



Comunidad  
de Madrid

Área de Calidad Atmosférica  
Dirección General de  
Descarbonización y Transición Energética  
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE,  
VIVIENDA Y AGRICULTURA

# CAMPAÑA DE MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN TRES CANTOS

*Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid*

Estudio de los datos medidos por la unidad móvil ubicada en el municipio de **Tres Cantos** y las estaciones fijas de Colmenar Viejo y Collado Villalba.

Se analiza la evolución de:

**Meteorología, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, partículas PM10 y PM2,5, ozono, monóxido de carbono, benceno e hidrocarburos.**

**Fecha de la campaña:**

29/03/2023 – 28/04/2023

Informe de la unidad móvil: **Tres Cantos**  
Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid

## CONTENIDOS

<b>1. La Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid. La unidad móvil.</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Descripción de la campaña</b> .....	<b>5</b>
<b>3. Datos generales del municipio</b> .....	<b>7</b>
<b>4. Ubicación de la campaña</b> .....	<b>8</b>
<b>5. Datos meteorológicos durante de la campaña</b> .....	<b>9</b>
5.1. Temperatura .....	9
5.2. Humedad relativa.....	10
5.3. Precipitación.....	11
5.4. Presión barométrica.....	12
5.5. Velocidad del viento .....	13
<b>6. Resultados de los analizadores durante la campaña</b> .....	<b>14</b>
6.1. Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) .....	15
6.2. Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) .....	17
6.3. Material particulado.....	19
6.3.1. Material particulado (PM10) .....	20
6.3.2. Material particulado (PM <sub>2,5</sub> ) .....	22
6.4. Ozono (O <sub>3</sub> ) .....	24
6.5. Monóxido de carbono (CO).....	27
6.6. Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) .....	29
<b>7. Índice de la calidad del aire (ICA) de la campaña</b> .....	<b>32</b>
<b>8. Conclusiones</b> .....	<b>33</b>
<b>9. Referencias y Recursos</b> .....	<b>35</b>

# Informe de la campaña realizada con la unidad móvil en el municipio de **Tres Cantos**.

## 1. LA RED DE CALIDAD DEL AIRE DE LA COMUNIDAD DE MADRID. LA UNIDAD MÓVIL.

La Red de Calidad del Aire gestionada por la Comunidad de Madrid está constituida, desde el 1 de enero de 2019, por veinticuatro estaciones fijas y adicionalmente por dos unidades móviles. Las estaciones fijas se distribuyen en seis de las siete zonas en las que se divide la Región para la evaluación de la calidad del aire, de acuerdo con las directrices establecidas en la Ley 34/2007 de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera y en el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. En la séptima zona, es el Ayuntamiento de Madrid el organismo que realiza la evaluación de la calidad del aire.

Las unidades móviles de vigilancia de la contaminación atmosférica permiten completar mediante estudios concretos, los datos aportados por las estaciones fijas de la Red y en determinados casos, proporcionan información importante para la toma de decisiones en lo que se refiere a la calidad del aire de la Región. En concreto:

- Realizar campañas de calidad del aire en lugares donde no hay medidas directas de Red.
- Realizar estudios sobre el impacto que causan en la calidad del aire ciertas emisiones atmosféricas.
- Cuantificar el grado de contaminación atmosférica en un lugar y en un período concreto, por ejemplo, en caso de emisiones accidentales.
- Estudiar la ubicación más adecuada para instalar una estación fija de medida de calidad del aire.

Las unidades móviles disponen de analizadores automáticos que proporcionan datos en tiempo real de los siguientes contaminantes:

- Dióxido de azufre
- Óxidos de nitrógeno
- Ozono
- Partículas en suspensión PM10 y PM2,5
- Monóxido de carbono
- BTX (benceno, xileno y tolueno)
- Hidrocarburos totales

Asimismo, la estación meteorológica completa mide los siguientes parámetros:

- Velocidad del viento
- Humedad relativa
- Precipitación
- Dirección del viento
- Temperatura
- Presión atmosférica

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA CAMPAÑA

Según la Ley 4/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, los municipios de más de 50.000 habitantes, deben establecer zonas de bajas emisiones. A este respecto, el Ayuntamiento de Tres Cantos solicita a la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura la realización de una campaña de medición de la calidad del aire en su municipio con la instalación de una unidad móvil, para así, disponer de datos para la planificación de las mismas.

Este informe se corresponde con el estudio que se ha realizado en el término municipal de Tres Cantos. La unidad móvil se situó en el aparcamiento de la comisaría de la Policía Municipal, en la Avenida de los Montes 1, entre los días 29 de marzo a las 12:00 (hora solar) y el 28 de abril de 2023 a las 05:00 (hora solar).

Para la realización de este informe, se incluyen los datos de las estaciones fijas más representativas que se encuentran en la zona en la que se realiza el presente estudio. En este caso, los resultados se comparan con los de la estación fija de Colmenar Viejo para los parámetros NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, PM10 y meteorología y con los de la estación fija de Collado Villalba para los parámetros NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, PM2,5, benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) e hidrocarburos totales.

Los procesos que se siguen para la instalación de la unidad móvil son los siguientes:

- Selección de la ubicación por parte de personal especializado y gestión de permisos
- Traslado e instalación de la unidad móvil
- Calibración de los analizadores
- Campaña de medida
- Finalización de las medidas y retirada de la unidad móvil
- Realización de los informes

Para determinar la ubicación de la unidad móvil, la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid comunicó los requisitos necesarios para el emplazamiento al ayuntamiento de Tres Cantos que propuso una ubicación. Ésta se consideró adecuada por parte de la Red, teniendo en cuenta los criterios expresados en las normativas actuales y en particular, los del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, así como la Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

### Vista panorámica de emplazamiento de la unidad móvil.



IMAGEN 1

Una vez seleccionado el punto de medida, se traslada la unidad móvil hasta el emplazamiento elegido y se procede a la puesta en marcha de los equipos y a su estabilización durante 24 horas. A continuación, se lleva a cabo una verificación para asegurar su correcto funcionamiento.

Durante la campaña, un técnico comprueba semanalmente el funcionamiento de cada uno de los analizadores de la unidad móvil, realizando las operaciones de mantenimiento preventivo necesarias. En el caso de producirse alguna avería o incidencia un técnico acude lo antes posible para su subsanación.

Una vez terminada la campaña, se procede a la comprobación de los equipos y a la retirada de la unidad móvil.



Comunidad  
de Madrid

### 3. DATOS GENERALES DEL MUNICIPIO

Ubicado en el norte de la Comunidad de Madrid, Tres Cantos dista de la capital 27 Km aproximadamente.

Con una superficie de 37,93 Km<sup>2</sup>, su término municipal linda al norte con el municipio de Colmenar Viejo, con el que también limita al este, al sur limita con la base militar de El Goloso y con Madrid Capital. Tres Cantos pertenece a la Aglomeración Urbana Noroeste según la actual zonificación de la Región para la evaluación de la calidad del aire. Los datos actualizados a 1 de enero de 2022 por parte del INE, Instituto Nacional de Estadística, indican que este municipio cuenta con 50.187 habitantes y su densidad de población es de 1.323,14 hab./km<sup>2</sup>.

#### Mapa de la zonificación de la Comunidad de Madrid.

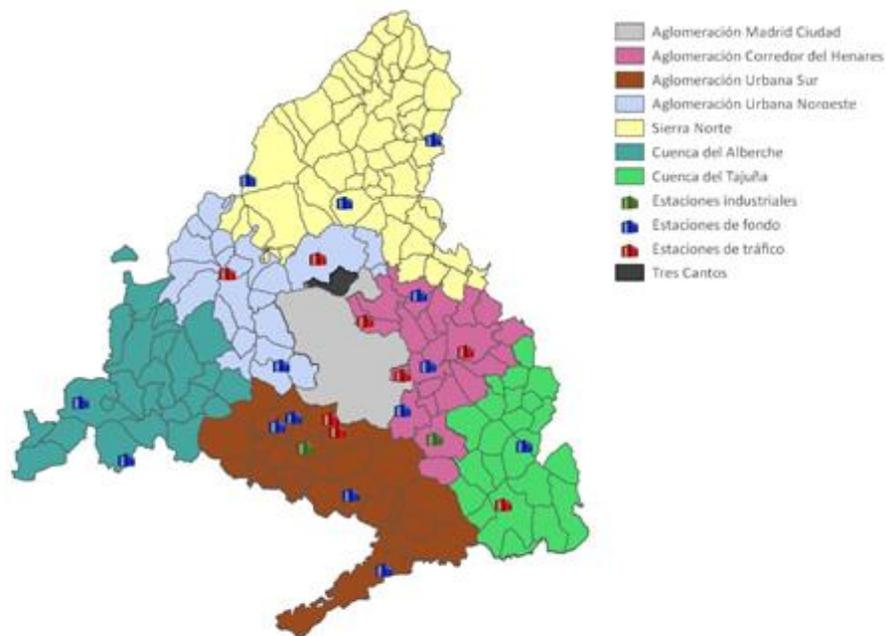


IMAGEN 2



## 4. UBICACIÓN DE LA CAMPAÑA

La unidad móvil se situó en las coordenadas en el sistema de referencia ETRS89 siguientes:

- Unidad móvil:  
40°36'43.9"N -3°43'09.9"W

Las estaciones fijas de Colmenar Viejo y Collado Villalba están ubicadas en las coordenadas en el sistema de referencia ETRS89 siguientes:

- Estación de Colmenar Viejo (estación de tráfico urbana):  
40°39' 52.67"N, -3°46'25.93"W
- Estación de Collado Villalba (estación de tráfico urbana):  
40°37'59.12"N, -3°0'51.3"W

### Vista satélite del emplazamiento de la unidad móvil y las estaciones fijas de la Red.

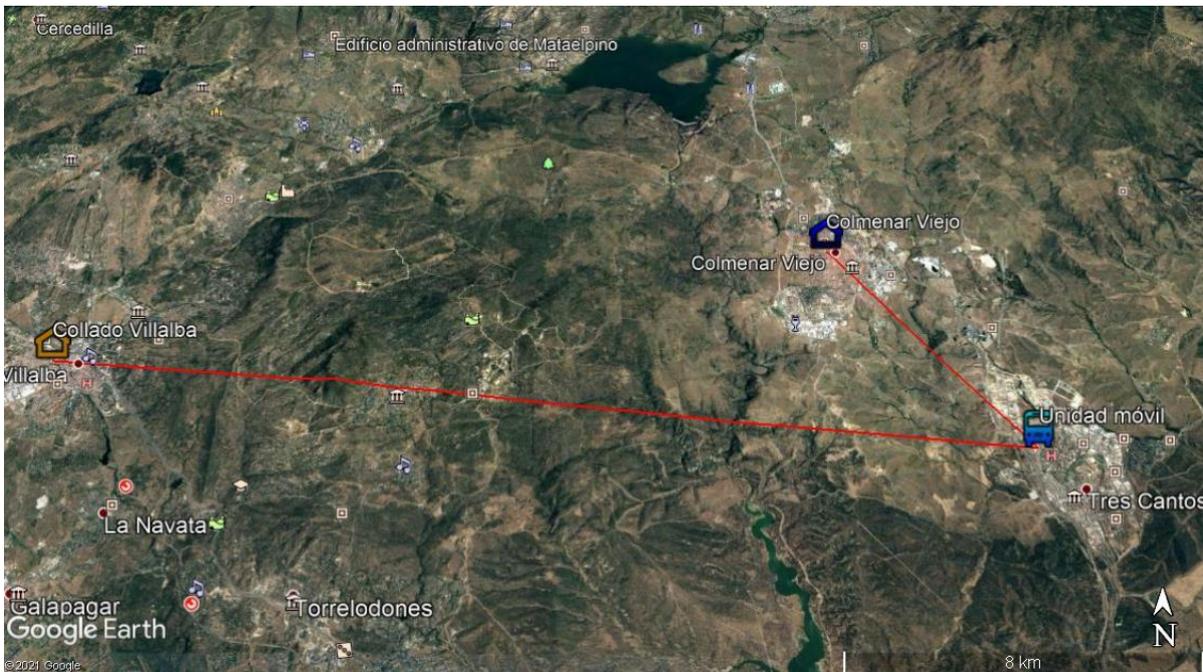


IMAGEN 3

Pueden considerarse las siguientes distancias aproximadas (en línea recta), entre la ubicación de la unidad móvil y las estaciones fijas de referencia:

- Colmenar Viejo: 7,49km.
- Collado Villalba: 25,12km.

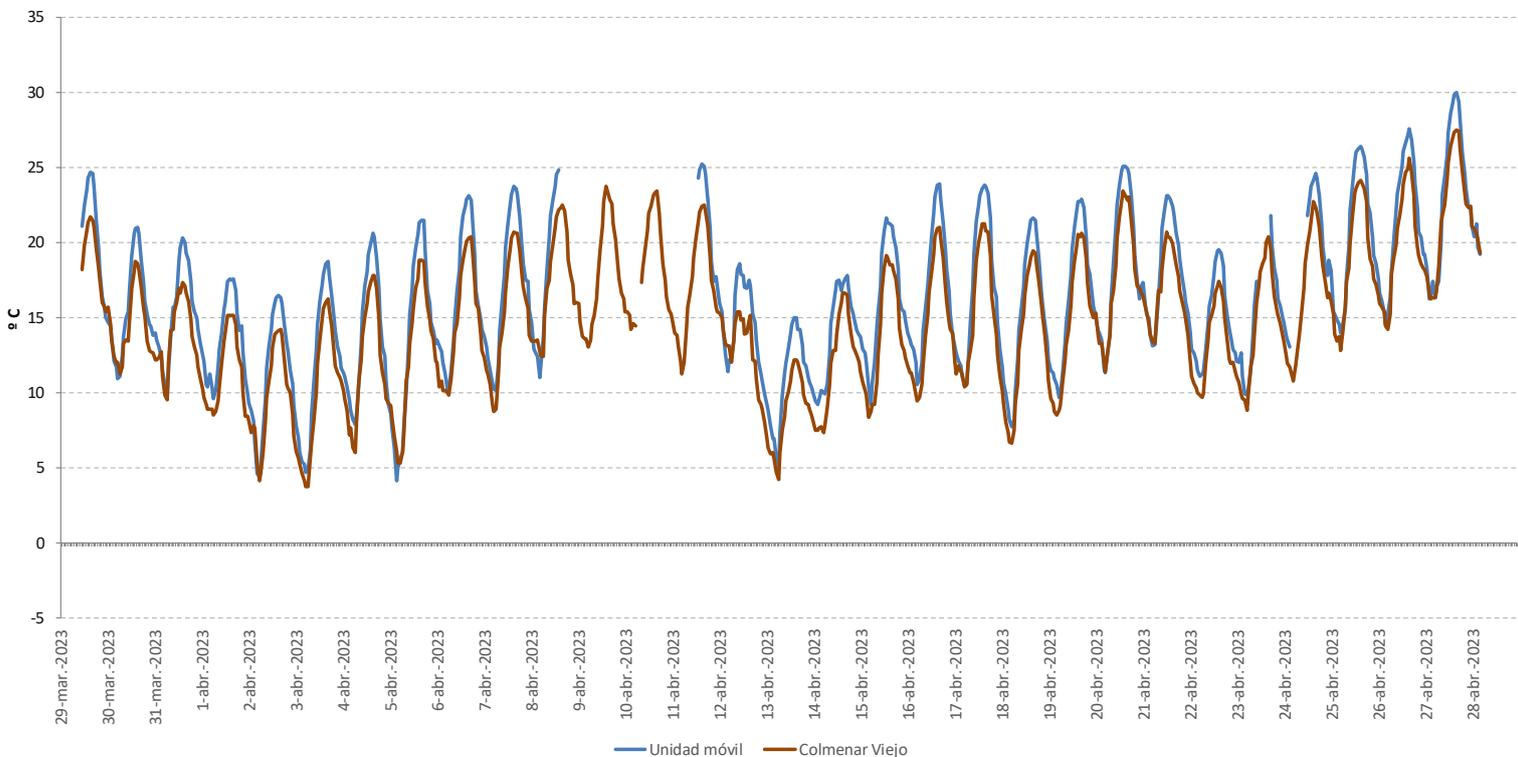
## 5. DATOS METEOROLÓGICOS DURANTE DE LA CAMPAÑA

La unidad móvil dispone de instrumentación meteorológica que facilita los datos, en tiempo real, de las principales variables ambientales. Se representan en este apartado los datos medidos por la unidad móvil y por la estación fija de Colmenar Viejo entre el 29 de marzo y el 28 de abril de 2023.

Cabe destacar que no se dispone de datos de meteorología entre los días 7 y 10 de abril debido a un problema con el adquirente de datos.

### 5.1. Temperatura

**Temperatura entre el 29 de marzo y el 28 abril de 2023.  
Datos de la unidad móvil y de la estación fija de Colmenar Viejo**



**GRÁFICA 1**

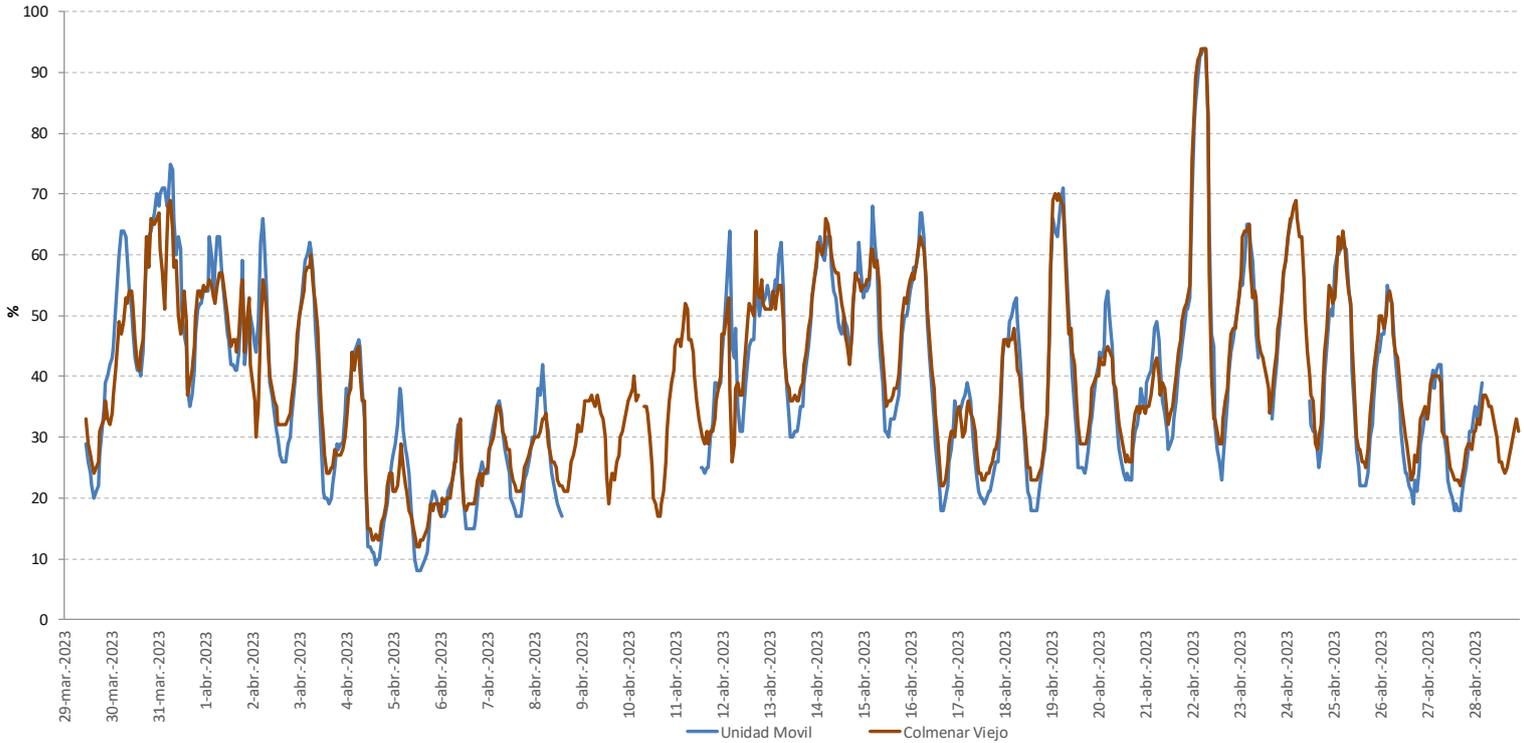
**Temperatura**

	Unidad Móvil (°C)	Día	Colmenar Viejo (°C)	Día
Máximo horario	30	27-abr.-2023	28	27-abr.-2023
Mínimo horario	4	5-abr.-2023	4	3-abr.-2023
Promedio horario de la campaña	16		15	

**TABLA 1**

## 5.2. Humedad relativa

Humedad relativa entre el 29 de marzo y el 28 abril de 2023.  
Datos de la unidad móvil y de la estación fija de Colmenar Viejo



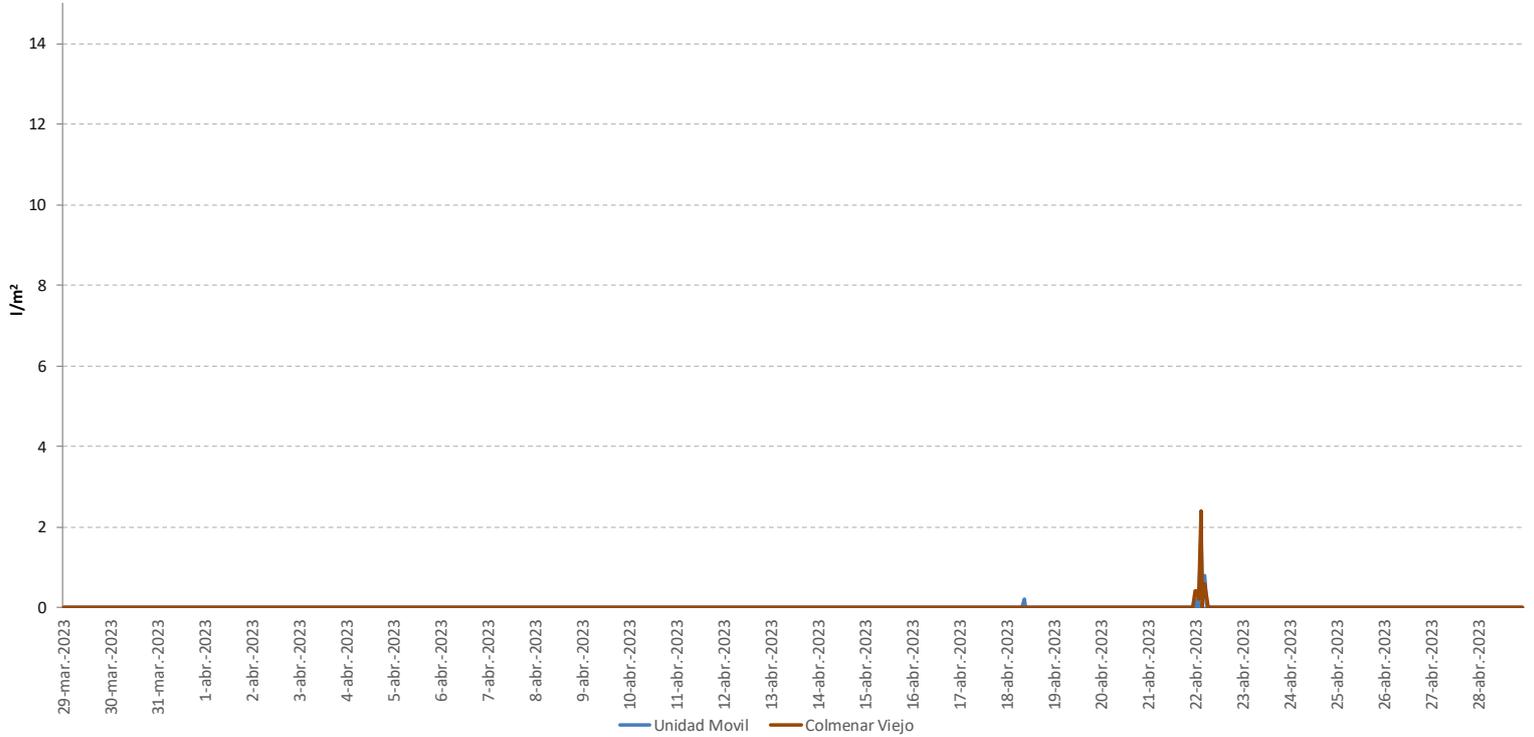
**GRÁFICA 2**

Humedad relativa		
	Unidad Móvil (%)	Colmenar Viejo (%)
Máximo horario	94	94
Promedio horario de la campaña	39	39

**TABLA 2**

### 5.3. Precipitación

**Precipitación entre el 29 de marzo y el 28 abril de 2023.  
Datos de la unidad móvil y de la estación fija de Colmenar Viejo**



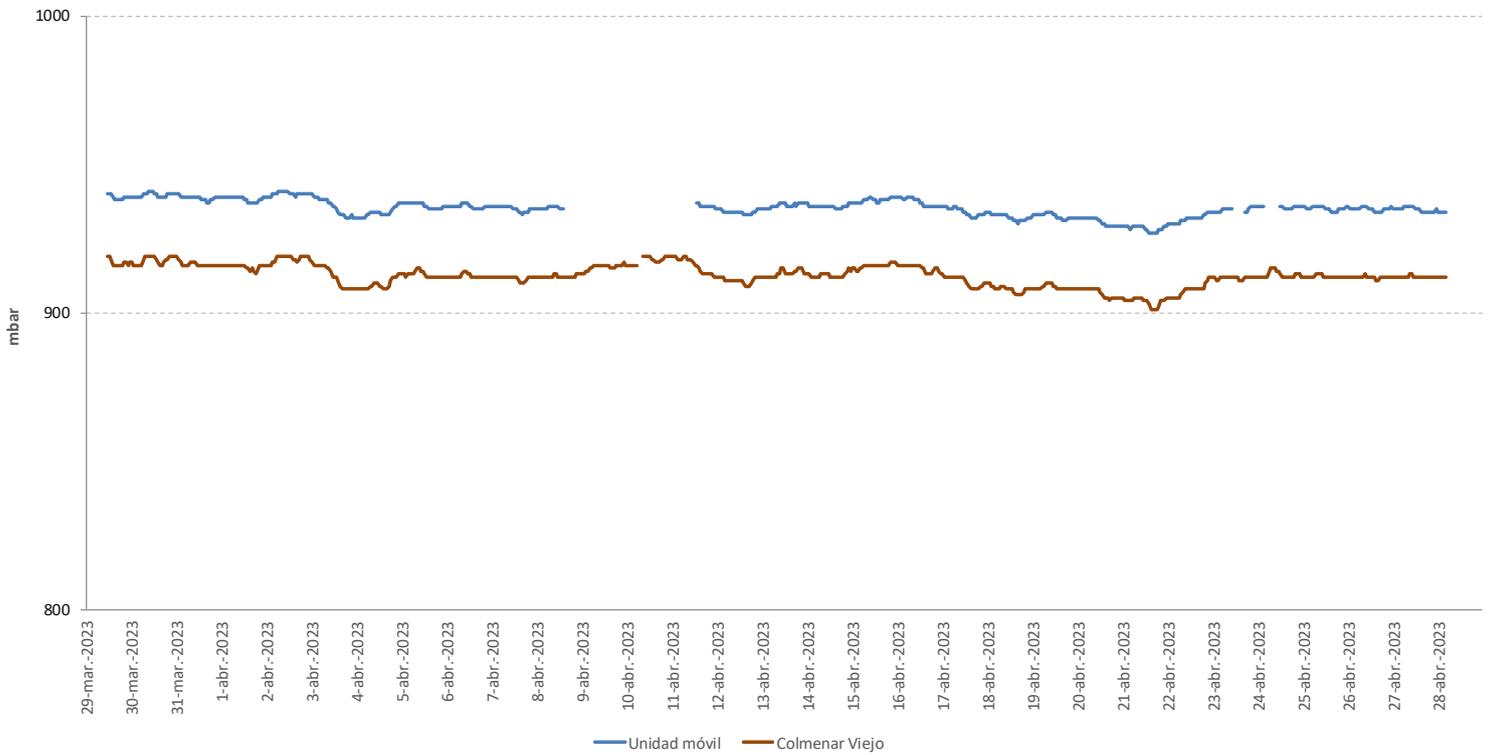
**GRÁFICA 3**

Precipitación		
	Unidad Móvil (l/m <sup>2</sup> )	Colmenar Viejo (l/m <sup>2</sup> )
Acumulado de la campaña	3,6	4,2

**TABLA 3**

## 5.4. Presión barométrica

**Presión barométrica entre el 29 de marzo y el 28 abril de 2023.  
Datos de la unidad móvil y de la estación fija de Colmenar Viejo**



**GRÁFICA 4**

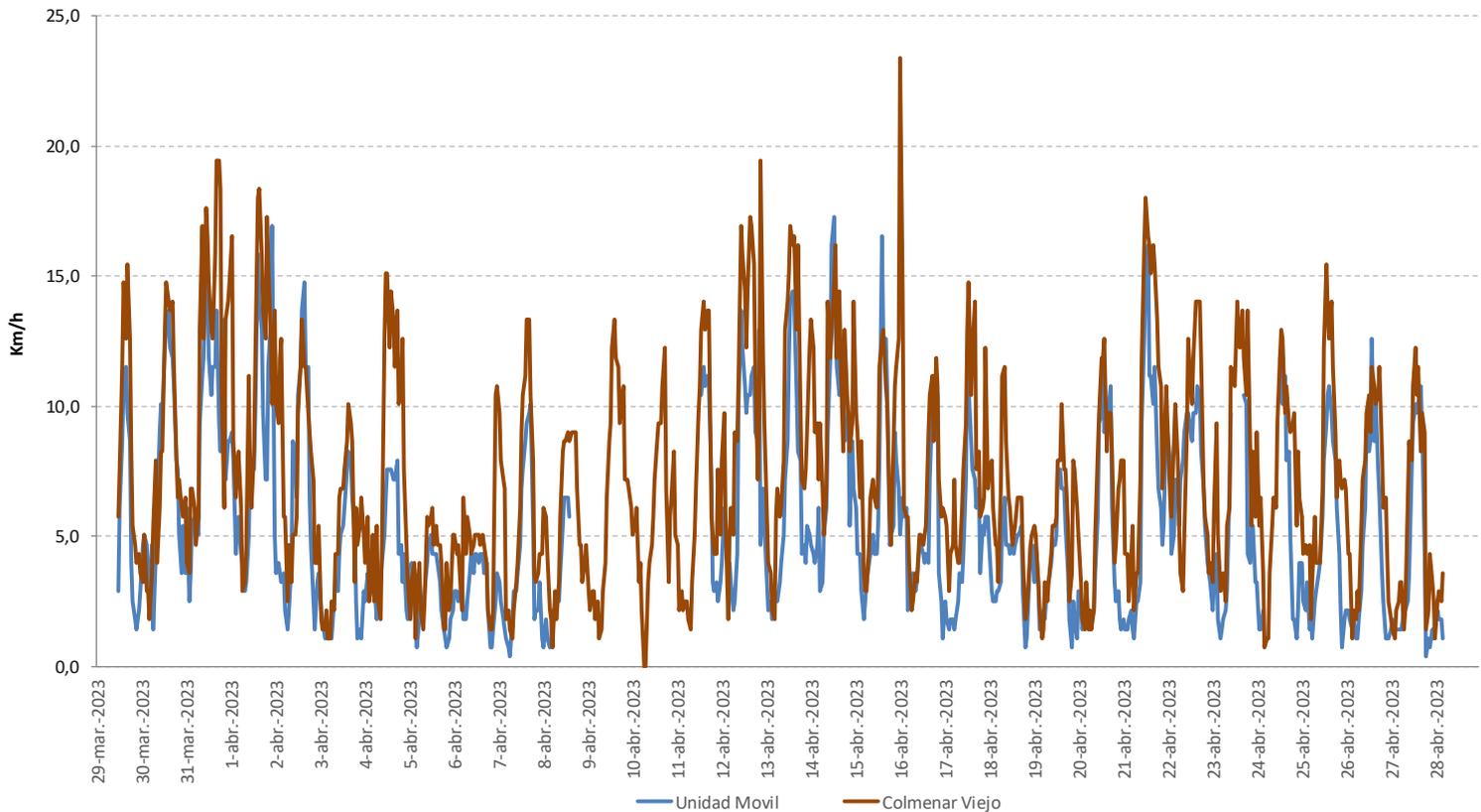
### Presión barométrica

	Unidad Móvil (mbares)	Colmenar Viejo (mbares)
Máximo horario	941	919
Mínimo horario	927	901
Promedio horario de la campaña	935	913

**TABLA 4**

## 5.5. Velocidad del viento

**Velocidad del viento entre el 29 de marzo y el 28 de abril de 2023.  
Datos de la unidad móvil y de la estación fija de Colmenar Viejo**



**GRÁFICA 5**

**Velocidad del viento**

	Unidad Móvil (Km/h)	Día	Colmenar Viejo (Km/h)	Día
Máximo horario	17	14-abr.-2023	23	16-abr.-2023
Promedio horario de la campaña	5		7	

**TABLA 5**



## 6. RESULTADOS DE LOS ANALIZADORES DURANTE LA CAMPAÑA

Para el estudio realizado con la unidad móvil en Tres Cantos se contó con el siguiente equipamiento:

Contaminante	Técnica analítica
Dióxido de azufre	Fluorescencia ultravioleta
Óxidos de nitrógeno	Quimioluminiscencia
Monóxido de carbono	Absorción de radiación infrarroja
PM <sub>2,5</sub>	Microbalanza oscilante
PM <sub>10</sub>	Microbalanza oscilante
Ozono	Absorción ultravioleta
Benceno	Cromatografía de gases
Hidrocarburos	Detección de la ionización de llama

TABLA 6

Los resultados obtenidos se detallan a continuación, representando la comparativa con la estación fija de Colmenar Viejo para O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y PM<sub>10</sub> y con la estación fija de Collado Villalba para O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub> y benceno.

La serie de datos comprende desde las 12:00 (hora solar) del día 29 de marzo hasta las 07:00 (hora solar) del 28 de abril de 2023.

## 6.1. Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

Es el compuesto de azufre que más frecuentemente contamina el aire. Se produce por la combustión de los combustibles que contienen azufre, principalmente fósiles.

Los óxidos de azufre se eliminan del aire mediante su conversión en ácido sulfúrico y sulfatos y posterior deposición en forma de partículas sobre la superficie de la tierra o del mar, ya sea con la precipitación o por deposición seca.

En cuanto a sus efectos, estos óxidos pueden inhibir el crecimiento de las plantas y ser letales para alguna de ellas cuando están expuestas a concentraciones, aunque sean moderadas, pero durante largos períodos de tiempo.

Sus efectos para el ser humano son: dificultad para respirar, irritación de la garganta y de los ojos y tos.

El dióxido de azufre es un precursor importante de partículas PM<sub>2,5</sub> (partículas con diámetro igual o inferior a 2,5 micras).

En cuanto a su tratamiento en la legislación se establece como objetivos de calidad del aire según el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire:

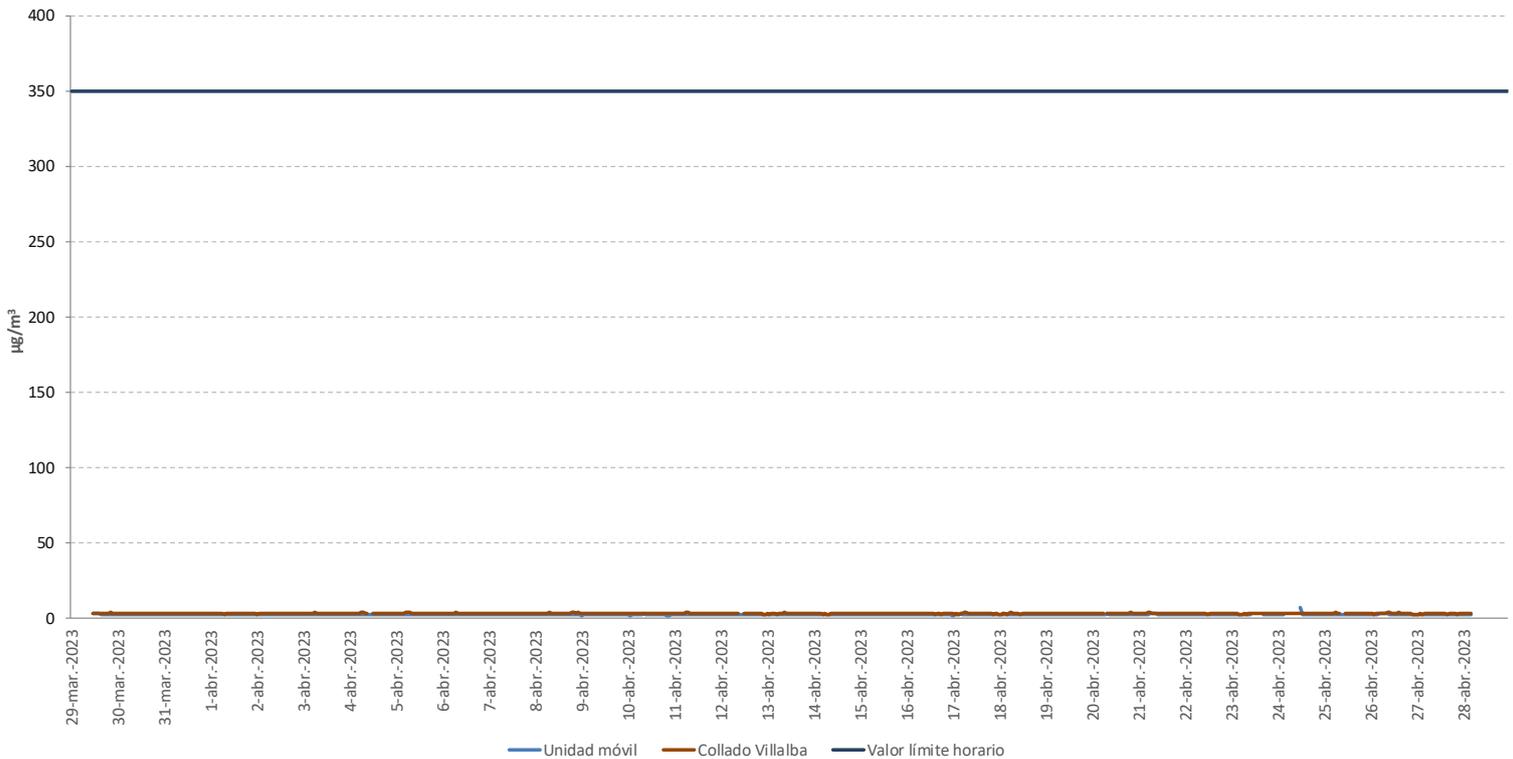
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) Real Decreto 102/2011			
	Período promedio	Valor límite (µg/m <sup>3</sup> )	Fecha de cumplimiento
Valor límite horario	1 hora	350 µg/m <sup>3</sup> que no podrán superarse más de 24 ocasiones por año civil	1 de enero de 2005
Valor límite diario	24 horas	125 µg/m <sup>3</sup> que no podrán superarse más de 3 ocasiones por año civil	1 de enero de 2005
Tipo de umbral	Parámetro	Umbral	
Umbral de alerta	Promedio horario (1)	500 µg/m <sup>3</sup>	

1) Se considerará superado cuando durante tres horas consecutivas se exceda dicho valor.

**TABLA 7**

En la gráfica siguiente se representa la evolución de las medias horarias de SO<sub>2</sub> registradas por la unidad móvil y por la estación fija de Collado Villalba, junto con el **valor límite horario para la protección de la salud humana** que marca la legislación en **350 µg/m<sup>3</sup>**.

**Evolución de las medias horarias de SO<sub>2</sub> entre el 29 de marzo y el 28 de abril de 2023.  
Datos de la unidad móvil y de la estación fija de Collado Villalba.**



**GRÁFICA 6**

**Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)**

	Unidad Móvil (µg/m <sup>3</sup> )	Día	Collado Villalba (µg/m <sup>3</sup> )	Día
Máximo horario	7	24-abr.-2023	4	29-mar.-2023; 03-06/08/11/13/17/18/20/21/25/26-abr.-2023
Promedio horario de la campaña	2		3	

**TABLA 8**

## 6.2. Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

El dióxido de nitrógeno es un gas reactivo que se forma principalmente por la oxidación de monóxido de nitrógeno (NO). Las principales fuentes de NO y NO<sub>2</sub> son los procesos de combustión de alta temperatura (por ejemplo, los que se producen en los motores de combustión de los automóviles y en las plantas de generación de energía).

Estos dos gases (NO y NO<sub>2</sub>) son conocidos conjuntamente como NO<sub>x</sub>. El monóxido de nitrógeno representa la mayor parte de las emisiones de NO<sub>x</sub>. Una pequeña parte de las emisiones de NO<sub>x</sub> es emitida directamente como NO<sub>2</sub>, normalmente un 5-10 % para la mayoría de las fuentes de combustión. No obstante, los vehículos diésel son una excepción ya que, por lo general, emiten una mayor proporción de NO<sub>2</sub> (hasta un 70 % de su NO<sub>x</sub> es NO<sub>2</sub>). Las altas emisiones de NO<sub>2</sub> generadas por el tráfico, se atribuyen a la alta presencia de vehículos diésel.

Sus efectos sobre la salud se traducen en daños en el sistema respiratorio (pulmones, etc.), ya que se trata de un gas irritante. Asimismo, incrementan la sensibilidad a las infecciones respiratorias, a los procesos asmáticos y a la disminución de la función pulmonar.

En lo que a los ecosistemas se refiere, una excesiva deposición de nitrógeno puede conducir a una elevada presencia de nutrientes nitrogenados, provocando una eutrofización en los medios terrestres y acuáticos.

Por otra parte, los óxidos de nitrógeno juegan un papel importante en la formación de ozono troposférico. También contribuyen a la formación de aerosoles inorgánicos secundarios, a través de la formación de nitratos, lo que conlleva a un aumento en las concentraciones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>.

En cuanto a su tratamiento en la legislación, el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, establece dos valores límite de calidad del aire y un umbral de alerta:

Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )			
	Período promedio	Valor límite (µg/m <sup>3</sup> )	Fecha de cumplimiento
Valor límite horario	1 hora	200 µg/m <sup>3</sup> que no podrán superarse más de 18 ocasiones por año civil	1 de enero de 2010
Valor límite anual	1 año civil	40 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2010
Tipo de umbral	Parámetro	Umbral	
Umbral de alerta	Promedio horario (1)	400 µg/m <sup>3</sup>	

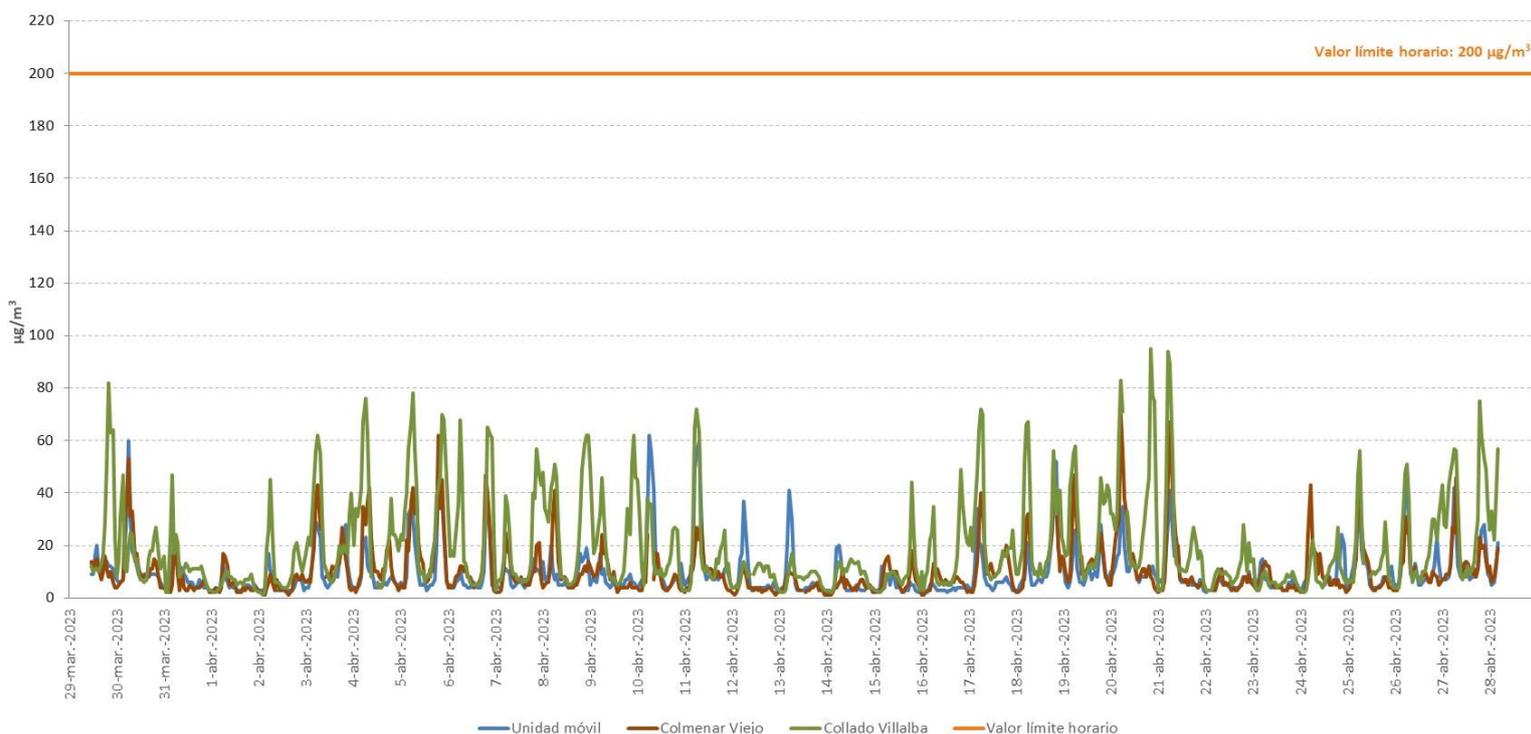
(1) Se considerará superado cuando durante tres horas consecutivas se exceda dicho valor.

**TABLA 9**

En la gráfica siguiente se representa la evolución de las medias horarias de NO<sub>2</sub> registradas por la unidad móvil y por la estación fija de Colmenar Viejo, junto con el **valor límite horario para la protección de la salud humana** que marca la legislación en **200 µg/m<sup>3</sup>**.

**Evolución de las medias horarias de NO<sub>2</sub> entre el 29 de marzo y el 28 de abril de 2023.**

**Datos de la unidad móvil y de las estaciones fijas de Colmenar Viejo y Collado Villalba.**



**GRÁFICA 7**

Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )						
	Unidad Móvil (µg/m <sup>3</sup> )		Colmenar Viejo (µg/m <sup>3</sup> )		Collado Villalba (µg/m <sup>3</sup> )	
		Día		Día		Día
Máximo horario	62	10-abr.-2023	70	20-abr.-2023	95	20-abr.-2023
Promedio horario de la campaña	9		10		19	

**TABLA 10**

### 6.3. Material particulado

El material particulado (aerosoles) es el término general que se utiliza para designar la mezcla de partículas (sólidas y líquidas) suspendida en el aire, con una amplia gama de tamaños y composición química. La expresión PM<sub>2,5</sub> hace referencia a las "partículas finas" que tienen un diámetro aerodinámico igual o inferior a 2,5 micras, mientras que las PM<sub>10</sub> son partículas con un diámetro aerodinámico igual o inferior a 10 micras. La fracción PM<sub>10</sub> denominada "partículas gruesas" incluye la fracción PM<sub>2,5</sub>.

Los aerosoles pueden clasificarse en partículas primarias o secundarias. Las partículas primarias se emiten a la atmósfera directamente (por ejemplo, por las chimeneas). Las partículas secundarias se forman en la atmósfera por la oxidación y la transformación de contaminantes gaseosos presentes en la atmósfera (precursores).

Los precursores de partículas secundarias más importantes son el SO<sub>2</sub>, los NO<sub>x</sub> y el NH<sub>3</sub> que, tras reacciones químicas en la atmósfera, dan lugar a los aerosoles secundarios inorgánicos. Por otro lado, los COV (compuestos orgánicos volátiles), se oxidan generando aerosoles orgánicos secundarios. La formación de todos estos aerosoles secundarios en la atmósfera depende de una variedad de factores químicos y físicos como pueden ser las concentraciones de los principales precursores, reactividad de la atmósfera y las condiciones meteorológicas (radiación solar, humedad relativa y la nubosidad).

El material particulado puede provenir de fuentes naturales o fuentes antropogénicas. Las fuentes naturales incluyen los aerosoles marinos, el polvo suspendido de forma natural (como el de las llamadas intrusiones saharianas y la resuspensión de partículas en terrenos áridos), el polen y las cenizas volcánicas. Las fuentes antropogénicas incluyen la quema de combustibles en centrales térmicas, las incineraciones, las calefacciones domésticas, la combustión de vehículos, etc.

Las partículas finas, por su tamaño, penetran en los bronquios y bronquiolos y los irritan. Las partículas mayores son retenidas por la mucosa nasal y la laringe y si bien no pasan a los bronquios, causan también irritación en dichos órganos respiratorios.

Una serie de estudios científicos han establecido una relación entre la materia particulada, especialmente entre las partículas finas y una variedad de problemas de salud importantes.

### 6.3.1. Material particulado (PM10)

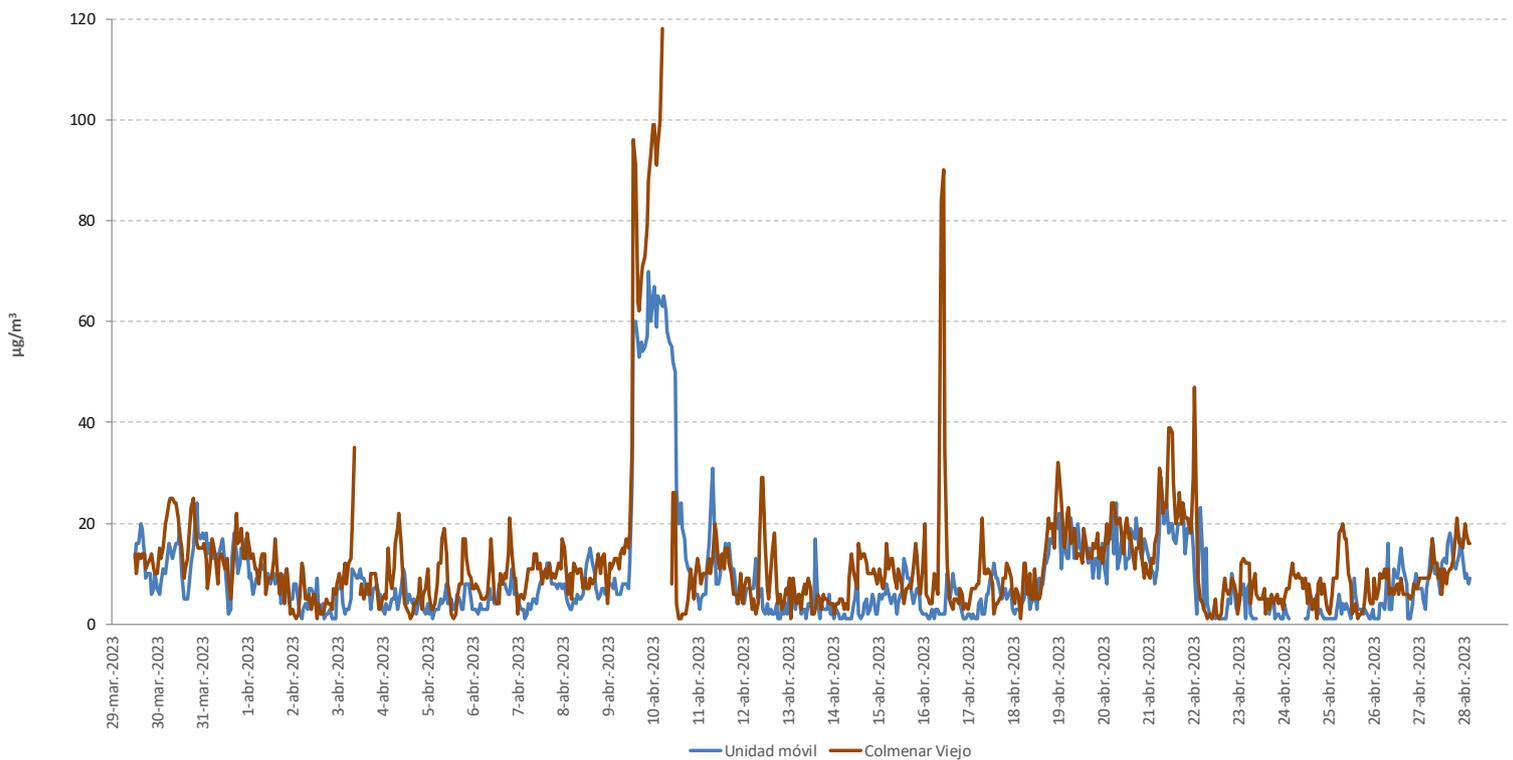
Los valores límite de calidad del aire para PM10, según el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, son:

Partículas en suspensión (PM10) Real Decreto 102/2011			
	Período promedio	Valor límite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Fecha de cumplimiento
Valor límite diario	24 horas	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , que no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año	1 de enero de 2005
Valor límite anual	1 año	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 de enero de 2005

TABLA 11

En las gráficas siguientes se representa la evolución de las medias horarias y diarias de partículas PM10 registradas durante la campaña en la unidad móvil y Colmenar Viejo. En la representación de la media diaria se compara con el **valor límite diario para la protección de la salud humana** (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**Evolución de las medias horarias de PM10 entre el 29 de marzo y el 28 de abril de 2023.**  
**Datos de la unidad móvil y de la estación fija de Colmenar Viejo**



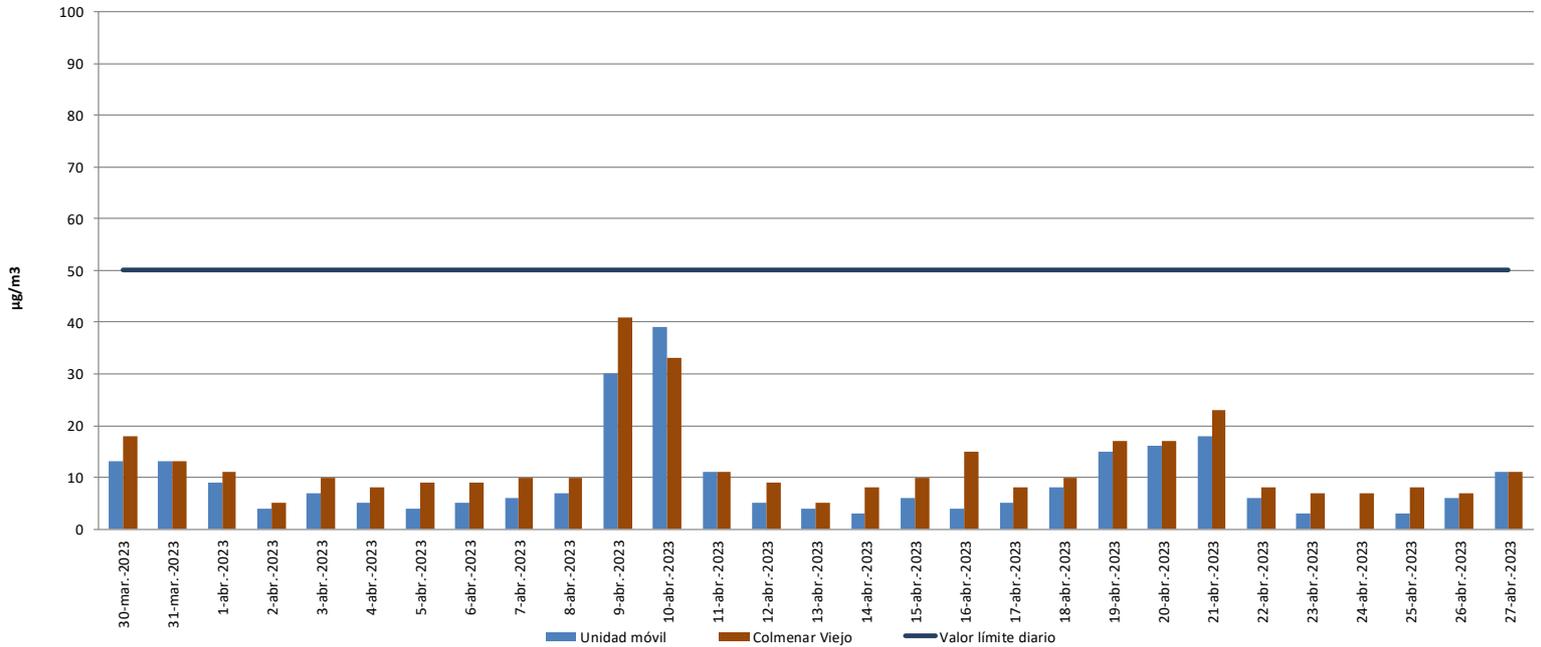
GRÁFICA 8.a

Partículas PM10				
	Unidad Móvil ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Día	Colmenar Viejo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Día
Máximo horario	70	9-abr.-2023	118	10-abr.-2023
Promedio horario de la campaña	9		12	

TABLA 12.a

**Evolución de las medias diarias de PM10 entre el 30 de marzo y el 27 de abril de 2023.**

**Datos de la unidad móvil y de la estación de Colmenar Viejo**



**GRÁFICA 8.b**

**Partículas PM10**

	Unidad Móvil (µg/m³)	Día	Colmenar Viejo (µg/m³)	Día
Máximo diario	39	10-abr.-2023	41	9-abr.-2023
Promedio diario de la campaña	10		12	

**TABLA 12.b**

### 6.3.2. Material particulado (PM2,5)

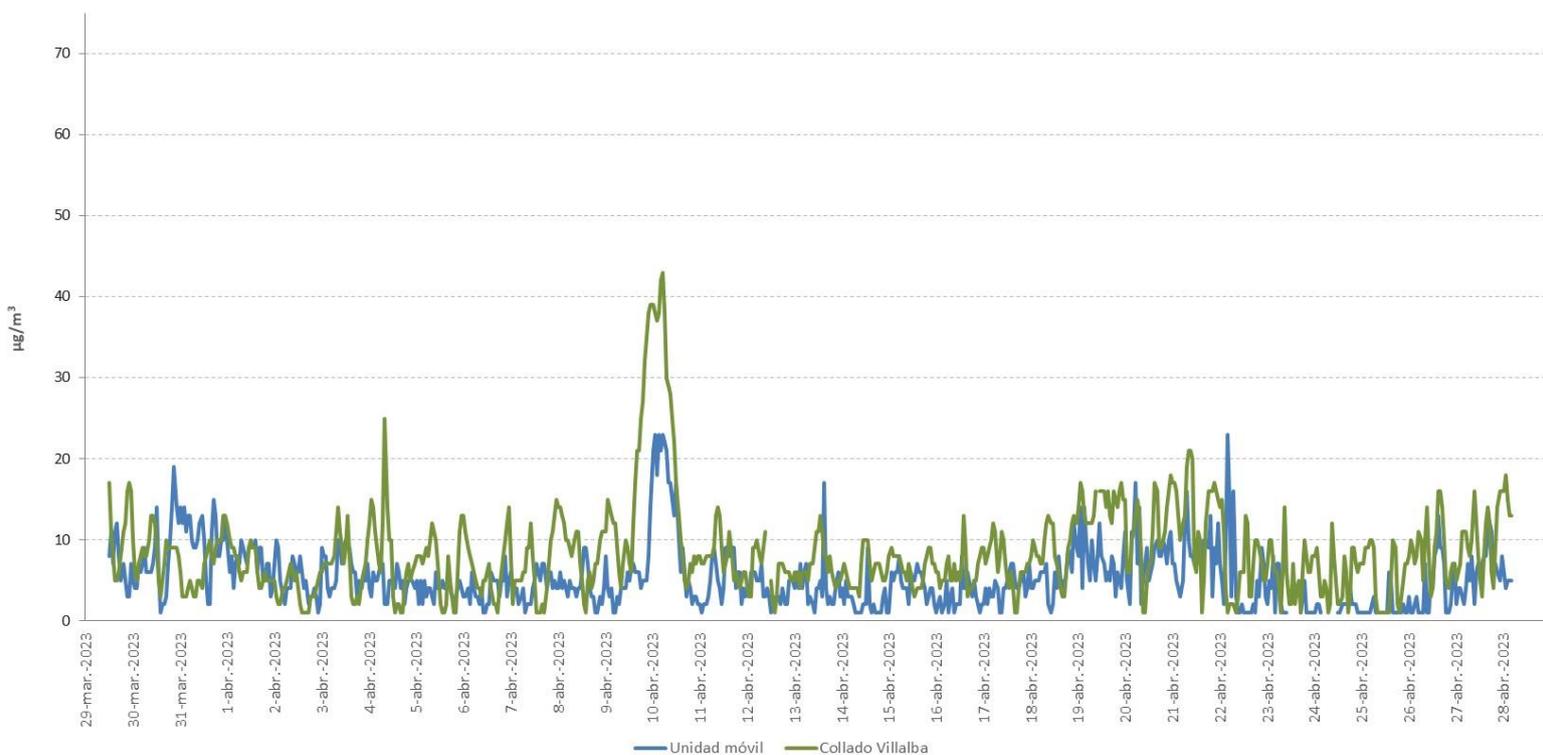
El valor límite anual de calidad del aire para PM2,5, según el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, es:

Partículas en suspensión (PM2,5) Real Decreto 102/2011			
Valor límite anual	Período promedio	Valor límite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Fecha de cumplimiento
	1 año	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 de enero de 2010

**TABLA 13**

En la gráfica siguiente se representa la evolución de las medias horarias y diarias de partículas PM2,5 registradas durante la campaña en la unidad móvil y Collado Villalba.

**Evolución de las medias horarias de PM2,5 entre el 29 de marzo y el 28 abril de 2023.  
Datos de la unidad móvil y de la estación fija de Collado Villalba.**

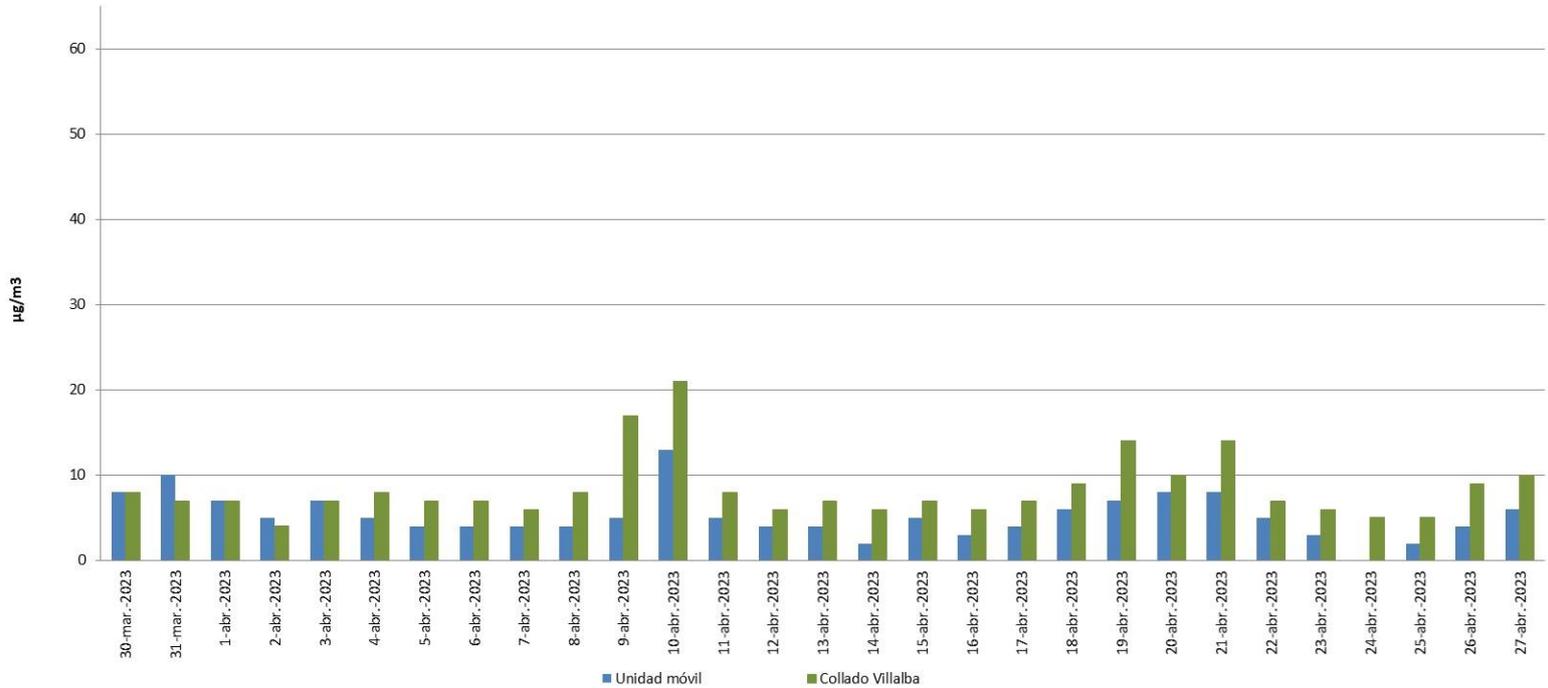


**GRÁFICA 9.a**

Partículas PM2,5				
	Unidad Móvil ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Día	Collado Villalba ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Día
Máximo horario	23	10 y 22-abr.-23	43	10-abr.-2023
Promedio horario de la campaña	5		8	

**TABLA 14.a**

**Evolución de las medias diarias de PM<sub>2,5</sub> entre el 30 de marzo y el 27 abril de 2023.  
Datos de la unidad móvil y de la estación fija de Collado Villalba.**



**GRÁFICA 9.b**

**Partículas PM<sub>2,5</sub>**

	Unidad Móvil (µg/m <sup>3</sup> )	Día	Collado Villalba (µg/m <sup>3</sup> )	Día
Máximo diario	13	10-abr.-2023	21	10-abr.-2023
Promedio diario de la campaña	5		8	

**TABLA 14.b**

## 6.4. Ozono (O<sub>3</sub>)

A diferencia de los contaminantes primarios que se emiten directamente al aire, el ozono a nivel del suelo (ozono troposférico), prácticamente en su totalidad, se forma a partir de reacciones químicas complejas debidas a las emisiones de gases precursores, tales como óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles no metánicos. A escala continental, el metano (CH<sub>4</sub>) y el monóxido de carbono (CO) también juegan un papel en la formación de O<sub>3</sub>.

Los NO<sub>x</sub> se emiten durante los procesos de combustión como, por ejemplo, de las instalaciones industriales y del transporte por carretera.

Los compuestos orgánicos volátiles son emitidos por un gran número de fuentes, incluyendo la fabricación y aplicación de pinturas, el transporte por carretera, las refinerías y otras actividades que implican el uso de disolventes. También pueden tener un origen natural en la vegetación. En el caso concreto del metano (CH<sub>4</sub>), se libera en la minería del carbón, en la extracción y distribución de gas natural, en la explotación de los vertederos, por las aguas residuales, los animales herbívoros, el cultivo de arroz y la quema de biomasa.

La química de formación es compleja y se ve favorecida por la radiación solar, por lo que este gas es considerado como gas fotoquímico.

El O<sub>3</sub> es un gas fuertemente irritante que puede afectar a las vías respiratorias, forzando al sistema respiratorio a trabajar más para proporcionar el oxígeno necesario al organismo. Además, puede dañar los pulmones, agravar enfermedades respiratorias, causar ruido al respirar, sequedad en la garganta, dolor de cabeza, náuseas y disminuir la resistencia a las infecciones.

En cuanto a su tratamiento en la legislación se establece como objetivos para la protección de la salud humana y umbrales, según el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire:

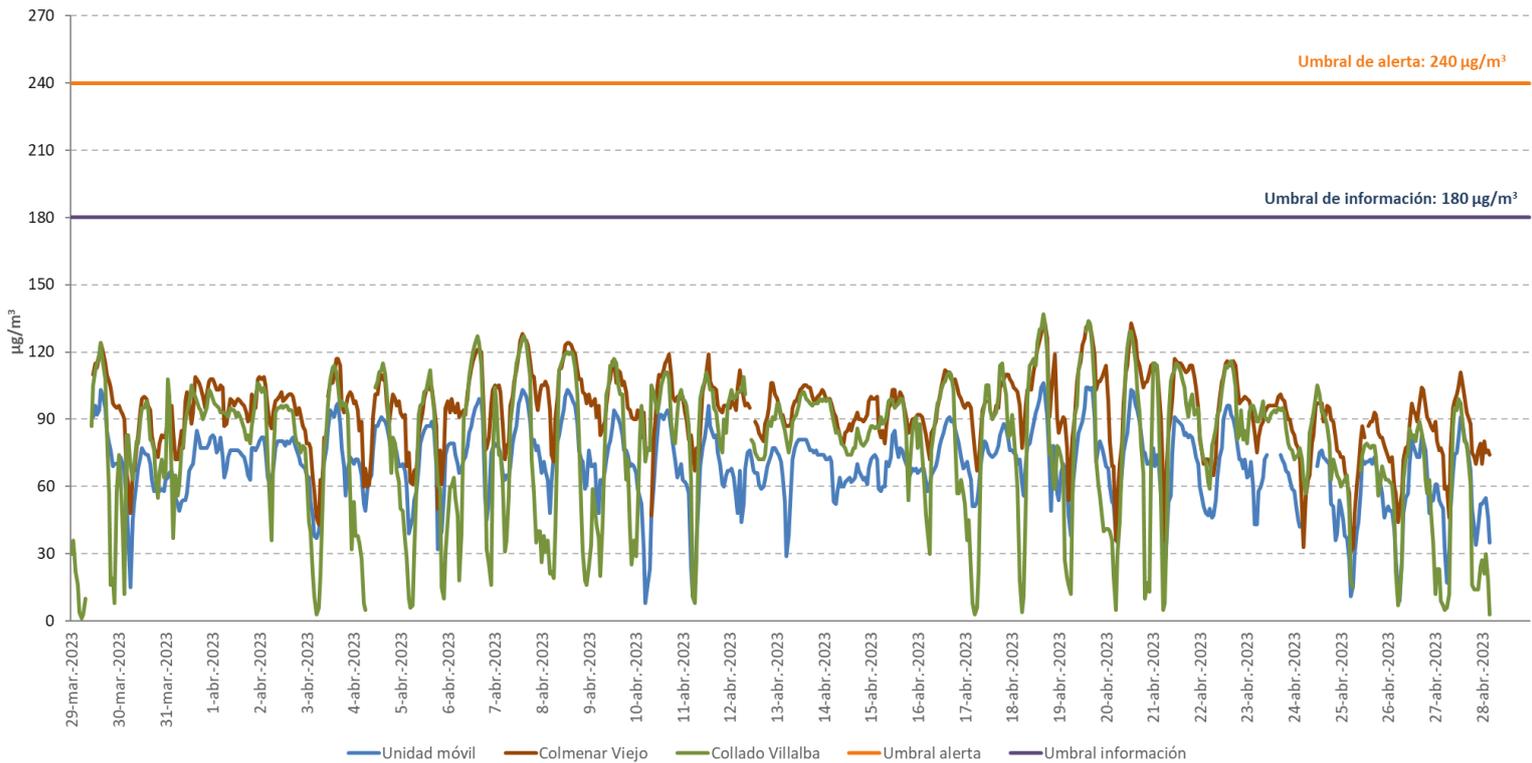
Ozono (O <sub>3</sub> ) Real Decreto 102/2011			
Objetivo	Parámetro	Valor	Fecha de cumplimiento
Objetivo para la protección de la salud humana	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias	120 µg/m <sup>3</sup> que no podrán superarse más de 25 días por cada año civil de promedio en un periodo de tres años	1 de enero de 2010
Objetivo a largo plazo para la protección de la salud humana	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias en un año civil	120 µg/m <sup>3</sup>	No definida
Tipo de umbral	Parámetro	Umbral	
Umbral de información	Promedio horario	180 µg/m <sup>3</sup>	
Umbral de alerta	Promedio horario (1)	240 µg/m <sup>3</sup>	

(1) Se considerará superado cuando durante tres horas consecutivas se exceda dicho valor.

**TABLA 15**

En la gráfica siguiente se representa la evolución de las concentraciones medias horarias de ozono registradas por la unidad móvil y por la estación fija de Colmenar Viejo durante la campaña, comparadas con el **umbral de información a la población por ozono** ( $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , horario) y el **umbral de alerta** ( $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , horario).

**Evolución de las medias horarias de  $\text{O}_3$  entre el 29 de marzo y el 28 abril de 2023.**  
**Datos de la unidad móvil y de las estaciones fijas de Colmenar Viejo y Collado Villalba.**



**GRÁFICA 10**

**Ozono ( $\text{O}_3$ )**

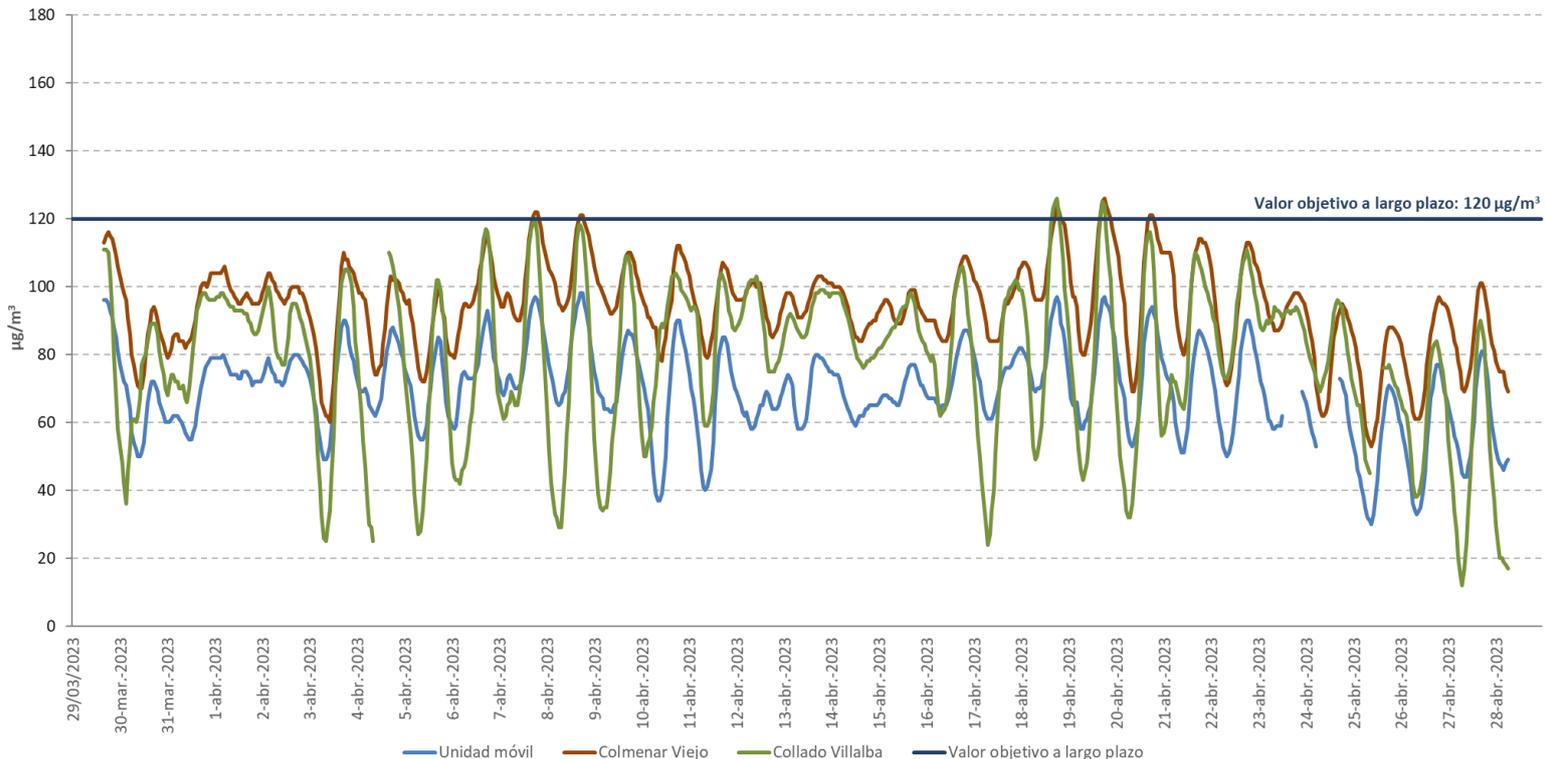
	Unidad Móvil ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Día	Colmenar Viejo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Día	Collado Villalba ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Día
Máximo horario	106	18-abr.-2023	133	18/20-abr.-2023	137	18-abr.-2023

**TABLA 16**

En la gráfica siguiente se representa la evolución de las concentraciones medias móviles octohorarias de ozono registradas por la unidad móvil y por la estación fija de Colmenar Viejo durante el periodo de la campaña, comparadas con el **objetivo a lo largo para la protección de la salud humana** (120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , octohorario).

### Evolución de las medias octohorarias de O<sub>3</sub> entre 29 de marzo y el 28 abril de 2023.

Datos de la unidad móvil y de las estaciones fijas de Colmenar Viejo y Collado Villalba.



**GRÁFICA 11**

#### Ozono (O<sub>3</sub>)

	Unidad Móvil ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Día	Colmenar Viejo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Día	Collado Villalba ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Día
Máximo octohorario	98	8-abr.-2023	126	19-abr.-2023	126	19-abr.-2023

**TABLA 17.a.**

#### Objetivo a largo plazo para la protección de la salud humana- Ozono (O<sub>3</sub>)

	Unidad Móvil ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Día	Colmenar Viejo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Día	Collado Villalba ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Día
Máximo octohorario			122	7-abr.-2023	126	18-abr.-2023
			121	8-abr.-2023	125	19-abr.-2023
			124	18-abr.-2023		
			126	19-abr.-2023		
			121	20-abr.-2023		

**TABLA 17.b.**

## 6.5. Monóxido de carbono (CO)

El CO es un gas inflamable, incoloro e insípido. Su vida media en la atmósfera se estima en unos pocos meses y en combinación con oxígeno atmosférico genera el dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, que, aunque no es un gas nocivo, su aumento de concentración en la atmósfera incrementa el efecto invernadero global.

El monóxido de carbono es un gas que se produce como resultado de la combustión incompleta de combustibles fósiles y biocombustibles (gasolina, gas natural, carbón, aceite, etc.). El transporte era una de las principales fuentes de emisiones de CO, pero la introducción de convertidores catalíticos en los vehículos ha reducido estas emisiones de modo significativo.

Este contaminante reduce la capacidad de la sangre para oxigenar las células y los tejidos del cuerpo al reaccionar con la hemoglobina. El CO puede ser particularmente peligroso para personas con problemas de corazón o circulatorios, con los pulmones dañados o con problemas respiratorios.

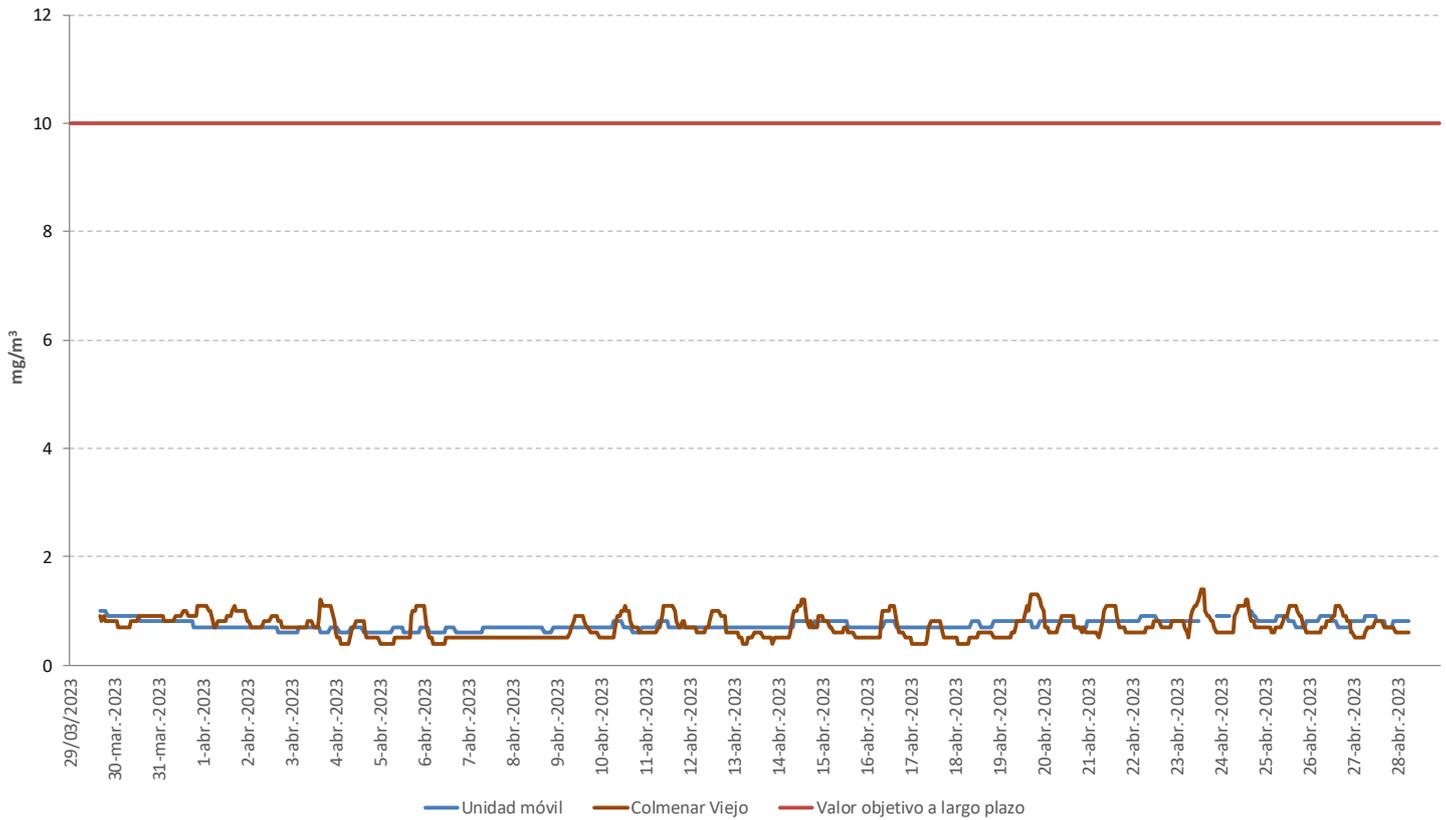
En cuanto a su tratamiento en la legislación se establece como valor límite de calidad del aire según el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire:

Monóxido de carbono (CO) Real Decreto 102/2011			
	Período promedio	Valor límite (mg/m <sup>3</sup> )	Fecha de cumplimiento
Valor límite	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias	10 mg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2005

TABLA 18

En la gráfica siguiente se representa la evolución de las concentraciones medias octohorarias de monóxido de carbono registradas por la unidad móvil y la estación de Colmenar Viejo, comparadas con el **valor límite para la protección de la salud humana** (10 mg/m<sup>3</sup>, octohorario).

**Evolución de las medias octohorarias de CO entre 29 de marzo y el 28 abril de 2023.  
Datos de la unidad móvil y de la estación fija de Colmenar Viejo.**



**GRÁFICA 12**

**Monóxido de carbono**

	Unidad Móvil (mg/m <sup>3</sup> )	Colmenar Viejo (mg/m <sup>3</sup> )
Máximo octohorario	1,0	1,4

**TABLA 19**

## 6.6. Benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

El benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) un Compuesto Orgánico Volátil (COV) y al igual que el monóxido de carbono (CO), es un gas emitido en la combustión incompleta de combustibles fósiles y de biocombustibles. La contribución de la calefacción doméstica es poco significativa.

El benceno es un aditivo de la gasolina por lo que la mayoría de sus emisiones provienen del tráfico. Otras fuentes incluyen el refino, almacenamiento y distribución de productos petrolíferos y la evaporación de disolventes orgánicos.

A nivel industrial, el benceno es utilizado como materia prima en la manufactura de productos químicos usados para la fabricación de plásticos, resinas, nylon y fibras sintéticas. También es empleado en la producción de distintos tipos de gomas, lubricantes, tintes, detergentes, medicamentos y pesticidas.

Los incendios forestales representan los principales focos naturales de emisión de benceno.

Las emisiones de este contaminante han disminuido drásticamente desde la introducción de la Directiva 98/70/CE sobre calidad de los combustibles.

La necesidad de vigilar las concentraciones de benceno y de COV's en la atmósfera se debe fundamentalmente de tres factores: su toxicidad, el papel clave que juegan en la formación de oxidantes fotoquímicos y su importancia como precursores de partículas finas en áreas urbanas, especialmente los hidrocarburos aromáticos y sus productos de oxidación.

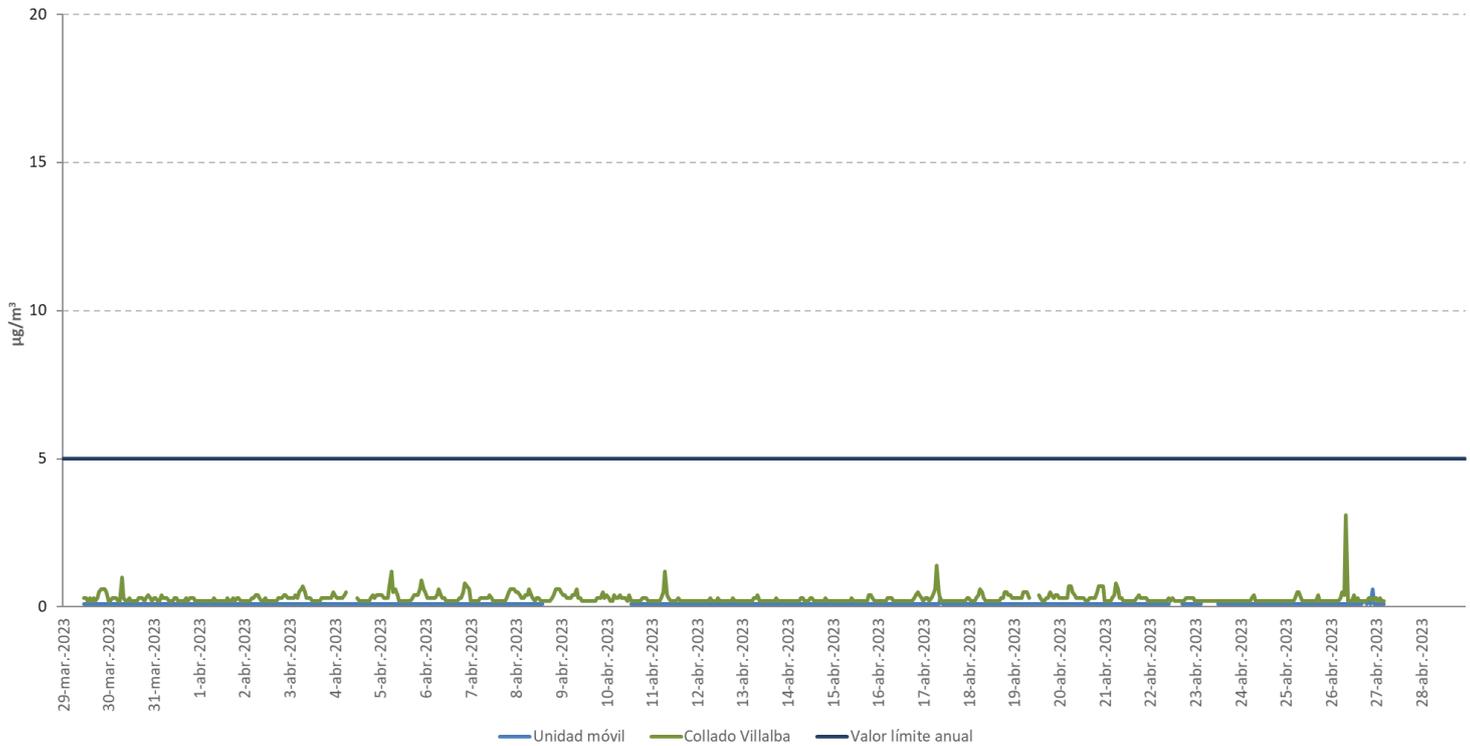
En cuanto a su tratamiento en la legislación se establece valor límite anual según el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire:

Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )			
Real Decreto 102/2011			
	Período promedio	Valor límite (µg/m <sup>3</sup> )	Fecha de cumplimiento
Valor límite anual	1 año	5 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2010

**TABLA 20**

En la gráfica siguiente se representa la evolución de las concentraciones medias horarias de benceno registrado por la unidad móvil y la estación fija de Collado Villalba durante la campaña.

**Evolución de las medias horarias de benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) entre el 29 de marzo y el 28 abril de 2023.  
Datos de la unidad móvil y de la estación fija de Collado Villalba.**



**GRÁFICA 13**

**Benceno C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>**

	Unidad móvil (µg/m <sup>3</sup> )	Día	Collado Villalba (µg/m <sup>3</sup> )	Día
Máximo horario	0,6	26-abr.-2023	3,1	26-abr.-2023
Promedio horario de la campaña	0,1		0,3	

**TABLA 21**

## 6.7. Hidrocarburos totales (HCT)

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados exclusivamente por carbono e hidrógeno. El estado físico de los hidrocarburos depende de su estructura molecular y en particular del número de átomos de carbono que forman su molécula.

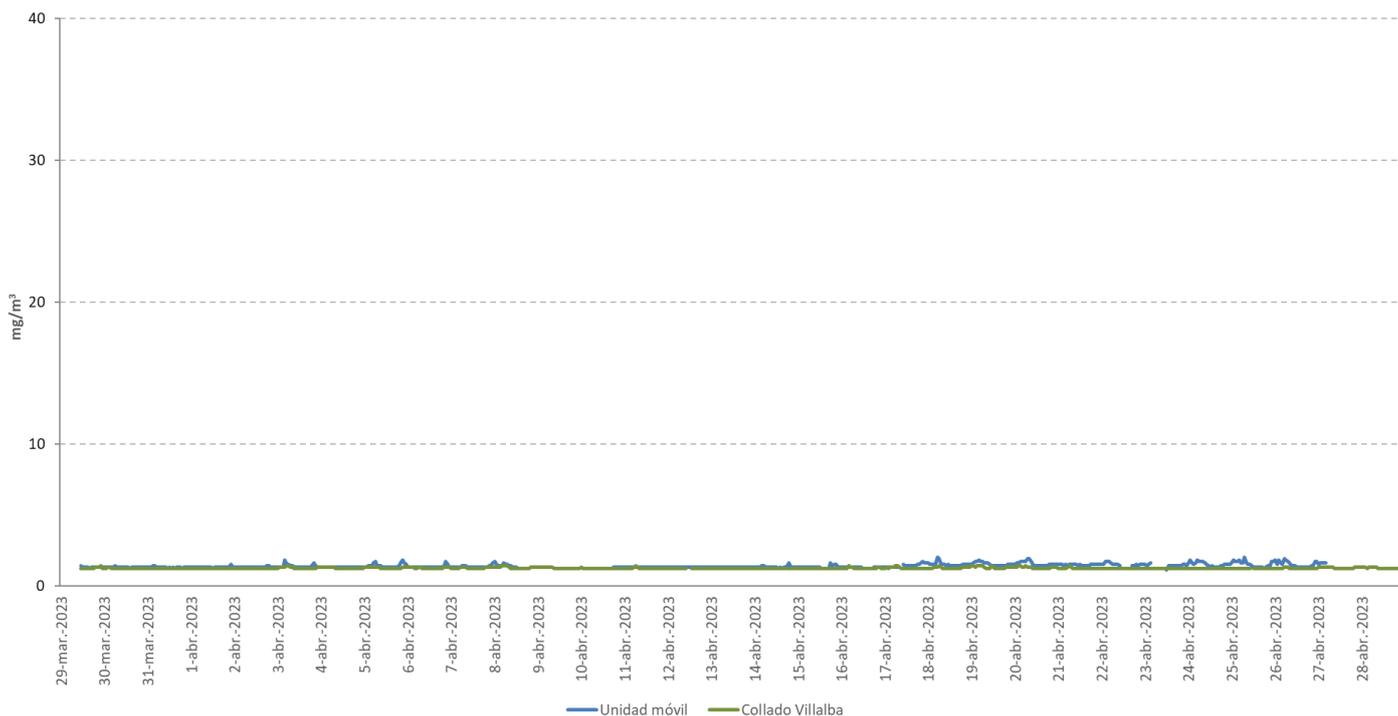
Son gases importantes desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, ya que favorecen la formación de reacciones fotoquímicas. Los hidrocarburos son contaminantes primarios que se oxidan en la troposfera en presencia de oxígeno atómico (O), el radical hidroxilo (OH\*) y ozono (O<sub>3</sub>) para formar contaminantes secundarios.

La legislación vigente no establece ningún valor límite para dicho contaminante.

En la gráfica siguiente se representa la evolución de las concentraciones medias horarias de los hidrocarburos totales registradas por la unidad móvil y la estación fija de Collado Villalba durante la campaña.

### Evolución de las medias horarias de HCT entre el 29 de marzo y el 28 abril de 2023.

#### Datos de la unidad móvil y de la estación fija de Collado Villalba



**GRÁFICA 14**

HCT				
	Unidad móvil (mg/m <sup>3</sup> )		Collado Villalba (mg/m <sup>3</sup> )	
		Día		Día
Máximo horario	2	18 y 25-abr.-2023	1,4	29/03/2023; 3/8/11/16-20-abr.-2023
Promedio horario de la campaña	1,4		1,2	

**TABLA 22**

## 7. ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AIRE (ICA) DE LA CAMPAÑA

El Índice de Calidad del Aire es un indicador que mediante diferentes colores proporciona información rápida y comprensible sobre el grado de contaminación atmosférica de una determinada zona. Cada color está definido por un adjetivo que expresa la mejor o peor calidad del aire. De esta forma, se puede relacionar fácilmente la calidad del aire que respira con potenciales repercusiones en su salud

ICA horario Campaña Unidad Móvil en Tres Canto (Desde 29/03/2023 hasta 28/04/2023)																								
Fecha	Horas																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
29/03/2023											1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
30/03/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
31/03/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
01/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
02/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
03/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
04/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
05/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
06/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
07/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
08/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
09/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10/04/2023	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	2
11/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
13/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
14/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
16/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
17/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
18/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
19/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
20/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
21/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
22/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
23/04/2023	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
24/04/2023	2	2	2	2	2							1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
25/04/2023	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
26/04/2023	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
27/04/2023	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
28/04/2023	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1														

1 Muy bueno  
 2 Bueno  
 3 Regular  
 4 Malo  
 5 Muy malo  
 Sin datos

TABLA 22

\*El índice de calidad del aire (ICA) es un sistema empleado para informar a los ciudadanos de forma simplificada de la calidad del aire a corto plazo. La metodología para su cálculo se encuentra descrita en la leyenda explicativa que aparece pulsando el botón (i) del Visor “Índice de Calidad del Aire” localizado en el siguiente enlace <https://bit.ly/34VsrWV>

\*\*No se dispone de valores de ICA entre las 7 horas y las 12 horas del día 24 de abril debido a un corte en el suministro eléctrico.

## 8. CONCLUSIONES

Se comprobó la similitud en la evolución de las concentraciones de los distintos contaminantes entre la unidad móvil instalada en el municipio de Tres Cantos y las estaciones fijas de Colmenar Viejo y Collado Villalba.

A la vista de los resultados expuestos, los contaminantes estudiados durante la campaña de Tres Cantos en la unidad móvil y en las estaciones fijas de Colmenar Viejo y Collado Villalba se situaron, en términos generales, alejados de los límites legislados.

A continuación, se hace un análisis más detallado del cumplimiento de los valores límites aplicables a cada parámetro medido (horarios, diarios, anuales, etc.). No obstante, es necesario recalcar que, en sentido estricto, para determinar el cumplimiento o incumplimiento con respecto al valor límite anual, no se pueden comparar directamente los valores medios de la campaña, con el valor límite anual indicado, ya que los dos periodos a los que hacen referencia son de diferente duración. Concretamente, el periodo de duración de la campaña ha sido de 31 días, mientras que el valor límite hace referencia a la media de al menos el 90 % de los días del año (al menos 329 días). Por tanto, la comparativa se realiza únicamente a título informativo.

No se midieron concentraciones de **SO<sub>2</sub>** superiores al valor límite horario para la protección de la salud (350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ni en la unidad móvil ni en la estación de Collado Villalba. Los valores diarios de **SO<sub>2</sub>** fueron también muy inferiores al valor límite diario aplicable (125  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

En el caso del **NO<sub>2</sub>**, los niveles horarios máximos registrados fueron de 62  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el día 10 de abril en la unidad móvil, de 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Colmenar Viejo el día 20 de abril y de 95  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , por lo que no superaron el límite horario de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

El valor promedio de **NO<sub>2</sub>** durante de la campaña en la unidad móvil fue de 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  mientras que en Colmenar Viejo fue de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Collado Villalba. De esta forma, no se sobrepasa el valor límite anual para la protección de la salud, establecido en 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en ninguna de las ubicaciones.

Las partículas **PM<sub>10</sub>** no excedieron el valor límite diario para la protección de la salud humana. El valor máximo diario ha sido de 39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la unidad móvil el día 10 de abril y de 41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el día 9 de abril en la estación fija de Colmenar Viejo. El valor medio de **PM<sub>10</sub>** durante la campaña ha sido de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la unidad móvil y de 12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Colmenar Viejo, ambos alejados del valor límite anual de 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Por otra parte, las partículas **PM<sub>2,5</sub>** no superaron el valor límite anual de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , siendo los promedios de la campaña de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , para la unidad móvil y 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en la estación fija de Collado Villalba.

Respecto al **O<sub>3</sub>**, los valores horarios medidos durante la campaña en no superan los umbrales de información y de alerta establecidos en 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. El valor máximo horario fue de 106  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la unidad móvil, 133  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Colmenar Viejo y 137  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Collado



Villalba. El valor objetivo a largo plazo se superó en cinco ocasiones en Colmenar Viejo y en dos ocasiones en Collado Villalba.

En relación con el **CO**, las concentraciones octohorarias registradas en la unidad móvil y en la estación fija de Colmenar Viejo han sido muy inferiores al valor límite establecido de 10 mg/m<sup>3</sup>.

En lo referente al **benceno**, el valor medio de la campaña en la unidad móvil ha sido de 0,1 µg/m<sup>3</sup> mientras que en la estación fija de Collado Villalba ha sido de 0,3 µg/m<sup>3</sup>, inferiores al valor límite anual para este contaminante establecido en 5 µg/m<sup>3</sup>.

Con respecto a los **hidrocarburos totales**, se han registrado valores bajos durante toda la campaña.

En el Índice de Calidad del Aire predominan valores de 1 y 2 durante toda la campaña, exceptuando el día 10 de abril en el que aparecen valores de 3 y 4, debido al aumento de material particulado como consecuencia de los episodios de intrusión de masas de aire africano que se produjeron en esas fechas con afección a la zona centro.

Para mayor información sobre la evaluación de la calidad del aire en la Comunidad de Madrid y de la normativa aplicable, se puede consultar la WEB [www.madrid.org/calidaddelaire](http://www.madrid.org/calidaddelaire).



## 9. REFERENCIAS Y RECURSOS

- ⦿ “Air quality in Europe — 2015 report”. The European Environment Agency (EEA).
- ⦿ Informes anuales de la calidad del aire de la Comunidad de Madrid. Último informe publicado en febrero de 2022.
- ⦿ Instituto Nacional de Estadística, INE.
- ⦿ “Real Decreto 102/2011, de 29 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire”.
- ⦿ “Real Decreto 39/2017, de 27 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire”.
- ⦿ “Decisión de ejecución de la Comisión de 12 de diciembre de 2011 por la que se establecen disposiciones para las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en relación con el intercambio recíproco de información y la notificación sobre la calidad del aire ambiente”.
- ⦿ Ayuntamiento de Tres Cantos.