

ozono
no2 evaluación

información
ambiente

so2 protocolo

calidad

tráfico fondo validación red

benzopireno **del** metales

plaza de españa

aire

arturo soria

moratalaz

barajas

cuatro caminos

vallecas

méndez álvaro castellana

ensanche embajada

el pardo juan carlos I tres olivos

valor límite horario valor objetivo

umbral superaciones escenarios

cambio climático madrid 360

zona de bajas emisiones

euro 6 **inmisión** emisión
predicción **vigilancia**

pm2.5 medidas

sistema integral
atmósfera

suburbana

datos abiertos

octohorario

escuelas aguirre farolillo

ramón y cajal

villaverde

casa de campo

plaza del carmen

barrio del pilar

2021

plaza de castilla **retiro**

plaza elíptica sanchinarro

valor límite anual

partículas

pm10



MADRID

medio ambiente y
movilidad

Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental

Contenido	
1. RESUMEN.....	2
2. LA RED DE VIGILANCIA	4
Mapa de la red	6
Control y garantía de calidad	9
3. DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE	10
Análisis de los datos.....	10
Legislación	11
3.1 Dióxido de azufre	12
3.2 Partículas en suspensión PM10.....	14
3.3 Partículas en suspensión PM2,5.....	18
3.4 Dióxido de nitrógeno	22
3.5 Monóxido de carbono	34
3.6 Benceno.....	37
3.7 Ozono	40
3.8 Metales pesados	50
3.9 Benzo(a)pireno	53
3.10 Amoníaco	55
3.11 Carbono negro	58
4. DATOS ABIERTOS.....	59
5. RED PALINOCAM.....	60
6. CAMPAÑAS	61
6.1 Calle Eduardo Barreiros – Distrito Villaverde.....	63
6.2 Plaza San Juan de la Cruz – Distrito Chamberí	65
6.3 Base operativa del SAMUR (C/ Puerto de Reinos) – Distrito Villa de Vallecas.....	67
7. EPISODIOS DE CONTAMINACIÓN	69
7.1 Partículas en suspensión PM10.....	69
7.2 Dióxido de nitrógeno	71
7.2.1 Enero	71
7.2.2 Diciembre	73
8. BALANCE METEOROLÓGICO	75

1. RESUMEN

La calidad del aire correspondiente al año 2021 en la ciudad de Madrid ha continuado marcada por **la situación sanitaria derivada de la COVID 19**, debido a las restricciones que se han mantenido durante parte del año. La calidad del aire ha sido similar al año anterior en todos los contaminantes medidos en la red de vigilancia de la calidad del aire, pero no ha sido suficiente para el cumplimiento de los valores límite y objetivo establecidos para el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el ozono, que como en años anteriores se han continuado excediendo.

Las concentraciones medias de dióxido de nitrógeno han aumentado ligeramente en todas las estaciones de la red excepto en Escuelas Aguirre, que se ha mantenido el valor del año anterior. Solo una estación (Plaza Elíptica) ha superado el valor límite anual al igual que en el pasado 2020. El valor límite horario no se ha superado en ninguna de las estaciones por segundo año consecutivo desde su entrada en vigor en 2010.

En cuanto al ozono troposférico, los niveles medios han sido similares al año anterior pero han disminuido los niveles máximos, no produciéndose ninguna superación del umbral de información a la población. En cuanto al cumplimiento del valor objetivo de protección de la salud del ozono, 5 estaciones de la red (2 de tipo suburbano y 3 de fondo) han excedido ese valor, una menos que en 2020.

Los niveles del resto de contaminantes: partículas en suspensión -PM10 y PM2,5-, dióxido de azufre, monóxido de carbono, benceno, metales pesados y benzo(a)pireno, han sido inferiores a los valores límite u objetivo fijados para ellos por la legislación.

Se ha mantenido el servicio de información de la calidad del aire de Madrid en la red social Twitter ([@airedemadrid](https://twitter.com/airedemadrid)). A través de esta cuenta se comunica la situación y previsiones en materia de calidad del aire en cada momento, recomendaciones a la ciudadanía para contribuir a mejorarla y contenidos de servicio en relación con la activación de protocolos por episodios de contaminación de dióxido de nitrógeno y ozono.

La temperatura media del año registrada por la red ha sido de 15.7 °C. Las medias de temperaturas máximas y mínimas han sido de 21.4 y 10.7 °C respectivamente. Los tres primeros trimestres han sido prácticamente normales o ligeramente cálidos. Sin embargo, el último trimestre ha sido mucho más cálido que los valores medios, principalmente debido a la media de temperaturas máximas.

La precipitación media registrada ha sido de 381 mm. El año ha sido seco debido a que el cuarto trimestre lo ha sido de manera muy acusada.

Como es habitual, los periodos de estabilidad atmosférica se han concentrado en el primer y último trimestre del año, mereciendo especial significación el ocurrido entre el 11 y el 19 de enero por su especial intensidad.

La tendencia de los principales contaminantes desde el 2010 ha sido la siguiente:

SO2	PM10	PM2.5	NO2	CO	BENCENO	OZONO

En el siguiente cuadro se pueden observar las superaciones de los valores límite y objetivo que se han producido en el año 2021 en las estaciones de la red:

		Año 2021 Superaciones de valor límite/valor objetivo		
		Suburbana	Fondo	Tráfico
Dióxido de nitrógeno	Media horaria	No	No	No
	Media anual	No	No	Sí (1 de 9)
PM10	Media diaria	No	No	No
	Media anual	No	No	No
PM2,5	Media anual	No	No	No
Ozono	Media octohoraria máxima en un día *	Sí (2 de 3)	Sí (3 de 8)	No
	Umbral de información	No	No	No
Benceno	Media anual	No	No	No
Dióxido de azufre	Media horaria / Media diaria	No	No	No
Monóxido de carbono	Media octohoraria máxima en un día	No	No	No
Plomo	Valor límite anual	-	-	No
Cadmio	Valor objetivo anual	-	-	No
Arsénico	Valor objetivo anual	-	-	No
Níquel	Valor objetivo anual	-	-	No
Benzo(a)Pireno	Valor objetivo anual	-	-	No

* Promedio 2019-2021

2. LA RED DE VIGILANCIA

Durante el año 2021 el Ayuntamiento de Madrid ha contado con una red de vigilancia de la calidad del aire formada por 24 estaciones automáticas, dos puntos adicionales para partículas en suspensión PM 2,5, dos puntos de muestreo para metales pesados y uno para benzo(a)pireno, todos ellos integrados en el Sistema Integral de Vigilancia, Predicción e Información.

bit.ly/3dkWpln

La red de vigilancia de la calidad del aire cuenta con los medios materiales y humanos necesarios para la medición y registro en continuo, 24 horas durante los 365 días del año, de los parámetros de calidad del aire establecidos en la legislación, garantizando la calidad de los datos registrados.

Además, la red de vigilancia tiene entre sus objetivos principales, la detección y evaluación de las situaciones de superación de los valores límite y objetivo, así como de los niveles de preaviso, aviso o de alerta previstos, de acuerdo con los protocolos establecidos por el Ayuntamiento de Madrid para estos casos. Se han realizado campañas con unidades móviles para completar el conocimiento de los niveles de calidad del aire en lugares alejados de las estaciones fijas de la red.

En la siguiente tabla se muestra una relación de las estaciones y puntos de muestreo de la red:

UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES REMOTAS Y PUNTOS DE MUESTREO

NOMBRE	DIRECCIÓN	DISTRITO MUNICIPAL
PZA. ESPAÑA	Pza. España	MONCLOA-ARAVACA
ESCUELAS AGUIRRE	C/Alcalá - O'Donnell	SALAMANCA
RAMÓN Y CAJAL	Avda. Ramón y Cajal - Ppe. De Vergara	CHAMARTÍN
ARTURO SORIA	C/ Arturo Soria - Vizconde de los Asilos	CIUDAD LINEAL
VILLAVERDE	C/ Juan Peñalver	VILLAVERDE
FAROLILLO	C/ Farolillo - Ervigio	CARABANCHEL
CASA DE CAMPO	Casa de Campo (Terminal del Teleférico)	MONCLOA-ARAVACA
BARAJAS PUEBLO	C/ Júpiter, 21	BARAJAS
PZA. DEL CARMEN	Pza. del Carmen - Tres Cruces	CENTRO
MORATALAZ	Avda. Moratalaz - Camino Vinateros	MORATALAZ
CUATRO CAMINOS	Avda. Pablo Iglesias - Marqués de Lema	CHAMBERÍ
BARRIO DEL PILAR	Avda. Betanzos - Monforte de Lemos	FUENCARRAL
VALLECAS	C/ Arroyo del Olivar - Río Grande	PUENTE VALLECAS
MÉNDEZ ÁLVARO	Pza. Amanecer Méndez Álvaro	ARGANZUELA
CASTELLANA	C/ José Gutiérrez Abascal	CHAMARTÍN
RETIRO	Pº Venezuela - Casa de Vacas	RETIRO
PZA. CASTILLA	Pza. Castilla (Canal)	CHAMARTÍN
ENSANCHE DE VALLECAS	Avda..La Gavia -Avda. Las Suertes	VILLA DE VALLECAS
URB. EMBAJADA	C/ Riaño, s/n	BARAJAS
PZA. ELÍPTICA	Pza. Elíptica - Avda. Oporto	CARABANCHEL
SANCHINARRO	C/Princesa Éboli .- C/ María Tudor	HORTALEZA
EL PARDO	Avda. La Guardia	FUENCARRAL-ELPARDO
JUAN CARLOS I	Parque Juan Carlos I	BARAJAS
TRES OLIVOS	Pza. Tres Olivos	FUENCARRAL-ELPARDO
J.M. MORATALAZ	C/ Fuente Carrantona, 8	MORATALAZ
C.C. ALFREDO KRAUS	Gta. Pradera de Vaquerizas, 9	FUENCARRAL-ELPARDO
C.I. ARGANZUELA	C/ Canarias, 17	ARGANZUELA

Mapa de la red



Tipos de estación:

- Suburbana
- Punto muestreo metales pesados
- Urbana de fondo
- Punto de muestreo manual de PM2,5
- Urbana de tráfico

DISTRIBUCIÓN DE ANALIZADORES Y MUESTREADORES INSTALADOS EN LA RED

ESTACION- PUNTO DE MUESTREO	NO ₂	SO ₂	CO	PM10	PM2,5	O ₃	BTX	Metales	B(a)P
Pza. España	X	X	X						
Esc. Aguirre	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ramón y Cajal	X						X		
Arturo Soria	X					X			
Villaverde	X					X			
Farolillo *	X		X	X	X	X	X		
Casa de Campo	X			X	X	X	X		
Barajas Pueblo	X					X			
Pza. del Carmen	X	X	X			X			
Moratalaz	X	X		X					
Cuatro Caminos	X			X	X		X		
Barrio del Pilar	X					X			
Vallecas	X			X					
Méndez Álvaro	X			X	X				
Castellana	X			X	X				
Retiro	X					X			
Pza. Castilla	X			X	X				
Ensanche de Vallecas	X					X			
Urb. Embajada	X			X			X		
Pza. Elíptica	X		X	X	X				
Sanchinarro	X	X		X	X				
El Pardo	X					X			
Juan Carlos I	X					X			
Tres Olivos	X			X		X			
J.M. Moratalaz *					X				
C.C. Alfredo Kraus *					X				
C.I. Arganzuela								X	

*Punto de muestreo manual de PM2,5

Se ha reducido el número de analizadores de dióxido de azufre y monóxido de carbono debido a las muy bajas concentraciones de estos contaminantes registradas en toda la ciudad. Los niveles obtenidos son inferiores al umbral inferior de evaluación que establece la legislación y que se define como "nivel por debajo del

cual es posible limitarse al empleo de técnicas de modelización para evaluar la calidad del aire ambiente”.



Flota de vehículos eléctricos del servicio de mantenimiento de calidad del aire y unidad móvil.

Control y garantía de calidad

Con el fin de asegurar la exactitud de las medidas y el cumplimiento de los objetivos de calidad de los datos que establece la legislación, además de las operaciones de mantenimiento, verificación y calibración habituales, durante el año 2021 se han realizado diversas actividades de garantía de calidad.

A continuación se detalla el porcentaje de datos válidos por estación automática y analizador:

ESTACIÓN	Porcentaje de datos válidos año 2021						
	SO ₂	CO	NO ₂	PM2,5	PM10	O ₃	BTX
Pza. España *	69	72	71				
Esc. Aguirre	94	96	97	92	92	95	92
Ramón y Cajal			99				94
Arturo Soria			99			99	
Villaverde			99			98	
Farolillo		98	98		97	98	93
Casa Campo			95	95	95	95	93
Barajas Pueblo			99			98	
Pza. del Carmen	99	99	99			99	
Moratalaz	98		99		97		
Cuatro Caminos			98	97	98		97
Barrio del Pilar			99			97	
Vallecas			99		94		
Méndez Álvaro			97	94	94		
Castellana			99	97	98		
Retiro			98			99	
Pza. Castilla			99	97	98		
E. Vallecas			99			97	
Urb. Embajada			97		92		91
Plaza Elíptica		97	97	98	98		
Sanchinarro	97		99	97	97		
El Pardo			99			98	
Juan Carlos I			99			99	
Tres Olivos			99		98	99	

* Reducción del porcentaje de datos por obras de remodelación de la Plaza

3. DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE

Análisis de los datos

Los analizadores de los contaminantes integrados en las estaciones de vigilancia automáticas funcionan en continuo y registran un valor medio cada 5 segundos.

Estos datos son procesados e integrados en el Centro de Control del Servicio de Calidad del Aire. Según el tipo de integración, se generan diferentes clases de datos, que se utilizarán en función del período de análisis de estudio, o de la forma en que están establecidos los valores límites.

Diezminutales: Valor medio de los registrados en un periodo de diez minutos (120 datos cada 10 minutos). En cada hora se registran, por lo tanto, 6 datos diezminutales.

Horarios: Valor medio de al menos cuatro datos diezminutales válidos y correspondientes a la misma hora. Cada día se pueden registrar, por lo tanto, 24 datos horarios válidos.

Octohorarios: Valor medio correspondiente a los 8 datos horarios precedentes. Se tiene dato octohorario si existen al menos 6 horarios válidos. Cada día se pueden registrar 24 datos octohorarios válidos.

Diarios: Calculados como promedio de, al menos, las tres cuartas partes de los datos horarios válidos incluidos en el día.

Anuales: Calculados como promedio de, al menos, las tres cuartas partes de los datos horarios válidos incluidos en el año.

Todos estos datos se registran con la hora local:

Hora local = (Hora Centroeuropea, CET)

CET = UTC + (1 en invierno)

CET = UTC + (2 en verano)

UTC: Tiempo Universal Coordinado

A continuación se presenta un análisis detallado por contaminante, recogiendo la legislación aplicable, los valores obtenidos en el año 2021 y su comparación con los legislados.

Se incluyen los **indicadores de evolución**, valores que no tienen carácter normativo, pero que se presentan con el objetivo de orientar sobre la evolución de las concentraciones de los diferentes contaminantes a lo largo de un periodo de tiempo. Para calcularlos se ha utilizado el valor medio de la red.

La evolución temporal se ha calculado con todas las estaciones de la red desde el año 2010, año en que se puso en marcha la nueva red adaptada a la nueva directiva europea.

Los datos de los equipos manuales de metales, PM_{2,5} y benzo(a)pireno son datos diarios.

Se han incluido salidas del programa "R" y concretamente del paquete open-air. Este paquete es de código abierto y está especialmente indicado para analizar datos de calidad del aire. Ha sido desarrollado por The King's College of London.

Legislación

El análisis que se realiza en este capítulo sobre los datos registrados en la red de vigilancia de la calidad del aire durante el año 2021, tiene en cuenta la legislación aplicable, que es el **Real Decreto 102/2011**, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire y el **Real Decreto 39/2017**, de 27 de enero que lo modifica.



Imagen de la ciudad durante la borrasca Filomena



Estación de Casa de Campo durante la borrasca

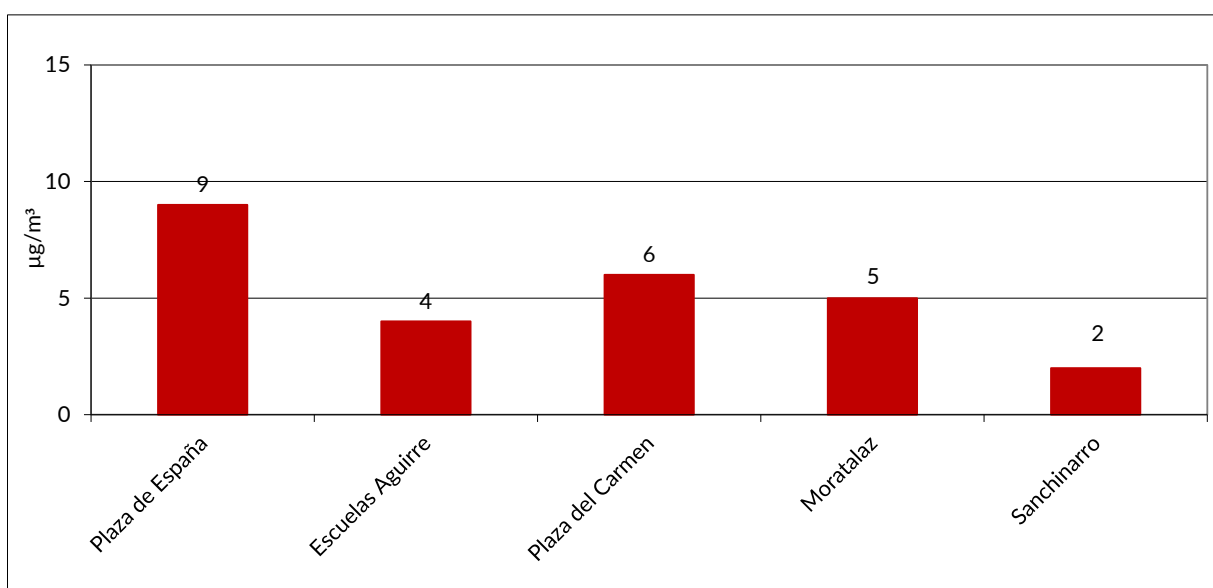
3.1 Dióxido de azufre

<p>VALOR LÍMITE HORARIO para la protección de la salud humana 350 µg/m³ que no podrá superarse en más de 24 ocasiones por año</p>	<p>VALOR LÍMITE DIARIO para la protección de la salud humana 125 µg/m³ que no podrá superarse en más de 3 ocasiones por año</p>	<p>UMBRAL DE ALERTA 500 µg/m³ durante tres horas consecutivas en un área > 100 km²</p>
--	--	--

El dióxido de azufre (SO₂) 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. En el caso de la ciudad de Madrid, la principal fuente emisora es el sector residencial, comercial e institucional. Los valores de la tabla siguiente muestran que los niveles medios de SO₂ en todas las estaciones de medida son muy bajos, con respecto a los límites legales establecidos.

Tampoco existen picos de SO₂ relevantes, pues los niveles máximos que se han registrado a lo largo de 2021 se sitúan lejos, en torno a un 10%, del valor límite horario.

Valores medios diarios de SO₂ por estaciones



Los valores de SO₂ se sitúan por debajo del nivel crítico para la protección de la vegetación que, a pesar de que no son de aplicación para un área urbana como la

ciudad de Madrid, indican la buena calidad del aire de Madrid en cuanto a este contaminante. Se incluye a continuación un cuadro con los valores medios y máximos horarios de los últimos tres años, en el que se puede apreciar que todos ellos han continuado con la tendencia a mantenerse o a la baja a lo largo de este tiempo.

ESTACION	2019		2020		2021	
	Media	Máximo	Media	Máximo	Media	Máximo
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
PZA. ESPAÑA	8	50	6	24	9	19
ESCUELAS AGUIRRE	8	35	7	21	4	17
VILLAVERDE*	8	39	7	30		
FAROLILLO*	10	57	7	29		
CASA DE CAMPO*	5	15	4	12		
PZA. DEL CARMEN	12	45	6	37	6	27
MORATALAZ	9	102	7	85	5	54
CUATRO CAMINOS*	10	40	5	34		
VALLECAS*	9	31	5	26		
SANCHINARRO	9	53	5	22	2	13

*Equipos retirados de la red

Indicadores de evolución

Evolución anual del SO₂ respecto a 2010



3.2 Partículas en suspensión PM10

<p>VALOR LÍMITE DIARIO para la protección de la salud humana: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Que no podrán superarse en más de 35 ocasiones al año)</p>	<p>VALOR LÍMITE ANUAL para la protección de la salud humana: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</p>
--	---

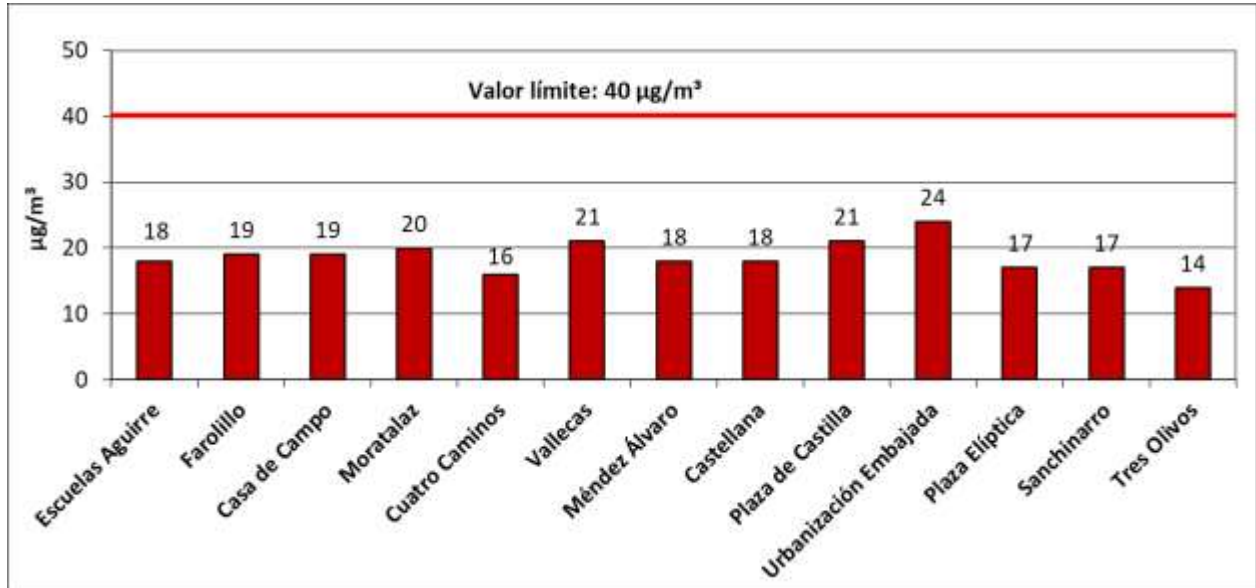
El material particulado es una mezcla compleja de componentes con características químicas y físicas diversas. Sus posibles efectos sobre la salud varían en función del tamaño y la composición. Pueden ser primarias o secundarias, es decir, formadas a partir de otros contaminantes primarios.

La fuente más importante de material particulado se debe a las emisiones generadas por el tráfico rodado. La contribución del tráfico engloba tanto las emisiones directas de partículas primarias desde el tubo de escape de los vehículos motorizados, como la resuspensión de materiales que se acumulan en el pavimento (productos de abrasión mecánica de vehículos, frenos, ruedas, emisiones derivadas de obras de construcción o demolición, etc.).

Atendiendo a lo establecido en el Real Decreto 102/2011, las campañas para la intercomparación de los equipos automáticos de PM10 de la red con respecto al método de referencia realizadas con el Instituto de Salud Carlos III (laboratorio nacional de referencia), han dado como resultado un factor de corrección de 0,98 para el primer trimestre, 1,02 para el segundo y cuarto y 1,06 para el tercero. Estos factores han sido aplicados a los datos validados de la red para el año 2021 para obtener resultados equivalentes a los que se hubieran obtenido con el método de referencia.

En el diagrama de barras se puede observar que los valores medios de las estaciones para este año están por debajo del límite establecido por la legislación.

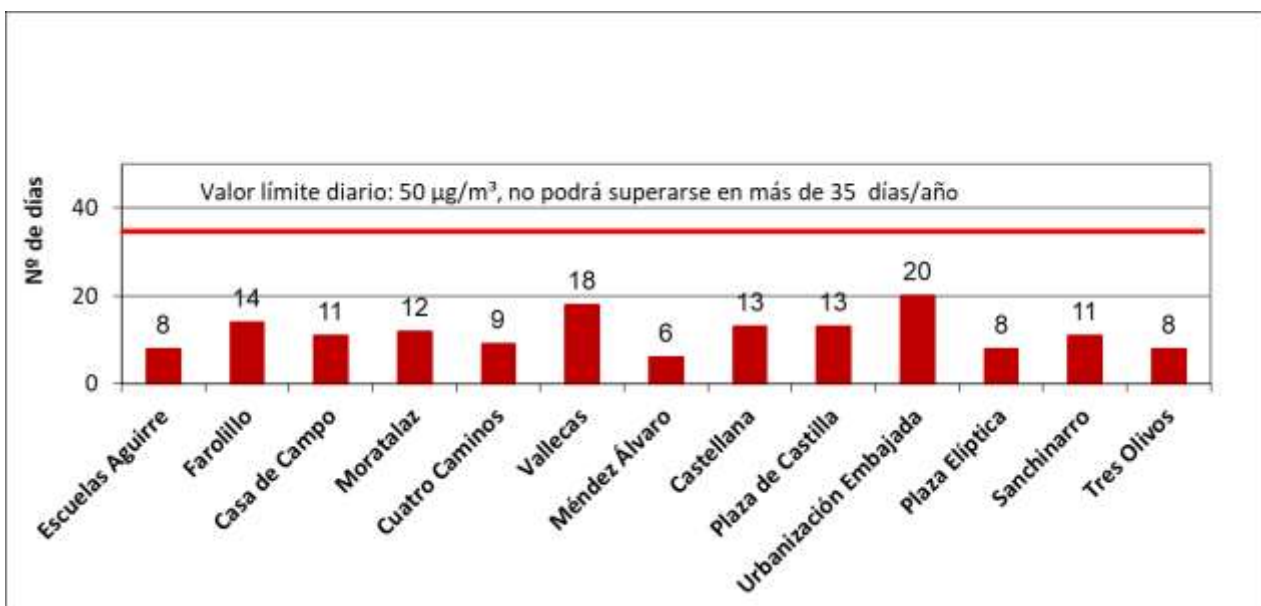
Valores medios anuales en el año 2021 por estación



Los valores registrados en la red de vigilancia para 2021, son muy similares a los del año anterior y ninguna estación ha superado el valor límite anual.

Se representa a continuación el número de días en los que el valor medio diario fue superior a 50 µg/m³. El número máximo permitido es de 35 días en el año, y como se puede comprobar en el gráfico, ninguna estación ha superado ese límite.

Número de días de superación de PM10 2021



Se incluyen a continuación los valores medios y máximos diarios de los últimos tres años. Se observa que los niveles medios de 2021 son muy similares a los de 2020.

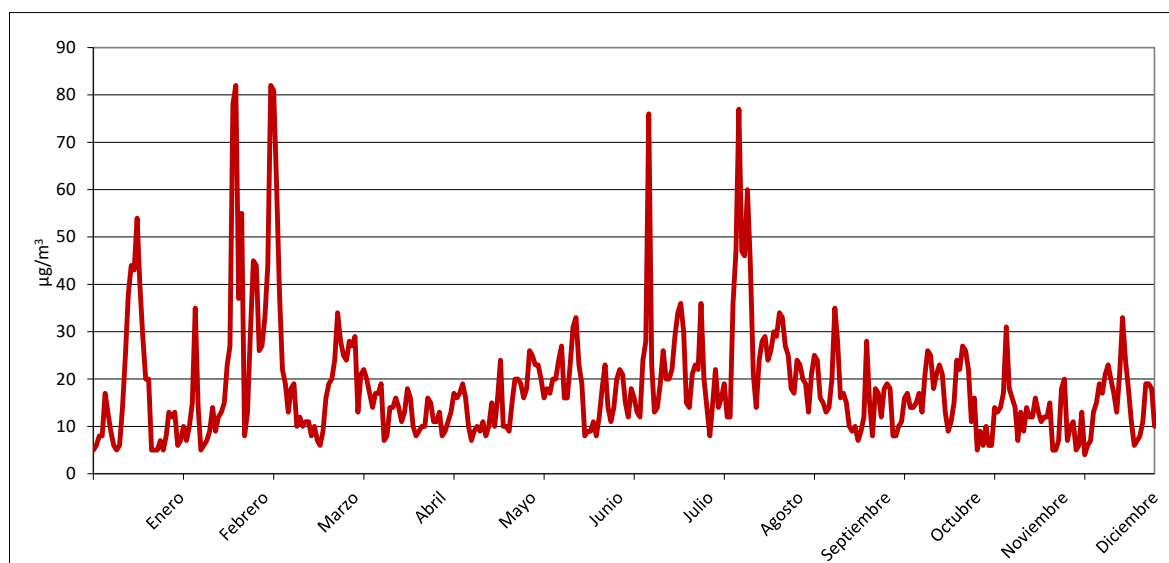
Aunque los valores máximos diarios han sido algo más elevados debido a los episodios puntuales de intrusión de polvo sahariano que se han producido en la ciudad de Madrid en el año 2021.

Enlace a las intrusiones ocurridas en 2021: bit.ly/35lDqxt

ESTACIÓN	2019		2020		2021	
	Media	Máximo	Media	Máximo	Media	Máximo
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
ESCUELAS AGUIRRE	21	68	19	80	18	82
FAROLILLO	15	54	17	76	19	97
CASA DE CAMPO	13	47	16	80	19	89
MORATALAZ	20	69	19	95	20	112
CUATRO CAMINOS	19	69	17	91	16	84
VALLECAS	17	60	17	104	21	109
MÉNDEZ ÁLVARO	17	56	15	70	18	75
CASTELLANA	18	67	17	85	18	83
PZA. CASTILLA	18	64	15	82	21	88
URB. EMBAJADA	22	87	22	101	24	125
PLAZA ELÍPTICA	20	70	15	62	17	56
SANCHINARRO	14	70	15	72	17	90
TRES OLIVOS	13	59	13	77	14	77

Indicadores de evolución

Evolución diaria de partículas PM10 en el año 2021



Evolución anual de PM10 respecto a 2010



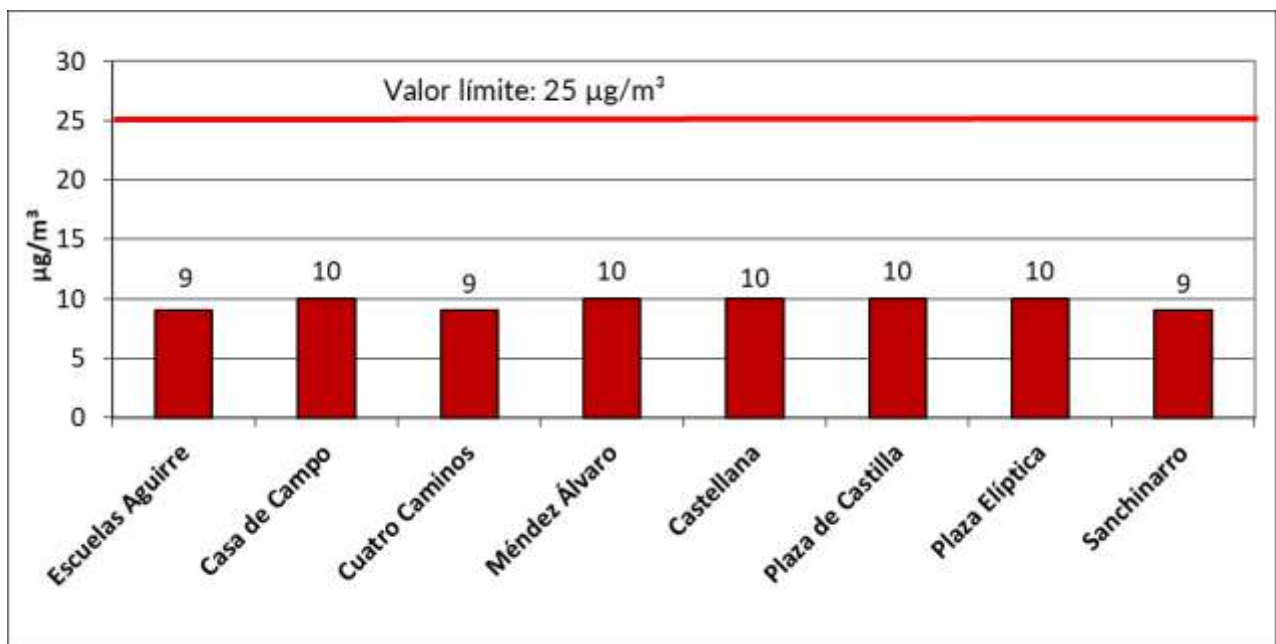
3.3 Partículas en suspensión PM2,5

VALOR LÍMITE ANUAL 2021:

25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

El término PM2,5 se refiere a partículas con un diámetro aerodinámico de hasta 2,5 micras.

Valores medios anuales en el año 2021 por estación



Durante el año 2021 no se ha superado el valor límite que establece la legislación vigente.

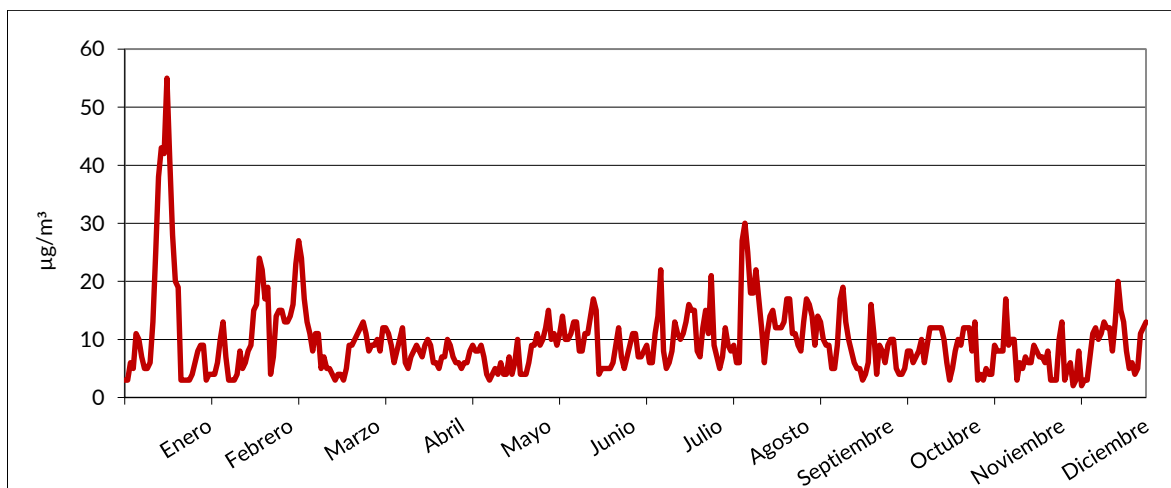
Se incluyen a continuación los valores medios y máximos diarios en los últimos tres años. Se observa una tendencia a mantenerse tanto en los valores medios anuales como en los máximos alcanzados.

ESTACIÓN	2019		2020		2021	
	Media µg/m ³	Máximo µg/m ³	Media µg/m ³	Máximo µg/m ³	Media µg/m ³	Máximo µg/m ³
ESCUELAS AGUIRRE	10	38	10	38	9	37
CASA DE CAMPO	9	36	9	38	10	54
CUATRO CAMINOS	10	41	10	47	9	48
MÉNDEZ ÁLVARO	10	33	8	34	10	53
CASTELLANA	9	38	10	44	10	62
PLAZA DE CASTILLA	9	40	8	26	10	54
PLAZA ELÍPTICA	12	44	10	42	10	50
SANCHINARRO*			9	32	9	65

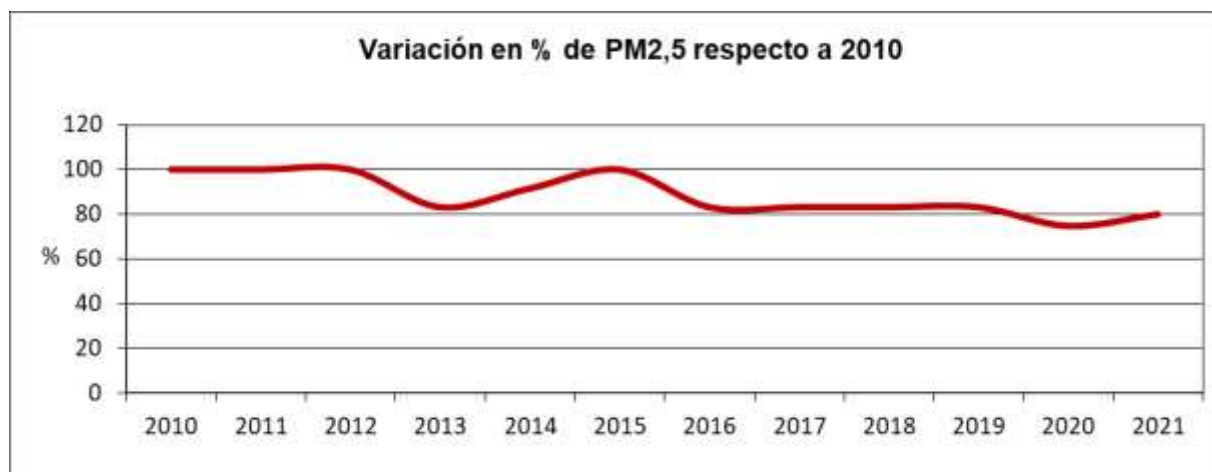
* Alta en enero 2020

Indicadores de evolución

Evolución diaria de partículas PM2,5 en el año 2021



Evolución anual de PM2,5 desde el año 2010



El IME (Indicador Medio de Exposición) se define como nivel medio determinado a partir de las mediciones efectuadas de partículas PM2,5 en ubicaciones de fondo urbano de distintas zonas y aglomeraciones de todo el territorio nacional, que refleja la exposición de la población y a partir del cual se fijan las reducciones de los niveles para alcanzar la mayor protección de la salud.

Para la obtención de este indicador la ciudad de Madrid contribuye, en función de su población, con 3 puntos de muestreo en ubicaciones de fondo urbano: la estación de Farolillo (Calle Farolillo esquina Calle Ervigio), el Centro Cultural Alfredo Krauss (Glorieta Pradera de Vaquerizas, 9) y la Junta Municipal de Moratalaz (Fuente Carrantona, 8).

El análisis de las muestras se realiza en el Instituto de Salud Carlos III (Laboratorio Nacional de Referencia).

Se muestran en la siguiente tabla los valores obtenidos durante los últimos tres años.

ESTACIÓN	2019	2020	2021
	Media $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Farolillo	11	11	11
C. C. Alfredo Kraus	11	13	10
J.M. Moratalaz	10	11	10

El Indicador Medio de Exposición (IME) se emplea para evaluar el cumplimiento del objetivo nacional de reducción de la exposición a las partículas más finas.

Según los facilitados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico:

El IME de referencia en 2011 (concentración media móvil trienal de los años 2009, 2010 y 2011) fue de $14,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y esta concentración inicial marcaba el objetivo de reducción del IME en un 15% hasta el IME del año 2020 (concentración media móvil trienal de los años 2018, 2019 y 2020). Ese porcentaje de reducción marcaba un valor máximo de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2020. El IME trienal 2018-2020 ha sido de $11,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lo que supone una disminución respecto al IME trienal 2009-2011 de referencia del 19,86 % en 2020.

El objetivo nacional de reducción a cumplir en el año 2020 era del 15% (respecto al IME de 2011), lo que supone que se ha alcanzado dicho objetivo.

Equipo de captación de PM2,5 con la nieve de la borrasca Filomena:



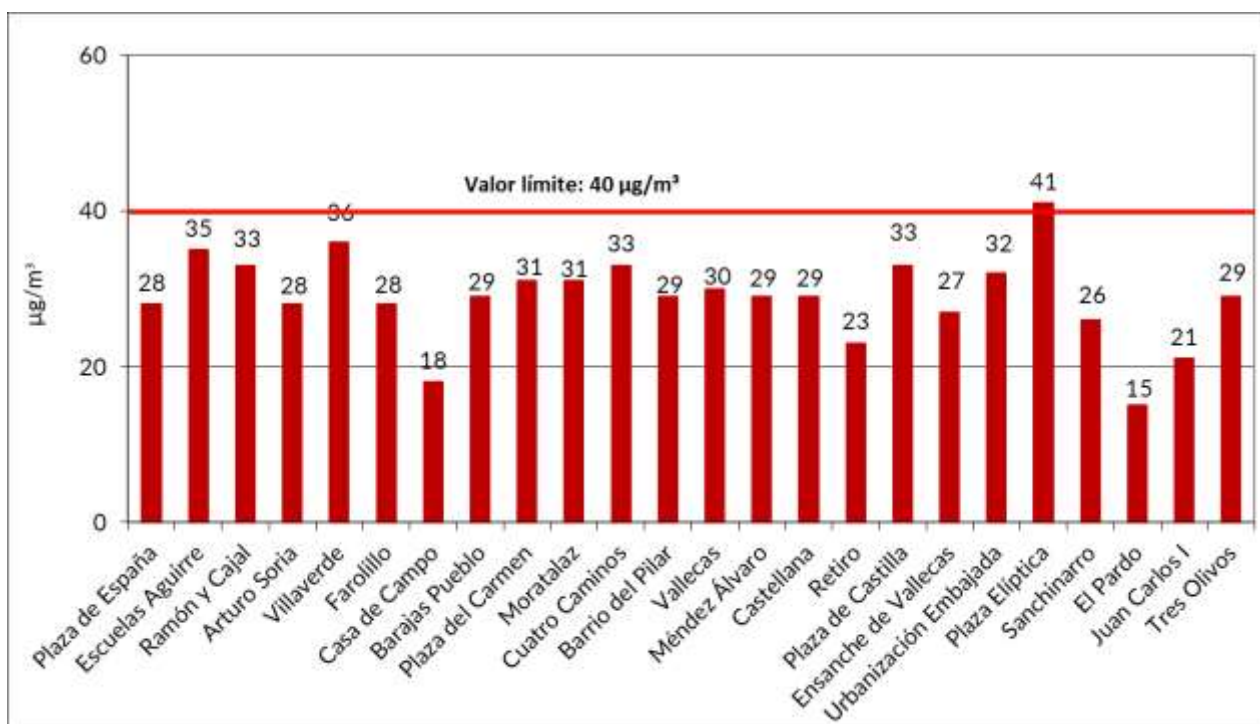
3.4 Dióxido de nitrógeno

<p>VALOR LÍMITE HORARIO para la protección de la salud humana 200 µg/m³ que no podrán superarse en más de 18 ocasiones al año</p>	<p>VALOR LÍMITE ANUAL para la protección de la salud humana 40 µg/m³</p>	<p>UMBRAL DE ALERTA 400 µg/m³ 3 horas consecutivas en un área > 100 km²</p>
--	---	--

El dióxido de nitrógeno (NO₂) es un contaminante indicador de actividades de transporte, especialmente el tráfico rodado. Lo emiten directamente los vehículos, especialmente los diésel (emisiones directas o "primarias"), pero se produce también en la atmósfera por un proceso químico como es la oxidación del monóxido de nitrógeno (NO), también emitido fundamentalmente por los vehículos; en este caso se trata de dióxido de nitrógeno secundario.

A continuación se muestran los valores medios de cada estación y su situación respecto al valor límite anual establecido de 40 µg/m³.

Valores medios anuales de NO₂ en el año 2021 por estación

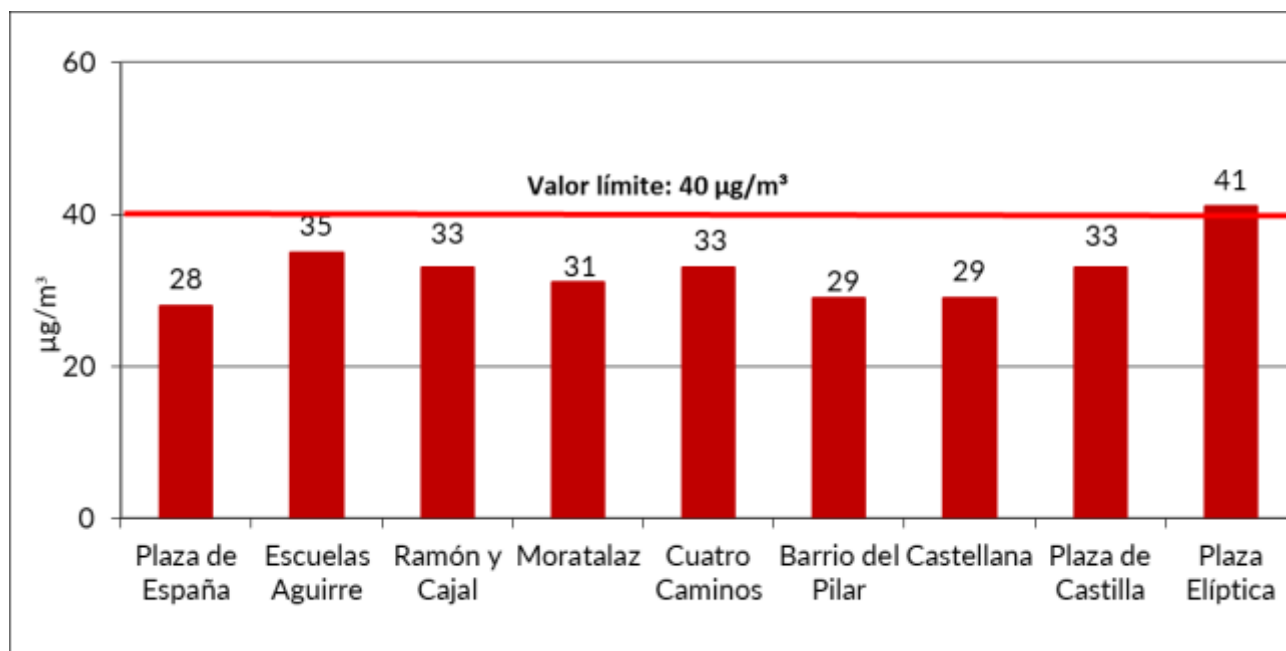


En la siguiente gráfica se muestra el número de superaciones del valor límite horario de 200 µg/m³ en cada una de las estaciones de la red que no se debe superar en más de 18 ocasiones al año por estación.

Superaciones del valor límite horario de NO₂

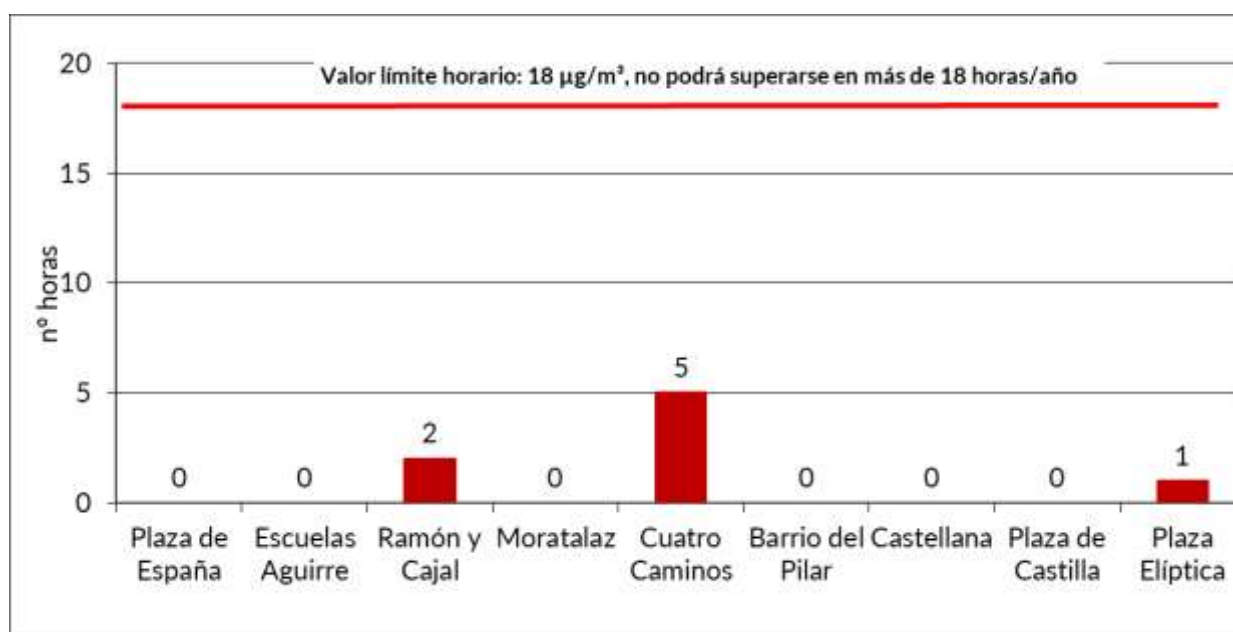


Media anual de NO₂ de las estaciones de tráfico



A continuación se presenta un análisis más completo sobre la distribución de las superaciones en función del tipo de estación (tráfico, fondo o suburbana) y en función de su distribución temporal a lo largo del día, de la semana y del mes.

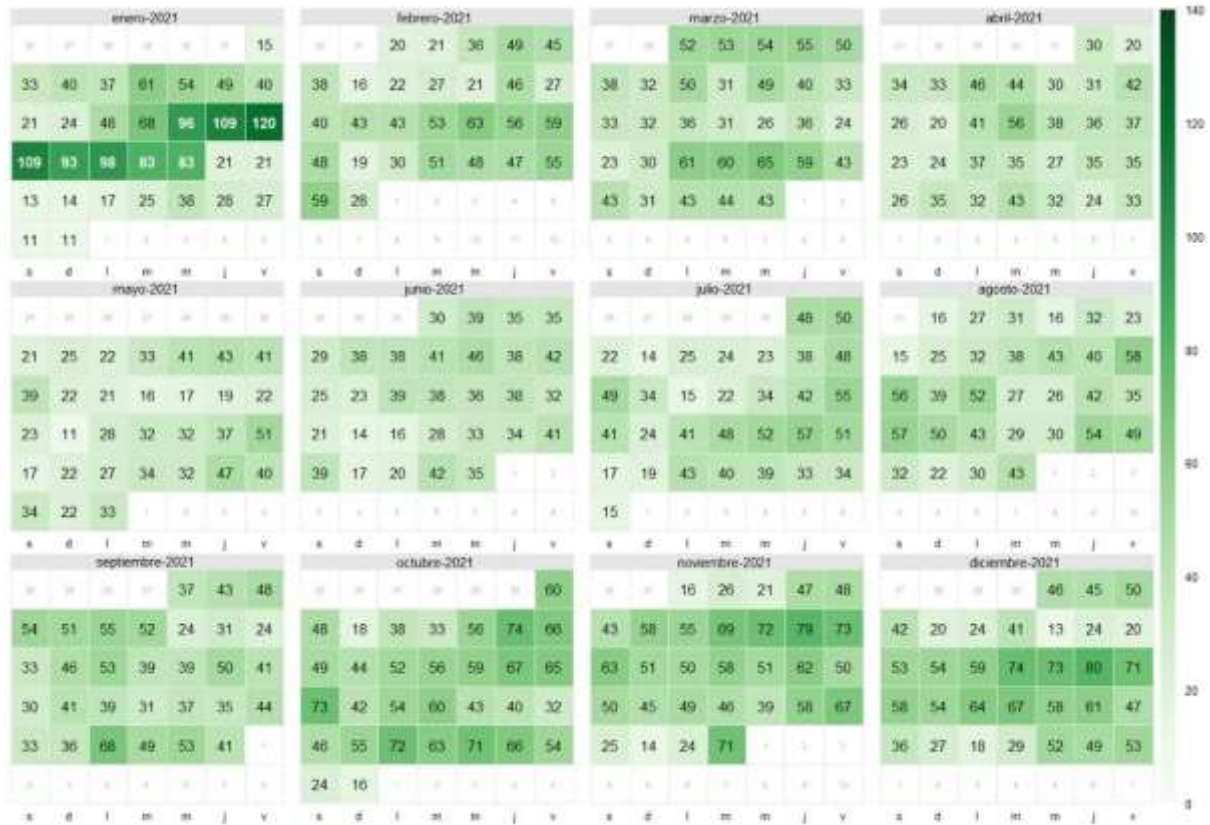
Número de superaciones del valor límite horario de NO₂ de las estaciones de tráfico



Se observa que solo una de las nueve estaciones de tráfico supera la media anual de 40 µg/m³ que es el valor marcado como valor límite anual. Ninguna excede el máximo de 18 horas de superación del valor límite horario establecido en 200 µg/m³.

Se muestra a continuación y a modo de ejemplo el calendario de los valores medios diarios de NO₂ en la estación de tráfico de Plaza Elíptica. Se observa como el mes de enero registra los valores más alto del año justo después de la borrasca Filomena. Tras el paso de esta borrasca que dejó cantidades históricas de nieve, se instaló sobre la ciudad un anticiclón que trajo consigo condiciones de estabilidad atmosférica. Estas condiciones (cielos despejados y prácticamente nulas velocidades del viento) provocaron las correspondientes inversiones térmicas que limitan la ventilación atmosférica. Esta situación se vio agravada por la presencia de nieve sobre las superficies, que con su elevado albedo, impiden el calentamiento de estas superficies por la radiación solar durante las horas diurnas dificultando así la rotura de la citada inversión acentuando su incidencia en la acumulación de contaminantes. Los altos niveles de dióxido de nitrógeno registrados, lo fueron durante una semana en la que el tráfico rodado estuvo seriamente dificultado (incluso anulado en muchas zonas de la ciudad) debido a la acumulación de nieve.

Medias diarias de NO₂ en la estación de Plaza Elíptica

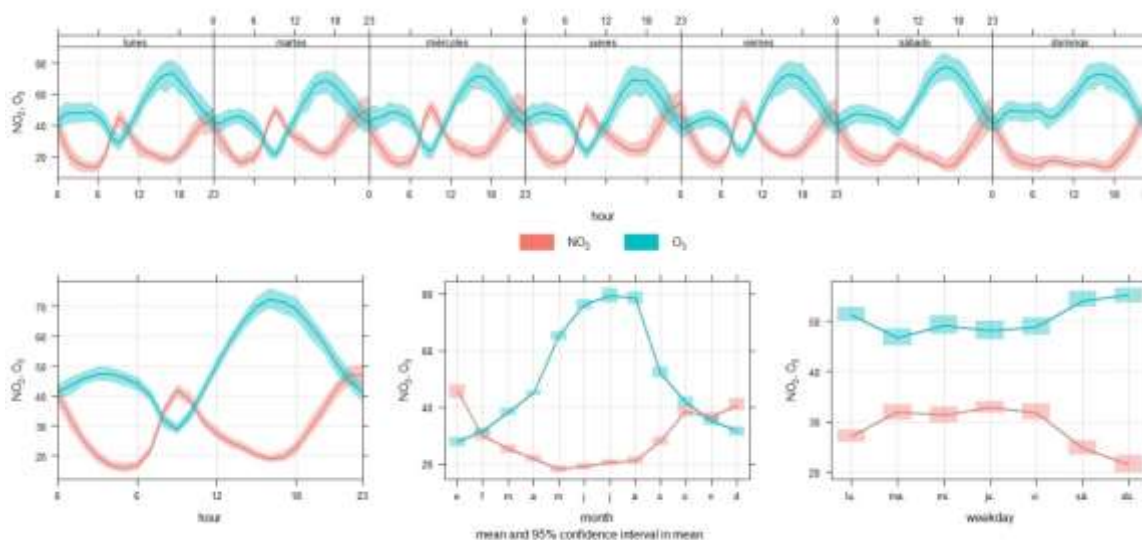


Valores en µg/m³

En el gráfico siguiente, se representan en la parte superior las concentraciones medias de NO₂ y ozono de la estación de Barrio del Pilar en función de los días de la semana. Se observa como las concentraciones máximas de ozono se producen en las horas centrales del día y las de NO₂ se alcanzan a última hora del día.

A lo largo del fin de semana los valores de NO₂ disminuyen de manera importante. Por el contrario, los niveles de ozono aumentan debido al “efecto fin de semana” (el carácter oxidante del ozono provoca que cerca de las emisiones del tráfico se mantenga en niveles moderados durante la semana, al consumirse buena parte de él en las reacciones de oxidación con los óxidos de nitrógeno (NO_x), y aumente en el fin de semana al reducirse las concentraciones de NO_x).

En las gráficas de la parte inferior se muestra la evolución de los valores por horas, meses del año y días de la semana.

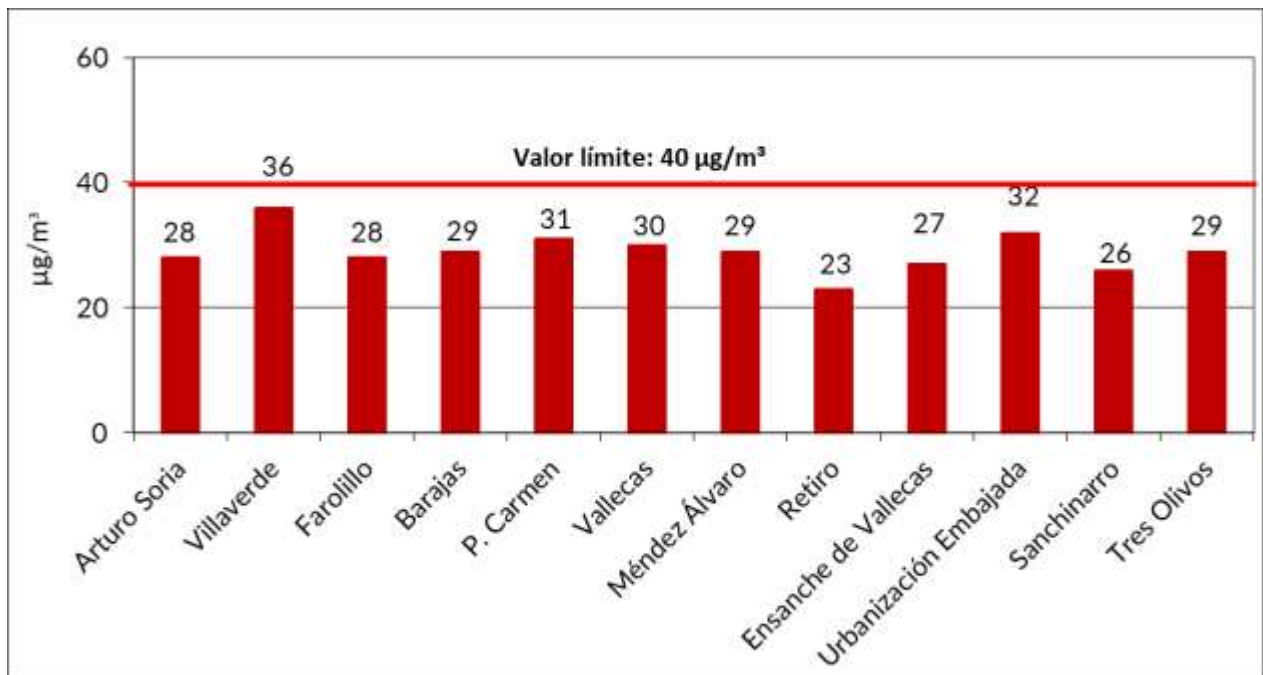


Valores en µg/m³

Se puede apreciar en el gráfico de evolución mensual como los valores más elevados de NO₂ se registran en los meses de enero y diciembre, coincidiendo con los dos episodios de contaminación que se produjeron en la ciudad de Madrid

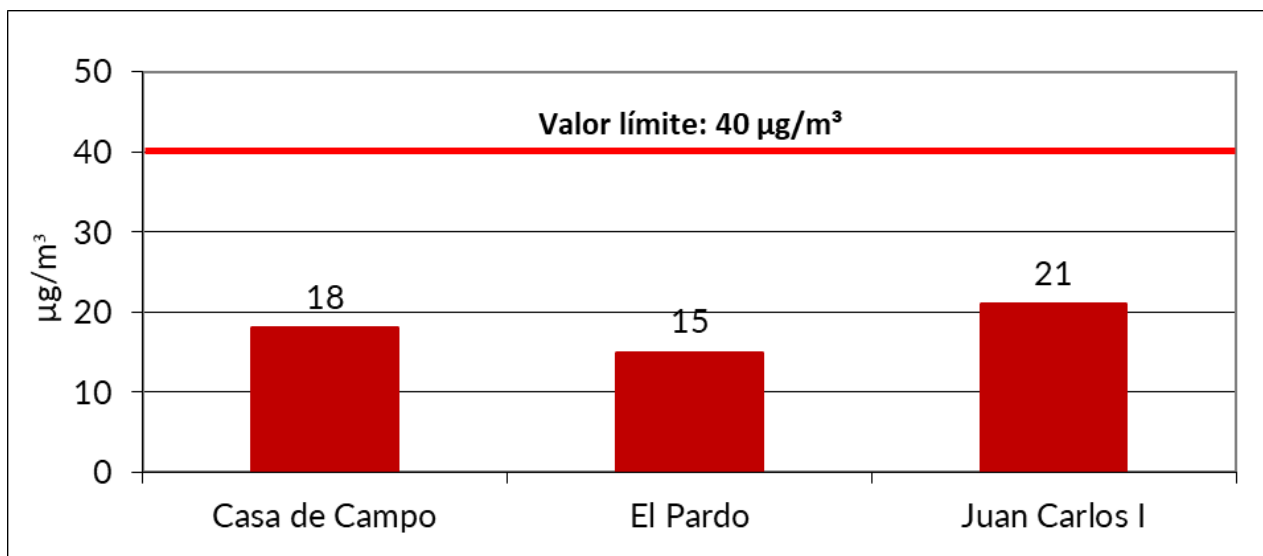
Respecto a las estaciones urbanas de fondo, ninguna estación ha superado el valor límite anual ni el valor límite horario a lo largo del año 2021. Se muestra a continuación la gráfica de los valores medios anuales.

Media anual de NO₂ de las estaciones de fondo



En cuanto a las estaciones suburbanas, las tres se han mantenido en niveles de concentración muy inferiores al valor límite anual.

Media anual de NO₂ las estaciones suburbanas



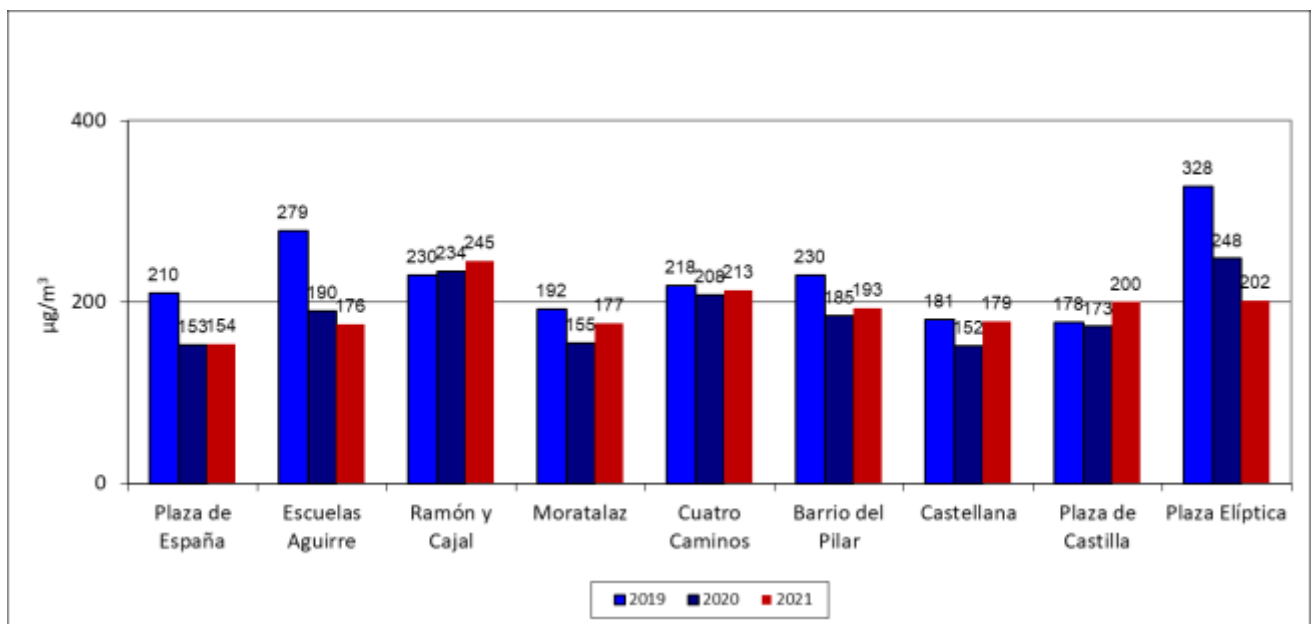
En la siguiente tabla se comparan los valores para los años 2019, 2020 y 2021 en las estaciones de la red de vigilancia, destacándose en amarillo las superaciones de los valores anuales y los casos en que se supera el límite horario permitido de 18 horas anuales.

ESTACIÓN	2019		2020		2021	
	Valor anual	Numero de valores horarios > 200 µg/m ³	Valor anual	Numero de valores horarios > 200 µg/m ³	Valor anual	Numero de valores horarios > 200 µg/m ³
	Límite: 40 µg/m ³	Límite: 18 horas	Límite: 40 µg/m ³	Límite: 18 horas	Límite: 40 µg/m ³	Límite: 18 horas
Pza. España	40	1	31	0	28	0
Escuelas Aguirre	51	7	35	0	35	0
Ramón y Cajal	39	15	32	6	33	2
Arturo Soria	34	4	25	0	28	0
Villaverde	39	0	31	0	36	2
Farolillo	33	0	27	0	28	0
Casa de Campo	20	0	16	0	18	0
Barajas Pueblo	36	0	27	1	29	0
Pza. del Carmen	36	0	29	0	31	0
Moratalaz	36	0	29	0	31	0
Cuatro Caminos	38	1	30	1	33	5
Barrio del Pilar	36	6	27	0	29	0
Vallecas	36	0	29	0	30	0
Méndez Álvaro	34	0	27	0	29	0
Castellana	34	0	28	0	29	0
Retiro	25	0	21	0	23	0
Pza.Castilla	37	0	28	0	33	0
Ensanche de Vallecas	37	8	31	0	27	1
Urb. Embajada	38	2	27	0	32	0
Plaza Elíptica	53	47	41	5	41	1
Sanchinarro	31	5	24	0	26	0
El Pardo	16	0	13	0	15	0
Juan Carlos I	26	0	19	0	21	0
Tres Olivos	25	0	26	0	29	0

En 2021 se puede destacar la tendencia a mantenerse de las concentraciones medias anuales y del número de superaciones del valor límite horario.

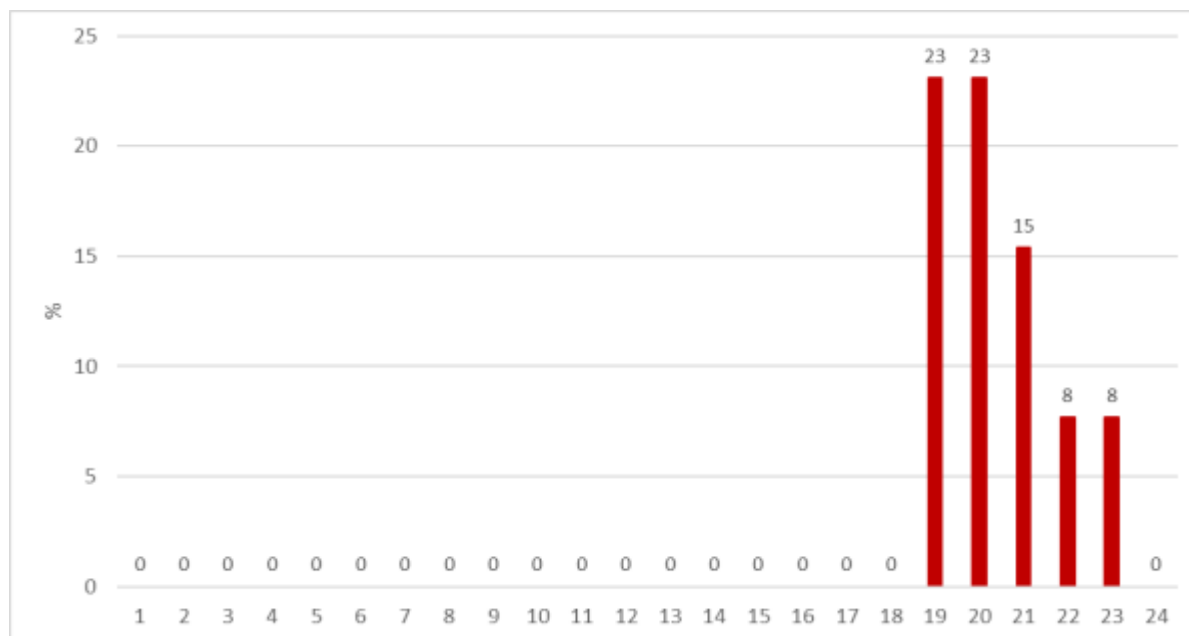
Se adjunta una gráfica con los valores máximos alcanzados en las estaciones de tráfico a lo largo de los últimos tres años, se puede observar que los de este último año se mueven entre los 154 y los 245 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lejos de los 328 del Plaza Elíptica en 2019.

Valores máximos alcanzados de NO₂ en estaciones de tráfico 2021



A continuación, se muestra el gráfico de la distribución temporal de las horas en las que se han superado el valor límite horario a lo largo del día. En él se observa cómo la mayor concentración de horas de superación se obtiene a partir de las últimas horas de la tarde y primeras de la noche. Esto es debido a que es precisamente al final de la tarde cuando, en condiciones de estabilidad atmosférica, baja la altitud de la capa límite de la atmósfera coincidiendo con la segunda hora punta de circulación del tráfico del día, concentrando los contaminantes a nivel del suelo e impidiendo su dispersión.

Distribución porcentual a lo largo del día de las superaciones del límite horario de NO₂

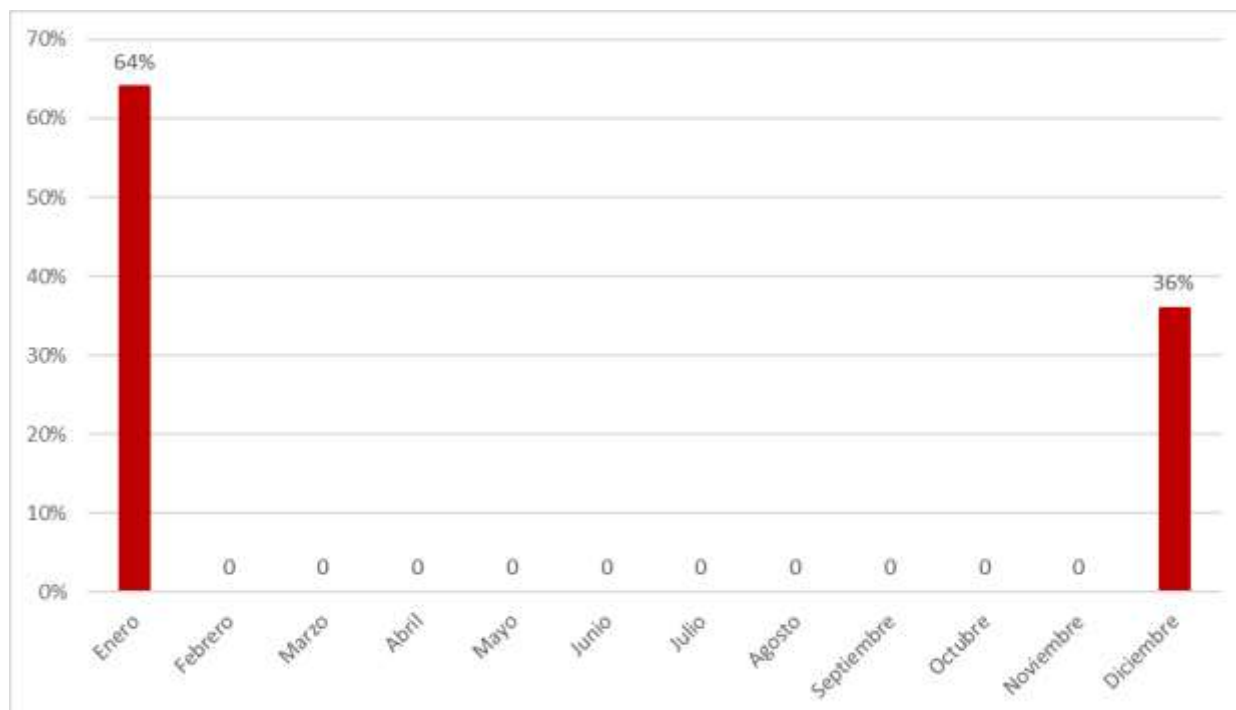


Se observa que la totalidad de las superaciones se concentran en horario de 19:00 a 23:00 horas.

Finalmente, a lo largo del año se puede observar cómo la mayor proporción de horas de superación del valor límite horario durante el año 2021 se produjo durante los meses de enero y diciembre, coincidiendo con los dos episodios.

En este año se activó el protocolo de medidas a adoptar durante episodios de alta contaminación por dióxido de nitrógeno en el mes de enero y diciembre. En el apartado dedicado a episodios de contaminación de la presente memoria se puede ver el detalle.

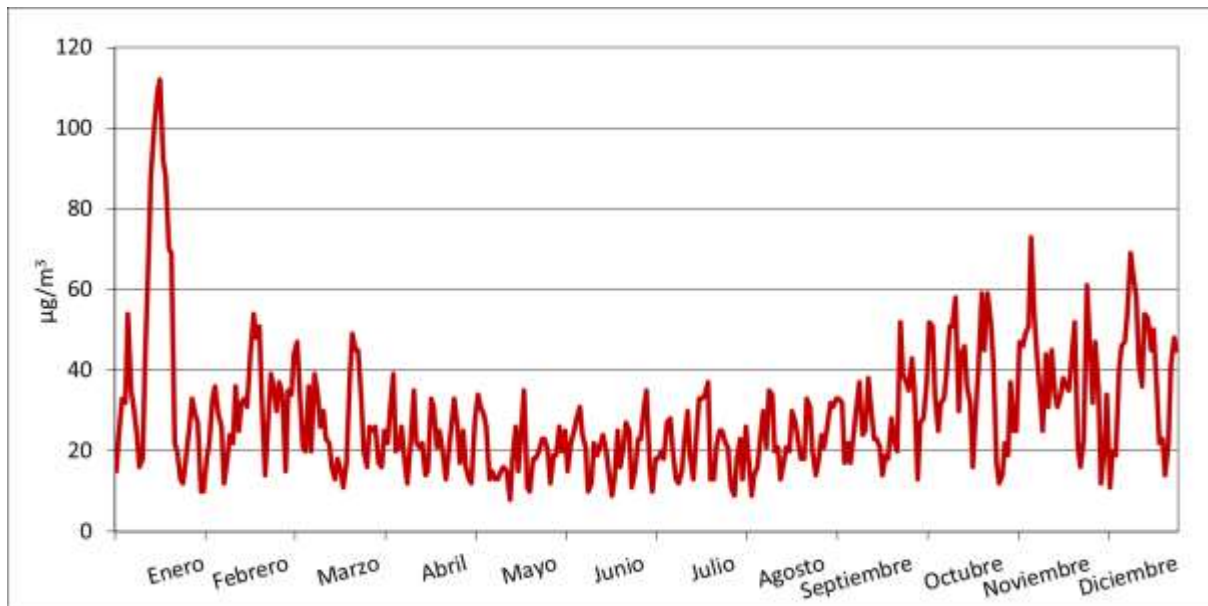
Distribución porcentual a lo largo del año de las superaciones del límite horario de NO₂



Indicadores de evolución

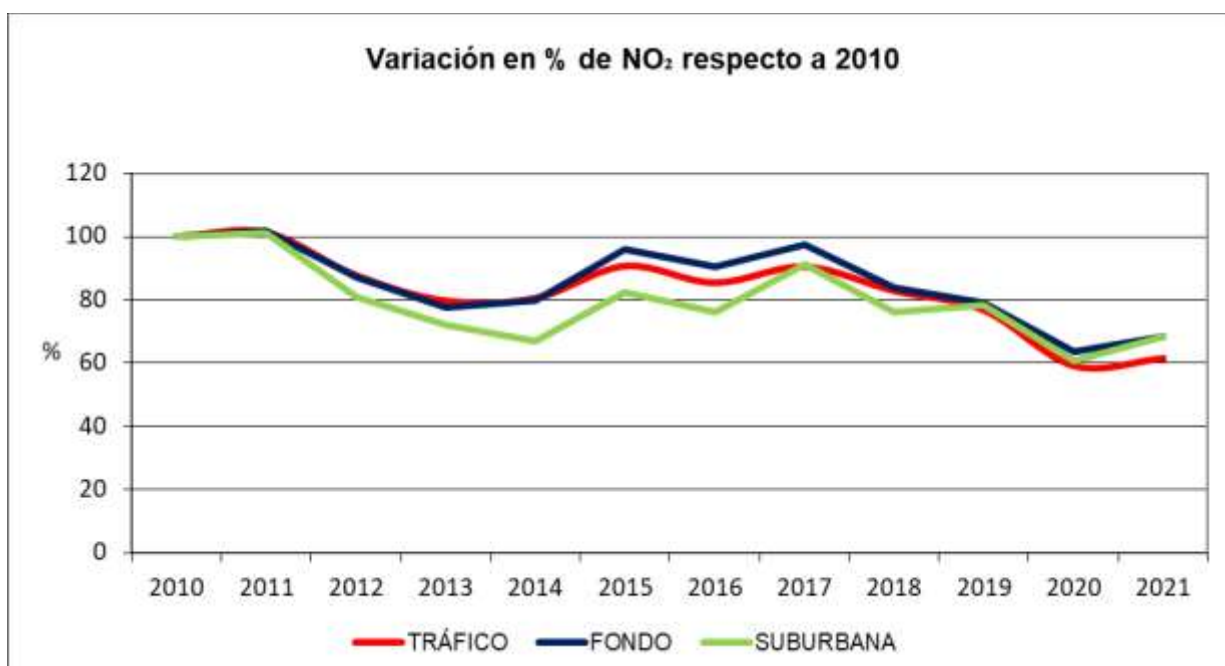
En las gráficas siguientes se representan la evolución del valor medio, a lo largo del año 2021, así como la evolución desde el año 2010 por tipo de estaciones.

Evolución diaria del NO₂ en el año 2021



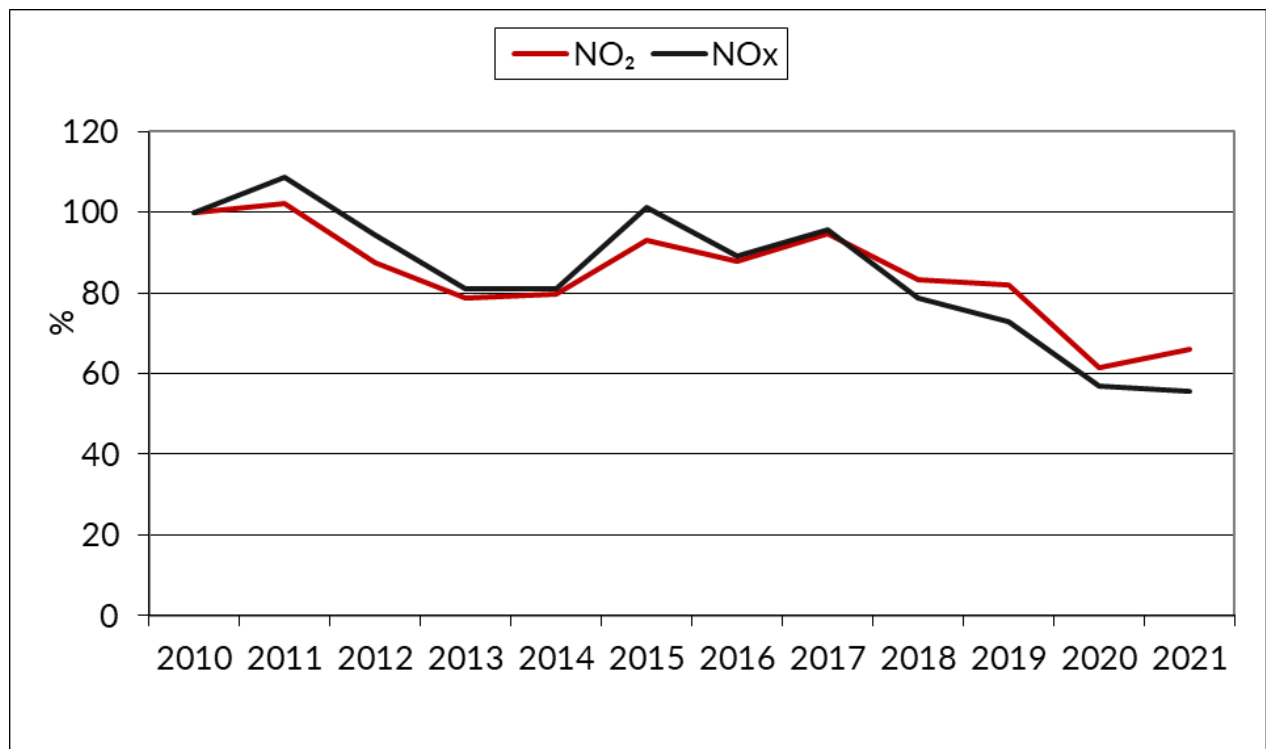
Los valores más elevados se han registrado durante los meses de enero y diciembre. En el mes de enero se registraron los valores más altos coincidiendo con la borrasca Filomena.

Evolución anual del NO₂ desde el 2010 por tipo de estación



En el gráfico siguiente se puede observar la tendencia a la baja en los niveles de NO₂ y NO_x (en porcentaje) desde el 2010.

Evolución NO₂ y NO_x desde el 2010



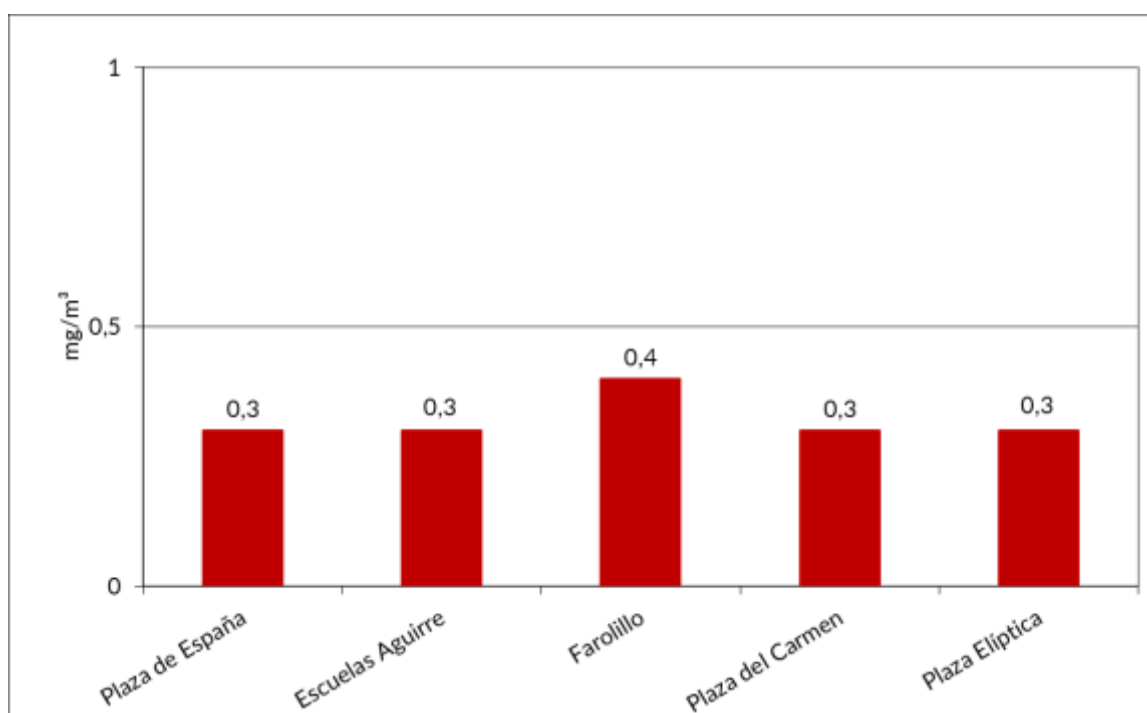
3.5 Monóxido de carbono

VALOR LÍMITE OCTOHORARIO
para la protección de la salud humana:
10 mg/m³
media octohoraria máxima en un día

El monóxido de carbono 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, debido fundamentalmente a los cambios tecnológicos en los vehículos de motor que son los principales emisores de este contaminante. La legislación establece como valor límite la máxima diaria de las medias móviles octohorarias. Se trata del valor medio móvil de 8 horas consecutivas. A cada hora de las 24 le corresponde, por tanto, un valor octohorario que es calculado como la media de las 8 horas precedentes.

En la siguiente gráfica están representados los valores octohorarios de las distintas estaciones de la red. Como se puede observar los niveles son muy inferiores al valor límite fijado por la legislación para la protección de la salud.

Valores medios anuales en el año 2021 por estación



En la siguiente tabla se presentan los valores para los años 2019, 2020 y 2021 en las estaciones de la red de vigilancia:

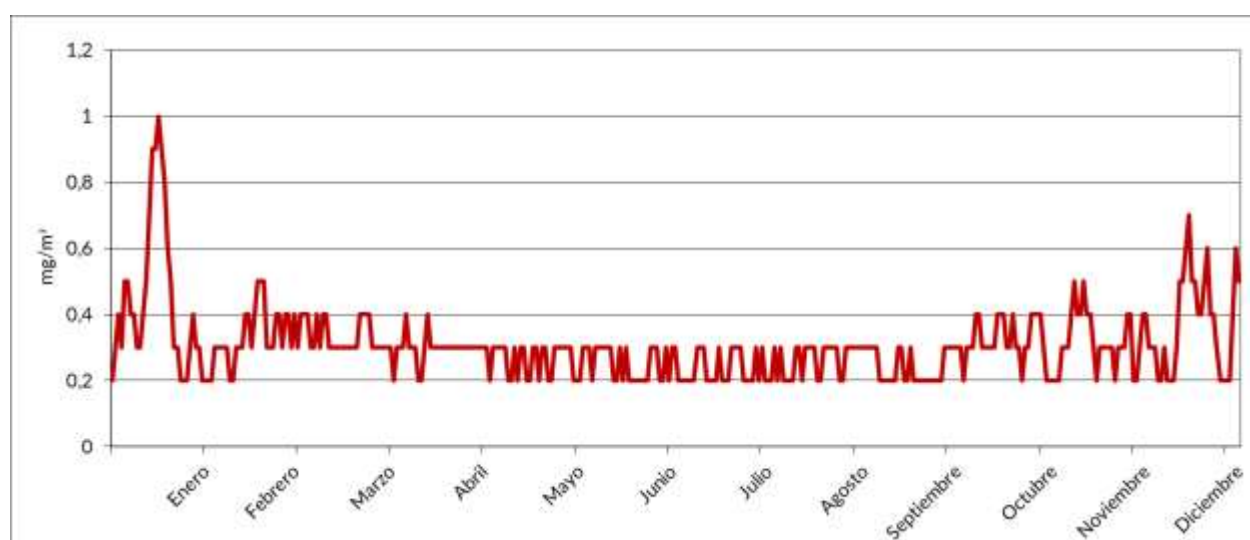
ESTACION	2019		2020		2021	
	Media	Máximo	Media	Máximo	Media	Máximo
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Plaza de España	0,4	2,7	0,2	2,4	0,3	1,9
Escuelas Aguirre	0,3	2,9	0,3	2,6	0,3	2
Arturo Soria*	0,3	3,4	0,3	2,7		
Farolillo	0,5	2,5	0,4	3,1	0,4	2,5
Casa de Campo*	0,2	1,1	0,2	0,9		
Plaza del Carmen	0,4	4,1	0,4	2,2	0,3	1,9
Moratalaz*	0,3	2,3	0,3	1,5		
Barrio del Pilar*	0,3	3	0,3	3		
Plaza Elíptica	0,3	2,8	0,3	2,9	0,3	2
Sanchinarro*	0,3	2,5	0,2	2,1		

*Retirados en 2021

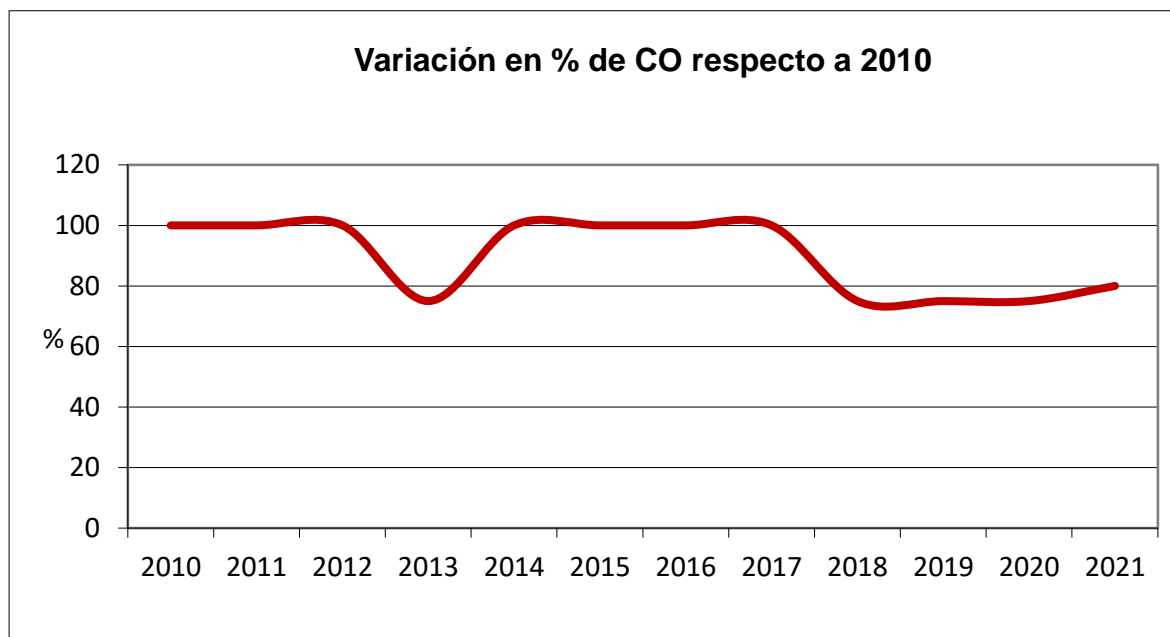
La evolución de este contaminante en la última década presenta una reducción de los niveles de concentración, debido en gran parte a los cambios en las tecnologías de los motores de los vehículos, manteniéndose en unos niveles muy por debajo de los valores límite establecidos en la normativa.

En la siguiente gráfica se puede comprobar como los valores más bajos de CO se registran en verano, cuando disminuye la intensidad del tráfico.

Indicadores de evolución Evolución diaria del CO en el año 2021



Evolución anual del CO respecto a 2010



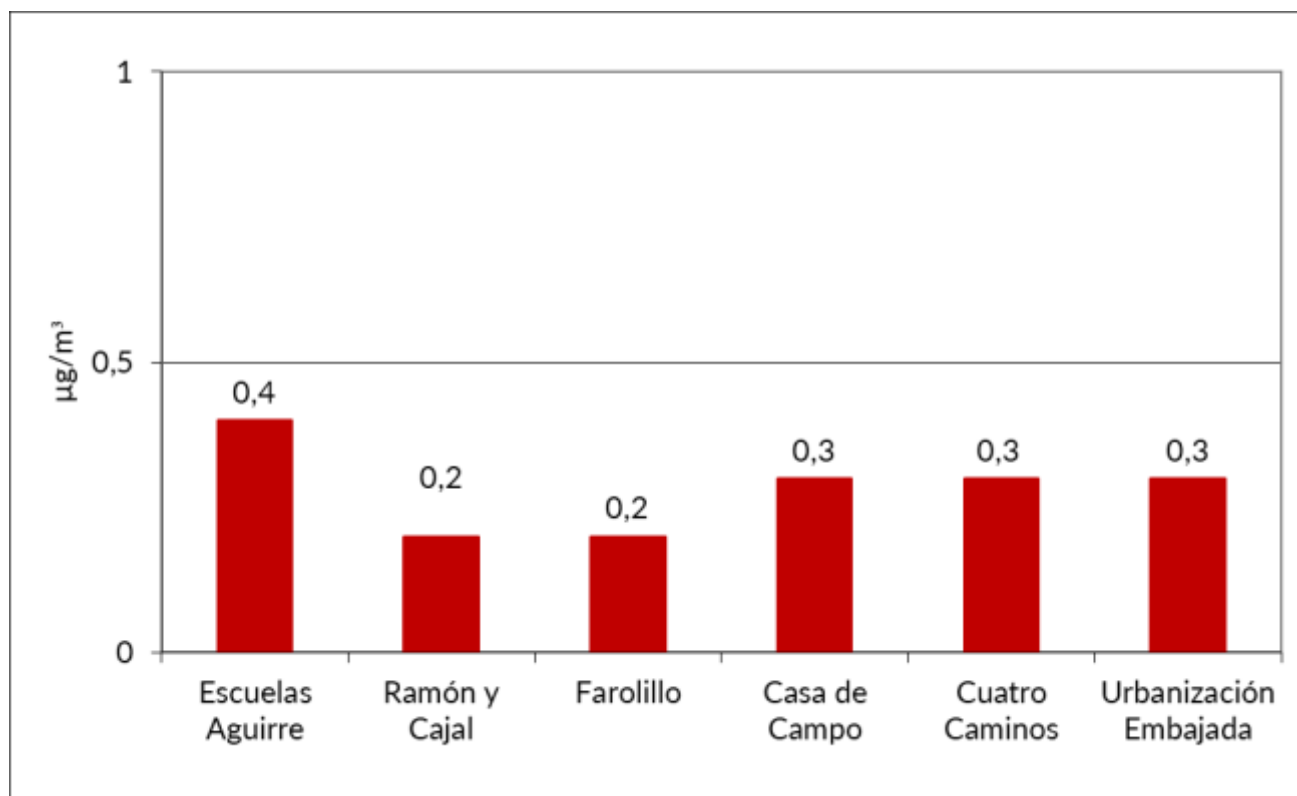
3.6 Benceno

VALOR LÍMITE ANUAL para la
protección de la salud humana:
5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

El benceno es un hidrocarburo aromático que está constituido por una estructura de seis átomos de carbono y seis de hidrógeno. Es un contaminante que proviene principalmente de las emisiones provocadas por el tráfico de vehículos en las ciudades. Es perjudicial para la salud debido a su carácter carcinógeno.

En la siguiente gráfica se muestran los valores medios anuales de las distintas estaciones de la red. Se puede comprobar que los niveles están muy por debajo de límite anual para la protección de la salud humana.

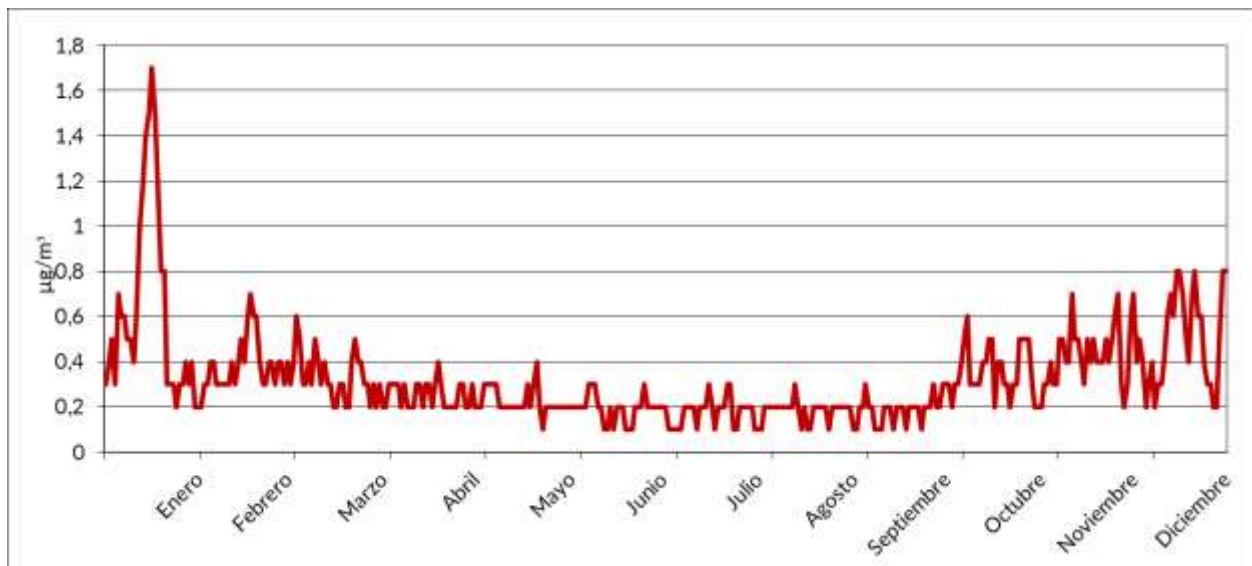
Valores medios anuales en el año 2021 por estación



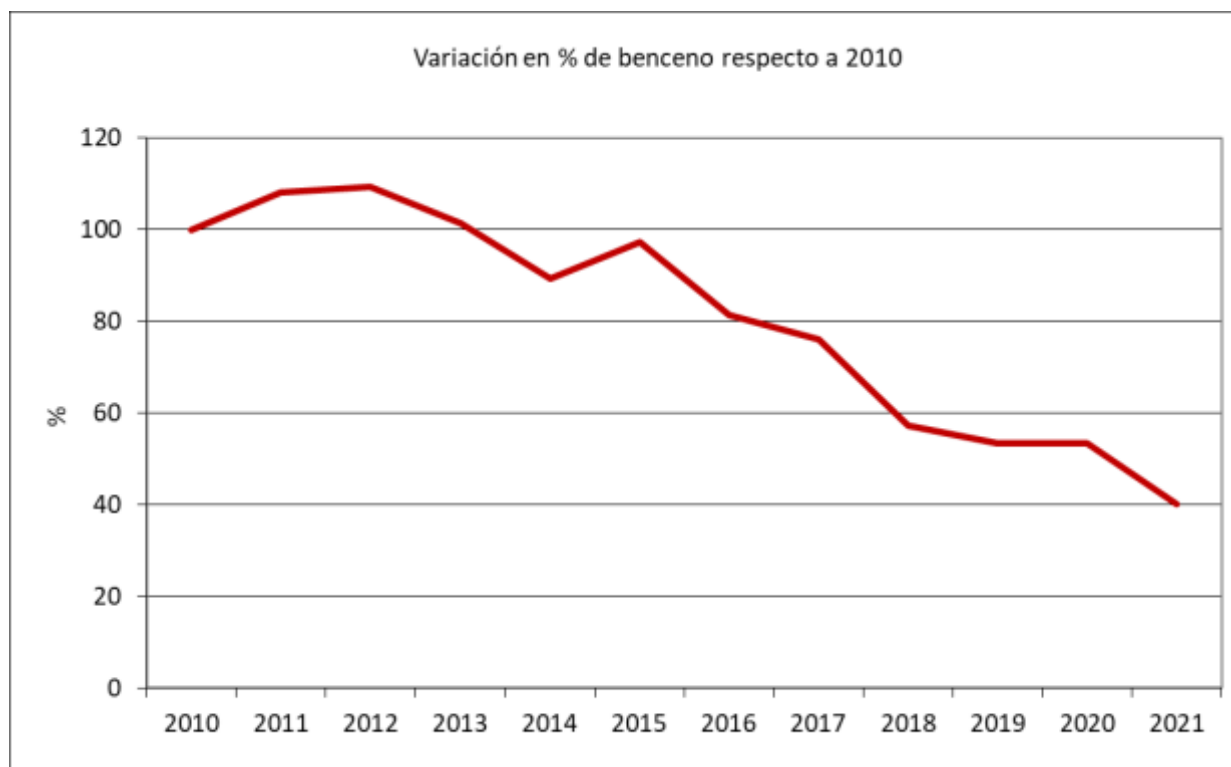
Se muestra a continuación los valores medios anuales y máximos horarios de los últimos tres años:

ESTACION	2019		2020		2021	
	Media	Máximo	Media	Máximo	Media	Máximo
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Escuelas Aguirre	0,7	9,6	0,6	5,4	0,4	4,7
Ramón y Cajal	0,4	8,1	0,3	11,8	0,2	3,8
Farolillo	0,4	9,8	0,3	6	0,2	3,4
Casa de Campo	0,3	9,6	0,3	6,4	0,3	2,8
Cuatro Caminos	0,5	10	0,3	4,8	0,3	3,9
Urb. Embajada	0,4	10,4	0,4	9,9	0,3	4,8

Indicadores de evolución
Evolución diaria del benceno del año 2021



Evolución anual del BENCENO respecto al año 2010



3.7 Ozono

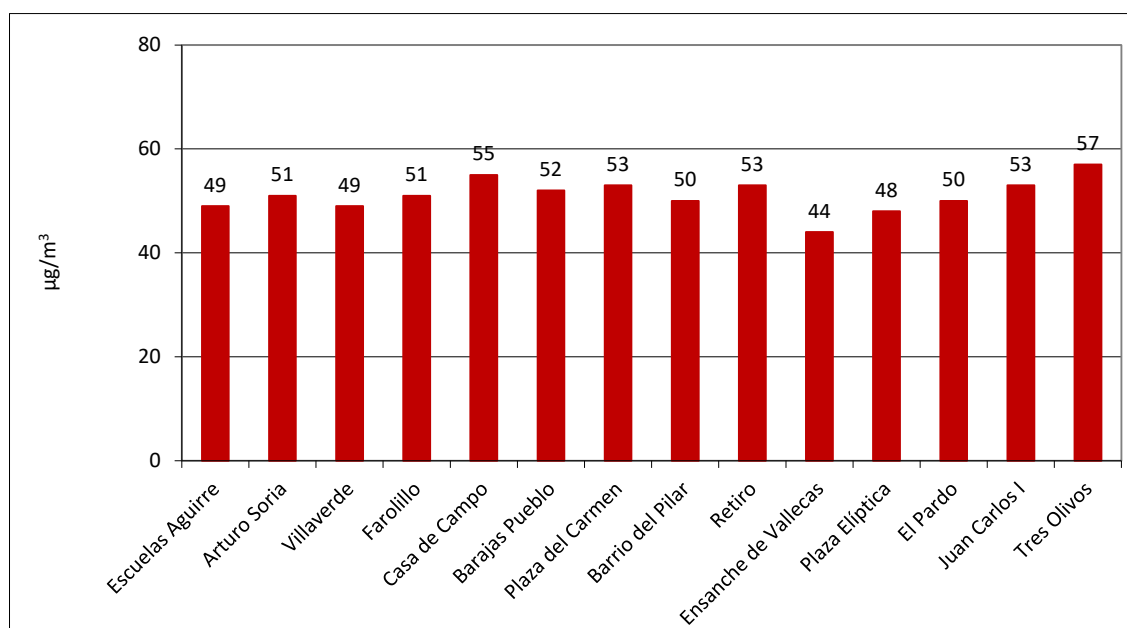
<p>UMBRAL DE INFORMACIÓN 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Como valor medio de 1 hora)</p>	<p>UMBRAL DE ALERTA 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Como valor medio de 1 hora)</p>	<p>VALOR OBJETIVO AÑO 2019 - 2021 para la protección de la salud humana: 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media octohoraria máxima en un día) Que no podrá superarse más de 25 días por año de promedio en un periodo de 3 años</p>
---	--	---

El ozono es un contaminante secundario formado a partir de una serie de contaminantes primarios o precursores, tales como los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles. Para que se forme el ozono deben presentarse condiciones de alta insolación y temperatura, por lo que los niveles más altos se dan en los meses de verano.

El ozono -una vez producido-, reacciona de nuevo con otros compuestos primarios -caso de existir en la atmósfera- y es consumido a gran velocidad. Sin embargo, el tiempo que estas reacciones requieren para la formación de cantidades apreciables de ozono retrasa la aparición de los niveles máximos hasta las horas de la tarde y sobre todo en las zonas periféricas de la ciudad.

El valor medio anual de ozono, no es un valor legislado, pero se muestra a título informativo.

Valores medios anuales por estación del año 2021



La legislación establece el valor objetivo para la protección de la salud humana como el máximo de las medias octohorarias en $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que no deberá superarse en más de 25 ocasiones en un promedio de 3 años. Este valor entró en vigor el año 2012 y para su cálculo se deben tomar los valores medios de los últimos tres años.

Se muestran a continuación, las superaciones del valor objetivo del periodo 2019-2021 de las estaciones de la red:

Estación	Días de superación del valor objetivo (promedio años 2019-2021)
Escuelas Aguirre	9
Arturo Soria	16
Villaverde	11
Farolillo	27
Casa de Campo	24
Barajas Pueblo	30
Plaza del Carmen	18
Barrio del Pilar	22
Retiro	13
Ensanche de Vallecas	13
El Pardo	38
Juan Carlos I	26
Tres Olivos	43

En el siguiente mapa se representan las estaciones según los días de superaciones de valores octohorarios de ozono de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registradas en el presente año:

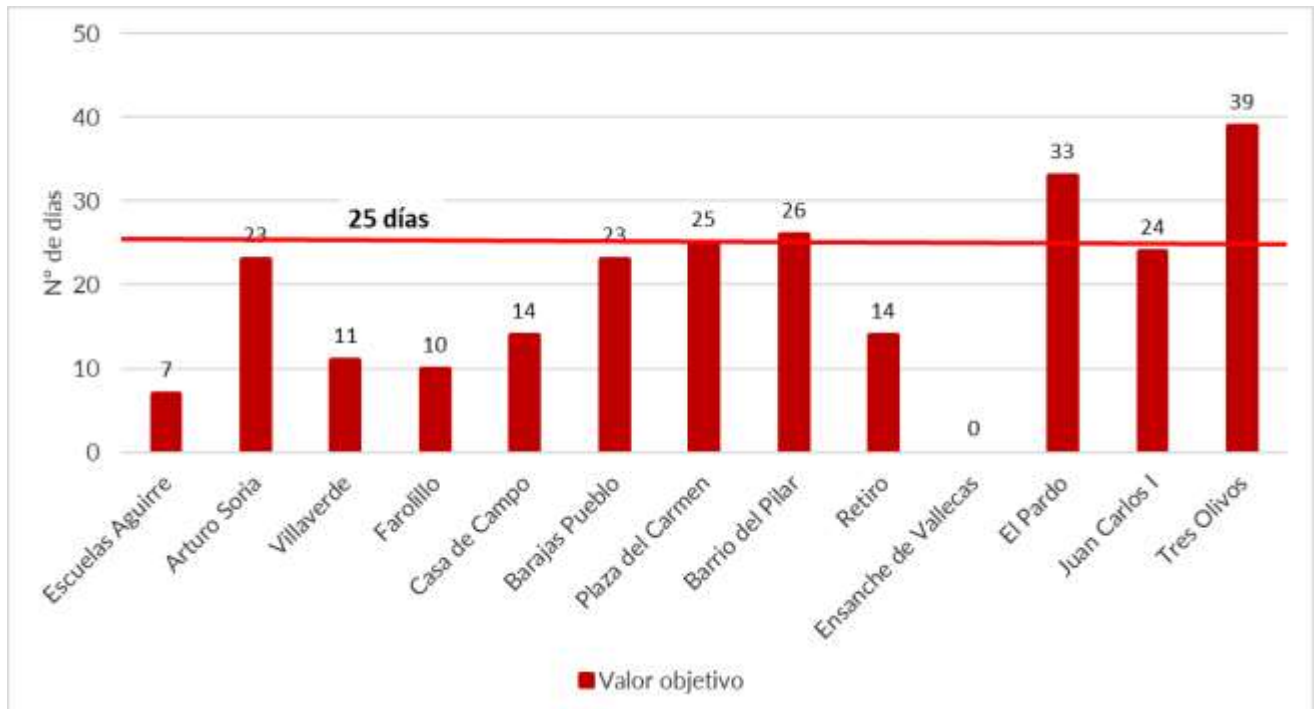


Nº de días:

- 0 a 9
- 10 a 19
- 20 a 29
- 30 a 39

Se muestra a continuación un diagrama con el número de días durante el año 2021 con valor octohorario mayor de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por estación.

Número de días durante el año 2021 con valor octohorario mayor de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por estación



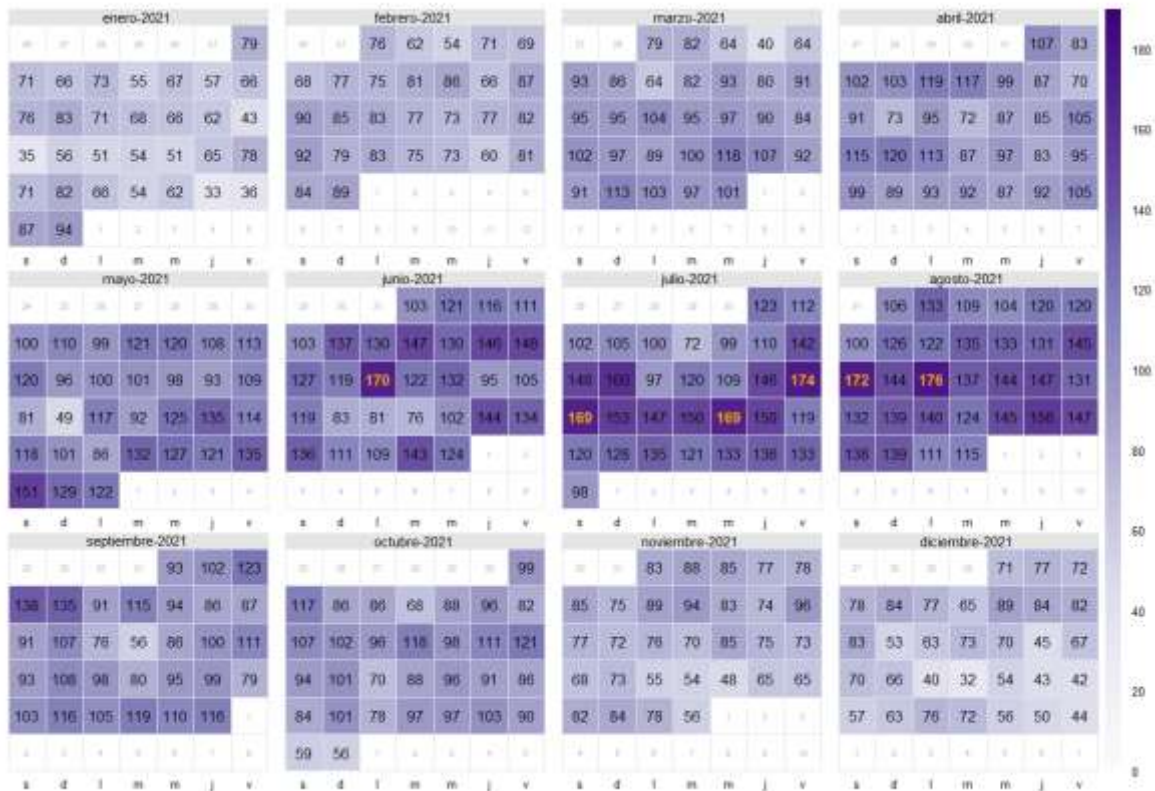
En la siguiente tabla se presentan los valores medios y máximos de ozono para los años 2019, 2020 y 2021 en las estaciones de la red de vigilancia.

ESTACIÓN	2019		2020		2021	
	Media	Máximo	Media	Máximo	Media	Máximo
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
ESCUELAS AGUIRRE	46	156	47	153	49	158
ARTURO SORIA	35	113	52	163	51	166
VILLAVERDE	50	157	46	149	49	176
FAROLILLO	56	174	52	171	51	161
CASA DE CAMPO	59	169	51	172	55	153
BARAJAS PUEBLO	52	193	50	163	52	174
PLAZA DEL CARMEN	45	135	53	158	53	170
BARRIO DEL PILAR	54	175	50	170	50	172
RETIRO	54	169	51	151	53	164
ENSANCHE DE VALLECAS	52	172	51	168	44	123
PLAZA ELÍPTICA*	47	143	44	137		
EL PARDO	59	174	53	164	50	169
JUAN CARLOS I	56	191	50	157	53	170
TRES OLIVOS	63	187	57	165	57	169

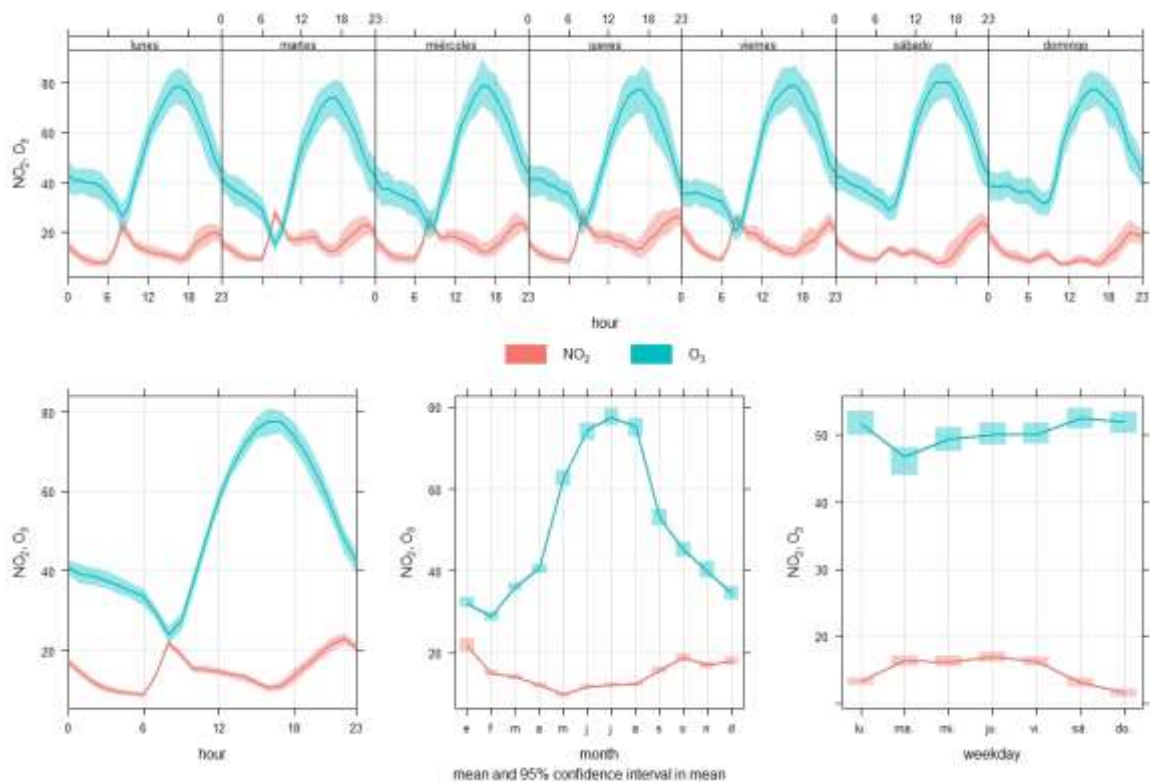
*Retirada en 2021

Se adjuntan a continuación un calendario generado con el programa "R" (open-air), donde se indican los valores máximos alcanzados por las estaciones de la red a lo largo de todo el año 2021 y una gráfica con la evolución del ozono y el NO₂ en la estación de El Pardo, Se puede apreciar que los meses de verano es cuando se registran los valores más altos para este contaminante.

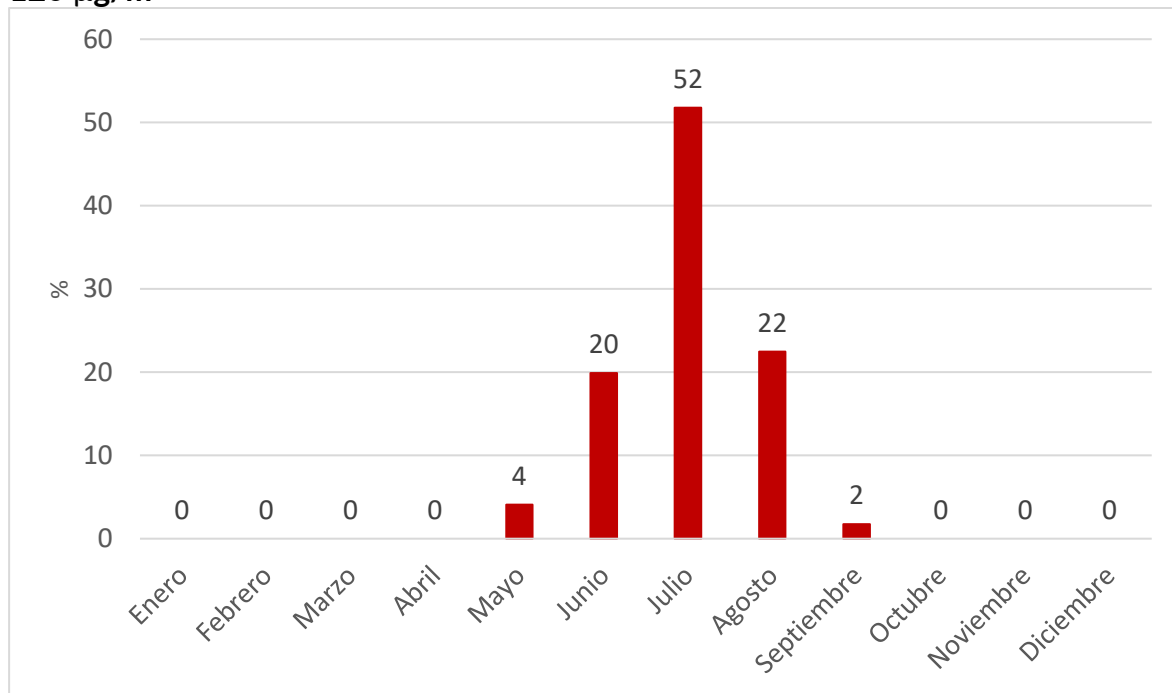
Nunca se ha producido una superación del umbral de alerta a la población en la ciudad de Madrid.



Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^3$



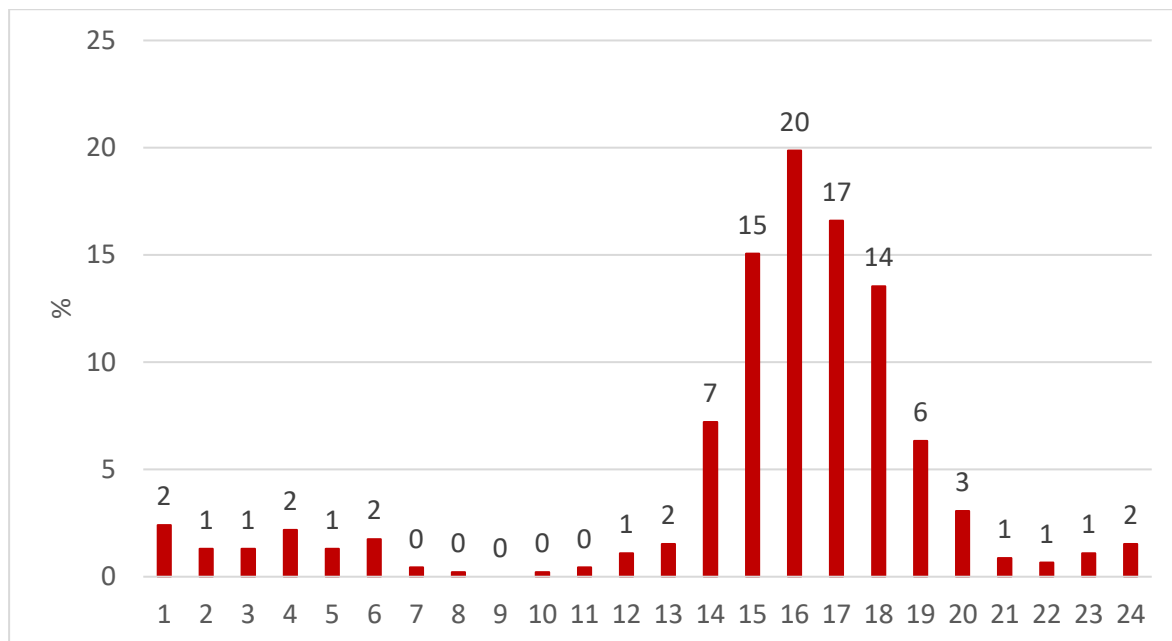
Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Distribución porcentual a lo largo del año de las medias octohorarias superiores a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 

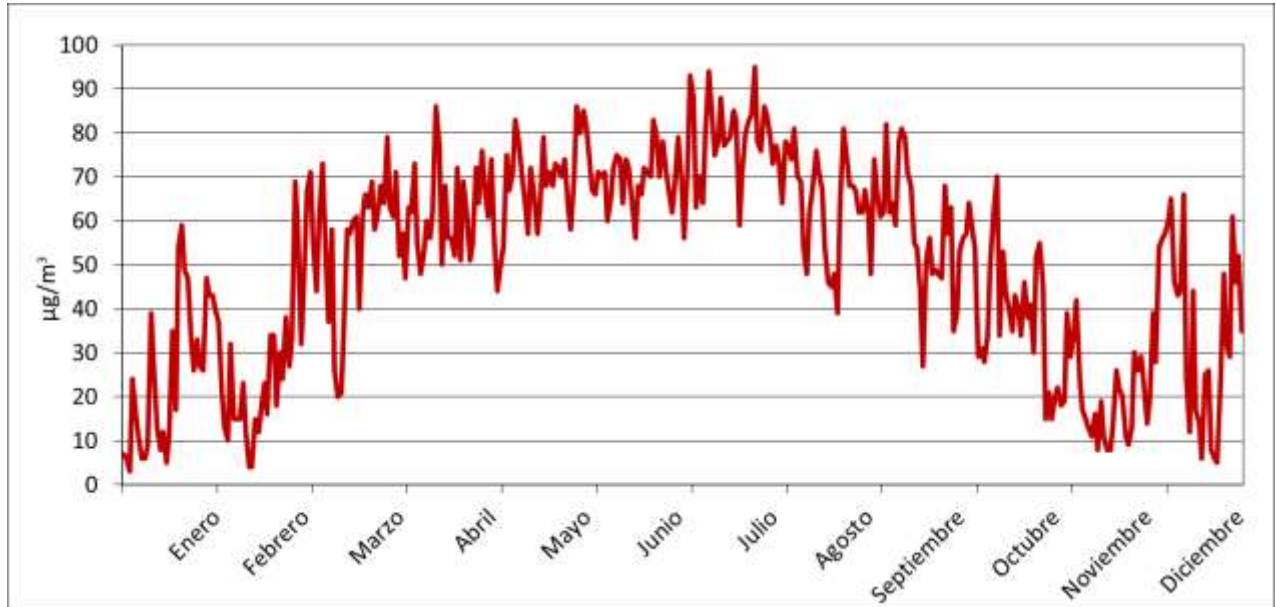
Se puede observar cómo el 100% de las medias octohorarias por encima de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se produjeron entre los meses de mayo y septiembre. Como es habitual, el mes con más superaciones ha sido julio.

Distribución porcentual a lo largo del día de los valores máximos horarios

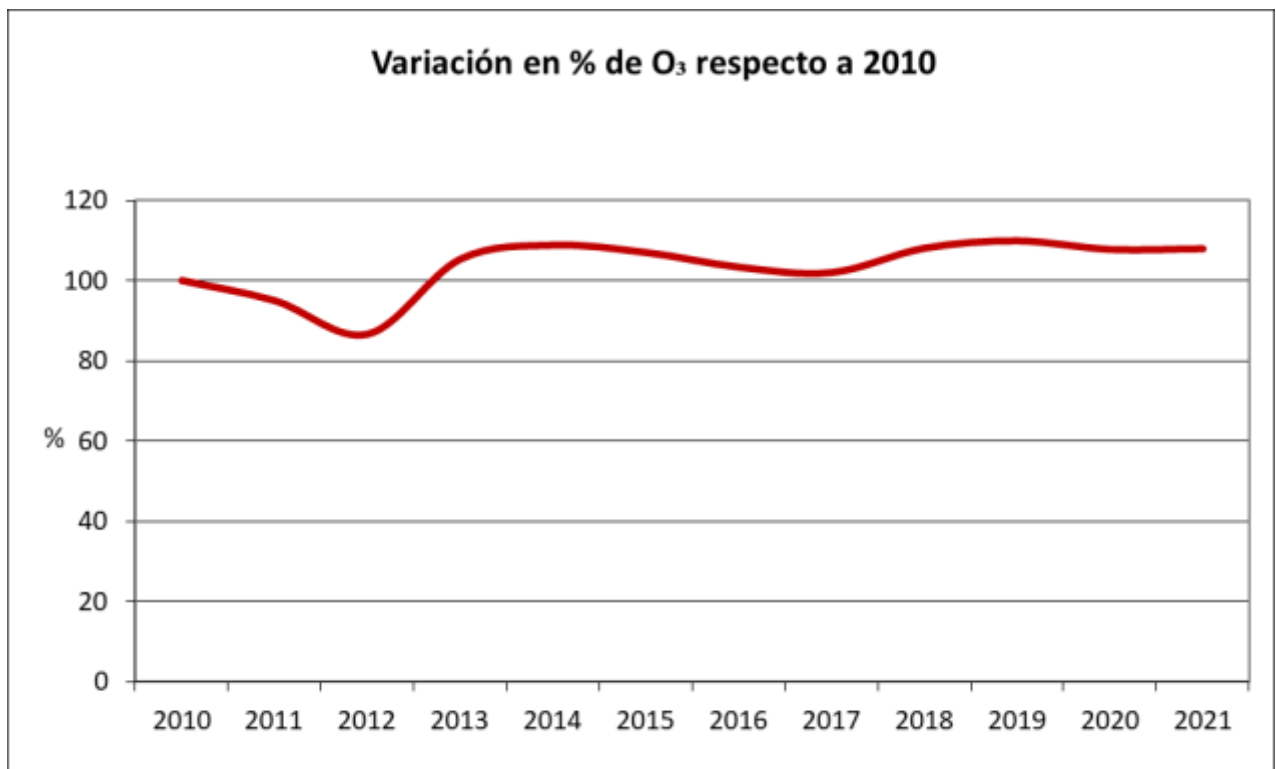
Las medias horarias más altas se registran a primera hora de la tarde. Se puede observar que prácticamente el 75% de los valores máximos obtenidos se producen en la franja horaria que va desde las 15:00 hasta las 19:00 horas.



Indicadores de evolución
Evolución diaria del ozono del año 2021



Evolución anual del OZONO desde el año 2010



Se incluye a continuación las superaciones registradas de ozono y el valor máximo horario alcanzado de los años 2010 a 2021:

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Nº estaciones que superan 120 µg/m ³ más de 25 días	3	5	0	8	7	12	7	6	6	6	5	3
Nº días con superación UI	6	3	0	4	3	8	9	2	3	2	0	0
Nº estaciones con superación UI	2	3	0	13	9	14	7	3	3	3	0	0
Valor máximo alcanzado en µg/m ³	193	194	162	226	220	225	196	193	195	193	172	176
	2008-2010	2009-2011	2010-2012	2011-2013	2012-2014	2013-2015	2014-2016	2015-2017	2016-2018	2017-2019	2018-2020	2019-2021
Nº estaciones que superan VO trienal más	3	5	2	5	4	9	7	8	6	6	6	5

UI: Umbral de información a la población

3.8 Metales pesados

VALOR LÍMITE ANUAL PLOMO (Pb) para la protección de la salud humana 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$⁽¹⁾	VALOR OBJETIVO ANUAL NÍQUEL (Ni) para la protección de la salud humana 20 ng/m^3⁽¹⁾
VALOR OBJETIVO ANUAL ARSÉNICO (As) para la protección de la salud humana 6 ng/m^3⁽¹⁾	VALOR OBJETIVO ANUAL CADMIO (Cd) para la protección de la salud humana 5 ng/m^3⁽¹⁾

(1)Referido al contenido total en la fracción PM10 como promedio durante un año natural.

Se ha continuado la línea de colaboración en materia de calidad del aire, para el análisis de muestras y determinación de metales pesados en aire ambiente, con el laboratorio municipal de Madrid Salud, habiéndose realizado todos los análisis correspondientes a 2021 en dicho laboratorio.

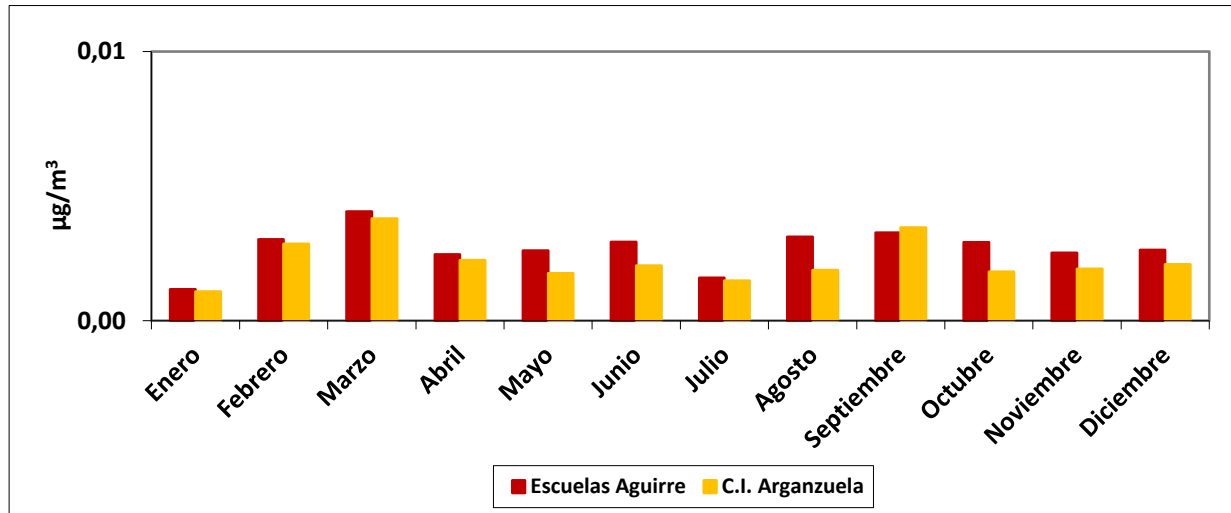
ESCUELAS AGUIRRE

Metal	2019	2020	2021
Plomo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,004	0,003	0,003
Níquel (ng/m^3)	1,9	1,8	1,7
Arsénico (ng/m^3)	0,4	0,4	0,4
Cadmio (ng/m^3)	0,1	0,1	0,1

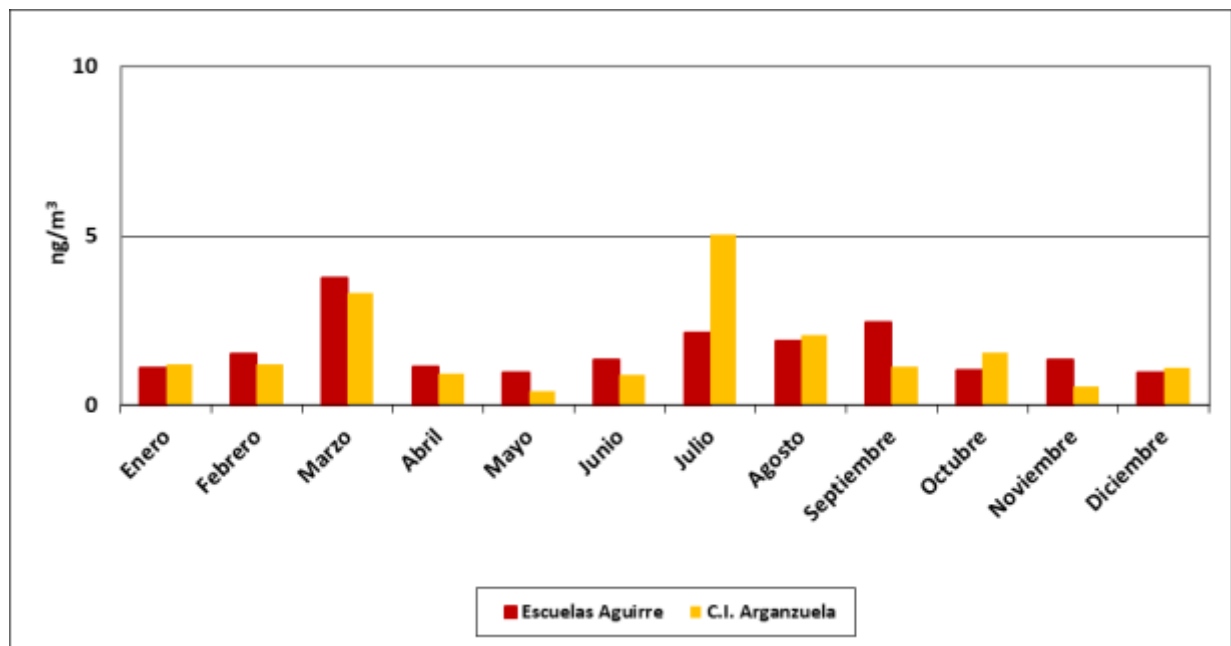
CENTRO INTEGRADO ARGANZUELA

Metal	2019	2020	2021
Plomo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,002	0,001	0,002
Níquel (ng/m^3)	1,2	2,6	1,6
Arsénico (ng/m^3)	0,6	0,5	0,3
Cadmio (ng/m^3)	0,1	0,1	0,1

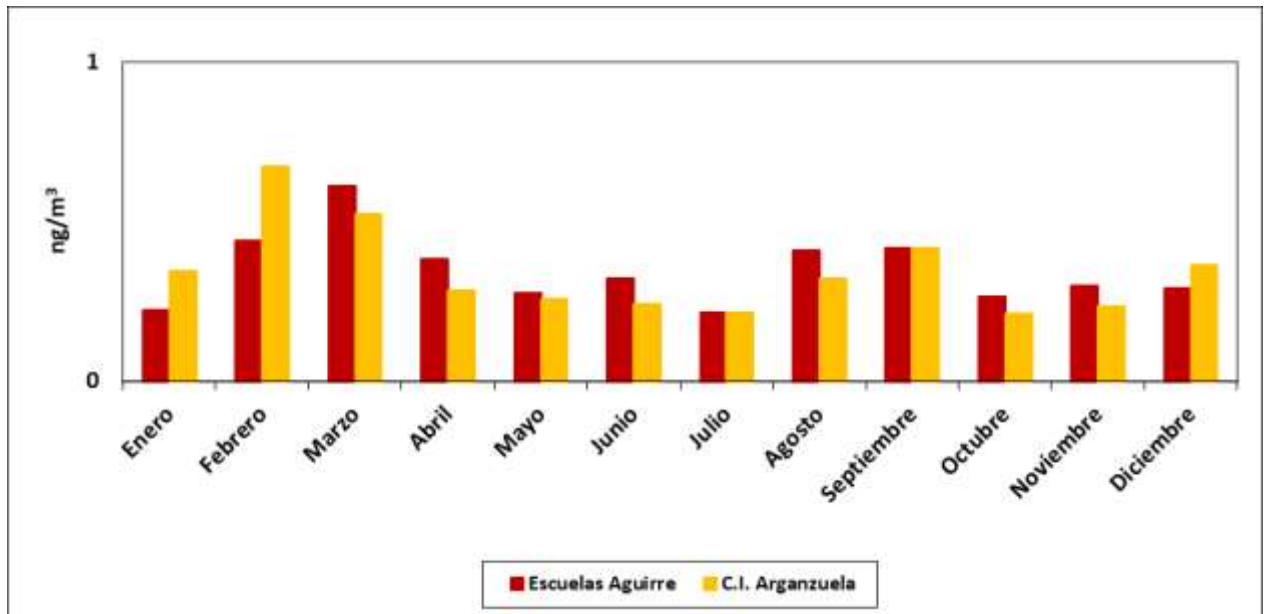
Evolución anual de plomo durante el año 2021



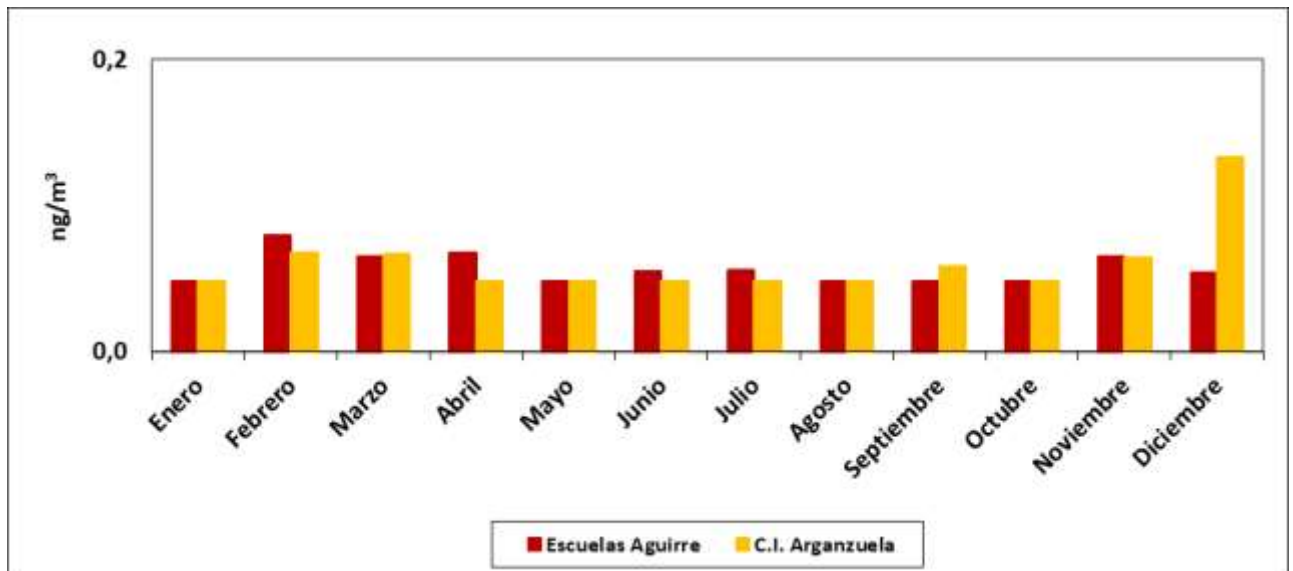
Evolución anual de níquel durante el año 2021



Evolución anual de arsénico durante el año 2021



Evolución anual de cadmio durante el año 2021



3.9 Benzo(a)pireno

VALOR OBJETIVO ANUAL
Benzo(a)Pireno
 para la protección de la salud humana
1 ng/m³(1)

(1)Referido al contenido total en la fracción PM10 como promedio durante un año natural.

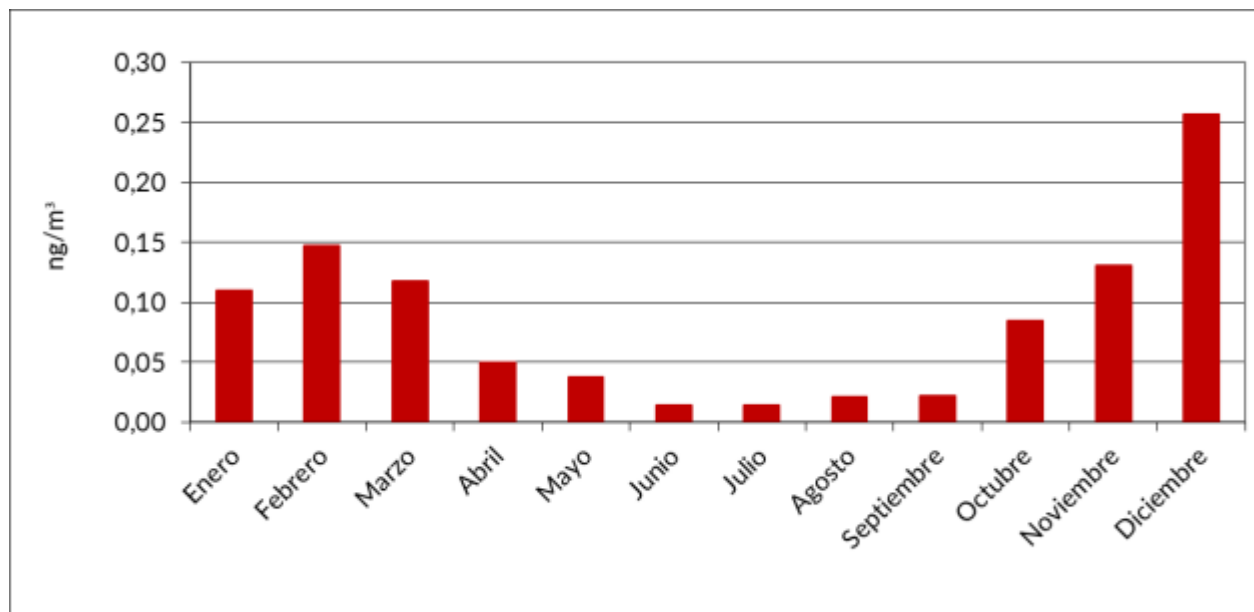


Equipo de captación de muestras para análisis de Benzo(a)Pireno.

Se continúa la línea de colaboración para el análisis de muestras y determinación de Benzo(a)Pireno en aire ambiente, con el laboratorio municipal de Madrid Salud, habiéndose realizado todos los análisis correspondientes a 2021 en dicho laboratorio.

Estación	Media Anual B(a)P		
	2019 ng/m ³	2020 ng/m ³	2021 ng/m ³
Escuelas Aguirre	0,10	0,10	0,08

EVOLUCIÓN ANUAL DEL BENZO(a)PIRENO DURANTE EL AÑO 2021



3.10 Amoníaco

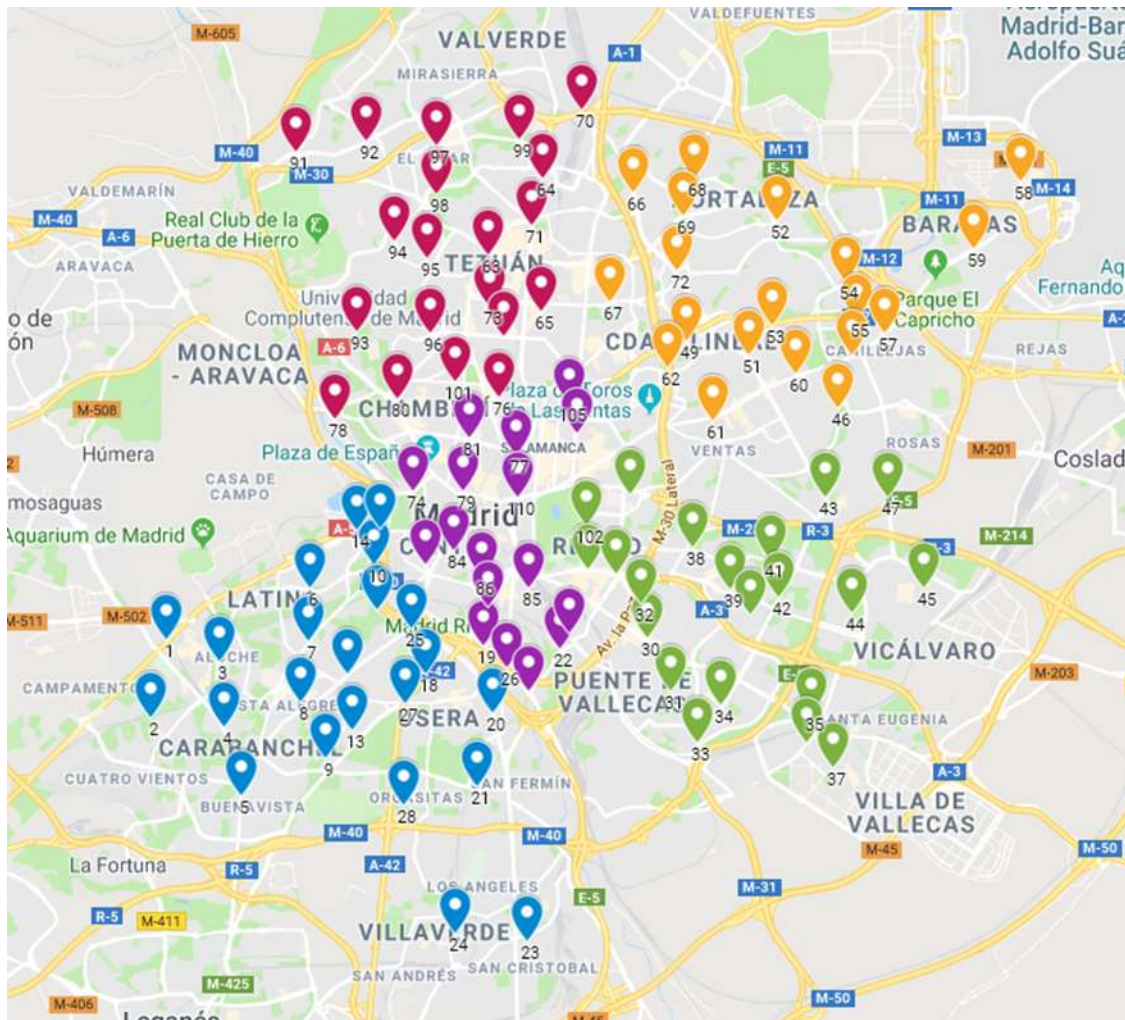
El Real Decreto 102/2011 de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, establece en el artículo 12, apartado 2 que las autoridades competentes garantizarán la medición de amoníaco (NH₃) en todas las ciudades con un número de habitantes superior a 500 000.

Por ello, el Servicio de Calidad del Aire de la Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental del Ayuntamiento de Madrid ha realizado una campaña de medición de amoníaco en aire ambiente en la ciudad de Madrid durante el año 2021.

Dicha campaña se realizó mediante la instalación de 100 captadores pasivos colocados en farolas a una altura de unos 2,5 m sobre el nivel del suelo y distribuidos en la ciudad de Madrid durante el periodo comprendido entre los días 10 y 20 de mayo de 2021.

A continuación, se muestran la división de la ciudad en 5 zonas, se instalaron unos 20 captadores pasivos en cada una de ellos:

- Zona suroeste (color azul)
- Zona centro (color morado).
- Zona noreste (color naranja).
- Zona sureste (color verde)
- Zona norte (color rojo)



La concentración de amoníaco (NH₃) en aire ambiente para toda la ciudad, presenta un rango de concentraciones de 2,6 µg/m³ a 21,9 µg/m³.

A continuación se muestran los resultados por zonas:

ZONA	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO
Suroeste (azul)	11,6 µg/m ³	3,7 µg/m ³
Centro (morado)	21,9 µg/m ³	2,6 µg/m ³
Noreste (naranja)	10,4 µg/m ³	4,1 µg/m ³
Sureste (verde)	10,3 µg/m ³ .	2,9 µg/m ³
Norte (rojo)	12,2 µg/m ³ .	4,5 µg/m ³

La campaña se ha realizado utilizando los soportes de captación de la marca “Radiello”.

Como se muestra a continuación, los captadores disponen de un soporte triangular de plástico donde va colocada la carcasa protectora cilíndrica, dentro de la cual se coloca previamente el cartucho captador.



3.11 Carbono negro

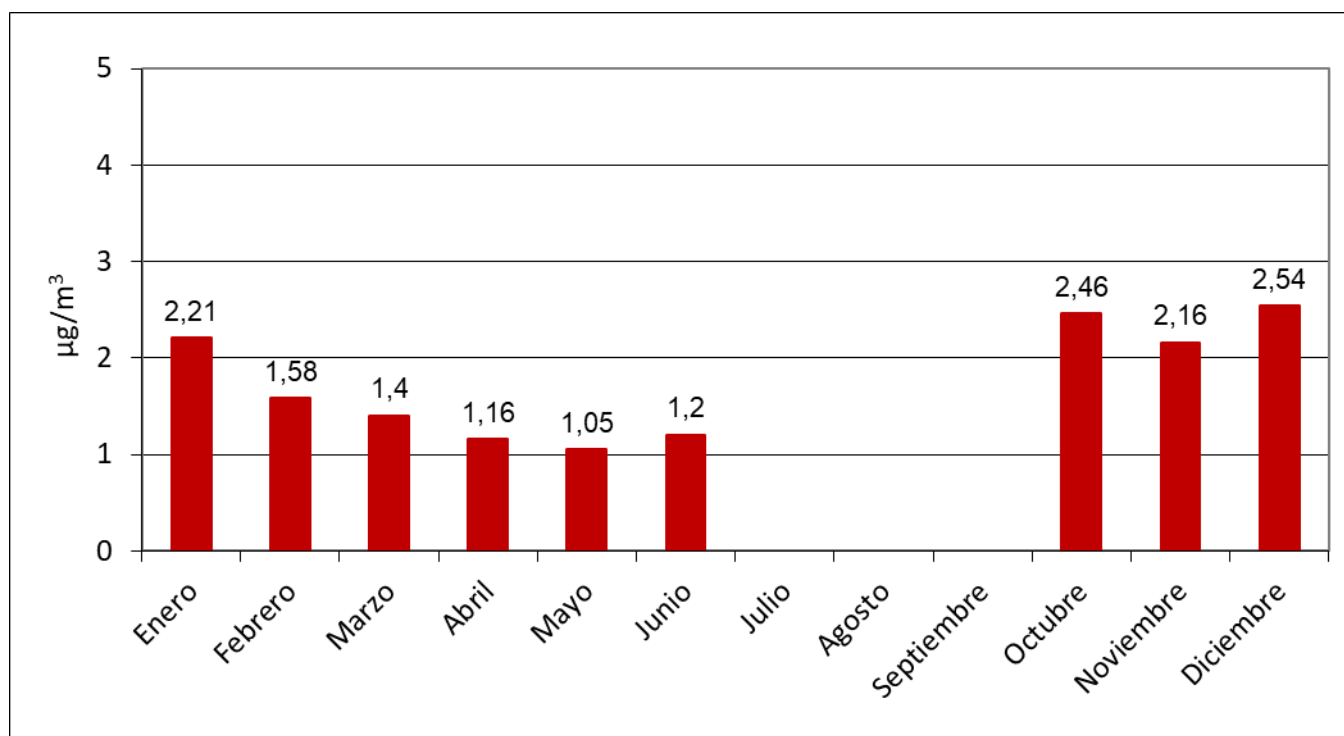
El carbono negro es un contaminante atmosférico que proviene de la combustión incompleta de combustibles fósiles y biomasa. Este componente está presente en la atmósfera en tamaños que varían dentro del rango nanométrico, por lo que supone una seria amenaza para la salud humana y es el segundo agente después del CO₂ que más influye en el calentamiento del sistema terrestre. El Ayuntamiento de Madrid dispone de un analizador de carbono negro (aethalómetro) en la estación de Escuelas Aguirre para controlar las concentraciones de dicho contaminante



Equipo de medida de carbono negro

Estación	Media Anual Carbono negro		
	2019 ng/m ³	2020 ng/m ³	2021 ng/m ³
Escuelas Aguirre	2,1	1,7	1,7

EVOLUCIÓN ANUAL DEL CARBONO NEGRO DURANTE EL AÑO 2021



*Sin datos los meses de julio, agosto y septiembre por revisión y reparación del equipo.

4. DATOS ABIERTOS

El Ayuntamiento de Madrid cuenta con un portal de datos abiertos donde se publican todos los datos relacionados con la calidad del aire y la red meteorológica municipal.

Los datos abiertos son datos en bruto (bases de datos) que pueden ser utilizados, reutilizados y redistribuidos libremente por cualquier persona, y que las administraciones ponen a disposición de la ciudadanía para realizar nuevas aplicaciones, estudios, análisis, investigaciones, etc.

El Portal de Datos Abiertos está orientado a proporcionar la materia bruta, los datos, a personas que quieren hacer algo distinto con los datos del Ayuntamiento. Es el espacio que el Ayuntamiento de Madrid ofrece para:

- Facilitar el acceso a los datos públicos en formato reutilizable relativos a la gestión pública municipal
- Impulsar el desarrollo de herramientas creativas para atraer y servir a la ciudadanía de Madrid.

Los datos que están disponibles para calidad de aire y meteorología, son los siguientes:

- Información de las estaciones de medida de calidad del aire y red meteorológica.
- Datos horarios en tiempo real, se publican cada hora sin validar.
- Datos horarios y diarios validados a mes vencido.
- Fichero intérprete de ayuda para el manejo de los datos.
- Episodios de contaminación ocurridos en la ciudad de Madrid de dióxido de nitrógeno y de ozono.

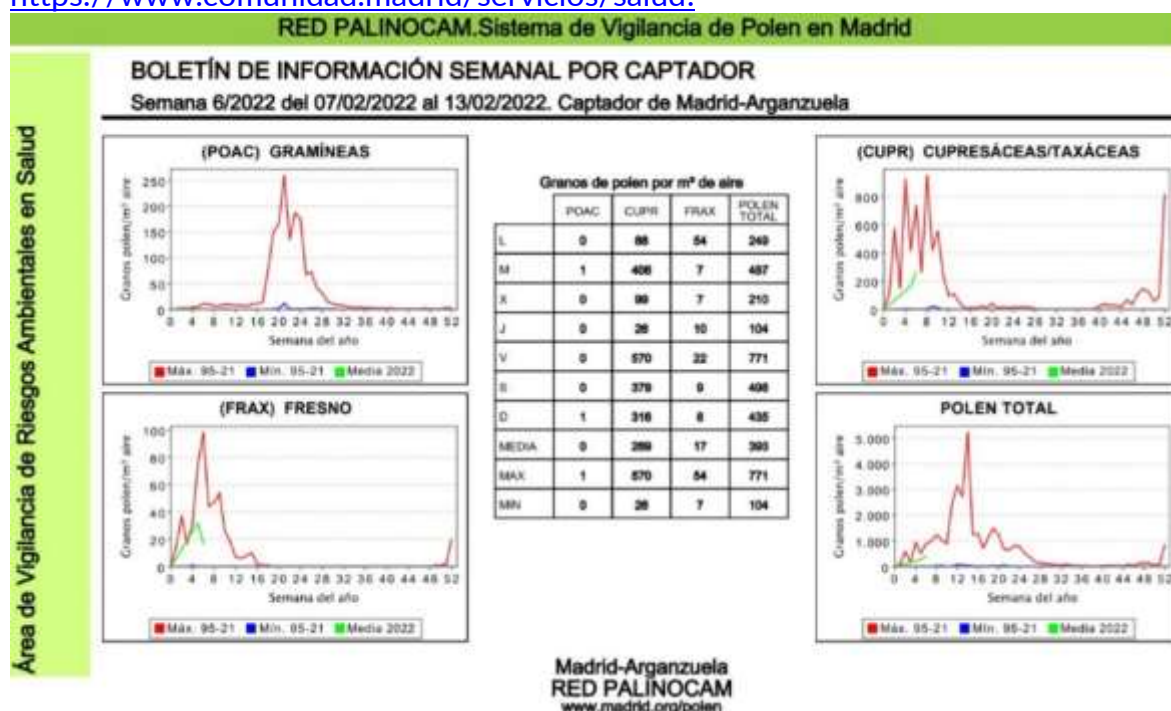
Enlace de acceso a datos abiertos de calidad de aire y meteorología: bit.ly/3aAwOLI

5. RED PALINOCAM

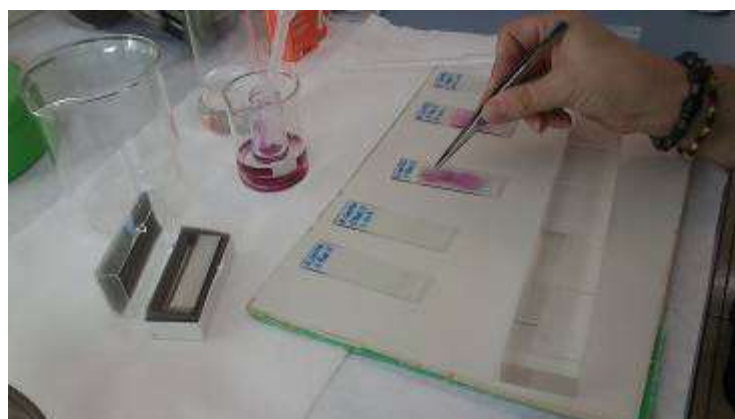
La Red Palinológica de la Comunidad de Madrid proporciona información sobre las concentraciones de los tipos polínicos más alergénicos presentes en la atmósfera de la Comunidad de Madrid.

El Servicio de Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid colabora con esta red y para ello dispone de un captador instalado en el Centro integrado de Arganzuela.

Los datos se pueden consultar desde un enlace disponible en la Web municipal <http://www.mambiente.madrid.es/> o directamente en la Web de la Red Palinocam <https://www.comunidad.madrid/servicios/salud>:



Detalle captador de polen



Detalle del tintado de la muestra

6. CAMPAÑAS

Durante el año 2021 se ha continuado con las campañas de medición de calidad del aire con unidades móviles para completar el conocimiento de los niveles de contaminantes en diferentes lugares de la ciudad. Además de las unidades móviles de las que se dispone, se cuenta con un equipo analizador de gases compacto para los contaminantes dióxido de nitrógeno y ozono.

El Servicio de Calidad del Aire realiza de manera periódica estas campañas para reforzar la Red de Vigilancia, ampliando el estudio sobre la calidad del aire en la ciudad.

Las unidades móviles son vehículos equipados con analizadores automáticos para medir los contaminantes atmosféricos, se pueden desplazar y ubicar en la zona escogida para la campaña de medida.



Unidad móvil 1



Airpointer



Unidad móvil 2

Las campañas suelen tener una duración media de un mes y una vez finalizadas se elabora un informe a partir de los datos obtenidos.

A continuación se presenta una breve descripción de cada una de las campañas, resumen de los resultados obtenidos y comparación con los valores alcanzados en la red fija, según tipo de estación, en el mismo período.

En la tabla de resultados se muestra el valor obtenido en la unidad móvil, el valor medio obtenido por las estaciones de tráfico, fondo y suburbanas (solo para el ozono) y el valor máximo alcanzado por tipo de estación.

6.1 Calle Eduardo Barreiros – Distrito Villaverde

Meteorología:

La temperatura media registrada durante el periodo ha sido de 13,9° C. Las temperaturas medias de máximas y mínimas registradas han sido de 19 y 9,3° C respectivamente.

La precipitación recogida durante el periodo ha sido de 55 mm.

El periodo ha sido normal tanto en lo que se refiere a temperatura como a precipitación.




Durante el tiempo que ha durado la campaña no se ha registrado ningún periodo de estabilidad que haya podido comprometer la ventilación atmosférica.

Periodo de realización de la campaña	10 de abril a 11 de mayo de 2021
Ubicación	C/ Eduardo Barreiros - C/ Lucero de Alba
Altura de captación respecto al suelo	SO ₂ , CO, NO ₂ , BENCENO, O ₃ : 4 m Partículas PM10: 4 m.
Coordenadas	40°21'33,61"N 3°42,7'43"O
Altitud UNIDAD MÓVIL (s.n.m.)	601 m.
Acometida Eléctrica	Conexión facilitada por compañía eléctrica
	

Resultados

PARÁMETRO	VALOR MEDIO U. MÓVIL	VALOR MEDIO	VALOR MÁXIMO
NO ₂ (µg/m ³)	23	21 / 26	25 / 32
CO (mg/m ³)	0,2	0,3 / 0,3	0,3 / 0,3
PM10 (µg/m ³)	22	12 / 13	14 / 15
SO ₂ (µg/m ³)	2	5 / 7	10 / 9
O ₃ (µg/m ³)	63	59 / 52 / 57	69 / 51 / 67
BEN (µg/m ³)	0,3	0,2 / 0,3	0,3 / 0,4

Donde:

 Estación de fondo
  Estación de Tráfico
  Estación suburbana

Enlace al informe completo: bit.ly/3sdpBdi

6.2 Plaza San Juan de la Cruz – Distrito Chamberí

Meteorología:

La temperatura media registrada durante el periodo ha sido de 19,4° C.

Las temperaturas medias de máximas y mínimas registradas han sido de 25,5 y 13,5° C respectivamente.

La precipitación recogida durante el periodo ha sido de 8 mm.




El periodo ha sido muy cálido, extremadamente seco y sin situaciones de estabilidad atmosférica pronunciada

Periodo de realización de la campaña:	11 de mayo a 1 de junio de 2021
Ubicación	Plaza San Juan de la Cruz
Altura de captación respecto al suelo	CO, NO ₂ , BENCENO, O ₃ : 4 m Partículas PM10, PM2,5 y PM1: 4 m.
Coordenadas	40°26'27,67"N 3°41'35,46"O
Altitud UNIDAD MÓVIL (s.n.m.)	684 m.
Acometida Eléctrica	Facilitada por compañía eléctrica
	

Resultados

PARÁMETRO	VALOR MEDIO U. MÓVIL	VALOR MEDIO	VALOR MÁXIMO
NO ₂ (µg/m ³)	26	17 / 22	20 / 28
CO (mg/m ³)	0,3	0,3 / 0,2	0,4 / 0,3
PM10 (µg/m ³)	14	14 / 14	17 / 16
PM2,5 (µg/m ³)	6	6 / 7	6 / 7
O ₃ (µg/m ³)	70	69 / 64 / 72	76 / 73 / 77
BEN (µg/m ³)	0,2	0,1 / 0,3	0,2 / 0,3

Donde:

 Estación de fondo
  Estación de Tráfico
  Estación suburbana

Enlace al informe completo: bit.ly/3qNh9QV

6.3 Base operativa del SAMUR (C/ Puerto de Reinos) – Distrito Villa de Vallecas

Meteorología:

La temperatura media registrada durante el periodo ha sido de 23,9 °C. Las temperaturas medias de máximas y mínimas registradas han sido de 30 y 17,8 °C respectivamente.

La precipitación recogida durante el periodo ha sido de 44 mm.

El periodo ha sido cálido y normal en lo que a precipitación se refiere.




Durante el tiempo que ha durado la campaña no se ha registrado ningún periodo de estabilidad que haya podido comprometer la ventilación atmosférica. Sin embargo, conviene señalar que durante el periodo comprendido entre el 10 y el 15 de agosto, la ciudad de Madrid ha sufrido la intrusión de una masa de aire africano cargada de material particulado que ha elevado sensiblemente las concentraciones de este contaminante coincidiendo con una ola de calor con temperaturas particularmente elevadas.

Periodo de realización de la campaña:	1 de julio a 15 de septiembre de 2021
Ubicación	Base operativa del SAMUR C/ Puerto de Reinos
Altura de captación respecto al suelo	CO, NO ₂ , BENCENO, O ₃ : 4 m Partículas PM ₁₀ , PM _{2,5} : 4 m.
Coordenadas	40°22'43,14"N 3°36'54,86"O
Altitud UNIDAD MÓVIL (s.n.m.)	638 m.
Acometida Eléctrica	Conexión facilitada por compañía eléctrica
	

Resultados

PARÁMETRO	VALOR MEDIO U. MÓVIL 2	VALOR MEDIO	VALOR MÁXIMO
NO ₂ (µg/m ³)	19	22 / 26	28 / 37
CO (mg/m ³)	0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,3
PM10 (µg/m ³)	29	25 / 24	34 / 28
PM2,5 (µg/m ³)	10	13 / 13	15 / 15
O ₃ (µg/m ³)	42	68 / 70 / 72	79 / 76 / 72
BENCENO (µg/m ³)	0,2	0,2 / 0,2	0,2 / 0,3

Donde:

 Estación de fondo
  Estación de Tráfico
  Estación suburbana

Enlace al informe completo: bit.ly/3cpl8KO

7. EPISODIOS DE CONTAMINACIÓN

7.1 Partículas en suspensión PM10

A lo largo del año se han producido los siguientes episodios de intrusiones de partículas de polvo sahariano publicados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico:

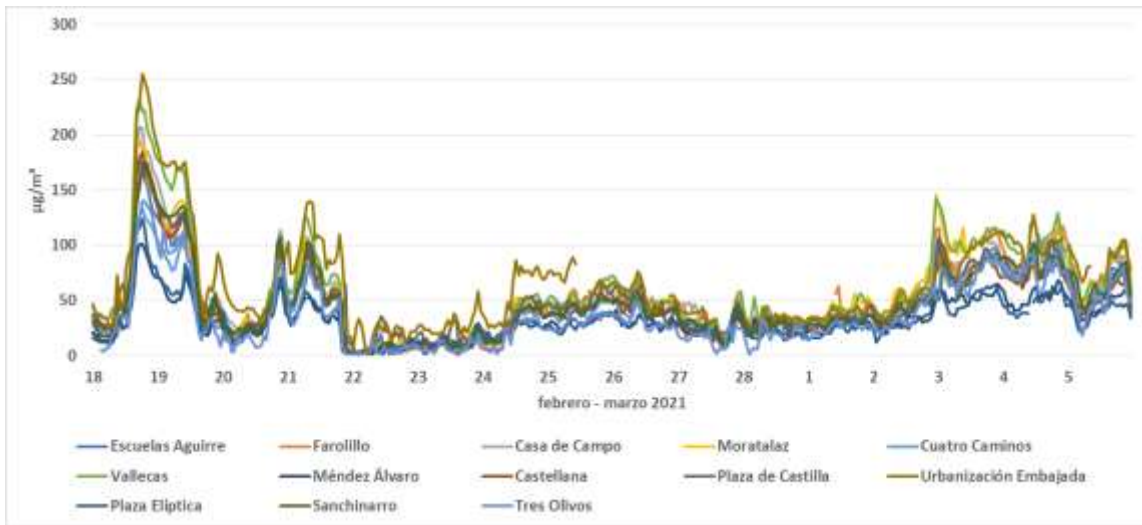
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Diciembre
Días	5, 17 a 21 y 24 a 28	1 a 8 y 27 a 31	1 a 5, 8 a 10 y 25	8-9 y 28 a 31	1 a 6, 10 a 17 y 26-27	10-11, 17, 21 y 29	10 a 17 y 22 a 27	3-7, 13, 14 y 24-25	15-16 y 20	19 a 22

Cabe destacar dos de ellos en los que se alcanzaron niveles de partículas muy superiores a los habituales, son los siguientes:

El primer episodio se produjo entre los días 17 de febrero y 5 de marzo y se llegó a registrar en la ciudad de Madrid un valor máximo horario de $255 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación de Urbanización Embajada. Se superó el valor límite diario de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en todas las estaciones de la red de vigilancia. Se muestra un cuadro resumen de valores medios diarios de PM10 y a continuación una gráfica con los datos horarios donde se puede observar con más detalle el episodio:

Fecha	Escuelas Aguirre	Farolillo	Casa de Campo	Moratalaz	Cuatro Caminos	Vallecas	Méndez Álvaro	Castellana	Plaza de Castilla	Urbanización Embajada	Plaza Elíptica	Sanchinarro	Tres Olivos
17/02/2021	26	22	24	26	22	32	21	28	33	52	24	29	15
18/02/2021	78	84	86	87	62	105	46	83	84	112	53	77	64
19/02/2021	82	83	89	86	64	109	45	82	88	125	52	90	65
20/02/2021	35	41	45	35	32	41	28	36	38	52	31	38	28
21/02/2021	53	54	61	57	49	70	34	52	59	92	34	57	42
24/02/2021	30	23	33	33	28	35	22	28	35	55	21	28	20
25/02/2021	45	53	50	48	40	55	30	43	49	70	29	43	31
26/02/2021	45	53	50	48	41	55	30	42		56	31	44	31
02/03/2021	42	52	49	59	43	58	30	41	44	50	29	40	35
03/03/2021	82	97	87	105	84	107	54	76	85	93	52	74	72
04/03/2021	78	95	89		84	103	53	75	83	102	48	84	76
05/03/2021	59	73	68	70	58	73	44	52	57	85	39	64	51

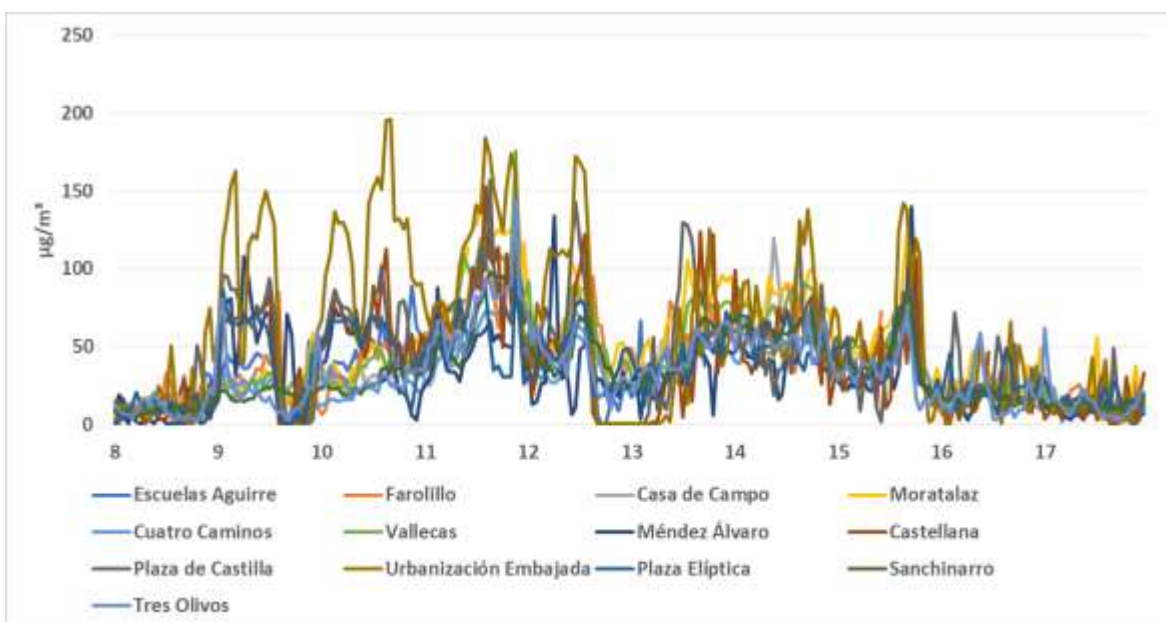
En la siguiente gráfica, se muestra la evolución horaria:



El segundo episodio tuvo lugar los días 9 a 15 de agosto, se registraron los siguientes valores medios diario:

Fecha	Escuelas Aguirre	Farolillo	Casa de Campo	Moratalaz	Cuatro Caminos	Vallecas	Méndez Álvaro	Castellana	Plaza de Castilla	Urbanización Embajada	Plaza Elíptica	Sanchinarro	Tres Olivos
09/08/2021	31	30	21	28	20	27	47	46	51	73	43	20	24
10/08/2021	48	39	30	40	22	37	43	63	66	120	54	28	28
11/08/2021	68	83	76	101	57	95	47	81	81	113	55	68	72
12/08/2021	35	55	47	59	37	56	34	36	48	70	43	45	40
13/08/2021		53	49	69	35	57	32	39	52	37	44	44	44
14/08/2021		64	67	81	47	74	42	56	55	74	55	58	53
15/08/2021		47	45	55	33		36	41	39	60	42	43	34

En la siguiente gráfica, se muestra la evolución horaria:



7.2 Dióxido de nitrógeno

A lo largo del año 2021 se ha activado en dos ocasiones el Protocolo de actuación para episodios de contaminación por dióxido de nitrógeno (aprobado por la Junta de Gobierno de la ciudad de Madrid el 10 de diciembre de 2018).

7.2.1 Enero

Los días 17 a 19 de enero de 2021 se han aplicado en la ciudad de Madrid medidas de actuación en episodios de contaminación por dióxido de nitrógeno, incluyendo tanto medidas de carácter informativo como de tráfico: limitación de velocidad.

Las condiciones atmosféricas que han caracterizado esos días han sido de alta estabilidad. A partir del día 12 de enero cambiaron las condiciones atmosféricas hacia una situación de gran estabilidad merced a la permanencia de una masa de aire frío intensificada por la presencia de la cubierta de nieve que, dada la baja insolación propia de la época, provocó la aparición de fuertes inversiones térmicas en días sucesivos hasta el día 19 de enero. Así, durante el periodo que va desde el día 12 hasta el 19 de enero, la ventilación atmosférica se vio seriamente comprometida favoreciéndose de este modo la acumulación de contaminantes, especialmente de dióxido de nitrógeno que supuso la aplicación del Protocolo de medidas a adoptar durante episodios de alta contaminación, a pesar de la reducción del tráfico de vehículos motivada por la borrasca Filomena.

Se aplicó el Protocolo en vigor que es el aprobado por la Junta de Gobierno de la ciudad de Madrid el 10 de diciembre de 2018, al darse las condiciones previstas en él para activación de escenarios:

- Superación de los niveles de contaminación establecidos:
PREAVISO en zonas 1 y 5.
- Condiciones meteorológicas desfavorables.

SECUENCIA DE SUPERACIONES Y ESCENARIOS ALCANZADOS

Previsión meteorológica	Desfavorable	Muy desfavorable	Desfavorable	Muy desfavorable
	16/1/2021	17/1/2021	18/1/2021	19/1/2021
ZONAS	Sábado	Domingo	Lunes	Martes
1	Preaviso			
5			Preaviso	
TOTAL	Preaviso		Preaviso	
Actuaciones		Escenario 1 (L 70*)	Escenario 1 (L 70*)	Escenario 1 (L 70*)

* L 70: Limitación de velocidad a 70 km/h en la M-30 y en los tramos de las carreteras de acceso a Madrid, comprendidas en el interior de la M-40.

Detalle de superaciones que han generado los preavisos y las superaciones del valor límite horario ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Los valores horarios están expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$:

		ZONA 1			
Fecha	Hora	Ramon y Cajal	Cuatro Caminos	Barrio del Pilar	Plaza de Castilla
16/01/2021	22:00	184	200	193	181
16/01/2021	23:00	184			200

		ZONA 5	
Fecha	Hora	Villaverde	Plaza Elíptica
18/01/2021	20:00	186	202
18/01/2021	21:00	186	194

7.2.2 Diciembre

Los días 16 y 17 de diciembre de 2021 se han aplicado en la ciudad de Madrid medidas de actuación en episodios de contaminación por dióxido de nitrógeno, incluyendo tanto medidas de carácter informativo como de tráfico: limitación de velocidad.

Las condiciones atmosféricas que han caracterizado esos días han sido de alta estabilidad. Bajo estas condiciones meteorológicas se ha producido una acumulación de contaminantes en la ciudad de Madrid, especialmente de dióxido de nitrógeno que ha supuesto la aplicación del Protocolo de medidas a adoptar durante episodios de alta contaminación.

Se ha aplicado el Protocolo al darse las condiciones previstas para activación de escenarios:

-Superación de los niveles de contaminación establecidos: PREAVISO en zonas: 1 (interior M-30) y toda la ciudad de Madrid.

-Condiciones meteorológicas desfavorables.

Previsión meteorológica	Desfavorable	Favorable	Favorable
	15/12/2021	16/12/2021	17/1/2021
ZONAS	Miércoles	Jueves	Viernes
1	Preaviso		
Toda la ciudad	Preaviso		
TOTAL	Preaviso		
Actuaciones		Escenario 1 (L 70*)	Escenario 1 (L 70*)

* **L 70:** Limitación de velocidad a 70 km/h en la M-30 y en los tramos de las carreteras de acceso a Madrid, comprendidas en el interior de la M-40.

Detalle de superaciones que han generado los preavisos y las superaciones del valor límite horario ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Los valores horarios están expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$:

		ZONA 1		
Fecha	Hora	Ramon y Cajal	Cuatro Caminos	Barrio del Pilar
15/12/2021	19:00	218	202	
15/12/2021	20:00	245	191	
15/12/2021	21:00		183	186

		Toda la ciudad					
Fecha	Hora	Ramón y Cajal	Villaverde	Cuatro Caminos	Barrio del Pilar	Ensanche de Vallecas	Sanchinarro
15/12/2021	19:00	218		202		196	
15/12/2021	20:00	245	194	191		232	186
15/12/2021	21:00		194	183	186	192	188

8. BALANCE METEOROLÓGICO

Invierno: Enero, febrero y marzo de 2021

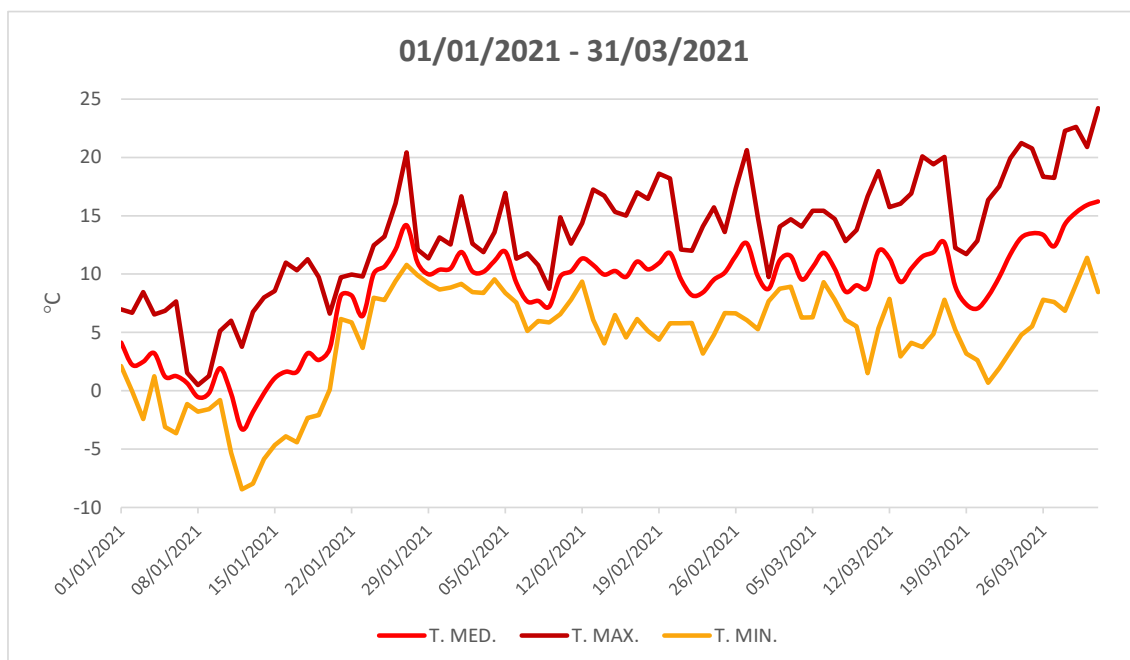
La temperatura media del periodo ha sido de 8.5 °C. Las medias de máximas y mínimas han sido de 13.5 y 4.4 °C. El trimestre se ha caracterizado en cuanto a las temperaturas registradas como normal.

La precipitación media acumulada ha sido de 89 mm,, también dentro de los valores normales.

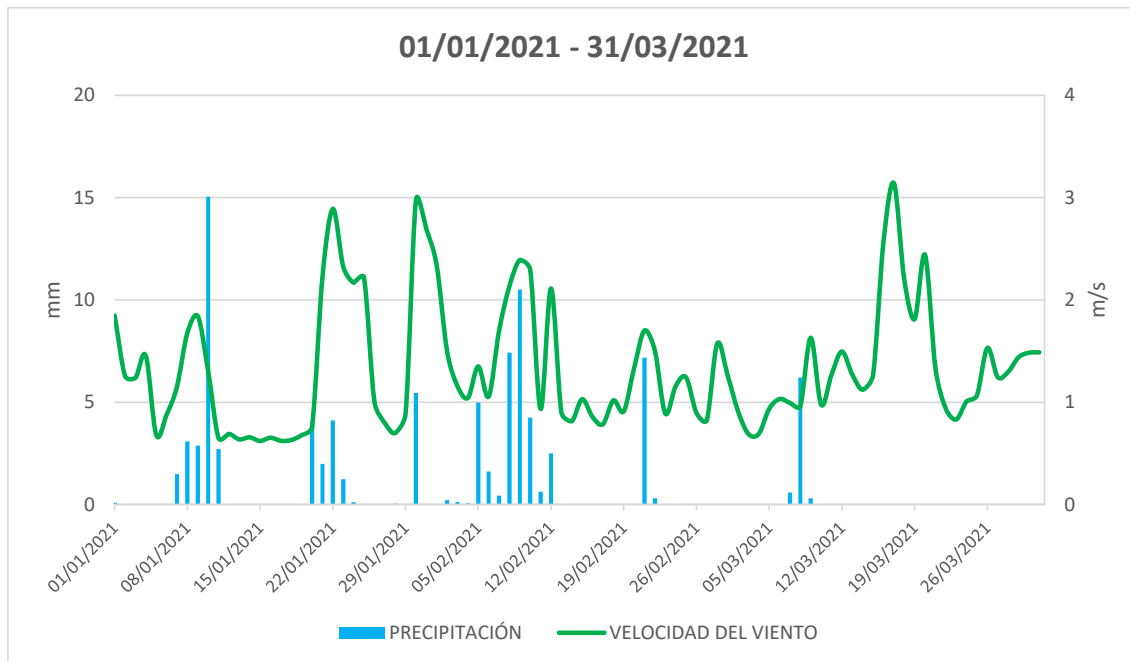
Entre los días 8 y 10 de enero de desató un temporal de nieve sobre la ciudad nada usual por su intensidad y duración. Inmediatamente tras la finalización del temporal sobrevino un periodo de estabilidad atmosférica muy intensa con fuertes inversiones térmicas.

Por otra parte, durante los periodos comprendidos entre el 18 y el 21 y el 25 y el 26 de febrero y entre el 1 y el 6 de marzo, la ciudad sufrió la intrusión de sendas masas de aire africano que repercutieron en el aumento de las concentraciones de partículas en suspensión.

Temperaturas registradas en el primer trimestre de 2021



Precipitación y velocidad del viento registradas en el primer trimestre de 2021



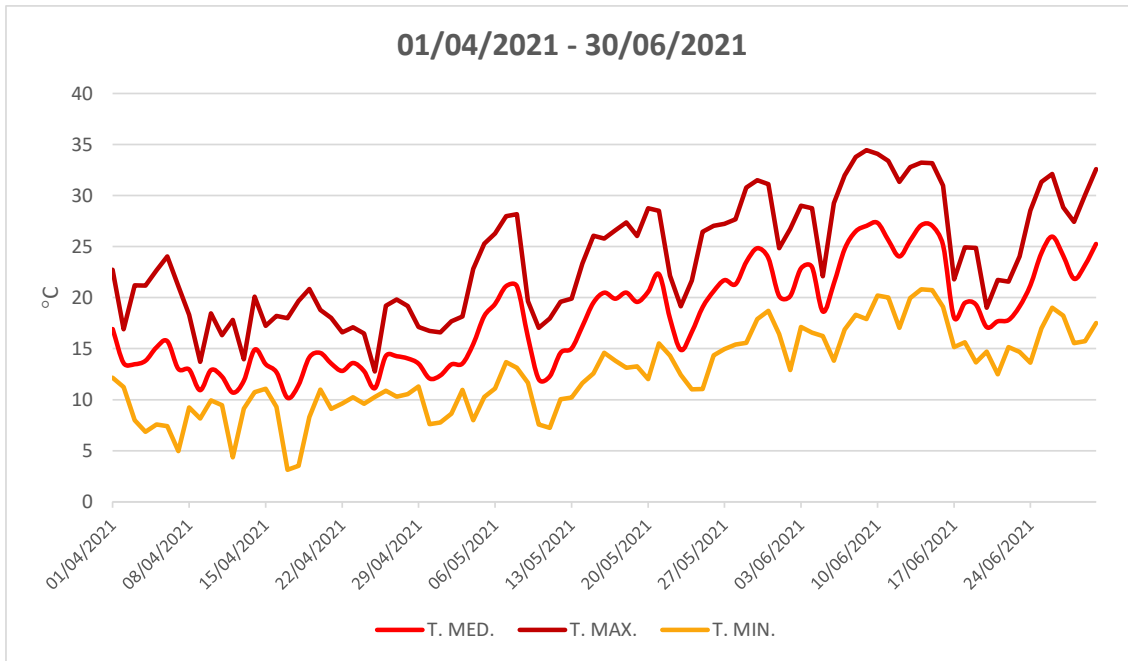
Primavera: Abril, mayo y junio de 2021

La temperatura media del periodo ha sido de 18.1° C. Las medias de máximas y mínimas han sido de 23.8 y 12.61° C. El trimestre se ha mantenido dentro de los valores normales.

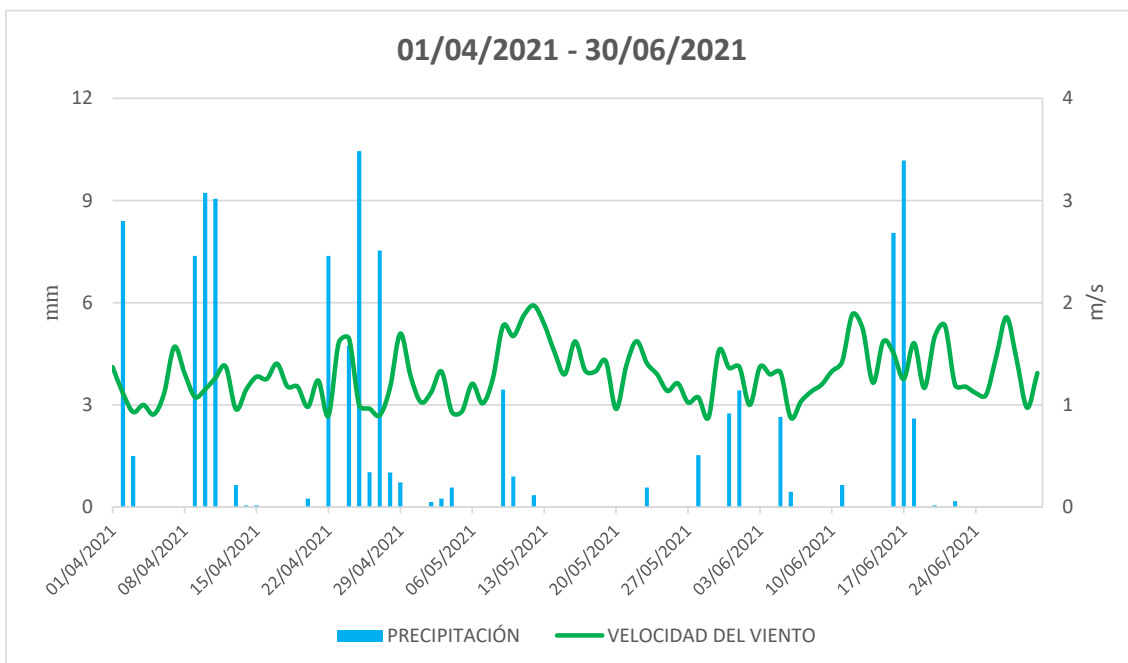
La precipitación media acumulada en el trimestre ha sido de 108 mm. considerándose normal.

El trimestre, típicamente primaveral, con gran variabilidad atmosférica no ha dejado situaciones de estabilidad que hayan podido comprometer la ventilación atmosférica. Como es habitual, en su discurrir se llega a situaciones meteorológicas veraniegas con el aumento de la insolación (tanto en intensidad como en duración) durante las que se observan incrementos en las concentraciones de ozono.

Temperaturas registradas en el segundo trimestre de 2021



Precipitación y velocidad del viento registradas en el segundo trimestre de 2021



Verano: Julio, agosto y septiembre de 2021

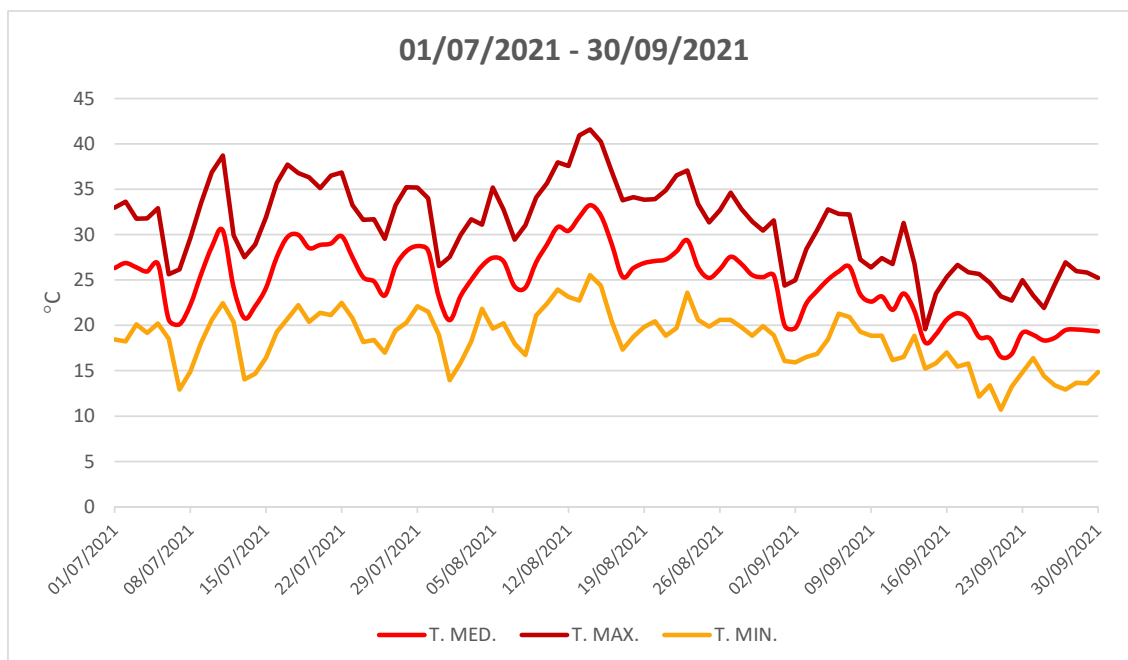
La temperatura media del periodo ha sido de 24.7 °C. Las medias de máximas y mínimas han sido de 31.1 y 18.4 °C. Por tanto, las temperaturas registradas en este trimestre entran dentro de la normalidad.

La precipitación media acumulada ha sido de 59 mm., el trimestre ha sido muy lluvioso.

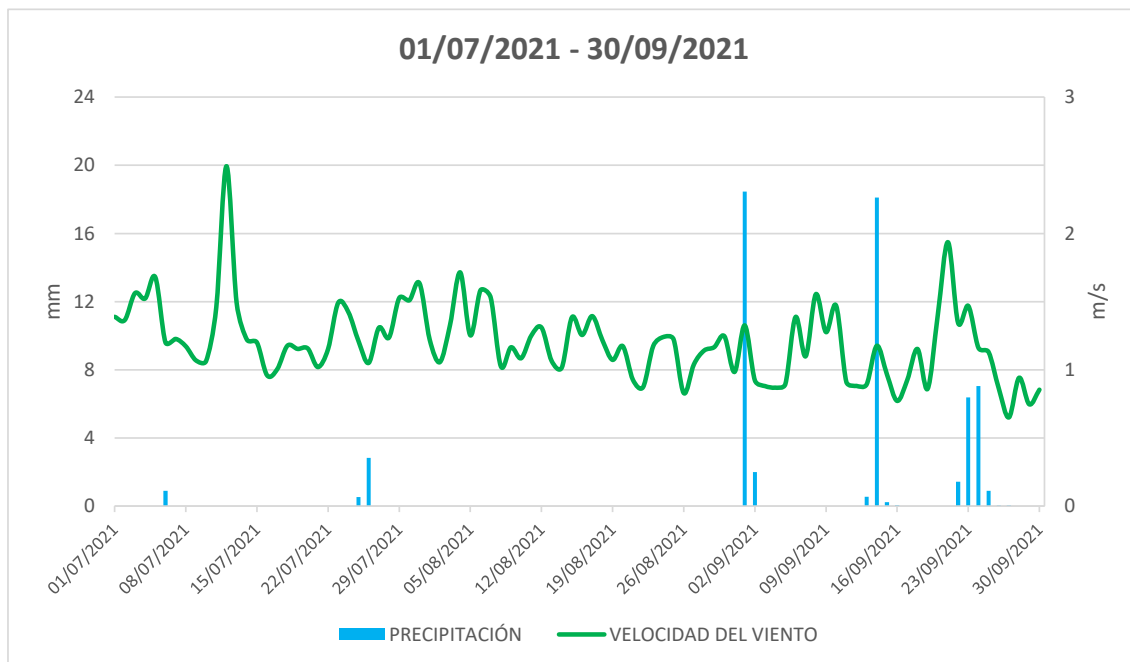
Aunque el trimestre se ha mantenido en términos generales dentro de los valores normales de temperatura, hay que destacar la ola de calor comprendida entre los días 10 y 15 de agosto que tuvo su punto culminante el día 14 durante el cual, la estación de AEMET en Retiro estableció su temperatura máxima histórica en 40.7 °C. Esta ola de calor vino acompañada por una masa de aire africano cargada de partículas que se tradujo en registros de partículas en suspensión notablemente elevados.

Las precipitaciones (mayores que las habituales) se han concentrado principalmente durante el mes de septiembre y éstas se han caracterizado por ser tormentosas.

Temperaturas registradas en el tercer trimestre de 2021



Precipitación y velocidad del viento registradas en el tercer trimestre de 2021



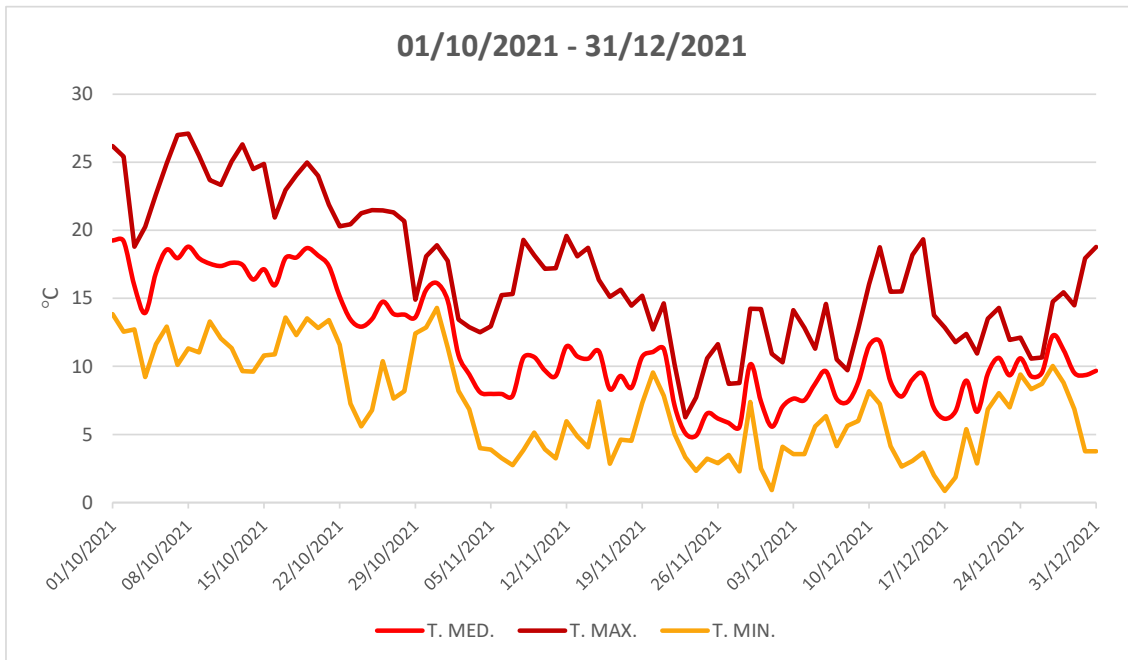
Otoño: Octubre, noviembre y diciembre de 2021

La temperatura media del periodo ha sido de 11.5 °C. Las medias de máximas y mínimas han sido de 16.9 y 7.1 °C. El trimestre ha sido muy cálido.

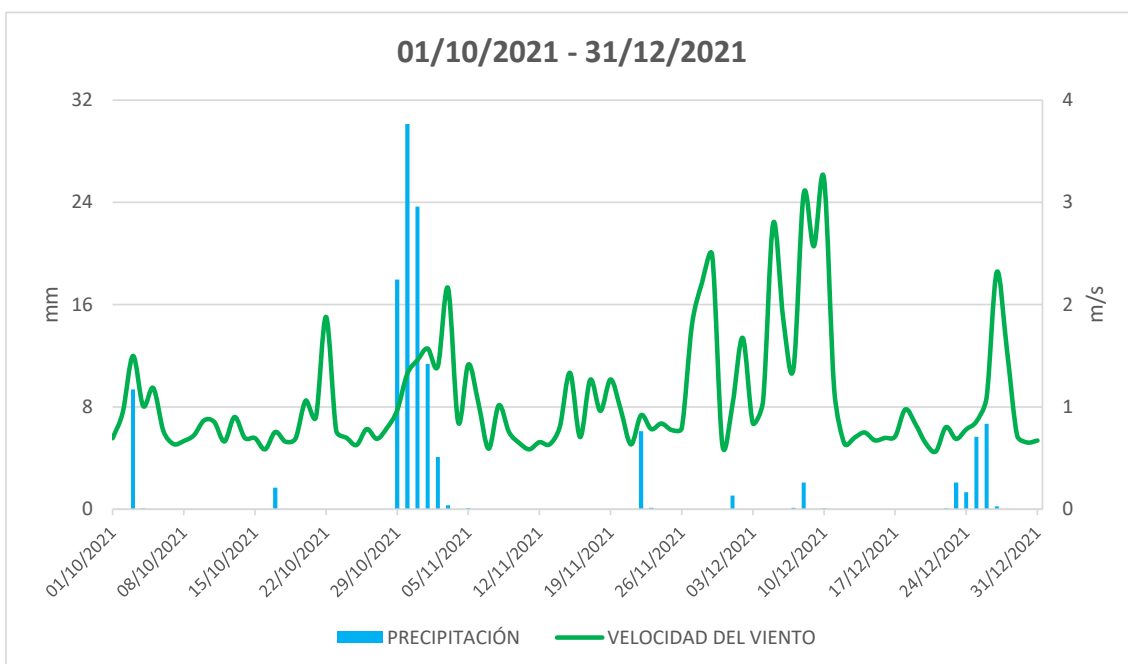
La precipitación media acumulada ha sido de 124 mm., el trimestre ha sido mucho más seco de lo normal.

Las precipitaciones, escasas, se han concentrado principalmente en el periodo comprendido entre el 29 de octubre y el 2 de noviembre durante el cual se han registrado dos terceras partes del total medido en el trimestre. Sin embargo, la ventilación se ha mantenido aceptablemente buena hasta los últimos veinte días del año, en los que se ha visto comprometida la mayor parte del tiempo, a excepción del intervalo comprendido entre el 22 y el 27 de diciembre.

Temperaturas registradas en el cuarto trimestre de 2021



Precipitación y velocidad del viento registradas en el cuarto trimestre de 2021



calidad del aire



2021

Subdirección General de Sostenibilidad
Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental



MADRID

medio ambiente y
movilidad