Monitorización de CO_2 y CH_4 en el centro de la Península Ibérica desde la Madrid-CIEMAT GHG Station

Manuel Pujadas, Aida Domínguez-Sáez, Lourdes Núñez, Magdalena Palacios, Elías Díaz y Luis Benítez

Unidad de Caracterización y Control de la Contaminación Atmosférica
Departamento de Medio Ambiente
CIEMAT

Contacto: *manuel.pujadas@ciemat.es*

UCCCA - Ciemat
Unidad de Caracterización y Control de la Contaminación Atmosférica
Departamento de Medio Ambiente

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES · Ciemat Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

Objetivos :

Las grandes áreas urbanas son protagonistas principales del cambio climático, siendo responsables de alrededor del 70% de las emisiones globales de CO_2 y de cerca de un 50% de las de gases de efecto invernadero (GEI) en términos globales (Matthews et al., 2020). Por este motivo, junto al seguimiento de la evolución de las concentraciones ambientales de estos gases desde estaciones remotas, iniciado a mediados del siglo XX (Mauna Loa, 1958), se han promovido más recientemente otras iniciativas destinadas a la creación de redes de estaciones de medida de GEI en entornos urbanos, como, por ejemplo, la impulsada por la red europea ICOS (Integrated Carbon Observation System) a través del proyecto ICOS Cities, desarrollado entre 2021 y 2025.

En línea con este planteamiento, en 2023 CIEMAT fijó como objetivo científico el estudio del papel de las áreas urbanas como fuentes de GEI, iniciando su propio programa de monitorización. Para ello, puso en operación la ***Madrid-CIEMAT GHG Station***, integrada en la Estación de Observación Atmosférica (EOA) de CIEMAT, en la que también se incluye la Madrid-CIEMAT ACTRIS National Facility, instalación de la infraestructura europea de monitorización atmosférica avanzada ACTRIS-ERIC. Todo este equipamiento está ubicado en la sede de CIEMAT en Madrid, situado en el Campus de Excelencia Internacional de Moncloa.

Metodología :

Madrid-CIEMAT GHG Station



Sede del CIEMAT en Madrid

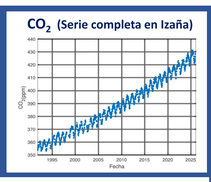
Madrid-CIEMAT GHG-Station
latitud 40.456582 , longitud -3.725690

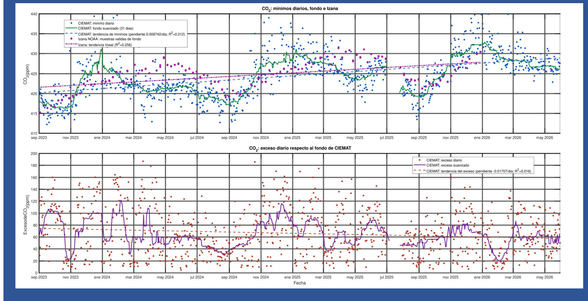
La metodología aplicada en la *Madrid-CIEMAT GHG Station* se fundamenta en las directrices de la red europea ICOS (Integrated Carbon Observation System) :

- Instrumentación y protocolos de control de calidad:
  El equipamiento consiste en un Espectrómetro de cavidad resonante (CRDS) (mod. Picarro G2301) para la medida de las concentraciones ambientales de CO_2, CH_4 y H_2O, con resolución temporal de 1 s. Los protocolos de instalación, mantenimiento y verificación-calibración del sistema han seguido y siguen estrictamente las directrices de ICOS.
- Selección del emplazamiento:
  Situado en la sede de CIEMAT en el campus de Moncloa (Madrid), alejado de fuentes directas de contaminantes, rodeado de amplias zonas verdes y, por tanto, en un entorno representativo de las condiciones ambientales del fondo urbano de la capital. Cuenta con el apoyo del resto de la instrumentación de la EOA de CIEMAT, lo que permite investigar de manera completa las características físico-químicas (aerosoles, gases traza y parámetros meteorológicos) de las masas de aire que alcanzan la estación, pudiéndose realizar un análisis pormenorizado de la evolución temporal de las concentraciones de GEI.

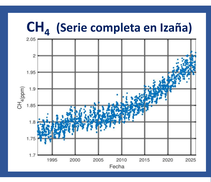
Resultados:

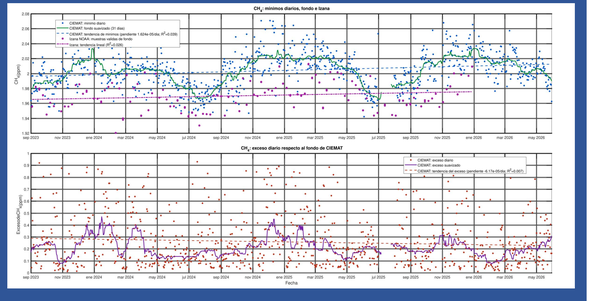
CO_2
(Madrid – CIEMAT vs Izaña)





CH_4
(Madrid – CIEMAT vs Izaña)





- Los datos obtenidos en la *Madrid-CIEMAT GHG-Station* (2023-2026) han sido analizados frente a los registrados en la estación ICOS de Izaña (Tenerife) tomada como estación remota de referencia.
- Se concluye que desde la estación de Madrid-CIEMAT es perfectamente posible estudiar la evolución de los niveles del fondo troposférico de CO_2 y de CH_4 , pese a su carácter de emplazamiento de fondo urbano, y analizar el comportamiento emisor global del área urbana en su conjunto.
- Los valores de fondo de CO_2 y CH_4 en ambas estaciones muestran tendencias crecientes muy similares durante el periodo estudiado. Se observan diferencias cíclicas estacionales en el CO_2, siendo los niveles de fondo durante la primavera-verano más bajos en Madrid, por el efecto sumidero de la vegetación de la región, y superiores en otoño-invierno, por el aumento de emisiones, la menor actividad fotosintética y la reducción de la altura de la capa de mezcla. En el CH_4, se observan tendencias crecientes similares en ambas estaciones de medida, aunque los valores de fondo registrados en Madrid son netamente superiores, esencialmente por el efecto de ciertas fuentes emisoras regionales (Domínguez et al. 2026).
- Los máximos impactos de CO_2 y CH_4 registrados en la estación de Madrid-CIEMAT han mostrado una evolución general hacia valores decrecientes durante el periodo estudiado, tendencia contrapuesta a la de los niveles de fondo. Se considera que esto refleja un descenso sostenido, lento pero real, de las emisiones globales urbanas-metropolitanas (tráfico, vertederos, etc.) producidas en el área de Madrid.

Bibliografía:

Matthews, B., García, O. E., Cuevas, E., Spangl, W., & Castro, P. (2020)
Report on how EIONET and EEA can contribute to the urban in situ requirements of a future Copernicus anthropogenic CO_2 observing system. European Environment Agency (EEA). https://repositorio.aemet.es/handle/20.500.11765/12594

Domínguez, A., Palacios, M., Núñez, L. & Pujadas, M. (2026)
Detection and quantification of large fugitive methane emissions in the Madrid region using ambient concentration measurements and dispersion modeling. *Atmospheric Environment 373 (2026) 121931* https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2026.121931

Agradecimientos:

Los autores expresan su agradecimiento a la Comunidad de Madrid por la financiación del proyecto AIRTEC2 en el que enmarca parcialmente esta investigación, y a la estación de Izaña (AEMET) cuyos datos han sido tomados como referencia.

Con este trabajo queremos rendir homenaje a la memoria del Dr. Emilio Cuevas, Director de Izaña, fallecido en febrero de 2026..

airtec2

CONAMA2026