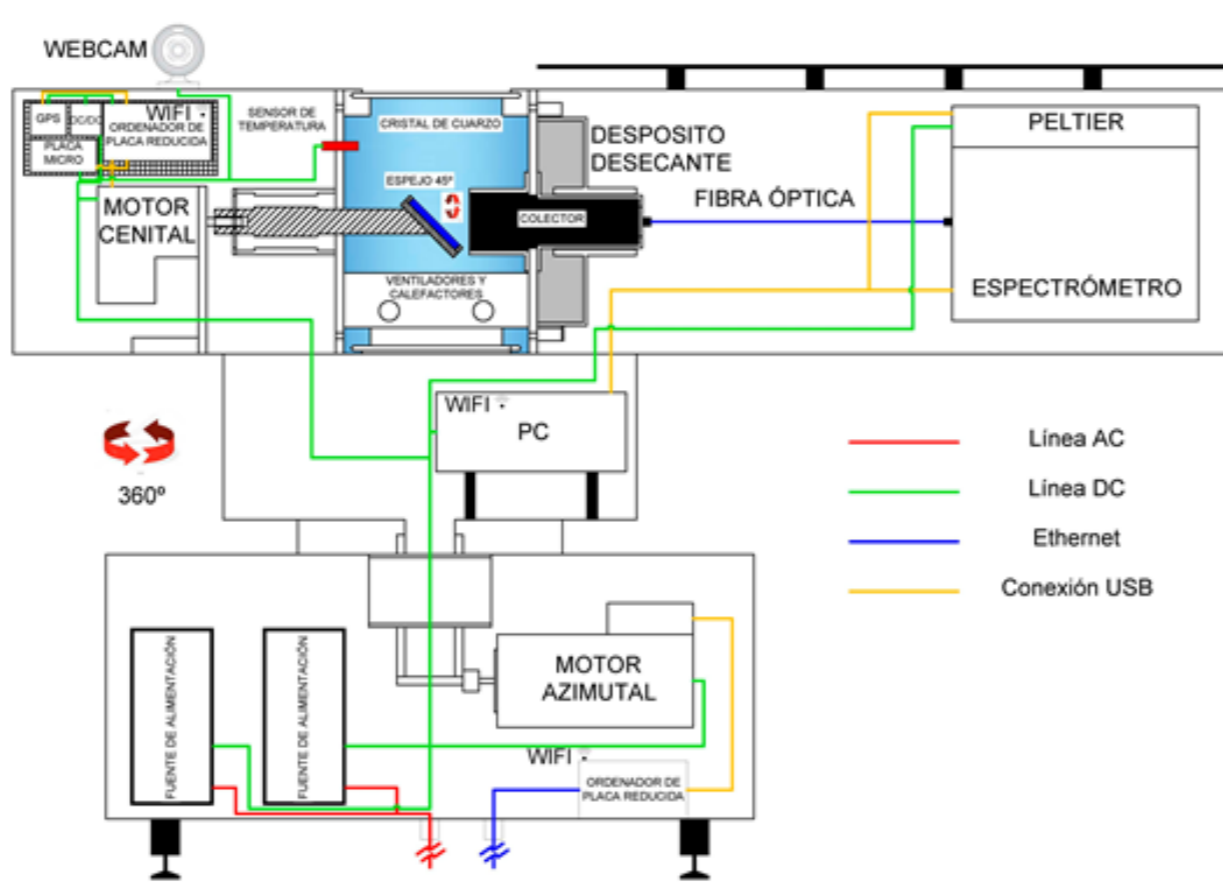
En la estación de investigación sobre aerosoles y gases traza de la red ACTRIS en el CIEMAT se desarrollan protocolos de medida, toma de datos y calibración, para los instrumentos de medida de propiedades microfísicas de aerosoles: propiedades ópticas, distribución por tamaños de número de partículas y composición química, de acuerdo a los estrictos estándares de calidad. Además, se participa en intercomparaciones nacionales e internacionales que permiten asegurar la calidad de los datos que son almacenados en bases de datos internacionales a disposición de la comunidad científica.

2 Medida de perfiles verticales de aerosoles atmosféricos mediante técnicas avanzadas y caracterización de sus propiedades ópticas y microfísicas



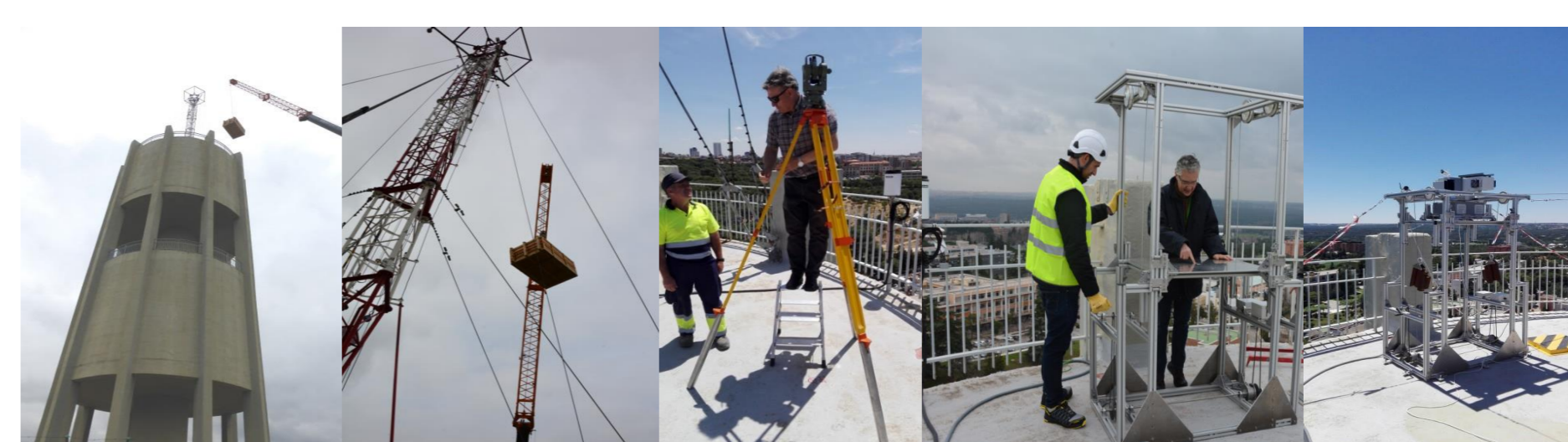
Mediante técnicas de detección remota (LIDAR, ceilómetro) se obtienen perfiles verticales de diferentes propiedades ópticas de los aerosoles atmosféricos y su distribución vertical. Estos sistemas de medida se verifican frente a otros instrumentos y participan también en intercomparaciones en el marco de redes internacionales (EARLINET) o nacionales (ICENET). El nuevo canal de polarización del LIDAR en el rango espectral visible (532 nm) permitirá discriminar el tipo de aerosoles. Las medidas en continuo del ceilómetro, que aporta perfiles en el rango espectral infrarrojo (1064nm), permiten obtener la altura de la capa de mezcla habiéndose demostrado también su viabilidad en estimaciones de forzamiento radiativo (Barragán et al., 2020).

3 Desarrollo de un instrumento basado en la técnica DOAS en 2 dimensiones (MAX-DOAS-2D)



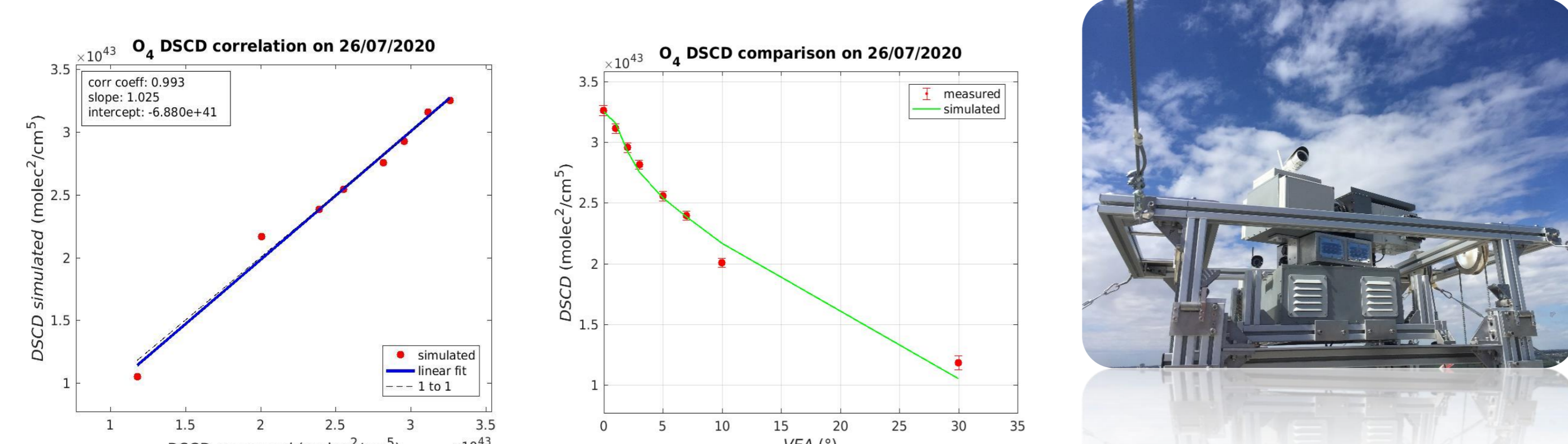
Se ha diseñado y construido un instrumento MAX-DOAS-2D que escanea la atmósfera 90° en la dirección vertical (zénit) y 360° en la dirección horizontal (acimutal). Con una resolución temporal de 1 hora, este instrumento proporciona información sobre el perfil vertical de la concentración de gases traza y sobre la dinámica de transporte de la contaminación dentro y alrededor de Madrid.

4 Montaje en campo (CIEMAT) y validación del instrumento MAX-DOAS-2D



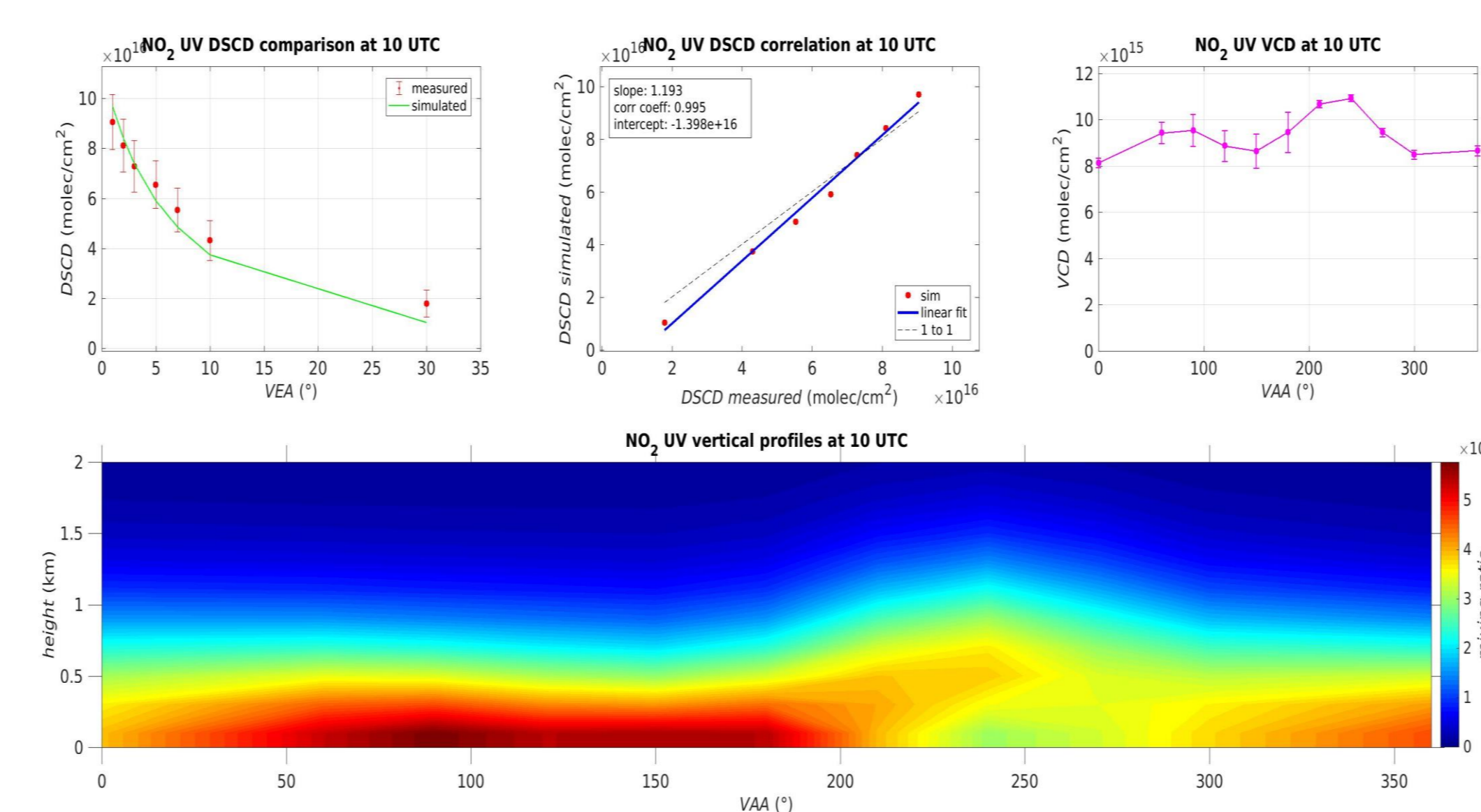
En Junio de 2020, se realizó el montaje del instrumento MAX-DOAS-2D en la estación de medida del CIEMAT. Se ha realizado la puesta en marcha del instrumento y su calibración en cuanto a ángulos vertical y acimutal. Para una primera comprobación del correcto funcionamiento del instrumento, se procedió a la obtención de las columnas verticales de NO₂ y de los correspondientes mapas bidimensionales, usando los espectros obtenidos durante un día en condiciones de baja nubosidad.

5 Desarrollo del software de análisis de datos del MAX-DOAS-2D



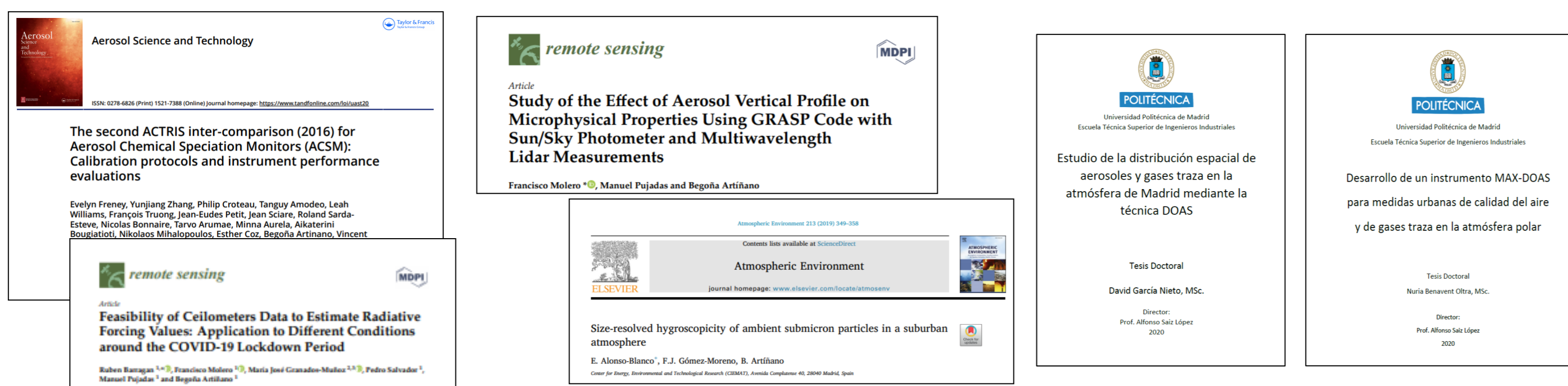
Se ha desarrollado un software de pre-tratamiento (filtrado de espectros según las condiciones de nubosidad y estimación on-line del índice de nubosidad) y manejo de todos los datos generados por el equipo MAX-DOAS-2D, además del módulo de análisis de los mismos. En las figuras se muestran, a la izquierda, las DSCDs (Differential Slant Column Densities) de O₃; productos de primer nivel obtenidos con el software tras realizar un primer filtrado de espectros según las condiciones de nubosidad y utilizando el programa de ajuste espectral QDOAS y BePRO adaptado para la medida del dímero de oxígeno molecular (O₃) y el NO₂.

6 Monitorización bidimensional de la contaminación atmosférica en Madrid con el instrumento MAX-DOAS-2D



La plena operatividad del instrumento está permitiendo obtener los espectros que proporcionan información sobre el perfil vertical de la concentración de gases traza y sobre la dinámica de transporte de la contaminación alrededor de la zona de observación, lo que posibilitará la investigación climática y la mejora de la calidad del aire en la ciudad de Madrid. La figura muestra la distribución vertical de NO₂ en la región UV a las 10:00 UTC del día 27 de junio, junto con las DSCDs y VCDs.

7 Explotación conjunta y análisis de datos. Interpretación y diseminación de resultados



Con los datos suministrados por la estación de medida de aerosoles ACTRIS del CIEMAT, el instrumento MAX-DOAS-2D, los instrumentos de superficie y otras medidas externas como las realizadas con los instrumentos DOAS del grupo AC2 y los datos de contaminación atmosférica que recogen las estaciones de la red de calidad del aire de Madrid, se realiza un análisis integrado que permite obtener un visión de conjunto del fenómeno de la contaminación atmosférica urbana. Los resultados obtenidos hasta el momento en este proyecto (página web: <http://projects.ciemat.es/web/tigas-cm/>) han dado lugar a distintas presentaciones en congresos y conferencias y publicaciones en revistas científicas de alto impacto. Se han finalizado y defendido tres tesis doctorales.

8 Coordinación, consolidación del consorcio y búsqueda de financiación



El desarrollo de las actividades previstas está permitiendo alcanzar todos los objetivos científico-técnicos del proyecto según recoge el Informe de Seguimiento del primer periodo. El Sistema de Gestión del programa TIGAS-CM y su Plan de Seguimiento contribuyen a consolidar el consorcio y a la búsqueda de fondos en convocatorias nacionales e internacionales (incluyendo la convocatoria ERC-Synergy Grants, foco de este Programa de Ayudas), a la incorporación de nuevos investigadores y a favorecer la movilidad internacional de los investigadores en formación y de los investigadores del proyecto, así como a dar visibilidad al proyecto y sus resultados a través de su página web.

ACTIVIDADES FUTURAS

- Se obtendrán medidas de perfiles verticales de aerosoles atmosféricos mediante los instrumentos LIDAR Raman y ceilómetro que permitirán la caracterización de sus propiedades ópticas y microfísicas.
- Se validará el instrumento MAX-DOAS-2D con otros instrumentos similares basados en la técnica DOAS así como con datos de instrumentos de medida "in-situ" (NO₂, O₃ y aerosoles) y de estaciones de las redes de calidad del aire de Madrid (RCAM).
- Se participará en talleres y reuniones "ad hoc" para la elaboración de nuevos protocolos de calidad de datos y versiones actualizadas de acuerdo al estado del arte y el conocimiento científico.
- Se realizará la explotación conjunta y análisis de datos (aerosoles y gases traza) obtenidos en TIGAS-CM, procedentes de instrumentos DOAS y a bordo de satélites (GOME2 y TROPOMI) y de estaciones de las RCAM así como meteorológicos. Adicionalmente, se llevará a cabo el análisis e interpretación conjunta de todos estos datos y los resultados serán agrupados por campos y áreas de especialización.
- Los datos obtenidos con los instrumentos del programa TIGAS-CM se pondrán a disposición de la comunidad científica en bases de datos internacionales de uso abierto.
- Se continuará con la divulgación científica del proyecto (publicaciones en revistas internacionales, congresos) y con la elaboración y defensa de trabajos académicos (tesis doctorales y TFM).
- Se continuará con la gestión del proyecto y se preparará una solicitud a la convocatoria de ERC-Synergy Grants, que será presentada cuando se publique el correspondiente Work Programme.

Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado en el marco del proyecto TIGAS-CM (Y2018/EMT5177) con la contribución financiera de:
 • PROGRAMA DE AYUDAS DE PROYECTOS SINERGICOS DE I+D (2018). Dirección General de Investigación e Innovación Tecnológica de la Consejería de Ciencia, Universidades e Innovación de la Comunidad de Madrid.
 • Fondos FEDER, Fondos Estructurales y Fondo Social Europeo de la Unión Europea.