

## Ozono (O<sub>3</sub>) troposférico

### Definición

Población residente en zonas expuestas a concentraciones de ozono superiores a los niveles de protección de la salud.

Valores límites (RD 102/2011). Valor umbral de información a la población: 180 µg/m<sup>3</sup> (Horario); valor umbral de alerta a la población: 240 µg/m<sup>3</sup> (Horario: 3 horas consecutivas); valor objetivo para la protección de la salud humana: 120 µg/m<sup>3</sup> (media de 8 horas, máxima en un día) que no deberá superarse más de 25 días por cada año civil de promedio en un periodo de 3 años.

### Resumen 2020

#### Superación de los parámetros

El valor objetivo para la protección de la salud humana (media octohoraria máxima diaria de 120 µg/m<sup>3</sup> en 25 días como promedio de los tres últimos años) se ha superado en 26 de las 37<sup>1</sup> estaciones, distribuidas prácticamente por todo el territorio. (Tabla 1)

En 2020, hay que señalar que en tres estaciones que miden este contaminante se registró un solo valor horario igual o superior a los 180 µg/m<sup>3</sup> establecidos por la legislación como valor umbral de información a la población. Estas estaciones han sido Alcalá de Henares, El Atazar y Guadalix de la Sierra. Estas cifras son muy inferiores a la de años anteriores. En ningún punto de la Comunidad de Madrid se registraron valores por encima del umbral de alerta (240 µg/m<sup>3</sup> como promedio en una hora). (Tabla 2)

#### Distribución espacial

Los niveles más altos de ozono troposférico se dan en zonas periurbanas. En concreto, en la Comunidad de Madrid, estos niveles se dan preferentemente a sotavento de las áreas metropolitanas: Norte y Este de la Comunidad. (Mapa 1 y Mapa 2) Esto se debe a que el ozono es un contaminante secundario que se genera dentro del ciclo del nitrógeno. Básicamente, uno de los precursores del ozono son los óxidos de nitrógeno que se concentran en los núcleos urbanos debido fundamentalmente a las emisiones del tráfico rodado. Estos reaccionan con el oxígeno del aire en presencia de radiación solar y temperaturas altas para producir ozono. Si esto sucede en zonas con altas emisiones de NO<sub>x</sub>, el O<sub>3</sub> se consume dentro del propio ciclo del nitrógeno y no alcanza tan altas concentraciones. Por contra los niveles de ozono son más altos donde menos NO<sub>x</sub> se emite.

---

<sup>1</sup> En 2019 se añadió una estación más, la de Rascafría, pero lógicamente no cuenta para este parámetro que se obtiene con el promedio de los tres últimos años.

## **Ritmo y evolución temporal**

Debido al papel jugado por el calor y la radiación UV en la producción de ozono, los valores altos se dan en periodo estival y en las horas más cálidas del día. (Gráfico 3 y Gráfico 4)

La baja concentración de ozono troposférico en 2020 se observa en los gráficos del ritmo estacional, situándose siempre por debajo de la serie histórica 2010-2019, salvo a principios de año en la red de la Comunidad de Madrid.

Las horas posteriores al medio día, cuando no solo la insolación es alta sino que la eficiencia calórica de los rayos solares es mayor por estar recalentada la atmósfera con la contribución de la irradiación de la superficie terrestre, se corresponden con los niveles más altos de concentración de ozono en la troposfera, especialmente en las zonas periurbanas. Es notable la diferencia entre el gráfico de Madrid y de la Comunidad, no solo en el pico máximo (3-4 de la tarde hora solar), sino en la parte basal (7-8 de la mañana hora solar) cuando en la ciudad de Madrid la concentración es menos de la mitad de la obtenida en la Comunidad de Madrid.

El nivel de ozono troposférico está muy ligado a la meteorología por lo que se revelan en los gráficos de series de tendencia histórica la presencia de años con más o menos olas de calor. Los años en los que se emiten menos contaminantes precursores, como es muy notable el NO<sub>2</sub> en 2020, también se aprecian descensos de ozono en el gráfico de la serie. (Gráfico 5)

## **Población potencialmente expuesta**

Aunque en 2020 las concentraciones de ozono troposférico han sido inferiores a otros años, como el parámetro que mide la exposición crónica es un promedio de los tres últimos años, se estima que la presencia de ozono ha podido afectar a un importante número de residentes: el 57% de la población de la Comunidad de Madrid, y en mayor medida a los niños (64%), sector de población en el que se une el ozono a la prevalencia de alergias ambientales y problemas respiratorios como el asma y a la mayor frecuencia de actividades al aire libre en los momentos del estío en el que se producen las más altas concentraciones de ozono en el aire ambiente. (Gráfico 6)

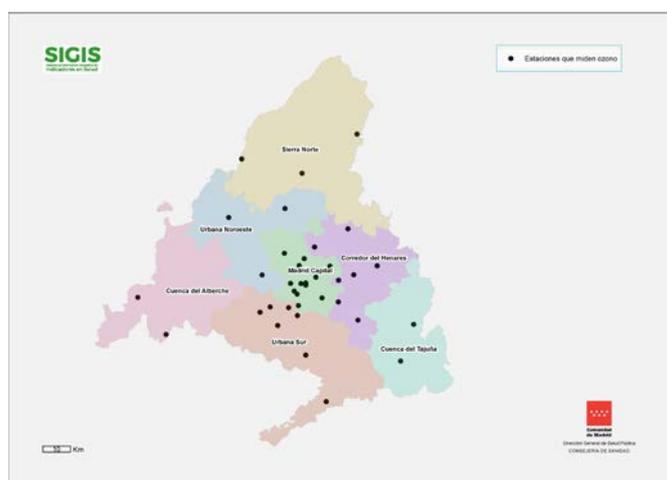
La serie del porcentaje de población potencialmente expuesta arranca en 2012 puesto que el parámetro que se utiliza es el definido en la legislación como "Valor objetivo para la protección de la salud humana" que se construye con el promedio de los tres años anteriores (en el caso de 2012, de los años 2010-2012). Este hecho hace que la serie se suavice. La tendencia está definida por un momento de especial significación que fue el año 2015, cuando se produjeron superaciones de más de 25 días por encima de 120 µg/m<sup>3</sup> como media octohoraria en 34 estaciones y un total de 321 valores horarios por encima de los 180 µg/m<sup>3</sup>. Después, parece que la línea se amortigua probablemente gracias a la ligera disminución del precursor, los óxidos de nitrógeno. La bajada de 2020 se nota poco por los altos niveles de concentración de ozono de los años anteriores (efecto suavizador del indicador). (Gráfico 7)

Estos niveles de exposición se han calculado a partir del incumplimiento del estándar legal de protección de la salud humana de  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como media de 8 horas máxima en un día que no deberá superarse más de 25 días por cada año civil. La OMS, por su parte, establece como valor guía la media máxima diaria de ocho horas de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La exposición de la población será mayor si se calcula con ese valor, que como recuerda la OMS "proporciona una protección adecuada de la salud pública, aunque pueden producirse algunos efectos en la salud por debajo de este nivel. La exposición a este nivel de ozono está asociada con:

- un aumento estimado de un 1-2% de la mortalidad diaria (basado en los resultados de estudios de series cronológicas diarias);
- la extrapolación a partir de estudios de laboratorio y de campo, basada en la probabilidad de que la exposición en la vida real tienda a ser repetitiva y en que se excluyen de los estudios de laboratorio las personas muy sensibles con problemas clínicos, así como los niños;
- la probabilidad de que el ozono ambiental sea un marcador para los oxidantes relacionados con él"<sup>2</sup>

### **Estaciones que miden ozono troposférico**

En el mapa se refleja la ubicación de las estaciones que miden ozono y las zonas de contaminación establecidas para la gestión de la calidad del aire<sup>3</sup>. Durante el año 2020 han sido 38 estaciones las que han analizado el contenido de  $\text{NO}_2$  presente en el aire ambiente, 14 en el municipio de Madrid y 24 en el resto de la Comunidad y todas han aportado datos suficientes para validar los parámetros (> 75%).



<sup>2</sup> OMS. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. OMS, Ginebra, 2006

<sup>3</sup> Conviene recordar que "la evaluación de una zona se realiza para cada contaminante y de acuerdo con la situación de la estación, con respecto a los objetivos de dicho contaminante, de modo que, cuando una zona se evalúa con más de una estación, la estación con niveles más altos ubicada en la misma evalúa la situación de la zona y no la media de las estaciones de la zona. (Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/en/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/Preguntas\\_frecuentes\\_Calidad\\_Aire.aspx](https://www.miteco.gob.es/en/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/Preguntas_frecuentes_Calidad_Aire.aspx))

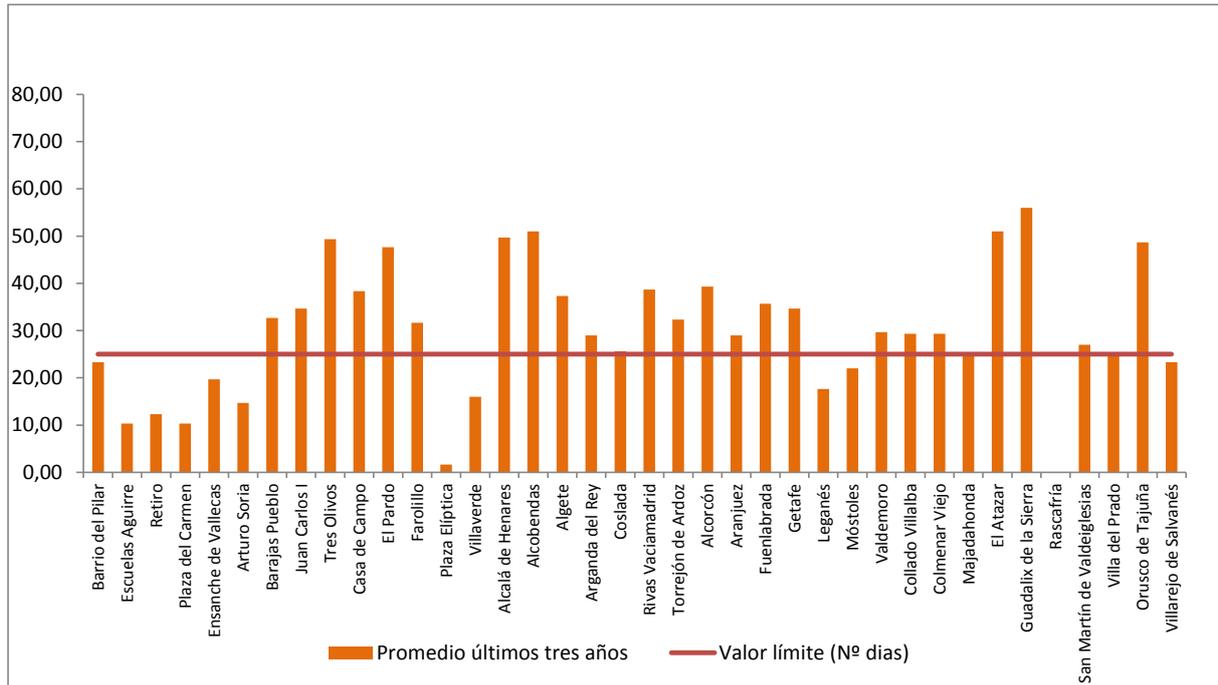
*Datos. Tablas, gráficos y mapas*

## 1. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

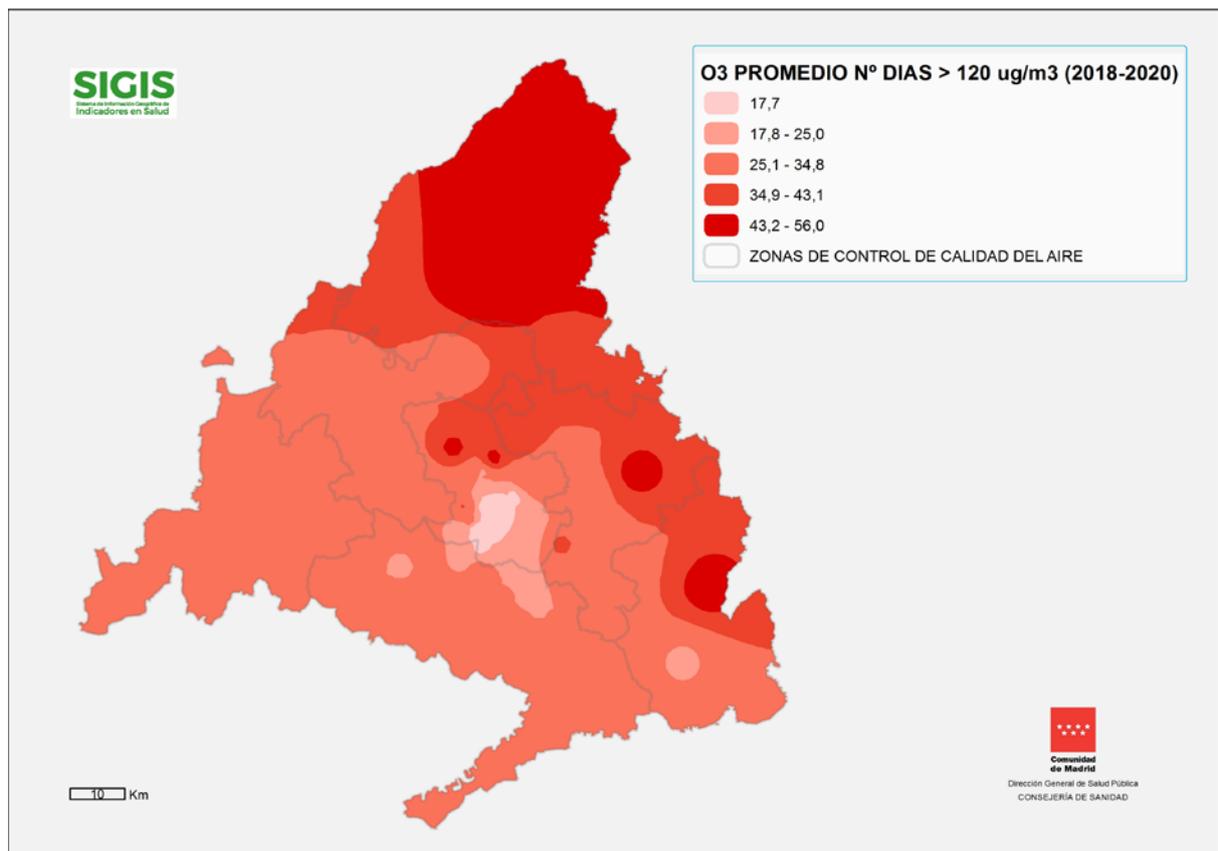
Tabla 1 Valor objetivo para la protección de la salud humana (Nº de días con promedio octohorario: > 120 µg/m<sup>3</sup>)

Zona	Estación	Nº de días > 120 µg/m <sup>3</sup> (Máxima octohoraria)		
		2020	Promedio últimos tres años	Promedio 2010-2019
01.Madrid ciudad - 1	Barrio del Pilar	18	23,33	17,20
	Escuelas Aguirre	8	10,33	6,60
	Retiro	8	12,33	14,30
	Plaza del Carmen	28	10,33	10,50
01.Madrid ciudad - 2	Ensanche de Vallecas	15	19,67	26,90
01.Madrid ciudad - 3	Arturo Soria	24	14,67	17,00
	Barajas Pueblo	32	32,67	33,30
	Juan Carlos I	20	34,67	37,50
	Tres Olivos	37	49,33	39,20
01.Madrid ciudad - 4	Casa de Campo	18	38,33	41,10
	El Pardo	36	47,67	45,90
01.Madrid ciudad - 5	Farolillo	31	31,67	25,10
	Plaza Elíptica	1	1,67	4,80
	Villaverde	11	16,00	10,80
02.Corredor del Henares	Alcalá de Henares	38	49,67	41,60
	Alcobendas	39	51,00	41,30
	Algete	18	37,33	47,40
	Arganda del Rey	15	29,00	33,20
	Coslada	21	25,67	20,10
	Rivas Vaciamadrid	36	38,67	29,80
	Torrejón de Ardoz	32	32,33	29,00
03.Urbana sur	Alcorcón	17	39,33	38,00
	Aranjuez	7	29,00	24,40
	Fuenlabrada	15	35,67	22,60
	Getafe	25	34,67	22,00
	Leganés	11	17,67	19,90
	Móstoles	11	22,00	23,50
	Valdemoro	7	29,67	25,00
04.Urbana noroeste	Collado Villalba	10	29,33	20,00
	Colmenar Viejo	3	29,33	33,20
	Majadahonda	23	25,33	38,00
05.Sierra norte	El Atazar	29	51,00	63,00
	Guadalix de la Sierra	39	56,00	54,00
	Rascafría (desde 2019)	24	41,00	58,00
06.Cuenca del Alberche	San Martín de Valdeiglesias	26	27,00	30,00
	Villa del Prado	32	25,33	23,50
07.Cuenca del Tajuña	Orusco de Tajuña	26	48,67	63,10
	Villarejo de Salvanés	10	23,33	24,20

Gráfico 1 N° de días con promedio octohorario: > 120 µg/m<sup>3</sup>



Mapa 1 N° de días con promedio octohorario: > 120 µg/m<sup>3</sup>

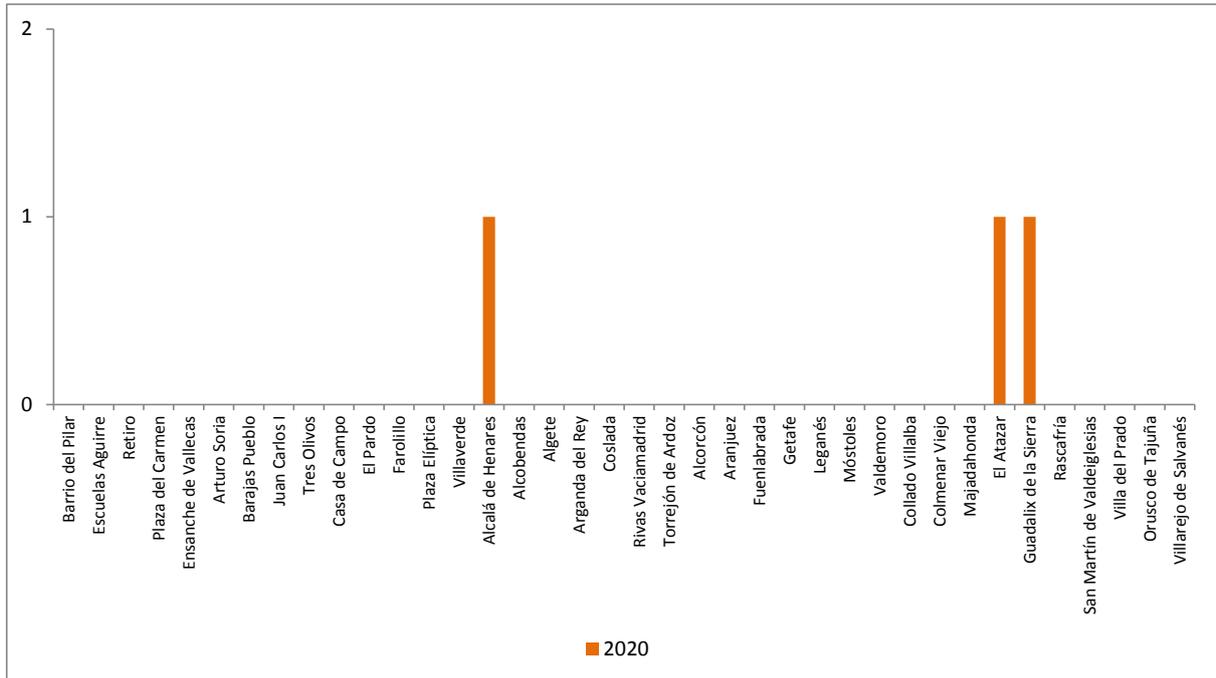


*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Red de control de la calidad del aire de la Comunidad de Madrid y del Sistema integral de vigilancia, predicción e información de la contaminación atmosférica de la ciudad de Madrid.*

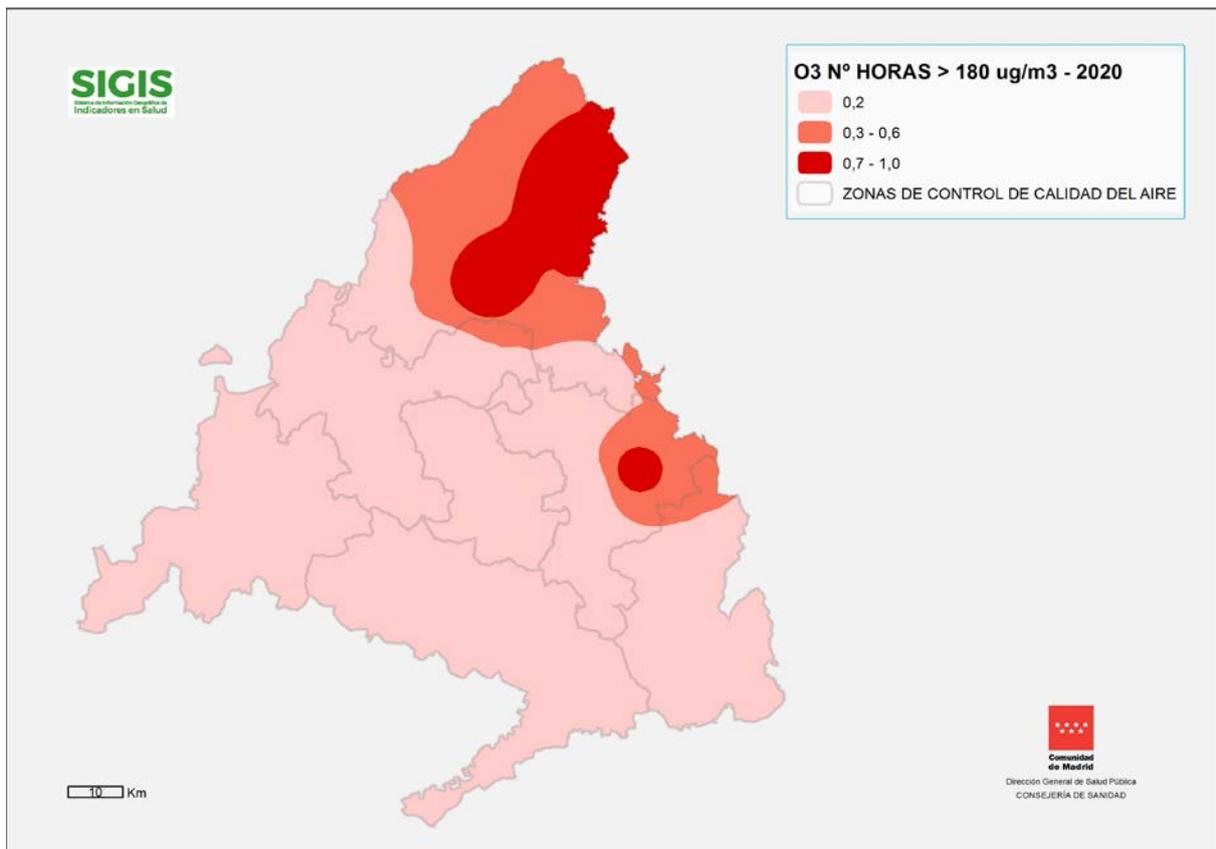
Tabla 2 Umbral de información a la población

Zona	Estación	Nº de horas >180 µg/m <sup>3</sup>		
		2020	Promedio 2010-2019	Máximo 2010-2019
01.Madrid ciudad - 1	Barrio del Pilar	0	2,10	13
	Escuelas Aguirre	0	0,40	3
	Retiro	0	1,60	9
	Plaza del Carmen	0	0,70	5
01.Madrid ciudad - 2	Ensanche de Vallecas	0	1,70	9
01.Madrid ciudad - 3	Arturo Soria	0	1,80	5
	Barajas Pueblo	0	3,40	18
	Juan Carlos I	0	2,40	9
	Tres Olivos	0	4,90	16
01.Madrid ciudad - 4	Casa de Campo	0	3,10	16
	El Pardo	0	4,30	23
01.Madrid ciudad - 5	Farolillo	0	2,60	11
	Plaza Elíptica	0	0,50	2
	Villaverde	0	1,10	7
02.Corredor del Henares	Alcalá de Henares	1	3,50	10
	Alcobendas	0	4,10	24
	Algete	0	4,00	11
	Arganda del Rey	0	0,60	3
	Coslada	0	2,50	20
	Rivas Vaciamadrid	0	2,10	14
	Torrejón de Ardoz	0	1,60	5
03.Urbana sur	Alcorcón	0	2,40	15
	Aranjuez	0	0,40	2
	Fuenlabrada	0	0,60	6
	Getafe	0	0,60	3
	Leganés	0	1,50	13
	Móstoles	0	1,10	11
	Valdemoro	0	0,50	4
04.Urbana noroeste	Collado Villalba	0	0,40	2
	Colmenar Viejo	0	2,30	14
	Majadahonda	0	1,50	8
05.Sierra norte	El Atazar	1	8,30	22
	Guadalix de la Sierra	1	3,40	9
	Rascafría	0	2,00	2
06.Cuenca del Alberche	San Martín de Valdeiglesias	0	0,20	2
	Villa del Prado	0	0,40	4
07.Cuenca del Tajuña	Orusco de Tajuña	0	2,40	10
	Villarejo de Salvanés	0	0,10	1

Gráfico 2 Número de horas con valores iguales o superiores a  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$



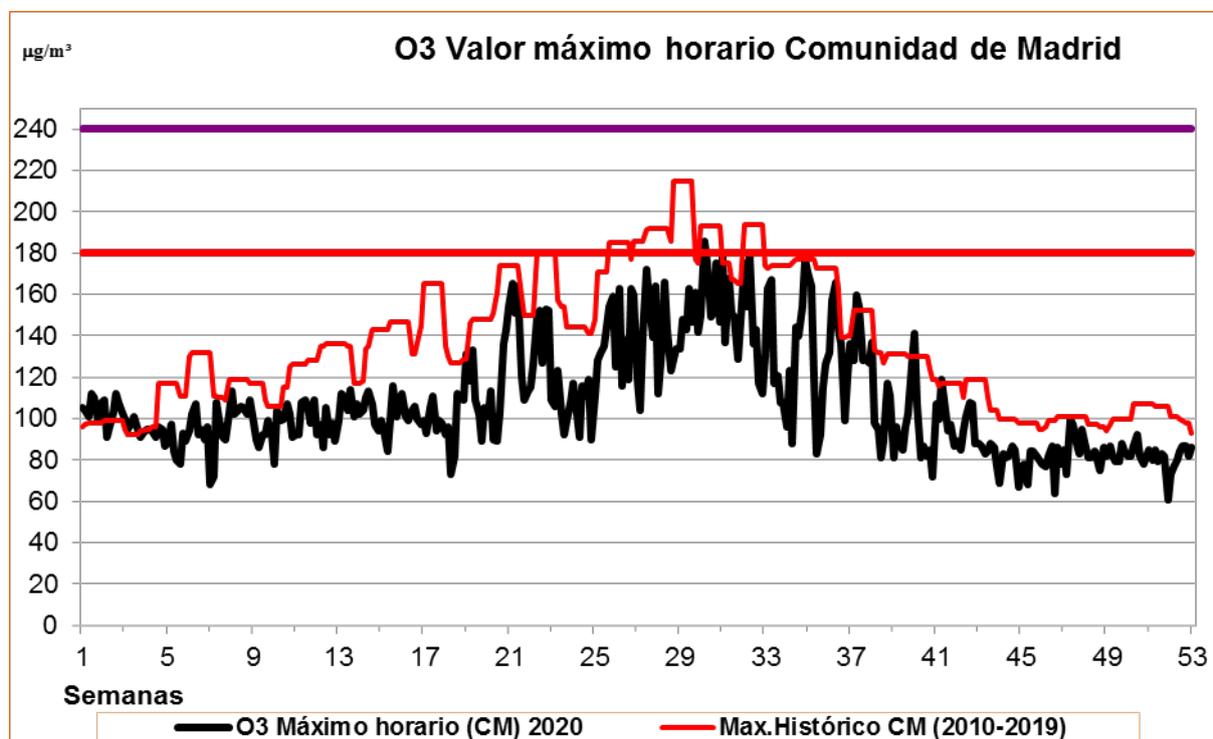
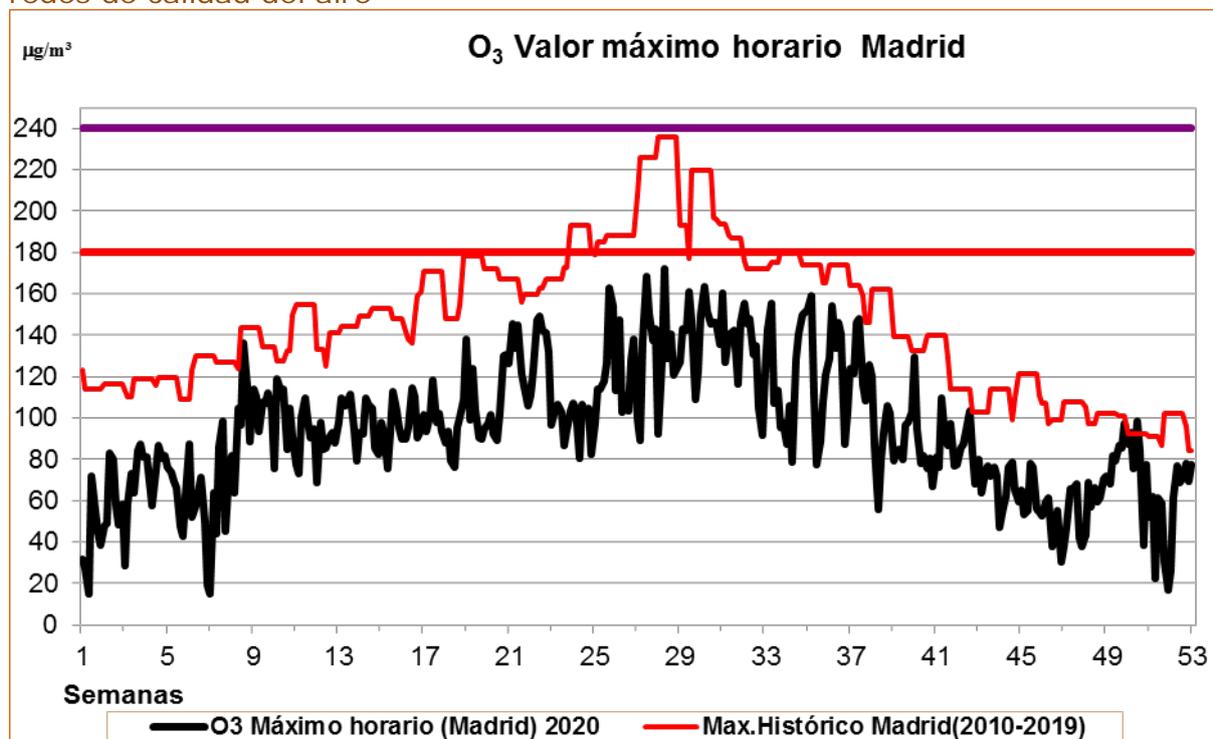
Mapa 2 Número de horas con valores iguales o superiores a  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Red de control de la calidad del aire de la Comunidad de Madrid y del Sistema integral de vigilancia, predicción e información de la contaminación atmosférica de la ciudad de Madrid.

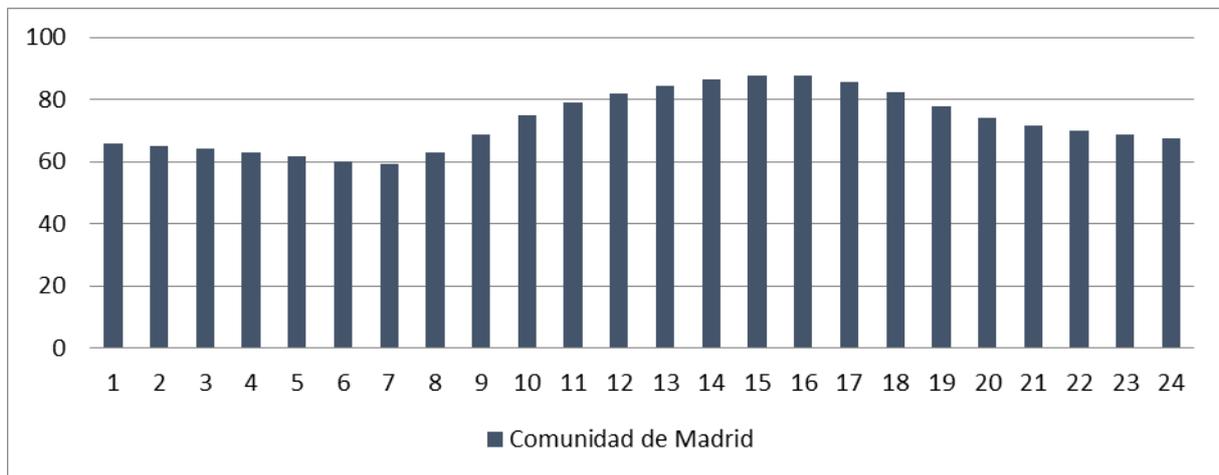
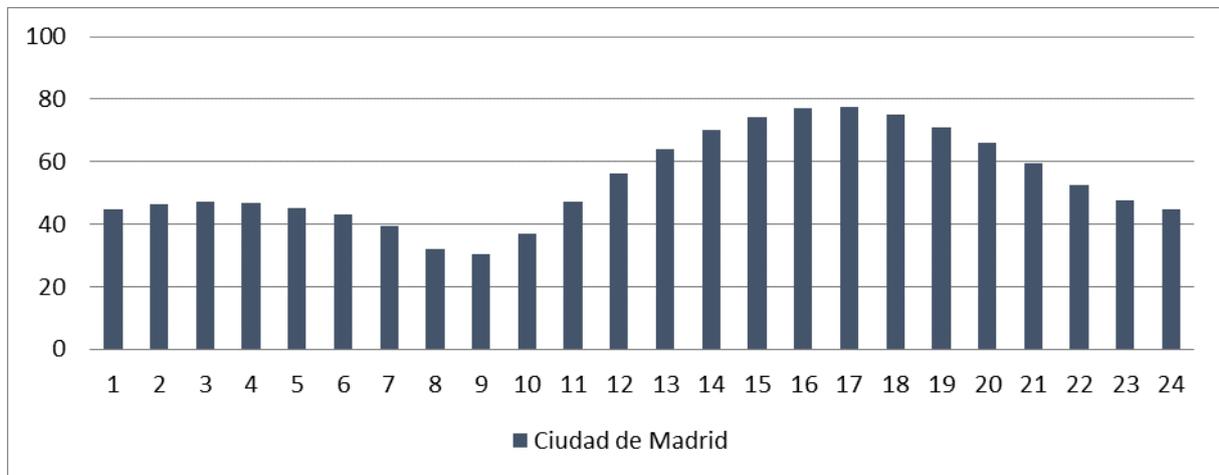
## 2. RITMO Y EVOLUCIÓN TEMPORAL

Gráfico 3 Evolución estacional del valor máximo horario en cada una de las dos redes de calidad del aire



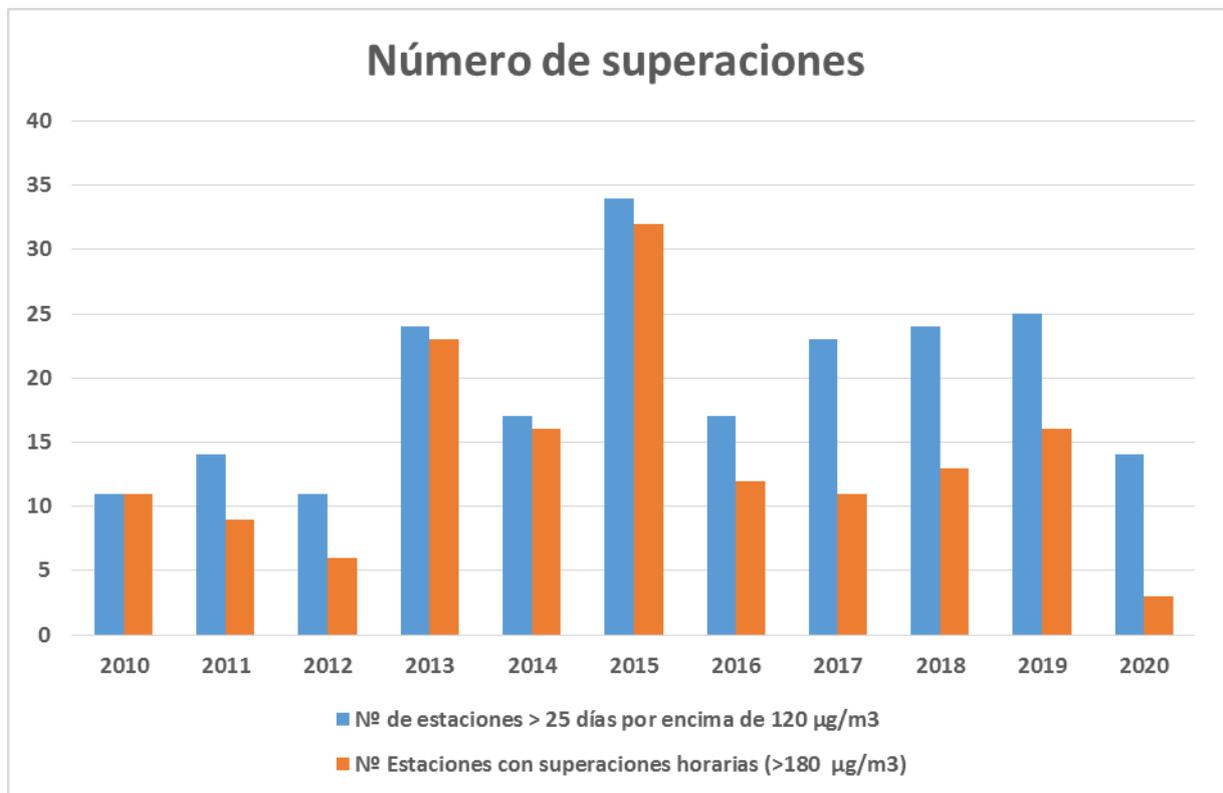
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Red de control de la calidad del aire de la Comunidad de Madrid y del Sistema integral de vigilancia, predicción e información de la contaminación atmosférica de la ciudad de Madrid.

Gráfico 4 Evolución del promedio horario de ozono a lo largo del día en cada una de las dos redes (valor máximo del promedio anual de cada hora en 2020)



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Red de control de la calidad del aire de la Comunidad de Madrid y del Sistema integral de vigilancia, predicción e información de la contaminación atmosférica de la ciudad de Madrid.

Gráfico 5 Evolución temporal de las superaciones anuales de ozono a lo largo de la serie



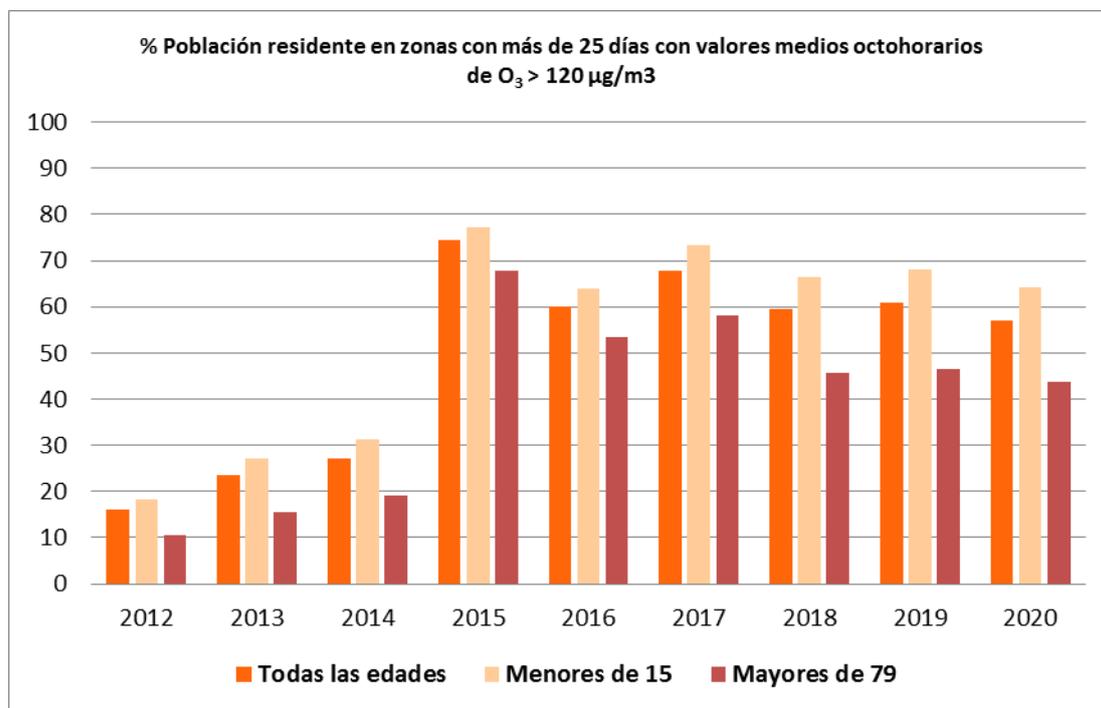
*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Red de control de la calidad del aire de la Comunidad de Madrid y del Sistema integral de vigilancia, predicción e información de la contaminación atmosférica de la ciudad de Madrid.*

### 3. Porcentaje de población residente en zonas con superaciones del valor objetivo para la protección de la salud humana (más de 25 días de promedio de 3 años por encima de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como media de 8 horas)

Gráfico 6 Estimación<sup>4</sup> de la población expuesta en 2020

Población residente en zonas con concentraciones de $\text{O}_3$ superiores a los valores límite de protección a la salud humana			
Más de 25 días (promedio de los tres últimos años) con valores medios octohorarios superiores a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$			
	N	%	Total CM
Todas las edades	3.874.870	57,2	6.779.888
Menores de 15	651.730	64,3	1.014.057
Mayores de 79	158.901	43,6	364.122

Gráfico 7 Evolución de la población expuesta a lo largo de la serie



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Padrón continuo y callejero (INE) y de la Red de control de la calidad del aire de la Comunidad de Madrid y Sistema integral de vigilancia, predicción e información de la contaminación atmosférica de la ciudad de Madrid.

<sup>4</sup> Consultar la metodología utilizada