

# Estrategia para la Mejora de la Calidad del Aire. Región de Murcia 2020-2025

Parte 1. General.....	6
1. Calidad del aire y contaminación atmosférica.....	6
2. Zonificación del territorio. Zonas y aglomeraciones de Calidad del Aire de la Región de Murcia	10
3. Objetivos 2023.....	13
3.1. Ozono troposférico .....	13
3.2. Otros contaminantes.....	13
Parte I. Ozono troposférico .....	14
4. Ozono Troposférico .....	14
4.1. Niveles de Ozono en el aire ambiente .....	15
4.2. Impacto del Ozono en la <i>Región de Murcia</i> .....	18
5. Efectos en la salud y vegetación.....	22
5.1. Perspectiva de salud pública .....	22
Efectos en la salud. <i>Conclusiones</i> .....	23
Recomendaciones sanitarias.....	24
5.2. Efectos en la vegetación.....	26
6. Evaluación de Calidad del Aire. <i>Técnicas utilizadas para Ozono</i> .....	30



7.	Evaluación de Objetivos y umbrales .....	33
7.1.	Para la protección de la salud.....	33
	Caracterización de los resultados.....	40
7.2.	Para la protección de la vegetación .....	46
	Caracterización de los resultados.....	51
7.3.	Evaluación de umbrales de información y alerta. <i>Situaciones episódicas</i> .....	56
	Episodios registrados. <i>Región de Murcia</i> .....	56
	Superaciones del umbral de información.....	57
	Superaciones del umbral de alerta .....	57
8.	Análisis de la problemática del Ozono en la Región .....	58
9.	Fuentes precursoras. <i>Zonas objetivo</i> .....	72
10.	Medidas específicas. 2020-2025.....	75
	Parte 2. Otros Contaminantes .....	77
1.	Otros contaminantes regulados. <i>Descripción</i> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.1.	Óxidos de Nitrógeno. $NO_2$ y $NO_x$ .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.2.	Partículas. $Pm_{10}$ y $Pm_{2,5}$ .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.	Otros contaminantes. Dióxido de azufre ( $SO_2$ ), Metales (Pb, As, Cd, Ni, Hg), Benceno ( $C_6H_6$ ), Monóxido de carbono (CO), HAP & Benzo(a)pireno, Amoníaco ( $NH_3$ )	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	Dióxido de azufre, $SO_2$ .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	Metales, Pb, As, Cd, Ni, Hg .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

- Benceno,  $C_6H_6$  ..... ¡Error! Marcador no definido.
- Monóxido de Carbono, CO ..... ¡Error! Marcador no definido.
- Hydrocarbons aromáticos policíclicos (HAP) y Benzo(a)pireno ¡Error! Marcador no definido.
- Amoníaco,  $NH_3$ ..... ¡Error! Marcador no definido.
2. Calidad del aire. *Otros contaminantes* ..... ¡Error! Marcador no definido.
- 2.1. Conceptos generales ..... ¡Error! Marcador no definido.
- 2.2. Perspectiva desde salud pública..... ¡Error! Marcador no definido.
- Dióxido de nitrógeno..... ¡Error! Marcador no definido.
- Partículas ¡Error! Marcador no definido.
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. . ¡Error! Marcador no definido.
- Otros contaminantes. *Efectos en la salud*..... ¡Error! Marcador no definido.
3. Evaluación de la calidad del aire. *Técnicas de evaluación*. ¡Error! Marcador no definido.
4. Valores Límite y umbrales. *Dióxido de Nitrógeno,  $NO_2$* ..... ¡Error! Marcador no definido.
- 4.1. Valor Límite Anual. Protección de la salud..... ¡Error! Marcador no definido.
- Procedimiento ..... ¡Error! Marcador no definido.
- Resultados de la evaluación del cumplimiento. *Evolución* .. ¡Error! Marcador no definido.
- Caracterización ..... ¡Error! Marcador no definido.
- 4.2. Valor Límite Horario. *Protección de la salud* ..... ¡Error! Marcador no definido.
- Procedimiento. Evaluación del cumplimiento..... ¡Error! Marcador no definido.



Resultados de la evaluación de cumplimiento. *Evolución del cumplimiento* ..... ¡Error!  
**Marcador no definido.**

4.3. Umbral de alerta. Situaciones episódicas ..... ¡Error! **Marcador no definido.**  
Episodios registrados. *Región de Murcia*..... ¡Error! **Marcador no definido.**

5. Nivel Crítico. Protección de la vegetación. Óxidos de Nitrógeno, NO<sub>x</sub> ¡Error! **Marcador no definido.**

5.1. Nivel crítico. Protección de la vegetación..... ¡Error! **Marcador no definido.**  
Procedimiento. Evaluación del cumplimiento..... ¡Error! **Marcador no definido.**  
Resultados de evaluación..... ¡Error! **Marcador no definido.**

6. Valores límite. Partícula Pm<sub>10</sub> ..... ¡Error! **Marcador no definido.**

6.1. Valor Límite Diario. Protección de la salud..... ¡Error! **Marcador no definido.**  
Procedimiento. Evaluación del cumplimiento..... ¡Error! **Marcador no definido.**  
Resultado de evaluación de cumplimiento. *Evolución del cumplimiento* ¡Error! **Marcador no definido.**

6.2. Valor Límite Anual. Protección de la Salud ..... ¡Error! **Marcador no definido.**  
Procedimiento de evaluación del cumplimiento ..... ¡Error! **Marcador no definido.**  
Resultados de evaluación..... ¡Error! **Marcador no definido.**

7. Valores Límite. *Partículas Pm<sub>2,5</sub>*..... ¡Error! **Marcador no definido.**  
Procedimiento de evaluación..... ¡Error! **Marcador no definido.**  
Resultados de evaluación..... ¡Error! **Marcador no definido.**

8. Valores Límite y umbrales. Otros contaminantes ..... ¡Error! **Marcador no definido.**

8.1. Dióxido de azufre. SO <sub>2</sub> .....	¡Error! Marcador no definido.
Valor límite horario .....	¡Error! Marcador no definido.
Resultados de evaluación.....	¡Error! Marcador no definido.
Episodios registrados. <i>Región de Murcia</i> .....	¡Error! Marcador no definido.
8.2. Benceno, C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> .....	¡Error! Marcador no definido.
8.3. Monóxido de Carbono, CO .....	¡Error! Marcador no definido.
8.4. Metales .....	¡Error! Marcador no definido.
Parte 3. Final.....	153
9. Seguimiento y revisión. <i>Procedimiento</i> .....	78
10. Normativa y referencias.....	80
11. Definiciones.....	81



## Parte 1. General

### 1. Calidad del aire y contaminación atmosférica

El aire es esencial para la vida, y no sólo porque permite respirar a los organismos vivos, sino también porque su influencia en la Tierra hace que ésta sea habitable. La atmósfera constituye el principal mecanismo de defensa de todas las formas de vida.

El concepto calidad del aire da una idea del grado de pureza del aire que respiramos. Una buena o mala calidad del aire depende de la cantidad y concentración de contaminantes presentes en el mismo, y por tanto está estrechamente relacionada con el concepto de contaminación atmosférica es decir, con *la presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza.*

Estas materias o sustancias, se emiten a la atmósfera directamente por las actividades del ser humano (con origen en el tráfico, industrias, actividades que manejan disolventes, explotaciones agrarias,... ) y debido a procesos naturales donde se emiten Compuestos Orgánicos Volátiles No Metánicos (COVNM) procedentes de la vegetación, Óxidos de nitrógeno (NOx) procedentes de los suelos u otros contaminantes como consecuencia de episodios naturales tales como incendios, resuspensiones atmosféricas, transporte de partículas naturales procedentes de regiones áridas (como las intrusiones de polvo Sahariano), etc.

Existe un gran número de contaminantes atmosféricos con distintas repercusiones en el medio ambiente, en la salud y bienes. Entre ellos, destacan los originados principalmente por las actividades de producción de energía y transporte, también por la agricultura y la ganadería y algunos que no se emiten directamente pues se generan a partir de los primeros.

La Dirección General de Medio Ambiente y Mar Menor, en virtud del *Decreto n.º 53/2018, de 27 de abril, por el que se establecen los Órganos Directivos de la Consejería de Empleo, Universidades, Empresa y Medio Ambiente*, asume, entre otras, las competencias y funciones de **planificación en materia de la calidad del aire**.

El principal instrumento para esta planificación es la Red de Vigilancia de la Calidad del aire de la Región de Murcia que permite medir los niveles de los contaminantes en el aire ambiente para evaluar su situación respecto a valores umbrales. Dicha evaluación se realiza para los siguientes contaminantes: dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), partículas (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>), plomo (Pb), benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), monóxido de carbono (CO), ozono (O<sub>3</sub>), arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg), níquel (Ni) e hidrocarburos policíclicos de manera sistemática, en cumplimiento de la normativa europea y nacional de calidad del aire.

En el marco de estas evaluaciones de la Calidad del Aire de la Región de Murcia, la realizada para el año 2012, arrojó la superación de determinados valores límite y objetivo establecidos en el *Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire*.

En concreto, se produjo:

- *El incumplimiento del valor límite anual para NO<sub>2</sub> (40 µg/m<sup>3</sup>), en la zona Murcia-Ciudad ES1407, (el nivel promedio anual del año 2012 alcanzó 41 µg/m<sup>3</sup>).*
- *El incumplimiento del valor objetivo de Ozono para la protección de la salud humana (consistente en superar en más de 25 ocasiones el valor máximo diario de las medias móviles octohorarias diarias 120 µg/m<sup>3</sup> obtenido en un promedio de tres años) en las **zonas Norte ES1401, Centro ES1402, Murcia-Ciudad ES1407 y Litoral-Mar Menor ES1408** (al alcanzarse 28, 125, 74 y 51 ocasiones, en el trienio 2010-2012).*
- *El incumplimiento del valor objetivo para la protección de la vegetación (consistente en superar el valor de AOT40 de 18.000 µg/m<sup>3</sup> x h como promedio anual de cinco años) en las zonas **Centro ES1402, Murcia-Ciudad ES1407 Norte ES1401, y Litoral-Mar Menor ES1408** (al alcanzarse 35086, 30481 24683, y 19856 µg/m<sup>3</sup> x h de promedio en un periodo de 5 años, respectivamente).*



Estos resultados motivaron la aprobación de un Plan de Calidad del Aire para la Región de Murcia, que tuviera como objetivo principal el conseguir cumplir el valor límite y el valor objetivo incumplidos en el citado año 2012 y que impulsó la elaboración del plan, de acuerdo con el artículo 24 del *Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire*.

De tal manera y conforme establecía el citado artículo 24.1, el Plan para la Mejora de la Calidad del aire de la Región de Murcia, 2016-2018, fue aprobado por Acuerdo del Consejo de Gobierno en sesión del 25 de noviembre de 2015 e incluyó entre su información, el procedimiento para el seguimiento de su cumplimiento y revisión.

Este seguimiento según establecía el propio Plan, se realizaría por parte de una Comisión, utilizando entre otros, un *análisis de la evolución de la calidad del aire*, a través de un informe sobre el “seguimiento de aplicación del Plan” de elaboración periódica.

Para ello y con el objeto de facilitar las funciones<sup>1</sup> de tal Comisión, se realizaron informes a lo largo de su implantación, destacando especialmente, el informe *Plan de Mejora de la Calidad del Aire de la Región de Murcia, 2016-2018. Informe Final* en el cual, se expuso que se puede concluir con que con un grado de implantación previsto hasta la fecha había sido del 81%<sup>2</sup>.

**1) Se ha alcanzado el cumplimiento del valor límite de dióxido de nitrógeno que fue superado en la Ciudad de Murcia en el año 2012.** Pero también que:

**2) No se han obtenido los resultados deseados al respecto de los niveles de Ozono registrados, con carácter general.**

---

<sup>1</sup> De acuerdo con lo que establece la Orden de 29 de junio de 2017 de la Consejería de Turismo, Cultura y Medio Ambiente, por la que se crea la Comisión de Seguimiento del Plan de Mejora de la Calidad del Aire para la Región de Murcia 2016-2018, en su artículo 3.

<sup>2</sup> Incluyendo la total ejecución de las actuaciones que componen la fase V del proyecto SINQLAIR.

En concreto (si bien ha de tenerse en cuenta que los datos del último trienio registrado son aún provisionales) se ha registrado una tendencia ascendente aunque cada vez menos pronunciada de los niveles de ozono desde el 5º trienio (2014-2016) en todas las estaciones.

De acuerdo con estos resultados, se ha de concluir con la necesidad de:

1º. Proseguir ejecutando actuaciones dirigidas a alcanzar el 100% de ejecución del Plan de Mejora con objetivos de mejora más ambiciosos.

2º. Elaborar e implantar un Plan de Mejora de los niveles específicos de Ozono para al menos, las zonas en las que se han superado los valores objetivo, en un plazo si bien razonable, lo más breve posible además de en un marco de actuaciones global en relación al resto de contaminantes.

Con este objeto y sobre la base del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, se elabora el presente *Borrador de Estrategia de Calidad del Aire. Región de Murcia. 2020-2025* marco para el desarrollo de acciones planificadas, diseñadas y orientadas a alcanzar el valor objetivo de Ozono en todas las zonas de la Región y a la mejora cuantificada de la calidad del aire, en general.

La elaboración de directrices, planes y programas de protección del medio ambiente, son funciones cuyo ejercicio le corresponde a la [Dirección General de Medio Ambiente y Mar Menor](#), conforme al Decreto nº 26/2011, de 25 de febrero, por el que se establece la estructura orgánica de la Consejería de Agricultura y Agua (BORM núm. 51, 3 de marzo de 2011).

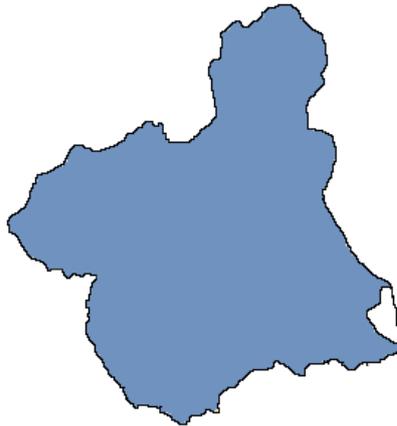
De manera que es el organismo responsable de la elaboración de la presente *Estrategia* (y del *Plan de Mejora de Ozono Troposférico* que contiene) así como de otras actuaciones en la materia y que en materia de calidad del aire marca la *Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire* y normativa de desarrollo, especialmente en el *Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire*.

## 2. Zonificación del territorio. Zonas y aglomeraciones de Calidad del Aire de la Región de Murcia

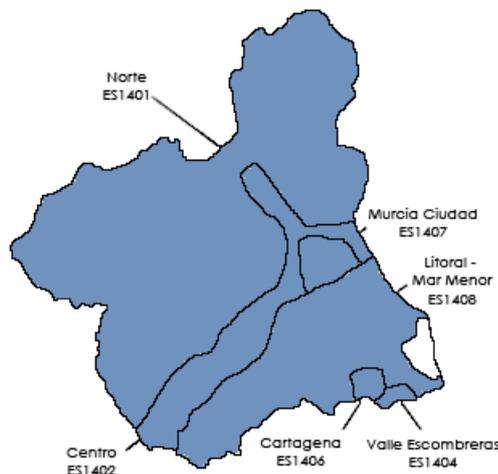
Las distintas zonas en la se ha dividido el territorio para la evaluación y gestión de la calidad del aire (y que se denomina *zonificación*) se considera que refleja la calidad del aire de toda su extensión a razón de características geográficas, características de los diferentes contaminantes, fuentes de emisión, etc.

Desde 2008, la Región de Murcia se encuentra zonificada:

- En una única zona: ES1409 Región de Murcia para la evaluación de Plomo, Metales (Arsénico, Cadmio, Níquel) y Benzo (a) pireno.



→ En 5 zonas y 1 aglomeración, para dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, partículas Pm10 y Pm2.5, Benceno, monóxido de carbono y ozono.



**Zona Comunidad Norte ES1401.** Esta zona engloba casi la totalidad de las comarcas del Noroeste y Altiplano, con una superficie de unos 7.169 Km<sup>2</sup>, una población de aproximadamente 263.472 habitantes y caracterizada por lugares de alto valor ecológico, donde se desarrollan principalmente y de forma moderada, la actividad agrícola, extractiva e industrial.

**Zona Comunidad Murcia- Centro ES1402.** Esta zona incluye la cuenca del Segura y la del Guadalentín, con una superficie de 1.272 Km<sup>2</sup> y una población aproximada de 248.191 habitantes, caracterizada por la peculiaridad de su geografía y por incluir espacios con alto valor ecológico, donde los principales factores que determinan la calidad del aire son la actividad humana que se desarrolla, tanto en el sector del transporte, como de la industria media y de la ganadería.

**Zona Valle Escombreras ES1404.** Esta zona la conforma un área industrial de unos 60 Km<sup>2</sup> con aproximadamente a 22.913 habitantes, donde destaca la actividad de la refinería, las centrales de



generación de electricidad y las actividades de tratamiento de residuos y portuaria de mercancías.

**Zona Cartagena ES1406.** Área delimitada por la ciudad de Cartagena y sus alrededores y que representa unos 146 Km<sup>2</sup> con una población de aproximada de 169.090 habitantes. En ella, es el transporte y la industria, las principales actividades que determinan la calidad del aire de la zona.

**Zona Ciudad de Murcia ES1407.** Zona de aproximadamente 276 Km<sup>2</sup>, definida por la ciudad de Murcia y sus pedanías y situada en el centro del valle formado por las cuencas del Segura y del Guadalentín.

La zona se encuentra caracterizada por la numerosa población asentada en ella, unos 529.599 habitantes pertenecientes al casco urbano de la ciudad y a la mayoría de sus pedanías, incluyendo las urbes de Alcantarilla y Molina de Segura. Los factores que determinan la calidad del aire en este caso, son esencialmente el tráfico de vehículos, actividades industriales y de servicios que se desarrollan en ella.

**Zona Litoral-Mar Menor ES 1408.** Gran área de aproximadamente unos 2.388 Km<sup>2</sup> que comprende toda la franja costera desde el límite Suroeste hasta el límite Este con la Comunidad Valenciana a excepción de los espacios de Cartagena y Escombreras. Se caracteriza por tener escasa población, unos 235.670 habitantes, asentados entre los municipios más importantes, Mazarrón, Águilas, Fuente Álamo, Torre Pacheco y San Javier, con espacios de gran valor ecológico y donde la calidad del aire se encuentra determinada en gran medida por la actividad de instalaciones ganaderas.

No obstante, en el desarrollo de la presente Estrategia se tiene previsto (derivado del Plan de Mejora de la Calidad del Aire, 2016-2018) concluir la revisión de la zonificación actual.

### 3. Objetivos 2023

#### 3.1. Ozono troposférico

Protección de la salud humana		
Parámetro	Objetivo	Plazo
Máxima Diaria de las medias móviles octohorarias	Menos de 25 días por cada año civil en promedio en un periodo de 3 años que supere 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Trienio 11º (2020-2021-2022)
<i>Aún sin definir</i>	<i>Aún sin definir</i>	Trienio 14º (2023-2024-2025)

Protección de la vegetación		
Parámetro	Objetivo	Plazo
AOT40, calculado a partir de valores de mayo a julio	Menos de 18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ de promedio en un periodo de 5 años <sup>3</sup>	Quinquenio 12º (2020-2021-2022-2023-2024-2025)

#### 3.2. Otros contaminantes

<sup>3</sup> El valor AOT40, acrónimo de «Accumulated Ozone Exposure over a threshold of 40 Parts Per Billion», se expresa en  $[\mu\text{g}/\text{m}^3] \times \text{h}$  y es la suma de la diferencia entre las concentraciones horarias superiores a los 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , equivalente a 40 nmol/mol o 40 partes por mil millones en volumen, y 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a lo largo de un período dado utilizando únicamente los valores horarios medidos entre las 8:00 y las 20:00 horas, HEC, cada día.

## Parte I. Ozono troposférico

### 4. Ozono Troposférico

El gas ozono ( $O_3$ ) tiene un efecto positivo en la estratosfera (capa de la atmósfera situada a unos 10-50 km de la superficie terrestre), ya que protege de la radiación ultravioleta. Sin embargo, a cotas inferiores, en la troposfera (la capa de la atmósfera en contacto con la tierra), se convierte en un contaminante, conocido como *Ozono Troposférico*.

Este contaminante se genera a partir de reacciones químicas complejas, en las que participan otros gases contaminantes -que actúan como precursores- (principalmente óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) y compuestos orgánicos volátiles (COVs, tanto antrópicos -producido por la actividad humana- como biogénicos -producido por organismos vivos o por un proceso biológico esencial para el mantenimiento de la vida como los procedentes de la vegetación).

El nombre genérico COV engloba más de un millar de compuestos de las familias de los hidrocarburos alifáticos y aromáticos, éteres, aldehídos, cetonas, ácidos y alcoholes, de origen tanto natural como antropogénico. Entre otras fuentes son liberados por la quema de combustibles y en la fabricación y manipulación de disolventes, pinturas, productos de limpieza, y en las emisiones biogénicas de la vegetación.

La exposición a elevados niveles de este contaminante, origina problemas respiratorios sobre la salud humana (irritación, inflamación, insuficiencias respiratorias, asma) y puede contribuir a incrementar la mortalidad prematura; también puede dañar la vegetación, afectar al crecimiento de cultivos y bosques, reducir la absorción de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) por las plantas, alterar la estructura de los ecosistemas y reducir la biodiversidad.

Además, es un gas de efecto invernadero (el tercero en importancia después de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y el metano ( $CH_4$ )). Por tanto, la reducción de las concentraciones de este

contaminante no solo se traduciría en beneficios directos para la salud humana y para la vegetación, sino que contribuiría a combatir el cambio climático.

#### 4.1. Niveles de Ozono en el aire ambiente

En general, los niveles de contaminantes en un punto de la superficie son básicamente el resultado de las emisiones de su entorno o desde fuentes respecto a las cuales se encuentra a sotavento (en dirección opuesta a la parte de donde viene el viento), y de los procesos físico-químicos que tienen lugar posteriormente sobre dichas emisiones (transporte por el viento, movimientos verticales, reacciones químicas entre los componentes,...) ya sean de aporte o de eliminación o destrucción del contaminante.

Además, para especies cuyo tiempo que permanece en la atmósfera es significativo, del orden de varios días, pueden presentarse niveles *de fondo* (como resultado de emisiones y procesos a mayor escala).

En particular para ozono, los niveles registrados en un punto de la superficie, serían el resultado del balance de los siguientes procesos:

- **Procesos de aporte**

- “**Formación in situ**”. La formación "in situ" de ozono como resultado de transformaciones fotoquímicas de los precursores emitidos desde fuentes naturales y antropogénicas (principalmente NO<sub>x</sub>, y COV). Estas reacciones son activadas por la radiación solar por lo que siguen patrones de comportamiento diario y estacional característicos debido a la mayor radiación en las horas centrales del día, y en los meses centrales del año.

- “**Transporte desde áreas vecinas**”. El aporte de contaminantes desde entornos vecinos a causa del transporte que ejercen los movimientos de aire, tanto en la dimensión horizontal (advección), como en la vertical (turbulencia mecánica y convectiva, forzamiento orográfico, subsidencia,...)

- **Procesos de eliminación o destrucción**

- “**Consumo**”. Las reacciones químicas donde el ozono actúa, pero consumiéndose.

- “**Deposición**”. Los procesos de deposición de ozono sobre el terreno (tanto seca como húmeda).
- “**Transporte hacia áreas vecinas**”. El transporte de contaminantes fuera del entorno a causa de los movimientos atmosféricos, tanto en la dimensión horizontal, como en la vertical.

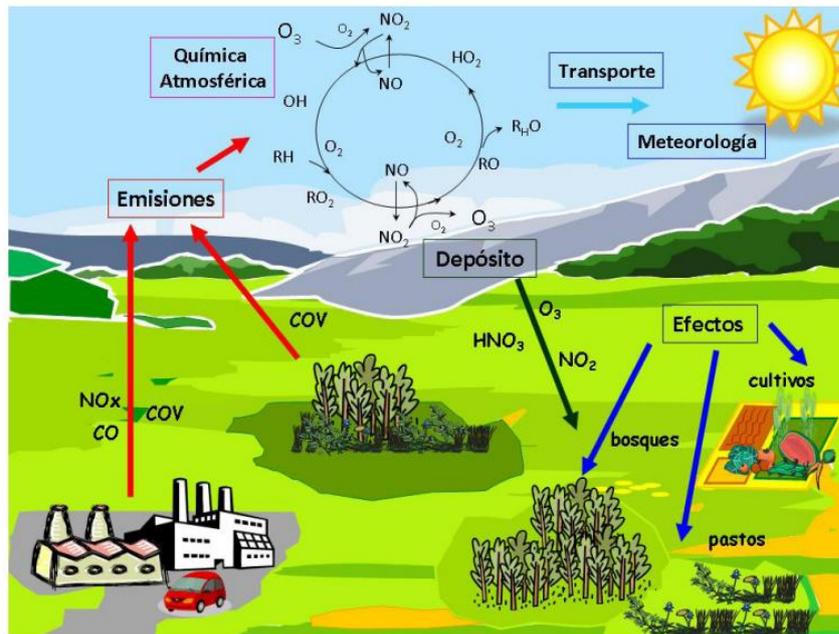
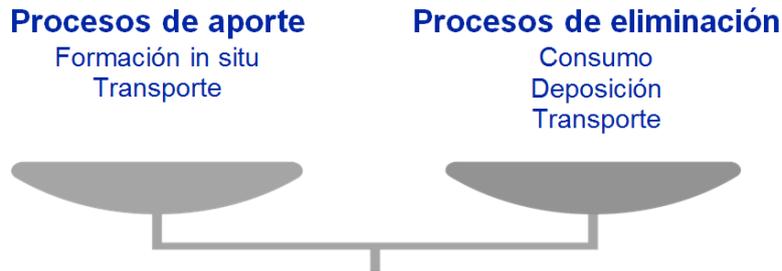


Ilustración 1. Ciclo simplificado del ozono y procesos relacionados (Fuente: El ozono troposférico y sus efectos en la vegetación. MARM. CIEMAT)

Además, las concentraciones pueden variar en uno u otro sentido como respuesta a cambios en la *capa de mezcla*<sup>4</sup>, de manera que si ésta se reduce (como ocurre bajo situaciones de inversión térmica<sup>5</sup>) puede incrementarse significativamente los niveles (al reducir su volumen –el contaminante se concentra).

La intensidad con que se dan estos procesos marca el resultado del balance que determina el nivel de ozono.



La intensidad de cada uno de los procesos, dependen en su conjunto de múltiples factores: posición geográfica, orografía, tipo de entorno (urbano/rural/industrial), posición y distancia respecto a fuentes de emisión, situación meteorológica, hora del día, día de la semana, estación del año, etc. lo que supone, en esencia que los niveles de ozono presentan una gran variación espacial y temporal.

<sup>4</sup> La capa de la atmósfera en contacto con la superficie donde la turbulencia térmica y mecánica inducida por este contacto mantiene la composición del aire relativamente homogénea.

<sup>5</sup> Situación en la cual aumenta la temperatura al aumentar la altitud. En este caso se inhiben los movimientos verticales y se genera una gran estabilidad atmosférica. Si en la capa atmosférica en la que se encuentra inmersa, existen altas concentraciones de contaminantes, éstos presentan dificultades para dispersarse debido a la estabilidad atmosférica que se ha generado.

Existen patrones espacial-temporales que pueden permitirnos entender determinadas tendencias o comportamientos de los niveles de ozono que se registran en la Región, en especial cuando se producen superaciones.

## 4.2. Impacto del Ozono en la *Región de Murcia*

El ozono troposférico es un contaminante a escala global que impacta con mayor intensidad en las regiones industrializadas y densamente pobladas de las latitudes medias del hemisferio norte.

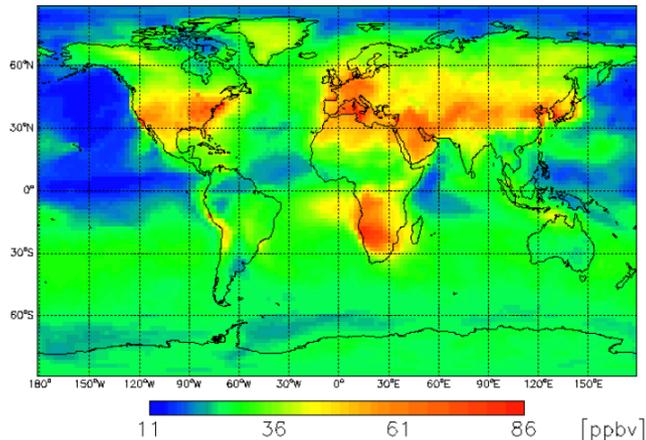
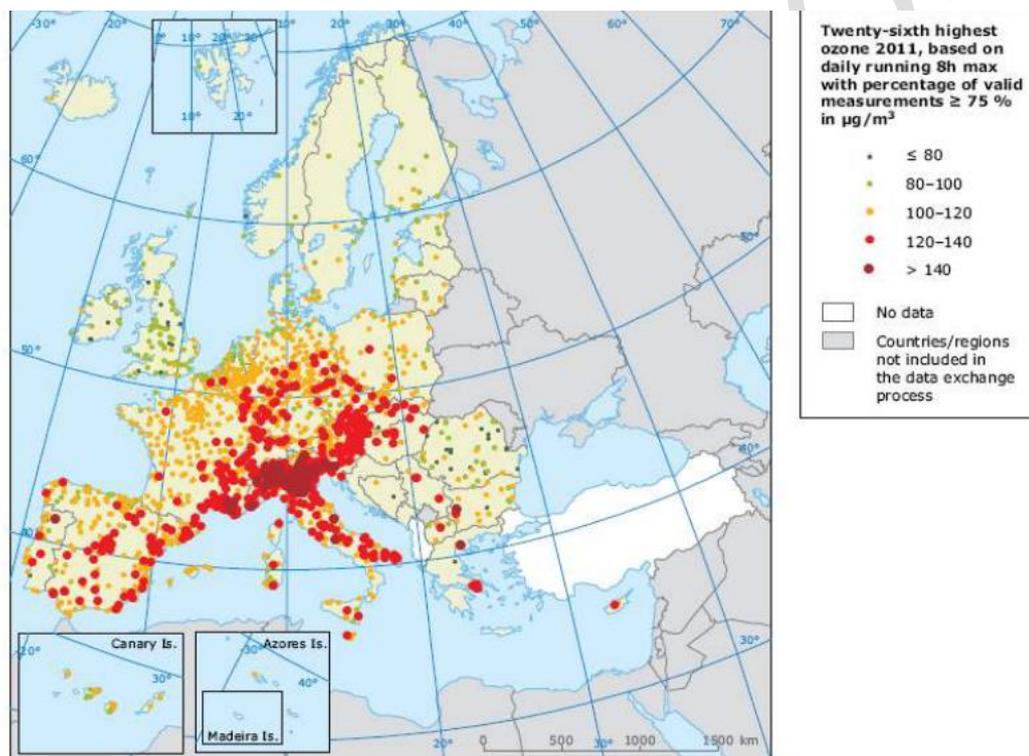


Ilustración 2. Promedio Mensual de la concentración de ozono en superficie para el mes de julio (1 a 4 p.m) con el modelo GEOS-CHEM. Fuente: Informe Final CONOZE (Fuente:www.wmo.int)

En general, en los territorios situados en la cuenca mediterránea, densamente poblada y con un desarrollo económico relativamente reciente e intenso, se dan con mayor peso procesos de aporte (y acumulación) de ozono troposférico al presentar estas condiciones de densidad de población y desarrollo que favorece la emisión de precursores del ozono, una mayor incidencia de la radiación

solar -dada su latitud- y mayor predominio de condiciones anticiclónicas, en primavera y verano (determinadas en gran medida, por su situación geográfica).

Estas características convierten a esta zona en la región de Europa, de las zonas donde se registran los niveles ambientales de ozono en superficie más elevados.



Niveles de Ozono en Europa en 2011, en términos de percentil 93.2 de los máximos diarios del promedio de 8 horas en las estaciones automáticas de calidad del aire. (Fuente: Informe Final. Memoria Técnica Proyecto CONOZE. Contaminación por ozono en España. Abril 2014, a su vez Fuente: AEMA, 2013).

En este marco, la situación de la Península Ibérica presenta unas concentraciones de ozono en el aire que sobrepasan con frecuencia los valores objetivo establecidos en la legislación europea y nacional para la protección de la vegetación y la salud humana, en general, en áreas que rodean zonas urbanas e industriales principales del país pero también en zonas de la cuenca Mediterránea.

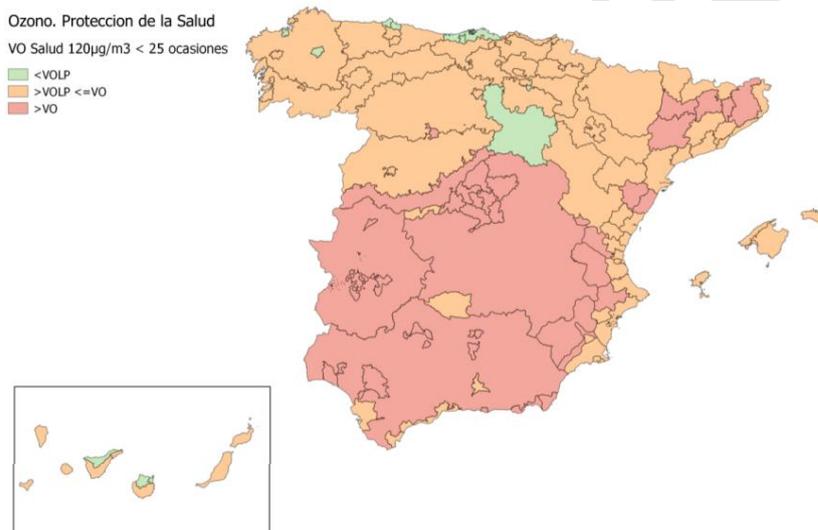


Ilustración 3. Situación de la calidad del aire de 2017 respecto al valor objetivo de O3 para la protección de la salud (zonas). Fuente (MITECO)

La formación y dispersión del ozono en los territorios de la cuenca del Mediterráneo de la península en los que se sitúa la Región de Murcia, con carácter general y en gran parte, se asocia a la **emisión de precursores procedentes de fuentes locales** y al transporte de ozono a escala regional debido a la **circulación de los vientos en la zona**.

Sobre las fuentes locales, la Región cuenta con una distribución de emisiones urbanas e industriales concentradas principalmente en dos puntos: En **Cartagena-Escombreras**, con más de 200.000 hab., una importante área portuaria, y un polo industrial de primer orden y en el **entorno de Murcia-Alcantarilla-Molina del Segura**, que supera los 600.000 hab., y en el que las industrias del sector químico tiene una significativa presencia.

A estas se suman otras **áreas urbanas** dispersas **de menor tamaño** (Lorca, Cieza, Totana...), **otros focos industriales** significativos en La Aljorra, y **grandes vías de circulación** de tráfico interurbano como la A7 y la A-30.

Por otro lado, los vientos dominantes, en especial en primavera y verano, viene determinado en gran medida por la localización de la Región y de la disposición de sus unidades de relieve.

La Región de Murcia se localiza en el vértice suroriental de la península, y su territorio se configura en dos unidades de relieve: una zona litoral básicamente llana (aunque con presencia de pequeñas sierras como Almenara, Carrascoy, y Algarrobo), y una interior montañosa, que corresponde a la parte oriental de las Sierras Béticas.

Estas sierras se orientan en sentido suroeste-noreste, tienen su prolongación hacia el norte de Alicante, y están surcadas en su parte central por la cuenca del río Segura, que constituye una vía de comunicación con la meseta meridional por el sur de Albacete.

El hecho de que la línea de costa a ambos lados del cabo de Palos presenta dos orientaciones perpendiculares entre sí, condiciona el régimen de brisas, que en diferentes puntos pueden ser alternativamente de componente E y de componente S, en el litoral.

No obstante, las rosas de viento ubicadas en diferentes localidades muestran el predominio, entre abril y septiembre, durante el periodo diurno (periodo de mayores niveles de Ozono) de viento de componente E (rango ENE-ESE) en la mayor parte de la Región de Murcia.



Se trata de vientos de mesoescala con alternancia noche-día, donde la orografía favorece durante el día las brisas de la costa Este sobre las de la costa Sur (lo que determina **una dinámica del ozono en la Región de Murcia más ligada a las circulaciones del este** -más parecida a la del sur de la Comunidad Valenciana-) pero también provoca variaciones de gran interés en el transporte de emisiones de precursores.

## 5. Efectos en la salud y vegetación

### 5.1. Perspectiva de salud pública<sup>6</sup>

Existen ciertos grupos de población potencialmente más sensibles a la acción del ozono. Esta especial sensibilidad puede venir dada por diversos factores: edad, sexo, nutrición, ejercicio y por la diferente sensibilidad entre individuos. Una sensibilidad mayor de lo normal al ozono puede ser debida a numerosas causas. Las más frecuentes son: preexistencia de enfermedad respiratoria, realización frecuente de ejercicio físico y factores genéticos.

Aunque los altos niveles de ozono pueden afectar a cualquier persona, algunas son particularmente sensibles, representando aproximadamente un 10% de la población total y son:

- 1- Niños: Pasan la mayor parte del tiempo al aire libre, son más activos y sus vías respiratorias no se han desarrollado completamente.
- 2- Adultos que hacen ejercicio al aire libre: Las personas saludables que realizan actividades físicas respiran más rápido y profundo. Esto incrementa la cantidad de ozono que llega hasta

---

<sup>6</sup> Extraído de la información sobre el ozono troposférico y sus efectos sobre la salud disponible al respecto del Ozono en [www.murciasalud.es](http://www.murciasalud.es) ([contaminación del aire ambiente> ozono troposférico](#))

los alvéolos. Lo que implica un aumento considerable de la exposición con el consiguiente aumento de la afección.

3- Personas con enfermedades respiratorias: El ozono puede irritar aún más las vías respiratorias de personas que ya sufren de enfermedades pulmonares o de las vías respiratorias. Así pues personas con enfermedades crónicas como el asma y la bronquitis, con la capacidad pulmonar reducida, pueden experimentar un agravamiento de los síntomas habituales.

4- Ancianos

5- Personas sensibles: Existen determinadas personas que, por causa aun desconocidas, experimentan una mayor sensibilidad al ozono, viéndose afectadas por el aumento de las concentraciones de este contaminante.

### Efectos en la salud. *Conclusiones*<sup>7</sup>

Al aumentar los niveles de ozono, los efectos adversos que se producen sobre la salud dependen más de la duración de la exposición que de las concentraciones máximas. El grado de empeoramiento de los efectos depende de varios factores incluyendo concentración y duración de la exposición, características del clima, sensibilidad individual, enfermedades respiratorias pre-existentes y estatus socioeconómico.

Los efectos que se pueden producir son:

---

<sup>7</sup> Con base en los contenidos de las páginas web que se relacionan a continuación, en ellas se puede consultar los textos originales: <http://reports.es.eea.europa.eu/92-828-3351-8/es/page005.html>: Capítulo 5. Ozono troposférico. El Medio Ambiente en Europa: segunda evaluación. [http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair\\_agg/en/index.html](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair_agg/en/index.html): WHO Air quality guidelines for particulate mater, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide.Global update 2005 [http://www.euro.who.int/air/activities/20050223\\_4](http://www.euro.who.int/air/activities/20050223_4): WHO: Air Quality Guidelines-Second Edition. Chapter 7.2.

- Deterioro de la función pulmonar, envejecimiento prematuro de los pulmones.
- Mayor incidencia de ataques asmáticos y síntomas de disfunción respiratoria en asmáticos.
- Malestar en las vías respiratorias y tos.
- Irritación ocular, de nariz y garganta.
- Cefaleas.
- Náuseas.
- Aumenta el nivel en las vías respiratorias de acetilcolina, metilcolina y histamina.
- Alteraciones del sistema inmunológico.
- Empeoramiento de las enfermedades respiratorias pre-existentes
- Reduce la capacidad del sistema inmunitario frente a las infecciones bacterianas en el sistema respiratorio.
- Daños permanentes en el pulmón.
- En niños daños repetidos en el pulmón puede conducir a una reducción de la función pulmonar en la edad adulta.

### Recomendaciones sanitarias

- Para valores entre 0 y 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

La actividad física y la sensibilidad individual son los factores para determinar los posibles efectos adversos en la salud.

Cuando dentro de este rango aparecen valores elevados, si se realizan actividades físicas al aire libre, niños, jóvenes y adultos sensibles tienen el riesgo de sufrir una débil reducción de su función pulmonar. Para los valores próximos a 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , las personas sensibles pueden sufrir probablemente irritación de las mucosas de los ojos, nariz y garganta.

- Para valores entre 180 y 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

La actividad física y la sensibilidad individual son los factores para determinar los efectos adversos en la salud.

Cuatro grupos de personas son especialmente sensibles al ozono cuando realizan actividades al aire libre: niños, adultos sanos haciendo ejercicios físicos intensos, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares preexistentes y ancianos.

El ozono nos hace más vulnerables a las alergias. Si hay niveles altos, de ozono, es recomendable evitar el contacto con sustancias o animales que nos las puedan ocasionar.

Por ello se recomienda:

- A las personas sensibles, tales como niños, ancianos, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, deberán evitar cualquier esfuerzo físico y los deportes al aire libre.
- Existe la probabilidad de irritación de las mucosas. En caso de actividades físicas en el exterior, es previsible una reducción del 5 al 10% de la función pulmonar de niños, jóvenes y adultos sensibles.

→ Para valores mayores de 240  $\mu\text{gr}/\text{m}^3$

La toxicidad del ozono se caracteriza por una serie continua, en la cual concentraciones más altas, duración más larga de la exposición, y mayores niveles de actividad de la persona durante la exposición, causan mayores efectos.

Estos factores expuestos junto con la sensibilidad individual determinan los efectos adversos en la salud.

Cuatro grupos de personas son particularmente sensibles al ozono cuando realizan actividades al aire libre: niños, adultos sanos haciendo ejercicios físicos intensos, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares preexistentes y ancianos.



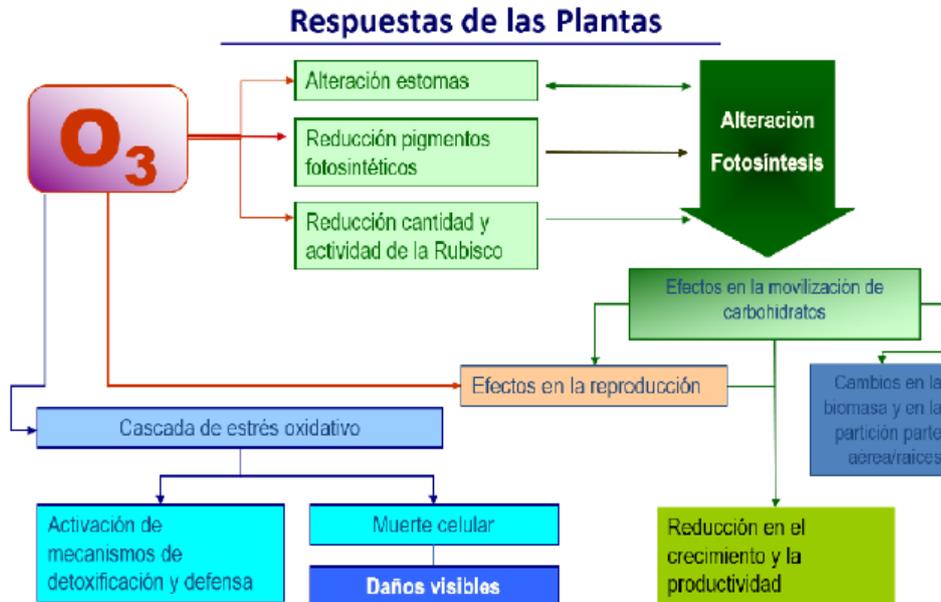
El ozono nos hace más vulnerables a las alergias. Si hay niveles altos, de ozono, es recomendable evitar el contacto con sustancias o animales que nos las puedan ocasionar.

Por ello se recomienda:

- La población en general debe evitar los ejercicios físicos de larga duración al aire libre.
- Evitar los contactos con sustancias (polvo o polen) o animales que nos puedan ocasionar alergias.
- Aunque una estancia normal al aire libre, durante periodos cortos, no causan daños apreciables en la salud, es posible que en personas sanas y en una larga exposición manifiesten en ocasiones alteraciones respiratorias como tos, molestias en la inspiración, posible disminución en la capacidad de realizar ejercicio físico (la función pulmonar puede reducirse un 15% y en el caso de personas sensibles un 30% o más), irritación de los ojos, nariz y garganta y dolores de cabeza.

## 5.2. Efectos en la vegetación

El ozono entra en las hojas a través de los estomas y produce una serie de efectos que van desde alteraciones fisiológicas a daños visibles o reducciones en el crecimiento de las plantas, cuando los mecanismos de defensa y de reparación se ven superados.



Algunos de los primeros efectos que se observan se presentan a nivel fisiológico. El ozono afecta principalmente a la fotosíntesis a través de varios mecanismos. Diversos estudios han encontrado que la Rubisco (el enzima responsable de la fijación del carbono en la fase oscura de la fotosíntesis) se ve afectada inicialmente, lo que produce una bajada en la asimilación de CO<sub>2</sub> por la planta. El ozono, además, produce una degradación de los pigmentos fotosintéticos que también limita la actividad fotosintética. También se ha documentado un cierre de los estomas o una mala regulación del intercambio de vapor de agua en plantas que crecen bajo niveles elevados de ozono. Este efecto puede estar causado por una acción directa de este contaminante sobre los estomas como a través de un aumento del CO<sub>2</sub> intracelular (causado por la disminución en la actividad de la Rubisco) que favorece un mayor cierre estomático. Al final, las plantas sensibles afectadas por concentraciones



elevadas de ozono presentan una disminución en la asimilación de CO<sub>2</sub> que repercutirá en una mejor fijación de carbono y producción de carbohidratos. Otro efecto frecuentemente observado es una menor eficiencia del uso del agua respecto al CO<sub>2</sub> asimilado (WUE, Water Use Efficiency, por sus siglas en inglés).

Tras la entrada en la hoja, el ozono acaba produciendo especies de oxígeno reactivo (ROS, por sus siglas en inglés) que incluyen iones de oxígeno, radicales libres y peróxidos tanto inorgánicos como orgánicos. Estos ROS causan daños celulares y también activan los mecanismos de detoxificación y defensa de las plantas como es el caso de la producción de moléculas antioxidantes como el ácido ascórbico o la activación de enzimas antioxidantes (catalasas, peroxidasas...), lo que supone un gasto energético para la planta. En algunas especies se observa una acumulación de taninos y de calosa, una sustancia que también se acumula como respuesta a los daños mecánicos, o de ataques de insectos u hongos. A nivel celular este contaminante causa alteraciones anatómicas características. La zona más alterada de las hojas suele ser el parénquima en empalizada, la parte más activa en la fotosíntesis. Se produce una degeneración de los cloroplastos y el tonoplasto de las vacuolas se altera. Las paredes celulares se degradan, acumulándose sustancias pépticas que forman como pequeñas gotas en las paredes celulares. En un estadio más avanzado, las células del parénquima en empalizada colapsan, aumentan los espacios intercelulares, y los daños son visibles externamente. También hay alteraciones secundarias en el floema de los haces vasculares: la forma de las células de este tejido se modifica y se depositan sustancias que dificultan la circulación de la savia. Frecuentemente, las hojas afectadas por estos procesos se desprenden antes que en las plantas que crecen en condiciones con niveles bajos de ozono y en general se acelera la senescencia de las hojas.

La menor síntesis de carbohidratos repercute en un menor crecimiento de las plantas y su productividad. En los árboles, el crecimiento y la producción pueden disminuir, y en un número considerable de estudios se observa que los efectos son proporcionalmente mayores en las raíces

que en la parte aérea. En los cultivos sensibles disminuye la producción y la calidad de los frutos. Estas reducciones en el crecimiento pueden producirse sin que haya daños visibles en las hojas.

Finalmente, en la vegetación natural, el estrés crónico producido por el ozono podría favorecer el ataque de diferentes patógenos en las plantas que son más sensibles. También favorecería la predominancia de los genotipos más resistentes de las diferentes especies, e incluso potenciar los cambios en las comunidades a favor de las especies más resistentes.

Dado que el ozono no se acumula en las hojas, al contrario que otros contaminantes como el dióxido de azufre o los fluoruros, la única manera de identificar zonas con impactos por este contaminante es la observación de daños visibles en plantas sensibles. La observación de daños visibles se ha incorporado en programas internacionales como el Forest Health Monitoring en Estados Unidos o el ICP-Forest, que coordina una red europea de salud forestal, incluyendo España. Otro programa internacional, el ICP-Vegetation, ha realizado observaciones no sistemáticas de daños por ozono en cultivos, encontrando diversas especies que mostraban síntomas en todo el levante de la Península Ibérica. El ozono causa daños típicos en las hojas. Las hojas jóvenes están siempre menos afectadas. En las plantas de hoja ancha, el ozono, típicamente produce pequeñas punteaduras necróticas (“stippling”, de color amarillo, marrón o rojizo) que normalmente afectan sólo al haz de las hojas, y no se presentan en el envés excepto en casos de daño severo. Las punteaduras están relativamente mal delimitadas, al contrario que las manchas causadas por insectos u hongos. Los nervios permanecen verdes, y no son atravesados por estas punteaduras. Para ser daños por ozono, la observación al microscopio puede ser de ayuda, si se confirma que los daños afectan al parénquima en empalizada y no son simplemente superficiales (restringidos a la epidermis). En coníferas, los daños típicos por ozono son un moteado clorótico difuso que afecta a las acículas más viejas.

En Europa, la zona donde los daños son más abundantes es el sur de Suiza y el norte de Italia, lo que coincide con la presencia de niveles elevados de ozono y de una vegetación que incluye un número abundante de especies sensibles, que además disponen de agua en abundancia. En las

zonas más secas, como en buena parte de la Península Ibérica, la presencia de síntomas está menos extendida, por diversos motivos. Las plantas esclerófilas están adaptadas a resistir mejor el estrés. Algunas de estas plantas presentan un sistema de antioxidantes más eficiente para combatir estreses como la sequía, la fuerte radiación solar, y también el ozono. Por otro lado, frente a una situación de estrés hídrico, las plantas cierran los estomas y por tanto reducen el ozono que la planta toma de la atmósfera, y en consecuencia los daños producidos por este contaminante.



Daños por Ozono en tomate reproducidos en condiciones controladas (fuente:CEAM)

## 6. Evaluación de Calidad del Aire. Técnicas utilizadas para Ozono

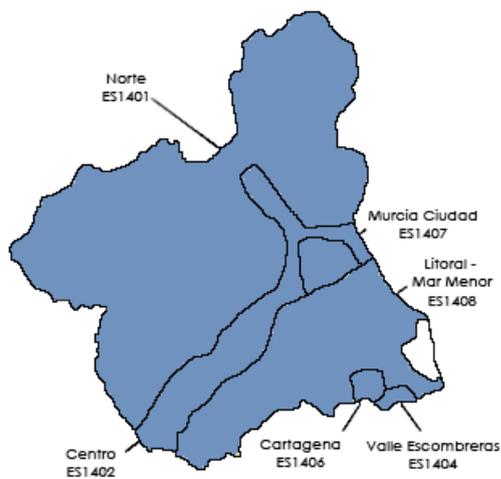
La *evaluación*<sup>8</sup> de la calidad del aire es el resultado que obtenemos al aplicar cualquier método dirigido a medir, calcular, predecir, estimar las emisiones, los niveles o los efectos de la contaminación atmosférica. Estos métodos pueden ser mediciones fijas, técnicas de modelización, campañas de mediciones representativas, mediciones indicativas, investigaciones o una combinación de todos o algunos de éstos.

No obstante, para el ozono se establece como método de evaluación, la medición fija en las zonas y aglomeraciones en las que en alguno de los últimos 5 años, se ha superado el valor objetivo a largo plazo para la protección de la salud o de la vegetación establecidos, pudiéndose complementarse con información procedente de técnicas de modelización o mediciones indicativas.

De manera que de acuerdo con los resultados para la Región de Murcia que figuran en el [Informe sobre la Situación de las zonas de calidad del aire respecto a los umbrales de evaluación 2012-2017 \(preliminar\)](#) y que refleja la siguiente representación, se debe realizar medición fija en las zonas **ES1401 Comunidad Murcia-Norte, ES1402 Comunidad de Murcia Centro, ES1404 Valle de Escombreras, ES1406 Cartagena y ES1408 Litoral Mar Menor:**

---

<sup>8</sup> Conforme a la definición del art. 3.i) de la Ley 34/2007, de 15 de noviembre.



De acuerdo con ello, la técnica de evaluación utilizada en todas las zonas, ha sido la medición fija con los siguientes equipos de medición, en los emplazamientos fijos y para la evaluación de la calidad del aire –al respecto del Ozono- de las distintas zonas de calidad del aire de la Región, a continuación indicadas:

Zona	Estación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Murcia Ciudad	Alcantarilla	SIR S5014(2006)								THERMO 49i <sup>9</sup> (2018)
	San Basilio	SIR (2001)	S5014	THERMO 49I (2008)						
Valle	Alumbres	SIR S5014(2003)								
	Escombreras									SIR S5014 <sup>10</sup> (2004)
Cartagena	Mompeán	SIR S5014(2006)								
Norte	Caravaca	SIRSA S5014 (2007)								ECOTECH SERINUS 10 <sup>11</sup> (2018)
Litoral-Mar Menor	La Aljorra	SIR S5014 (2006)								
Centro	Lorca	SIR S5014 (2007)				ECOTECH SERINUS <sup>12</sup> (2014)			ECOTECH SERINUS 10 <sup>13</sup> (2018)	

## 7. Evaluación de Objetivos y umbrales

### 7.1. Para la protección de la salud

La normativa en la materia, establece el siguiente valor objetivo para la protección de la salud:

Valor Objetivo para la protección de la salud humana	Términos	Frecuencia de evaluación de superación
120 µg/m <sup>3</sup>	Máxima Diaria de las medias móviles octohorarias	Diario

<sup>9</sup> N° serie 1172960021

<sup>10</sup> N°serie 54

<sup>11</sup> N° serie 17-1910

<sup>12</sup> 10 E20010

<sup>13</sup> N° serie 17-1760



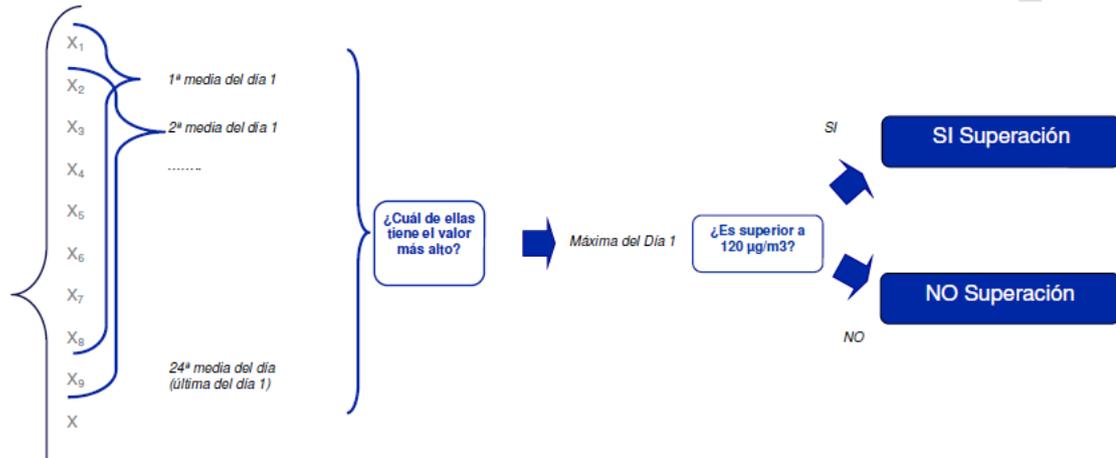
El procedimiento -de acuerdo con los términos en los que se presenta el valor objetivo- se realiza cada día, sobre los niveles registrados del día anterior.

Consiste básicamente<sup>14</sup>, en que por cada nivel horario registrado, se realiza la media aritmética de éste con las 7 horas anteriores, obteniendo 24 medias móviles octohorarias cada día.

De entre ellas (las 24 medias móviles octohorarias), se selecciona la de valor más elevado, el cual si es superior a 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , supondrá **superación** y por el contrario si es igual o inferior, no supondrá superación del valor objetivo.

---

<sup>14</sup> En cualquier caso, en la aplicación de este procedimiento debe garantizarse el cumplimiento de los requisitos de calidad de los datos exigidos y los criterios de agregación y cálculo que aseguran su validez.



No obstante, las emisiones de los compuestos precursores del ozono y las condiciones meteorológicas varían entre otros, a lo largo de los años, provocando fluctuaciones interanuales en las concentraciones medias de este contaminante, en los valores máximos o en el comportamiento temporal en que suceden estos máximos que complican entre otros, el análisis de las tendencias en los niveles que se van registrando.

Esta es la razón por la que la normativa europea y española actualmente en vigor establece el criterio de cumplimiento de objetivos en términos de valores promedios correspondientes a varios años consecutivos (tres años en los dirigidos a la protección de la salud humana) pues así se minimiza la influencia de las variaciones climatológicas interanuales y por tanto, permiten estimar las tendencias temporales con mayor independencia de estas variaciones.

De acuerdo con lo anterior, la normativa en la materia, establece el siguiente criterio para determinar el cumplimiento del valor objetivo:

Criterio para el cumplimiento del Valor Objetivo	Términos	Frecuencia de evaluación del cumplimiento
25 días por año o menos	Promedio de un periodo de 3 años <sup>15</sup>	1 año

En este caso, el procedimiento -de acuerdo con los términos en los que se presenta el criterio de cumplimiento- se realiza cada año.

Para ello se contabiliza el número de superaciones – procedimiento anterior y necesariamente previo- que se han registrado a lo largo del año (estos son la suma de las superaciones determinadas de 365 procedimientos de evaluación de superación que se realizan en un año) y calculando con este dato y con los de los dos años anteriores, la media aritmética<sup>14</sup>.

Si esta media es superior a 25, se habría incumplido el valor objetivo. Por el contrario, si esta media es igual o inferior a 25, se habría cumplido el valor objetivo.

Por tanto, **la superación por sí misma, NO implica necesariamente incumplimiento.**

No obstante, con carácter orientativo, los máximos diarios de las medias móviles octohorarias, tanto si éstas son superiores al valor objetivo para la protección de la salud como si son iguales o

---

<sup>15</sup> Las emisiones de los compuestos precursores del ozono y las condiciones meteorológicas varían también a lo largo de los años, provocando fluctuaciones interanuales en las concentraciones medias de este contaminante, en los valores máximos o en el patrón temporal en que suceden estos máximos que complican el estudio de las tendencias temporales de los niveles de ozono y el análisis de la efectividad de las políticas adoptadas para controlar la contaminación atmosférica. Con el objeto de minimizar la influencia de las variaciones climatológicas interanuales y por tanto, permitiendo estimar las tendencias temporales con mayor independencia de estas variaciones, la normativa europea y española actualmente en vigor establece unos objetivos en valores promedios correspondientes a varios años consecutivos (tres años en los dirigidos a la protección de la salud humana y cinco para la protección de la vegetación).

inferiores, de 2012 en adelante, se encuentran a disposición el público en <https://sinclair.carm.es/calidadaire> (Documentación>Ozono troposférico>Máximos octohorarios mensuales).

De acuerdo con lo anterior, el número de días promedio en los que se ha superado el valor de 120 µg/m<sup>3</sup>, desde su evaluación, ha sido:

Zona/ Punto de muestreo	Trienio						
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º
Murcia-Ciudad/ Alcantarilla	<b>75</b>	<b>45</b>	<b>44</b>	<b>26</b>	19	22	<b>31</b>
Valle/ Alumbres	17	6	2	6	12	23	<b>28</b>
Litoral-Mar Menor/ La Aljorra	<b>51</b>	<b>46</b>	10	7	0	5	11
Centro/ Lorca	<b>126</b>	<b>107</b>	<b>65</b>	<b>35</b>	19	<b>28</b>	<b>32</b>
Murcia-Ciudad/ San Basilio	9	5	7	9	9	19	24
Cartagena/ Mompeán	0	2	2	2	3	10	12
Norte/ Caravaca	<b>28</b>	16	<b>28</b>	21	<b>31</b>	<b>27</b>	<b>39</b>

Tabla 1. Nº medio (de tres años) de días en los que se ha superado el valor objetivo

*En el trienio 2016-2017-2018, en las estaciones de Lorca y Alumbres, el año 2018 no se ha podido emplear para el cálculo de la media debido a que no se ha alcanzado el porcentaje mínimo de datos registrados para poder incluirlo en el promedio.*

Que representados gráficamente, presentan la siguiente evolución en el tiempo:

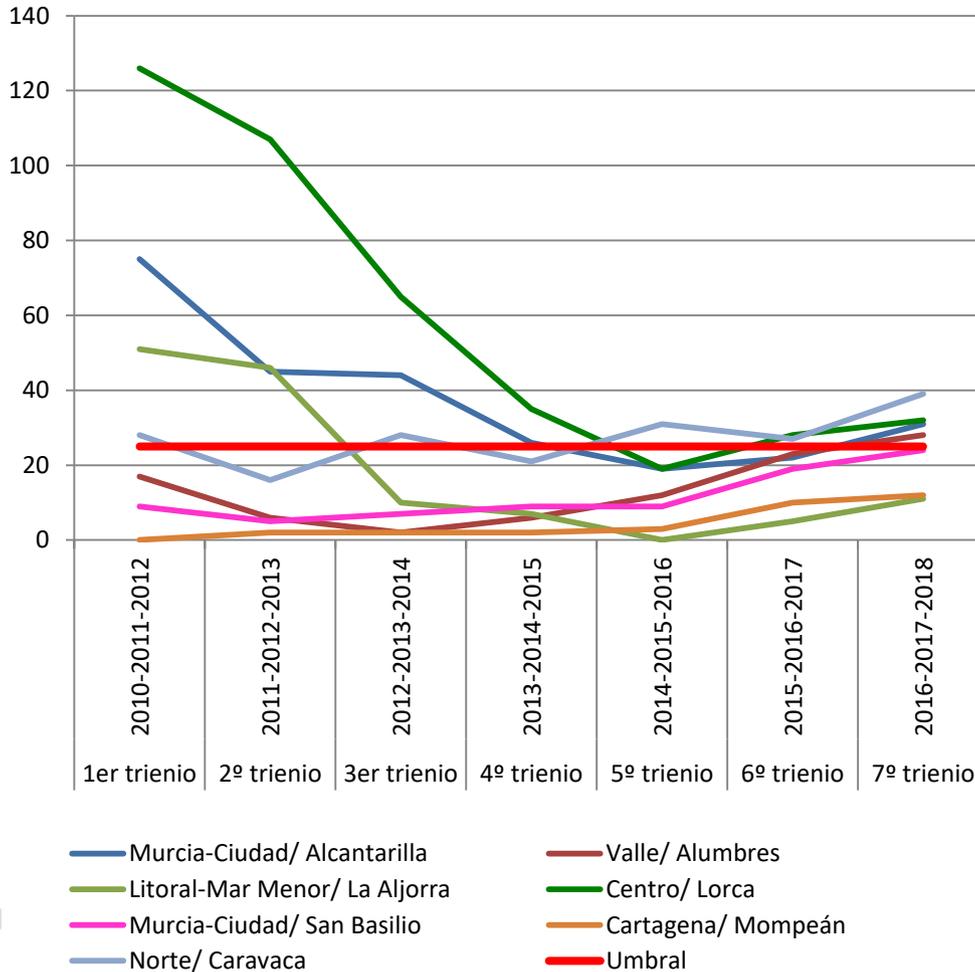


Ilustración 4. Evolución del número de días al año, como promedio de tres años en los que se ha superado el valor objetivo para la protección de la salud

De acuerdo con ello y con la normativa de aplicación, en el año 2013 se evaluó el primer trienio 2010-2012 y su resultado motivó la elaboración del **Plan de Mejora de Calidad del Aire, 2016-2018**, pues tal y como refleja la anterior gráfica, se produjo el incumplimiento del valor objetivo de Ozono para la protección de la salud humana en las **zonas Centro ES1402, Murcia-Ciudad ES1407** (Estación de Alcantarilla), **Litoral-Mar Menor ES1408** y **Norte ES1401** (al superarse el umbral de 25 con valores de 126, 75, 51 y 28 superaciones, respectivamente).

1er Trienio (2010-2012)



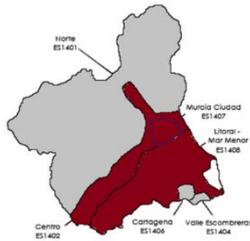
Desde entonces, se han producido superaciones por encima de 25 superaciones y que por tanto, han supuesto incumplimiento del valor objetivo, en las siguientes zonas del territorio de la Región:

2º trienio 2011-2013	3er trienio 2012-2014	4º trienio 2013-2015	5º trienio 2014-2016	6º trienio 2015-2017	7º trienio 2016-2018

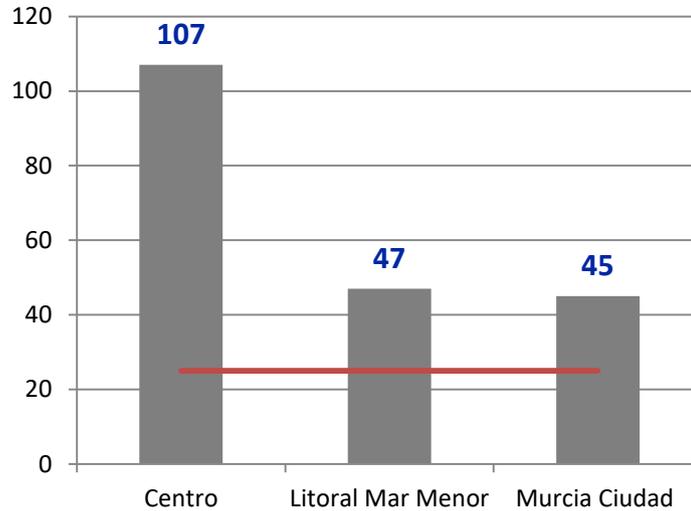
El detalle de los puntos de muestreo en donde se han registrado las superaciones y los emplazamientos (coordenadas geográficas, equipo, etc.) figura en <https://sinclair.carm.es/calidadaire/> (Red de Vigilancia > Estaciones)

## Caracterización de los resultados

### 2º Trienio (2011-2013)



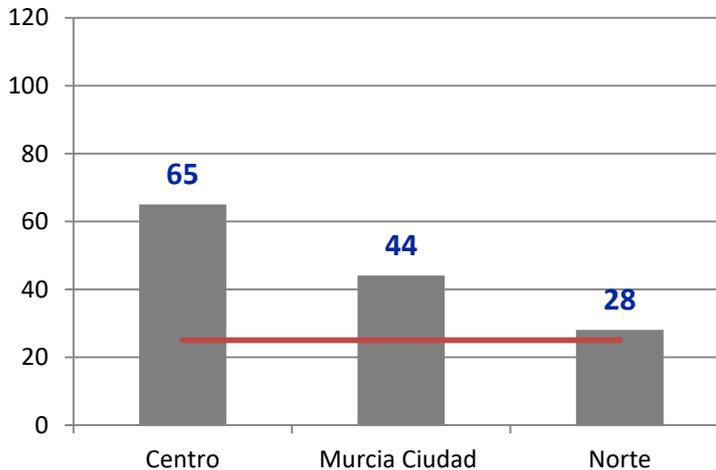
Zona	Tipo	Superficie (km2)	Población
Centro	Suburbana		
Murcia Ciudad	Suburbana	3.936,01	1.016.749
Litoral Mar Menor	Suburbana		



3er Trienio (2012-2014)



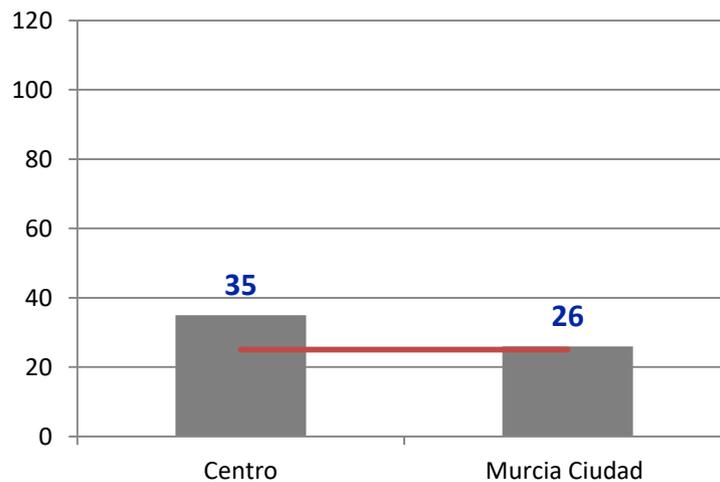
Zona	Tipo	Superficie (km2)	Población
Norte	Rural		
Centro	Suburbana	8.717	1.041.262
Murcia Ciudad	Suburbana		



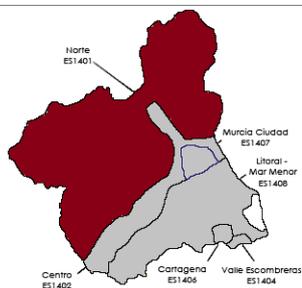
**4º Trienio (2013-2015)**



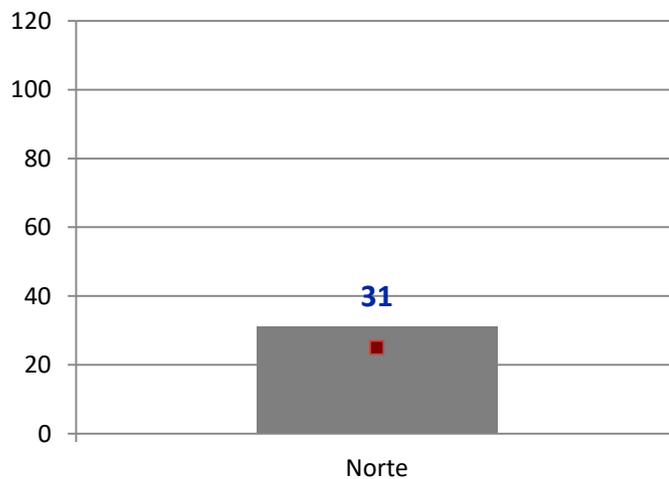
Zona	Tipo	Superficie (km2)	Población
Centro	Suburbana		
Murcia Ciudad	Suburbana	1.548	779.144



5º Trienio (2014-2016)

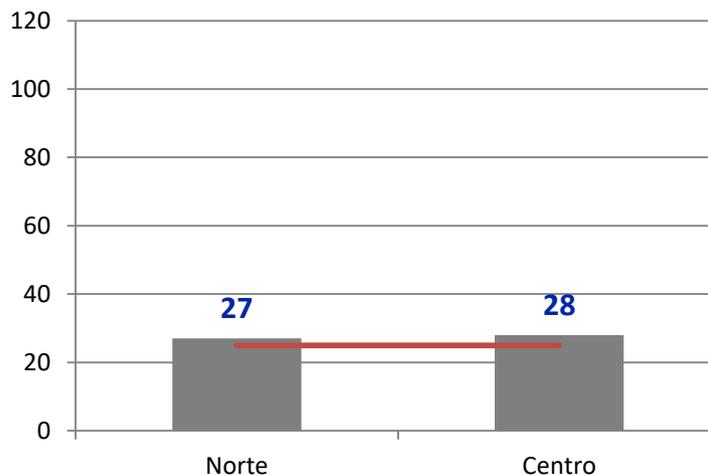


Zona	Tipo	Superficie (km2)	Población
Norte	Rural	7.169	261.073



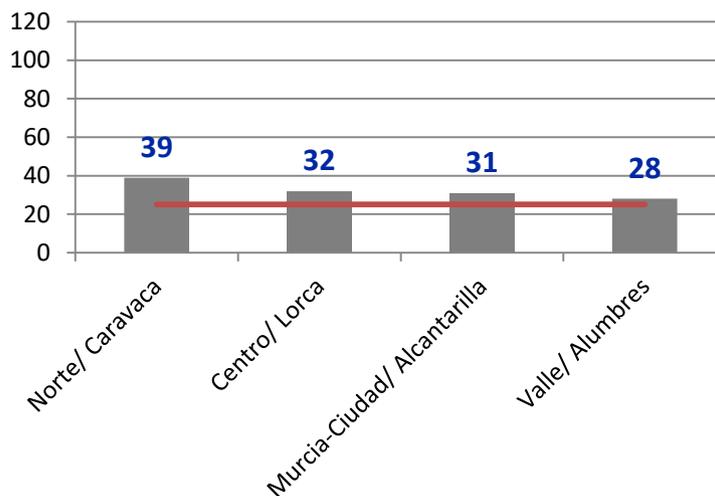
### 6º Trienio (2015-2017)

Zona	Tipo	Superficie (km2)	Población
Norte	Rural		
Centro	Suburbana	8.441	523.191



### 7º Trienio (2016-2018)

Zona	Tipo	Superficie (km2)	Población
Norte	Rural		
Centro	Suburbana		
Murcia Ciudad	Suburbana	1.615,169	-
Valle	Industrial		



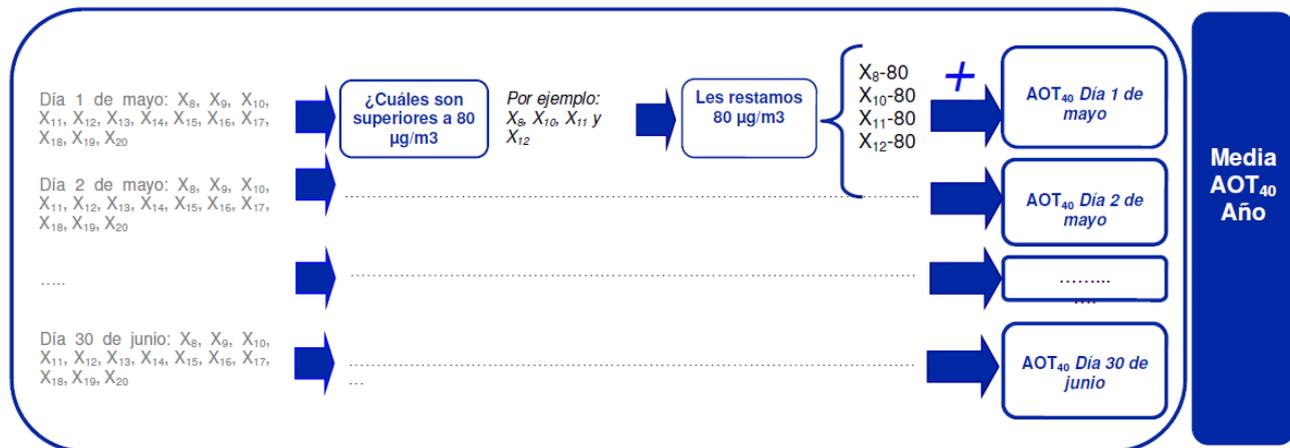
## 7.2. Para la protección de la vegetación

La normativa en la materia, establece el siguiente valor objetivo para la protección de la vegetación:

Valor Objetivo para la protección de la vegetación	Términos	Frecuencia de evaluación de superación
18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$	AOT403, calculado a partir de valores de mayo a julio	Anual

Datos Horarios Año

Mayo-junio  
8-20 horas



Al igual que para el objetivo de ozono para la protección de la salud humana, con el objeto de minimizar la influencia de las variaciones climatológicas interanuales la normativa europea y española actualmente en vigor también en este caso, establece el criterio de cumplimiento de objetivos en términos de valores promedios correspondientes a varios años consecutivos (en este caso, de cinco para la protección de la vegetación).

La normativa en la materia, establece el siguiente criterio para determinar el cumplimiento del valor objetivo:

Criterio para el cumplimiento del Valor Objetivo	Términos	Frecuencia de evaluación del cumplimiento
Igual o inferior a 18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$	Promedio AOT40 <sup>3</sup> en un periodo de 5 años	1 año

El procedimiento de acuerdo con los términos en los que se presenta el criterio de cumplimiento, se realiza cada año de acuerdo con el siguiente esquema:

Por tanto, **la superación por sí misma, NO implica necesariamente incumplimiento.**

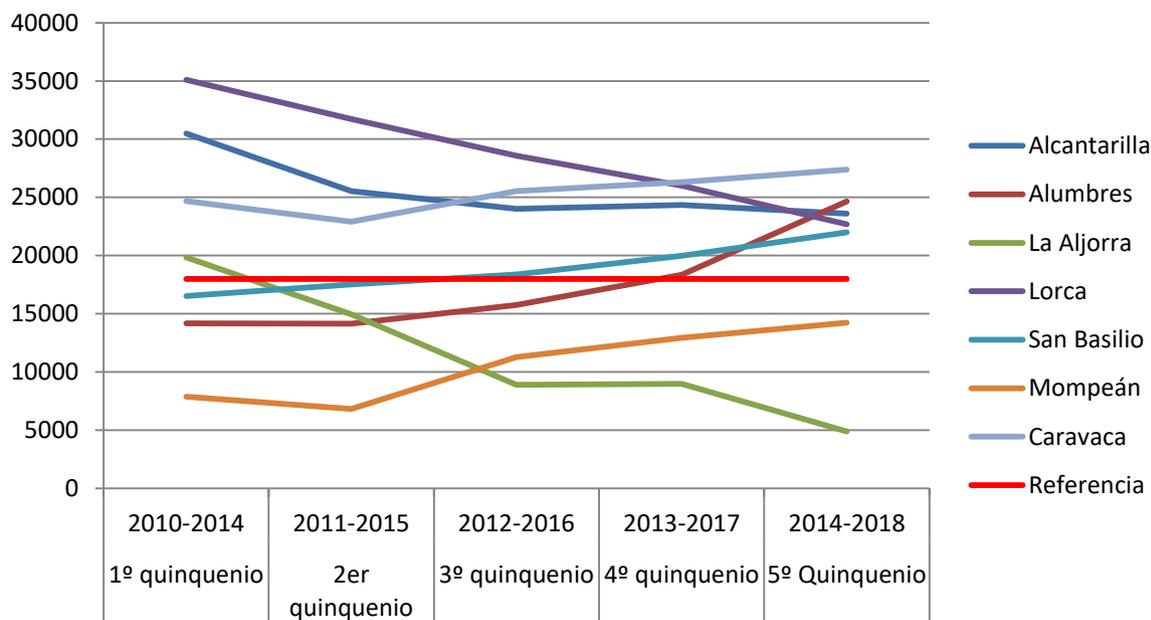
De igual forma que para el valor objetivo para la protección de la salud y de acuerdo con el procedimiento **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se obtuvieron los siguientes valores promedio quinquenales:



Zona/ Punto de muestreo	1º quinquenio	2er quinquenio	3º quinquenio	4º quinquenio	5º quinquenio
	2010-2014	2011-2015	2012-2016	2013-2017	2014-2018
Litoral-Murcia/La Aljorra	19856	14938	8910	8986	4902
Centro/ Lorca	35086	31737	28567	26010	22696
Murcia-Ciudad/ Alcantarilla	30481	25546	24002	24346	23592
Murcia-Ciudad/ San Basilio	16523	17514	18379	19993	22009
Valle/ Alumbres	14175	14142	15747	18363	21648
Norte/ Caravaca	24683	22896	25545	26320	27392
Cartagena/ Mompeán	7881	6820	11281	12928	14241

\*Nótese que los niveles registrados en la estación de Mompeán no figuran al tratarse de un emplazamiento urbano.

Que representados gráficamente, presentan la siguiente evolución:

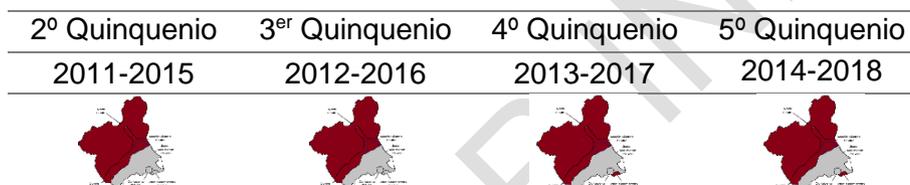


De acuerdo con ello y a la par de los resultados obtenidos para la protección de la salud, en el año 2013 se evaluó el primer quinquenio 2010-2014 cuyo resultado motivó la elaboración del **Plan de Mejora de Calidad del Aire, 2016-2018**, pues se produjo el incumplimiento del valor objetivo de Ozono para la protección de la vegetación en las zonas **Centro ES1402, Murcia-Ciudad ES1407 Norte ES1401**, y **Litoral-Mar Menor ES1408** (al alcanzarse 35086, 30481 24683, y 19856  $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$  de promedio en un periodo de 5 años, respectivamente).

1er Quinquenio (2010-2014)



Desde entonces, se ha incumplido el valor objetivo para la protección de la vegetación, en las siguientes zonas del territorio de la Región:



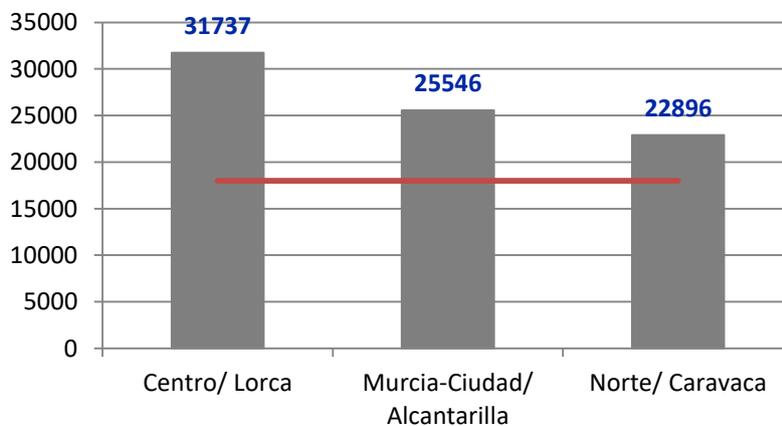
El detalle de los puntos de muestreo en donde se han registrado las superaciones y los emplazamientos (coordenadas geográficas, equipo, etc.) figura en <https://singlair.carm.es/calidadaire/> (Red de Vigilancia > Estaciones)

## Caracterización de los resultados

### 2º Quinquenio (2011-2015)



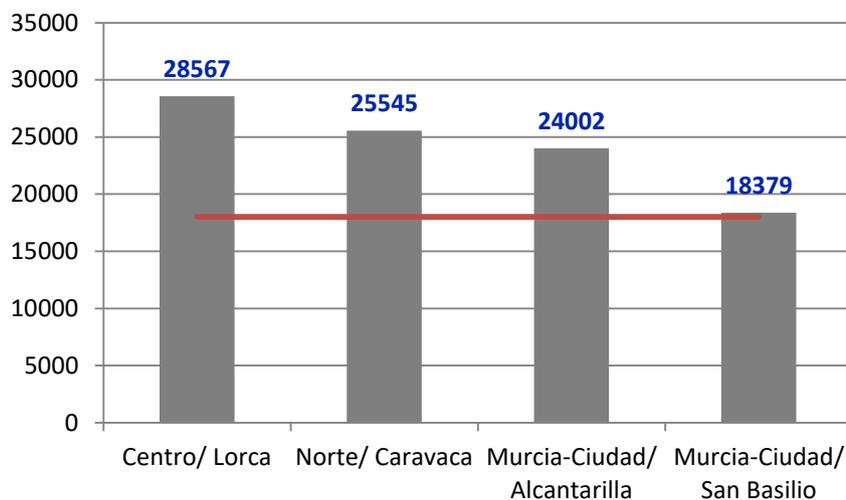
Zona	Tipo	Superficie (km2)	Población
Norte	Rural		
Centro	Suburbana	8.717	1.041.881
Murcia Ciudad	Suburbana		



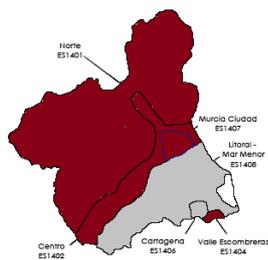


**3erº Quinquenio (2012-2016)**

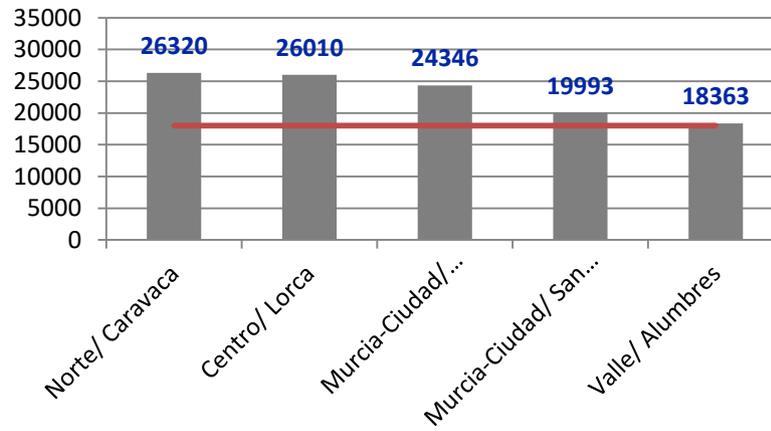
	<b>Zona</b>	<b>Tipo</b>	<b>Superficie (km2)</b>	<b>Población</b>
	Norte	Rural		
	Centro	Suburbana	8.717	1.041.852
	Murcia Ciudad	Suburbana		



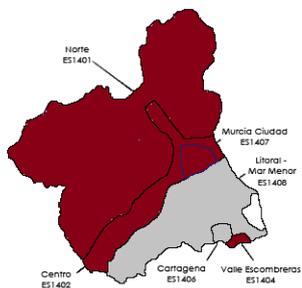
4<sup>er</sup> quinquenio (2013-2017)



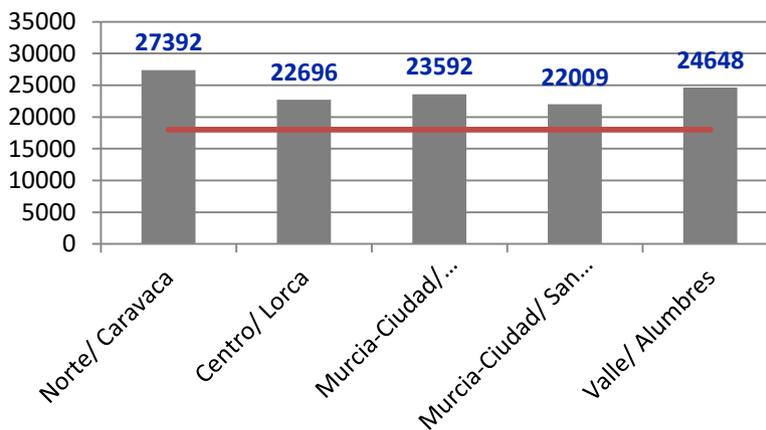
Zona	Tipo	Superficie (km2)	Población
Norte	Rural		
Centro	Suburbana	1.615,169	1.080.445
Murcia Ciudad	Suburbana		
Valle	Industrial		



5º quinquenio (2014-2018)



Zona	Tipo	Superficie (km2)	Población
Norte	Rural		
Centro	Suburbana		
Murcia Ciudad	Suburbana	1.615,169	1.080.445
Valle	Industrial		



### 7.3. Evaluación de umbrales de información y alerta. *Situaciones episódicas*

La normativa en la materia, establece también el *nivel de concentración de ozono en el aire ambiente a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana de los grupos de población especialmente vulnerables (y las administraciones competentes deben suministrar una información inmediata y apropiada)*, definido como **umbral de información** y siguiente:

Umbral de información	Términos	Frecuencia de evaluación de superación
180 µg/m <sup>3</sup>	Media Horaria	Horaria

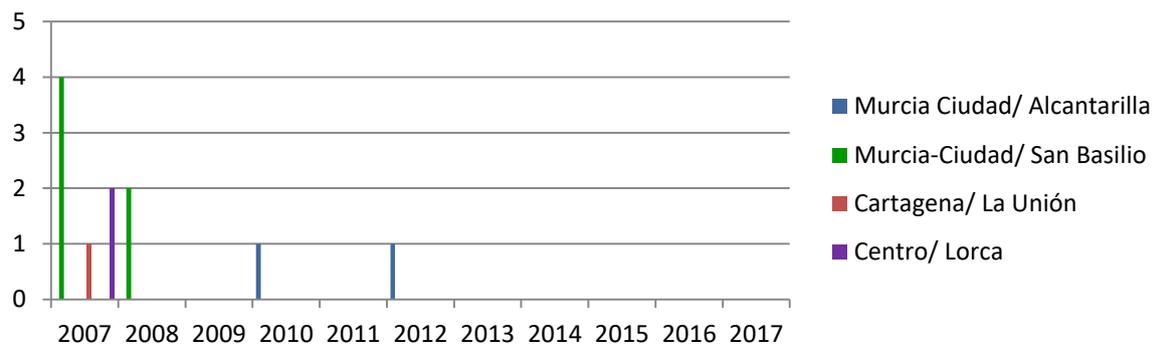
Así mismo, también establece un **umbral de alerta**, definido como *nivel de concentración de ozono en el aire ambiente a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana que afecta al conjunto de la población (y requiere medidas inmediatas por parte de las administraciones competentes)* y siguiente:

Umbral de información	Términos	Frecuencia de evaluación de superación
240 µg/m <sup>3</sup>	Media Horaria	Horaria

### Episodios registrados. *Región de Murcia*

### Superaciones del umbral de información

Año	Zona	Estación	Día	Duración	Valor alcanzado
2007	Cartagena	Cartagena/ La Unión	16/03/2007	4 h	190
			02/03/2007	2 h	200
	Centro	Lorca	04/03/2007	5 h	200
			03/03/2007	2 h	202
	Murcia-Ciudad	San Basilio	04/03/2007	3 h	229
			20/06/2007	1 h	191
			29/08/2007	3 h	204
2008	Murcia-Ciudad	San Basilio	11/07/2008	1 h	181
			31/07/2008	1 h	182
2010	Murcia-Ciudad	Alcantarilla	27/08/2010	2 h	208
2012	Murcia-Ciudad	Alcantarilla	10/08/2012	1 h	187



### Superaciones del umbral de alerta

No constan.

## 8. Análisis de la problemática del Ozono en la Región

Con base entre otros, en el *Informe Final. Análisis de los Niveles de Ozono Troposférico en la Región de Murcia . Abril 2019*<sup>24</sup>

En la Región de Murcia, el resultado de la evaluación a lo largo de los diferentes trienios desde 2012, refleja si bien con distinta intensidad, un impacto preferente en la mitad más continental de la Región (Zonas Norte, Centro y Murcia-Ciudad (Murcia-Ciudad/ Alcantarilla) frente a la litoral, tal y como se puede observar en la evolución del cumplimiento del valor objetivo.

1) Para la protección de la salud humana:



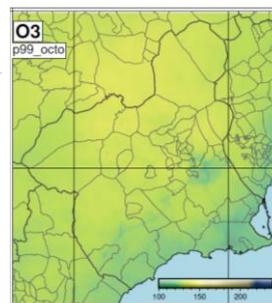
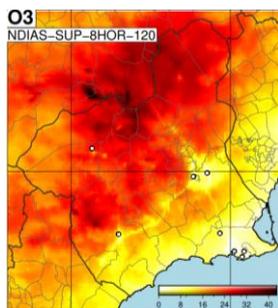
2) Para la protección de la vegetación:



Esta observación encuentra su reflejo en la estimación resultado de técnicas de modelización<sup>16</sup> realizado con base en los valores registrados por la Red en relación a las superaciones estimadas del valor objetivo, en el que destaca igualmente el impacto de la mitad continental de la Región (NW) y su contraste con la mitad más litoral (SE).

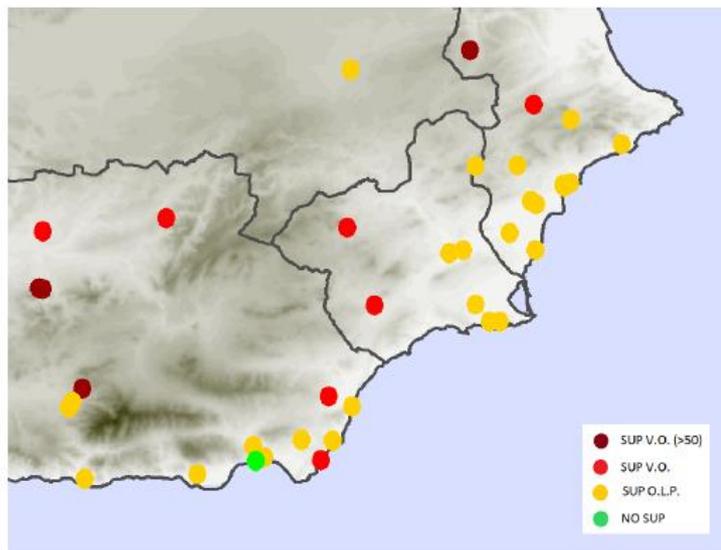
Estimación promedio anual de superaciones del valor objetivo para la protección de la salud (número días > 120µg/m<sup>3</sup>), promedio máximo octohorario) por técnicas de modelización

Percentil 99 de las concentraciones máximas octohorarias de ozono



Así mismo, este comportamiento es común a la provincias coindantes, tal y como la siguiente figura sobre la distribución mensual de superaciones del valor objetivo muestra:

<sup>16</sup> Zonificación del territorio según contaminante en la Región de Murcia (SINQLAIR) Del Grupo de Modelización Atmosférica Regional. Facultad de Química. Universidad de Murcia. Julio de 2017



En concreto, en el caso del impacto registrado en la **zona Norte**, la estación se encuentra en una zona rural poco poblada y con escasas emisiones donde las concentraciones máximas se producen con 2 h de retraso respecto a Alcantarilla, S.Basilio o La Aljorra, en forma de un pico destacado superpuesto sobre un perfil promedio habitual (más evidente en los días de episodios  $mh > 160 \mu g/m^3$ ).

Este comportamiento indica el transporte hasta este punto de ozono con procedencia del E<sup>17</sup>, por lo que el impacto registrado parece encontrarse asociado entre otros a que los niveles más

---

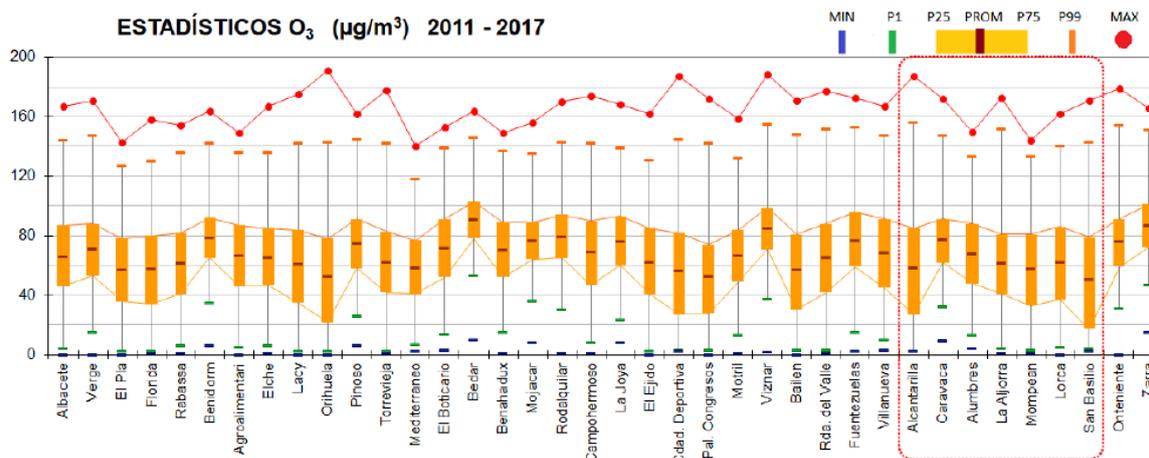
<sup>17</sup> Los datos meteorológicos disponibles no permiten confirmar el origen probable de estas concentraciones en el área Murcia-Alcantarilla en un recorrido directo o indirecto (en el segundo caso ya sea a través del valle del Segura pasando por Cieza, o a través del Valle del Guadalentín y ascendiendo posteriormente hacia el interior).

elevados se alcanzan generalmente en las zonas rurales o peri-urbanas situadas a sotavento de estas fuentes emisoras.

Y es que aunque los precursores son generados en entornos urbanos, necesitan de cierta distancia (alcanzando zonas periurbanas y rurales) para generar ozono a partir de las emisiones de óxidos de nitrógeno procedentes principalmente del tráfico.

También es de destacar que las zonas elevadas características de la zona Norte suelen presentar unas concentraciones de fondo estables y frecuentemente altas durante todo el día, sin que se produzca un descenso marcado durante las horas nocturnas, acorde con una mayor intensidad en los procesos de aporte asistidos por la radiación solar y a una menor oscilación diaria (que no produce un descenso marcado durante las horas nocturnas).

Para una análisis en este sentido, a continuación se muestra varios estadísticos de los niveles de ozono registrados en estaciones de la Red en el conjunto de redes del sureste peninsular:



En ella podemos observar además de que la amplitud de estos valores (P<sub>25</sub>-P<sub>75</sub>) se encuentra en rangos similares a los de las estaciones de las provincias colindantes, la menor amplitud



corresponde a Caravaca asociado a la lejanía de fuentes de emisiones pero también a su mayor cota y menor posibilidad de deposición de ozono sobre el terreno (similar a Bedar, Almería y frente a la que presentan las estaciones de Alcantarilla y San Basilio por cercanía de estos emplazamientos a fuentes de tráfico).

Destaca también la relativa frecuencia de niveles más elevados registrados en la Estación de Alcantarilla frente a la del resto de emplazamientos (P<sub>99</sub>).

En cuanto a la zona **Murcia-Ciudad /Alcantarilla** los días de niveles altos registran las concentraciones máximas a las 12:00-13:00 UTC con circulación del E y velocidades moderadas. Este comportamiento sugiere una importante componente local en los niveles de ozono debido a su proximidad y posición a sotavento de la propia población de Alcantarilla y de la ciudad de Murcia, y la existencia de focos industriales emisores de COVs que se suma a las concentraciones que puedan entrar desde la Vega Baja de Alicante y que proporcionan una mezcla de precursores que favorece la formación de ozono en el entorno próximo a las emisiones.

En **San Basilio** los registros para días de niveles elevados muestran un comportamiento similar a Alcantarilla, aunque en esta estación, estas situaciones están asociadas en gran medida al *efecto fin de semana* pues prácticamente la mitad de superaciones del valor objetivo se producen en sábados y domingos.

Ambos casos, Alcantarilla y San Basilio, ponen de manifiesto que, por un lado, la contribución a los niveles de ozono de componentes de escala mayor a la local (niveles de fondo junto con ozono recirculado de origen mediterráneo), y por otro, el incremento de ozono en el área urbana de Murcia a causa de las reducciones de emisiones de precursores el fin de semana.

Para la zona **Centro** con referencia en la estación de Lorca, la circulación propia del S puede estar favorecida por la convergencia de los vientos del SO, desde el Valle de Almanzora en Almería, y los del ENE desde Murcia-Alcantarilla. Por lo que se puede presumir que, aparte de la componente local que pueda formarse a partir de las emisiones propias de Lorca, la circulación proveniente de Murcia-Alcantarilla tendrá una mayor contribución a los niveles de ozono en Lorca (teniendo en cuenta que la carga de emisiones será significativamente mayor que la circulación procedente del SO, donde no hay áreas importantes de emisión -aunque puede contener niveles significativos de fondo-).

Así mismo, los resultados de La Aljorra para la zona **Litoral-Mar Menor**, sugieren el transporte atmosférico de las emisiones precursoras de la zona de Cartagena-Escombreras bajo determinadas condiciones meteorológicas<sup>18</sup>. (La Aljorra también registra con menos frecuencia viento de componente S, sugiriendo situaciones que favorecen la llegada de brisa desde la costa sur en lugar de desde la costa este (aunque con una barrera montañosa la costa sur ofrece a esta altura el paso de la brisa en puntos como Cartagena o El Portus).

Finalmente, las superaciones más recientes en concreto del umbral de información, se han producido en la zona de Murcia-Ciudad, tanto conforme a los niveles registrados en la Estación de Alcantarilla como en la de San Basilio (si bien, en la de Alcantarilla, se han producido las más recientes, en 2010 y 2012).

Como en anteriores ocasiones, para definir las zonas en las que se podría esperar superar el umbral (horario) de información (180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y umbral (horario) de alerta (240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), los resultados de las técnicas de modelización<sup>19</sup>, plantean:

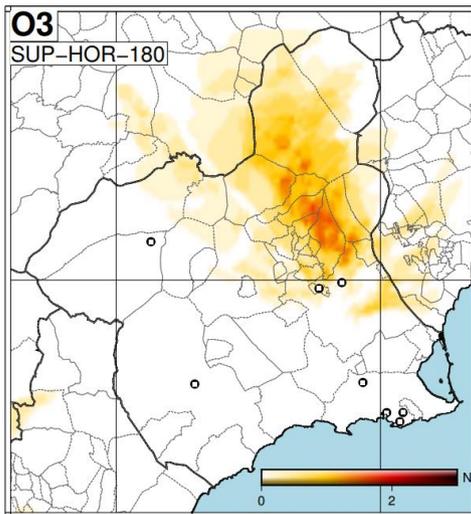
---

<sup>18</sup> Aunque hay que señalar que en el caso de episodios de altas concentraciones (tomando los 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  mh como referencia) estas no se dan desde 2012 (en todo el periodo 2008-2018 se han registrado 7 superaciones de este valor, 4 en 2011 y 3 en 2012).

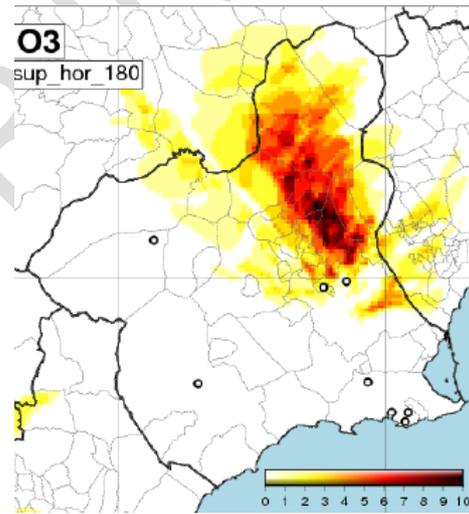
<sup>19</sup> *Zonificación del territorio según contaminante en la Región de Murcia (SINQLAIR)* Del Grupo de Modelización Atmosférica Regional. Facultad de Química. Universidad de Murcia. Julio de 2017

- Con respecto al *valor umbral de alerta*: que no es de esperar superación alguna en ninguna zona o aglomeración.
- Con respecto al *umbral de información*, se ofrece la siguiente distribución:

Promedio anual de superaciones del umbral de información horario de ozono (número de horas > 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



Número de superaciones cada 10 años del umbral de información horario de ozono (número de horas > 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



Lo que sugiere que podrían producirse valores superiores al umbral de información<sup>20</sup> relacionados en los principales centros de emisión de precursores (Ciudad de Murcia y A-30 en el tramo Murcia-Albacete), en los núcleos poblacionales Molina de Segura, Blanca y Cieza.

Siguiendo las recomendaciones propias del estudio y dada la incertidumbre propia de la utilización de la técnica utilizada, los resultados del estudio deben verificarse mediante medición fija “in situ” en el periodo en el que se esperen mayores niveles de contaminante.

Con este objeto, se encuentran incluida esta zona (Molina de Segura, Blanca, Cieza) como zona prioritaria para la medición de Ozono en la Campaña de Verano 2019.

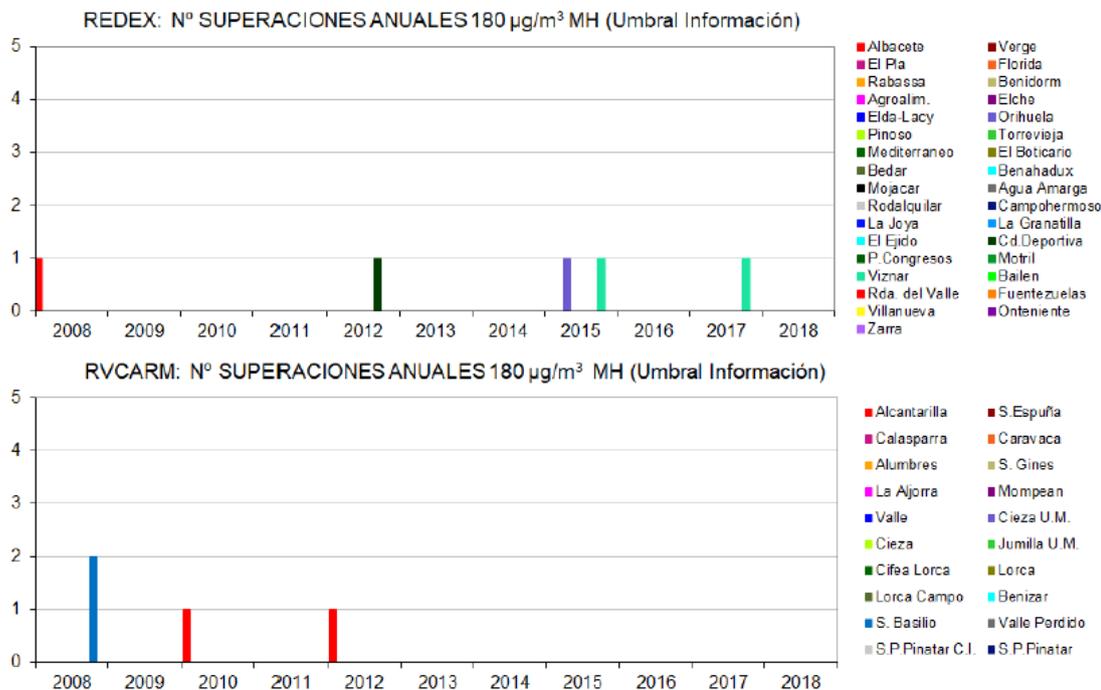
Así mismo, el reciente informe sobre *análisis y determinación de directrices de inversiones en la red de vigilancia de la calidad del aire de la región de Murcia* de 3 de mayo de 2019, contempla la inversión de 4 analizadores de ozono adicionales a implantar en tales ubicaciones, previa realización de campañas en su caso indicativas de Ozono (y los NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, correspondientes) en entornos donde se esperen valores elevados.

Cabe estacar no obstante que las situaciones episódicas de superación del Umbral de Información (establecido en 180 µg/m<sup>3</sup> como promedio horario) son muy escasas en toda la Red.

La figura de abajo muestra que estas no se dan todos los años, y cuando se han registrado ha ocurrido en una sola ocasión (excepto en 2008, con 2 superaciones en San Basilio). Estas cifras están muy alejadas de las que se dan en las áreas de España más afectadas por estos episodios (sotavento de Madrid y Barcelona, donde habitualmente se registran 6 o más superaciones por año).

---

<sup>20</sup> Definido como el nivel de un contaminante a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana de los grupos de población especialmente vulnerables y las Administraciones competentes deben suministrar una información inmediata y apropiada, en el artículo 2.10 del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero.



En cualquier caso, para las superaciones en la Región independientemente de la estación o zona, el *Análisis de los niveles de ozono troposférico en la Región de Murcia 2008-2018. Abril 2019*<sup>21</sup>

<sup>21</sup> realizado por Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterraneo CEAM, en referencia a los días de superación del V.O. de Protección a la Salud (120 µg/m<sup>3</sup> para el máximo diario del promedio de 8 horas, y los días de superaciones del 160 µg/m<sup>3</sup> para el promedio horario, como representativos de las situaciones episódicas en al menos dos estaciones simultánea en 3 o más días consecutivos

muestran que tales superaciones presentan situaciones meteorológicas parecidas (caracterizadas por las altas presiones de origen anticiclónico, y a menudo la formación de la baja térmica ibérica) que dan lugar a cielos despejados, altas temperaturas y desarrollo de circulaciones de mesoescala, factores que favorecen tanto la formación como la acumulación de ozono en días sucesivos, mientras se mantengan estas condiciones y mientras se mantengan las emisiones de precursores, resultando de todo ello niveles elevados de ozono, con frecuencia por encima del valor objetivo.

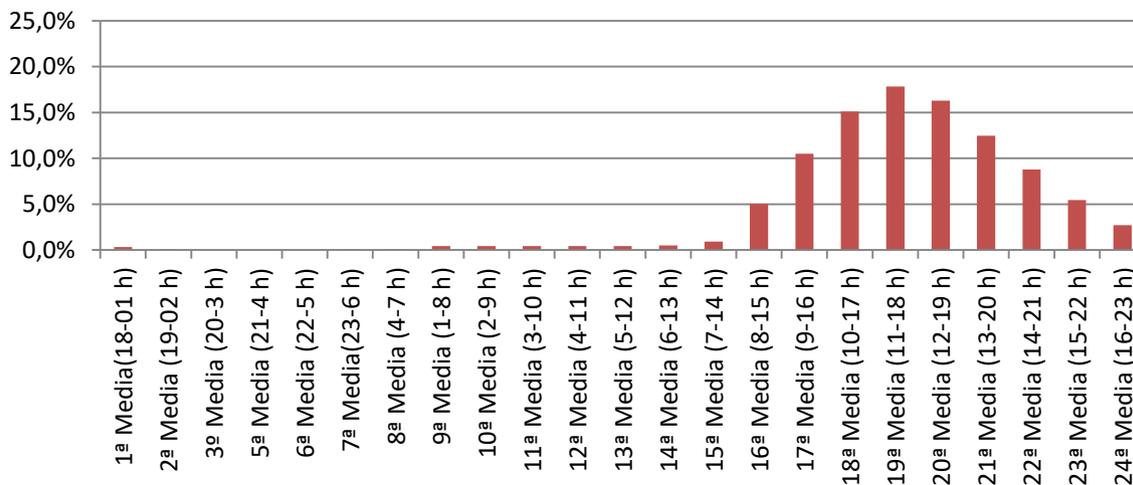
La acumulación de ozono en la masa aérea se explica por los ciclos de recirculación asociados a los sistemas de brisa (sin descartar la recarga de ozono asociada a la formación diaria de la capa de mezcla) que son habituales en la costa mediterránea peninsular bajo las condiciones anticiclónicas de primavera y verano.

En este sentido, los niveles evolucionan de manera muy similar a la registrada en estaciones del Sureste Peninsular. De hecho, en general los periodos de incremento gradual y las superaciones ocurren de forma simultánea en estaciones de la Región de Murcia y de provincias colindantes. No se trata por tanto de una situación que afecta de forma aislada o independiente al territorio de la Región de Murcia, sino que tiene lugar a una escala mayor.

Así mismo, la mayor parte de los casos, los máximos diarios<sup>22</sup> que han supuesto *superación* del valor objetivo para la protección de la salud, han sido habitualmente el resultado de valores registrados en las horas posteriores al mediodía, como podemos observar en la siguiente distribución porcentual de medias móviles octohorarias que han superado el valor de 120 µg/m<sup>3</sup>, en el año 2018.

---

<sup>22</sup> De las medias móviles octohorarias –dato bruto-



Y es que los niveles de ozono presentan en general un marcado ciclo diario donde los valores máximos se alcanzan en la franja central del día cuando la radiación solar es más intensa y la temperatura es más elevada, y descienden al caer la tarde, siendo mínimos durante la noche.

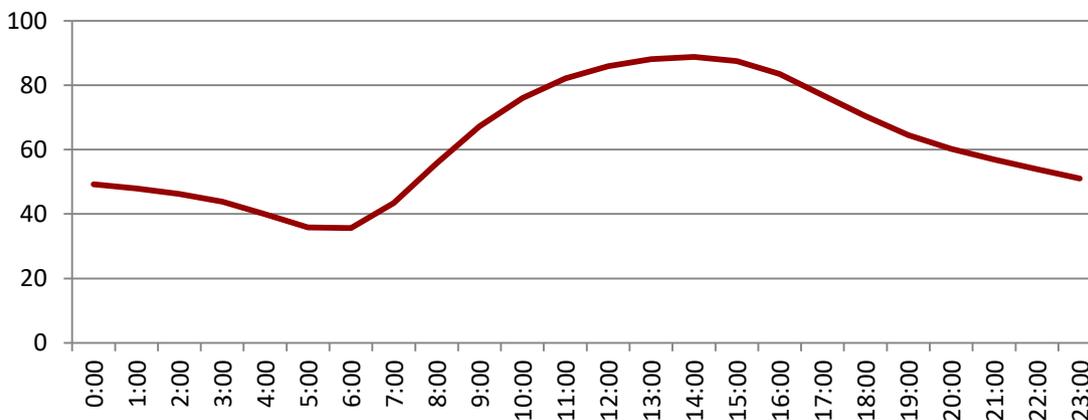
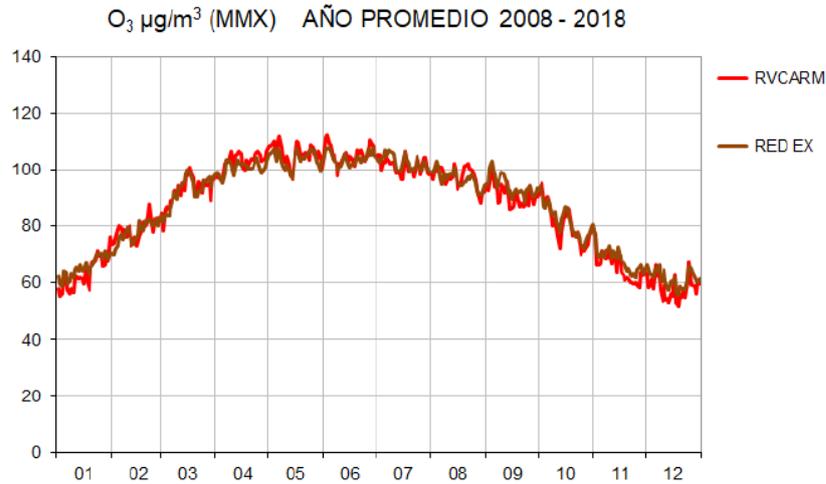


Ilustración 5. Media de las medias horarias de las estaciones de la Red, promedio del Trienio 2015-2017. (Elaboración propia)

En concreto, los valores mínimos en las horas nocturnas se asocian a la interrupción de la “formación in situ” durante la noche por falta de radiación solar, por el descenso de los precursores disponibles (principalmente óxidos de nitrógeno y COVs) debido a la disminución del tráfico rodado y a la destrucción de las moléculas de ozono al entrar en contacto con diversas superficies terrestres como son la vegetación, las aguas, los materiales o los suelos (procesos de deposición, etc.).

Resulta de interés en este punto, el siguiente gráfico sobre los niveles máximos diarios de las medias móviles octohorarias promediados para toda la Red que refleja que apenas se encuentran diferencias con otras estaciones de las provincias limítrofes.

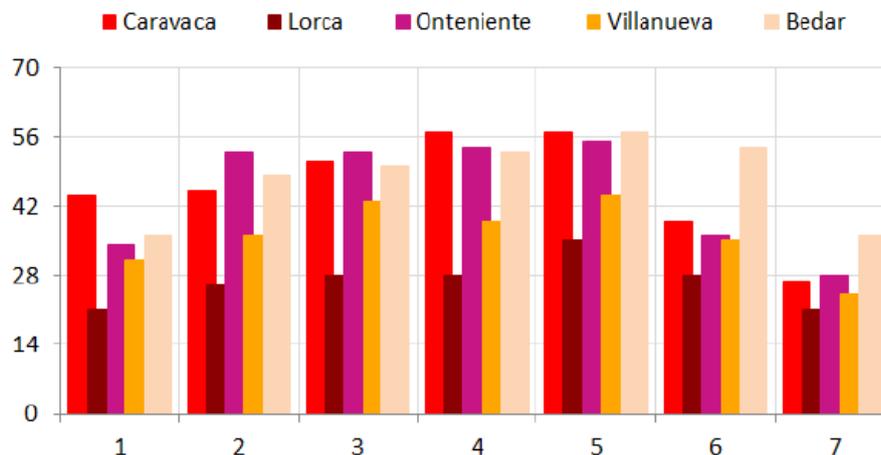


Por otra parte, El *Análisis de los niveles de ozono troposférico en la Región de Murcia 2008-2018*. Abril 2019<sup>21</sup> muestra la siguiente distribución semanal de superaciones<sup>23</sup>:

---

<sup>23</sup> Máximas de las medias móviles de 8 horas

### DISTRIBUCIÓN SEMANAL DE SUPERACIONES DE 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2008-2018



Esta distribución semanal pone de manifiesto los dos factores principales que determinan la dinámica del ozono: **emisiones** y **condiciones meteorológicas**. Por un lado confirma la tendencia al incremento gradual de los niveles bajo condiciones meteorológicas favorables, y en consecuencia al incremento de superaciones mientras se mantengan estables las emisiones (de lunes a viernes). Y por otro muestra el efecto de la reducción general de las emisiones durante el fin de semana, que se traduce en una reducción en el número de superaciones (la reducción viernes-domingo es del 53% en Caravaca y del 40% en Lorca).

Los incrementos en el periodo laborable se explican por la adición del ozono producido en el día, al ozono recirculado y a la componente de fondo. Y la reducción del fin de semana se explica por la caída de la producción del día debido a la reducción de precursores.

En definitiva el gráfico revela la existencia de diferentes componentes en la concentración de ozono en un punto:

- Una componente local consistente en la producción del día a partir de emisiones en el entorno próximo o en áreas de emisión más alejadas respecto a las cuales el punto se encuentra a sotavento.
- Y una componente, resultado de la suma de la recirculación en el mediterráneo occidental y de los niveles de fondo.

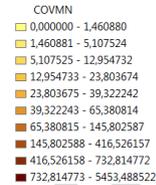
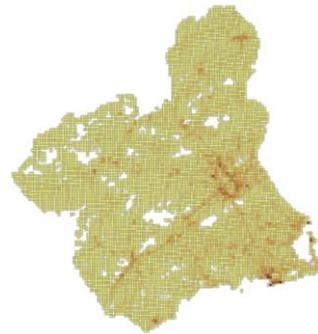
Como contrapartida a la reducción de los niveles en las zonas rurales que se observa los fines de semana, la química no lineal del ozono provoca el aumento de niveles y de superaciones en las áreas urbanas origen de estas emisiones (el llamado “efecto fin de semana”). Este fenómeno se aprecia claramente en la estación de San Basilio, donde el número de superaciones en sábados o domingos llega a duplicar el de un día laborable.

## 9. Fuentes precursoras. Zonas objetivo

De acuerdo con el análisis realizado, el impacto del Ozono en la Región con carácter general y en primera estimación, se podría asociar principalmente a las emisiones con origen en Murcia Ciudad, Cartagena y Valle así como en grandes vías de comunicación.

Con base en recientemente elaborado Inventario de Emisiones de la Región de Murcia 2014, resulta la siguiente distribución de las emisiones COVNM y NOx del año 2014, en el territorio de la Región.

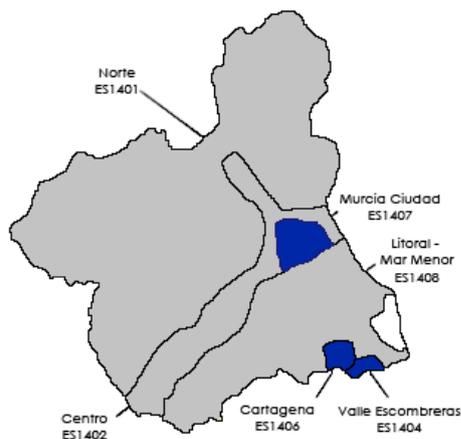
### COVMN



No obstante, la dinámica no lineal del Ozono nos indica que en áreas cercanas a las fuentes de emisión (p.e. entornos urbanos), los cambios de concentración de COV, a NOx constante, producen cambios significativos y del mismo signo en el ozono.

Por el contrario, en las zonas más alejadas a tales fuentes, ocurre justamente al revés, se producen cambios significativos en los niveles de ozono, ante cambios de NOx, a COV constante.

De acuerdo con ello, interesa dirigirse especialmente las emisiones de COVs en la zona **Murcia-Ciudad, Cartagena y Valle** por lo que se establecen las siguientes zonas de objetivo del Plan de Mejora de la Calidad del Aire. *Ozono*.



El *Sistema de Inventario de Emisiones de la Región de Murcia*, en la actualidad con año de referencia 2014, nos permite entre otros, conocer el tipo de actividades que contribuyen en mayor medida en la emisión de contaminantes, dentro de una zona. En nuestro caso, de emisión de COVNM en las zonas Cartagena, Valle y Murcia-Ciudad

Murcia-Ciudad			
SNAP	Sector SNAP	T/año	%
6	Uso de disolventes y otros productos	2099,32	40,0%
10	Agricultura	973,57	18,5%
7	Transporte por carretera	850,18	16,2%
4	Procesos industriales sin combustión	804,8	15,3%
...	...	...	...
Cartagena y Valle			

SNAP	Sector SNAP	Valle	Cartagena	Total	%
6	Uso de disolventes y otros productos	508,26	474,71	982,97	36,25%
5	Extracción y distribución de combustibles fósiles y energía geotérmica	8,9	786,08	794,98	29,32%
4	Procesos industriales sin combustión	204,21	197,88	402,09	14,83%
...	...	...	...	...	...

## 10. Medidas específicas. 2020-2025

Línea	Medida	Algunas actuaciones consideradas
Línea 1. Reducción	1 Reducción de precursores industriales de Ozono. COVNM	
	2 Aplicación de MTDs/ Adaptación a las Conclusiones. Sector COVs	Priorizar la adaptación de instalaciones IPPC del sector COVs y aplicación de MTDs a sectores NO IPPC,..
	3 Fomento de la instalación de sistemas de recuperación de vapores en EESS	A las EESS de zonas objetivo y otras de interés (p.e. ubicadas en A-7 y A-30).
	4 Implantación de medidas locales de reducción de precursores de ozono de Planes de Mejora de la Calidad del Aire municipales.	A los municipios de más de 100.000 habitantes y las pertenecientes a aglomeraciones, según art. 16.4 de la Ley 34/2007.
	5 Impulso de actuaciones de mejora de la calidad del aire	Por ejemplo, bajo adhesión a la <i>Plataforma x un aire limpio (PxAL)</i> ,..
Línea 2. Vigilancia	9 Gestión a través de zonificación del territorio específica para Ozono	Zonificación independiente y específica para ozono que contemple la singularidad en su comportamiento y naturaleza.

	10	Campañas de medición en zonas potencialmente sensibles por Ozono	En diferentes zonas en donde existe probabilidad de registrar los niveles más elevados, conforme a la información disponible.
	11	Estrategia de medición de los precursores de ozono	De acuerdo con la Decisión de la Comisión de 19 de marzo de 2004, relativa a las directrices de aplicación de la Directiva 2002/03/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al ozono en el aire ambiente. Adaptación de los equipos BTX para la medición de otros precursores, Inventario de fuentes indirectas de precursores,...
	12	Experiencias piloto con base en simulaciones sinqlair. Ozono	Con base en la herramienta resultado de la ejecución de la medida EST 1.II. Estudios, análisis y simulación de actuaciones de control de emisiones del PMCA2016-2019
	13	Mejora de Infraestructuras de la Red Regional de Calidad del Aire	De acuerdo con el Informe <i>Análisis y determinación de directrices de inversiones en la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire en la Región de Murcia.</i>
Línea 3. Información	14	Mejora y ampliación de la información al público del portal Web de calidad del aire	Seguimiento del Plan de Comunicación, Jornadas para la prensa, ...
	15	Formación, información y sensibilización para la mejora de la calidad del aire	Actuaciones formativas y divulgativas en colaboración con los órganos competentes relacionados.
Línea 4. Preventivo	16	Actuaciones destinadas a la protección preventiva de la población	Adaptación de los diferentes protocolos a la realidad de la Región y a las necesidades de prevención.
	17	Mejora de SINQLAIR	Que proporcione aún mas fiabilidad en el caso particular de este contaminante.

\*En estas medidas y como actuaciones quedarán incluidas las acciones derivadas de las medidas del Plan de Mejora de Calidad del Aire, 2016-2018, no ejecutadas en su totalidad, más las que implican una ejecución de forma continua.

## Parte 2. Otros Contaminantes



## Parte 3. Final

### 11. Seguimiento y revisión. *Procedimiento*

Según el artículo 24, del Real Decreto 102/2011, relativo a la mejora de la calidad del aire, los planes de calidad del aire contendrán al menos la información indicada en la Sección A del anexo XV y deberán incluir los procedimientos para el seguimiento de su cumplimiento y la revisión del mismo.

Para realizar el seguimiento de los objetivos planteados, se utilizará, además del análisis de la evolución de la calidad del aire, los indicadores que se propongan para cada uno de las medidas que nos permitirán comprobar el grado de cumplimiento de los objetivos.

Cada medida establece dos tipos de indicadores:

- Indicador de ejecución: que verifica la aplicación de la actuación propuesta o de la medida.
- Indicador de seguimiento: que proporciona información sobre la evolución de la aplicación de la actuación o medida.

Los responsables de la ejecución de cada medida, informarán de su grado de cumplimiento mediante la evaluación de los indicadores. Aquellos responsables de la ejecución de la medida, distintos al organismo que aprueba el plan, deberán informar a la Dirección General de Planificación y Evaluación Ambiental.

Al objeto de evaluar el grado de ejecución de las medidas del plan, y por tanto el grado de cumplimiento del mismo, se elaborará periódicamente un informe sobre “Seguimiento de aplicación

del Plan” utilizando los indicadores establecidos para tal fin y la calidad del aire durante el periodo de implantación.

Para cada medida se define el responsable de la ejecución de la actuación, que será el órgano competente encargado de que se cumpla.

Tales órganos serán responsables de la ejecución y aplicación de las diferentes medidas y tendrán que recopilar toda la información necesaria para poder evaluar dichos indicadores, de forma que se puedan revisar y hacer el seguimiento previsto en el Plan de Calidad del Aire.

Por otra parte, la Ley 34/2007, artículo 2.a, establece que los planes deben incluir procedimientos de seguimiento y control del cumplimiento, sirviendo de principal instrumento de coordinación entre Administraciones.

En cumplimiento de ello, se creará una Comisión de Seguimiento formada por representantes de todas las Administraciones, en especial de los organismos competentes en materia de Salud Pública, Industria, Transporte, Emergencias y de Ayuntamientos, así como por agentes sociales y ciudadanos, para contribuir al objetivo de mejorar la calidad del aire en la Región de Murcia constituyéndose bajo petición a las partes interesadas que nombren a sus representantes y dotándose de unas normas de funcionamiento, entre las que se encuentra la creación de mesas de trabajo específicas.

El objetivo fundamental de la Comisión será informar regularmente a todas las Administraciones implicadas y a la ciudadanía, del estado de la calidad del aire y de las medidas que se llevan a cabo y de su grado de cumplimiento, así como resolver cualquier duda y recoger las sugerencias que se puedan plantear relativa a la mejora de la calidad del aire que el Plan prevé conseguir, para el seguimiento de la implantación de la ***Estrategia de Mejora de la Calidad del Aire (y que incluye la Estrategia y Plan de Mejora de Ozono. Región de Murcia, 2020-2025.***



## 12. Normativa y referencias

- Directiva 2008/50/CE del Parlamento europeo y del Consejo de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, que ha sido traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.
- Decreto 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972 de protección del medio ambiente atmosférico, parcialmente derogado o modificado por decretos más reciente.
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. Este Real Decreto sustituye a los siguientes:
- Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono.
  - Real Decreto 1796/2003, de 26 de diciembre, relativo al ozono en el aire ambiente.
  - Real Decreto 812/2007, de 22 de junio, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos.
- Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmosfera. Plan Aire. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España. Abril 2013.
- Plan Nacional de Calidad del Aire 2017-2019 (Plan Aire II). Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España.
- Plan de Mejora de la Calidad del Aire, 2016-2018. Región de Murcia.

- 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. Resumen de evaluación de riesgos. OMS.
- Informe Final. Memoria Técnica Proyecto CONOZE. Contaminación por ozono en España. CEAM. Abril 2014.
- El ozono troposférico y sus efectos en la vegetación. Ministerio de Medio Ambiente. CIEMAT.
- El Ozono troposférico en el sur de Europa: Aspectos dinámicos documentados en proyectos europeos. CEAM. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Julio 2009.
- [Atlas global de la Región de Murcia](#)
- Informe Final. Análisis de los Niveles de Ozono Troposférico en la Región de Murcia<sup>24</sup>. Abril 2019.

### 13. Definiciones

Aglomeración. Conurbación de población superior a 250.000 habitantes o bien, cuando la población sea igual o inferior a 250.000 habitantes, con la densidad de población por km<sup>2</sup> que se determine por las comunidades autónomas.

Contaminación atmosférica: La presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza.

---

<sup>24</sup> Informe elaborado para la Dirección General de Medio Ambiente y Mar Menor de la Consejería de Empleo, Universidades, Empresas y Medio Ambiente del Gobierno de la Región de Murcia.



**Emisión:** Descarga a la atmósfera continua o discontinua de materias, sustancias o formas de energía procedentes, directa o indirectamente, de cualquier fuente susceptible de producir contaminación atmosférica.

**Emisiones procedentes de fuentes naturales:** Emisiones de contaminantes no producidos directa o indirectamente por actividades humanas, incluyendo fenómenos naturales tales como erupciones volcánicas, actividades sísmicas, actividades geotérmicas, incendios no intencionados en la naturaleza, vientos fuertes, sales marinas o la resuspensión atmosférica o el transporte de partículas naturales de regiones áridas.

**Evaluación:** El resultado de aplicar cualquier método que permita medir, calcular, predecir o estimar las emisiones, los niveles o los efectos de la contaminación atmosférica.

**Instalación:** Cualquier unidad técnica fija, móvil o transportable donde se desarrolle una o más de las actividades enumeradas en el anexo IV de la Ley 34/2007, así como cualesquiera otras actividades directamente vinculadas con aquellas que guarden relación de índole técnica con las actividades llevadas a cabo en dicho lugar y puedan tener repercusiones sobre las emisiones y la contaminación.

**Mejores técnicas disponibles:** La fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestran la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir, en principio, la base de los valores límite de emisión destinados a evitar o, cuando ello no sea posible, reducir en general las emisiones de contaminantes y el impacto en el conjunto del medio ambiente y de la salud de las personas. Para su determinación se deberán tomar en consideración los aspectos que se enumeran en el anejo 4 de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

Nivel de contaminación: Cantidad de un contaminante en el aire o su depósito en superficies con referencia a un periodo de tiempo determinado.

Objetivo de calidad del aire: La cuantía de cada contaminante en la atmósfera, aisladamente o asociado con otros, cuyo establecimiento conlleva obligaciones conforme las condiciones que se determinen para cada uno de ellos.

PM10: Partículas que pasan a través del cabezal de muestreo definido en la norma EN 12341, con un rendimiento de separación del 50% para un diámetro aerodinámico de 10  $\mu\text{m}$ .

PM2,5: Partículas que pasan a través del cabezal de muestreo definido en la norma EN 14907, con un rendimiento de separación del 50% para un diámetro aerodinámico de 2,5  $\mu\text{m}$ .

Titular: Cualquier persona física o jurídica que explote o posea la instalación.

Umbral de alerta: Nivel a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana que afecta al conjunto de la población y que requiere la adopción de medidas inmediatas.

Umbral de información: Nivel a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud de los sectores especialmente vulnerables de la población y que requiere el suministro de información inmediata y apropiada.

Valor límite de emisión: Cuantía de uno o más contaminantes en emisión que no debe sobrepasarse dentro de uno o varios periodos y condiciones determinados, con el fin de prevenir o reducir los efectos de la contaminación atmosférica.

Zona: Parte del territorio delimitada por la Administración competente para la evaluación y gestión de la calidad del aire.



Aire ambiente: el aire exterior de la baja troposfera, excluidos los lugares de trabajo.

Contaminante: cualquier sustancia presente en el aire ambiente que pueda tener efectos nocivos sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.

Nivel: la concentración de un contaminante en el aire ambiente o su depósito en superficies en un momento determinado.

Valor objetivo: nivel de un contaminante que deberá alcanzarse, en la medida de lo posible, en un momento determinado para evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.

Objetivo a largo plazo: nivel de un contaminante que debe alcanzarse a largo plazo, salvo cuando ello no sea posible con el uso de medidas proporcionadas, con el objetivo de proteger eficazmente la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.

Umbral superior de evaluación: el nivel por debajo del cual puede utilizarse una combinación de mediciones fijas y técnicas de modelización y/o mediciones indicativas para evaluar la calidad del aire ambiente.

Umbral inferior de evaluación: el nivel por debajo del cual es posible limitarse al empleo de técnicas de modelización para evaluar la calidad del aire ambiente.

Óxidos de nitrógeno: la suma, en partes por mil millones en volumen de monóxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno, expresada como concentración másica de dióxido de nitrógeno en microgramos por metro cúbico,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Compuestos orgánicos volátiles (COV): todos los compuestos orgánicos procedentes de fuentes antropogénicas y biogénicas, distintos del metano, que puedan producir oxidantes fotoquímicos por reacción con óxidos de nitrógeno en presencia de luz solar.

Sustancias precursoras del ozono: sustancias que contribuyen a la formación de ozono en la baja atmósfera.

Mediciones fijas: las mediciones de contaminantes realizadas en lugares fijos, ya sea de forma continua o aleatoria, siendo el número de mediciones suficiente para determinar los niveles observados de conformidad con los objetivos de calidad de los datos.

Mediciones indicativas: mediciones cuyos objetivos de calidad de los datos en cuanto a cobertura temporal mínima son menos estrictos que los exigidos para las mediciones fijas.

Planes de calidad del aire: planes que contienen medidas para mejorar la calidad del aire de forma que los niveles de los contaminantes estén por debajo de los valores límite o los valores objetivo.

*“Los planes para proteger el aire y el agua, lo salvaje y la vida silvestre, son de hecho planes para proteger al hombre”.*

*Stewart Udall”*