MADRID
urbanismo,
medio ambiente
y movilidad

Dirección General de Sostenibilidad y
Control Ambiental
Subdirección General de Sostenibilidad
Servicio de Calidad del Aire

INFORME DE LA CAMPAÑA DE MEDICIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS. 4 de OCTUBRE a 3 de DICIEMBRE DE 2023 PLAZA DEL CARMEN DISTRITO CENTRO

ÍNDICE

RESULTADOS DE LA CAMPAÑA..... 3
1.1 INTRODUCCIÓN 3
1.2 UBICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO 3
1.3 CONDICIONES METEOROLÓGICAS..... 4
1.4 RESULTADOS DE LA CAMPAÑA Y COMPARACIÓN CON LA RED DE VIGILANCIA..... 8
1.4.1 DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO2)..... 9
1.4.2 OZONO (O3)..... 11
1.4.3 DIÓXIDO DE AZUFRE (SO2)..... 13
1.4.4 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)..... 15
1.5 CONCLUSIONES..... 17
ANEXO I. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA 19
I. RED DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE..... 19
II. PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS 21
III. LEGISLACIÓN..... 22
IV. ENLACES DE INTERÉS..... 24

RESULTADOS DE LA CAMPAÑA

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente informe muestra los resultados obtenidos por la unidad móvil de medición de los niveles de calidad del aire en la campaña realizada en Plaza del Carmen, situada en el Distrito Centro.

Esta campaña se ha realizado con el fin de mantener la medición durante el período en que la estación automática de la red de vigilancia ubicada en Plaza del Carmen, ha estado sin funcionamiento por las obras de remodelación de la citada plaza.

La unidad móvil ha contado con analizadores de gases, equipos para determinar las principales variables meteorológicas y con un sistema de adquisición de datos (SAD) que registra los datos medidos en continuo y los transmite al centro de control para su integración en la base de datos existente y posterior validación y estudio.

Se incluyen en la siguiente tabla la fecha de inicio y fin de la campaña y los contaminantes medidos:

CAMPAÑA	PERIODO DE MEDIDA		CONTAMINANTES
	Fecha inicio	Fecha Fin	
Plaza del Carmen	04/10/2023	03/12/2023	SO_2, NO_2, CO y O_3

1.2 UBICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO

A continuación, se incluye información sobre la ubicación de la unidad móvil.

Ubicación	Plaza del Carmen
Altura de captación respecto al suelo	3,5m
Distancia al edificio más cercano	4m
Coordenadas	40°25'09''N 3°42'10''W

Imagen 1. Unidad Móvil instalada en Plaza del Carmen

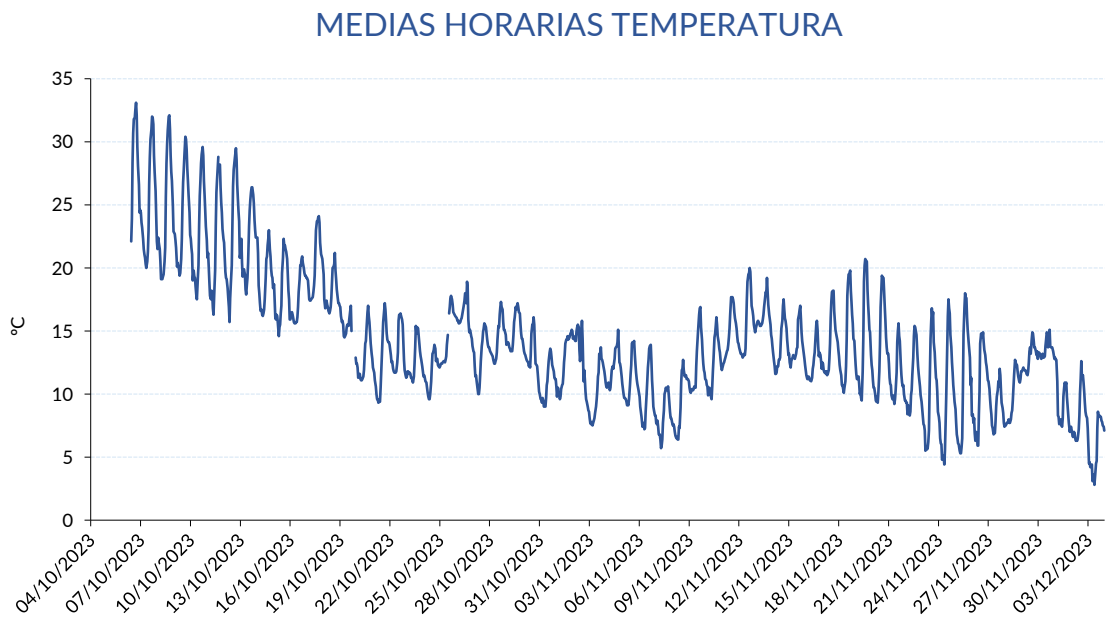
1.3 CONDICIONES METEOROLÓGICAS

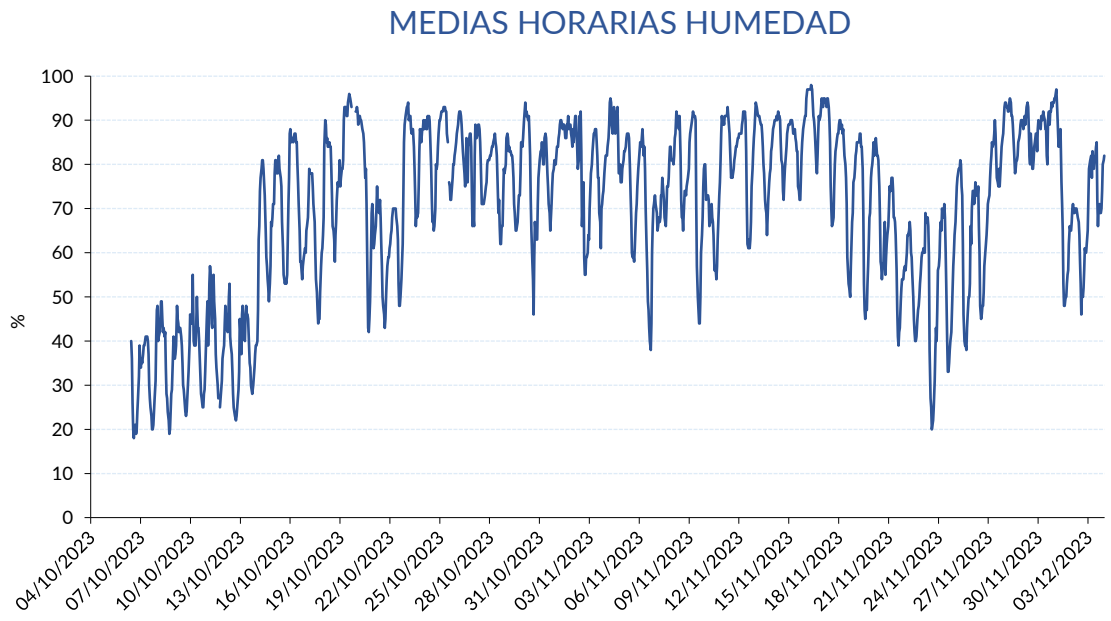
La temperatura media registrada durante el periodo en estudio ha sido de 14,3°C. Se ha alcanzado una temperatura máxima de 33,1°C el día 6 de octubre y una temperatura mínima de 2,8°C el día 3 de diciembre.

Durante la campaña, la humedad registrada se encuentra comprendida entre 18 y 98%, con una media de 70%. Se han registrado abundantes precipitaciones en la ciudad de Madrid, como puede apreciarse en la gráfica que se incluye en la página 6, concentradas principalmente en la segunda quincena de octubre.

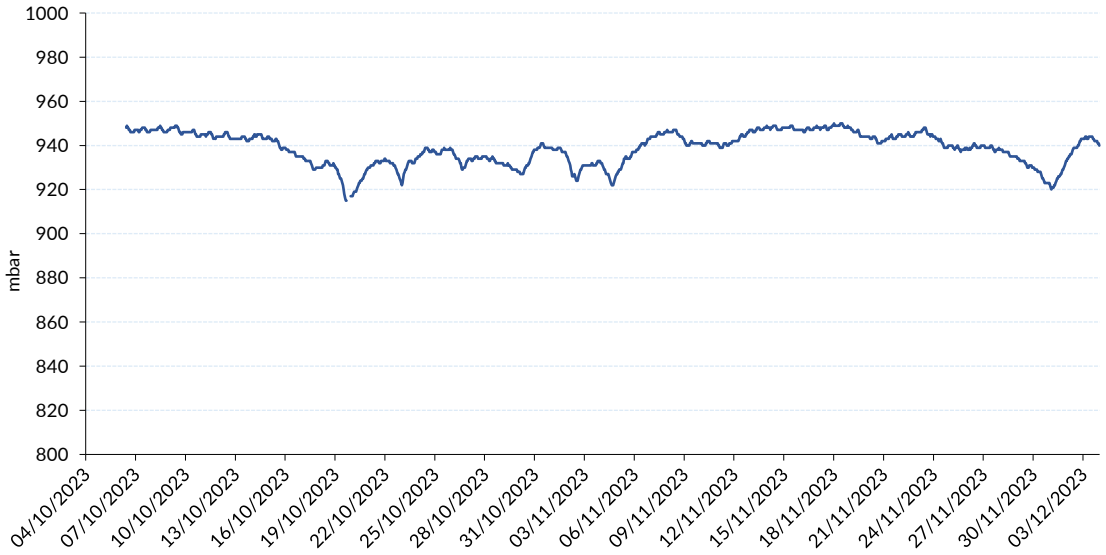
A continuación, se muestran los datos de los principales parámetros meteorológicos obtenidos durante la campaña de la unidad móvil. En concreto, los datos que se muestran de temperatura, humedad y presión, corresponden a datos medidos por sensores

meteorológicos instalados en la propia unidad móvil, mientras que los datos correspondientes a la precipitación y radiación solar son la media diaria y horaria, respectivamente, de todas las mediciones obtenidas en las estaciones de vigilancia de calidad del aire, que disponen de estos sensores meteorológicos.

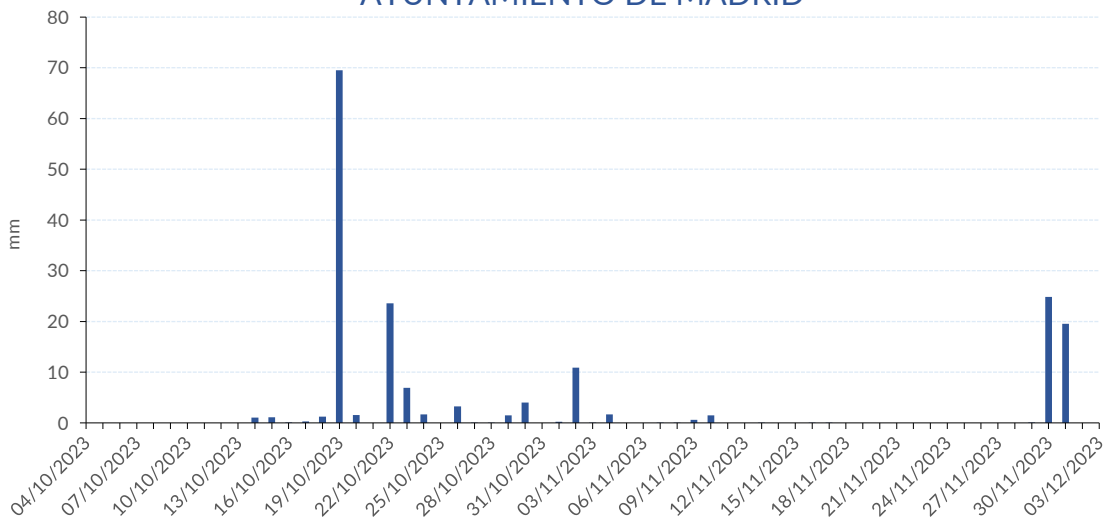


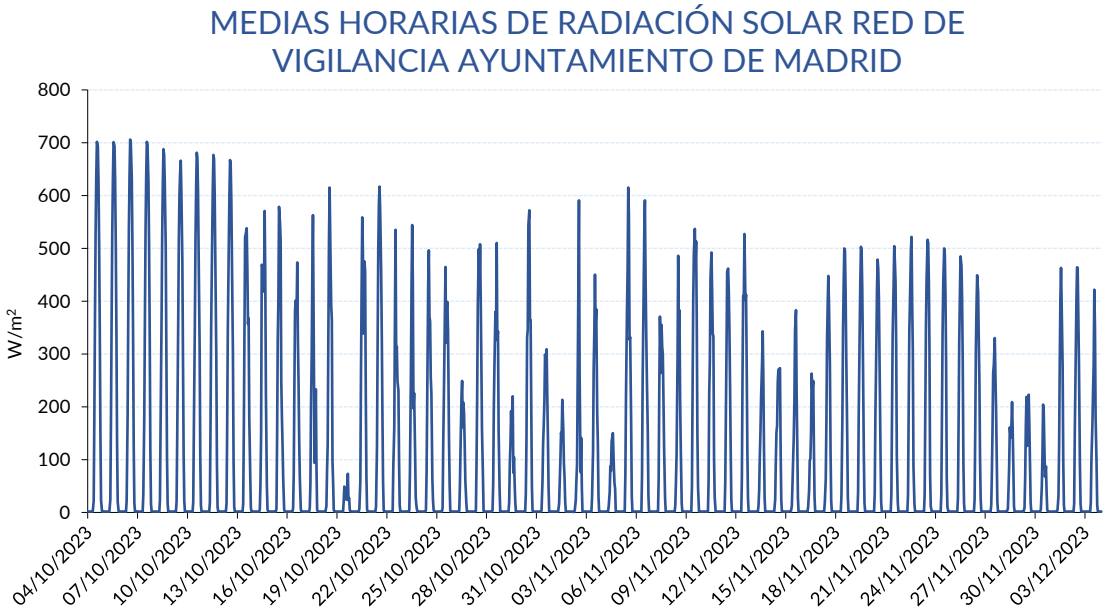


MEDIAS HORARIAS PRESIÓN

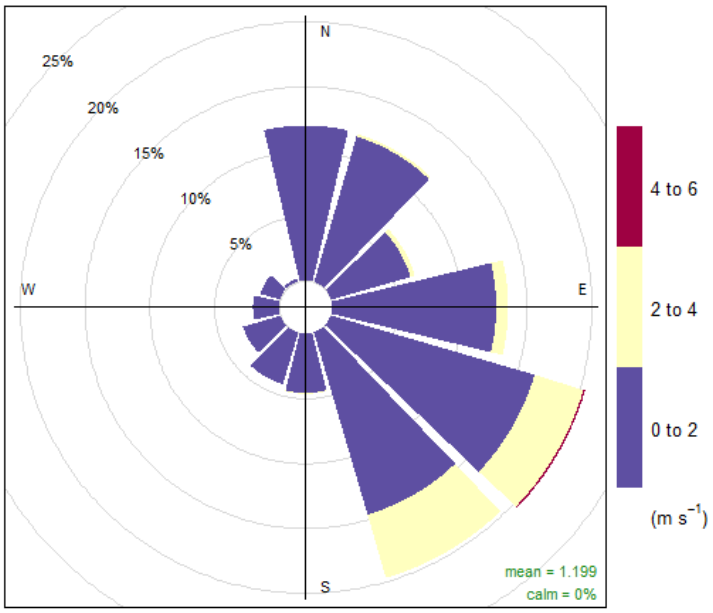


MEDIA DIARIA DE PRECIPITACIÓN RED DE VIGILANCIA AYUNTAMIENTO DE MADRID





Rosa de los vientos.



Frequency of counts by wind direction (%)

En la unidad móvil, durante el periodo de campaña, se han registrado velocidades del viento comprendidas entre 0,3 y 4,02 m/s, con dirección del viento de componente principal sureste.

Según la información de análisis y predicción diaria de condiciones de ventilación atmosférica en Madrid, elaborada por la Agencia Estatal de Meteorología, la ventilación durante el periodo en estudio ha sido favorable, excepto los días;

- 5, 6 y 12 de octubre.
- 14, 15, 16, 18, 19, 20, 25, 26 y 27 de noviembre.

1.4 RESULTADOS DE LA CAMPAÑA Y COMPARACIÓN CON LA RED DE VIGILANCIA

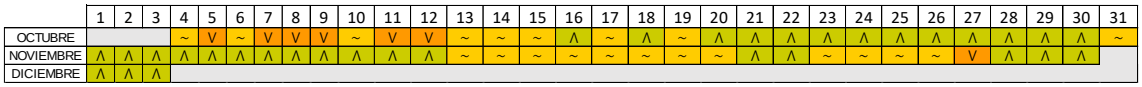
A continuación, se incluye una tabla con los datos obtenidos por la unidad móvil, efectuando comparativas con la media de las estaciones de fondo y tráfico, y en el caso del ozono, con la media de las estaciones suburbanas.

Contaminantes	Unidad Móvil		Estaciones de tráfico		Estaciones de fondo		Estaciones suburbanas	
	Valor medio	Máxima horaria	Valor medio	Máxima horaria	Valor medio	Máxima horaria	Valor medio	Máxima horaria
NO_2 (µg/m^3)	23	90	33	142	30	121	-	-
O_3 (µg/m^3)	49	128	40	113	42	120	47	127
SO_2 (µg/m^3)	2	15	2	7	-	-	-	-
CO (mg/m^3)	0,7	1,8	0,3	1,5	-	-	-	-

*El valor medio se ha calculado con las concentraciones medias horarias.

La unidad móvil ha registrado una concentración media y una máxima horaria de NO_2 inferiores a la media de las estaciones de tráfico y de fondo. En cuanto al ozono, la unidad móvil presenta unos valores medios de ozono ligeramente superiores a la media de las estaciones de tráfico y de fondo y similares a la media de las estaciones suburbanas.
Todas las estaciones han registrado valores bajos y alejados de los límites establecidos por la legislación de SO_2 y CO.

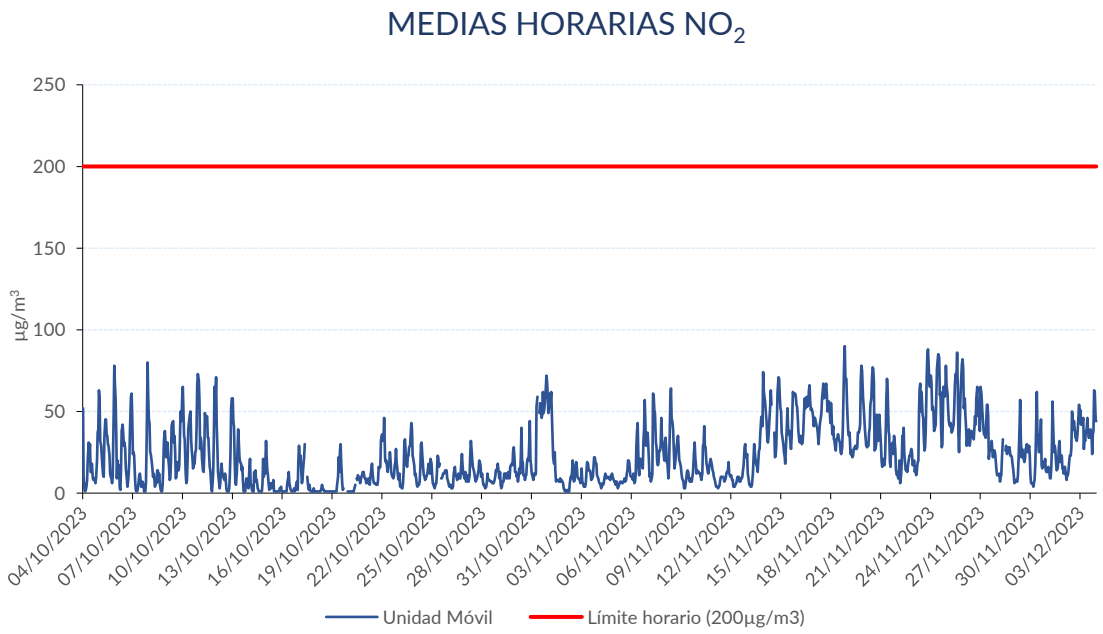
El índice de calidad del aire en la ciudad de Madrid ha sido el siguiente durante la presente campaña:



Más información sobre el índice de calidad del aire.

1.4.1 DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO_2)

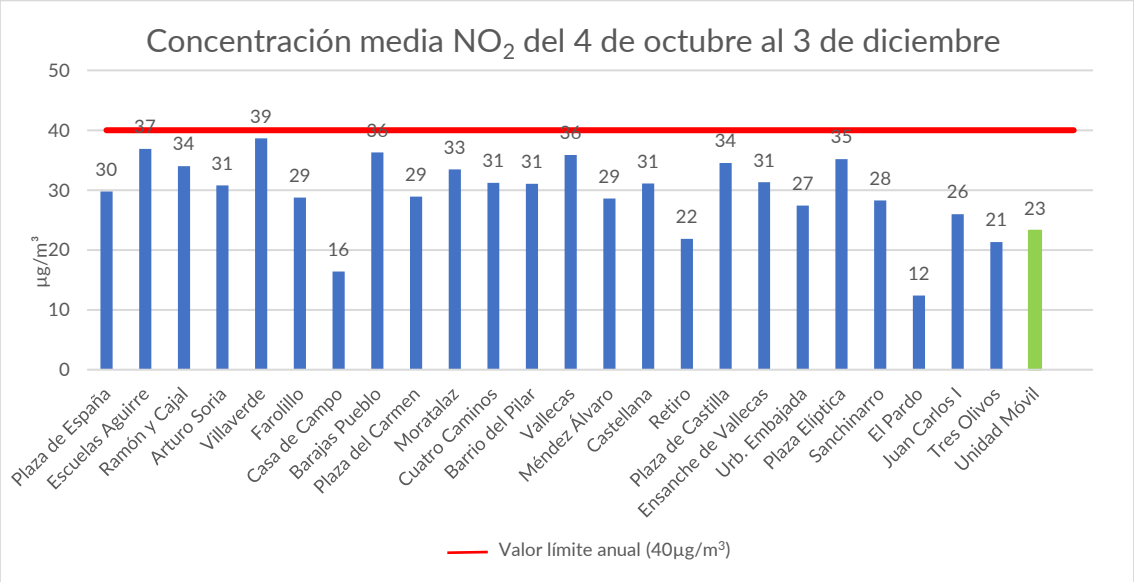
Se incluye un gráfico donde se representan las concentraciones medias horarias de NO_2 registradas por la unidad móvil durante el periodo de campaña frente al límite horario (200 µg/m³, no podrán superarse en más de 18 ocasiones por año) establecido en la legislación para este contaminante, junto con una tabla con el número de superaciones producidas durante este periodo.



Superaciones del valor límite horario (200 µg/m³) No más de 18 superaciones por año	0

Durante el periodo en estudio no se ha producido **ninguna superación del valor límite horario** marcado por la legislación, las medias horarias de NO_2 registradas se encuentran alejadas de dicho valor.

A continuación, se muestran los valores medios obtenidos tanto en las estaciones de la red fija como en la unidad móvil a lo largo del periodo correspondiente a la campaña.



La concentración media de NO_2 de la unidad móvil es de 23 µg/m³, alejada del valor límite anual (40 µg/m³) y ligeramente inferior a las estaciones de la red de vigilancia del ayuntamiento de Madrid, exceptuando las estaciones suburbanas.

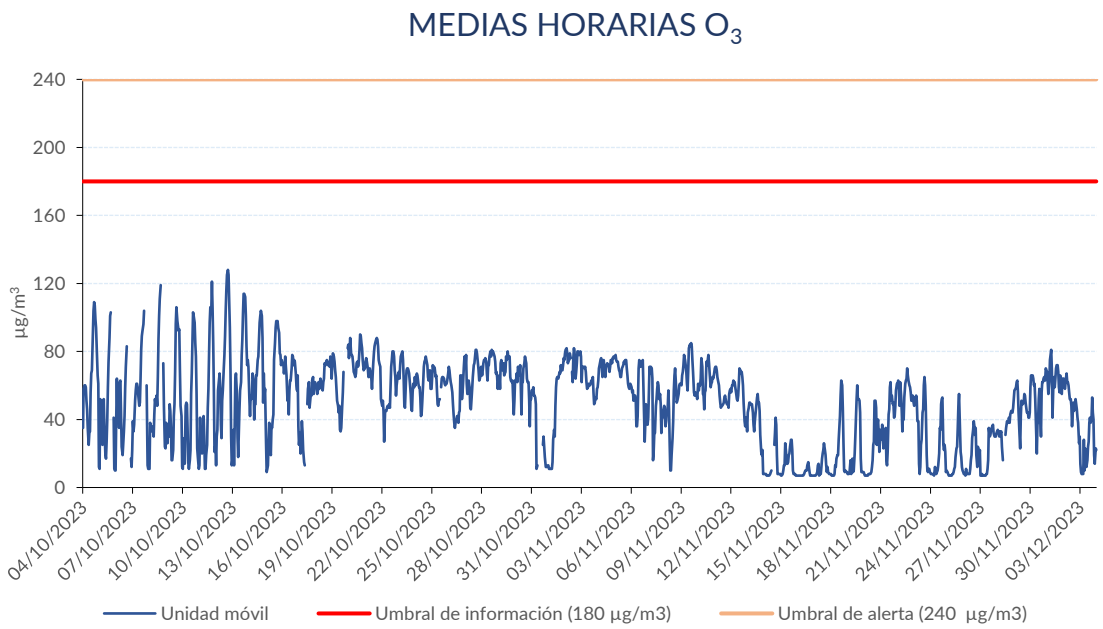
Se incluye una comparativa de las concentraciones medias diarias registradas por la unidad móvil y la media de las estaciones de tráfico y las estaciones de fondo de la red.

Durante los primeros días de campaña, la unidad móvil ha registrado concentraciones medias diarias ligeramente inferiores al resto de las estaciones de la red del sistema de

vigilancia de calidad del aire del ayuntamiento de Madrid, a partir del día 22 de octubre registra valores similares al resto de estaciones.

1.4.2 OZONO (O_3)

A continuación, se representan las concentraciones medias horarias de O_3 registradas por la unidad móvil durante el periodo de campaña frente al umbral de información (180 µg/m^3) y el umbral de alerta (240 µg/m^3) establecido en la legislación para este contaminante.

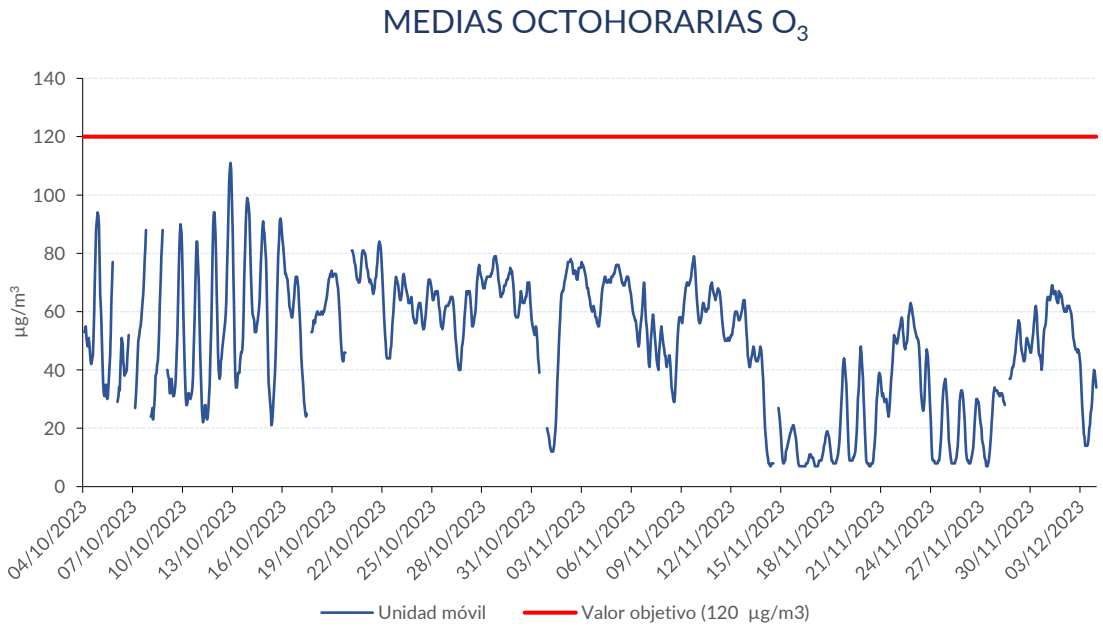


Umbral de información (180 µg/m^3)				Umbral de alerta (240 µg/m^3)		
Nº días	Nº horas	Nº episodios	Horas totales	Nº días	Nº horas	Nº episodios
0	0	0	0	0	0	0

Los valores de O_3 registrados se encuentran alejados del umbral de información (180 µg/m^3) y del umbral de alerta (240 µg/m^3) establecidos por la legislación, **no se ha producido ninguna superación de ninguno de ellos**.

En el siguiente gráfico se representan las concentraciones octohorarias de ozono registradas del 4 de octubre al 3 de diciembre en la unidad móvil. Se incluye el valor

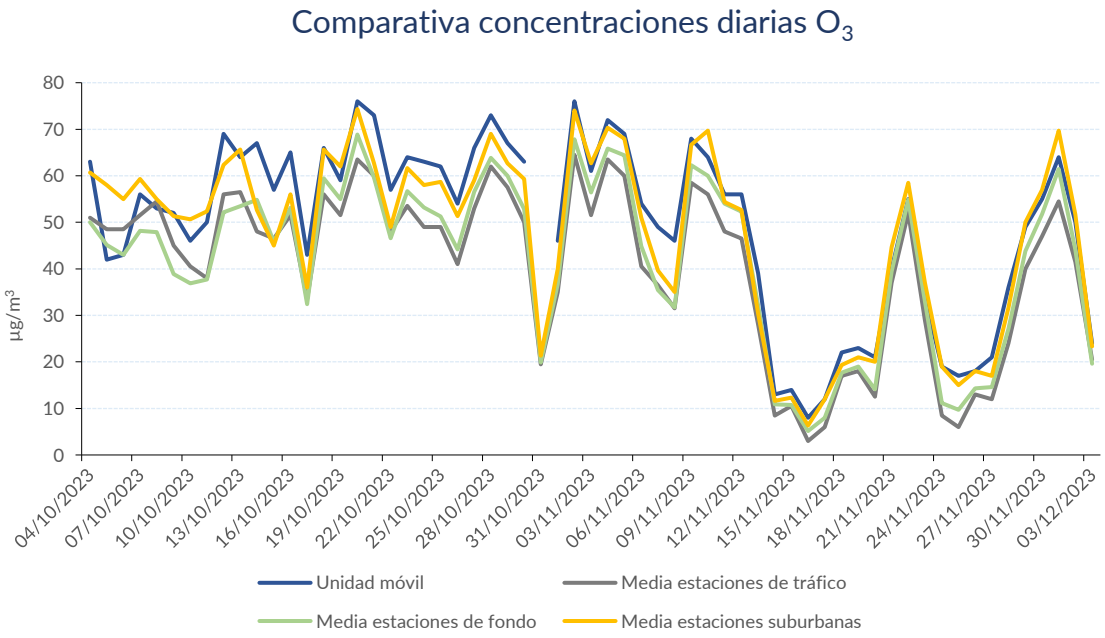
objetivo establecido en 120 µg/m^3 que no podrá superarse en más de 25 días por año civil de promedio en un periodo de 3 años.



Superaciones del valor objetivo octohorario (120 µg/m^3) No más de 25 superaciones por año	0

Durante el periodo de campaña no se ha producido ninguna superación del valor objetivo octohorario (120 µg/m^3).

En la siguiente gráfica se representan las concentraciones diarias de ozono registradas por la unidad móvil y la media de las estaciones de tráfico, las estaciones de fondo y las estaciones suburbanas de la red.

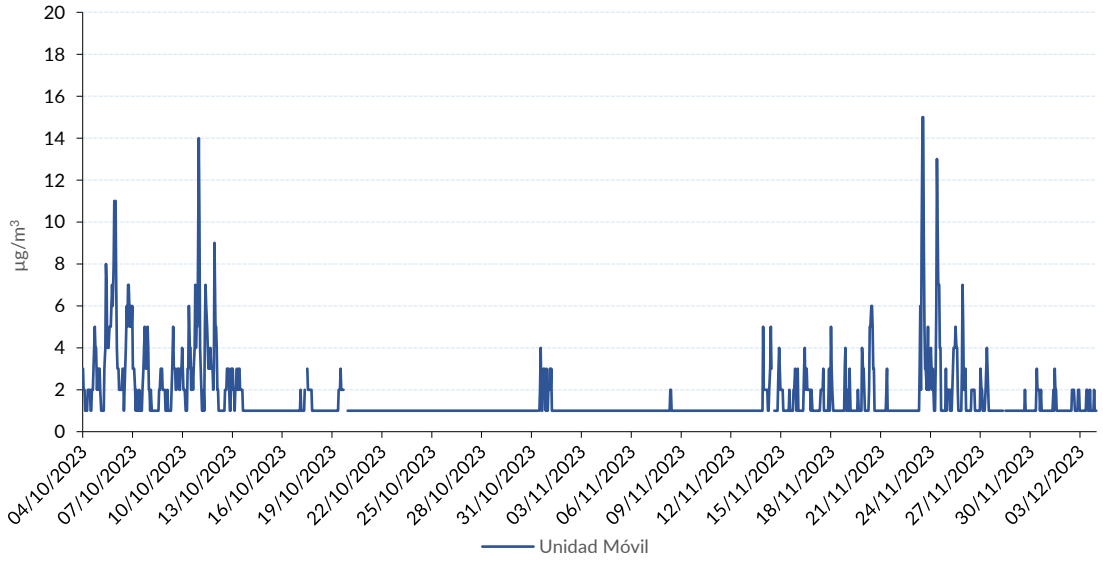


Todas las estaciones muestran una evolución similar a lo largo del periodo en estudio, registrando, la unidad móvil, concentraciones diarias ligeramente superiores al inicio de la campaña.

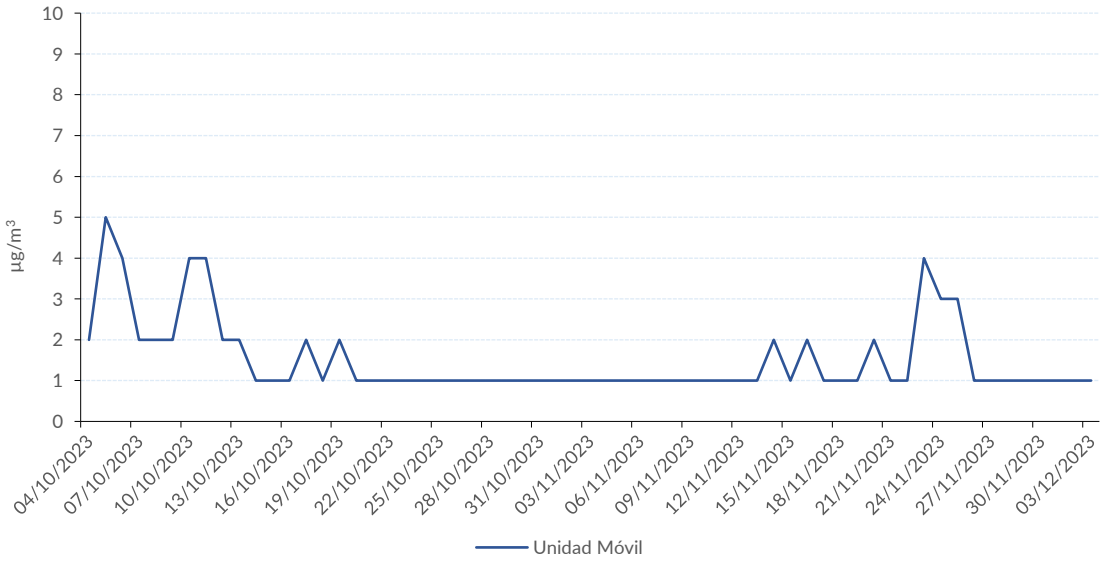
1.4.3 DIÓXIDO DE AZUFRE (SO_2)

Se incluyen gráficos con las medias horarias y diarias de SO_2 registradas durante el periodo en estudio, en estos gráficos no se incluye el valor límite horario (350 µg/m^3, no podrá superarse más de 24 ocasiones por año), ni el valor límite diario (125 µg/m^3, no podrá superarse en más de 3 ocasiones por año), dado que las concentraciones de SO_2 se encuentran muy alejadas de los mismos y no se visualizarían correctamente.

MEDIAS HORARIAS SO_2



MEDIAS DIARIAS SO_2

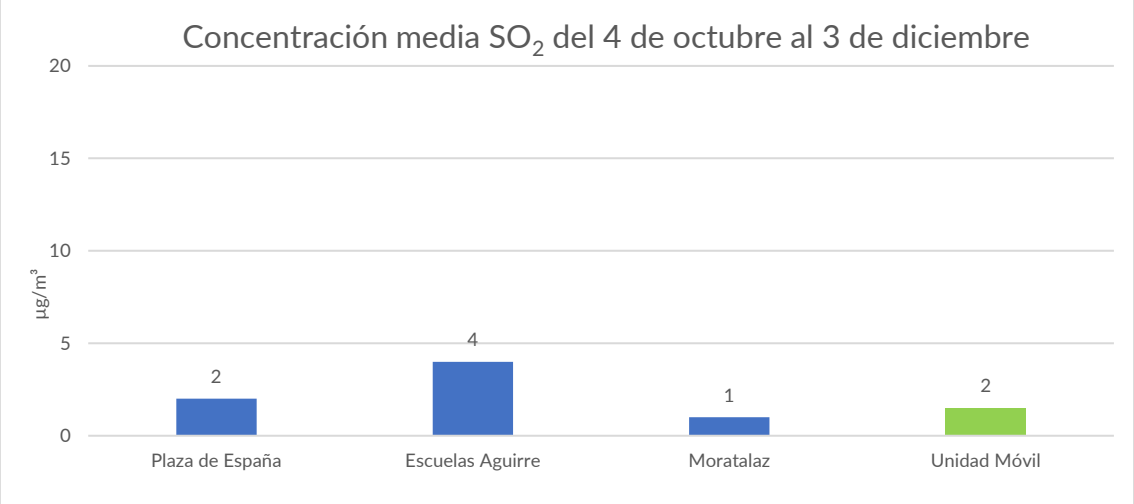


Superaciones del valor límite horario (350 µg/m³) No más de 24 superaciones por año	0
Superaciones del valor límite diario (125 µg/m³) No más de 3 superaciones por año	0

Las concentraciones de SO_2 han permanecido estables durante el periodo de campaña, con una concentración media de 2 µg/m^3.

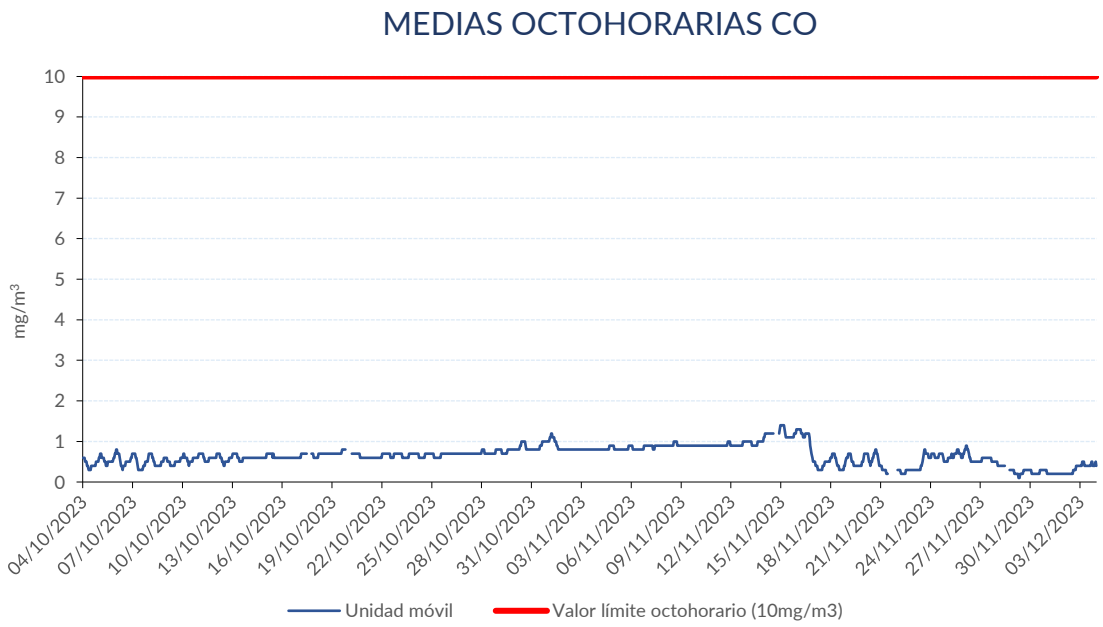
No se ha producido ninguna superación del valor límite horario ni del valor límite diario, las concentraciones de SO_2 se encuentran muy alejadas de estos valores.

Se incluye una comparativa de las concentraciones medias registradas por la unidad móvil y las estaciones fijas de la red.



1.4.4 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

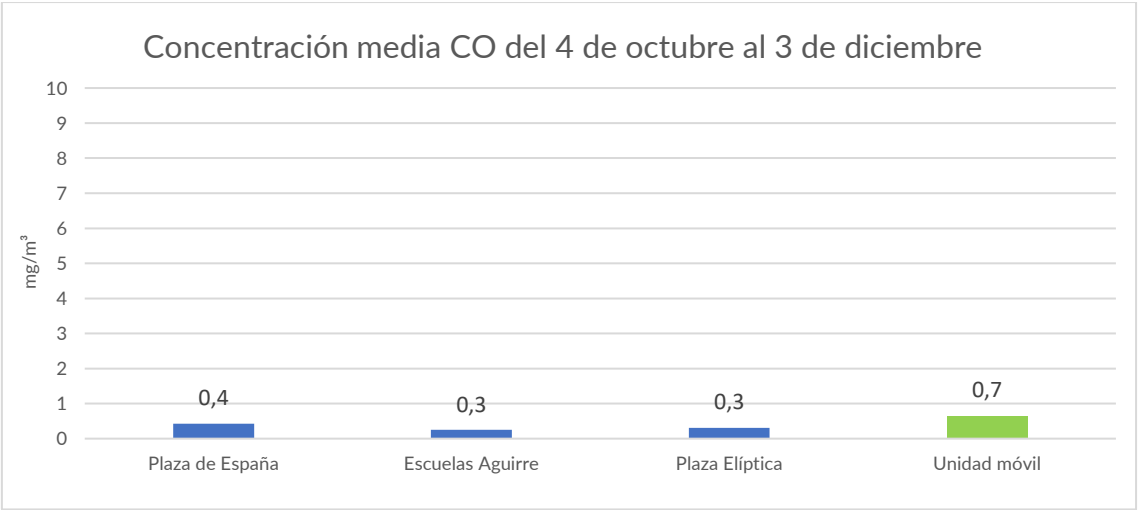
A continuación, se representa la evolución de las concentraciones de las medias octohorarias de monóxido de carbono registradas por la unidad móvil a lo largo del periodo en estudio y una tabla con el número de superaciones del valor límite octohorario.



Superaciones del valor límite octohorario (10 mg/m^3)	0

La unidad móvil ha registrado concentraciones de CO inferiores a 1,5 mg/m^3 durante el periodo en estudio, los valores se encuentran muy alejados del valor límite octohorario (10 mg/m^3).

Se incluye una comparativa de las concentraciones medias de monóxido de carbono registradas por la unidad móvil y las demás estaciones de la red.



Se muestra la comparativa de las concentraciones diarias obtenidas en la unidad móvil y la media de las estaciones de tráfico.

La concentración diaria máxima se registró el día 14 de noviembre en la unidad móvil, con una concentración media de 1,3 mg/m^3.

1.5 CONCLUSIONES

- Según la información de análisis y predicción diaria de condiciones de ventilación atmosférica en Madrid, elaborada por la Agencia Estatal de Meteorología, la ventilación durante el periodo en estudio ha sido favorable, excepto los días 5, 6 y 12 de octubre y 14, 15, 16, 18, 19, 20, 25, 26 y 27 de noviembre, que presenta una ventilación desfavorable.

- Las medias horarias de NO_2 registradas en el periodo en estudio se encuentran alejadas de los valores límites establecidos por la legislación, no se ha producido ninguna superación del valor límite horario y la media registrada durante la campaña es muy inferior al valor límite anual.

- No se ha producido ninguna superación del valor objetivo octohorario (120 µg/m^3), ni de los umbrales de información y alerta establecidos por la legislación para el **O_3**.

- Las concentraciones de SO_2 y CO, tanto en las estaciones de la red como en la unidad móvil, son muy inferiores a los valores límite fijados por la legislación.

ANEXO I. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

I. RED DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE

La red de vigilancia del ayuntamiento de Madrid está formada por 24 estaciones fijas utilizadas para la medición permanente de diversos contaminantes (dióxido de nitrógeno, partículas en suspensión, monóxido de carbono, dióxido de azufre, ozono y benceno). La información detallada sobre la situación de las estaciones, los contaminantes que miden, su entorno y las características de su emplazamiento puede encontrarse en: Red de estaciones fijas de control de calidad del aire - Portal de Calidad del aire (madrid.es)
Además de analizadores automáticos, en el caso de algunos contaminantes se utilizan equipos manuales para su captación y determinación posterior en laboratorio:

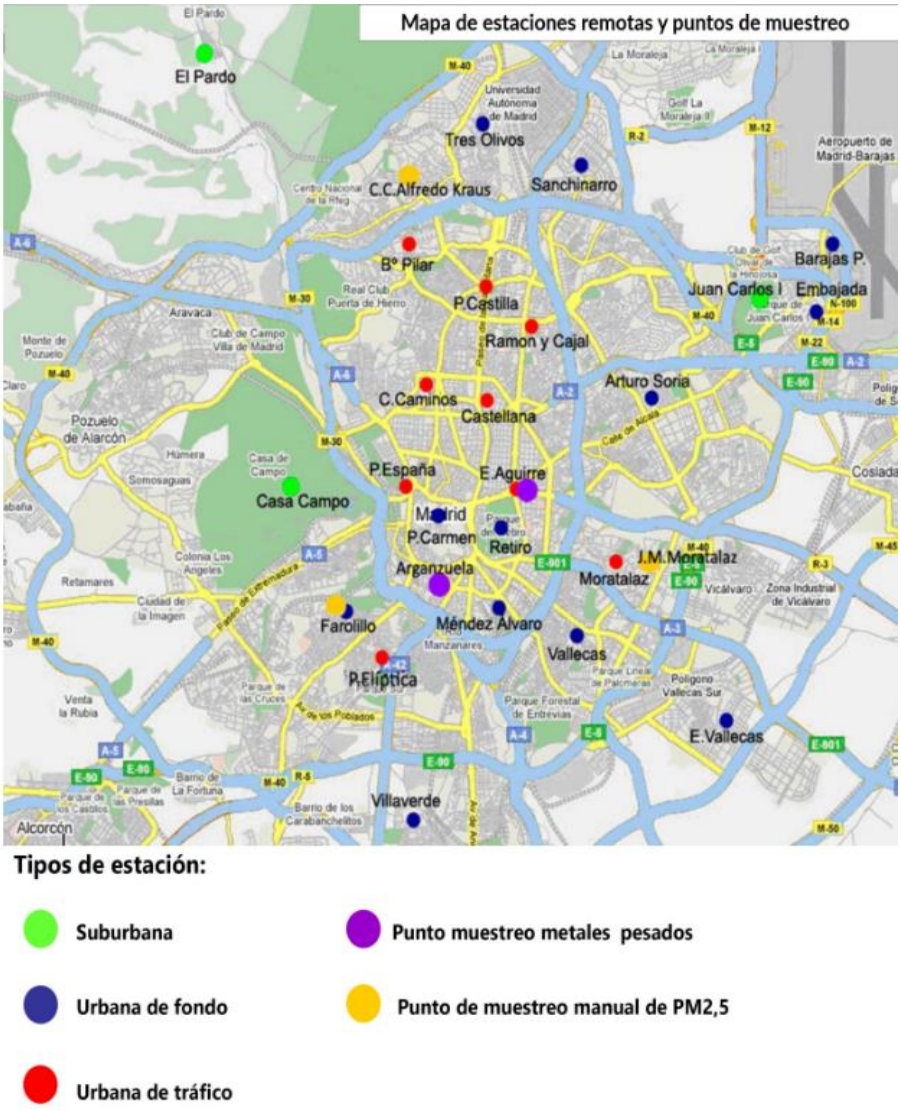
- Partículas PM 2,5 (tres equipos de muestreo).
- Metales pesados (arsénico, cadmio, níquel y plomo) junto a la estación automática de Escuelas Aguirre y en el Centro integrado de Arganzuela.
- Benzo(a)pireno junto a la estación automática de Escuelas Aguirre.

Las estaciones pueden clasificarse como:

- **Urbanas de fondo**: son representativas de la exposición de la población urbana en general.
- **De tráfico**: situada de tal manera que su nivel de contaminación está influido principalmente por las emisiones procedentes de una calle o carretera próxima, pero se ha de evitar que se midan microambientes muy pequeños en sus proximidades.
- **Suburbanas**: están situadas a las afueras de la ciudad, en los lugares donde se encuentran los mayores niveles de ozono.

Todas ellas tienen como objetivo la protección de la salud humana.

DISTRIBUCIÓN Y TIPOLOGÍA DE ESTACIONES RED DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE.



El servicio de calidad del aire cuenta con una **unidad móvil**, que funciona como una estación remota para la realización de campañas de medición específicas, que permite determinar los niveles de contaminación en lugares alejados de las estaciones remotas fijas que integran la red automática de vigilancia.

Por su versatilidad, se ha convertido en un elemento imprescindible en el control de la calidad del aire. Está equipada como las estaciones remotas más completas, dispone de analizadores para el control de contaminantes y variables meteorológicas.

Dotación de la unidad móvil

Analizadores y técnicas analíticas:

- Dióxido de azufre (fluorescencia ultravioleta).
- Monóxido de carbono (absorción infrarroja).
- Óxidos de nitrógeno (quimioluminiscencia).
- Ozono (absorción ultravioleta).

II. PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Dióxido de azufre (SO_2). Es un gas incoloro, no inflamable. Posee un olor fuerte e irritante en altas concentraciones. Se origina por la combustión de carburantes con cierto contenido en azufre (carbón, fuel) y la fundición de minerales ricos en sulfatos. Se genera principalmente por la industria (incluyendo las termoeléctricas), seguido de los vehículos a motor.

Dióxido de nitrógeno (NO_2). Es un contaminante indicador de actividades de transporte, especialmente el tráfico rodado. Lo emiten directamente los vehículos, principalmente los diésel (emisiones directas o «primarias»), pero se produce también en la atmósfera a partir de las emisiones de monóxido de nitrógeno (NO) de los vehículos; por un proceso químico, dicho gas se transforma en NO_2 (contaminante «secundario»).

Monóxido de carbono (CO) es un contaminante primario indicador del tráfico rodado. Es un gas incoloro, inodoro e insípido. Su presencia se ha reducido de manera continua en los últimos años debida fundamentalmente a los cambios tecnológicos en los vehículos de motor que son los principales emisores de este contaminante.

Ozono (O_3) es un contaminante secundario que se forma a partir de una serie de contaminantes precursores en condiciones de altas temperaturas y elevada radiación solar. Las moléculas de este gas azulado y picante están formadas por tres átomos de oxígeno.

Presenta dos propiedades que marcan sus interacciones con la vida de nuestro planeta: su fuerte absorción de la radiación ultravioleta y su gran poder oxidante.

La primera hace que su presencia en la estratosfera sea imprescindible como filtro para evitar que lleguen a la superficie del planeta altos niveles de radiación ultravioleta que resultarían catastróficos para todos los seres vivos. Por eso existen tantas campañas y esfuerzos para evitar el deterioro de la conocida «capa de ozono». Sin embargo, la segunda propiedad –su alto poder oxidante–, lo hace muy peligroso cuando aparece en la troposfera porque, en determinadas concentraciones, puede producir daños en nuestra salud, en la vegetación y en los materiales.

III. LEGISLACIÓN

La legislación sobre calidad del aire en vigor viene representada por las siguientes normas:

- **Ley 34/2007,** de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección a la atmósfera, cuyo objeto es establecer las bases en materia de prevención, vigilancia y reducción de la contaminación de la atmósfera con el fin de evitar, y cuando esto no sea posible, aminorar los daños que de ésta puedan derivarse para las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza.

- **Directiva 2008/50/CE** del parlamento europeo y del consejo de 21 de mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. Cuyo objetivo es definir y establecer objetivos de calidad del aire, evaluar la calidad del aire en los Estados miembro, obtener información sobre la misma y asegurar que esta se encuentra a disposición de los ciudadanos, mantener la calidad del aire cuando sea buena y mejorarla en los demás casos y, por último, fomentar la cooperación entre los Estados miembro para reducir la contaminación atmosférica.

- **Real Decreto 102/2011**, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, por la que se traspone al ordenamiento jurídico español la anterior directiva.

- **Real Decreto 39/2017,** de 27 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 102/2011 relativo a la mejora de la calidad del aire.

Estas normas establecen unos objetivos de calidad de aire que se concretan en valores límites, valores objetivos, objetivos a largo plazo o umbrales de información y/o alerta a la población, en función del contaminante.

Con el objetivo de facilitar la interpretación de los valores límites y los umbrales de información establecidos por la legislación para los distintos contaminantes, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla resumen de legislación en materia de calidad del aire
Valores límite y objetivos
Real Decreto 102/2011

Contaminante	Objeto de protección	Período de análisis	Valor	Categoría
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	Salud	Media anual	40 µg/m^3	Valor límite
	Salud	Media horaria; no podrán superarse en más de 18 ocasiones por año civil	200 µg/m^3	Valor límite
Partículas PM10	Salud	Media anual	40 µg/m^3	Valor límite
	Salud	Media diaria; no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año	50 µg/m^3	Valor límite
Partículas PM2,5	Salud	Media anual	25 µg/m^3	Valor límite
Ozono troposférico (O_3)	Salud	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias; no podrá superarse en más de 25 días por cada año civil de promedio en un periodo de 3 años	120 µg/m^3	Valor objetivo
Dióxido de azufre (SO_2)	Salud	Media horaria; Valor que no podrá superarse en más de 24 ocasiones por año civil.	350 µg/m^3	Valor límite
	Salud	Media diaria; valor que no podrá superarse en más de 3 ocasiones por año civil.	125 µg/m^3	Valor límite
Monóxido de carbono (CO)	Salud	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias	10 mg/m^3	Valor límite
Benceno	Salud	Media anual	5 µg/m^3	Valor límite

Umbrales definidos en la legislación sobre calidad del aire Real Decreto 102/2011			
Contaminante	**Tipo de umbral**	**Valor**	**Periodo de análisis**
Ozono troposférico (O_3)	**Información**	**180 µg/m^3**	**Media horaria**
	Alerta	**240 µg/m^3**	**Media horaria**
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	**Alerta**	**400 µg/m^3**	**Media horaria, durante 3 horas consecutivas en un área mayor de 100 Km^2.**
Dióxido de azufre (SO_2)	**Alerta**	**500 µg/m^3**	**Media horaria, durante 3 horas consecutivas en un área mayor de 100 km^2.**

IV. ENLACES DE INTERÉS

airedemadrid.madrid.es

https://madridsalud.es/vigilancia-sanitaria-de-riesgos-ambientales/#fusion-tab-saludycontaminaci%C3%B3n

https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/

https://www.eea.europa.eu/themes/air