

CAMPAÑA DE MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN POZUELO DE ALARCÓN

Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid

Estudio de los datos medidos por la estación fija de Majadahonda y la unidad móvil ubicada en el municipio de **Pozuelo de Alarcón**.

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:

26/11/2019 – 26/12/2019

CONTENIDOS

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | La Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid. La unidad móvil. | 3 |
| 2. | Descripción de la campaña | 5 |
| 3. | Datos generales del municipio | 7 |
| 4. | Ubicación de la campaña | 8 |
| 5. | Datos meteorológicos durante de la campaña | 9 |
| 5.1. | Temperatura | 9 |
| 5.2. | Precipitación | 10 |
| 5.3. | Presión barométrica | 11 |
| 5.4. | Velocidad del viento | 12 |
| 6. | Resultados de los analizadores durante la campaña | 13 |
| 6.1. | Dióxido de azufre (SO ₂) | 14 |
| 6.2. | Dióxido de nitrógeno (NO ₂) | 16 |
| 6.3. | Material particulado | 18 |
| 6.3.1. | Material particulado (PM10) | 19 |
| 6.3.2. | Material particulado (PM2,5) | 21 |
| 6.4. | Ozono (O ₃) | 23 |
| 6.5. | Monóxido de carbono (CO) | 26 |
| 6.6. | Benceno (C ₆ H ₆) | 28 |
| 6.7. | Hidrocarburos totales (HCT) | 30 |
| 7. | Conclusiones | 31 |
| 8. | Referencias y Recursos | 33 |

Informe de la campaña de la unidad móvil en el municipio de Pozuelo de Alarcón.

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
- Radiación solar

2. DESCRIPCIÓN DE LA CAMPAÑA

El estudio realizado con esta campaña es debido a la petición del Ayuntamiento de Pozuelo de Alarcón a la Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Sostenibilidad, tras la oferta de ésta a los diferentes ayuntamientos de la Comunidad de Madrid, de llevar a cabo estudios de calidad del aire con el fin de conocer el estado de contaminación de sus municipios.

La unidad móvil se situó en el Espacio Cultural MIRA, en el Camino de las Huertas, Pozuelo de Alarcón. Este informe recoge los resultados de la campaña, la cual se inició el día 26 de noviembre de 2019 a las 12:00 (hora solar) y finalizó el día 27 de diciembre de 2019 a las 00:00 (hora solar).

Para la realización de este informe, se incluyen los datos de la estación fija más cercana, en este caso se comparará con la estación de Majadahonda, perteneciente este municipio, al igual que Pozuelo de Alarcón, a la Aglomeración Urbana Noroeste.

Los parámetros medidos por la estación fija de referencia (Majadahonda) son NO₂, O₃, PM10, y meteorología. Además, la Unidad Móvil cuenta con analizadores de PM2,5, CO, SO₂, C₆H₆ e hidrocarburos.

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, primeramente, la Red comunicó los requisitos necesarios para el emplazamiento al ayuntamiento de Pozuelo de Alarcón. El Ayuntamiento de Pozuelo de Alarcón propuso una ubicación, la cual se consideró adecuada por 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.

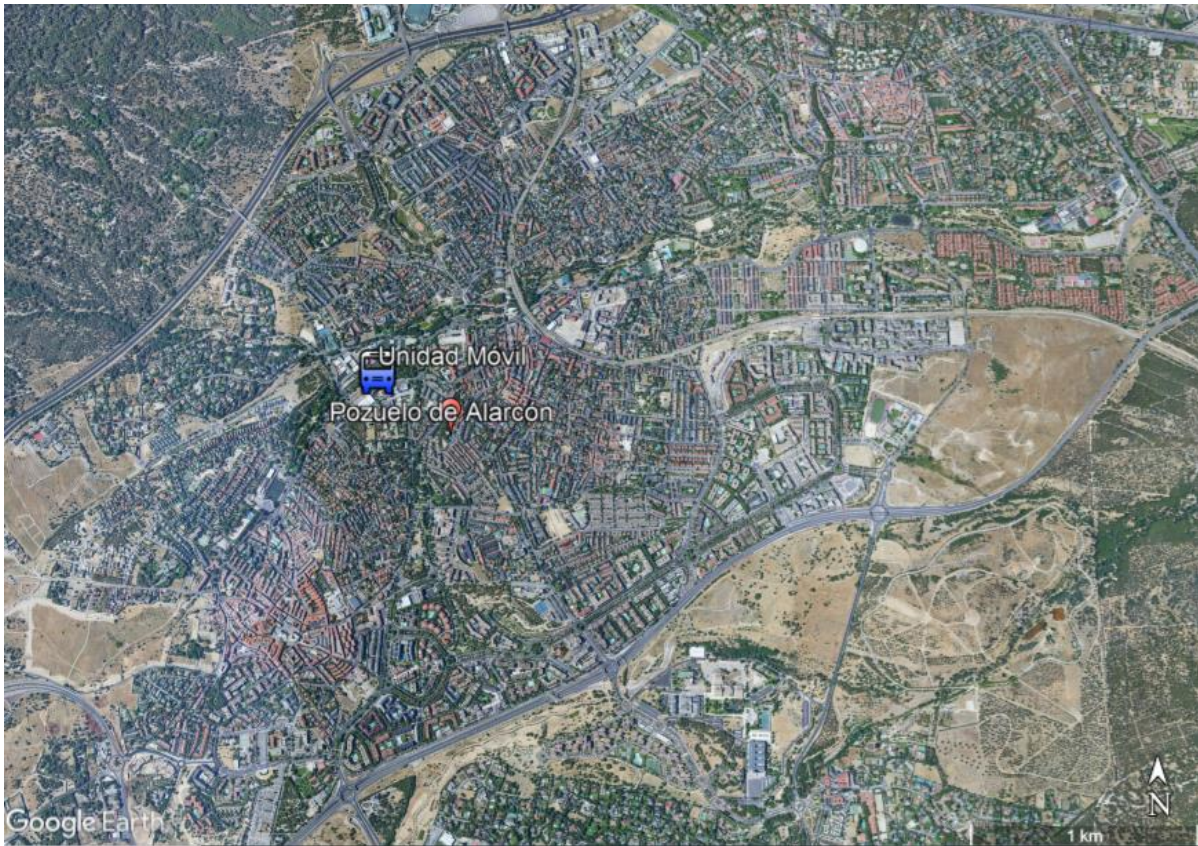


IMAGEN 1

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.

3. DATOS GENERALES DEL MUNICIPIO

El municipio de Pozuelo de Alarcón pertenece a la Comunidad de Madrid. Se encuentra a 8 km de la capital y a 690 m de altitud. Limita al norte y al este con el distrito Moncloa-Aravaca del municipio de Madrid; al sur, con el distrito de La Latina; y al oeste, con los municipios de Alcorcón, Majadahonda y Boadilla del Monte. Pozuelo de Alarcón 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 2018 por parte del INE, Instituto Nacional de Estadística, indican que este municipio cuenta con 86.172 habitantes y su densidad de población es de 2.251,1 hab./km².

Mapa de la zonificación de la Comunidad de Madrid.

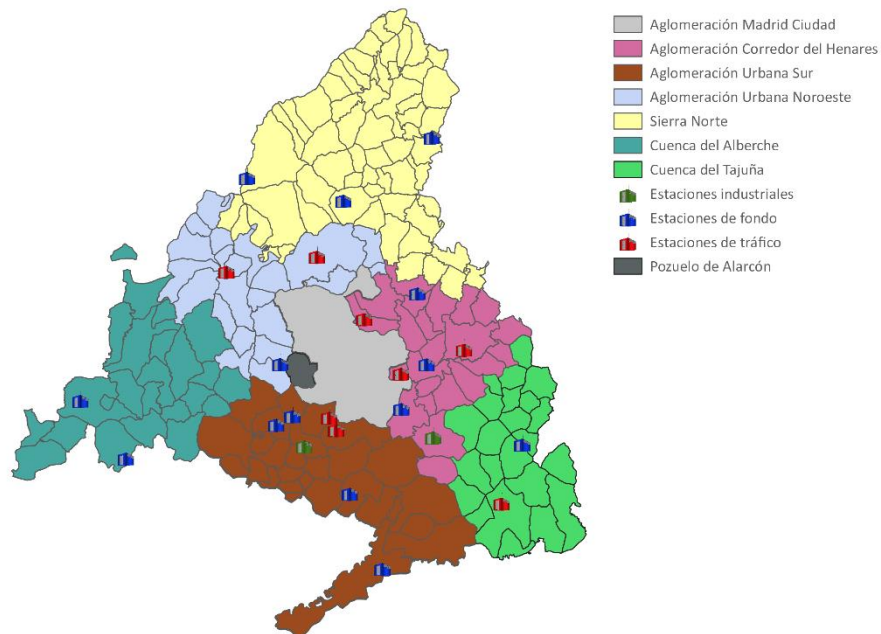


IMAGEN 2

4. UBICACIÓN DE LA CAMPAÑA

La unidad móvil se situó en las coordenadas ETRS89 siguientes:

- Unidad móvil:

40°26'44.5"N 3°48'36.8"W

La estación fija de Majadahonda está ubicada en las siguientes coordenadas ETRS89:

- Majadahonda:

40° 26´ 45.97´´ N ; - 3° 52´ 8.38´´ O

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

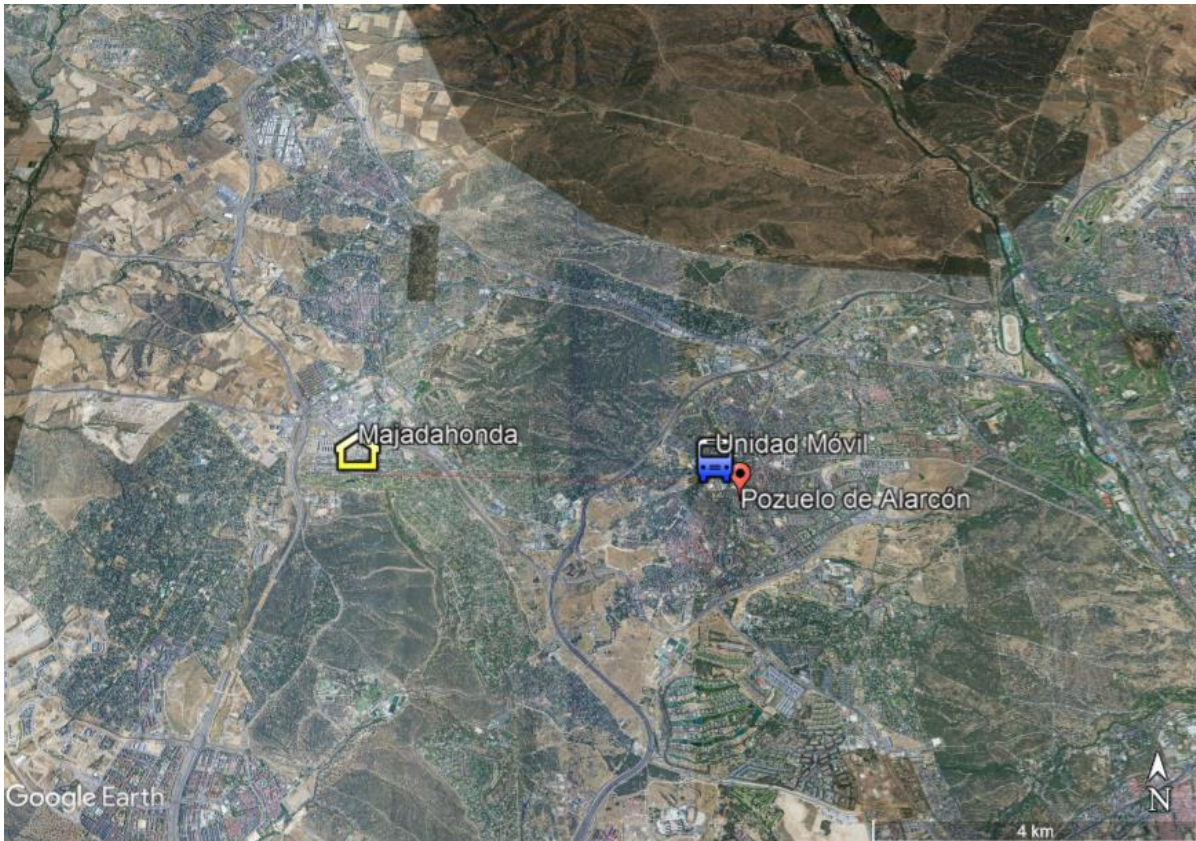


IMAGEN 3

Pueden considerarse las siguientes distancias aproximadas (en línea recta), entre la ubicación de la unidad móvil y la estación fija que servirá de referencia:

- Majadahonda: 5,01 Km

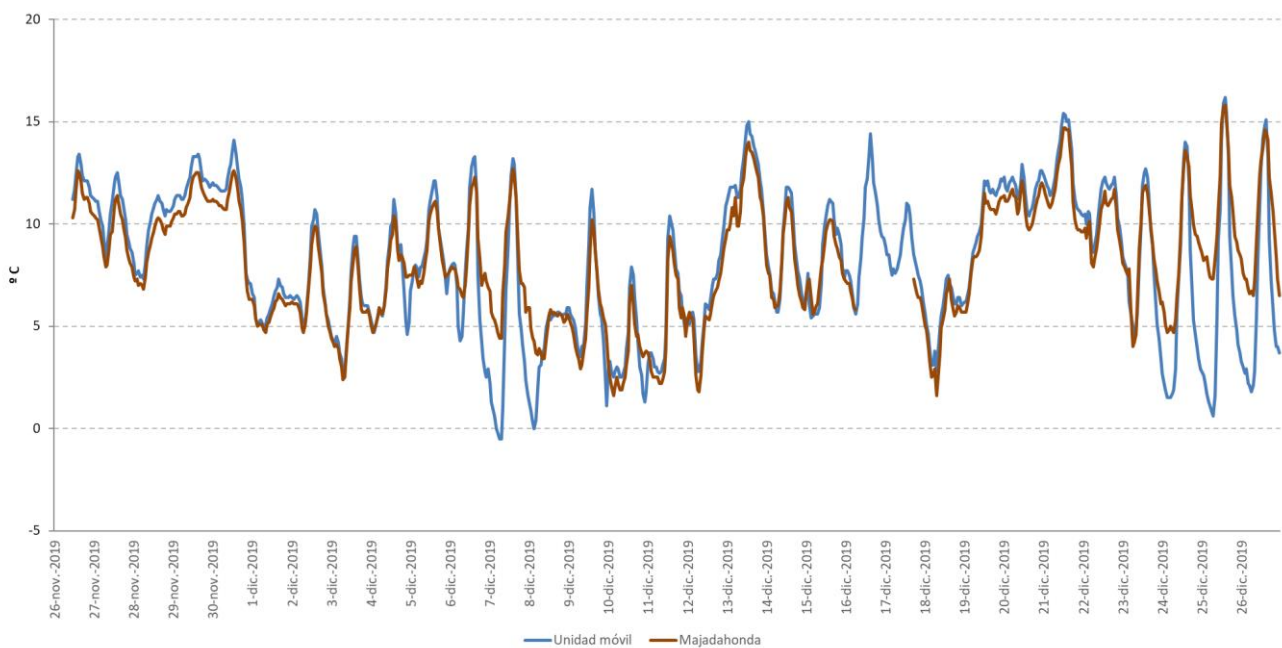
5. DATOS METEOROLÓGICOS DURANTE DE LA CAMPAÑA

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 de Majadahonda entre el 26 de noviembre y el 26 de diciembre de 2019.

5.1. Temperatura

Temperatura entre el 26 de noviembre y el 26 de diciembre de 2019.

Datos de la unidad móvil y la estación de Majadahonda.



GRÁFICA 1

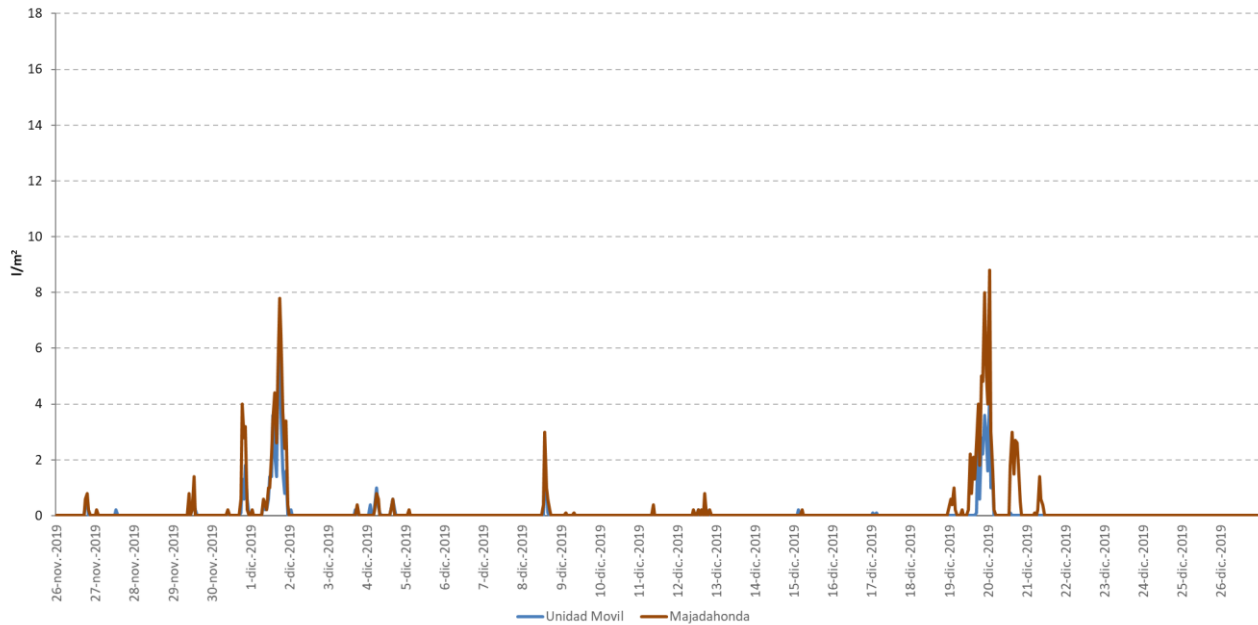
Temperatura

| | Unidad Móvil (°C) | Día | Majadahonda (°C) | Día |
|--------------------------------|-------------------|-----------|------------------|----------------------|
| Máximo horario | 16 | 25-dic-16 | 16 | 25-dic-19 |
| Mínimo horario | -1 | 7-dic-19 | 2 | 10/12/19 18/12/19 |
| Promedio horario de la campaña | 8 | | 8 | |

TABLA 1

5.2. Precipitación

Precipitación entre el 26 de noviembre y el 26 de diciembre de 2019.
 Datos de la unidad móvil y la estación de Majadahonda.



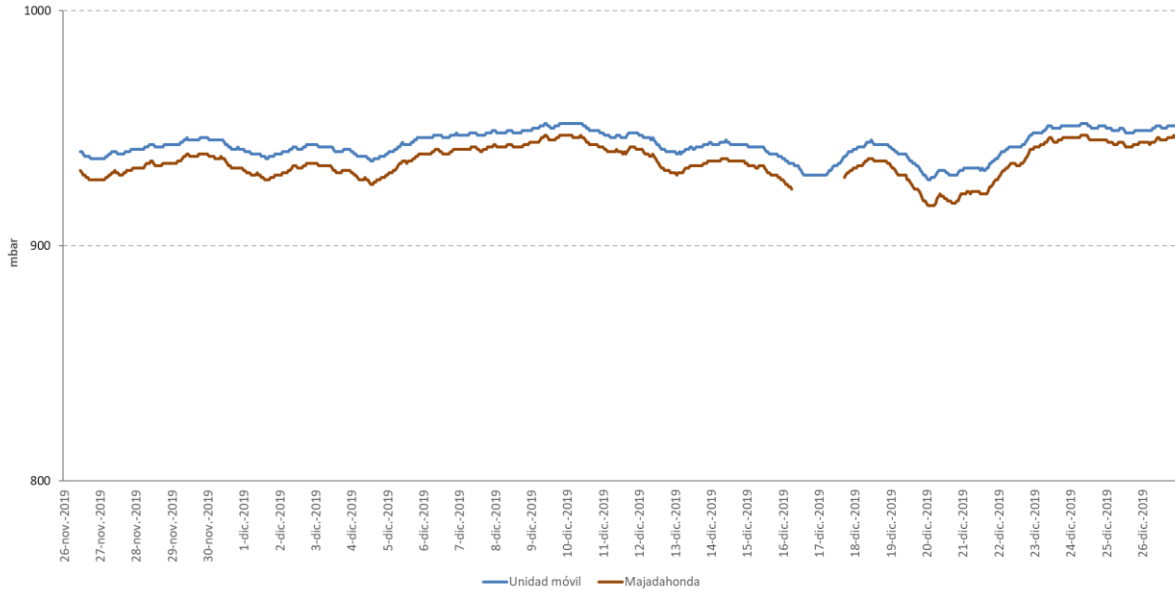
GRÁFICA 2

| Precipitación | | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | Unidad Móvil (l/m ²) | Majadahonda (l/m ²) |
| Acumulado de la campaña | 67,3 | 145,7 |

TABLA 2

5.3. Presión barométrica

Presión barométrica entre el 26 de noviembre y el 26 de diciembre de 2019.
 Datos de la unidad móvil y la estación de Majadahonda.



GRÁFICA 3

Presión barométrica

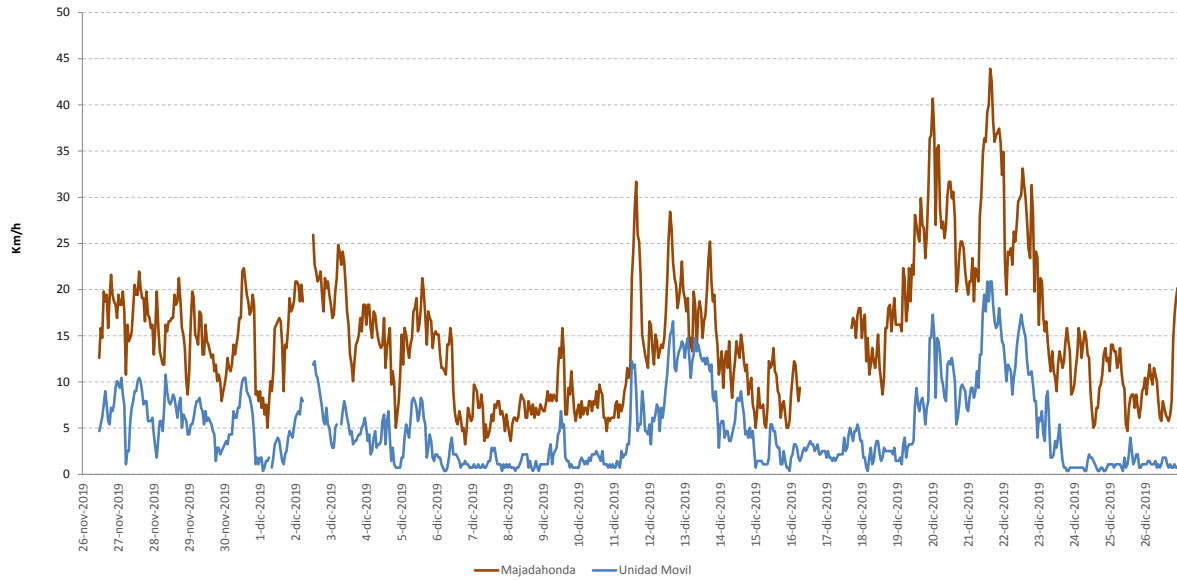
| | Unidad Móvil (mbares) | Majadahonda (mbares) |
|--------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Máximo horario | 952 | 947 |
| Mínimo horario | 928 | 917 |
| Promedio horario de la campaña | 943 | 936 |

TABLA 3

5.4. Velocidad del viento

Velocidad del viento entre el 26 de noviembre y el 26 de diciembre de 2019.

Datos de la unidad móvil y la estación de Majadahonda



GRÁFICA 4

Velocidad del viento

| | Unidad Móvil (Km/h) | Día | Majadahonda (Km/h) | Día |
|--------------------------------|---------------------|-----------|--------------------|-----------|
| Máximo horario | 21 | 21-dic-19 | 44 | 21-dic-19 |
| Promedio horario de la campaña | 5 | | 15 | |

TABLA 4

6. RESULTADOS DE LOS ANALIZADORES DURANTE LA CAMPAÑA

Para el estudio realizado con la unidad móvil en Pozuelo de Alarcón 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 _{2,5} | Microbalanza oscilante |
| PM ₁₀ | Microbalanza oscilante |
| Ozono | Absorción ultravioleta |
| Benceno | Cromatografía de gases |
| Hidrocarburos | Detección de la ionización de llama |

TABLA 5

Los resultados obtenidos se detallan a continuación, representando la comparativa con la estación de Majadahonda.

La serie de datos comprende desde las 12:00 (hora solar) del día 26 de noviembre a las 00:00 (hora solar) del 27 de diciembre.

6.1. Dióxido de azufre (SO₂)

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_{2,5} (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 (SO₂)
Real Decreto 102/2011

| | Período promedio | Valor límite (µg/m ³) | Fecha de cumplimiento |
|----------------------|----------------------|---|-----------------------|
| Valor límite horario | 1 hora | 350 µg/m ³ que no podrán superarse más de 24 ocasiones por año civil | 1 de enero de 2005 |
| Valor límite diario | 24 horas | 125 µg/m ³ 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 ³ | |

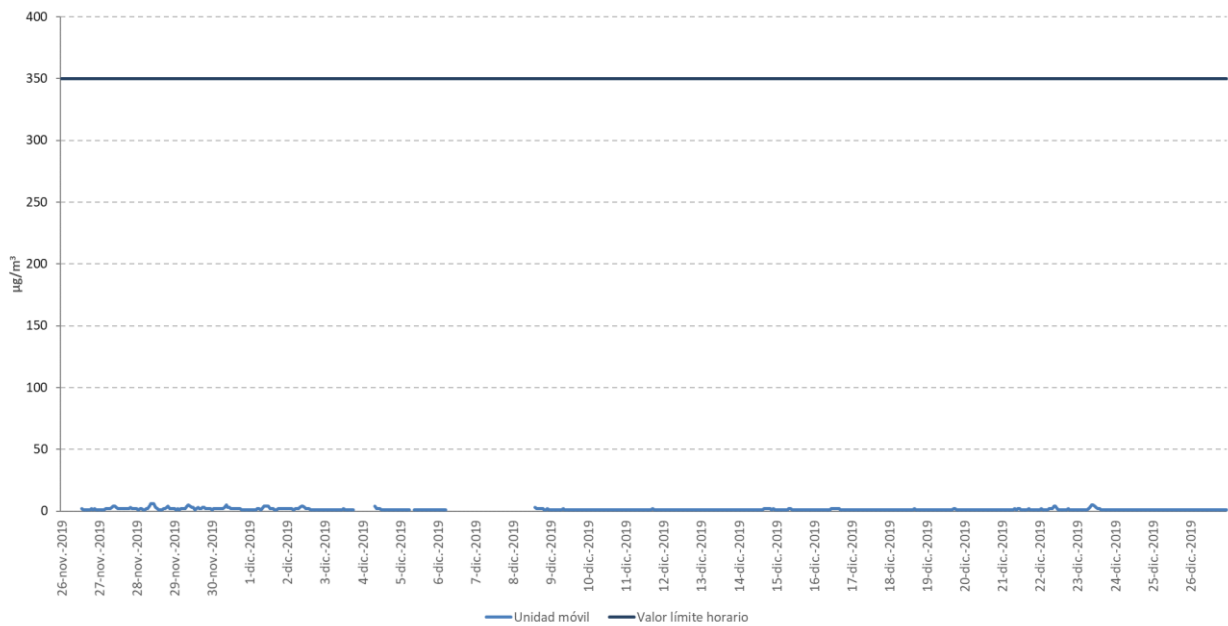
1) Se considerará superado cuando durante tres horas consecutivas se exceda dicho valor.

TABLA 6

En la gráfica siguiente se representa la evolución de las medias horarias de SO₂ registradas por la unidad móvil, junto con el **valor límite horario para la protección de la salud humana** que marca la legislación en **350 µg/m³**.

Evolución de las medias horarias de SO₂ entre el 26 de noviembre y el 26 de diciembre de 2019.

Datos de la unidad móvil.



GRÁFICA 5

Dióxido de azufre (SO₂)

| | Unidad Móvil (µg/m ³) |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| Máximo horario | 6 |
| Máximo diario | 3 |
| Promedio horario de la campaña | 1 |

TABLA 7

6.2. Dióxido de nitrógeno (NO₂)

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 NO₂ 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 NO₂) son conocidos conjuntamente como NO_x. El monóxido de nitrógeno representa la mayor parte de las emisiones de NO_x. Una pequeña parte de las emisiones de NO_x es emitida directamente como NO₂, 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 NO₂ (hasta un 70 % de su NO_x es NO₂). Hay claros indicios de que, en las emisiones de tráfico, el NO₂ está aumentando considerablemente debido a la mayor 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 PM₁₀ y PM_{2.5}.

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 nitrógeno (NO ₂) | | | |
|---|-------------------------|---|-----------------------|
| | Período promedio | Valor límite (µg/m ³) | Fecha de cumplimiento |
| Valor límite horario | 1 hora | 200 µg/m ³ 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 ³ | 1 de enero de 2010 |
| Tipo de umbral | Parámetro | Umbral | |
| Umbral de alerta | Promedio horario (1) | 400 µg/m ³ | |

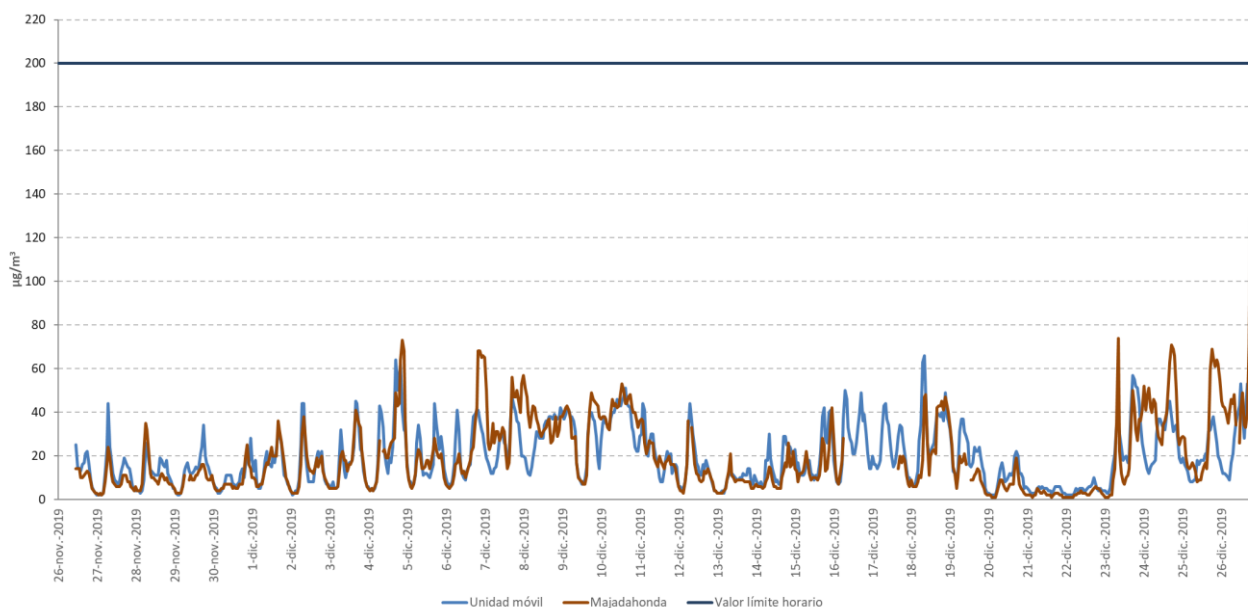
(1) Se considerará superado cuando durante tres horas consecutivas se exceda dicho valor.

TABLA 8

En la gráfica siguiente se representa la evolución de las medias horarias de NO₂ registradas por la unidad móvil y por la estación fija de Majadahonda, junto con el **valor límite horario para la protección de la salud humana** que marca la legislación en **200 µg/m³**.

Evolución de las medias horarias de NO₂ entre el 26 de noviembre y el 26 de diciembre de 2019.

Datos de la unidad móvil y la estación de Majadahonda.



GRÁFICA 6

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

| | Unidad Móvil (µg/m ³) | Día | Majadahonda (µg/m ³) | Día |
|--------------------------------|-----------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| Máximo horario | 66 | 18-dic-2019 | 132 | 26-dic-2019 |
| Promedio horario de la campaña | 19 | | 19 | |

TABLA 9

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_{2,5} hace referencia a las "partículas finas" que tienen un diámetro aerodinámico igual o inferior a 2,5 micras, mientras que las PM₁₀ son partículas con un diámetro aerodinámico igual o inferior a 10 micras. La fracción PM₁₀ denominada "partículas gruesas" incluye la fracción PM_{2,5}.

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 SO₂, los NO_x y el NH₃, 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.

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:

6.3.1. Material particulado (PM10)

Partículas en suspensión (PM10)
Real Decreto 102/2011

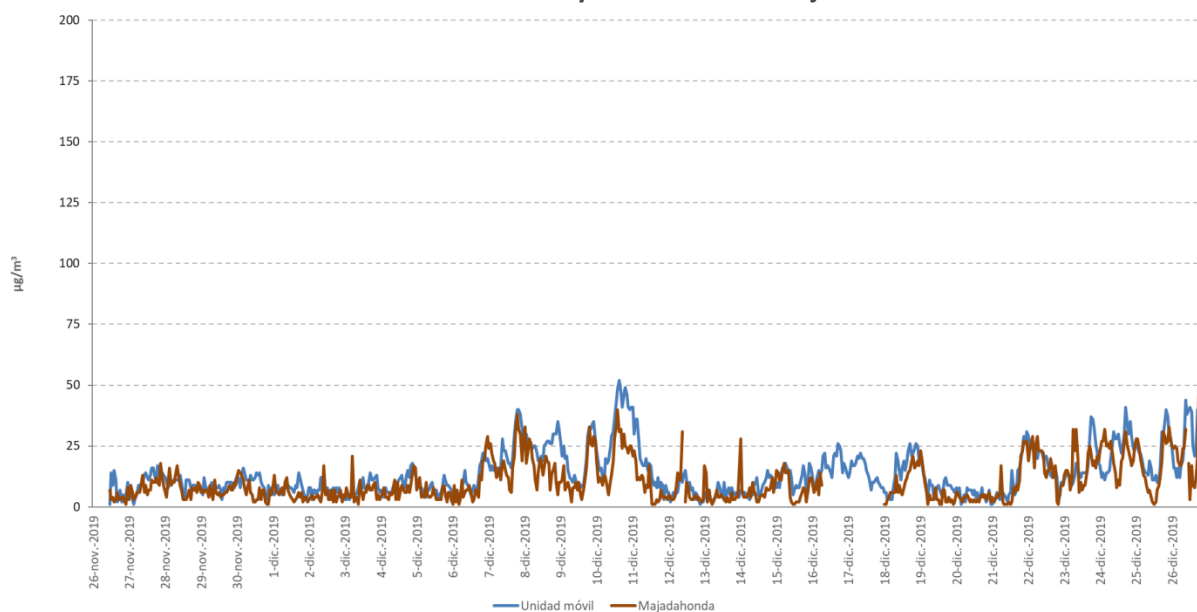
| | Período promedio | Valor límite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Fecha de cumplimiento |
|---------------------|------------------|--|-----------------------|
| Valor límite diario | 24 horas | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año | 1 de enero de 2005 |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

TABLA 10

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 Majadahonda. 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 26 de noviembre y el 26 de diciembre de 2019.

Datos de la unidad móvil y la estación de Majadahonda.



GRÁFICA 7.a

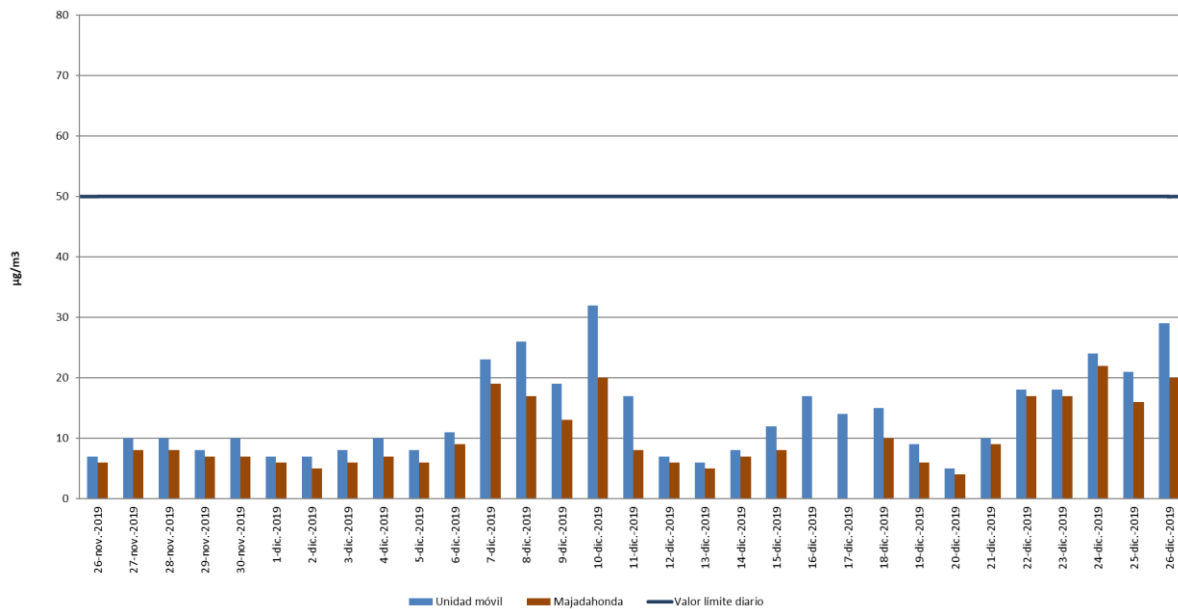
Partículas PM10

| | Unidad Móvil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Día | Majadahonda ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Día |
|--------------------------------|---|-------------|--|-------------|
| Máximo horario | 52 | 10-dic-2019 | 46 | 26-dic-2019 |
| Promedio horario de la campaña | 14 | | 10 | |

TABLA 11.a

Evolución de las medias diarias de PM10 entre el 26 de noviembre y el 26 de diciembre de 2019.

Datos de la unidad móvil y la estación de Majadahonda.



GRÁFICA 7.b

Partículas PM10

| | Unidad Móvil (µg/m³) | Día | Majadahonda (µg/m³) | Día |
|-------------------------------|----------------------|-------------|---------------------|-------------|
| Máximo diario | 32 | 10-dic-2019 | 22 | 24-dic-2019 |
| Promedio diario de la campaña | 14 | | 10 | |

TABLA 11.b

6.3.2. Material particulado (PM2,5)

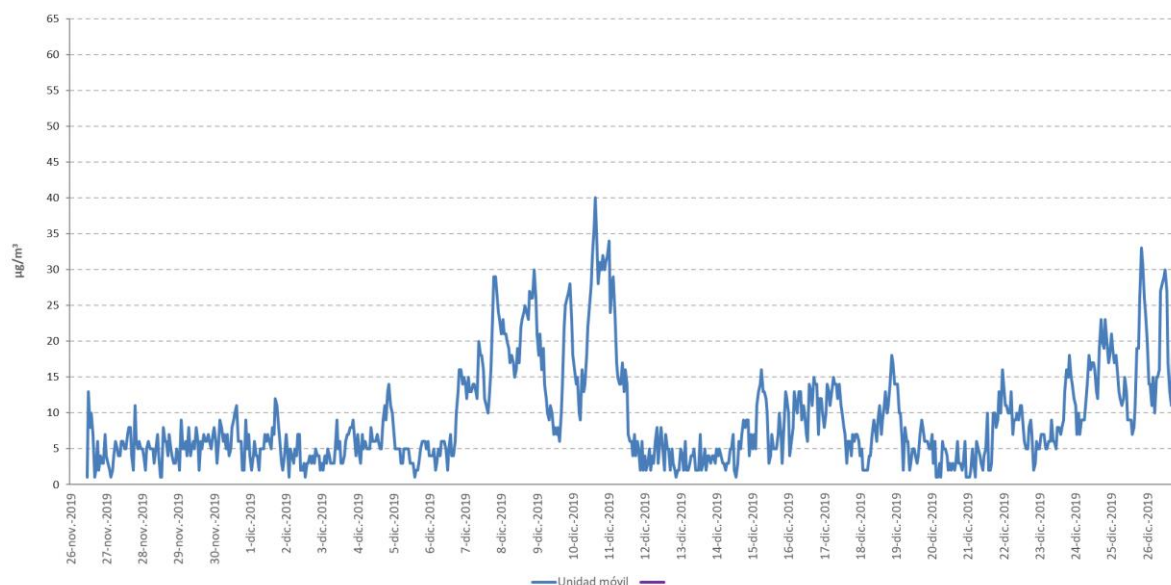
Partículas en suspensión (PM2,5)
Real Decreto 102/2011

| Valor límite anual | Periodo 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 12

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.

Evolución de las medias horarias de PM2,5 entre el 26 de noviembre y el 26 de diciembre de 2019.



Datos de la unidad móvil.

GRÁFICA 8.a

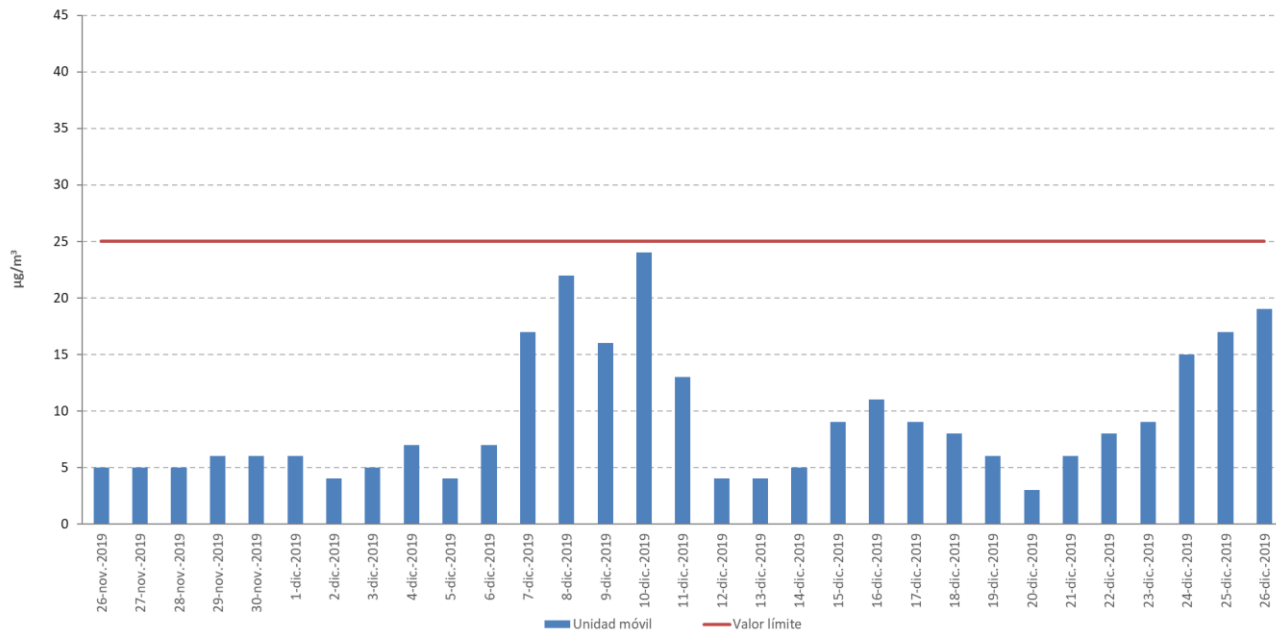
Partículas PM2,5

| | Unidad Móvil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Día |
|--------------------------------|---|-------------|
| Máximo horario | 40 | 10-dic-2019 |
| Promedio horario de la campaña | 9 | |

TABLA 13.a

Evolución de las medias diarias de PM_{2,5} entre el 26 de noviembre y el 26 de diciembre de 2019.

Datos de la unidad móvil.



GRÁFICA 8.b

Partículas PM_{2,5}

| | Unidad Móvil (µg/m ³) | Día |
|-------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| Máximo diario | 24 | 10-dic-2019 |
| Promedio diario de la campaña | 9 | |

TABLA 13.b

6.4. Ozono (O₃)

A diferencia de los contaminantes primarios que se emiten directamente al aire, el ozono a nivel del suelo (ozono troposférico), no se emite directamente a la atmósfera. 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 (CH₄) y el monóxido de carbono (CO) también juegan un papel en la formación de O₃.

Los NO_x 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 impliquen el uso de disolventes. También pueden tener un origen natural en la vegetación. En el caso concreto del metano (CH₄), 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 denominado como gas fotoquímico.

El O₃ 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 de calidad del aire según el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire:

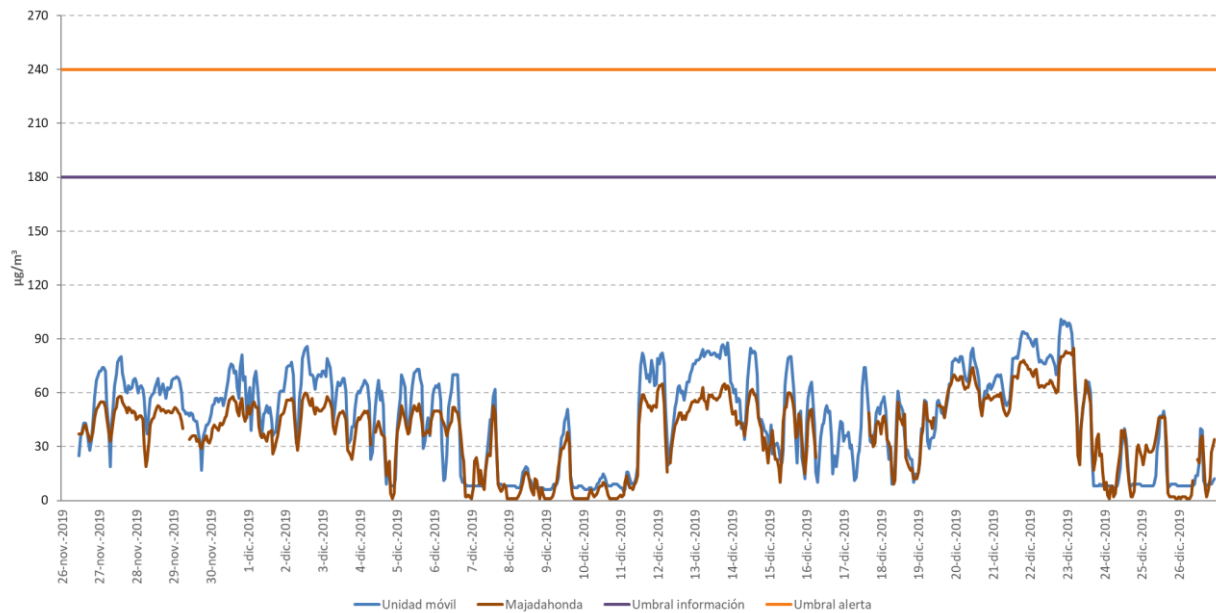
| Ozono (O ₃) | | | |
|--|--|---|-----------------------|
| Real Decreto 102/2011 | | | |
| Objetivo | Parámetro | Valor | Fecha de cumplimiento |
| Objetivo para la protección de la salud humana | Máxima diaria de las medias móviles octohorarias | 120 µg/m ³ que no podrán superarse más de 25 días por año civil en un periodo de tres años | 1 de enero de 2100 |
| 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 ³ | No definida |
| Tipo de umbral | Parámetro | Umbral | |
| Umbral de información | Promedio horario | 180 µg/m ³ | |
| Umbral de alerta | Promedio horario (1) | 240 µg/m ³ | |

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

TABLA 14

En la gráfica siguiente se representa la evolución de las concentraciones medias horarias de ozono registradas por la unidad móvil y por la estación fijas de Majadahonda 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 O₃ entre el 26 de noviembre y el 26 de diciembre de 2019.
Datos de la unidad móvil y la estación de Majadahonda.



GRÁFICA 9

Ozono (O₃)

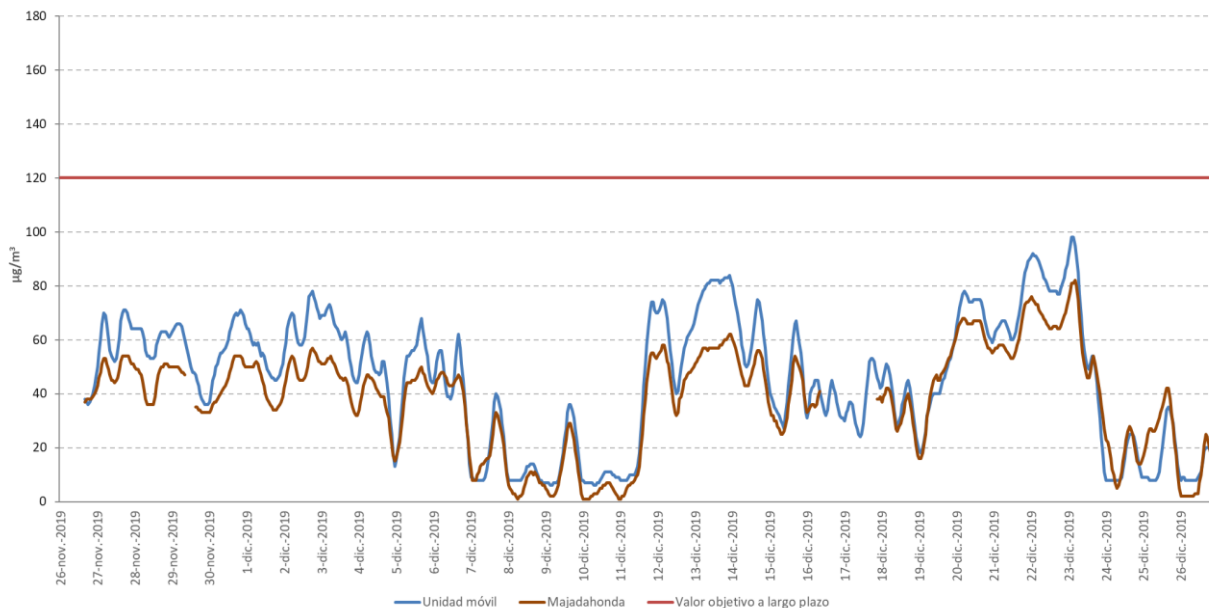
| | Unidad Móvil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Día | Majadahonda ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Día |
|----------------|---|-------------|--|-------------|
| Máximo horario | 101 | 22-dic-2019 | 85 | 23-dic-2019 |

TABLA 15

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 Majadahonda 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 O₃ entre el 26 de noviembre y el 26 de diciembre de 2019.

Datos de la unidad móvil y la estación de Majadahonda.



GRÁFICA 10

Ozono (O₃)

| | Unidad Móvil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Día | Majadahonda ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Día |
|--------------------|---|-------------|--|-------------|
| Máximo octohorario | 98 | 23-dic-2019 | 82 | 23-dic-2019 |

TABLA 16

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, CO₂, 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 objetivos 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

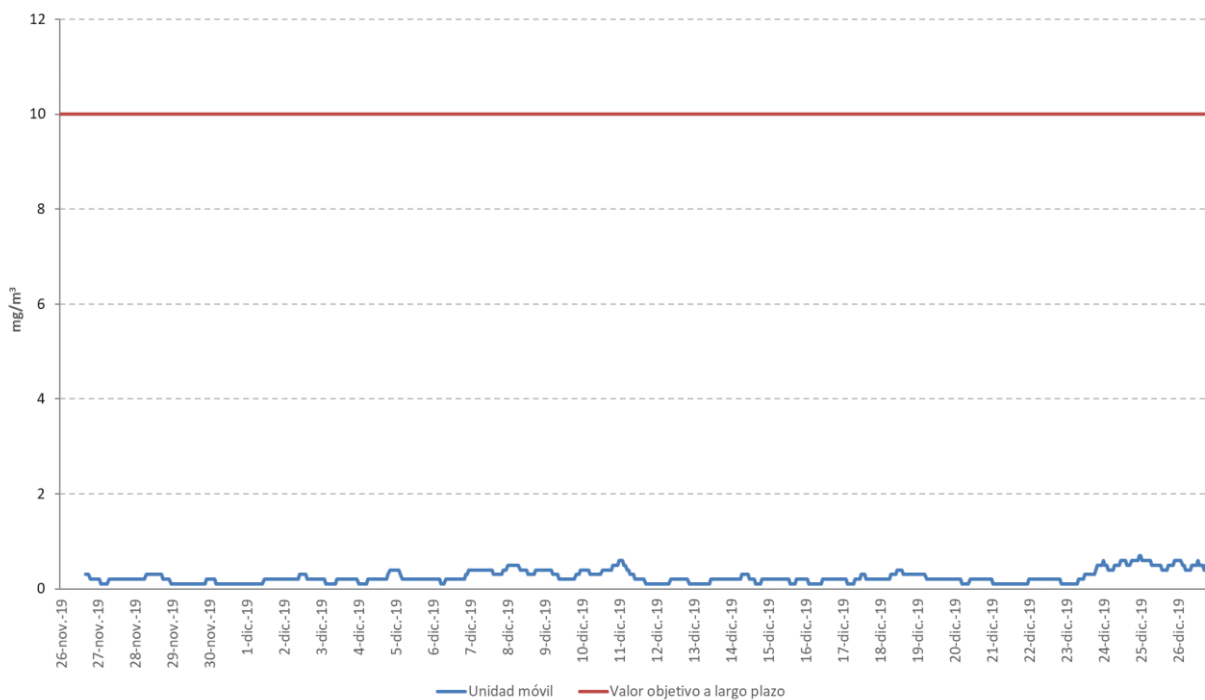
| | Período promedio | Valor límite (mg/m ³) | Fecha de cumplimiento |
|--------------|--|-----------------------------------|-----------------------|
| Valor límite | Máxima diaria de las medias móviles octohorarias | 10 mg/m ³ | 1 de enero de 2005 |

TABLA 17

En la gráfica siguiente se representa la evolución de las concentraciones medias octohorarias de monóxido de carbono registradas por la unidad móvil, comparadas con el **valor límite para la protección de la salud humana** (10 mg/m³, octohorario).

Evolución de las medias octohorarias de CO entre el 26 de noviembre y el 26 de diciembre de 2019.

Datos de la unidad móvil.



GRÁFICA 11

Monóxido de carbono

| | Unidad Móvil (mg/m ³) |
|--------------------|-----------------------------------|
| Máximo octohorario | 0,7 |

TABLA 18

6.6. Benceno (C₆H₆)

El benceno (C₆H₆) 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 europea 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 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:

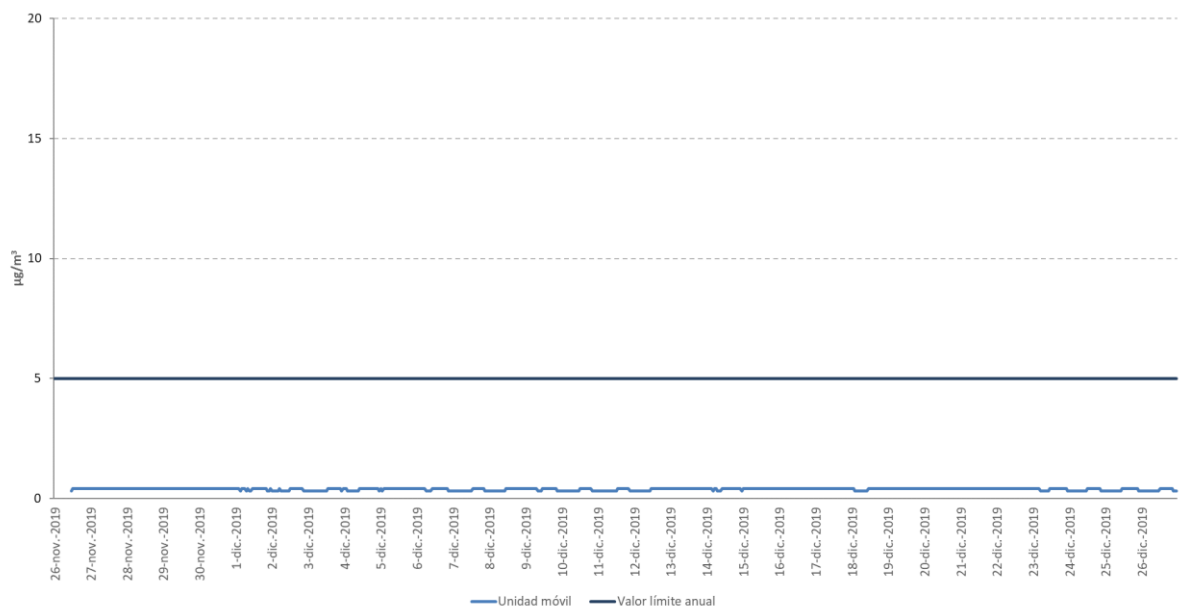
| Benceno (C ₆ H ₆) Real Decreto 102/2011 | | | |
|---|------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| | Período promedio | Valor límite (µg/m ³) | Fecha de cumplimiento |
| Valor límite anual | 1 año | 5 µg/m ³ | 1 de enero de 2010 |

TABLA 19

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

Evolución de las medias horarias de C₆H₆ entre el 26 de noviembre y el 26 de diciembre de 2019.

Datos de la unidad móvil.



GRÁFICA 12.

Benceno C₆H₆

| | Unidad móvil (µg/m ³) |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| Máximo horario | 0,4 |
| Promedio horario de la campaña | 0,4 |

TABLA 20.

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.

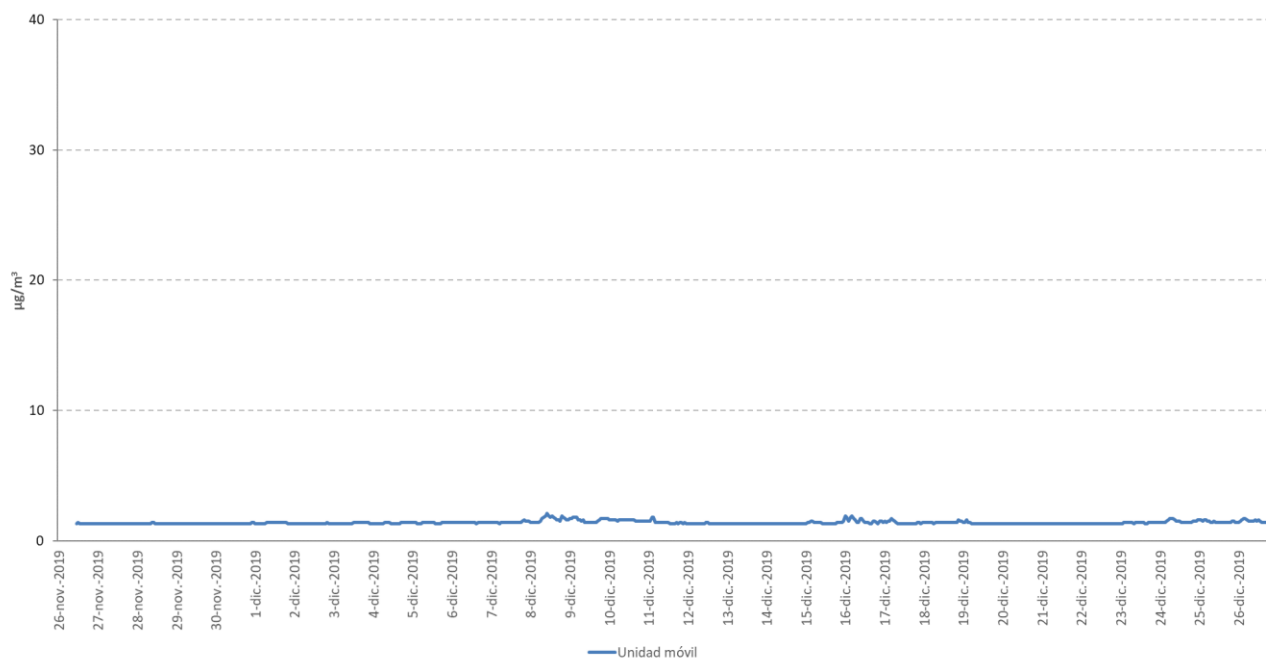
Son gases importantes desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, ya que favorecen la formación de reacciones fotoquímicas. Los hidrocarburos son contaminantes primarios que se oxidan en la troposfera en presencia de oxígeno atómico (O), el radical hidroxilo (OH*) y ozono (O₃) para formar 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.

Evolución de las medias horarias de HCT entre el 26 de noviembre y el 26 de diciembre de 2019.

Datos de la unidad móvil.



GRÁFICA 14

| HCT | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|------------|
| | Unidad móvil (µg/m ³) | Día |
| Máximo horario | 2,1 | 8-dic-2019 |
| Promedio horario de la campaña | 1,4 | |

TABLA 22

7. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados expuestos, los contaminantes estudiados durante la campaña de Pozuelo de Alarcón en la unidad móvil y en la estación fija de Majadahonda 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 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 de la campaña, en este caso es la media 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 lo que la comparativa se realiza únicamente a título informativo.

No se midieron concentraciones de **SO₂** superiores al valor límite horario para la protección de la salud (350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Los valores diarios de **SO₂** fueron también muy inferiores al valor límite diario aplicable (125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

En el caso del **NO₂**, los niveles horarios máximos registrados fueron de 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el 18 de diciembre en la unidad móvil y de 132 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación de Majadahonda, el 26 de diciembre. Por lo que no superaron el límite horario de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

El valor promedio de **NO₂** durante de la campaña fue de 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en ambas ubicaciones. De manera que, 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 **PM₁₀** no excedieron el valor límite diario para la protección de la salud humana, fijado en 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en ninguna jornada. El valor medio de **PM₁₀** de la campaña en la unidad móvil ha sido de 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en la estación fija ha sido de 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ambos valores alejados del valor límite anual de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Por otra parte, las partículas **PM_{2,5}** no superaron el valor límite anual de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo el promedio de la campaña 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para la unidad móvil.

Respecto al **O₃**, tanto los valores octohorarios como los horarios medidos durante la campaña en las dos ubicaciones no superan los umbrales de valor objetivo, de información y de alerta establecidos en 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Su valor máximo horario fue de 101 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la unidad móvil y 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación fija de Majadahonda. Mientras que el octohorario fue de 98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente para la unidad móvil y la estación fija de Majadahonda.

En relación con el **CO**, las concentraciones octohorarias registradas en la unidad móvil han sido muy inferiores al valor límite establecido de 10 mg/m^3 .

En lo referente al **benceno**, el valor medio de la campaña en la unidad móvil ha sido de 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ inferior al valor límite anual para este contaminante establecido el 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Por último, los **hidrocarburos totales** han registrado valores bajos durante toda la campaña.

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.

8. REFERENCIAS Y RECURSOS

- ⊙ “Air quality in Europe — 2015 report”. The European Environment Agency (EEA).
- ⊙ “Estrategia de calidad del aire y cambio climático de la Comunidad de Madrid 2013-2020. Plan Azul+”.
- ⊙ “Estrategia de calidad del aire y cambio climático de la Comunidad de Madrid (2006-2012). Plan Azul”.
- ⊙ Informes anuales de la calidad del aire de la Comunidad de Madrid. Último informe publicado en abril de 2019.
- ⊙ 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 Pozuelo de Alarcón.