



Plan de Calidad del Aire MÁLAGA



Ayuntamiento
de Málaga



COAMBA

Colegio de Ambientólogos de Andalucía

versión 1.1 29/11/2017

Índice

1. Introducción. Pag. 2

- a. Antecedentes. Pag. 3
- b. Objetivos. Pag. 6.

2. Fundamentos jurídicos. Pag. 9

3. Normativa aplicable. Pag. 16

4. Zona de estudio. Pag. 20

- a. Información general. Pag. 21
- b. Estimación de la superficie afectada y la población expuesta. Pag. 22
- c. Análisis socioeconómico. Pag. 22
- d. Datos topográficos relevantes. Pag. 27
- e. Datos climáticos útiles. Pag. 28
- f. Objetivos de protección. Pag. 30

5. Origen de la contaminación. Pag. 36

- a. Introducción. Pag. 37
- b. Principales contaminantes del aire. Pag. 38
- c. Fuentes de emisión responsables de la contaminación. Pag. 46

6. Naturaleza y evaluación de la contaminación. Pag. 59

- a. Zonificación. Red de estaciones de medida y seguimiento. Pag. 60
- b. Técnicas de evaluación. Pag. 68
- c. Gestión de la calidad del aire ambiente. Pag. 80
- d. Concentraciones observadas. Análisis por contaminante. Pag. 84
- e. Proyecto piloto para la evaluación de la calidad del Aire en Málaga. SMAQ – CURMOS - APPMosfera. Pag. 131

7. Conclusiones. Pag. 137

8. Medios de difusión pública del plan. Pag. 154

9. Índices y bibliografía. Pag. 162

Introducción



Plan de Calidad del Aire
MÁLAGA



Antecedentes

La Carta Verde de Málaga del año 1995, constituye la primera Agenda 21 Local del municipio, uno de los referentes y pioneros a escala nacional por la puesta en marcha de las recomendaciones realizadas en la Conferencia de Naciones Unidas en Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Cumbre Río'92), que tratan sobre la aplicación de principios del desarrollo sostenible a escala local.

La Carta Verde de Málaga, contribuyó de una manera muy notable a la introducción de los criterios ambientales en el ámbito de las políticas municipales, entre las que se recogía la contaminación atmosférica y la necesidad de establecer medidas de control a través de una red de vigilancia, pero también los procesos participativos e información necesaria para generar cambios de hábitos y estilos de vida encaminados a la sostenibilidad.

Durante la primera revisión de la Agenda 21 Local de los años 1995-2004, se actualizaron los planteamientos urbanos sostenibles, se integraron los compromisos Aalborg+10 ratificados en el Pleno Municipal en diciembre de 2004, en la materia atmosférica “Mejorar la calidad del aire”, y se establecieron los primeros objetivos generales, específicos y propuestas de actuación en calidad del aire y niveles de contaminación atmosférica.

Objetivo General

“Málaga se compromete a ser una ciudad más saludable manteniendo el aire limpio y gestionado adecuadamente el silencio urbano”

Objetivo específico

“Reducir la contaminación urbana (acústica y del aire)”

Propuestas de actuación

“Realización de un mapa de contaminación atmosférica y montaje de una red de estaciones de seguimiento”

Figura 1. Objetivos de mejora de la calidad del aire Agenda 21 1995-2005

La segunda revisión de la Agenda 21 Local de los años 2004 – 2012, valora como “En parte – mejorable” el grado de cumplimiento de las acciones propuestas definidas en 2006 y como “oportunidad” las mejoras introducidas en proyectos relacionados con la configuración urbana y el fomento de la movilidad sostenible con incidencia directa en la contaminación y el desarrollo de proyectos relacionados con la educación ambiental urbana.

La actual Agenda 21 Local de Málaga, en consonancia con la Agenda Urbana que promulga la Comisión Europea y los ejes y objetivos prioritarios de Europa 2020 en primer plano y en el 2050 como futuro estratégico, describe la configuración de la ciudad como compacta, compleja y de proximidad, de características mediterráneas respetuosa con el medio ambiente, con la contaminación atmosférica y acústica y lucha contra el cambio climático e impulsa la idea de ciudad verde que gestiona de forma óptima los recursos naturales. Como novedad, integra la idea de ciudades resilientes, que son aquellas que tienen la capacidad de recuperarse de forma rápida de los impactos que sufre el sistema, poniendo como ejemplo los efectos de la contaminación atmosférica.

Bajo esta visión y con una perspectiva integradora, transversal y de sostenibilidad urbana, la Agenda 21 Local de Málaga establece como objetivo general la mejora de la

calidad del aire y presenta organizadas en tres metas globales, que establecen a su vez objetivos y propuestas de actuación.

Reducir la contaminación del aire y conservar la calidad del aire.

Disponer de mejores conocimientos sobre la evolución de la calidad del aire.

Integrar objetivos de mejorar la calidad del aire y niveles de contaminación en otras políticas sectoriales y favorecer la concienciación de la ciudadanía.

Figura 2. *Objetivos de mejora de la calidad del aire Agenda Urbana.*

Los objetivos marcados por la Agenda 21 Local de Málaga, se amparan en la normativa ambiental relativa a la calidad del aire ambiente y a la atmósfera, cada vez más restrictiva y exigente, con el objetivo de evitar, prevenir o reducir la contaminación atmosférica, los efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente y en las directrices de la Organización Mundial de la Salud. Encontrándose en consonancia con el sexto programa de acción comunitario

en materia de medio ambiente del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de julio de 2002, que establece la necesidad de reducir los niveles de contaminación que limiten al mínimo los efectos perjudiciales para la salud humana, y al medio ambiente en su conjunto, de mejorar el control y la evaluación de la calidad del aire ambiente, incluido el depósito de contaminantes y, de proporcionar información a los ciudadanos, con el fin general de proteger la salud humana y el medio ambiente.



Imagen 1. *Vista panorámica de Málaga. Fuente: Kiban - Wikimedia Commons*



Objetivos

La calidad del aire ambiente, aire exterior de la troposfera, depende de la presencia en la atmósfera de ciertas sustancias, que cuando implican efectos nocivos para la salud humana, el medio ambiente o bienes de cualquier naturaleza son indicativos de la existencia de contaminación. Estas sustancias pueden ser emitidas por procesos naturales o artificiales, siendo esta segunda fuente y debido a las actividades humanas, las que generan mayores emisiones a la atmósfera.

Desde el siglo XIX, con el desarrollo de la industrialización y de urbanización de grandes áreas territoriales, las emisiones han alcanzado niveles que superan a los procesos naturales, por ello, es particularmente importante combatir las emisiones de contaminantes en la fuente y determinar y aplicar medidas de reducción de emisiones más eficaces a nivel local, nacional y comunitario.

La normativa actual sobre calidad y evaluación del aire tiene su origen en la Directiva 96/62/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1996, sobre evaluación y gestión de la calidad del Aire Ambiente, Directiva Marco, y primera norma en adoptar y regular un planteamiento general, en fijar unos criterios objetivos y técnicas de evaluación definidos. Desde entonces, se han sucedido distintas normas adaptando e incorporando nuevos enfoques europeos e internacionales con un objetivo claro, mejorar la prevención de efectos

nocivos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud, el medio ambiente y bienes de cualquier naturaleza.

Alcanzar este objetivo requiere inicialmente conocer la situación de partida, evaluando bajo un mismo criterio la calidad del aire ambiente, considerando todas las variables que intervienen y condiciones particulares del territorio que, en su conjunto contribuirán a garantizar el alcance de niveles óptimos en el municipio.

Bajo esta perspectiva, emana el Plan Sectorial para la Mejora de la Calidad del Aire y Niveles de Contaminación en Málaga. Diseñado para analizar la situación actual del municipio, con las medidas que desde al menos antes del año 1995 se vienen promoviendo sumando esfuerzos a nivel local para lograr alcanzar los objetivos estatales, comunitarios e incluso transfronterizos en la materia y para garantizar una atmósfera saludable.

Objetivo General

El objetivo general es la elaboración de un plan sectorial para la mejora de la calidad del aire y niveles de contaminación en el municipio de Málaga, como principal estrategia transversal y sostenible de calidad del aire ambiente del Ayuntamiento de Málaga y que será desarrollado mediante la consecución de los siguientes objetivos específicos.



Imagen 2. Cielo de Málaga desde el Parque de la Alameda.

Objetivos Específicos

- Diagnóstico y análisis de la situación actual del municipio de la calidad del aire y niveles de contaminación atmosférica.
- Definición de objetivos a corto, medio y largo plazo según los resultados del diagnóstico.
- Participación ciudadana y difusión a lo largo de las fases de diseño del Plan.
- Propuestas de actuaciones y medidas para mejorar la calidad del aire y niveles de contaminación.
- Definición de un sistema de indicadores de evaluación y seguimiento de situación de la calidad del aire y del resultado de las medidas adoptadas.

El plan recogerá un análisis de los gases contaminantes, primarios y secundarios y material particulado derivado de las actividades antropogénicas, teniendo en consideración los aportes naturales. Entre las sustancias que establece la normativa comunitaria y, objeto del presente plan, se encuentran el dióxido de azufre (SO₂), los óxidos de nitrógeno (NO₂, NO_x), el monóxido de carbono (CO), el ozono (O₃), el material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5}) y (incluyendo metales, compuestos inorgánicos secundarios y una gran variedad de compuestos orgánicos y un elevado

número de compuestos orgánicos volátiles (COV)), plomo (Pb), Arsénico (Ar), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), el benceno, benzo(a)pireno (hidrocarburos aromáticos policíclicos) y el amoniaco (NH₃).

Mención aparte, merece el dióxido de carbono (CO₂) ya que sus efectos no se relacionan directamente con la contaminación de la calidad del aire urbana y regional y sí con su especial relevancia a nivel planetario por su contribución al efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático. Sin embargo, es especialmente significativo como principal indicador de las emisiones de todos los contaminantes derivados de los procesos de combustión y en el diseño de las estrategias de reducción de sus emisiones. Se debe contemplar el posible efecto colateral de incremento de las emisiones de contaminantes con impacto negativo en la calidad del aire.

El Plan integrará una serie de principios ambientales, como son los de cautela y acción preventiva, corrección de la contaminación en la fuente y corresponsabilidad, para alcanzar y mantener la protección de personas y el medio ambiente frente a la contaminación, con un enfoque integral e integrador de manera compatible con un desarrollo sostenible.

Fundamentos Jurídicos



Plan de Calidad del Aire
MÁLAGA



Fundamentos Jurídicos

La normativa en calidad del aire referente fue la Directiva Marco, Directiva 96/62/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1996, sobre evaluación y gestión de la calidad del Aire Ambiente, primera norma en adoptar un planteamiento general y en fijar unos criterios objetivos y técnicas de evaluación definidos.

La 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, ha venido a modificar el anterior marco regulatorio comunitario, sustituyendo la Directiva Marco (96/62/CE) y las tres primeras Hijas (1999/30/CE, 2000/69/CE y 2002/3/CE).

Su principal objetivo fue incorporar los avances científicos y experiencia de los estados miembros, integrar las decisiones del sexto programa de acción comunitaria, simplificación y eficacia administrativa al unificar en una sola directiva las regulaciones de calidad de aire y de los distintos agentes contaminantes, teniendo en cuenta enfoques común de evaluación en el que el tamaño de los ecosistemas y de las poblaciones, requieren ser clasificadas en zonas o aglomeraciones que reflejen la densidad de la población expuestos a la contaminación atmosférica.

Paralelamente, y vinculado al objeto del presente Plan, establece el deber de mantener o mejorar la calidad del aire cuando ya sea buena, de adoptar medidas para respetar los valores límites y los niveles críticos cuando los objetivos para la calidad del aire ambiente no se cumplan, y si fuera posible, aplicar medidas para lograr los valores objetivos y objetivos a largo plazo.

Entre las medidas, la directiva establece acciones tanto para reducir emisiones en la fuente, como para las zonas y aglomeraciones. En estas últimas, según los niveles que rebasen las concentraciones de contaminantes se deben elaborar planes de mejora o de calidad del aire, planes de acción o planes de acción a corto plazo. Respectivamente se corresponden con cualquier valor objetivo o valor límite de calidad del aire más, los márgenes de tolerancia temporales, umbrales de alerta y, por último, en caso de varios valores límites o valores objetivo, planes de acción a corto plazo.

Dado el nombre del presente plan, Plan Sectorial para la Mejora de la Calidad del Aire en el municipio de Málaga, se puede entrever, que se han producido superaciones en algunos de los niveles de contaminantes atmosféricos. Esta situación, es más común de lo que cabría esperar. Sólo en Andalucía actualmente ya existen quince Planes de Mejora de la Calidad del Aire, y en otras comunidades autónomas existen según los casos, planes de mejora o de acción e

incluso planes de acción local¹. Este aspecto, junto a las observaciones de la evaluación periódica de la contaminación atmosférica ponen de manifiesto que, a pesar de las medidas puestas en marcha en el pasado, aún existen niveles de contaminación preocupantes para la salud humana y el medio ambiente, especialmente en la aglomeraciones urbanas dónde residen un elevado número de ciudadanos y a dónde se desplazan diariamente aquellos que no residen en ellas para el desarrollo de sus actividades profesionales o cotidianas. Por ello, se requieren nuevas medidas que eviten las posibles superaciones y que, simultáneamente, mejoren los niveles.

La transposición de la actual normativa europea se ha realizado dos Reales Decretos (RD 102/2011 y RD 100/2011)², que complementan la base legal estatal de la Ley 34/2007, de 15 de noviembre de calidad del aire y protección de la atmósfera, para la evaluación y gestión de la calidad del aire, y tiene como fin último alcanzar niveles óptimos. En su artículo 16, establece que tanto el estado como las comunidades autónomas y entidades locales, adoptarán planes y programas para la mejora de la calidad del aire y el cumplimiento de los objetivos de la calidad del aire.

1.<http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/planes-mejo>

2.[Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. Real Decreto 100/2011, de 28 de febrero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.](#)

Por su parte, el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, sirve de marco regulador para la elaboración de los planes nacionales, autonómicos y locales. En el caso de los planes nacionales, según el artículo 24.5 del RD 102/2011 la Administración General del Estado elaborará planes nacionales de mejora de calidad del aire para aquellos contaminantes en que se observe comportamientos similares en cuanto a fuentes, dispersión, y niveles en varias zonas o aglomeraciones. Así el último Plan Nacional, Plan AIRE, se dirige a los contaminantes, dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), y especialmente al dióxido de nitrógeno (NO₂), partículas (PM₁₀ y PM_{2,5}), ozono (O₃), compuestos orgánicos volátiles no metálicos (COVNM) y el amoníaco (NH₃). Este Plan, y su segunda edición Plan AIRE 2017 - 2019, es especialmente importante en las competencias de la Administración General del Estado como son los puertos, aeropuertos, ferrocarriles y carreteras, donde se generan importantes emisiones. Así mismo, el estado también puede actuar en el ámbito fiscal, estableciendo criterios ambientales a determinados impuestos regulados por éste, como es el caso del impuesto de vehículos de tracción mecánica. Sin embargo, aunque para dictar la legislación básica sobre la protección del medio ambiente la competencia es exclusiva del Estado, no se puede olvidar que las competencias sobre gestión del medio ambiente atmosférico son muy limitadas; son las

comunidades autónomas y entidades locales quienes pueden aprobar los planes citados anteriormente y adoptar medidas en el marco de las correspondientes competencias que actúen directamente ante las fuentes de emisión de contaminantes.

Bajo esta perspectiva se denota la especial importancia que las administraciones locales, en el seno de sus competencias, poseen para desarrollar acciones de mejora de la calidad del aire ambiente, especialmente, para prevenir la necesidad del desarrollo de planes de acción o planes de acción a corto plazo que implican la superación de límites más restrictivos y por tanto, vinculados a peores escenarios de contaminación atmosférica.

Por todo ello, con el principal objetivo de mantener o mejorar la calidad del aire y de cumplir los valores límites, críticos, objetivos y objetivos a largo plazo, y en aplicación y respuesta de los siguientes artículos de la normativa de aplicación, se desarrolla el presente Plan Sectorial para la Mejora de la Calidad del Aire del municipio de Málaga. Cabe destacar que en esta primera fase se centrará la información de forma más precisa en el diagnóstico, pues, es fundamental para determinar las prioridades de las acciones y medidas a desarrollar.

Artículos destacables de la Normativa de Aplicación en relación a competencias de plan:

Art. 23 de la 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, regula la elaboración de Planes de calidad del aire por parte de los Estados miembros cuando en zonas o aglomeraciones se superen los niveles de cualquier valor límite o objetivo, así como los márgenes de tolerancia. La finalidad de los planes es que el período de superación sea lo más breve posible y debiendo remitirse a la Comisión antes de que transcurran dos años desde el final del año en que se observó la primera superación.

Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, establece determinadas obligaciones para los municipios con población superior a 100.000 habitantes y las aglomeraciones, como la de disponer de instalaciones y redes de evaluación, informar a la población sobre los niveles de contaminación y calidad del aire o elaborar planes programas para el cumplimiento de los objetivos de calidad del aire.

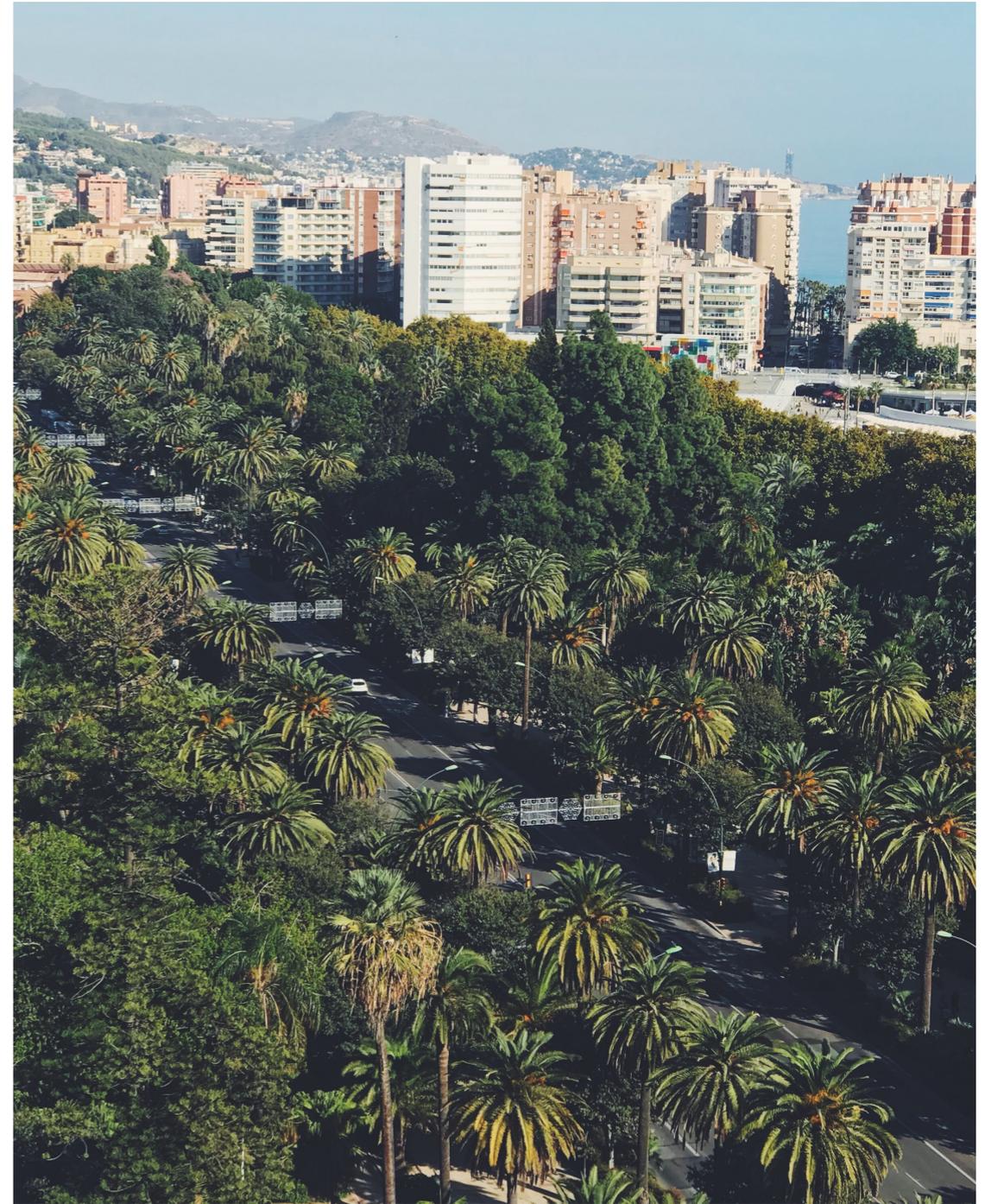


Imagen 3. Parque de Málaga.

El Art. 5.3, establece las competencias de las entidades locales en materia de calidad de la aire y protección de la atmósfera según sus propias atribuciones en el ámbito de su legislación específica, así como aquellas otras que les sean atribuidas en el marco de la legislación básica del Estado y de la legislación de las comunidades autónomas en esta materia. Por su parte, el Art. 9 sobre la evaluación y gestión establece que las administraciones públicas, en el ámbito de sus competencias, adoptarán las medidas necesarias, para mantener, y en su caso, mejorar la calidad del aire y cumplir con los objetivos que se establezcan, estando obligadas a velar porque la calidad del aire se mantenga dentro de los límites legales establecidos.

Una de las herramientas para alcanzar estas obligaciones y objetivos son el desarrollo de planes y programas. Éstos están regulados por el Art. 16.4 que establece que las entidades locales podrán elaborar, en el ámbito de sus competencias, sus propios planes y programas, debiendo tener en cuenta los planes de protección de la atmósfera de las comunidades autónomas. Así mismo, los municipios con población superior a 100.000 habitantes y las aglomeraciones, adoptarán planes y programas para el cumplimiento y mejora de los objetivos de calidad del aire, en el marco de la legislación sobre seguridad vial y de la

planificación autonómica. En el apartado 6, del mismo artículo se establece que todos los planes y programas de calidad del aire serán determinantes para los diferentes instrumentos de planeamiento urbanístico y de ordenación del territorio, debiendo motivarse y hacerse público aquellos instrumentos que no acojan el contenido de los planes y podrán incluir prescripciones de obligado cumplimiento para los ciudadanos.

Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, y sus modificaciones por los correspondientes Reales Decretos, establece en su artículo 3, las actuaciones de las Administraciones públicas. En el caso de las entidades locales, en el ámbito de sus competencias, según el artículo 26 de la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases de Régimen Local, en los artículos 41 y 42 de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad, en los artículos 5, 8 y 10 de la Ley 34/2007, recoge entre otros aspectos, la aprobación de planes de mejora de la calidad del aire definidos el artículo 24.1. Según éste, cuando en determinadas zonas o aglomeraciones, los niveles de contaminantes en el aire ambiente superen cualquier valor límite o valor objetivo, así como el margen de tolerancia correspondiente a cada caso, las comunidades autónomas (y entidades locales cuando corresponda según lo previsto en los artículos 5.3 y 10.1

de la Ley 34/2007) **aprobarán planes de calidad del aire para esas zonas y aglomeraciones** con el fin de conseguir respetar el valor límite o el valor objetivo correspondiente. Y en su artículo 24.6 establece que las entidades locales, en el ámbito de sus competencias, podrán elaborar sus propios planes, que tendrán en cuenta los de las respectivas comunidades autónomas y nacionales.

Art. 53.2 de la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, establece las competencias en materia de control de la contaminación atmosférica, correspondiendo a los municipios ejecutar las medidas incluidas en los planes de mejora de la calidad del aire en el ámbito de sus competencias y en particular las referentes al tráfico urbano.

Art. 4.2 del Decreto 239/2011, de 12 de julio, por el que se regula la calidad del medio ambiente atmosférico y se crea el Registro de Sistemas de Evaluación de la Calidad del Aire en Andalucía, establece las competencias en materia de control de la contaminación atmosférica correspondiendo a los municipios la elaboración y aprobación, en el ámbito de sus competencias, planes y programas de mejora de la calidad del aire de ámbito municipal y la ejecución de

las medidas en ellos recogidas y, en particular, las referentes al tráfico urbano. El Art. 21 define los tipos de planes, destacando que los planes de mejora de la calidad del aire, tienen consideración como planes de mejora de la calidad ambiental recogidos en el artículo 48.3 de la Ley 7/2007, de 9 de julio.

Art. 25 del Decreto 239/2011, sobre los planes de mejora de la calidad del aire y de acción a corto plazo elaborados por los municipios, establece que dichos planes en el ámbito de sus competencias, se elaborarán por motivos que por el control del tráfico u otras circunstancias, les corresponda. Para su elaboración, se deben tener en cuenta los planes de protección de la atmósfera aprobados por la Administración de la Junta de Andalucía que les afecte. Así mismo, y en consonancia con las normativas anteriores, los municipios con población superior a 100.000 habitantes como es el municipio de Málaga, deben adoptar planes y programas para el cumplimiento y mejora de los objetivos de calidad del aire.

Por todo ello, y basada en la normativa ambiental de aplicación, se justifica la necesidad de elaboración de la primera fase de diagnóstico de este plan.

Normativa aplicable



Plan de Calidad del Aire
MÁLAGA



Normativa aplicable.

La normativa sobre calidad del aire ambiente en vigor en la fecha de realización del presente plan se relaciona a continuación estructurada por normas europeas, estatales, autonómicas y locales y presentando el marco de convenios internacionales ratificados por España.

Se entiende como Aire Ambiente, el aire exterior de la troposfera, con exclusión de los lugares de trabajo definidos en la Directiva 89/654/CEE, cuando se apliquen las disposiciones sobre salud y seguridad en el trabajo, a los que el público no tiene acceso habitualmente.

Es importante señalar que no se han incluido los convenios y normativas referentes al cambio climático pues aunque existen contaminantes que afectan a tanto a la calidad del aire como al cambio climático, existe normativa y convenios dirigidos de forma exclusiva a mitigar sus efectos.

Convenios internacionales.

- Convenio de Ginebra de 1979 sobre contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia.
- Convenio Estocolmo de 2001 sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP).
- Convenio de Minamata de 2013 sobre Mercurio.

Marco comunitario.

- Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente.
- 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.
- Decisión 2011/850/UE, de 12 de diciembre de 2011, por la que se establecen disposiciones para las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE del parlamento europeo y del Consejo en relación al intercambio recíproco de información y la notificación sobre la calidad del aire ambiente.
- Directiva 2015/1480/CE, de la Comisión, de 28 de agosto de 2015 por la que se modifican varios anexos de las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en los que se establecen las normas relativas a los métodos de referencia, la validación de datos y la ubicación de los puntos de muestreo para la evaluación de la calidad del aire ambiente.

- Directiva 2016/2284 del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de diciembre de 2016 relativa a la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos, por la que se modifica la Directiva 2003/35/CE y se deroga la Directiva 2001/81/CE.

Marco estatal.

- 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, modificado por el Real Decreto 678/2014 de 1 de agosto, que modifica los objetivos de calidad del aire establecidos en la disposición transitoria única, y por el Real Decreto 39/2017, para transponer la Directiva 2015/1480/CE.
- Real Decreto 100/2011, de 28 de febrero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.
- Ley 33/2011, de 4 de octubre, General de Salud Pública.

Marco autonómico.

- Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.
- Decreto 239/2011, de 12 de julio, por el que se regula la calidad del medio ambiente atmosférico y se crea el Registro de Sistemas de Evaluación de la Calidad del Aire en Andalucía.
- Ley 16/2011, de 23 de diciembre, de Salud Pública de Andalucía.
- Decreto 169/2014, de 9 de diciembre, por el que se establece el procedimiento de la evaluación del Impacto en la Salud de la comunidad Autónoma de Andalucía.

Marco local.

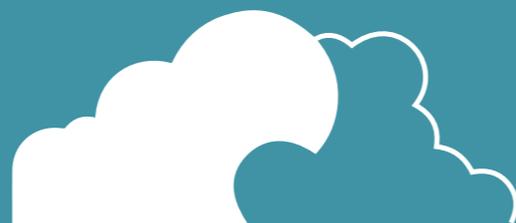
- Ordenanza frente a la contaminación atmosférica.



Imagen 4. Nocturna de la Catedral de Málaga

Zona de estudio

4



Plan de Calidad del Aire
MÁLAGA



Zona de estudio

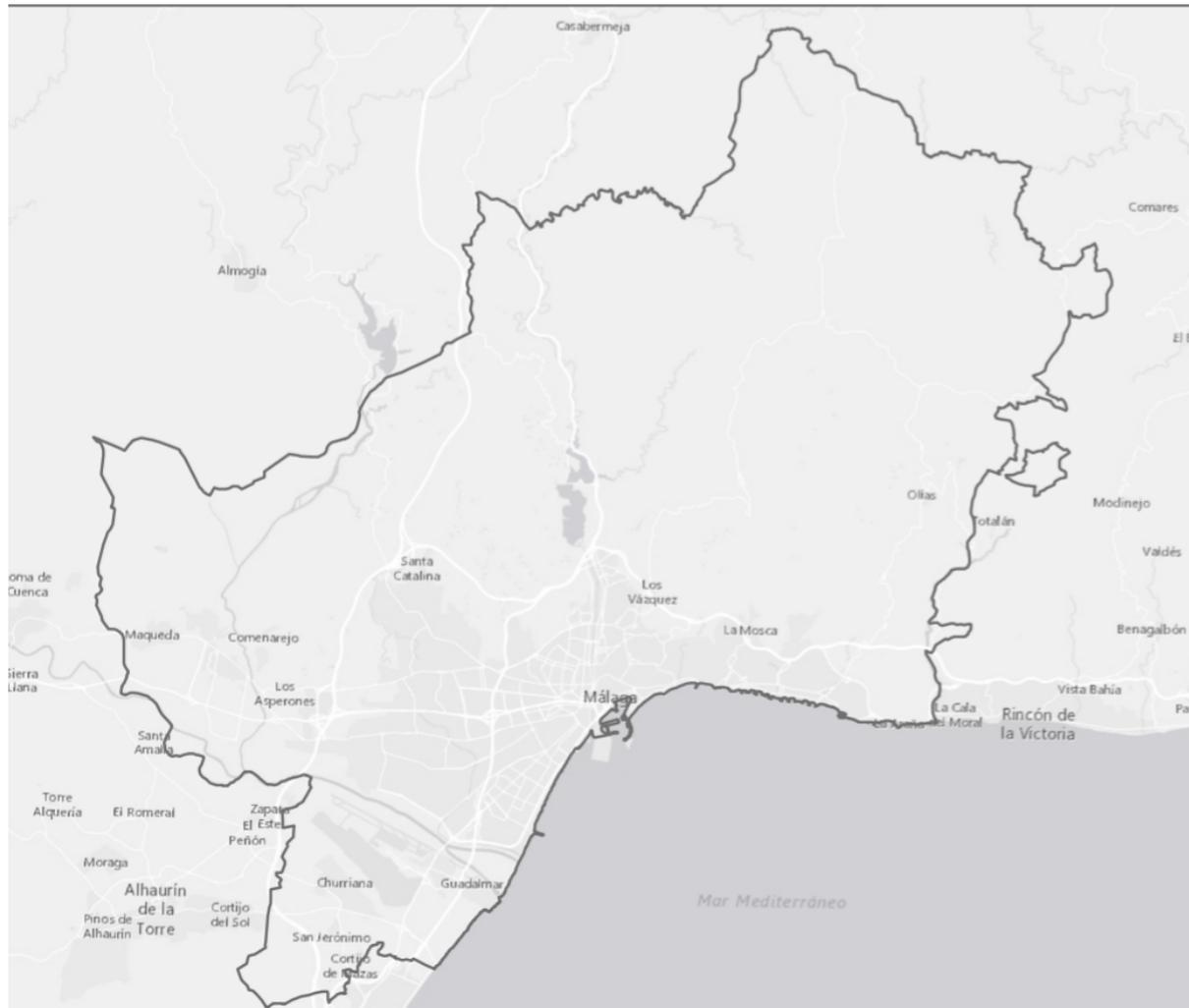
- 1. Información general.**
- 2. Estimación de la superficie afectada y la población expuesta.**
- 3. Análisis socioeconómico.**
- 4. Datos topográficos relevantes.**
- 5. Datos climáticos útiles.**
- 6. Objetivos de protección.**

1. Información general.

El Plan Sectorial de Mejora de la Calidad del Aire de Málaga se enclava en el municipio de Málaga, la capital de la provincia, en la comunidad autónoma de Andalucía.

La ciudad de Málaga se encuentra en la Bahía de Málaga rodeada en su parte norte por los Montes de Málaga que protege a la ciudad de los vientos del norte y al oeste por el Valle del Guadalhorce. La forma de crecimiento de la ciudad ha sido hacia el este y el oeste siendo esta la zona dónde más se ha crecido en los últimos años. Málaga cuenta con 18 km de litoral bañado por el mar mediterráneo y con dos ríos el Guadalmedina y el Guadalhorce.

El clima de Málaga es mediterráneo, con suavidad en invierno y veranos calurosos normalmente húmedos. Málaga es la sexta ciudad más poblada de España y cuenta con una importante infraestructura de comunicaciones como es la red de autovías que dan acceso a la ciudad desde el norte, este y oeste, la red de ferrocarril de alta velocidad y el aeropuerto internacional Pablo Ruíz Picasso.



Plano 1. Plano del municipio de Málaga. Anexo I.

2. Estimación de la superficie afectada y la población expuesta.

La superficie del municipio de Málaga es 395,1 km² y la población de Málaga es de 569.009 habitantes, ambos datos según el Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA).

	Hombres	Mujeres	Habitantes total
Málaga Capital	273.715	295.294	569.009

Tabla 1. Habitantes de Málaga en 2015. Fuente SIMA.

3. Análisis socioeconómico.

Málaga es una potencia turística siendo la capital de una marca reconocida mundialmente La Costa del Sol. En estos últimos años el municipio ha sabido reinventarse, promoviendo un turismo cultural que cuenta con importantes museos a nivel internacional como son el Centre Pompidou, la Colección del Museo Ruso San Petersburgo, el Museo Carmen Thyssen, el Museo Picasso Málaga. Este turismo cultural a su vez se ha dado por una

potenciación del turismo en su casco histórico y por ser un centro accesible a turistas de todo el mundo gracias a las conexiones vía AVE, Aeropuerto y Terminal de Cruceros.

Además de su potencial turístico, Málaga cuenta con una gran importancia comercial y empresarial. Ejemplo de esto es que está la sede del Parque Tecnológico de Andalucía que constituye un núcleo de empresas clave de la industria y servicio de las nuevas tecnologías.

Málaga se ha constituido como una ciudad referencia en el sector de las Smart Cities poniendo a disposición de los ciudadanos y empresas soluciones basadas en las tecnologías, que mejoran la gestión de la ciudad, los servicios y proveen herramientas para la toma de decisiones estratégicas.

En superficie Málaga cuenta con dos espacios naturales protegidos dentro de su municipio, el Parque Natural Montes de Málaga situado al norte del municipio y el Paraje Natural Desembocadura del Guadalhorce una zona de humedales costeros que cuenta con una importante avifauna. La mayor parte superficie de formaciones vegetales corresponde a formaciones arboladas densas de coníferas que en su mayoría están en los montes de Málaga, formaciones de matorral denso y matorral disperso arbolado. El municipio además cuenta con extensiones de plantaciones como son el olivar, los frutales con cáscara y la

cítricos. En cuanto a la ocupación de suelo destaca el suelo urbano, el destinado a red viaria, a polígonos industrias y a aeropuerto como los que más ocupación tienen de la superficie total Málaga.

En la siguiente tabla se presenta la superficie destinada a los distintos usos y coberturas vegetales del suelo.

Tipo de Suelo.	Hectaréas	%
ACANTILADOS MARINOS	0,58	0
AEROPUERTOS	606,52	1,537
AGRÍCOLA RESIDENCIAL	309,35	0,78
AGRÍCOLA/GANADERO	135,64	0,34
ÁREAS CON FUERTES PROCESOS EROSIVOS	24,49	0,06
BALSA DE RIEGO O GANADERA	11,32	0,03
CAMPOS DE GOLF	54,21	0,137
CASCO	133,46	0,34
CAUCE SIN VEGETACIÓN	8,01	0,02
CEMENTERIO	27,38	0,07
CIRCUITOS DE VELOCIDAD Y PRUEBAS	1,68	0
CÍTRICOS	1036,55	2,63
COMERCIAL Y OFICINAS	31,29	0,08
COMPLEJO ADMINISTRATIVO INSTITUCIONAL	14,26	0,04
COMPLEJO COMERCIAL Y/O DE OCIO	101,27	0,26
COMPLEJO CULTURAL	31,21	0,08
COMPLEJO EDUCACIONAL	192,11	0,49
COMPLEJO HOTELERO	12,49	0,03
COMPLEJO INDUSTRIAL	5,45	0,01
COMPLEJO RELIGIOSO	7,52	0,02
COMPLEJO SANITARIO	16,14	0,04

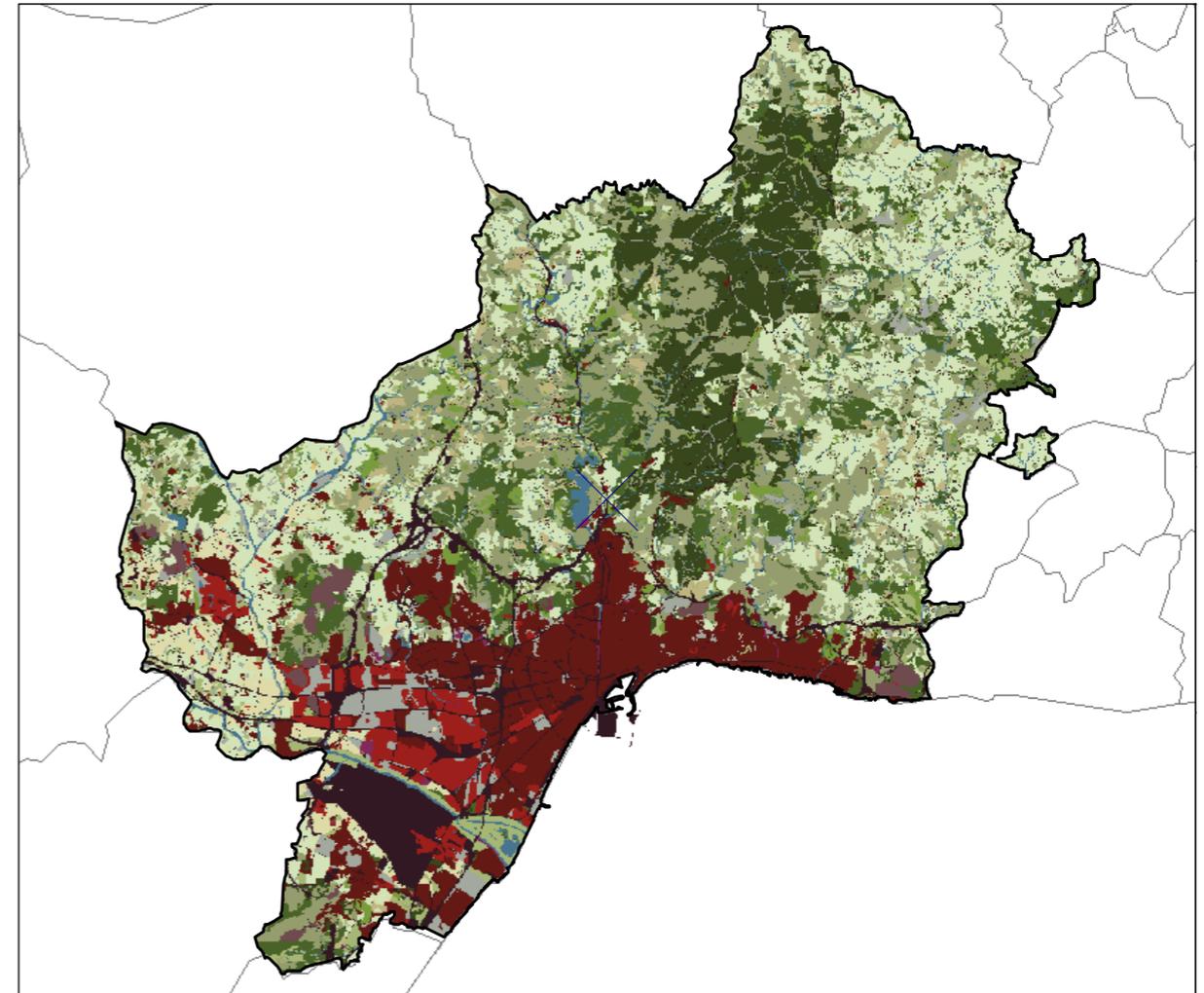


Tipo de Suelo.	Hectaréas	%
CORTAFUEGOS	177,46	0,45
CULTIVO HERBÁCEO DISTINTO DE ARROZ	822,27	2,08
CURSOS DE AGUA NATURALES: LÁMINA DE AGUA	66,33	0,17
DESGUACES Y CHATARRERÍA	6,65	0,017
DISCONTINUO	828,56	2,1
EMBALSES	103,54	0,26
ENSANCHE	2416,17	6,122
ESCOMBRERAS Y VERTEDEROS	14,34	0,04
FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: CONIFERAS	3152,11	7,99
FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: CONIFERAS+EUCALIPTOS	6,85	0,017
FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: EUCALIPTOS	30,35	0,08
FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: OTRAS FRONDOSAS	30,1	0,08
FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: OTRAS MEZCLAS	32,05	0,08
FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: QUERCINEAS	142,47	0,36
FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: QUERCINEAS+CONIFERAS	159,56	0,4
FRUTAL DE CÁSCARA - OLIVAR	864,53	2,19
FRUTALES DE CÁSCARA	2459,6	6,23
FRUTALES DE PEPITA	17,63	0,04
FRUTALES TROPICALES	26,52	0,07
INDUSTRIA AISLADA	147,61	0,37
INFRAESTRUCTURA TECNICA	34,16	0,09
INSTALACIÓN FORESTAL	14	0,04
INSTALACIONES CONDUCTORAS DE ENERGÍA: GASODUCTO/	14,25	0,04
INSTALACIONES DE ATLETISMO	11,88	0,03
INSTALACIONES DE CONDUCCIÓN DE AGUA	34,12	0,09
INSTALACIONES DE FÚTBOL	9,41	0,02
INSTALACIONES DE PÁDEL	0,42	0
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	6,68	0,017
INVERNADERO DE ESTRUCTURA PERMANENTE	2,93	0,01
LAGOS Y LAGUNAS	19,26	0,05
LÁMINA DE AGUA ARTIFICIAL	5,6	0,01
MARES Y OCÉANOS	0,51	0
MATORRAL DENSO	2263,44	5,735
MATORRAL DENSO ARBOLADO: CONIFERAS DENSAS	147,2	0,37
MATORRAL DENSO ARBOLADO: CONIFERAS DISPERSAS	466,61	1,182
MATORRAL DENSO ARBOLADO: CONIFERAS+EUCALIPTOS	8,33	0,02
MATORRAL DENSO ARBOLADO: EUCALIPTOS	0,92	0

Tipo de Suelo.	Hectaréas	%
MATORRAL DENSO ARBOLADO: OTRAS FRONDOSAS	924,1	2,341
MATORRAL DENSO ARBOLADO: OTRAS MEZCLAS	520,04	1,318
MATORRAL DENSO ARBOLADO: QUERCINEAS DENSAS	334,14	0,85
MATORRAL DENSO ARBOLADO: QUERCINEAS DISPERSAS	1027,09	2,6
MATORRAL DENSO ARBOLADO: QUERCINEAS+CONIFERAS	134,62	0,341
MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: CONIFERAS. DENSO	426,84	1,081
MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: CONIFERAS. DISPERSO	232,42	0,59
MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: CONIFERAS+EUCALIPTOS	6,37	0,02
MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: EUCALIPTOS	7,45	0,02
MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: OTRAS FRONDOSAS	1561,68	3,96
MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: OTRAS MEZCLAS	508,2	1,288
MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: QUERCINEAS. DENSO	179,43	0,45
MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: QUERCINEAS. DISPERSO	325,18	0,82
MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: QUERCINEAS+CONIFERAS	104,96	0,27
MATORRAL DISPERSO CON PASTIZAL	1216,85	3,08
MATORRAL DISPERSO CON PASTO Y ROCA O SUELO	535,04	1,356
MOSAICO	826,06	2,09
OLIVAR	3656,44	9,26
OLIVAR - VIÑEDO	2,14	0,01
OTRAS INSTALACIONES DEPORTIVAS	55,72	0,141
OTROS CULTIVOS LEÑOSOS	828,03	2,1
PARQUE RECREATIVO	35,62	0,09
PARQUE TECNOLÓGICO/EMPRESARIAL	56,89	0,144
PARQUES	96,3	0,24
PARQUES, PLAZAS, JARDINES, PASEOS MARÍTIMOS	96,63	0,24
PASTIZAL ARBOLADO: CONIFERAS. DENSO	26,14	0,07
PASTIZAL ARBOLADO: CONIFERAS. DISPERSO	99,12	0,251
PASTIZAL ARBOLADO: CONIFERAS+EUCALIPTOS	10,22	0,03
PASTIZAL ARBOLADO: EUCALIPTOS	9,6	0,02
PASTIZAL ARBOLADO: OTRAS FRONDOSAS	537,31	1,361
PASTIZAL ARBOLADO: OTRAS MEZCLAS	146,07	0,37
PASTIZAL ARBOLADO: QUERCINEAS. DENSO	1,03	0
PASTIZAL ARBOLADO: QUERCINEAS. DISPERSO	136,45	0,35
PASTIZAL ARBOLADO: QUERCINEAS+CONIFERAS	1,82	0
PASTIZAL CON CLAROS (ROCA, SUELO)	468,69	1,188
PASTIZAL CONTINUO	807,18	2,05

Tipo de Suelo.	Hectaréas	%
PENITENCIARIO	1,43	0
PLANTAS DE TRATAMIENTO	3,38	0,01
PLAYAS, DUNAS Y ARENALES	79,64	0,2
POLIDEPORTIVOS	5,84	0,01
POLÍGONO INDUSTRIAL ORDENADO	916,33	2,32
POLÍGONO INDUSTRIAL SIN ORDENAR	105,11	0,27
PUERTO DEPORTIVO Y/O PESQUERO	2,01	0,01
PUERTO INDUSTRIAL	51,01	0,129
RAMBLAS	175,16	0,44
RED FERROVIARIA	150,82	0,38
RED VIARIA	1342,31	3,401
RÍOS CANALIZADOS	8,77	0,02
RÍOS Y CAUCES NAT: OTRAS FORMAS RIPARIAS	887,63	2,25
RÍOS Y CAUCES NATURALES: BOSQUE GALERÍA	16,09	0,04
SUELO DESNUDO	1191,56	3,02
VEGETACIÓN LAGUNAR	11,52	0,03
VÍA DE COMUNICACIÓN NO ASFALTADA	366,14	0,93
VIAL, APARCAMIENTO O ZONA PEATONAL SIN VEGETACIÓN	235,86	0,6
VIÑEDO	24,67	0,06
ZONA DE EXTRACCIÓN O VERTIDO	73,97	0,187
ZONA VERDE AJARDINADA	74,53	0,19
ZONAS INCENDIADAS	120,56	0,31
ZONAS MINERAS	362,72	0,92
ZONAS TALADAS	14,36	0,04
TOTAL	39468,66	100

Tabla 2. Mapa de usos y coberturas vegetales del suelo de Andalucía 2007, escala 1:25.000. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.



Plano 2. Usos y coberturas del suelo del municipio de Málaga. Anexo II.

En la siguiente tabla se muestra el número de empresas por sector económico de la Ciudad de Málaga. El mayor número de empresas se encuentran dentro del grupo de servicios sanitarios, educativos y resto de servicios, seguido del comercio.

Actividad	Nº de empresas
Industria, energía, agua y gestión de residuos	1.724
Construcción	2.901
Comercio	10.243
Transporte y almacenamiento	2.047
Hostelería	2.975
Información y comunicaciones	765
Banca y seguros	747
Servicios sanitarios, educativos y resto de servicios	16.617
Total	38.019

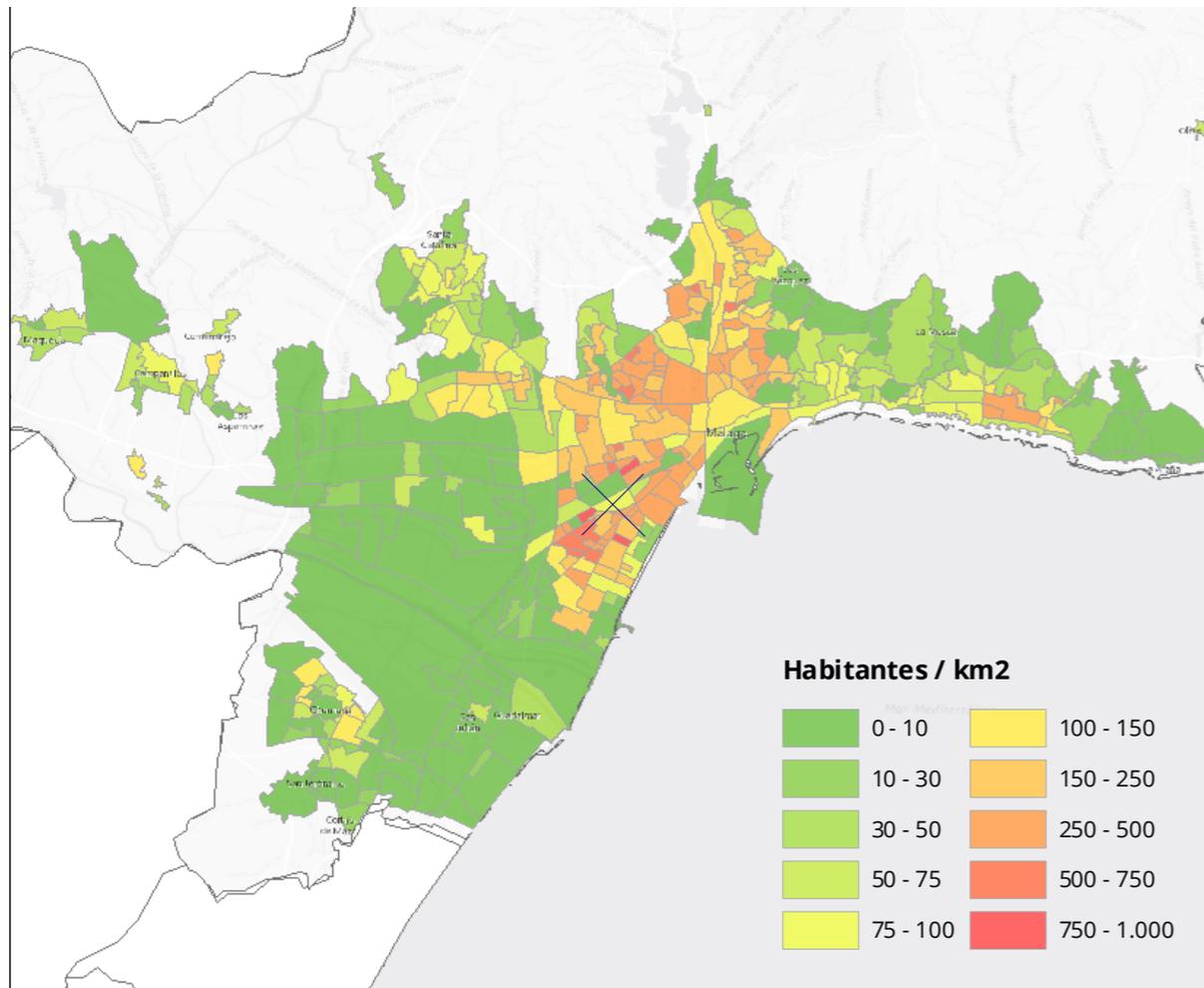
Tabla 3. Empresas por actividad económica según CNAE 09. Sima 2015. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía

Así mismo, el comercio ocupa a la mayor parte de las personas en Málaga según los datos de la distribución de población ocupada por actividades económicas, se incluye la siguiente tabla:

Actividad	Hombres	Mujeres	Ambos sexos
Agricultura, ganadería, caza y selvicultura	1.501	471	1.972
Pesca	252	68	320
Industrias extractivas	48	10	58
Industria manufacturera	11.458	4.090	15.548
Producción y distribución de energía eléctrica, gas y agua	858	169	1.027
Construcción	21.052	1.682	22.734
Comercio; reparación de vehículos de motor, motocicletas y ciclomotores y artículos personales y de uso doméstico	21.982	14.794	36.776
Hostelería	8.534	6.021	14.555
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	12.307	3.117	15.424
Intermediación financiera	3.191	1.830	5.021
Actividades inmobiliarias y de alquiler; servicios empresariales	9.684	7.804	17.488
Administración pública, defensa y seguridad social obligatoria	9.432	6.330	15.762
Educación	5.844	8.514	14.358
Actividades sanitarias y veterinarias, servicio social	5.252	10.219	15.471
Otras actividades sociales y de servicios prestados a la comunidad; servicios personales	3.355	2.978	6.333
Actividades de los hogares	879	4.770	5.649
Organismos extraterritoriales	12	19	31
Total	115.641	72.886	188.527

Tabla 4. Personas ocupadas por actividad económica. Fuente: IEA - Censos de Población y Viviendas 2001.

La población en Málaga se distribuye concéntricamente siendo los barrios más poblados los que están en los distritos de Carretera de Cádiz, Bailén-Miraflores y Cruz de Humilladero. En estas zonas pueden llegar a concentrarse una densidad de población por encima de los 750 por km².



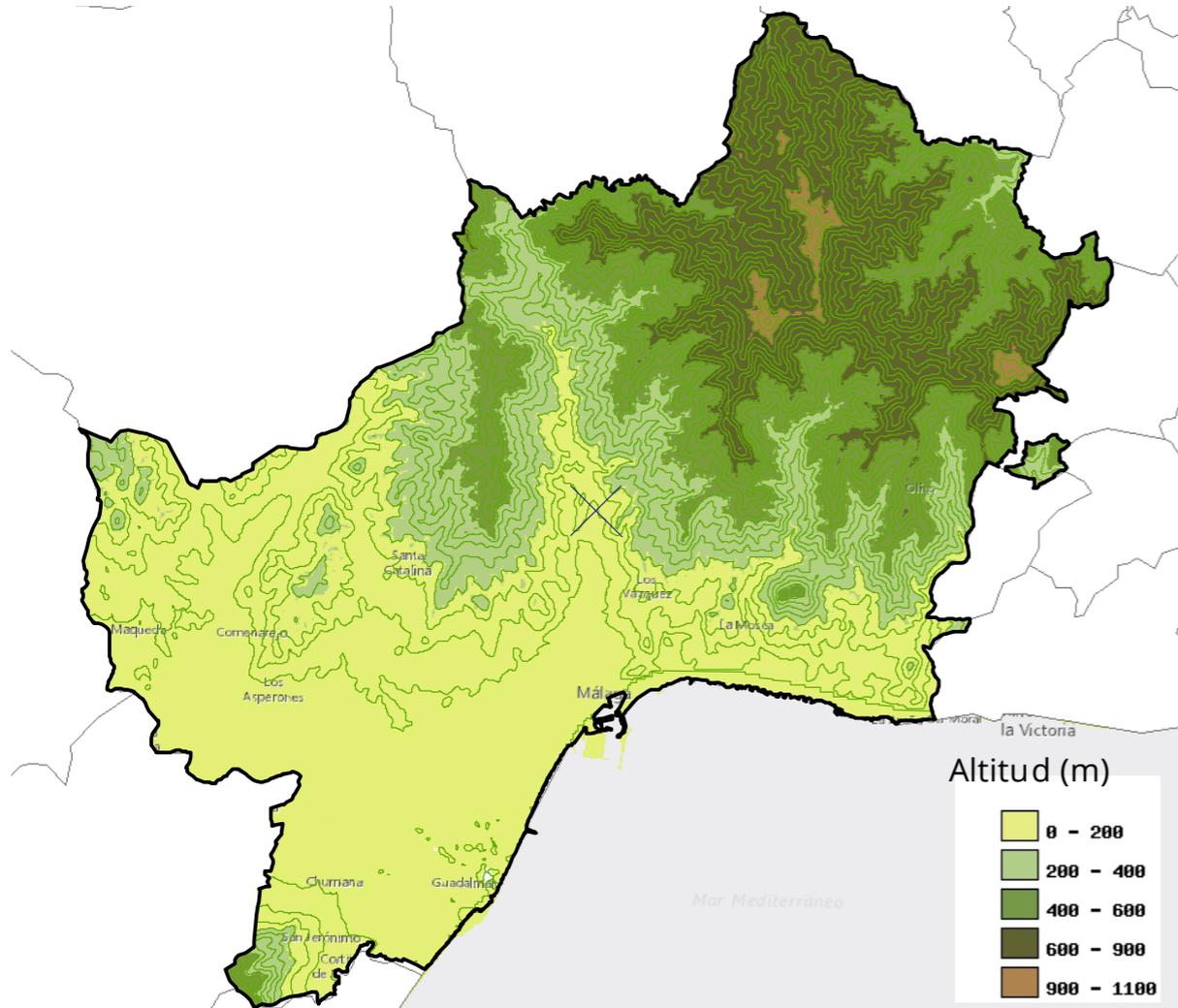
Plano 3. Densidad de Población por Barrios. Anexo III.

4. Datos topográficos relevantes.

El litoral de Málaga se encuentra en su mayoría modificado por la acción humana por la construcción de infraestructuras en el litoral y por la modificación de las playas para el uso y disfrute. En general el litoral se pueden dividir en 3 zonas distintas una zona portuaria y dos de costa. La zona occidental de costa con playas bajas y arenosas y las orientales rozando con su límite de término con formaciones montañosas cercanas al litoral.

En la orografía de Málaga sobresalen las formaciones montañosas de los montes de Málaga situadas en la zona noreste del municipio con su pico más alto la Cresta de la Reina de 1032 metros sobre el nivel del mar. En la zona sur y oeste se extienden las llanuras de aluviales del Guadalmedina y del Valle del Guadalhorce.

A continuación, se representa el Modelo Digital de Elevaciones MDE del municipio de Málaga. Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) 5x5m.



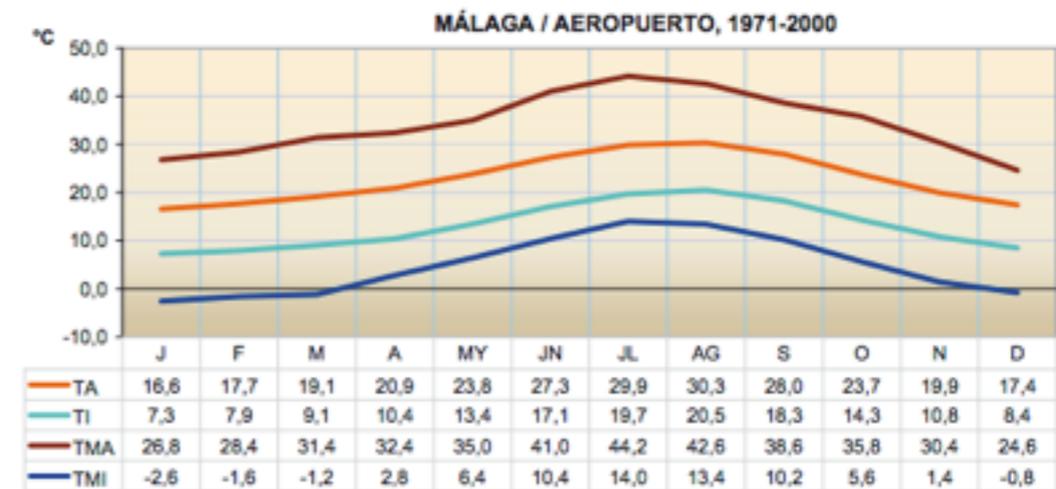
Plano 4. Modelo Digital de Elevaciones de Málaga. Anexo IV.

5. Datos climáticos útiles.

El clima en Málaga es templado con temperaturas invernales suaves y una estación calurosa en verano. Es característico

del clima de Málaga la suavidad de las temperaturas en invierno debido a la influencia del mar, la orientación de las montañas situadas al norte que le protegen de los vientos y por la cantidad de horas de sol que recibe por la orientación sur de la costa.

La precipitaciones se presentan en los meses de noviembre a enero con episodios de lluvia irregulares y en algunas ocasiones torrenciales.



TA: Temperatura media de las máximas.	TMA: Temperatura media absoluta.
TI: Temperatura media de las mínimas.	TMI: Temperatura mínima absoluta.

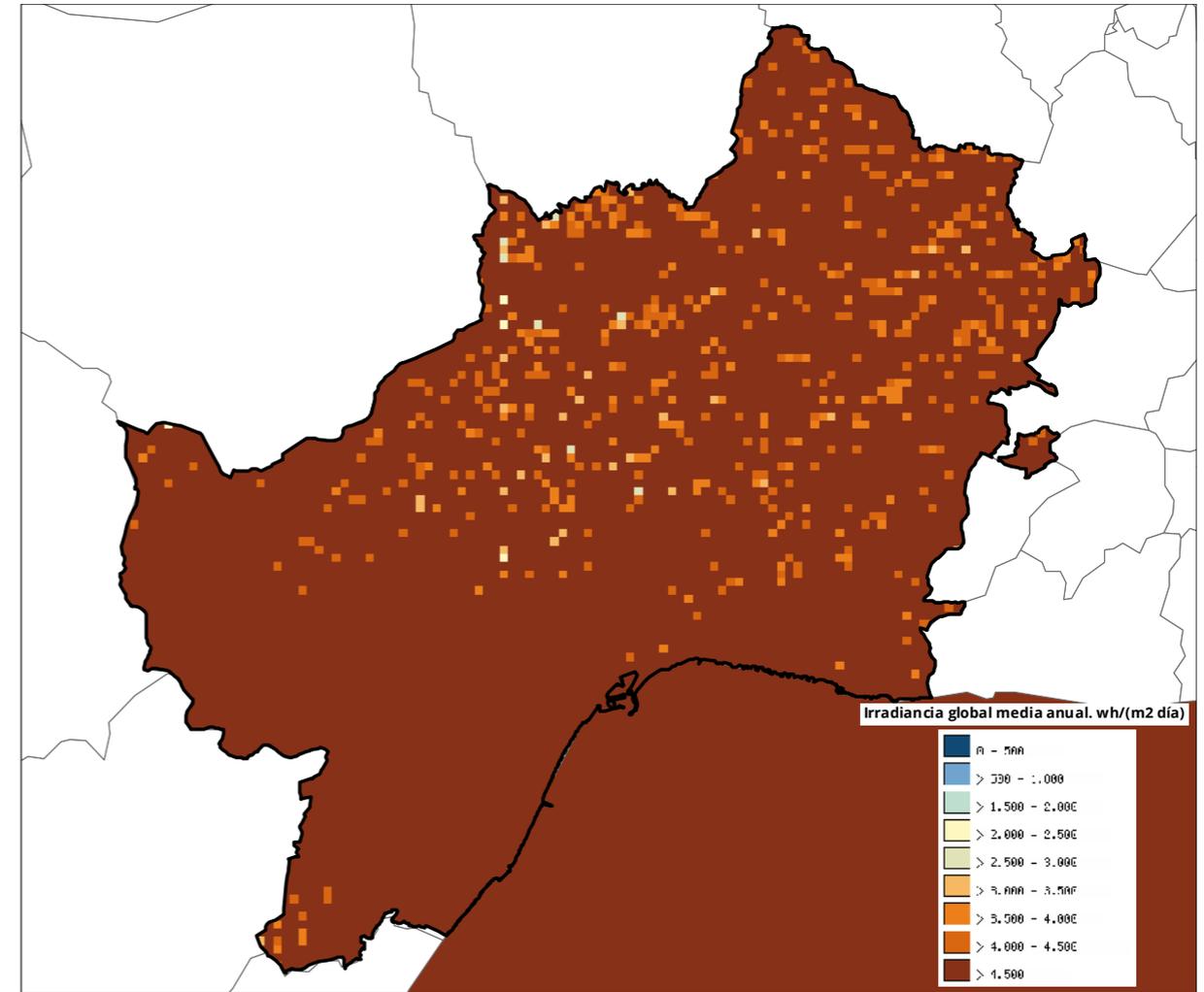
Figura 3. Atlas Climático Ibérico, Temperatura del Aire y Precipitación. (1971-2000) Málaga Aeropuerto. Fuente: AEMET.

La temperatura media anual en Málaga está entorno a los 18,5°C siendo las temperaturas máximas registradas en el mes de Agosto y las mínimas en Enero. En invierno las

temperaturas son suaves siendo casi inexistentes las heladas. Los veranos son calurosos y húmedos exceptuando cuando sopla el viento de poniente seco proveniente del interior que se denomina terral.

Radiación solar

La posición geográfica de la ciudad de Málaga situada al sur de la península y la estabilidad atmosférica provocan que se reciban un gran número de horas de sol. La recepción de radiación solar supera los 5 kWh/m² diarios. Los meses de radiación solar más intensa se encuentra entre mayo y agosto en las horas de 12 a 17.



Plano 5. Radiación Solar Global. Anexo V.

Vientos

En general los vientos predominantes en la ciudad de Málaga son suaves de componente noroeste en los meses de octubre a abril y en los restantes de componente suroeste. La velocidad media del viento es de 8 km/h o 2,2 m/s.

Mes del año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Año
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Dirección del viento dominante	↖	↖	↖	↖	↗	↗	↗	↗	↗	↖	↖	↖	↖
Probabilidad de viento >= 4 Beaufort (%)	35	33	30	26	21	21	22	16	14	13	28	28	23
Velocidad media del viento (kts)	9	9	9	9	8	9	9	8	8	7	8	8	8
Temperatura media del aire (°C)	14	15	17	19	22	26	28	28	26	21	17	15	20

Distribución de la dirección del viento en (%)
Año

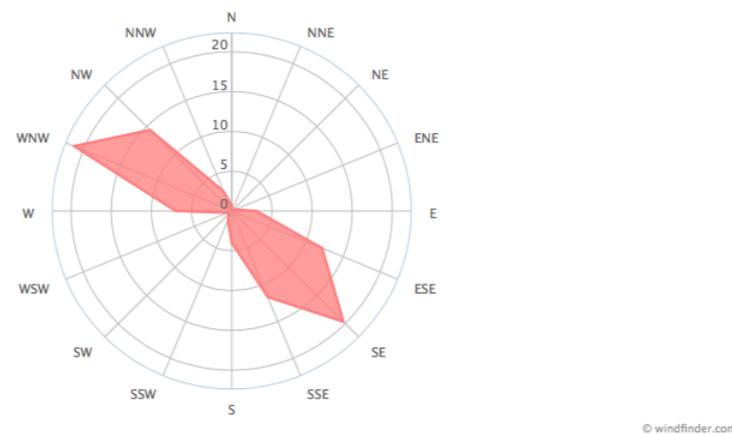


Figura 4. Dirección y velocidad del viento predominante. Fuente: WindFinder.

Inversión térmica.

En Málaga se pueden dar fenómenos de inversión térmica. Estos fenómenos se producen principalmente en invierno cuando se sitúa al anticiclón de las azores en nuestras latitudes. Las altas presiones del anticiclón limitan el paso de los frentes polares siendo los días estables y despejados. En estas condiciones la capa de suelo se enfría rápidamente en las noches despejadas y transmite el frío a la capa de aire

que tiene inmediatamente encima, ese aire se enfría y se hace más denso que el que está en la capa inmediatamente superior. Esta situación impide el ascenso del aire y concentra los contaminantes en las capas inferiores.

Este fenómeno es más frecuente en las mañanas frías de invierno con altas presiones y estabilidad atmosférica, cielo despejado y baja o nula circulación de aire.

6. Objetivos de protección.

La calidad del aire y la salud de las personas.

La contaminación del aire es uno de los mayores riesgos ambientales para la salud y se estima que es causante de unos 2 millones de muertes prematuras al año. Evitar la exposición a los contaminantes del aire queda fuera del control de las personas, pudiendo únicamente reducir la exposición evitando lugares conocidos donde los niveles de contaminación son mayores, siendo imposible eliminar la exposición por completo. Los gobiernos y autoridades son los agentes del cambio para reducir la contaminación del aire a nivel general, lo que requiere acciones a nivel local, regional, nacional e internacional.

Incluso concentraciones relativamente bajas de contaminantes se relacionan con distintos efectos adversos sobre la salud. En muchas ciudades hay riesgos serios debido a la exposición de la población a niveles elevados de partículas y ozono. En el caso de las partículas, la exposición puede ser entre 10 y 50 veces mayor en ambientes interiores donde se hace uso de combustibles como madera o carbón en chimeneas y calderas. La reducción del uso de combustibles fósiles no solo reduciría las concentraciones de contaminantes del aire perjudiciales para la salud, sino también de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global.

De entre todos los contaminantes del aire, las partículas son las que afectan a un mayor número de personas. Los constituyentes principales de dichas partículas son sulfatos, nitratos, amonio, cloruro de sodio, carbono, polvo mineral y agua. Además, estas partículas llevan adheridos multitud de otros contaminantes, como compuestos químicos de distinta naturaleza entre los que encontramos sustancias especialmente perjudiciales y/o cancerígenas, como algunos hidrocarburos.

La exposición crónica a partículas es causante del desarrollo de enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Las partículas inferiores a 2,5 micras (PM_{2.5}) son las más perjudiciales debido a su reducido tamaño, el cual les

permite llegar hasta los bronquiolos e interferir en el intercambio de gases en los mismos.

La esperanza de vida media en Europa, según estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud, es de 8.6 meses menor debido a la exposición a la contaminación del aire.

La población expuesta en España a niveles de contaminación considerados como perjudiciales según la legislación vigente y las recomendaciones de la OMS da lugar a unos resultados bastante dispares en cuanto a la calidad del aire en España. A continuación se presenta una tabla resumen para los contaminantes NO₂, O₃ y PM.

	2013		2014		2015	
	VL	OMS	VL	OMS	VL	OMS
NO ₂	9,9	9,9	9,8	9,8	11,1	11,1
O ₃	6,9	41,3	6,3	39,6	10,9	39
PM ₁₀	0	21,5	0,4	24,4	1,5	32,4
PM _{2.5}	0	25	0	26,3	0	31

Tabla 5. Millones de personas expuestas a niveles perjudiciales de contaminación atmosférica en España por contaminantes, según la legislación vigente (VL) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Se observa como la exposición de la población a niveles perjudiciales de O₃ y partículas es muy inferior si atendemos a la legislación vigente con respecto a las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud.

En España, en el año 2015, la población expuesta a aire contaminado según los niveles establecidos en la legislación vigente es del 39,8% (18,5 millones). Sin embargo, si se tuvieran en cuenta las recomendaciones establecidas por la Organización Mundial de Salud, este dato ascendería al 98,6% (45,9 millones).

Un aspecto a tener en cuenta son las condiciones climatológicas de nuestra región en comparación con los países más húmedos. Las condiciones secas y la escasa vegetación favorecen la presencia y resuspensión de partículas en el aire. La humedad y las precipitaciones son responsables de la eliminación de las partículas en el aire, por lo que los largos periodos de escasa precipitación característicos en esta región conllevan unos niveles de partículas superiores a otras regiones más húmedas a igualdad de otros parámetros.

La radiación solar también es una variable a tener en cuenta en los niveles de ozono presentes en nuestra región. La radiación solar es responsable de la producción de ozono troposférico en presencia de precursores de ozono, por lo que a igualdad de otros parámetros, los niveles de ozono

serán superiores a otras regiones con menos horas de sol y menor irradiancia total.

En Málaga, los contaminantes que más incidencia tienen por sus mayores niveles a nivel local son las partículas y el ozono. Éste último produciendo daños tanto a la salud de las personas como a la vegetación. Los óxidos de nitrógeno presentan concentraciones relativamente elevadas en las zonas con mayores niveles de tráfico. En el año 2015, se alcanzó el valor límite anual establecido para el NO₂ en 40 µg/m³.

Contaminantes en zonas urbanas: Reducción de emisiones en los motores de combustión.

Cuando se asocian a altos niveles de hidrocarburos y luz solar, las concentraciones de estos gases producen el llamado smog fotoquímico. La radiación solar provee de la energía necesaria para romper algunos de los enlaces de óxidos de nitrógeno y de hidrocarburos volátiles. El oxígeno atómico reactivo puede producir:

- Ozono, reaccionando con O₂.
- Radicales libres orgánicos, que son también muy reactivos, reaccionando con hidrocarburos.
- Radicales libres hidroxilo reaccionando con vapor de agua.

Los gases de escape de los automóviles están compuestos principalmente por NO₂, CO, CO₂ y otros compuestos volátiles procedentes de la combustión incompleta de los hidrocarburos.

Los catalizadores incorporados en los sistemas de escape de los vehículos convierten, durante su vida útil, el CO, HC y NO_x en CO₂, vapor de agua y N₂. Los catalizadores se agotan normalmente durante los primeros años de vida del vehículo, aunque es pocas ocasiones son sustituidos posteriormente. Otro factor importante a controlar son las emisiones de CO₂ por lo que se deben reducir las emisiones totales de los motores de todos los compuestos, aunque emitir CO₂ es ciertamente menos perjudicial para la salud que el resto de gases, que son tóxicos a concentraciones mucho menores.

Los motores de gasolina (otto) emiten una mayor cantidad de CO e Hidrocarburos con respecto a los motores diesel, pero las emisiones de NO_x y Partículas es muy inferior.

El ciclo Otto es el ciclo termodinámico que se aplica en los motores de combustión interna de encendido provocado (motores de gasolina).

Los catalizadores dobles para motores diesel reducen un 95% las emisiones de CO y HC, y los filtros de partículas

también son capaces de eliminar más del 99% de las partículas.

Patrimonio Natural

La contaminación atmosférica provoca daños directamente al patrimonio natural. El municipio de Málaga cuenta con una gran riqueza natural teniendo dentro del municipio el Parque Natural Montes de Málaga y el Paraje Natural Desembocadura del Gaudalhorce.

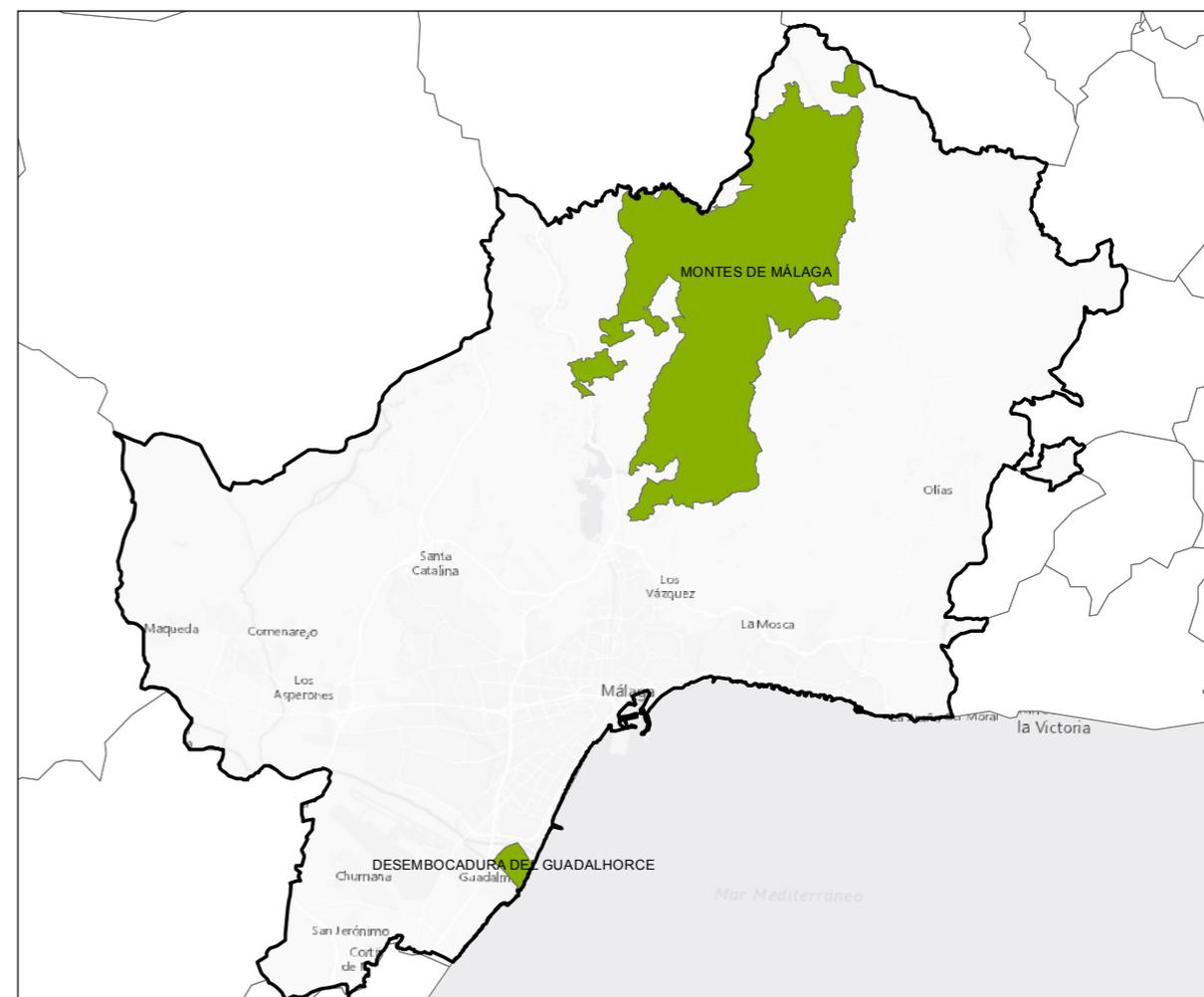
El Parque Natural Montes de Málaga se sitúa al norte de la ciudad y ocupa un área de 4.776,7 hectáreas en el municipio. La mayor parte de la superficie está ocupada por pino carrasco (*Pinus halepensis*) plantado por las repoblaciones que se realizaron a principio del siglo XX. Entre las extensiones de pinos, existen manchas de bosque mediterráneo compuesto por encinas, alcornoques y quejigos. Este parque natural es considerado como el pulmón verde de la ciudad. Respecto a fauna habitan en este espacio especies como el camaleón común, el turón, el zorro, la comadreja, el gato montés, el jabalí, el águila culebrera y calzada, el azor y el búho real.

El Paraje Natural Desembocadura del Guadalhorce es un entorno natural creado por el hombre por la extracción de

áridos de la propia desembocadura. Ocupa una extensión de 82,5 hectáreas. El espacio hoy día cuenta con zonas lagunares donde habitan numerosas especies de avifauna como el morito, la espátula, la cigüeña negra, la gaviota de Audouin, el martín pescador, la pagaza piquirroja, la garcilla, pardelas, charranes y fochas. Los mamíferos más comunes son el conejo, el ratón de campo, la rata de agua, el topillo, comadreja, turones y zorros. Entre la flora se destaca la vegetación acuática y perilagunar con carrizos castañuelas y almajos. Existen también en la zona álamos, eucaliptos, sauces, tarajes y palmeras.

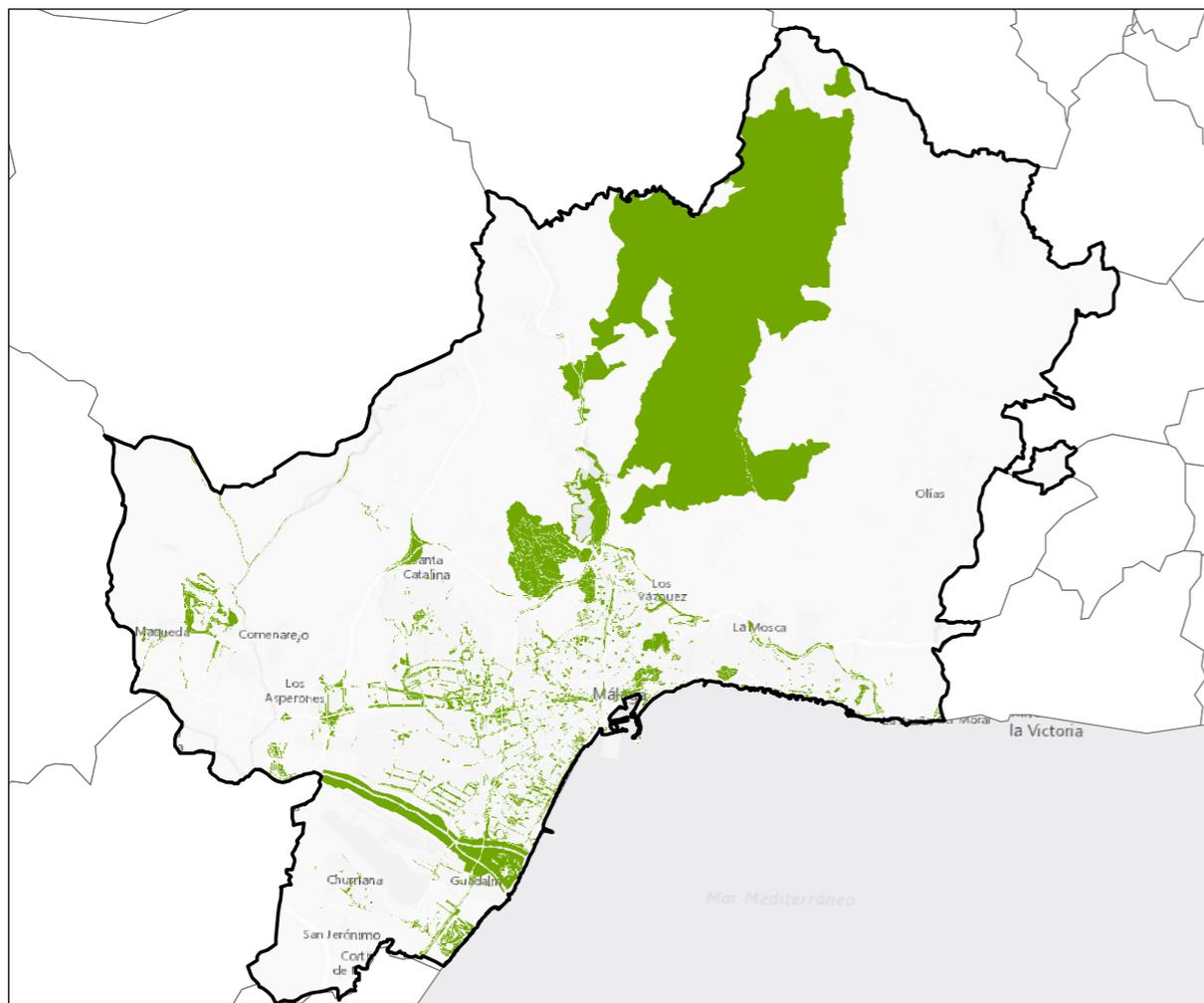


Imagen 5. Atardecer Paraje Natural Desembocadura del Guadalhorce.



Plano 6. Espacios Naturales Protegidos. Anexo VI.

Además, Málaga cuenta con dos importantes núcleos botánicos, el Parque de Málaga y el Jardín Botánico Histórico de la Concepción que albergan una gran cantidad de especies de flora con alto valor botánico. Unido a esto la ciudad tiene una serie de zonas verdes diseminadas por todo el espacio urbano. Málaga cuenta por una extensión por habitante de 7,7 m² por habitante.



Plano 7. Zonas Verdes Municipio de Málaga. Anexo VI.



Imagen 6. Rosaleda. Jardín Botánico Universidad de Málaga.

Origen de la contaminación



Plan de Calidad del Aire
MÁLAGA



Origen de la contaminación

- 1. Introducción.**
- 2. Principales contaminantes del aire.**
- 3. Fuentes de emisión responsables de la contaminación.**

1. Introducción

Cuando se habla de calidad del aire es necesario diferenciar dos conceptos de emisión e inmisión. La emisión es la descarga o liberación de los contaminantes a la atmósfera y cuando nos referimos a inmisión estamos hablando de los niveles de contaminación que reciben los receptores. De los niveles de inmisión de contaminantes se hablará en el siguiente capítulo.

Para conocer el origen de los contaminantes que afectan al municipio de Málaga es necesario conocer los datos de los inventarios de emisiones a la atmósfera. Estos inventarios determinan las cantidades de contaminantes que se emiten, tanto de origen antrópico como natural.

El ayuntamiento de Málaga no cuenta con datos de inventarios de emisiones a la atmósfera puesto que la competencia de esto recae sobre la administración autonómica. Es por ello que en este estudio, para conocer el origen de la contaminación se han utilizado datos concernientes a Málaga Capital, la Aglomeración Urbana de la Costa del Sol y la Provincia de Málaga.

Los datos que se presentan en este documento han sido extraídos de los documentos Inventario de emisiones a la atmósfera en la Comunidad Autónoma de Andalucía del año

2010 - 2011 (Edición 2015) y del Borrador de la Estrategia Andaluza de Calidad del Aire de la Junta de Andalucía que utiliza datos del inventario de emisiones del año 2014 para la aglomeración urbana de Málaga.

2. Principales contaminantes del aire.

Partículas

Representan un conjunto de partículas sólidas y líquidas, éstas últimas conocidas como aerosoles, por lo general no tóxicas. Las partículas sólidas están formadas principalmente de carbono sólido, sales, polvo, humo, cenizas y polen, y pueden ser emitidas a la atmósfera o formarse en la misma. Las más peligrosas de todas ellas son los asbestos y el arsénico. Pequeñas gotas de ácido sulfúrico, PCBs, aceites y algunos pesticidas también pueden incluirse en esta categoría. Debido a las dificultades de muestreo y análisis, se clasifican según su diámetro en las categorías con diámetro aerodinámico equivalente o inferior a 10 μm , 2.5 μm y 1 μm y son conocidas como PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ y PM_1 . Se clasifican según su granulometría y composición química. Estas características tienen una gran variabilidad según su origen, mecanismos de formación, su emisión y transporte.

Según su composición, las partículas se pueden clasificar en cuatro grupos principales: compuestos orgánicos,

compuestos secundarios, minerales y aerosol marino, y metales. Los compuestos secundarios, como sulfatos y nitratos suelen ser de origen antropogénico. Los compuestos de carbono incluyen carbono elemental y orgánico. Dentro de este último destacan los hidrocarburos policíclicos aromáticos, que están catalogados como posible cancerígeno.

Las partículas en suspensión de origen mineral provienen tanto de fuentes naturales como antropogénicas. Las principales fuentes naturales son la erosión, resuspensión de partículas de polvo mineral del suelo y el aerosol marino. Debido al clima seco, las partículas permanecen en suspensión por periodos prolongados y en mayor concentración, incluyendo las partículas procedentes de África que son transportadas largas distancias y los aerosoles marinos, los cuales tienen también una gran importancia en ambientes costeros como en el caso de Málaga. Entre las fuentes antropogénicas, están la emisión de partículas en procesos de combustión, como en vehículos motorizados o industria, y las producidas en otras actividades como la minería, la construcción, el movimiento de tierras, el transporte de materiales, las cementeras y otras actividades que generen producción y levantamiento de partículas.

A pesar de que el 90% de las partículas proviene de fuentes naturales a nivel global, la emisión de partículas de origen antropogénico está tan concentrada que en ambientes urbanos y a nivel local, adquieren una mayor importancia y son causantes de un aumento considerable de la concentración de partículas totales.

La eliminación de las partículas en la atmósfera se produce a través de tres mecanismos, principalmente: Sedimentación, difusión Browniana y por impacto o intercepción. Muchas de estas partículas son eliminadas de la atmósfera mediante el último mecanismo por la lluvia o la nieve, y además muchas de ellas actúan como núcleos de condensación que dan lugar a gotas de lluvia y cristales de hielo. En Málaga, con un clima seco y lluvias poco frecuentes, las partículas permanecen en suspensión en la atmósfera durante periodos mucho mayores, por lo que la concentración de partículas es generalmente más alta que en climas húmedos y lluviosos, en los cuales las precipitaciones arrastran las partículas de la atmósfera hasta el suelo donde, siempre que se mantenga húmedo, se evitará en gran medida la suspensión de las mismas.

Efectos sobre la salud

En el ambiente, las partículas reducen la visibilidad y, en muchos casos, su contaminación se puede observar claramente en ambientes urbanos. Las partículas, a pesar de

no ser tóxicas de por sí, pueden producir irritación y causar o desencadenar problemas cardiovasculares y respiratorios a las personas por su capacidad de penetrar en las vías respiratorias e interferir con el intercambio de gases en los pulmones. Esta polución puede influir inmediatamente en el sistema respiratorio y, una vez dentro de los pulmones, causar dificultades respiratorias sobre todo a aquellos que sufren problemas respiratorios crónicos. Las partículas de plomo son especialmente peligrosas ya que suelen descender y ser absorbidas por ingestión de comida contaminada y reservas de agua. El plomo se acumula en los huesos y tejidos blandos y a altas concentraciones puede causar daños cerebrales, convulsiones e incluso la muerte. Incluso a bajas concentraciones el plomo es peligroso para niños, recién nacidos y durante el embarazo, afectando al sistema nervioso central y produciendo daños.

La contaminación por partículas no afecta solo a los pulmones, sino que se ha observado que afecta al ritmo normal del corazón, pudiendo provocar problemas cardíacos. Las PM_{10} y $PM_{2.5}$ son las de mayor riesgo ya que pueden penetrar más en el sistema respiratorio, interfiriendo en el intercambio gaseoso en los bronquiolos.

Los principales factores a tener en cuenta, respecto a los efectos que pueden tener las partículas en la salud, son el tamaño, pues del mismo depende su facilidad de

penetración en las vías respiratorias, y la composición química, siendo éste un parámetro mucho más variable. La composición química de las partículas puede darles un carácter inerte, de toxicidad propia o incluso a veces, los componentes de las partículas pueden actuar de catalizadores en la transformación de unos contaminantes a otros.

Las partículas superiores a $5\mu\text{m}$ de diámetro quedan retenidas en la cavidad nasal o en la mucosa de la tráquea. Las comprendidas entre $0,5$ y $5\mu\text{m}$ de diámetro pueden penetrar hasta las vías inferiores, depositándose en los bronquios y bronquiolos de donde son eliminadas a las pocas horas mediante expectoración por la acción del epitelio vibrátil cuyos cilios ayudan a este proceso o envían a estas partículas a la faringe y de ahí pueden pasar al estómago.

Las partículas de diámetro inferior a $0,5\mu\text{m}$ son las que mayor riesgo representan, pues se depositan en los alvéolos pulmonares de donde es difícil que se expulsen al carecer éstos de cilios y mucosas. De este modo, pueden permanecer durante largos periodos de tiempo ejerciendo su acción tóxica provocando cuadros de bronquitis crónica caracterizados por flemas, exacerbación de catarros y dificultades respiratorias. Además, en los alvéolos también

pueden ser atrapados por fagocitos y terminar en el torrente sanguíneo.

No obstante, el efecto final de las partículas depositadas en el sistema respiratorio depende, en gran medida, de su composición química, que puede dar lugar a efectos toxicológicos diversos, irritaciones, fibrosis, alveolitis, bronquiolitis, etc.

En España, se estima que la exposición a niveles superiores a los $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ es responsable de 1,4 muertes por cada 100.000 habitantes a corto plazo. El número de muertes prematuras atribuibles a la exposición a una concentración de $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ es de 68 muertes por cada 100.000 habitantes. Por lo tanto, con una media anual de aproximadamente $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ en las distintas estaciones de muestreo, una población de más de 1.100.000 habitantes y un aumento de 0,6% de probabilidad de muerte por cada incremento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ se podrían esperar, al menos, entre 680 y 748 muertes prematuras anuales debido a la contaminación por partículas en el aire.

La concentración de este tipo de contaminantes a partir de la cual se producen efectos sobre la salud no es constante, puesto que las características físicas y químicas de las partículas, la presencia de otros contaminantes que pueden dar lugar a efectos sinérgicos, o las características del receptor (edad, fisiología, etc.) pueden hacer variar

significativamente estos límites. No obstante, la exposición a concentraciones elevadas de partículas puede causar:

- Irritaciones de vías respiratorias y ojos
- Mayor incidencia y agravamiento de episodios asmáticos
- Mayor incidencia y agravamiento de enfermedades cardiovasculares
- Aumento de la morbilidad a largo plazo
- Aumento de la frecuencia de cáncer pulmonar a largo plazo

Monóxido de Carbono (CO)

Es un contaminante común en el aire de las ciudades y procede, en gran medida, de los vehículos motorizados que utilizan gasolina como combustible. Es incoloro, inodoro y tóxico, y se forma durante la combustión incompleta de combustibles que contienen carbono. El CO puede provenir de fuentes naturales, como es la oxidación del metano y el proveniente de los océanos, aunque las altas concentraciones presentes en las ciudades se deben a la emisión de origen antropogénico, principalmente por

procesos de combustión. Afortunadamente, el CO es rápidamente eliminado de la atmósfera mediante microorganismos que se encuentran en el suelo, ya que este gas es peligroso incluso a bajas concentraciones. Presenta problemas sobre todo en zonas con poca ventilación, como son túneles de autovías y aparcamientos subterráneos.

Efectos sobre la salud

El monóxido de carbono puede provocar, a bajas concentraciones, fatiga, dolor de cabeza y sueño. La inhalación de monóxido de carbono puede llegar a ser muy perjudicial para la salud, pues se combina con la hemoglobina de la sangre, formando la carboxihemoglobina, que desplaza al oxígeno e impide la formación de oxihemoglobina. Esta circunstancia se debe a que la afinidad de la hemoglobina por el CO es 250 veces superior a la que presenta por el oxígeno. Esta situación puede provocar, si la saturación no sobrepasa el 10%, trastornos psicomotores que se manifiestan como síntomas de cansancio, cefaleas y alteraciones de la coordinación. Por encima del 10% se pueden producir alteraciones más graves, incluso la muerte. Cuando la saturación es inferior al 5%, se producen alteraciones de la función cardíaca y pulmonar. La carboxihemoglobina formada es reconvertida espontáneamente en un 50% a oxihemoglobina en un periodo de 3 a 4 horas.

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

Su principal componente son los hidrocarburos, y son sólidos, líquidos o gaseosos a temperatura ambiente. Algunos de ellos, como el metano, no tiene efectos sobre la salud conocidos pero es uno de los principales gases de efecto invernadero. El metano también está relacionado con la formación de CO por oxidación en presencia de radicales hidroxilo. Otros compuestos son el benceno, los formaldehidos y algunos clorofluorocarbonos (CFC). Algunos de estos compuestos se conocen por ser cancerígenos, y otros muchos son precursores de otros productos que también lo son (contaminantes secundarios).

Aparte de los efectos nocivos sobre la salud y el medioambiente, son también precursores de la formación de ozono troposférico junto a los óxidos de nitrógeno NO_x en presencia de luz solar, siendo también responsables de la formación de smog fotoquímico.

Una de las principales fuentes de emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles es el uso de disolventes industriales. El amplio uso de los COV complica la reducción de las emisiones, ya que son utilizados ampliamente como combustibles, disolventes, desengrasantes, conservantes, agentes de limpieza, dispersantes, propelentes, reactivos, ignífugos, monómeros, etc. En Andalucía se está trabajando para limitar su uso y para aplicar la normativa

correspondiente a la reducción de las emisiones de COV. La otra fuente principal proviene de las emisiones de los vehículos de combustión y otras emisiones industriales. El uso más extendido de los COV como disolvente es en el recubrimiento y en pinturas

Efectos sobre la salud

La presencia de COV puede producir dolor de cabeza, dificultad para respirar, mareos, y fatiga, entre otros síntomas. Algunos síntomas son similares a los producidos por el CO a bajas concentraciones y el CO_2 a altas concentraciones. Muchos COV están considerados como perjudiciales para los ecosistemas y la salud debido a su toxicidad, efectos carcinógenos y otros efectos psicológicos adversos.

Los principales aspectos a tener en cuenta para considerar a los COV como tóxicos y peligrosos para la salud son sus características volátiles, liposolubles y tóxicas.

Su volatilidad permite que pasen con facilidad a la atmósfera, alcanzando concentraciones elevadas especialmente en espacios confinados. Una vez en la atmósfera, pueden ser inhalados o pueden ser absorbidos a través de la piel, siendo las principales vías de exposición a estos compuestos. Una vez expuestos, estos compuestos pasan a la sangre pudiendo tener efectos a corto y largo

plazo. Su liposolubilidad hace que su afinidad por los tejidos grasos conlleve su acumulación en los órganos a largo plazo, pudiendo alcanzar altas concentraciones y tenga efectos perjudiciales para la salud. Algunos estudios de toxicidad, relacionan lesiones neurológicas con la exposición crónica a los disolventes, además de otros efectos psiquiátricos significativos como la irritabilidad y dificultades de concentración, afectación visual, verbal o motora, memoria, etc.

Ozono (O₃) en la troposfera

El ozono es un gas irritante considerado como contaminante cuando está presente en la troposfera. Es el principal componente del smog fotoquímico. Es un gas nocivo que produce mal olor e irritación de las mucosas del sistema respiratorio, agravando problemas crónicos, como el asma o la bronquitis. A pesar de su función básica de protección ante los rayos UV en la estratosfera, en la troposfera es considerado como un contaminante. Es un contaminante secundario que no se emite de manera directa, sino que se forma a partir de diversas reacciones bajo ciertas condiciones. Los principales precursores de ozono son los óxidos de nitrógeno (NO_x), los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y, en menor medida, el monóxido de carbono (CO). Al ser un agente oxidante, en los centros urbanos la concentración de ozono es menor, ya que existen mayores

concentraciones de otros compuestos (como los COV) que son oxidados por el ozono. En las zonas periféricas, la concentración de ozono es mayor que cerca de los focos de emisión de otros contaminantes del aire oxidables, incluyendo los propios precursores del ozono.

Efectos sobre la salud

Incluso en personas sanas, una exposición a bajas concentraciones durante periodos de seis o siete horas durante periodos de ejercicio físico puede reducir significativamente las funciones pulmonares. Esto viene acompañado de otros síntomas como son el dolor de pecho, náuseas, tos y congestión pulmonar. El ozono también ataca la goma, retarda el crecimiento de árboles y daña cosechas. El aparato respiratorio es el principal perjudicado por su acción, siendo los primeros síntomas que se detectan tras una exposición al mismo: tos, dolor de cabeza, náuseas, dolores pectorales al inspirar profundamente y acortamiento de la respiración.

Los grupos de población más sensibles a la acción del ozono son los niños, las personas de avanzada edad y las personas que padecen distintas enfermedades respiratorias. Una sensibilidad mayor de la normal al ozono puede ser debida a numerosas causas, siendo las más importantes: la preexistencia de enfermedades respiratorias, la realización de ejercicio físico y la distinta genética existente entre la

población. En personas asmáticas, se ha observado una mayor frecuencia de ataques de asma tras exposiciones a altos niveles de ozono. Los niños constituyen un importante grupo de riesgo por tener unos hábitos de ocio relacionados con el ejercicio físico y la actividad al aire libre.

Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y otros NO_x

Proviene de la combinación del O₂ y N₂, debido a rayos en sistemas naturales, hornos y motores de automóviles. Estos óxidos son retirados gradualmente de la atmósfera en forma de nitratos. Las especies de nitrógeno que se encuentran en la atmósfera son el N₂, NO, N₂O y el NO₂. El N₂O proviene en parte de la reducción de los nitratos en procesos de desnitrificación, aunque el producto principal de este proceso es el N₂, siendo el N₂O una reducción incompleta. El NO y el NO₂ son producidos a altas temperaturas. En áreas con tormentas abundantes, suele haber una producción de estas especies significativa.

El N₂O pasa gradualmente a la estratosfera donde es rápidamente convertido en N₂ (95%) y NO (5%). La radiación solar con longitud de onda inferior a 250 nm tiene suficiente energía para romper las moléculas de N₂O, por lo que la fotólisis solo ocurre a altitudes mayores a los 20 km, ya que la radiación ultravioleta es absorbida por las moléculas de N₂O y O₃ a esas alturas.

Parte del NO reacciona con oxígeno molecular y ozono para formar NO₂, el cual se combina con el agua para formar ácido nítrico HNO₃. Este ácido es posteriormente lavado por agua de lluvia o combinado con NH₄NO₃. La concentración de NO (monóxido de nitrógeno) presente en la atmósfera no se considera peligrosa para la salud. Sin embargo, sí es de importancia debido a que su oxidación produce NO₂, siendo un gas tóxico considerado como uno de los principales contaminantes de la contaminación del aire.

La retirada de óxidos de nitrógeno se produce principalmente en la baja atmósfera. La quema de combustibles fósiles en hornos y motores de automóviles incrementan la temperatura de los gases permitiendo la reacción entre N₂ y O₂, y por lo general a mayor es la temperatura, mayor es la producción de estos gases. En términos generales, la producción de estos gases es inferior a los producidos de forma natural, sin embargo, en zonas urbanas bajo ciertas condiciones climáticas los niveles de estos gases pueden ser de varios cientos de veces las concentraciones naturales.

Este contaminante es un buen indicador de la contaminación producida por el tráfico, aunque son los vehículos diesel los que emiten una mayor cantidad de este contaminante.

Efectos sobre la salud

El NO₂ es el gas más tóxico de los óxidos de nitrógeno, pudiendo presentar riesgos para la salud. Los problemas que ocasiona están relacionados con el sistema respiratorio. La exposición a altas concentraciones de NO₂ y otros NO_x puede producir irritación nasal, incomodidad respiratoria y dolores respiratorios agudos. Las concentraciones encontradas en la atmósfera son inferiores a las consideradas perjudiciales, aunque, en ciertos ambientes urbanos con altos niveles de emisión, las concentraciones alcanzadas pueden ser elevadas.

El NO₂ penetra en las más finas ramificaciones de las vías respiratorias. Según la concentración y duración de la exposición, su inhalación puede provocar cambios funcionales en el pulmón de individuos sanos como el aumento de la resistencia de las vías respiratorias. Esta situación se ve agravada en individuos asmáticos, que muestran una mayor reactividad bronquial ante la exposición al NO₂.

Estas reacciones podrían ser importantes, especialmente en sujetos con enfermedades respiratorias, cuando los contaminantes gaseosos actúan en combinación con partículas inhaladas.

Además de estas modificaciones en la función respiratoria, se le ha relacionado con un aumento de la reactividad bronquial y en los niños con un aumento de la sensibilidad de los bronquios a las infecciones microbianas.

Otros contaminantes

Benzo(a)pireno

Se trata de un hidrocarburo aromático que se emite principalmente en procesos de combustión, en los cuales se produce una combustión incompleta. Se encuentra en forma de micropartículas y está clasificado como cancerígeno seguro (Grupo 1).

Dióxido de Azufre (SO₂)

Hasta hace dos décadas, este contaminante era de gran importancia por ser un contaminante irritante y peligroso para la salud, siendo causante de problemas cardiovasculares y respiratorios, así como muertes prematuras. En los últimos años, debido a las medidas llevadas a cabo para su control y por el cambio en el uso de combustibles, su concentración se ha reducido a niveles bajos que, por lo general, no suponen un gran riesgo en la actualidad.

3. Fuentes de emisión responsables de la contaminación.

Con el objeto de conocer las fuentes de emisión responsables de la contaminación se construyen los inventarios de emisiones. Estos trabajos pueden dimensionarse en función de los datos disponibles, pudiendo ser una simple estimación de las emisiones a partir de datos globales o por el contrario, ser un análisis profundo de las emisiones de cada fuente concreta. La diferencia entre ambos inventarios se fundamenta en el tipo de metodología seleccionada para su elaboración, siendo su uso posterior el que define realmente el grado de detalle necesario.

La metodología que se toma en los inventarios de emisiones elaborados por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía se pueden dividir dos en función del tipo de fuente de emisión.

Fuentes Puntuales

Se utilizan metodologías de microescala o bottom-up. Se estiman las emisiones de cada fuente de forma particular y utilizando datos individuales.

Fuentes de área

Se emplean metodologías de macroescala o top-down. Se estiman las emisiones sobre datos estadísticos por superficie o per cápita.

La clasificación de las fuentes emisoras en el inventario andaluz se ha realizado atendiendo al sector de actividad y al tratamiento dado para la estimación de sus emisiones. Se muestra a continuación, dicha clasificación:

FUENTES PUNTUALES	FUENTES DE ÁREA
Plantas industriales	Fuentes de área móviles
Producción de energía eléctrica	Tráfico rodado
Industria petroquímica	Maquinaria agrícola y forestal
Industria química	Tráfico ferroviario
Industria papelera	Tráfico aéreo
Cementos, cales y yesos	Tráfico marítimo
Industria de materiales no metálicos	Otros modos de transporte y maquinaria móvil
Industria del aceite	Fuentes de área estacionarias
Industria alimentaria, excepto aceite	Sector doméstico, comercial e institucional
Industria del metal	Extracción y tratamiento de minerales
Otras actividades industriales	Impermeabilización de tejados
Plantas no industriales	Distribución de combustibles, excepto gasolina
Tratamiento de aguas	Distribución de gasolina
Tratamiento de residuos sólidos	Limpieza en seco
	Uso de disolventes, excepto limpieza en seco
	Empleo de refrigerantes y propelentes
	Procesamiento y fabricación de productos químicos

Los inventarios de emisiones tienen una gran importancia puesto que mejora la toma de decisiones en cuanto a regulaciones y estrategias que repercutan en la mejora de la calidad del aire. La calidad de los datos de los inventarios definirán el uso de los mismos.

En cuanto a las Fuentes Puntuales existe Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR, en inglés “Pollutant Release and Transfer Registers”) donde las industrias y plantas que emitan contaminantes por encima de un determinado nivel umbral deben hacer una comunicación anual a un registro público de libre acceso. El anexo II del Real Decreto 508/2007 recoge los siguientes valores umbrales para los contaminantes atmosféricos.

Contaminante	Valor umbral kg/año
Partículas (PM ₁₀)	50.000
Óxidos de azufre (SO _x /SO ₂)	150.000
Óxidos de nitrógeno (NO _x /NO ₂)	100.000
Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano	100.000
Amoniaco (NH ₃)	10.000

Contaminante	Valor umbral kg/año
Monóxido de carbono (CO)	500.000
Metano (CH ₄)	100.000
Óxidos de nitrógeno (NO _x /NO ₂)	100.000
Plomo y compuestos (como Pb)	200
Cadmio y compuestos (como Cd) (8)	10
Níquel y compuestos (como Ni) (8)	50
Benceno	1.000
Benzo(a)pireno	-
Mercurio y compuestos (como Hg)	10
Ftalato de bis (2-etilhexilo) (DEHP)	10
Cianuro de hidrógeno (HCN)	200

Tabla 6. Valores umbral de emisión del Anexo II del RD 508/2007.

A continuación, en la siguiente tabla se recogen las distintas fuentes puntuales de emisión que aparecen en el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes³, los contaminantes que emiten y el último año que superaron los valores umbrales para la comunicación al registro.

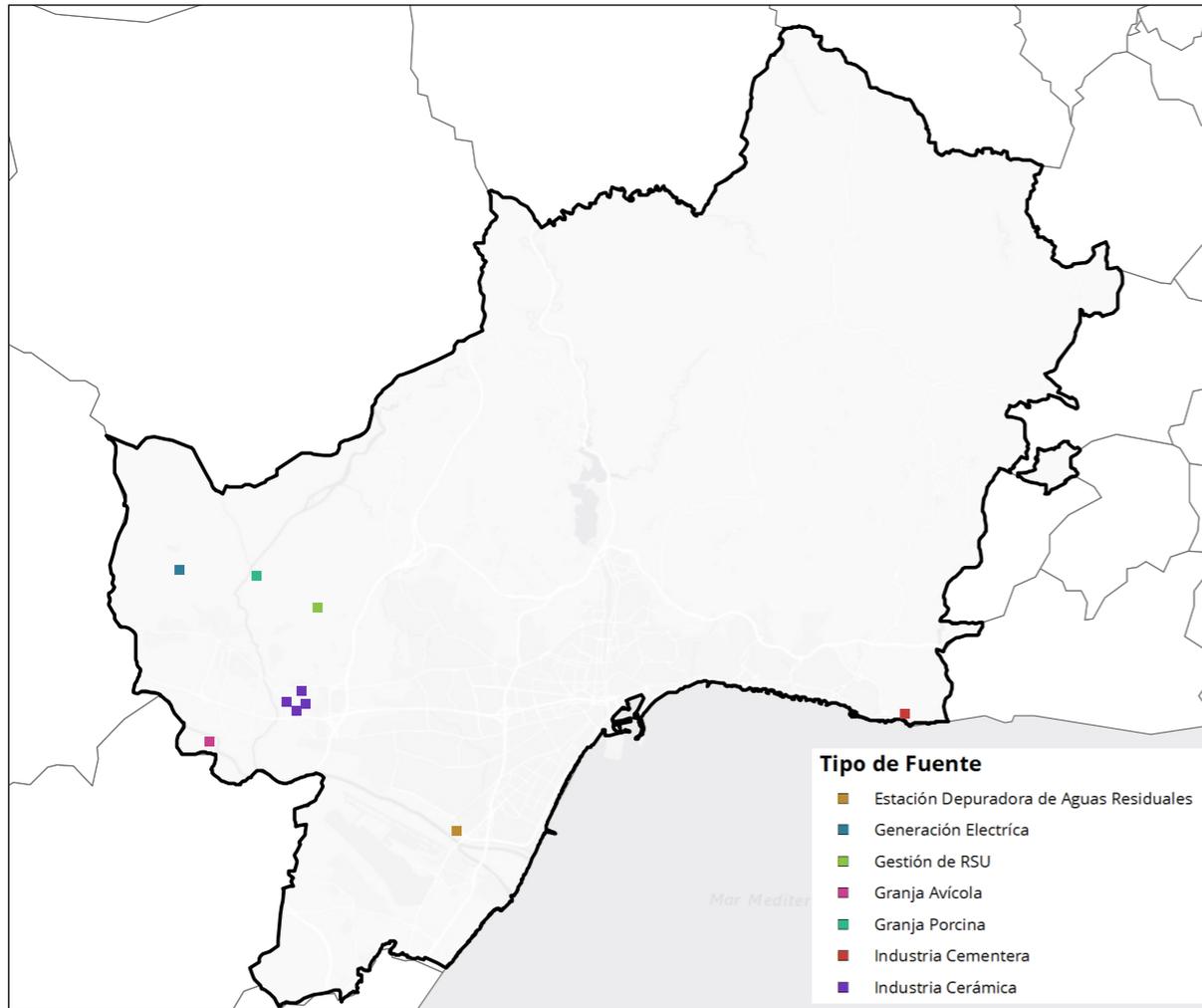
3. <http://www.prtr-es.es>

Nombre	Empresa	Contaminantes Emitidos PRTR	Último año con datos	Emisión (kg/año)
Central ciclo combinado de Málaga	Gas Natural Fenosa	Óxido nitroso (N ₂ O)	2015	16.000
		Óxidos de nitrógeno (NO _x /NO ₂)	2015	205.000
Granja Porcina	Agropecuaria Campanillas	Amoniac (NH ₃)	2015	45.000
CENTRO AMBIENTAL DE MÁLAGA "LOS RUCES"	Limasa	Metano (CH ₄)	2015	2.150.000
		Óxidos de nitrógeno (NO _x /NO ₂)	2015	141.000
Industria Cerámica	LOS CAMPANILLEROS, S.L.	Óxidos de azufre (SO _x /SO ₂)	2007	171.000
		Níquel y compuestos (como Ni)	2006	82,8
Industria Cerámica	CERÁMICA DE CAMPANILLAS, S.L.	Óxidos de azufre (SO _x /SO ₂)	2007	156.000
Industria Cerámica	INDUCERAMA, S.L.	Óxidos de azufre (SO _x /SO ₂)	2007	203.000
		(PM ₁₀)	2006	52.200
Industria Cerámica	CERÁMICA CAPELLANÍA, S.C.A.	Óxidos de azufre (SO _x /SO ₂)	2007	162.000
		Níquel y compuestos (como Ni)	2006	83.9
		Partículas (PM ₁₀)	2006	96.200
Granja Avícola	JUAN ANTONIO NAVARRETE ANAYA	Amoniac (NH ₃)	2008	30.500
Estación Depuradora de Aguas Residuales del Guadalhorce.	Emasa	Óxidos de nitrógeno (NO _x /NO ₂)	2015	110.000
		Óxidos de azufre (SO _x /SO ₂)	2010	255.000

Nombre	Empresa	Contaminantes Emitidos PRTR	Último año con datos	Emisión (kg/año)
CEMENTOS GOLIAT La Araña.	Sociedad financiera y minera S.A.	Monóxido de carbono (CO)	2011	1.470.000
		Amoniac (NH ₃)	2007	48.000
		Óxidos de nitrógeno (NO _x /NO ₂)	2015	746.000
		Mercurio y compuestos (como Hg)	2009	10,9
		Níquel y compuestos (como Ni)	2006	60,1
		Plomo y compuestos (como Pb)	2006	258
		Zinc y compuestos (como Zn)	2007	2.260
		Benceno	2014	1.610
		Ftalato de bis (2-etilhexilo) (DEHP)	2009	64,1
		Cianuro de hidrógeno (HCN)	2008	203
		Partículas (PM ₁₀)	2008	51.500

Tabla 7. Fuentes Puntuales de Emisión del Registro PRTR en Málaga.

En el siguiente plano mostramos la localización de las fuentes emisoras anteriormente citadas.



Plano 8. Fuentes de Emisión del Registro PRTR. Anexo VII.

Como se ve en el plano la zona donde existen más fuentes que aparecen en el registro es en la zona oeste del municipio.

Cabe destacar que en el plano tan sólo se muestran las fuentes puntuales que superan los valores umbrales de la normativa. Existen otras muchas fuentes puntuales en el

municipio que no están dentro del registro porque la normativa no lo exige.

En las siguientes tablas se presentan los datos de emisiones de partículas y sus precursores para el municipio de Málaga por sector de actividad en el año 2011.

Los principales sectores de actividad en el municipio de Málaga que emitieron partículas PM, PM₁₀ y PM_{2,5} son el tráfico marítimo, el tráfico rodado y el sector doméstico.

Destaca en la emisión de SO₂ el tráfico marítimo siendo el 74% del total de todas las emisiones.

En cuanto a las emisiones de COVM se deben en su mayoría a dos actividades, el uso de disolventes y el procesamiento y fabricación de productos químicos.

En cuanto a la emisiones de NH₃ provienen principalmente de la agricultura, la ganadería y el tratamiento de los residuos sólidos.

Sector de actividad	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM	SO ₂	NO _x	COVNM	NH ₃
Actividades Extractivas y Tratamiento de Minerales	6,7	1,6	13,4	279,1	28,8	0,3	-
Agricultura	0,2	0,1	1,5	2,2	25,5	99,2	72
Asfaltado de Carreteras	-	-	-	-	-	0	-
Biogénicas	-	-	-	-	21,5	716	27,9
Cementos, cales y yesos	18,7	6,5	20,7	18,1	775	52,1	6
Cremación	0,3	0,3	0,3	0	0,4	0	0
Distribución de Combustibles	-	-	-	-	-	9,5	-
Distribución de gasolina	-	-	-	-	-	29,6	-
Empleo de Refrigerantes y Propelentes	-	-	-	-	-	-	8,3
Ganadería	3,5	0,8	5,2	-	-	-	158,1
Impermeabilización de Tejados	-	-	-	-	-	0,1	-
Incendios forestales	-	-	-	1,5	7,6	19,8	1,7
Industria alimentaria	0,3	0,3	3,3	8	16,9	367	0,7
Industria de materiales no metálicos	42,4	21,3	76,5	153,8	36,5	3,5	0
Industria del metal	-	-	10,4	0,1	0,1	1,1	-
Industria petroquímica	-	-	-	-	-	3,6	-
Industria química	-	-	0,2	5,2	1,4	0	-
Limpieza en seco	-	-	-	-	-	35,2	-
Maquinaria agrícola	0,8	0,8	0,8	1,3	17,9	1,5	0
Otras actividades	0	0	0	1,2	1,1	30,7	-
Otros Modos de Transporte y Maquinaria Móvil	2,6	2,6	2,6	0,1	45,4	4,1	0
Procesamiento y Fabricación de Productos Químicos	-	-	-	-	-	1.525,4	-
Producción de energía eléctrica	12	12	12	2,3	111,4	13,3	17,5
Sector Comercial e Institucional	3,3	3,2	3,5	13,5	76,2	12	-
Sector doméstico	122,8	116,4	129,1	18,3	96,8	206	-
Tráfico aéreo	0,4	0,4	0,4	8,2	118,8	5,2	-
Tráfico ferroviario	0,1	0,1	0,1	0,1	1,8	0,2	0
Tráfico marítimo	186,4	186,4	186,4	1.547,4	1.643,4	74,9	0,1
Tráfico rodado	176	132,6	235,9	2,9	2.199,9	441,2	28,2
Tratamiento de residuos líquidos	-	-	-	-	-	-	-
Tratamiento de residuos sólidos	3,1	3,1	3,1	1,9	123	9,5	79,9
Uso de disolventes	-	-	-	-	-	1.654,6	-
TOTAL	579,5	488,4	705,4	2.065,3	5.349,2	5.315,7	400,4

Tabla 8. Emisiones totales de partículas y precursores de partículas en tonelada por sector de actividad para el municipio de Málaga. Año 2011. Fuente: Inventario de emisiones a la atmósfera en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Año 2010 - 2011.

Descripción de los campos: PM, Emisiones de partículas en suspensión. PM₁₀, Emisiones de partículas en suspensión menores de 10 micras (μ). PM_{2,5}, Emisiones de partículas en suspensión menores de 2,5 micras (μ). SO₂, Emisiones de dióxido de azufre. NO_x, Emisiones de óxidos de nitrógeno. COVNM, Emisiones de compuestos orgánicos volátiles no metánicos. NH₃, Emisiones de amoníaco.

Sector de actividad	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM	SO ₂	NO _x	COVNM	NH ₃
Actividades Extractivas y Tratamiento de Minerales	1,16 %	0,33 %	1,91 %	13,51 %	0,54 %	0 %	-
Agricultura	0,04 %	0,03 %	0,21 %	0,11 %	0,48 %	1,87 %	17,99 %
Asfaltado de Carreteras	-	-	-	-	-	0 %	-
Biogénicas	-	-	-	-	0,4 %	13,47 %	6,96 %
Cementos, cales y yesos	3,23 %	1,33 %	2,94 %	0,88 %	14,49 %	0,98 %	1,49 %
Cremación	0,05 %	0,05 %	0,05 %	0 %	0,01 %	0 %	0 %
Distribución de Combustibles	-	-	-	-	-	0,18 %	-
Distribución de gasolina	-	-	-	-	-	0,56 %	-
Empleo de Refrigerantes y Propelentes	-	-	-	-	-	-	2,07 %
Ganadería	0,6 %	0,17 %	0,74 %	-	-	-	39,48 %
Impermeabilización de Tejados	-	-	-	-	-	0 %	-
Incendios forestales	-	-	-	0,07 %	0,14 %	0,37 %	0,42 %
Industria alimentaria	0,06 %	0,06 %	0,46 %	0,39 %	0,32 %	6,9 %	0,17 %
Industria de materiales no metálicos	7,32 %	4,36 %	10,84 %	7,45 %	0,68 %	0,07 %	0 %
Industria del metal	-	-	1,48 %	0,01 %	0 %	0,02 %	-
Industria petroquímica	-	-	-	-	-	0,07 %	-
Industria química	-	-	0,03 %	0,25 %	0,03 %	0 %	-
Limpieza en seco	-	-	-	-	-	0,66 %	-
Maquinaria agrícola	0,14 %	0,16 %	0,11 %	0,06 %	0,33 %	0,03 %	0 %
Otras actividades	0 %	0 %	0 %	0,06 %	0,02 %	0,58 %	-
Otros Modos de Transporte y Maquinaria Móvil	0,45 %	0,54 %	0,37 %	0 %	0,85 %	0,08 %	0 %
Procesamiento y Fabricación de Productos Químicos	-	-	-	-	-	28,7 %	-
Producción de energía eléctrica	2,06 %	2,45 %	1,7 %	0,11 %	2,08 %	0,25 %	4,37 %
Sector Comercial e Institucional	0,57 %	0,65 %	0,49 %	0,65 %	1,42 %	0,22 %	-
Sector doméstico	21,18 %	23,83 %	18,31 %	0,89 %	1,81 %	3,88 %	-
Tráfico aéreo	0,07 %	0,08 %	0,06 %	0,4 %	2,22 %	0,1 %	-
Tráfico ferroviario	0,03 %	0,03 %	0,02 %	0 %	0,03 %	0 %	0 %
Tráfico marítimo	32,16 %	38,16 %	26,42 %	74,92 %	30,72 %	1,41 %	0,03 %
Tráfico rodado	30,37 %	27,14 %	33,44 %	0,14 %	41,13 %	8,3 %	7,04 %
Tratamiento de residuos líquidos	-	-	-	-	-	-	-
Tratamiento de residuos sólidos	0,53 %	0,63 %	0,43 %	0,09 %	2,3 %	0,18 %	19,96 %
Uso de disolventes	-	-	-	-	-	31,13 %	-
TOTAL	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Tabla 9. Porcentaje de emisión de partículas y precursores de partículas por sector de actividad para el municipio de Málaga. Año 2011. Fuente: Inventario de emisiones a la atmósfera en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Año 2010 - 2011.

A continuación, se muestran los datos de emisiones totales en toneladas anuales por sector de actividad de partículas y precursores gaseosos de formación de partículas secundarias en **Málaga y Costa del Sol (Aglomeración Urbana Costa del Sol)** en el año 2014 extraídas del borrador de la estrategia de protección de la calidad del aire de Andalucía.

Sector de actividad	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM	SO ₂	NO _x	COV	NH ₃
Sector doméstico, comercial e institucional	373	353	392	45,4	366	637	
Tráfico rodado	322	239	434	6,79	4934	633	54
Industria de materiales no metálicos	32,1	23,1	39,8	138	49,4	13,5	0,004
Tráfico marítimo	21,2	21,2	21,2	164	384	14,6	0,032
Otras actividades	16,1	12,7	22,7	2,38	63	4762	18,2
Cementos, cales y yesos	10,5	3,72	26,1	13,1	975	4,44	21,4
Ganadería	6,32	1,76	10,2				217
Tratamiento de residuos	3,76	3,73	3,76	2,11	149	3,12	53,3
Agricultura	3,76	3,24	10,3	12,9	115	368	214
Otros Modos de Transporte y Maquinaria Móvil	3,74	3,74	3,74	0,076	74,2	6,06	0,029
Maquinaria agrícola	3,66	3,66	3,66	0,082	92,5	7,2	0,032
Producción de energía eléctrica	1,7	1,7	1,7	20,6	116	13,6	11,3
Industria alimentaria	0,375	0,309	0,429	6,8	19	688	0,701
Tráfico aéreo	0,313	0,313	0,313	6,26	91,4	3,56	
Tráfico ferroviario	0,196	0,196	0,196	0,001	2,37	0,278	0
Incendios forestales				11,3	56,5	148	12,7
Biogénicas					88,5	1790	60,1
Total Aglomeración Urbana Costa del Sol	798,7	671,4	970,1	429,8	7576	9092	662,8

Tabla 10. Emisiones totales en toneladas por sector de actividad para el municipio de Málaga. Año 2014. Fuente: borrador de la estrategia de protección de la calidad del aire de Andalucía.

Para cada contaminante se ha calculado el total que se emite en Málaga Capital en toneladas para el año 2014.

	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM	SO ₂	NO _x	COV	NH ₃
Total Aglomeración Urbana Costa del Sol	798,7	671,37	970,1	429,8	7576	9092	662,8
% referido a Málaga	48 %	48 %	49 %	85 %	54 %	48 %	54 %
Total en el municipio de Málaga	383,4	322,3	475,3	365,3	4091	4364	357,9

Tabla 11. Emisiones totales de partículas y precursores de partículas en tonelada. Año 2014. Fuente: Borrador Estrategia Andaluza de Calidad del Aire.

	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM	SO ₂	NO _x	COV	NH ₃
Total año 2011 municipio de Málaga	579,5	488,4	705,4	2.065	5.349	5.316	400,4
Total año 2014 municipio de Málaga	383,4	322,3	475,3	365,3	4091	4364	357,9

Tabla 12. Comparación de las emisiones totales de partículas y precursores de partículas en toneladas para el Año 2011 y 2014.

Comparando las emisiones totales en toneladas de las emisiones de partículas y precursores de partículas se denota un descenso generalizado en la emisión de todos los contaminantes.

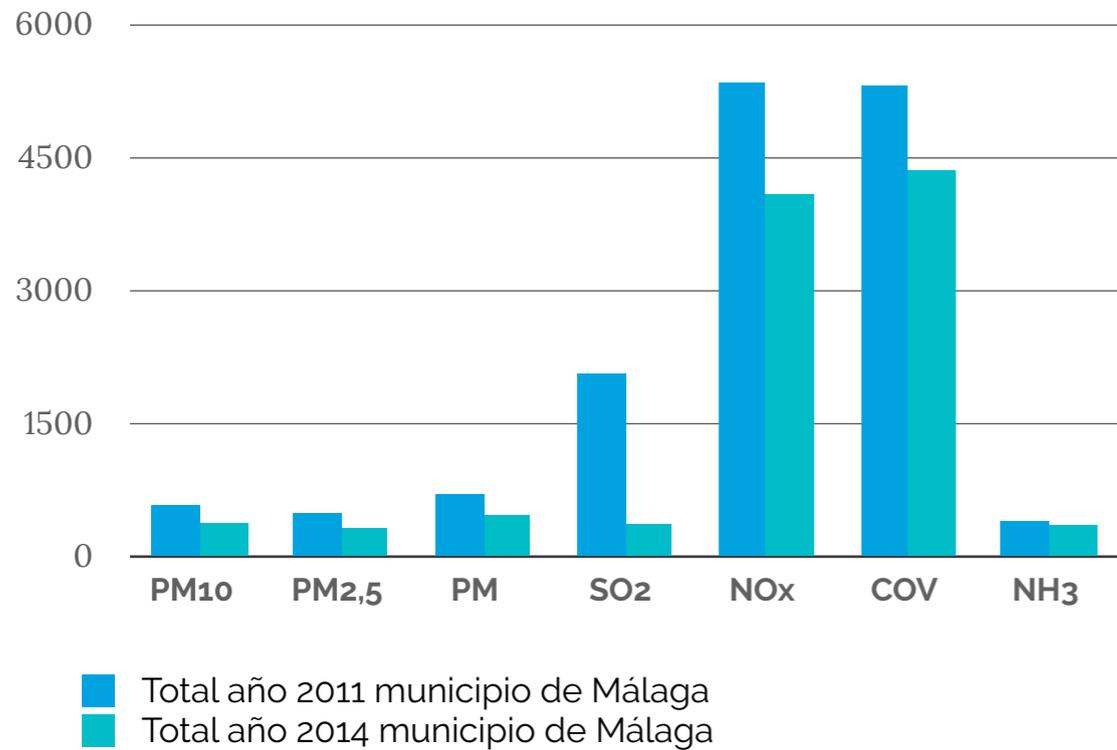


Figura 5. Comparación de las emisiones totales de otros contaminantes para el Año 2011 y 2014.

En las siguientes tablas se presentan los datos de emisiones de otros contaminantes para el municipio de Málaga por sector de actividad en el año 2011.

En el año 2011 los principales sectores de actividad en el municipio de Málaga que emitieron monóxido de carbono CO el tráfico rodado, el sector doméstico y las industrias categorizadas como cementos, cales y yesos.

Para el CH₄ para el metano la principal fuente de emisión es el tratamiento de residuos sólidos.

En referencia al N₂O destaca el sector de actividad del tratamiento de residuos líquidos como la que más emite.

En cuanto a los metales el Plomo Pb lo emiten en su mayoría el tráfico rodado y la industria del metal. Con respecto al Arsénico As, Cadmio Cd y Niquel Ni tiene influencia en su emisión la industria del cemento el tráfico marítimo y el rodado.

Por ultimo, para el Benceno y Benzo(a)pireno la principal fuente es la industria de cementos, cales y yesos.



Sector de actividad	CO (t)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	Pb (kg)	As (kg)	Cd (kg)	Ni (kg)	Benceno (t)	Benzo(a)pireno (kg)
Actividades Extractivas y Tratamiento de	1,438	0,117	0,24	0	0	0	0	-	-
Agricultura	128,813	6,104	12,213	0,011	0,006	0,006	0,011	-	-
Asfaltado de Carreteras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogénicas	-	110,902	17,441	-	-	-	-	-	-
Cementos, cales y yesos	1,470	2,677	7,264	19,2	4,03	3,53	8,18	1,331	23,23
Cremación	1,781	0	-	0	0	0	0	-	-
Distribución de Combustibles	-	38,416	-	-	-	-	-	-	-
Distribución de gasolina	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Empleo de Refrigerantes y Propelentes	-	-	23,858	-	-	-	-	-	-
Ganadería	-	252,471	9,532	-	-	-	-	-	-
Impermeabilización de Tejados	0,037	-	-	-	-	-	-	-	-
Incendios forestales	217,186	14,164	0,378	-	-	-	-	-	-
Industria alimentaria	11,567	0,482	1,205	0,127	0,077	0,083	2,978	0	-
Industria de materiales no metálicos	39,156	0,849	0,031	3,236	2,664	0,323	1,58	0,018	0,006
Industria del metal	0,75	0,004	0,001	250	-	0,1	0,1	-	-
Industria petroquímica	-	-	-	-	-	-	-	0,014	-
Industria química	0,14	0,022	0,336	0,2	-	-	6,2	-	-
Limpieza en seco	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquinaria agrícola	5,845	0,025	0,09	-	-	0,007	0,046	-	-
Otras actividades	0,148	0,007	0,193	0,049	0,021	0,016	0,016	-	-
Otros Modos de Transporte y Maquinaria	16,463	0,066	0,256	-	-	0,019	0,132	-	-
Procesamiento y Fabricación de Productos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Producción de energía eléctrica	287,027	33,234	17,282	0	-	0	0	0,069	-
Sector Comercial e Institucional	95,65	30,042	0,984	0,133	0,066	0,054	0,617	-	-
Sector doméstico	2.505,352	240,264	4,441	0,012	0,006	0,001	0,012	-	-
Tráfico aéreo	58,858	0,579	0,824	-	-	0,082	0,577	-	-
Tráfico ferroviario	0,482	0,008	0,004	-	-	0	0,003	-	-
Tráfico marítimo	47,2	3,685	1,945	4,15	8,952	0,587	516,258	-	-
Tráfico rodado	2.390,538	41,317	20,561	251,573	0,028	2,723	5,866	-	-
Tratamiento de residuos líquidos	-	434,589	73,279	-	-	-	-	-	-
Tratamiento de residuos sólidos	97,527	2.093,739	-	-	-	-	-	-	-
Uso de disolventes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	7.375,958	3.303,762	192,357	528,692	15,849	7,531	542,576	1,432	23,236

Tabla 13. Emisiones totales de otros contaminantes por sector de actividad para el municipio de Málaga. Año 2011. Fuente: Inventario de emisiones a la atmósfera en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Año 2010 - 2011.

Descripción de los campos: CO Monóxido de carbono. CH₄ Metano. N₂O Óxido nitroso. Pb Plomo. As Arsénico. Cd Cadmio. Ni Níquel.



Sector de actividad	CO (t)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	Pb (kg)	As (kg)	Cd (kg)	Ni (kg)	Benceno (t)	Benzo(a)pireno (kg)
Actividades Extractivas y Tratamiento de	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	-	-
Agricultura	2 %	0 %	6 %	0 %	0 %	0 %	0 %	-	-
Asfaltado de Carreteras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogénicas	-	3 %	9 %	-	-	-	-	-	-
Cementos, cales y yesos	20 %	0 %	4 %	4 %	25 %	47 %	2 %	93 %	100 %
Cremación	0 %	0 %	-	0 %	0 %	0 %	0 %	-	-
Distribución de Combustibles	-	1 %	-	-	-	-	-	-	-
Distribución de gasolina	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Empleo de Refrigerantes y Propelentes	-	-	12 %	-	-	-	-	-	-
Ganadería	-	8 %	5 %	-	-	-	-	-	-
Impermeabilización de Tejados	0 %	-	-	-	-	-	-	-	-
Incendios forestales	3 %	0 %	0 %	-	-	-	-	-	-
Industria alimentaria	0 %	0 %	1 %	0 %	0 %	1 %	1 %	0 %	-
Industria de materiales no metálicos	1 %	0 %	0 %	1 %	17 %	4 %	0 %	1 %	0 %
Industria del metal	0 %	0 %	0 %	47 %	-	1 %	0 %	-	-
Industria petroquímica	-	-	-	-	-	-	-	1 %	-
Industria química	0 %	0 %	0 %	0 %	-	-	1 %	-	-
Limpieza en seco	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquinaria agrícola	0 %	0 %	0 %	-	-	0 %	0 %	-	-
Otras actividades	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	-	-
Otros Modos de Transporte y Maquinaria	0 %	0 %	0 %	-	-	0 %	0 %	-	-
Procesamiento y Fabricación de Productos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Producción de energía eléctrica	4 %	1 %	9 %	0 %	-	0 %	0 %	5 %	-
Sector Comercial e Institucional	1 %	1 %	1 %	0 %	0 %	1 %	0 %	-	-
Sector doméstico	34 %	7 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	-	-
Tráfico aéreo	1 %	0 %	0 %	-	-	1 %	0 %	-	-
Tráfico ferroviario	0 %	0 %	0 %	-	-	0 %	0 %	-	-
Tráfico marítimo	1 %	0 %	1 %	1 %	56 %	8 %	95 %	-	-
Tráfico rodado	32 %	1 %	11 %	48 %	0 %	36 %	1 %	-	-
Tratamiento de residuos líquidos	-	13 %	38 %	-	-	-	-	-	-
Tratamiento de residuos sólidos	1 %	63 %	-	-	-	-	-	-	-
Uso de disolventes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Tabla 14. Porcentaje de emisión de otros contaminantes por sector de actividad para el municipio de Málaga. Año 2011. Fuente: Inventario de emisiones a la atmósfera en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Año 2010 - 2011.

A continuación, se muestran los datos de emisiones totales por sector de actividad de otros contaminantes en **Málaga y Costa del Sol (Aglomeración Urbana Costa del Sol)** en el año 2014 extraídas del borrador de la estrategia de protección de la calidad del aire de Andalucía.

Sector de actividad	CO(t)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	Pb (kg)	As (kg)	Cd (kg)	Ni (kg)	Benceno(t)	Benzo(a)pireno(kg)
Sector doméstico, comercial e institucional	7627	697	8,27	0,181	0,09	0,07	0,51		
Tráfico rodado	3992	47,9	47,4	894	0,06	5,87	12		
Incendios forestales	1626	106	2,83						
Agricultura	948	46,2	19,9	0,02	0,01	0,01	0,02		
Cementos, cales y yesos	361	4,67	2,94	38,5	5,38	4,08	16,4	1,61	4,36
Otras actividades	139	128	35,2	0,26	0,116	0,05	0,14		
Tratamiento de residuos	128	11083	178						
Industria de materiales no metálicos	90,1	1,83	0,211	3,97	2,76	0,38	2,12	0,1	0,06
Tráfico aéreo	45,2	0,4	0,63			0,06	0,44		
Producción de energía eléctrica	40,8	8,5	0,85	0,01	1,02	0	0	0,04	
Maquinaria agrícola	32,8	0,117	0,56			0,04	0,29		
Otros modos de transporte y maquinaria móvil	29,3	0,1	0,49			0,04	0,25		
Tráfico marítimo	11,8	0,741	0,51	0,81	1,09	0,1	51,9		
Industria alimentaria	2,42	0,47	1,11	0,14	0,08	0,1	2,99	0	
Tráfico ferroviario	0,64	0,011	0			0	0		
Ganadería		583	17						
Biogénicas		262	55,4						
Total Aglomeración Urbana de la Costa del sol	15074	12970	371	938	10,6	10,8	87,1	1,75	4,42

Tabla 15. Emisiones totales en toneladas por sector de actividad para el municipio de Málaga. Año 2014. Fuente: borrador de la estrategia de protección de la calidad del aire de Andalucía.

Para cada contaminante se ha calculado el total que se emite en Málaga Capital en toneladas para el año 2014.

Sector de actividad	CO(t)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	Pb (kg)	As (kg)	Cd (kg)	Ni (kg)	Benceno(t)	Benzo(a)pireno(kg)
Total Aglomeración Urbana Costa del Sol	15074	12970	371,3	938	10,61	10,8	87,1	1,752	4,417
% referido a Málaga	49 %	34 %	45 %	47 %	92 %	66 %	91 %	97 %	99 %
Total en el municipio de Málaga	7386	4410	167	441	9,76	7,13	79,2	1,7	4,37

Tabla 16. Emisiones totales de otros contaminantes por Sector de Actividad. Año 2014. Fuente: Borrador Estrategia Andaluza de Calidad del Aire.

	CO(t)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	Pb (kg)	As (kg)	Cd (kg)	Ni (kg)	Benceno(t)	Benzo(a)pireno(kg)
Total año 2011 municipio de Málaga	7.376	3.304	192	529	15,8	7,53	543	1,43	23,2
Total año 2014 municipio de Málaga	7386	4410	167	441	9,76	7,13	79,2	1,7	4,37

Tabla 17. Comparación de las emisiones totales de otros contaminantes para el Año 2011 y 2014.

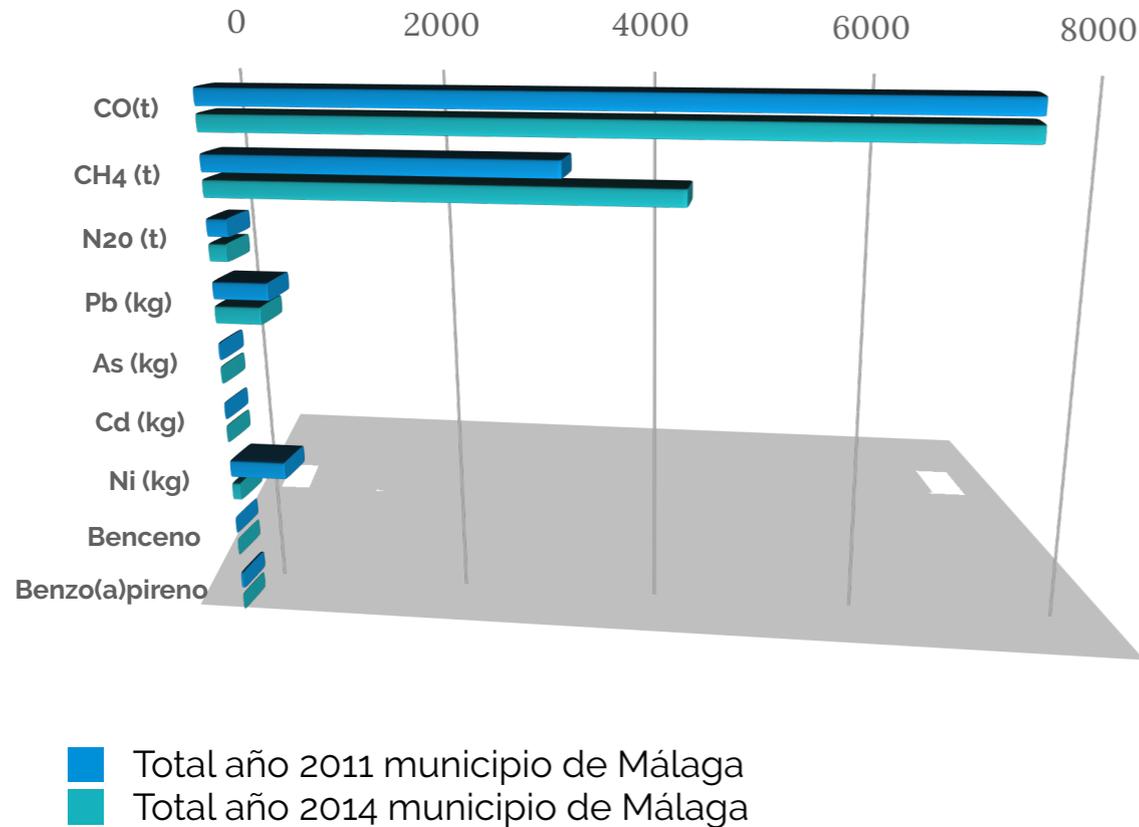


Figura 6. Comparación de las emisiones totales de otros contaminantes para el Año 2011 y 2014.

Comparando las emisiones de otros contaminantes del año 2011 respecto al 2014 se observa que en general son prácticamente iguales excepto para el metano CH₄ que ha aumentado y para el Níquel que ha descendido significativamente.

De acuerdo a los porcentajes de emisión y respecto al monóxido de carbono (CO), el sector de actividad que más contribuye es el doméstico, comercial e institucional.

En cuanto a las emisiones de metano (CH₄) y Oxido nitroso (N₂O) destaca el sector del tratamiento de residuos que es un gran generador de estos contaminantes.

Sobre las emisiones de Plomo (Pb) la mayor parte de las emisiones 95% provienen del tráfico.

Respecto a las emisiones de Arsénico, Cadmio, Benceno, Benzo(a)pireno tiene una gran importancia las emisiones del sector de actividad de las plantas de cemento, cales y yesos.

Para las emisiones de Níquel el sector del tráfico marítimo es el más influyente con un 60% del total de las emisiones.

En general, de los inventarios de emisiones, se extraen las siguientes conclusiones:

- Existe una gran influencia del tráfico y del sector doméstico, comercial e institucional en la emisión de partículas, de contaminantes precursores de partículas y de monóxido de carbono, plomo y cadmio.
- Las industrias situadas en Málaga en concreto las de cementos cales y yesos y el tráfico marítimo son



responsables de la mayor parte de emisiones de SO₂ y las emisiones de Níquel.

- La industria cementera de Málaga provoca la mayoría de las emisiones de Arsénico, Benceno y Benzo(a)pireno.
- El tratamiento de residuos provoca la mayor parte de las mayor parte de las emisiones de metano.



Imagen 7. Cielo nuboso sobre el centro de la Ciudad.

Naturaleza y evaluación de la contaminación



Plan de Calidad del Aire
MÁLAGA

Naturaleza y evaluación de la contaminación.

1. Zonificación. Red de estaciones de medida y seguimiento.
2. Técnicas de evaluación.
3. Gestión de la calidad del aire ambiente.
4. Concentraciones observadas. Análisis por contaminante.
5. Proyecto piloto para la evaluación de la calidad del Aire en Málaga. SMAQ – CURMOS - APPMosfera.

La Directiva 2008/50/CE regula, entre otros aspectos, la designación de zonas y aglomeraciones urbanas y cómo, en estas zonas, se deben llevar a cabo las actividades de evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente.

Las medidas de evaluación establecen los agentes atmosféricos que deben ser evaluados y los criterios para la evaluación de la calidad del aire. La evaluación se puede realizar mediante estaciones fijas, combinando mediciones en estaciones fijas y técnicas de modelización o de estimación objetiva o bien únicamente una o ambas de las técnicas de modelización o de estimación. Junto al método de medida, establecen también la ubicación y número mínimo de puntos de muestreos y medidas de referencia. Por su parte, **las medidas de gestión de la calidad** del aire ambiente, determinan las acciones y requisitos a cumplir sobre los niveles los valores límites, umbrales de alerta, niveles críticos, objetivos nacionales, valores objetivos y objetivos a largo plazo, umbrales de información y aportaciones de fuentes naturales.

1. Zonificación. Red de estaciones de medida y seguimiento.

Zonificación.

El Art. 4 del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, en respuesta a la Directiva 2008/50/CE, asigna a las comunidades autónomas la división de todo su territorio en zonas y aglomeraciones. Debiendo llevar a cabo en todas ellas las actividades de evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente.

Por su parte, el Art. 11 de la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, establece que las comunidades autónomas, con la participación de las entidades locales, zonificarán su territorio según los niveles de los contaminantes para los que se hayan establecido objetivos de calidad del aire y conforme a las mismas elaboraran listas diferenciadas de zonas y aglomeraciones.

Dado que la evaluación y la gestión de la calidad del aire, debe realizarse en zonas y aglomeraciones, cabe tener muy claro la definición de ambos términos y a cuál de ellos pertenece el municipio de Málaga.

Zona	Parte del territorio de un Estado miembro delimitada por la administración competente y utilizada a efectos de evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente.
Aglomeración	Conurbación de población superior a 250.000 habitantes, o cuando tenga una población igual o inferior a 250.000 habitantes, con una densidad de población por km ² determinada por Orden de la Consejería competente en materia de medio ambiente.

En base a dichos términos y en aplicación de las competencias autonómicas, desde el año 2000 se han venido desarrollando zonificaciones del territorio con una calidad del aire semejante. Entre los criterios para la zonificación se han tenido en cuenta la topografía, población, actividades económicas, meteorología, usos y coberturas del suelo, espacios naturales protegidos y emisiones a la atmósfera.

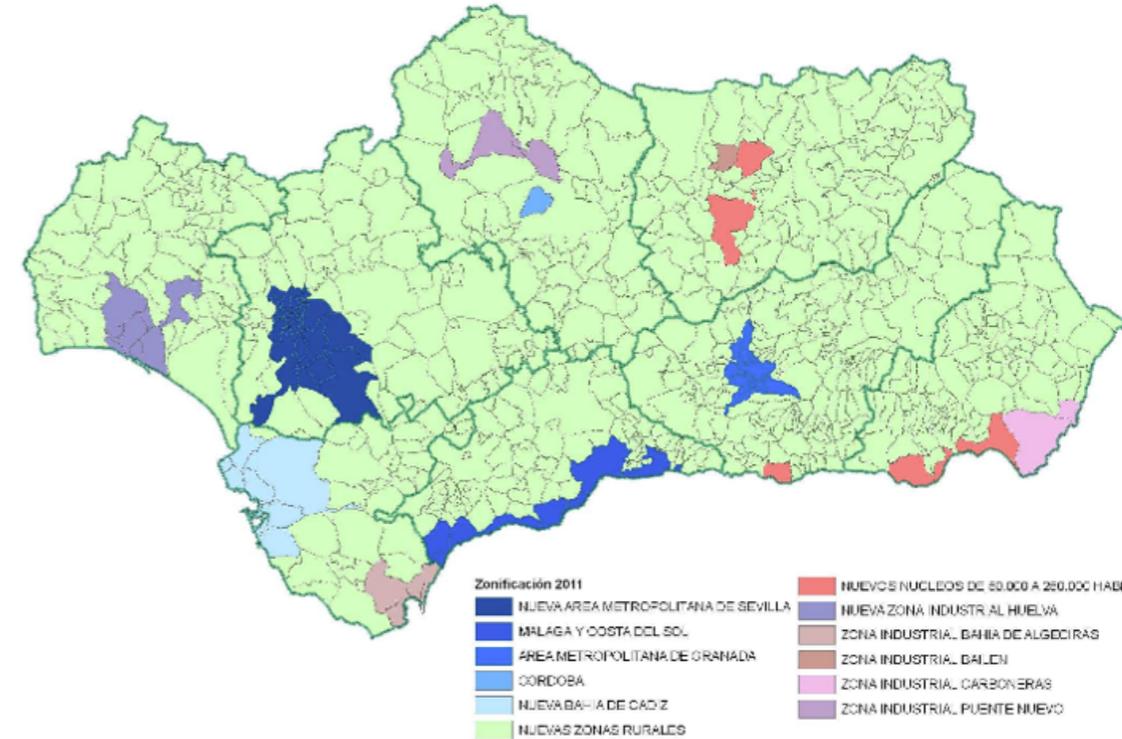
Tras varias modificaciones de las zonificaciones en Andalucía, se ha llegado a la zonificación actual del año 2011. El municipio de Málaga se integra en la Zona de municipios de más de 50.000 habitantes y pertenece a la **Zona de Evaluación de Málaga y la Costa del Sol**. Para la zonificación se han usado los datos del Padrón de habitantes de 2010,

siendo la población actual de toda la aglomeración de 1.210.160 habitantes según los datos del padrón de 2016.

Código	Provincia	Municipio	Población	Zona de Evaluación 2011
29067	Málaga	Málaga	568.507	Málaga y la Costa del Sol

En la siguiente imagen se puede observar la Zonificación actual en la que Málaga pertenece a la Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol, y en la que se puede diferenciar claramente que de las doce zonas que conforman Andalucía. La mayor extensión corresponde a la zona denominada Nuevas Zonas Rurales, unión de zonas agrícolas, áreas forestales y espacios naturales.

El medidor de estas zonas rurales en la provincia de Málaga se encuentra en la estación fija de Campillos desde septiembre de 2008, tal y como establece la normativa. Junto a ella se han realizado dos estudios en Pizarra y Campillos realizados para la zonificación del ozono troposférico con estaciones móviles realizadas en junio de 2008.



Plano 9. Zonificación para la evaluación de la calidad del aire, de 2011 en adelante. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio Junta de Andalucía.

Dado que el municipio de Málaga, ámbito territorial del Plan, no constituye una zona exclusiva, sino que comparte la aglomeración con otros municipios (Benalmádena, Casares, Estepona, Fuengirola, Málaga, Manilva, Marbella, Rincón de la Victoria, Torremolinos y Vélez-Málaga), muchos de los datos de la evaluación anual y estudios están referidos a la Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol. No obstante, son datos de referencia pues el principal criterio de las zonas es que comparten criterios de homogeneidad en cuanto a

emisión y concentración de contaminantes, así como el resto de criterios anteriormente mencionados.

Este aspecto, no impide que en determinadas partes del territorio donde no existan mediciones representativas de los niveles de contaminación, tanto las comunidades autónomas, como en su caso, las entidades locales en los términos del Art. 5.3 de la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, realicen una evaluación preliminar de los niveles de los contaminantes a los que se refieren los objetivos de calidad del aire ambiente.

Finalmente, indicar, que a nivel estatal la zonificación depende del contaminante. Por ello, no existe un mapa de zonificación general. El procedimiento está regulado en el Capítulo II del texto consolidado del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero.

Red de Estaciones de Medida y Seguimiento.

Uno de los objetivos de la Directiva 2008/50 es evaluar la calidad del aire ambiente en todos los Estados Miembros, basándose en métodos y criterios comunes. Para ello, es necesaria una Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire (RVCCAA), que actualmente en Andalucía, es coordinada por la Consejería de medio ambiente.

La Red integra todos los sistemas de evaluación de la calidad del aire ambiente de la normativa vigente, distinguiendo estaciones de medida fijas o móviles, los laboratorios de la calidad del aire, mediciones indicativas, y técnicas de modelización y estimaciones objetivas.

La Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire, se constituye a su vez por tres subredes: Red Automática de Calidad del Aire (compuesta por estaciones de medidas), Red Automática de Emisiones a la Atmósfera (constituida por sensores de medida localizados en distintos focos dentro de las instalaciones industriales que establece la normativa de aplicación) y la Red de captadores manuales, compuesta en su mayoría por captadores gravimétricos de partículas con filtros de tamaño inferior a 10 o 2,5 micras en los que también se suelen analizar otros compuestos como metales e hidrocarburos aromáticos policíclicos.

Estaciones fijas.

Las estaciones que constituyen la Red se clasifican en función de su ubicación o en función de la principal fuente de contaminación que afecta a la estación, aunque en el caso del ozono, esta división puede ser más compleja. De esta forma, cada estación se define por una combinación de la zona en la que se encuentra y principal fuente de emisión de contaminación que le afecta.

Criterios de clasificación de las estaciones de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía (RVCCAA).		
Criterio	Tipología	Definición
Zona en la que se ubica.	Urbana	Zona edificada continua.
	Suburbana	Zona continua de edificios separados, combinada con zonas no urbanizadas (pequeños lagos, bosques o tierras agrícolas).
	Rural	Zonas que nos satisfacen los criterios establecidos para las zonas anteriores.
Principal fuente de contaminación que afecta a la estación.	Tráfico	La principal influencia son las emisiones de una calle/carretera próxima
	Industrial	La principal influencia son fuentes industriales aisladas o zonas industriales.
	Fondo	No están influenciadas ni por el tráfico ni por la industria.

Tabla 18. Clasificación de las estaciones de la RVCCAA.

En el municipio de Málaga, actualmente existen las siguientes estaciones de medición fijas que se integran en la RVCCAA. Se entiende por mediciones fijas, mediciones efectuadas en emplazamientos fijos, de forma continua o mediante un muestreo aleatorio, con el propósito de determinar los niveles de conformidad con los objetivos de calidad de los datos. En la siguiente tabla y figura se muestra información y contaminantes que se evalúan en cada una de ellas.

Se puede observar que en función de la tipología de estación en base a los dos criterios antes presentados, se analizan unos contaminantes u otros, pues la finalidad de cada estación es distinta. Muestra de ello son por ejemplo la estación de la Avenida Juan XXIII, que se centra en contaminantes más vinculados al tráfico rodado y la estación de El Atabal en el que analizan los parámetros de temperatura, radiación solar, velocidad del viento, que entre otros, son relevantes y representativos de la dispersión de contaminantes y especialmente del ozono troposférico.



Imagen 8. Estación de Carranque. P. Sánchez Lechuga. Fuente: CMAOT Junta de Andalucía.

Estaciones en el municipio de Málaga de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía (RVCCAA).

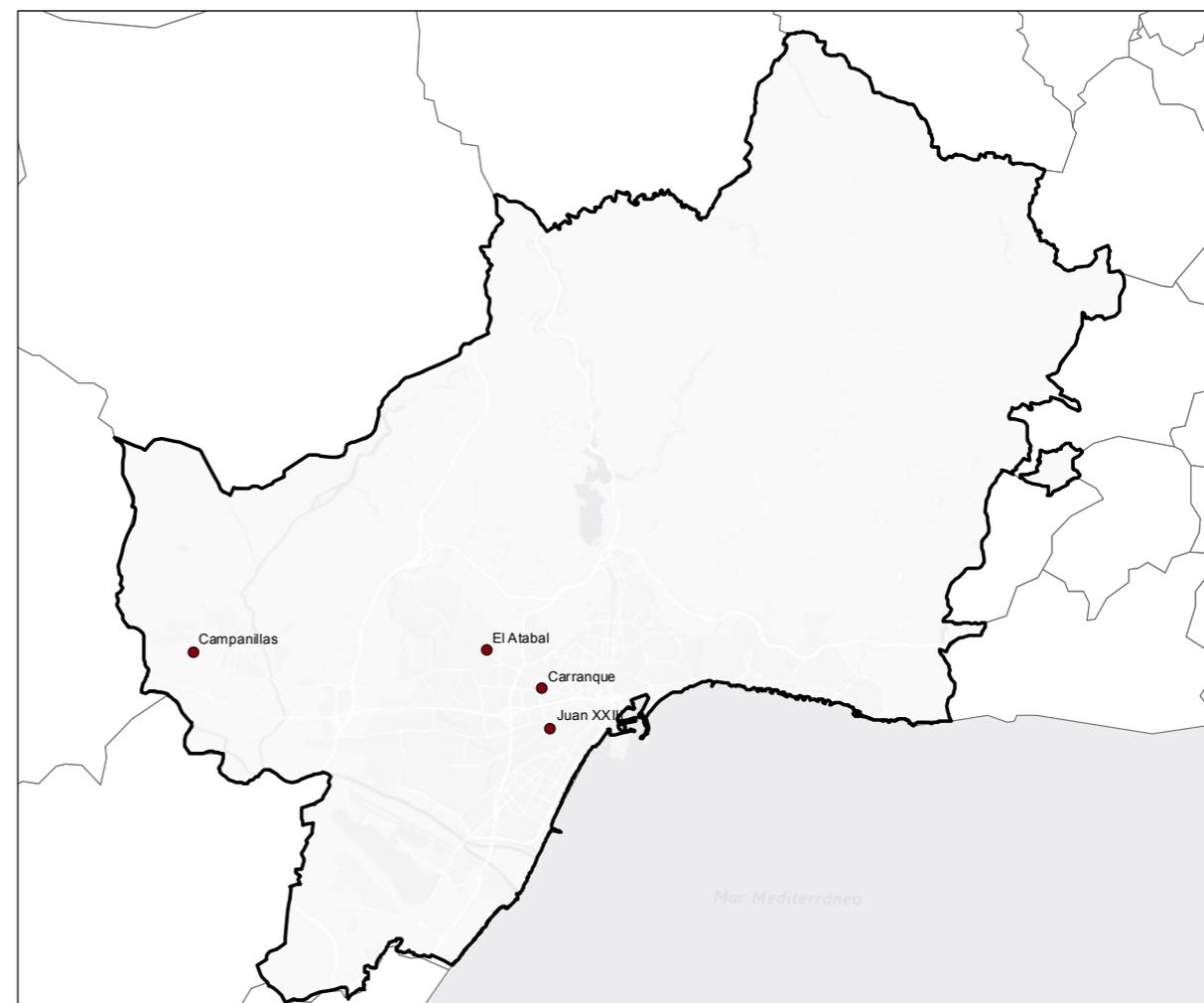
Estación	Tipo de Fuente	Tipo de Zona	Coordenadas		Contaminantes
			UTMX	UTMY	
Carranque	Urbana	Fondo	370845	4064954	SO ₂ CO NO NO ₂ NO _x O ₃ PM ₁₀ aut PM ₁₀ grav
					PM _{2,5} grav
					BCN TOL PXY B(a)P
El Atabal	Suburbana	Fondo	369251	4066079	SO ₂ CO NO NO ₂ NO _x O ₃ PM ₁₀ aut PM ₁₀ grav
					VV DD TMP HR PRB RS LL
Campanillas	Suburbana	Industrial	360727	4066024	SO ₂ CO NO NO ₂ NO _x O ₃ PM ₁₀ aut PM ₁₀ grav
					PM _{2.5} auto
Avenida Juan XXIII	Urbana	Tráfico	370966	4063575	NO NO ₂ NO _x y NH ₃

Tabla 19. Estaciones Fijas de la RVCCAA en el municipio de Málaga.

Leyenda de contaminantes: SO₂: Dióxido de azufre; CO: Monóxido de carbono; NO: Monóxido de nitrógeno; NO₂: Dióxido de nitrógeno; NO_x: Óxidos de nitrógeno; O₃: Ozono; BCN: Benceno; TOL: Tolueno; PXY: p-xileno; B(a)P: Benzo a Pireno VV: Velocidad de viento; DD: Dirección de viento; TMP: Temperatura; HR: Humedad relativa; PRB: Presión barométrica; RS: Radiación solar; LL: Precipitaciones. Fuente: Configuración de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. 2015. Consejería de Ordenación de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

El número de estaciones en el municipio de Málaga, ha ido aumentando a lo largo de los años desde junio de 2004, en la que se instaló la actual estación El Atabal, seguida de

Carranque (24/05/2005), Campanillas (22/09/2008) y Avenida Juan XXIII (5/12/2012).



Plano 10. Localización de las estaciones Fijas de la RVCCAA en Málaga. Anexo IX.

Del mismo modo, los sensores de las estaciones se han ido ampliando en respuesta a una normativa cada vez más exigente. A continuación, se muestran desde el año 2007 los sensores en las estaciones fijas que se han dado de alta:

- PM₁₀ grav. Carranque (01/01/2009), Campanillas y El Atabal (01/01/2012).
- PM_{2,5} grav. Carranque (01/01/2009).
- Metales Carranque (01/01/2008).
- HAP Carranque (01/01/2008).
- Benceno (cap. dif.) El Atabal y Campanillas (01/01/2009), Carranque (01/01/2011) y Avda. Juan XXIII (01/01/2013).

Junto a estas estaciones situadas en el municipio de Málaga, se encuentra la estación de Marbella Arco (Marbella), y juntas conforman la red en la Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol. A ellas se suma en la provincia de Málaga la estación de Campillos, una estación rural de fondo.

Mediciones indicativas

El sistema de evaluación denominado mediciones indicativas, hace referencia a aquellas que cumplen objetivos de calidad de los datos menos estrictos que los exigidos para las mediciones fijas, en cuanto a la incertidumbre de la medida, la recogida mínima de datos y la cobertura mínima temporal.

Las siguientes mediciones indicativas sirven de apoyo a los datos de la RVCCAA:

- **Campaña de Unidades Móviles de Calidad del Aire (UMI y UME):** Su finalidad es controlar zonas donde no hay unidad de medición fija o que están alejadas de núcleos urbanos prestando apoyo a las redes fijas de control y seguimiento de los valores de inmisión y emisión atmosféricos. Las campañas se realizan en dos campañas de cuatro semanas cada una distribuidas en épocas del año para que sea representativa del clima y del tráfico.

Estas unidades móviles tienen otras utilidades complementarias como control de municipios sin estación fija, responder a denuncias ciudadanas, para la calibración y mantenimiento de analizadores de las diferentes estaciones. De forma específica, para las partículas y para mediciones de inspección de emisiones de contaminantes o de auditorías en Autorizaciones Ambientales Integradas, se usan para campañas de medida para estudios de contaminantes o de sistemas de depuración de gases emitidos a la atmósfera.

- **Red de muestreo de partículas con captadores gravimétricos:** A partir del año 2006 se han instalado captadores gravimétricos en las estaciones de Campanillas, El Atabal y Carranque, para reforzar la vigilancia y control de las partículas PM₁₀ y PM_{2,5}.

- **Red de Benceno-tolueno-etilbenceno (BTEX) con captadores difusivos:** Su finalidad es doble, por un lado evaluar los contaminantes precursores de ozono troposférico y en segundo lugar comprobar los niveles de benceno medidos con técnicas diferentes: captadores difusivos y equipos automáticos de la RVCCAA.
- **Red de fondo de captadores difusivos:** Su finalidad es la elaboración de mapas de distribución de la concentración de contaminantes, aprovechando la capacidad de dichos captadores que permiten determinar la concentración de contaminantes de forma simultánea en una gran cantidad de puntos de medida. Su principal objetivo es estimar la calidad del aire de fondo rural, debiendo estar en entornos suficientemente alejados de cualquier fuente de contaminación, como de zonas industriales, núcleos urbanos y principales vías de comunicación.

Modelos de dispersión

Actualmente, una de las modelizaciones denominada proyecto I proporciona niveles de concentración de contaminantes con 48 horas de antelación. Permite obtener la distribución de contaminantes analizando las mediciones de un año natural. La información incluye valores de fondo y todas las fuentes de emisión existentes en cada zona. Este sistema de modelización se basa en simulación matemática

de los fenómenos que tienen lugar en la atmósfera a partir de los datos de emisiones introducido en el modelo.

Sistemas de medición de Emisiones a la Atmósfera.

En el apartado de origen de contaminación se han plasmado los analizadores automáticos localizados en los principales focos o chimeneas, que ofrecen información sobre la composición y fuentes de la contaminación atmosférica en el municipio. El número de focos y parámetros monitorizados en cada una de las instalaciones depende de las exigencias de la normativa ambiental en cada sector de actividad, siempre recogido en las autorizaciones ambientales, acuerdos voluntarios u procedimientos exigidos por las normas ambientales. Los datos analizados por equipos automáticos, se vuelcan y recogen a tiempo real a la CMAOT.

2. Técnicas de evaluación de la calidad del aire ambiente.

Una vez que se conoce la Red de Medida y Seguimiento existente en el municipio de Málaga, y los distintos sistemas de evaluación de la calidad del aire ambiente según la normativa vigente, en este apartado se van a describir todas las acciones que según la normativa se incluyen como acciones de evaluación⁴ de la calidad del aire ambiente:

- Establecer los agentes atmosféricos que deben ser evaluados.
- Definir los criterios que determinan qué técnica de evaluación se debe usar para cada contaminante.
- Especificar criterios para la ubicación y número mínimo de puntos de muestreo para cada contaminante.

Con carácter general, y con la finalidad de asegurar que la información recabada sobre la contaminación atmosférica es suficientemente representativa y comparable en todo el territorio de la comunidad europea, la normativa marca el deber de usar para la evaluación de la calidad del aire

4. Evaluación: Cualquier método usado para medir, calcular, predecir o estimar los niveles. Directiva 2008/50/CE.

ambiente, técnicas de medición normalizadas y los criterios comunes en cuanto al número y la ubicación de las estaciones de medición. Contempla también la posibilidad de emplearse técnicas distintas de mediciones, definiendo en este caso, el uso de criterios para el uso de estas técnicas y el grado de exactitud que se exige de las mismas.

Establecer los agentes atmosféricos que deben ser evaluados.

La evaluación de la calidad del aire ambiente está regulada por la Directiva 2008/50/CE, de 21 de mayo y por la Directiva 2004/107/CE, estableciendo cada una de ellos los agentes contaminantes que deben ser evaluados. Ambas modificadas por la Directiva 2015/1480/CE, de 28 de agosto y transpuestas al ordenamiento jurídico estatal a través del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, y Real Decreto 39/2017, de 27 de enero.

Así, la Directiva 2008/50/CE, los estructura en dos grandes bloques. El primero dirigido al dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x), las partículas (PM₁₀ y PM_{2,5}), el plomo (Pb), el benceno (C₆H₆) y el monóxido de carbono (CO) y el segundo, dirigido exclusivamente al ozono troposférico, en adelante ozono (O₃).

Por su parte la Directiva 2004/107/CE, establece la evaluación de la calidad del aire ambiente en función del contenido en arsénico (Ar), cadmio (Cd), níquel (Ni) y benzo(a)pireno B(a)P y de los precursores del ozono, al menos óxidos de nitrógeno (NO y NO₂) y compuestos orgánicos volátiles (COV).

Finalmente, en las últimas actualizaciones normativas también se incluyen los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) y el amoníaco (NH₃), este último especialmente importante en las poblaciones de mayor de 500.000 habitantes.

Definir los criterios que determinan qué técnica de evaluación se debe usar para cada contaminante.

La normativa obliga a utilizar un método u otro de evaluación de la calidad del aire ambiente en función de la comparación de los niveles de un contaminante con los umbrales de evaluación superior⁵ (UES) e inferior⁶ (UEI) en una determinada zona.

5. 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. Definición Directiva 2008/50/CE.

6. Umbral inferior de evaluación: nivel por debajo del cual bastan las técnicas de modelización o de estimación objetiva para evaluar la calidad del aire ambiente. Definición Directiva 2008/50/CE.

Si se supera el umbral superior de evaluación las mediciones se deben realizar mediante mediciones fijas. Si los niveles se encuentran entre los dos umbrales (UES y UEI), se pueden combinar las mediciones fijas con técnicas de modelización y/o mediciones indicativas. Y por último, en los casos de hallarse por debajo del umbral inferior de evaluación, es suficiente el uso de técnicas de modelización o de estimación objetiva, o ambas.

El anexo II de la Directiva 2008/50/CE establece los umbrales superiores e inferiores de evaluación para los compuestos del primer bloque antes mencionados, y cada zona o aglomeración se clasificará en relación con dichos umbrales de evaluación. Esta clasificación se revisa cada cinco años según el procedimiento establecido en el apartado B del anexo II de la Directiva 2008/50/CE.

Contaminante		Umbral Superior de Evaluación	Umbral Inferior de Evaluación
SO ₂	Valor límite diario para protección de la salud.	60% del valor límite diario (75µg/m ³ , que no podrá superarse más de 3 veces por año civil)	40% del valor límite diario (50µg/m ³ , que no podrá superarse más de 3 veces por año civil)
	Nivel crítico para la protección de la vegetación.	60 % del nivel crítico de invierno (12 µg/ m ³)	40 % del nivel crítico de invierno (8 µg/ m ³)
NO ₂	Valor límite horario para protección de la salud.	70 % del valor límite (140 µg/ m ³ , que no podrá superarse más de 18 veces por año civil).	50 % del valor límite (100 µg/m ³ , que no podrá superarse más de 18 veces por año civil).
	Valor límite anual para protección de la salud.	80 % del valor límite (32 µg/ m ³)	65 % del valor límite (26 µg/ m ³)
NO _x	Nivel crítico anual para la protección de la vegetación y los ecosistemas naturales	80 % del nivel crítico (24 µg/ m ³ expresado como NO ₂)	65 % del nivel crítico (19,5 µg/ m ³ expresado como NO ₂)
PM ₁₀	Media de 24 horas	70 % del valor límite (35 µg/m ³ , que no podrá superarse más de 35 veces por año civil)	50 % del valor límite (25 µg/m ³ , que no podrá superarse más de 35 veces por año civil)
	Media anual	70 % del valor límite (28 µg/m ³)	50 % del valor límite (20 µg/m ³)
PM _{2,5}	Media anual ⁽¹⁾	70 % del valor límite (17 µg/m ³)	50 % del valor límite (12 µg/m ³)
	(1) El umbral superior de evaluación y el umbral inferior de evaluación para las PM _{2,5} no se aplica a las mediciones para evaluar el cumplimiento del objetivo de reducción de la exposición a las PM _{2,5} para la protección de la salud humana.		
Pb	Media anual	70 % del valor límite (0,35 µg/m ³)	50 % del valor límite (0,25 µg/m ³)
Benceno	Media anual	70 % del valor límite (3,5 µg/ m ³)	40 % del valor límite (2 µg/ m ³)
CO	Media octohoraria	70 % del valor límite (7 mg/ m ³)	50 % del valor límite (5 mg/ m ³)

Tabla 19. Umbrales superior e inferior de evaluación. Anexo II Directiva 2008/50/CE.

En el caso del Ozono troposférico se sigue la metodología recogida en la Guía sobre la Decisión de aplicación de la Comisión⁷ por el que se establecen las disposiciones de las Directivas 2004/107/EC y 2008/50/EC del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo al intercambio recíproco de información y presentación de informes sobre el aire ambiente (Decisión 2011/580/EU). Será obligatorio tomar mediciones fijas, cuando las concentraciones de ozono superen los objetivos a largo plazo según la sección C del anexo VII de la Directiva 2008/50/CE.

Contaminante		Umbral Superior de Evaluación	Umbral Inferior de Evaluación
O ₃	Valor objetivo a largo plazo para protección de la salud.	120 µg/ m ³ máximo diario octohorario, en alguno de los últimos 5 años	-

Tabla 21. Umbrales superior e inferior de evaluación. Directiva 2008/50/CE. Guía sobre la Decisión de la Comisión.

Finalmente, para los contaminantes Arsénico (As), Cadmio (Cd), Níquel (Ni) y Benzo(a)pireno B(a)P se aplican actualmente los siguientes umbrales, según el anexo II de la Directiva 2004/107/CE, de 28 de febrero.

7. *Guidance on the Commission implementing decision laying down rules for Directives 2004/107/EC and 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council as regards the reciprocal Exchange of information and reporting on ambient air (Decision 2011/850/EU).*- Version of 15 July 2013.

Contaminante		Umbral Superior de Evaluación	Umbral Inferior de Evaluación
Ar	Valor objetivo anual	60 % del valor objetivo (3,6 ng/m ³)	40 % del valor objetivo (2,4 ng/m ³)
Cd	Valor objetivo anual	60 % del valor objetivo (3 ng/m ³)	40 % del valor objetivo (2 ng/m ³)
Ni	Valor objetivo anual	70 % del valor objetivo (14 ng/m ³)	50% del valor objetivo (10 ng/m ³)
B(a)P	Valor objetivo anual	60 % del valor objetivo (0,6 ng/m ³)	40 % del valor objetivo (0,4 ng/m ³)

Tabla 22. Umbrales superior e inferior de evaluación. Directiva 2004/107/CE, de 28 de febrero.

La superación de los umbrales superior e inferior de evaluación se determina sobre la base de las concentraciones registradas durante los cinco años anteriores, si se dispone de datos suficientes. Se considera que se ha superado un umbral de evaluación cuando, en el transcurso de esos cinco años, si se supera el valor numérico del umbral durante al menos tres años distintos. En los casos en los que los datos disponibles sean de periodos inferiores a cinco años, se combinan campañas de medición de corta duración durante el periodo de un año, y en lugares susceptibles de registrar los niveles más altos de contaminación, con los resultados de inventarios de

emisiones y con la modelización, para determinar los casos de superación de los umbrales superior e inferior de evaluación.

Según estimaciones realizadas por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, en adelante MAGRAMA, sobre la situación de las zonas de calidad del aire respecto a los umbrales de evaluación de distintos periodos de tiempo, los resultados para las zona de Málaga y la Costa del Sol son los que se presentan a continuación.

Zona: Málaga y la Costa del Sol													
Código de la zona: ES0119													
Periodo	SO ₂	NO ₂	NO _x	C ₆ H ₆	CO	Pb	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	As	Cd	Ni	B(a)P
2008-2012	<UEI	UES-UEI	N.D.	<UEI	<UEI	<UEI	>UES	UES-UEI	N.D.	<UEI	<UEI	<UEI	<UEI
2009-2013	<UEI	UES-UEI	N.D.	<UEI	<UEI	<UEI	>UES	UES-UEI	>OLP	<UEI	<UEI	<UEI	<UEI
2010-2014	<UEI	UES-UEI	N.D.	<UEI	<UEI	<UEI	>UES	UES-UEI	>OLP	<UEI	<UEI	<UEI	<UEI
2011-2015	<UEI	>UES	N.D.	<UEI	<UEI	<UEI	>UES	>UES	>OLP	<UEI	<UEI	<UEI	<UEI

Tabla 23. Umbrales de Evaluación Zona Málaga y la Costa del Sol. Leyenda: <UEI: Por debajo del umbral de evaluación inferior. UES-UEI: Entre el umbral de evaluación superior e inferior. >UES: Por encima del valor de evaluación superior. Para el Ozono: <OLP: Por debajo del objetivo a largo plazo. >OLP: Por encima del objetivo a largo plazo. Fuente: Estudio de las zonas de calidad del aire respecto a los umbrales de evaluación. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

En base a los estudios de umbrales de evaluación se concluye:

- **PM_{2,5}, PM₁₀ y O₃**: Superan los umbrales superiores. La evaluación de la calidad del aire ambiente se efectuará mediante estaciones fijas.
- **NO₂, PM_{2,5} y PM₁₀**: Superan los umbrales superiores a partir del último periodo evaluado (2011-2015). La evaluación de la calidad del aire ambiente se efectuará mediante estaciones fijas. En los periodos anteriores, se encontraban los niveles entre el umbral de evaluación superior e inferior, pudiéndose durante esos periodos efectuar se la medida mediante una combinación de mediciones fijas y técnicas de modelización y/o mediciones indicativas.
- **SO₂, C₆H₆, CO, Pb, As, Cd, Ni y B(a)P**: Por debajo del umbral de evaluación inferior. Es suficiente el uso de técnicas de modelización o de estimación objetiva, o ambas, para la evaluación de calidad del aire ambiente.

Junto a estas mediciones, también se establece la necesidad de mediciones en estaciones rurales de fondo alejadas de grandes fuentes de contaminación atmosférica. En la provincia de Málaga, se encuentra en la estación de Campillos.

Especificar criterios para la ubicación y número mínimo de puntos de muestreo para cada contaminante.

Ubicación.

Los criterios para la ubicación y el número mínimo de puntos de muestreo para SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, Pb, C₆H₆, CO, Ar, Cd, Ni, Hg, HAP, COV, NH₃ y depósitos de Ar, Cd, Hg, Ni e HAP, están regulado por las Directivas 2008/50/CE de 21 de mayo, 2004/107/CE de 15 de diciembre, y 2015/1480/CE de 28 de agosto, transpuesto al ordenamiento español a través del Real Decreto 102/2011 de 28 de enero, y el Real Decreto 39/2017 de 27 de enero que lo modifica.

Una de las principales finalidades de la ubicación de estaciones y redes de evaluación de la calidad del aire en las aglomeraciones, es poder informar a la población del nivel de contaminación. Especialmente los municipios como Málaga, con una población superior a 100.000 habitantes y aquellos que formen parte de una aglomeración.

Las competencias en cuanto a la ubicación de las estaciones, actualmente corresponden a las comunidades autónomas. Deben seguir los criterios recogidos en el Anexo III del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, de macro y

microimplantación de los puntos de muestreo tanto para mediciones fijas como para mediciones indicativas y métodos de modelización. Deben documentar de forma exhaustiva los procedimientos para la elección de los emplazamientos, registrando la información justificativa del diseño de la red y la elección de la ubicación de todos los puntos de control. En los casos de usar métodos suplementarios, se deben describir y justificar en la documentación y cumplir con el artículo 7 de la Directiva 2008/50/CE de 21 de mayo, y artículo 7 del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, con finalidad de aplicar de forma armonizada los criterios de puntos de muestreo en toda la Unión Europea.

Las entidades locales que deban realizar, en respuesta a las competencias que les sean atribuidas, una evaluación preliminar de los niveles de contaminación en aquellas partes del territorio donde no existan mediciones representativas de dichos niveles, y los municipios que cuenten con estaciones y redes propias de evaluación, se deberán inscribir en el Registro de Sistemas de Evaluación de la calidad del aire integrados en la Red de Vigilancia y Control de la calidad del aire en Andalucía, en adelante, el Registro. Especialmente relevantes, son los requisitos para la integración de estaciones de medida fijas en el registro. Además de cumplir con los aspectos ya descritos, la medición debe realizarse de acuerdo a los métodos de

referencia recogidos en la legislación y la normativa aplicables. No obstante, es posible usar otros métodos que genere resultados equivalentes al método de referencia, siempre que esté aprobado por la Dirección General competente en materia de calidad del aire.

Los criterios para la ubicación de los puntos de muestreo para la medición del O₃ en estaciones fijas difieren del resto de contaminantes anteriores. Se realiza según el Anexo VIII de la Directiva 2008/50/CE y el Anexo IX del texto consolidado del RD 102/2011. En el apartado anterior, ya se ha presentado que el municipio de Málaga, ha superado superan en los últimos periodos de cinco años los objetivos a largo plazo para el O₃, lo que implica la obligación de mediciones fijas en todas sus estaciones. Para su ubicación se tienen en cuenta en los criterios de macroimplantación, el tipo de estación (urbana, suburbana, rural o de fondo), en los criterios de microimplantación, los mismos que para el resto de contaminantes prestando además atención a la situación lejana de fuentes de emisiones como chimeneas de hornos y de carreteras, requiriendo mayor distancia cuanto mayor sea la intensidad del tráfico. En cuanto a los precursores principales del O₃, el NO₂ y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), las mediciones se deben realizar en las zonas urbanas (estación de Carranque y Avda. Juan XXIII) y suburbanas (estación Atabal y Campanillas).

Finalmente, los emplazamientos son revisados y reevaluados para comprobar que la elección de los emplazamientos sigue siendo efectiva y adecuada. Debe realizarse al menos, cada cinco años para que los criterios de selección, el diseño de la red y la ubicación de los puntos de control sigan siendo válidos y óptimos a lo largo del tiempo. Para el O₃, se debe realizar además el seguimiento e interpretación de procesos meteorológicos y fotoquímico que afectan a las concentraciones de ozono.

Ubicación

Junto a la ubicación y métodos de referencia de las medidas, la normativa establece los criterios para determinar el número mínimo de puntos de muestreo para cada contaminante. Con carácter general, de nuevo los criterios para el ozono troposférico difiere del resto de contaminantes. Así se pueden establecer tres grupos de contaminantes al que se aplican criterios similares, que se describen a continuación.

Los criterios para el SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, Pb, C₆H₆ y CO en las zonas en las que las mediciones fijas constituyen el único método de medición, establecen que el número mínimo de puntos para cada contaminante no puede ser inferior al establecido en la sección A del anexo V de la Directiva 2008/50/CE, de 21 de mayo. No obstante, cuando el método de medición fija se combine con técnicas de

modelización, inventarios de emisiones y/o técnicas indicativas, el número de puntos se puede reducir en un 50% siempre que se cumplan ciertas condiciones que marca la normativa.

En la siguiente tabla se muestra el número mínimo de puntos para fuentes difusas de NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, C₆H₆ y CO que afecta al rango de población de la aglomeración de Málaga y la Costa del Sol en función de las concentraciones máximas y los umbrales de evaluación superior e inferior. Según los datos del Padrón de 2016 la población de la aglomeración es de 1.210.160, por tanto se encuentra en el rango de zona de 1.000.000 – 1.499.000.

ZONA	Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol			
Contaminantes	Fuentes difusas: NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , C ₆ H ₆ y CO			
Población de la aglomeración o zona (miles)	Si las concentraciones máximas superan el UES ⁽¹⁾		Si las concentraciones máximas se sitúan entre UES Y UEI	
1000 – 1499	Contaminantes NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , C ₆ H ₆ y CO	Suma de PM ₁₀ y PM _{2,5} ⁽²⁾	Contaminantes NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , C ₆ H ₆ y CO	Suma de PM ₁₀ y PM _{2,5} ⁽²⁾
	4	6	2	3

Tabla 24. Número mínimo de puntos de estaciones fijas en una zona o aglomeración. (1) Para el NO₂, PM, C₆H₆ y CO se incluirá al menos una estación de seguimiento de fondo urbano y una estación de tráfico, siendo el número total de fondo urbano requeridas no más de dos veces superior o más de dos veces inferior al número total de estaciones de tráfico. (2) Cuando PM₁₀ y PM_{2,5} se determinen en la misma estación de medición, esta contará como dos puntos de muestreos separados. El número de PM_{2,5} no podrá ser más de dos veces superior o más de dos veces inferior al número total de puntos de PM₁₀ y deberá cumplir los requisitos específicos de las ubicaciones de fondo urbano. Fuente: Anexo V. Directiva 2008/50/CE.

Los criterios para determinar el número mínimo de puntos fijos de muestreo para la medición fija de las concentraciones del O₃ troposférico difieren en función si la medición fija continua es la única fuente de información para la evaluación de la calidad del aire para el cumplimiento de los valores objetivos, objetivos a largo plazo y los umbrales de información y alerta, respecto a si se trata de zonas en las que se alcanzan los objetivos a largo plazo. En este segundo caso, las mediciones en combinación con otros medios deben ser suficientes para examinar su tendencia a largo plazo.

En la siguiente tabla se muestra el número mínimo para estaciones fija continua.

ZONA	Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol		
Contaminantes	Fuentes difusas: O ₃		
Población de la aglomeración o zona (miles)	Aglomeraciones urbanas y suburbanas ⁽¹⁾	Otras zonas (suburbanas y rurales) ⁽¹⁾	Rural de fondo
1000 - 1500	3	3	1 estación/50000 km ² como promedio en todo el territorio nacional ⁽²⁾

Tabla 25. Número mínimo de puntos de muestreo para el ozono en estaciones fijas continua. (1) Al menos una estación en las zonas donde sea probable que la población esté expuesta a las concentraciones de ozono más elevadas. En aglomeraciones, al menos, el 50% de las estaciones deben ubicarse en áreas suburbanas. (2) Se recomienda una estación por cada 25.000 km² en terrenos accidentados.

Al igual que con otros contaminantes, el número de puntos se puede reducir cuando se combinan las mediciones fijas con modelización y/o mediciones indicativas, y siempre que se cumplan los requisitos normativos exigidos. En estas zonas con evaluación suplementaria, si alguna zona queda desprovista de estación, se podrá coordinar con estaciones vecinas para garantizar una evaluación adecuada de las concentraciones respecto a los objetivos a largo plazo.

El O₃ troposférico al ser un contaminante secundario es muy importante conocer los niveles y dispersión de sus

precursores. Los principales precursores son NO₂ y compuestos orgánicos volátiles (COV). Para examinar la tendencia de la contaminación por O₃ a largo plazo, debe medirse el NO₂ al menos en el 50% de los puntos y mediante técnicas en continuo. Por otra parte, el Real Decreto 102/2011 de 28 de enero, recomienda la medición de los siguientes COV que se presentan en la tabla, debiendo medirse aquellos que sean apropiados y, en las ciudades con población superior a 500.000 habitantes, como es el caso del municipio de Málaga. Como mínimo los COV se determinarán en una estación urbana o suburbana y además de las normas en la materia, se deben tener en cuenta el resto de exigencias respecto a los COV establecidas en las normas comunitarias y el Programa EMEP ⁸.

Los principales objetivos de la medición y análisis de la evolución y dispersión de los precursores del ozono son:

- Comprobar eficacia de las estrategias de reducción de las emisiones.
- Evidenciar la coherencia de los inventarios de emisiones.

8. Programa EMEP, European Monitoring and Evaluation Programme: Estrategia de vigilancia continuada y medición del Programa Concertado de Seguimiento y Evaluación del Transporte a Gran Distancia de los Contaminantes Atmosféricos en Europa.

- Contribuir a establecer conexiones entre las fuentes de emisión y los niveles observados de contaminación.
- Aumentar los conocimientos sobre la formación del ozono y los procesos de dispersión de sus precursores.
- Apoyar la aplicación de modelos fotoquímicos.

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES RECOMENDADOS MEDIR POR SER PRECURSORES DEL OZONO TROPOSFÉRICO

Etano	Trans-2-Buteno	n-Hexano	m+p-Xileno
Etileno	Cis-2Buteno	I-Hexeno	o-Xileno
Acetileno	1,3-Butadieno	N-Heptano	1,2,4-Trimetilbenceno
Propano	n-Pentano	N-Octano	1,2,3-Trimetilbenceno
Propeno	i-Pentano	i-Octano	1,2,3,-Trimetilbenceno
n-Butano	1-Penteno	Beceno	Formaldehído
i-Butano	2-Penteno	Tolueno	Hidrocarburos totales no metánicos
1-Buteno	Isopreno	Etilbenceno	

Tabla 26. Compuestos orgánicos Volátiles. Anexo XI texto consolidado Real Decreto 102/2011 de 28 de enero.

Para los contaminantes Ar, Cd, Ni, B(a)P, el número mínimo de puntos de muestreo para las mediciones fijas para evaluar el cumplimiento de los valores objetivos en los que las mediciones fijas constituyen la única fuente de información se presentan en la siguiente tabla. No obstante, dado que los umbrales de evaluación de los últimos periodos de cinco años evaluados en la Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol, están por debajo del umbral inferior de evaluación, es suficiente para ellos el uso de técnicas de modelización para la evaluación de la calidad del aire.

ZONA	Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol			
Contaminantes	Fuentes difusas: Ar, Cd, Ni y B(a)P			
Población de la aglomeración o zona (miles)	Si las concentraciones máximas superan el UES ⁽¹⁾		Si las concentraciones máximas se sitúan entre UES Y UEI	
750 – 1999	Contaminantes Ar, Cd y Ni	B(a)P	Contaminantes Ar, Cd y Ni	B(a)P
	2	2	1	1

Tabla 27. Número mínimo de puntos de estaciones fijas en una zona o aglomeración. (1) Hay que incluir por lo menos una estación urbana de fondo y una estación orientada al tráfico para el B(a)P, siempre que no aumente por ello el número de puntos de muestreo. Fuente: Anexo V. Directiva 2008/50/CE.

Para evaluar la contribución del B(a)P en el aire ambiente, las comunidades autónomas deben medir como mínimo los siguientes hidrocarburos aromáticos policíclicos en un número limitado de lugares que se situarán siempre junto a los de benzo(a)pireno identificando la variación geográfica y las tendencias a largo plazo.

Evaluación de la contribución del B(a)P en aire ambiente a través de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)		
Benzo(a)antraceno	Benzo(b)fluoranteno	Benzo(j)fluoranteno
Benzo(k)fluoranteno	Indeno(1,2,3-cd)pireno	Dibenzo(a,h)antraceno

Tabla 28. Tabla: HAP mínimos a evaluar. Fuente: Real Decreto 102/2011, de 28 de enero.

La normativa en los contaminantes Ar, Cd, Ni y B(a)P y HAP establece medidas adicionales para mediciones indicativas en el aire ambiente y de depósitos totales independientemente de los niveles en el aire ambiente. Estos puntos serán distribuidos cada 100.000 km² por el MAGRAMA en colaboración con las comunidades autónomas.

Finalmente, entre los contaminantes nitrogenados, la normativa contempla la **evaluación del amoníaco (NH₃)**, por ser otro contaminante de fuentes de emisión difusas

procedentes del tráfico rodado y alcantarillado que, en el ámbito urbano y aglomeraciones, pueden constituir una fuente localmente importante sobre todo, por ser una de las sustancias precursoras de partículas secundarias. Según el Real Decreto 102/2011 de 28 de enero, se necesita al menos un punto para su medición en un área de intensidad elevada de tráfico en todas las ciudades con un número de habitantes superior a 500.000. En el municipio de Málaga actualmente se encuentra en la estación Avenida Juan XXIII. Además, a nivel estatal existen 5 puntos rurales de fondo para medir los niveles en el aire ambiente del amoníaco, repartidos uniformemente por el territorio español.

Es importante, destacar que la normativa también establece criterios para evaluar la contaminación en las proximidades o zonas afectadas por **fuentes puntuales**. En estos casos el número de puntos mínimo para las estaciones fijas debe tener en cuenta las densidades y focos de emisión, los patrones más probables de distribución de la contaminación ambiental y la exposición potencial de la población. Para determinarlos, se deben realizar estudios de dispersión de contaminantes atmosféricos tanto anuales como en periodos para determinar la existencia de superaciones de los valores establecidos en la normativa: valor límite, objetivo y umbrales de alerta.

En los casos en los que el estudio de dispersión indique la posibilidad de tener valores altos de concentración por tener medidas y/o estimaciones que superan el umbral superior de evaluación de alguno de los contaminantes tratados o bien cuando aunque de forma puntual se supere algún valor límite, objetivo y/o umbral de alerta, se considerarán **zonas con alta concentración de contaminantes**. En estas zonas, se deben instalar al menos una estación y se situarán en zona poblada siempre que sea compatible con el estudio de dispersión.

El resto de zonas en las que no se superen los valores o umbrales indicados, se pueden evaluar mediante modelización o combinación de enfoques de evaluación consistentes en mediciones fijas, modelización, mediciones indicativas, campañas de medición o una combinación de ellos.

Si la zona de afectación que supera los umbrales superior de evaluación es amplia y provocada por grandes fuentes puntuales, se deberá considerar colocar al menos dos puntos de muestreo que cubran la zona y situados en zonas pobladas. El resto de zonas, se evalúan por los procesos de modelización o de combinación de enfoques, marcando la normativa para todos estos estudios, los objetivos de incertidumbre.

No obstante, la normativa también regula el número mínimo de estaciones fijas en caso de las dos posibles situaciones existentes en las que las concentraciones se encuentren entre los umbrales de evaluación superior e inferior o bien mayores al umbral de evaluación superior.

3. Gestión de la calidad del aire ambiente.

Las medidas de gestión de la calidad del aire ambiente, determinan las acciones y requisitos a cumplir sobre los niveles de los valores límites, umbrales de alerta, niveles críticos, objetivos nacionales, valores objetivos, objetivos a largo plazo, umbrales de información y sobre las aportaciones de fuentes naturales.

La normativa ambiental en la materia, ha ido introduciendo a través de las distintas Directivas, la experiencia adquirida y los avances científicos y sanitarios y con las distintas revisiones la simplificación y eficacia normativa para el cumplimiento de los objetivos de mejora de la calidad del aire ambiente.

Como se ha mencionado a lo largo del plan, las directivas se han transpuesto al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, y el Real Decreto 39/2017, de 27 de enero, que lo modifica. Entre las

principales novedades que introducen es el establecimiento de requisitos de medidas y límites para las partículas de tamaño inferior a 2,5 μm (PM_{2,5}), la obligación de realizar mediciones de las concentraciones de amoníaco en localizaciones de tráfico y fondo rural y la definición de los puntos en los que se deben medir las sustancias precursoras del ozono y su técnica de captación.

En cuanto a las modificaciones más importantes a nivel autonómico son destacables la regulación de de las responsabilidades de las administraciones autonómicas y locales, estableciendo el contenido y procedimiento a seguir por cada administración competente en la elaboración y aprobación de planes de mejora de la calidad del aire y planes de acción a corto plazo, así como la obligación de su consideración en los planes urbanísticos.

A continuación se va a realizar un análisis por contaminante en las estaciones del municipio de Málaga y abordando en cada uno de ellos los siguientes aspectos:

- **Comparativa de los valores legislados y valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).** Tablas de valores de los parámetros estadísticos contemplados en la normativa vigente, con objeto de poder mostrar y realizar una comparativa de los

contaminantes con los valores o niveles legales y aquellos reducen la repercusión en la salud.

- **Concentraciones observadas durante años 2004 – 2016.** La finalidad es de dar una visión de la evolución de los distintos contaminantes y en relación con los niveles legales establecidos.
- **Análisis de los resultados.** Principales observaciones y análisis de los resultados a considerar para conocer la situación actual y las medidas necesarias y prioritarias. Además, los informes de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, realiza una valoración de los resultados desde dos puntos de vista. El de la legislación para destacar aquellos casos en los que los valores registrados requieren mención y el índice diario de calidad del aire ambiente, que indican las situaciones malas y muy malas por estación.

Con carácter general, las estaciones están equipadas con sensores automáticos que ofrecen resultados a tiempo real, y captadores gravimétricos con filtros (sistema manual) que requieren el análisis en el Laboratorio Andaluz de Referencia de la Calidad del Aire (LARCA) y laboratorios externos, para evaluar posteriormente los resultados. Es por ello, que las partículas menores a 10 micras y a 2,5 micras (PM₁₀ y PM_{2,5}), metales, amoníaco y benzo(a)pireno, debido al proceso de

análisis de laboratorio no es posible tener los resultados de estos parámetros a tiempo real a diferencia de los parámetros medidos mediante métodos automáticos. Los métodos automáticos por su parte, mediante un adquisidor de datos (ordenador que concentra la información de todos los sensores) la envía a un centro de control ubicado en la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

Sensores automáticos	SO ₂ , O ₃ , CO, NO/NO ₂ /NO _x y parámetros meteorológicos.	
Métodos manuales y automáticos	Captadores gravimétricos	Partículas PM ₁₀ y PM _{2,5}
	Captadores difusivos	Benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX)
Métodos manuales	Captadores gravimétricos	Metales (As, Cd, Ni y Pb) y benzo(a)pireno
	Captadores difusivos	Amoniaco

Tabla 29. Información de parámetros de contaminantes en el municipio de Málaga según los sensores y métodos de toma de muestra.

Junto a este aspecto, es importante hacer mención a la validación de los datos que se realiza una vez se tienen completa la serie completa de datos para realizar la evaluación de la calidad del aire anual. Este aspecto es especialmente importante en las partículas PM₁₀ pues

además, requiere en primer lugar aplicar un factor de corrección propio de cada zona y estación que se obtiene a partir de la correlación de los valores obtenidos en estaciones donde se miden partículas por ambas técnicas de medida (Carranque). Y en segundo lugar, para las partículas PM₁₀ y PM_{2.5}, descontar los aportes procedentes de fuentes naturales, en aplicación del Art. 22 del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, dado que las superaciones atribuibles a este tipo de fuentes no se consideran superaciones. En este sentido, se considera fuente natural *“Las erupciones volcánicas, actividades sísmicas o geotérmicas, incendios forestales no intencionados, vientos fuertes, aerosoles marinos, resuspensión atmosférica y el transporte de partículas naturales procedentes de regiones áridas”*. Estos últimos y procedentes del continente africano se corresponden con los episodios naturales que mayor repercusión tienen en el municipio de Málaga y en Andalucía en general. En ambos casos se siguen las directrices emitidas por el Ministerio competente en materia de Calidad del Aire.

Aunque ya ha sido presentada en el apartado correspondiente, se presenta un resumen de la Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol en la que se encuentran las cuatro estaciones del municipio de Málaga y los contaminantes que se analizan en cada una de ellas según los métodos anteriormente presentados:

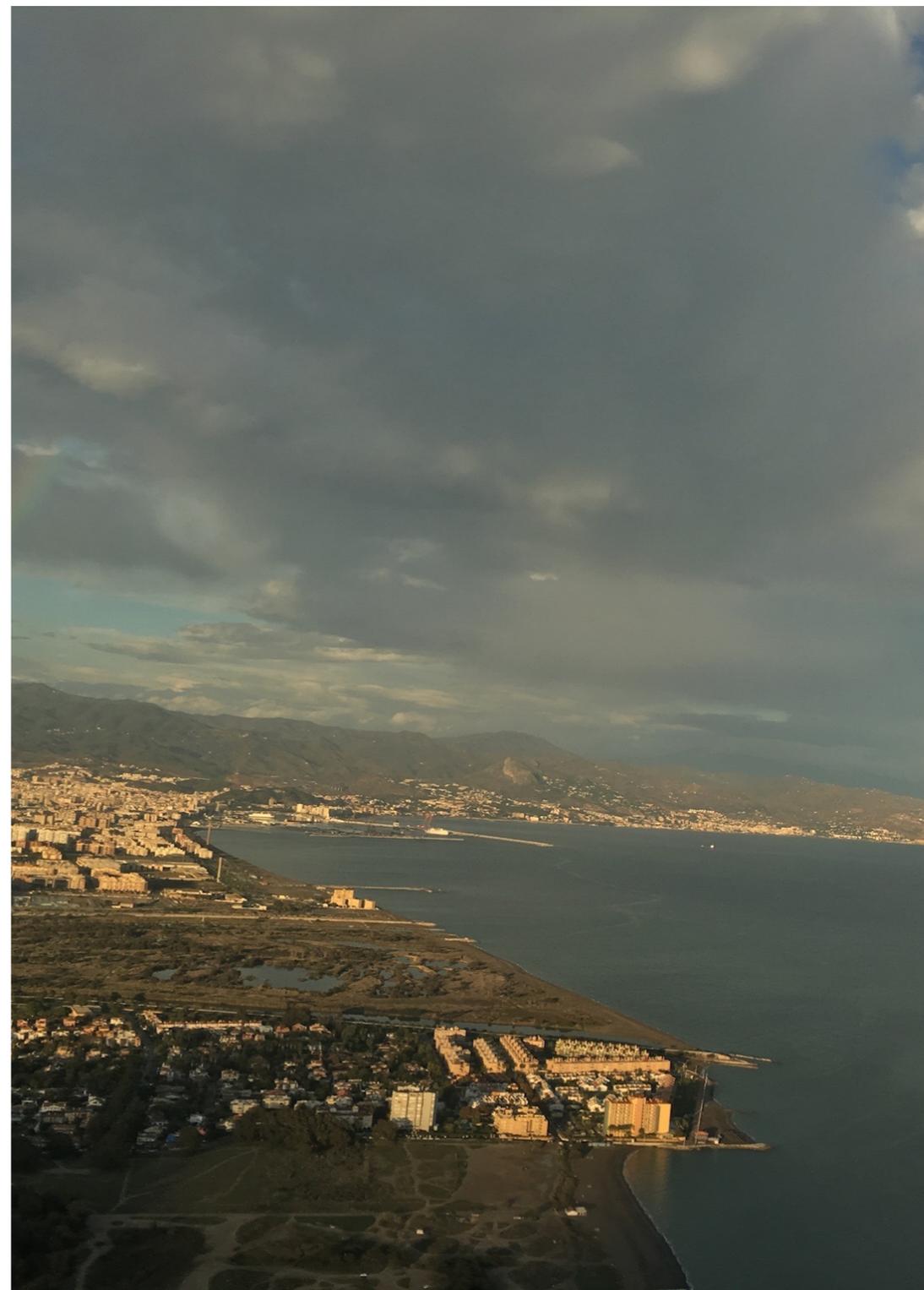


Imagen 9. Vista área de la Bahía de Málaga

ZONA DE MÁLAGA Y LA COSTA DEL SOL (ES0119)																		
MUNICIPIO	ESTACIÓN	SO ₂	CO	NO	NO ₂	NO _x	O ₃	PM ₁₀	PM _{2.5}	SH ₂	C ₆ H ₆	TOL	PXY	EBCN	Metales	B(a)P	NH ₃	Meteo
Málaga	Avda. Juan XXIII			o	o	o											o	
	Campanillas	o	o	o	o	o	o	o										
	Carranque	o	o	o	o	o	o	o	o		o	o	o		o	o		
	El Atabal	o	o	o	o	o	o	o			o	o	o	o				o
Marbella	Marbella Arco	o	o	o	o	o	o	o	o									o

Tabla 29. Estaciones y parámetros medidos en la Zona de la Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol. Fuente. Informe anual 2016 de Evaluación de la Calidad del Aire en Andalucía. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Leyenda: Tol: Tolueno; PXY: p-xileno; EBCN: Etil-benceno; Metales: As, Cd, Ni, Pb. Meteo; Meteorología (DD, VV, PRB, RS, RU, LL, HR).

4. Concentraciones observadas y análisis por contaminante.

Dióxido de Azufre: SO₂ (µg/m³)

Comparativa de valores legislados con los recomendados por la (OMS).

La normativa vigente, establece los valores límites y umbral de alerta del SO₂ para la protección de la salud humana y el nivel crítico para la protección de la vegetación. Se establece la fecha de cumplimiento de cada parámetro siendo el más reciente el nivel crítico de la vegetación, que entró en vigor en junio de 2008.

SO ₂	PERIODO	VALOR	VALOR
Valor límite horario (salud)	1 hora	350 µgr/m ³ , valor que no podrá superarse en más de 24 ocasiones por año civil.	En vigor desde 1 de enero de 2005
Valor límite diario (salud)	24 horas	125 µgr/m ³ , valor que no podrá superarse en más de 3 ocasiones por año civil.	
Umbral de alerta	3 horas	500 µgr/m ³ . Superado si durante 3 horas consecutivas se excede dicho valor cada hora, en lugares representativos de la calidad del aire en un área de, como mínimo 100km ² a o en una zona o aglomeración entera, tomando la superficie que sea menor.	19/07/1999
Nivel crítico (vegetación)	Año civil e invierno 1 octubre - 31 marzo	20 µgr/m ³ . Los valores sólo se tomarán en consideración si las medidas se realizan en estaciones situadas a una distancia superior a 20 km de las aglomeraciones o a más de 5 km de otras zonas edificadas, instalaciones industriales o carreteras. y debe estar situado dentro de un área de al menos 1000 Km ² .	En vigor desde el 11 de junio de 2008.

Tabla 31. Información de parámetros de contaminantes en el municipio de Málaga según los sensores y métodos de toma de muestra.

La siguiente tabla, muestra los niveles establecidos por las Directrices de 2005 de la Organización Mundial de la Salud, en adelante OMS, que se aplican en todo el mundo y se basan en la evaluación realizada por expertos de las pruebas científicas actuales concernientes a ciertos contaminantes entre los que se encuentra el SO₂. Además de los valores fijados por las Directrices, también se establecen metas intermedias destinadas a promover una reducción gradual de las concentraciones a niveles más bajos. Si se alcanzan las metas intermedias se esperan reducciones importantes de

los riesgos de enfermedades agudas y crónicas de la contaminación del aire. No obstante, los valores establecidos en las Directrices deben ser el objetivo final.

OBJETIVO	PROM. DE 24 HORAS	PROM. DE 10 MINUTOS	FUNDAMENTO DEL NIVEL ELEGIDO
Objetivo intermedio-1 (OI-1)	125 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	-	Antes Guía de calidad del aire de la OMS (OMS,200)
Objetivo intermedio-2 (OI-2)	50 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	-	Objetivo intermedio basado en el control de las emisiones de los vehículos de motor, las emisiones industriales y/o las emisiones de la producción de energía. Éste sería para algunos países en desarrollo un objetivo razonable y viable (se podría alcanzar en pocos años), que conduciría a mejoras significativas de la salud, las cuales, a su vez, justificarían la introducción de nuevas mejoras (por ejemplo, tratar de conseguir el valor de la GCA).
Guía de calidad del aire (GCA)	20 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	500 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	

Tabla 32. Objetivos intermedios y objetivos de la Guía de Calidad del Aire de la OMS, 2005. Fuente: Guías de calidad del aire de la OMS.

En el caso del promedio de 10 minutos no existen valores intermedios pues los estudios controlados realizados con asmáticos que hacían ejercicio indicaron cambios en la función pulmonar y los síntomas respiratorios tras periodos de exposición al SO_2 de apenas 10 minutos.

Además, no es posible para este contaminante según la GCA (OMS,2005) estimar los valores correspondientes a periodos de tiempo más prolongados pero de corta exposición, como

por ejemplo una hora, pues la exposición breve al SO_2 , depende en gran medida de la naturaleza de las fuentes locales y las condiciones meteorológicas predominantes.

De la Guía de Calidad del Aire de la (OMS, 2005) y los niveles que establece la normativa se pueden comparar los valores que se establecen para 24 horas. Se observa que el valor de la OMS es un 84% inferior al normativo. Y no se establece un número mínimo de superaciones.

UNIDADES COMPARABLES	VALOR NORMATIVO RD 102/2011	OBJETIVO INTERMEDIO 1 GCA DE LA OMS, 2005	OBJETIVO INTERMEDIO 1 GCA DE LA OMS, 2005	VALOR RECOMENDADO GCA DE LA OMS, 2005
24 Horas	Valor límite diario 125 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$, valor que no podrá superarse en más de 3 ocasiones por año civil.	120 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$
Porcentajes de diferencia respecto al nivel establecido en la normativa RD 102/2011		4 %	60 %	84 %

Tabla 31. Comparación de los valores RD102/2011 con GCA (OMS, 2005).

Comparativa de valores legislados con los recomendados por la (OMS).

En las siguientes tablas y gráficas se representa la evolución de los niveles de SO_2 en este periodo.

Valor máximo diario

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Atabal	36	22	18	12	21	26	24	28	14	17	16	19
Carranque	13	19	25	17	18	17	18	23	14	19	17	12
Campanillas					19	13	13	13	13	17	13	10
Paseo Martiricos	16											
Valor límite	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
Nº SUPERACIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 34. Datos Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía

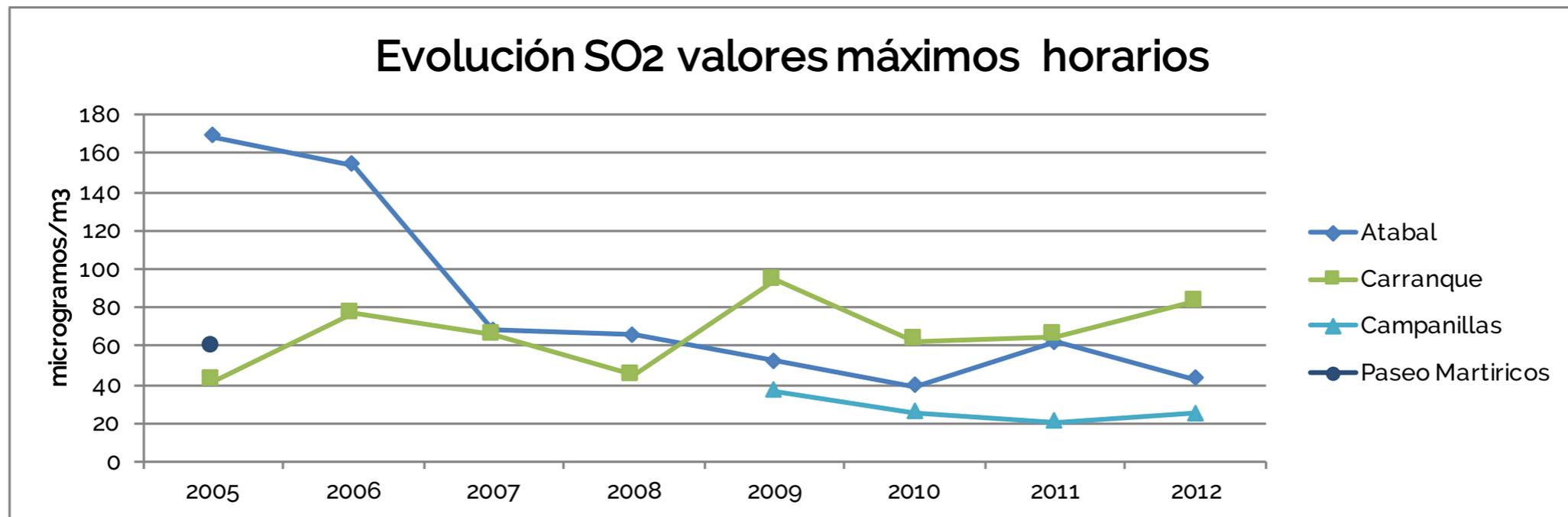


Figura 7. Evolución SO₂ de los máximos diarios. Fuente. Datos Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

Análisis de los resultados.

Se puede observar que no se han producido superaciones de los valores límites horarios ni diarios establecidos en la legislación y por tanto tampoco las concentraciones han alcanzado los umbrales de alerta, siendo los niveles muy inferiores a los límites establecidos por la legislación (125 y 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Si se comparan los resultados de los valores máximos diarios con las recomendaciones de la OMS, los niveles del periodo estudiado son inferiores a los objetivos intermedios, por lo que se concluye que se mantienen reducciones importantes en riesgos de enfermedades para este contaminante. Es destacable a su vez que las superaciones respecto al nivel de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que recomienda las Directrices de la OMS, los niveles no se han superado desde el año 2013, no obstante, tanto en la estación de Atabal como en Carranque se encuentran especialmente próximos de alcanzarlo. El número de superaciones de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ha sido superior en la estación de Atabal que en la estación de Carranque, frente a Campanillas en las que no se han producido superaciones.

Finalmente indicar que se observa una tendencia descendente en los niveles de los valores máximos diarios y aunque se encuentran en niveles bastante inferiores respecto a las exigencias normativas pero se recomienda el desarrollo de medidas para mejorar hasta los niveles

recomendados por la OMS y dar respuesta así a los objetivos de la Directiva 2008/50/CE de mantener la calidad del aire, cuando sea buena, y mejorarla en los demás casos.

Algunas medidas que pueden contribuir a mejorar los niveles pueden estar dirigidas a vehículos de motor, las industrias, la producción de energía en centrales térmicas y la combustión de combustibles fósiles.

Respecto a la evolución de los valores máximos horarios se observa de nuevo una tendencia descendente en todas las estaciones y con los niveles bastante inferiores del valor límite y del umbral de alerta. Así mismo, se observa un descenso de los niveles especialmente significativo en la estación de Carranque desde el año 2013.

En relación a la evaluación del nivel crítico, ninguna de las estaciones del municipio de Málaga, cumple los requisitos para realizar las mediciones para la protección de los ecosistemas naturales y la vegetación pues se encuentran totalmente integrados en la Aglomeración de Málaga y se trata de estaciones urbanas de fondo y de tráfico y estaciones suburbanas de fondo e industrial.

Finalmente, recordar que este contaminante no se mide en la estación de la Avenida Juan XXIII motivo por el cual no aparece reflejado en los gráficos.

Dióxido de Nitrógeno: NO₂ (µg/m³)

Comparativa de valores legislados con los recomendados por la (OMS).

Los valores actualmente vigentes en la normativa del valor límite⁹ horario y anual, nivel crítico¹⁰, y umbral de alerta¹¹, se muestran en la tabla. Estos valores deben alcanzarse a partir del 1 de enero de 2010 para la protección de la salud humana y en 2008 en el caso de la protección de la vegetación y de los ecosistemas naturales.

NO ₂	PERIODO	VALOR LÍMITE	MARGEN DE TOLERANCIA	FECHA CUMPLIMIENTO
Valor límite horario salud humana	1 hora	200 µgr/m ³ , valor que no podrá superarse en más de 18 ocasiones por año civil.	50% a 19 de julio de 1999, valor que se reducirá el 1 de enero de 2001 y, en lo sucesivo, cada 12 meses en porcentajes anuales idénticos, hasta alcanzar un 0% el 1 de enero de 2010. 50% en las zonas y aglomeraciones en las que se haya concedido una prórroga de acuerdo al art. 23.	Debe alcanzarse a 1 de enero de 2010
Valor límite anual Salud humana	1 año	40 µgr/m ³ .	50% a 19 de julio de 1999, valor que se reducirá el 1 de enero de 2001 y, en lo sucesivo, cada 12 meses en porcentajes anuales idénticos, hasta alcanzar un 0% el 1 de enero de 2010. 50% en las zonas y aglomeraciones en las que se haya concedido una prórroga de acuerdo al art. 23.	
Umbral de alerta salud humana	3 horas	400 µgr/m ³ . Superado si durante 3 horas consecutivas se excede dicho valor cada hora. ⁽¹⁾	Ninguno	
Nivel crítico* Vegetación ⁽²⁾	1 Año civil	30 µgr/m ³ de NO _x expresado como NO ₂ .	Ninguno *(Las medidas se realizarán a una distancia superior a 20 km de las aglomeraciones y debe estar situado dentro de un área de al menos 1000 Km ² .	En vigor desde el 11 de junio de 2008.
(1) Para la aplicación del umbral de alerta, deben ser en lugares representativos de la calidad del aire en un área de, como mínimo, 100 km ² o en una zona o aglomeración entera, tomando la superficie que sea menor.				
(2) Para la aplicación de este nivel crítico solo se tomarán en consideración los datos obtenidos en las estaciones de medida definidas en el apartado II.b del anexo III.				
El volumen para los niveles debe ser referido a una temperatura de 293 k y a una presión de 101,3 KPa.				

Tabla 35. Objetivos de calidad del aire para el NO₂. Fuente: RD 102/2011.

9 Valor límite: Nivel fijado con arreglo a los conocimientos científicos con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos a la salud humana y el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza, que debe alcanzarse en un periodo determinado y no superarse una vez alcanzado.

10 Nivel crítico: Nivel fijado con arreglo a conocimientos científicos por encima del cual pueden producirse efectos nocivos para algunos receptores como las plantas, árboles o ecosistemas naturales pero no para el hombre.

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

Los valores recomendados según la Guía de Calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (GCA, 2005) se presentan a continuación.

CONTAMINANTE NO ₂	PARÁMETRO	VALOR
GUÍA DE CALIDAD DEL AIRE (GCA, 2005)	Media de 24 horas	200 µg/m ³
	Media anual	40 µg/m ³

Para el NO₂ es posible comparar el valor que establece la normativa para el valor límite anual pues coincide con la escala temporal de la Guía de Calidad del Aire de la OMS. Coincidiendo en este caso en ambos casos con el mismo valor de 40 µg/m³. Existiendo en el caso del RD 102/2011 un margen de tolerancia que se concede en determinados casos.

UNIDADES COMPARABLES	VALOR NORMATIVO RD 102/2011	VALOR RECOMENDADO GCA DE LA OMS, 2005
Media anual	Valor límite anual 40 µgr/m ³ , 50% a 19 de julio de 1999, valor que se reducirá el 1 de enero de 2001 y, en lo sucesivo, cada 12 meses en porcentajes anuales idénticos, hasta alcanzar un 0% el 1 de enero de 2010. 50% en las zonas y aglomeraciones en las que se haya concedido una prórroga de acuerdo al art. 23.	40 µgr/m ³

Tabla 34. Comparación de los valores RD102/2011 con GCA (OMS, 2005)

El NO₂ según estudios realizados por la OMS, en concentraciones de corta duración a 200 µg/m³ es un gas tóxico con efectos importantes en la salud. El NO₂ se ha venido usando en numerosos estudios epidemiológicos como marcador de la mezcla de contaminantes relacionados con la combustión debido al tráfico rodado, no obstante determinar los efectos en la salud ha sido difícil de establecer pues los observados también se pueden asociar a otros productos de la combustión, como las partículas ultra finas, el óxido nitroso (NO), material particulado o el benceno. Estudios de exposiciones prolongadas y en las concentraciones ya existentes en el medio ambiente urbano de Europa y América del Norte, se ha comprobado que los síntomas de bronquitis de los niños asmáticos aumentan conforme aumentan las concentraciones de este contaminante, a la vez que se genera un menor aumento en la función pulmonar en los niños. Y con carácter general, puede haber efectos tóxicos directos de la exposición crónica al NO₂ en concentraciones bajas. Por ello, la OMS, ha mantenido un valor límite medio anual como un valor prudente para este contaminante.

Comparativa de valores legislados con los recomendados por la (OMS).

La estación de toma de valores de la Avenida Juan XXIII, estación urbana de tráfico, se inició en diciembre de 2012, por ello, el porcentaje mínimo de datos necesarios no se

alcanzó hasta el año 2013. Motivo por el cual, existen valores a partir de dicho año.

Los métodos de medida de los contaminantes han ido evolucionando, durante los años. Durante los años comprendidos entre 2004 - 2009, la toma de los datos se realizada mediante el percentil 98, siendo el valor límite de 200 de las medias horarias o periodos inferiores a la hora y el umbral de alerta de 400 de media horaria durante tres horas consecutivas, en aplicación del RD 1073/2002 vigente en dicho periodo. Los valores se muestran a continuación.

Valor media horaria anual en Percentil 98.

Medias horarias anuales. Percentil 98.	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Atabal	73	77	61	63	71	82
Carranque		97	99	99	94	90
Campanillas					47	52
Paseo Martiricos	88	100				
Valor límite horario	200	200	200	200	200	200
Umbral alerta (tres horas consecutivas)	400	400	400	400	400	400
Nº superaciones	0	0	0	0	0	0

Tabla 37. Valores media horaria anual en Percentil 98 de NO₂ en las estaciones de Málaga.

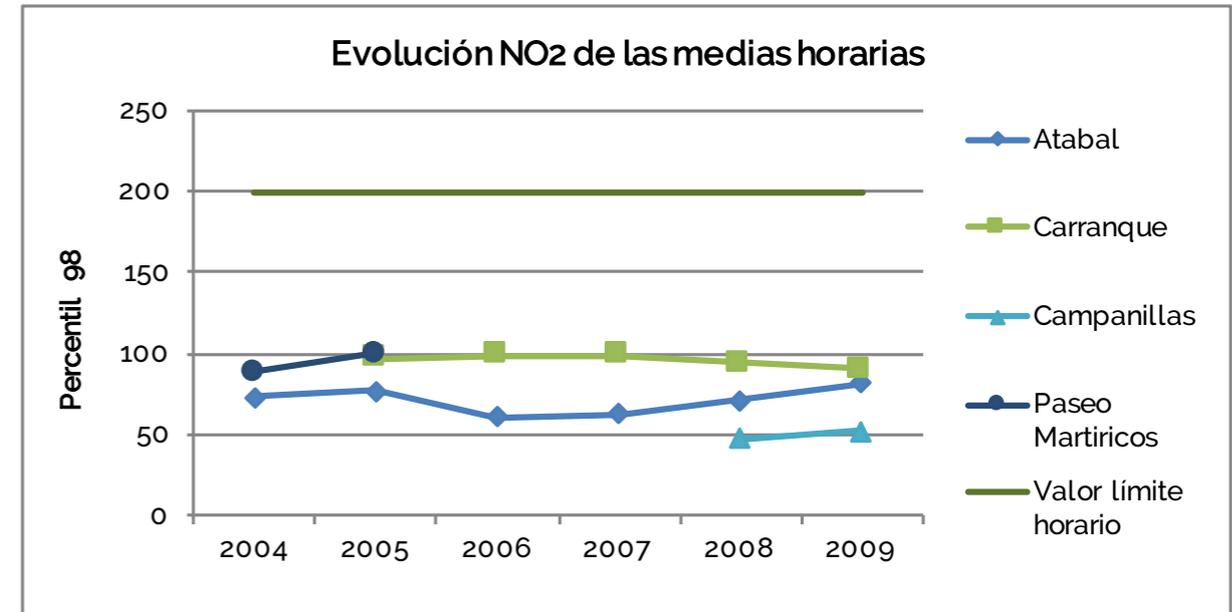


Figura 8. Valores media horaria anual en Percentil 98 de NO₂ en las estaciones de Málaga.

Valor máximo media 1 hora.

Andalucía a partir de 2001 de forma previa a la entrada en vigor de los nuevos métodos de la legislación próxima de aplicación, aplicando los valores con anterioridad a su entrada en vigor. Este aspecto ha permitido tener mayor cantidad de datos para este contaminante según la normativa y metodología vigente actual. No obstante, el periodo de estudio se corresponde desde 2004-2016. Los resultados se muestran a continuación.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Atabal		154	132	126	138	249	113	120	98	113	121	131	130
Carranque		164	161	182	208	150	147	180	169	141	159	176	146
Campanillas					109	110	96	114	95	172	228	103	91
Avda. Juan XXIII										154	151	175	151
Paseo Martiricos		154											
Valor límite horario	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Umbral alerta (tres horas consecutivas)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Nº superaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Tabla 38. Evolución de los valores máximos de NO₂ media horaria en microgramos/m³. Fuente. Datos de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía. RD 102/2011, valores vigentes a partir de 2010.

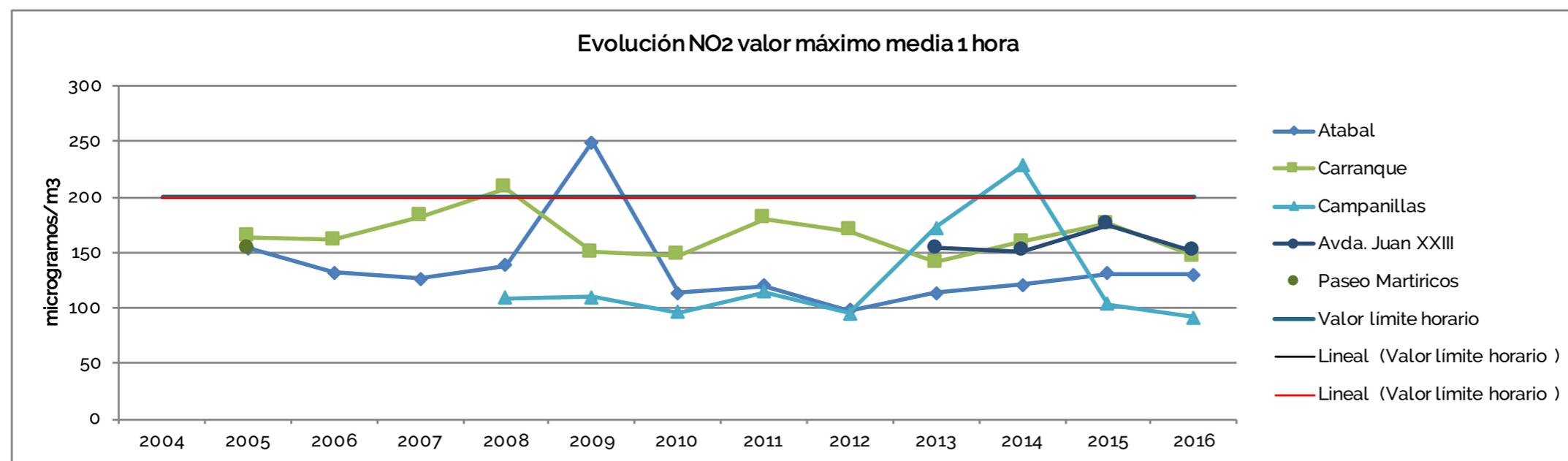


Figura 9. Evolución de los valores máximos de NO₂ media horaria en microgramos/m³. Elaboración propia. Fuente. Datos de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía. RD 102/2011, valores vigentes a partir de 2010.

Valor medio anual.

Este parámetro se corresponde con el que es posible comparar con la Guía de Calidad del aire de la OMS. Los valores de los últimos años se presentan en la siguiente tabla y gráfico.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Atabal		22	17	18	21	23	18	19	15	17	18	20	18
Carranque		36	37	36	31	26	27	30	29	24	26	31	31
Campanillas					13	16	14	17	18	12	12	12	14
Avd. Juan XXIII										35	34	40	40
Paseo Martiricos		42											
Valor límite anual	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Nº superaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 39. Evolución del valor medio anual de NO₂ en microgramos/m³. Fuente. Datos Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía. RD 102/2011, fecha de cumplimiento partir de 1 de enero de 2010.

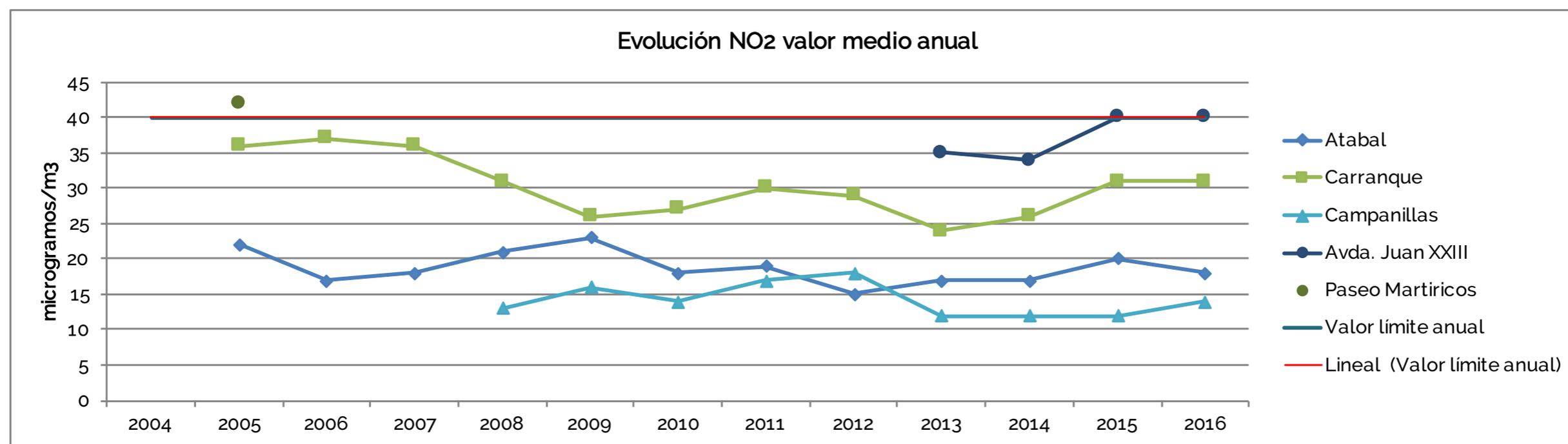
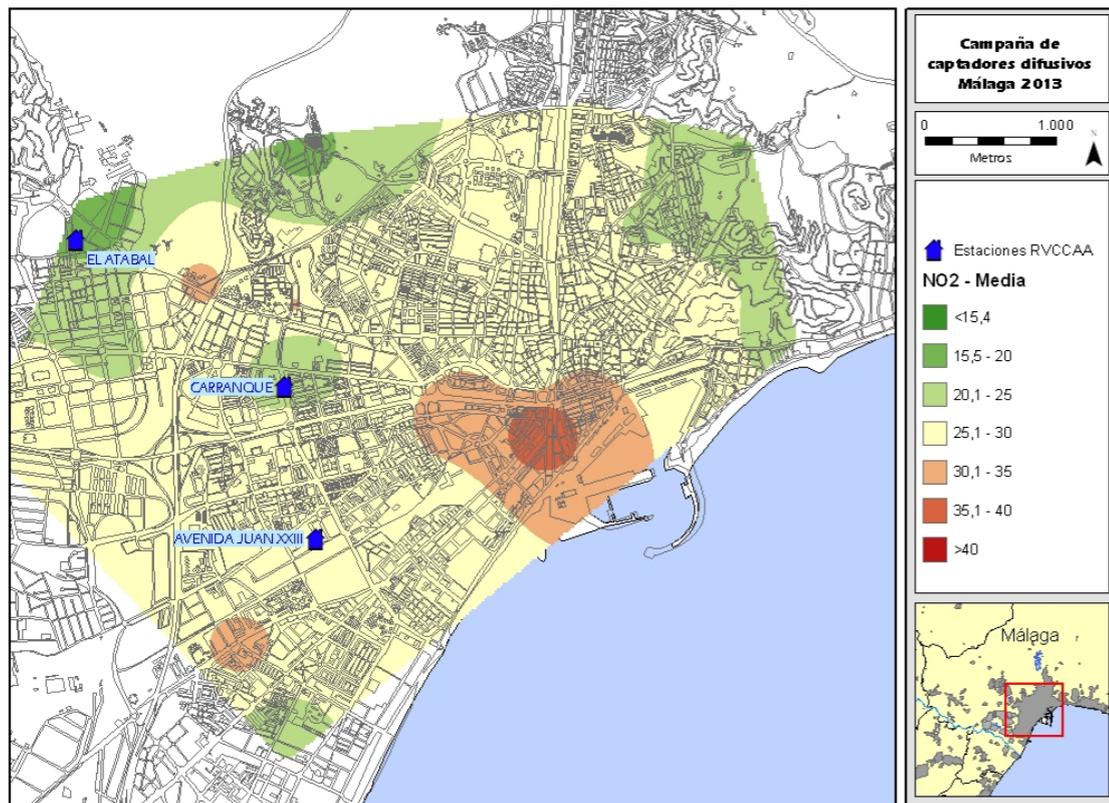


Figura 10. Evolución del valor medio anual de NO₂ en microgramos/m³. Fuente. Datos Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía. RD 102/2011, fecha de cumplimiento partir de 1 de enero de 2010.

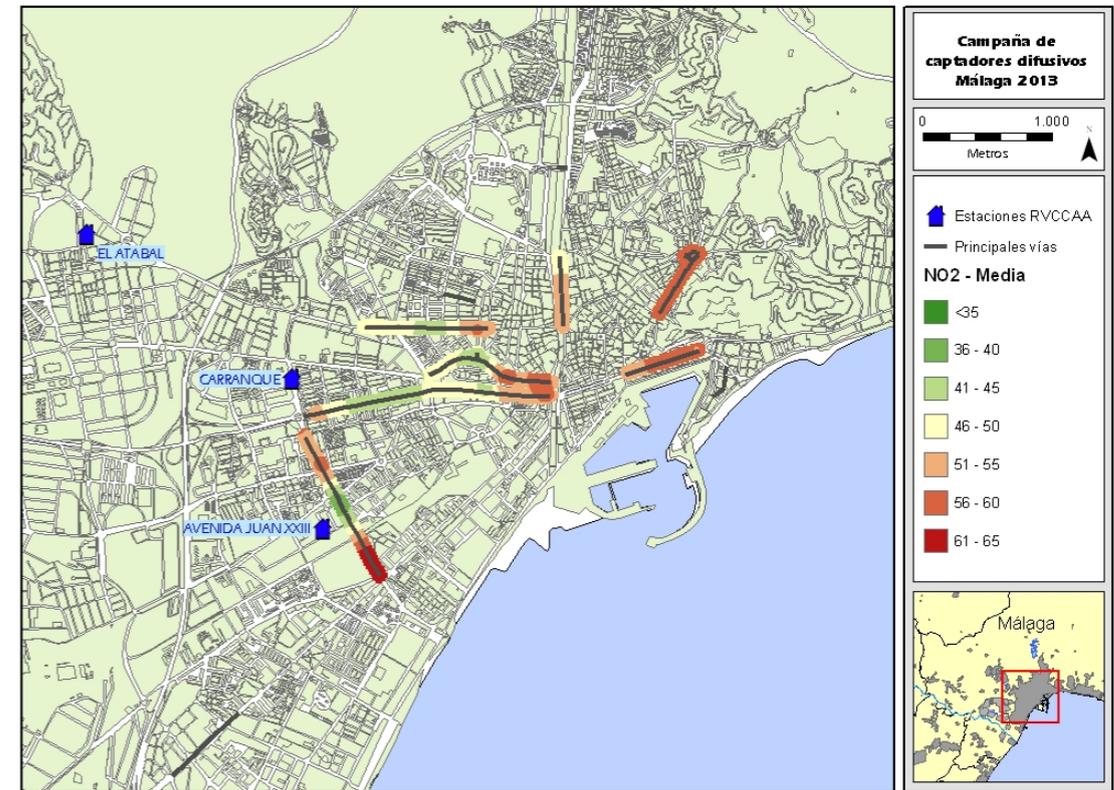
En relación a este contaminante, el actualmente en versión borrador de la Estrategia Andaluza de Calidad del Aire , incluye los resultados de un estudio realizado durante 2013 en la Zona de la Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol. Los objetivos se resumen determinar las concentraciones de NO₂ en la zona de fondo urbano y suburbano de Málaga y en las inmediaciones de las vías de comunicación principales de Málaga.

Los resultados de este estudio se presentan en los siguientes mapas que representan los valores medios anuales encontrados en las ubicaciones de fondo, usando como método los captadores difusivos.



Plano 11. Media anual de NO₂ (µg/m³) obtenida para los captadores de fondo en Málaga. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Borrador Estrategia Andaluza Calidad del Aire.

La zona más amplia de la zona de estudio se encuentra en el intervalo de 25-30 µg/m³ siendo la zona del puerto la que presenta mayores valores próximos al valor límite anual con valores medios de hasta 38,9 µg/m³. El muestreo de captadores difusivos en las inmediaciones de las principales vías de comunicación de Málaga se representa en la siguiente figura:



Plano 12. Media anual de NO₂ (µg/m³) obtenida para los captadores de fondo en Málaga. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Borrador Estrategia Andaluza Calidad del Aire.

Se observa en este caso que existe un mayor número de zonas con valores próximos al Valor límite anual, debido al tráfico rodado.

Análisis de los resultados.

En el periodo de 2004 – 2009 en la que la evolución de las medias horarias se realizaba a través de del Percentil 98, no se han producido superaciones del valor límite horario ni del umbral de alerta. En la tabla y gráfico que se puede observar que las estaciones de Carranque y Paseo de Martiricos, presentan mayores valores que Atabal y Campanillas, siendo probablemente el tráfico rodado lo que motiva estas diferencias.

La evolución de NO₂ por los métodos vigentes normativos expresados en µg/m³ en el periodo de estudio presenta como destacable dos superaciones. Una de ellas en la estación de Atabal en el año 2009. En esa fecha, el valor límite diario aún no había entrado periodo de cumplimiento. En 2014, sin embargo, en la estación de Campanillas se superó el Valor límite horario ligeramente, observando una caída durante el siguiente año, alcanzando un valor muy inferior al de la superación. Con carácter general aunque han existido tendencias descendentes generales hasta el año 2012, exceptuando la superación ya mencionada de Atabal en 2009, a partir de ese año, se están produciendo tendencias ascendentes, acercándose en el caso de Atabal al

nivel comprendido entre 150-200 en µg/m³ y en el caso de Carranque y Avenida Juan XXIII se mantienen en ese rango.

Son destacables los valores similares las estaciones de Carranque y Avda. Juan XXIII, estaciones muy influenciadas por el tráfico rodado. Dada la proximidad de los niveles observados en ambas al valor límite horario se recomienda aumentar los esfuerzos y medidas en zonas próximas a las carreteras especialmente dónde existe tráfico intenso o retenciones.

Los resultados de la evolución del valor medio anual del NO₂ arrojan una clara respuesta a la influencia del tráfico rodado. Se observa que los mayores valores, alcanzando incluso el valor límite anual de 40 µg/m³, se producen en la estación urbana de tráfico situada en la Avda. Juan XXIII. Seguida de aunque con niveles inferiores la estación urbana de fondo de Carranque que presenta desde 2013 una tendencia ascendente acercándose al valor límite anual. La estación de Atabal sin embargo, y a diferencia de las medias horarias si presenta una tendencia general descendente seguida por último de Campanillas.

Actualmente, los valores límites anuales de NO₂ no existen superaciones en ninguna de las estaciones del municipio de Málaga. No obstante, en la Avda. Juan XXIII, los niveles alcanzados en 2015 y 2016 coinciden con el valor límite anual (40µg/m³) y con el valor de las recomendaciones de la Guía



de Calidad del Aire de la OMS. Es por ello, que se debe prestar especial hincapié en lograr mejorar los niveles para reducir los efectos sobre la salud, medio ambiente y bienes de cualquier naturaleza, pero además, en caso de que en los siguientes años, la tendencia no sea descendiente, se superará el nivel normativo. En este caso, y según el Art. 23 del RD 102/2011, la autoridad competente podrá solicitar una prórroga para el cumplimiento de los plazos por un periodo máximo de cinco años para la zona o aglomeración completa, siempre y cuando, se establezca un plan de calidad del aire con la finalidad de que el periodo de superación sea lo más breve posible. Para ello se deberá demostrar que aplicando el plan se van a respetar los valores límites antes de la fecha del final de la prórroga y se deberán incluir, entre otros aspectos, las medidas a aplicar. El sector del transporte y su regulación, serán los sectores prioritarios para este contaminante, junto a medidas dirigidas emisiones en fuentes fijas.

Finalmente, es importante recordar, la vinculación de este contaminante con otros pues están estrechamente relacionados. Como ya se indicado, la mayor parte del NO_2 es emitido en forma de NO , oxidándose rápidamente a NO_2 por acción del O_3 troposférico. Por ello, el NO_2 en presencia de hidrocarburos y luz ultravioleta, es la principal fuente de O_3 troposférico y de aerosoles de nitratos, que constituyen a su vez, una fracción importante de $\text{PM}_{2,5}$ del aire ambiente.

Acciones sobre las emisiones de NO y NO_2 tendrán repercusiones positivas sobre otros contaminantes y una mejora de la calidad del aire ambiente. En cuanto a su dispersión, la variación espacial del NO_2 también se ha comprobado que es superior respecto a otros contaminantes vinculados al tráfico como por ejemplo, las partículas.

Amoniaco: NH₃

Comparativa de valores legislados con los recomendados por la (OMS).

Para el amoniaco actualmente no se han establecido valores legales con los que se pueda comparar los valores registrados por los medidores. No obstante, según el RD102/2011, se necesita al menos un punto para su medición en un área de intensidad elevada de tráfico en todas las ciudades con un número de habitantes superior a 500.000. Por ello, en Andalucía en 2011 se iniciaron las mediciones en Málaga y Sevilla.

Concentraciones observadas durante años 2004 – 2016.

La siguiente tabla y gráfico muestra la evolución de los niveles observados, en las distintas estaciones, indicando en su caso, el método de medición.

Valor medio anual de NH₃ en (µg/m³)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Atabal		26.9	1.28				
Carranque		36.6					
Avda. Juan XXIII				1.02	2.8	2.7	3.3

Tabla 40. Niveles NH₃. Fuente: Informe anual RVCAA. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. RD 102/2011.

El método de medida durante toda la serie de años y en los distintos puntos de muestreo ha sido el mismo, captación difusiva con periodos de muestreo de 14-15 días.

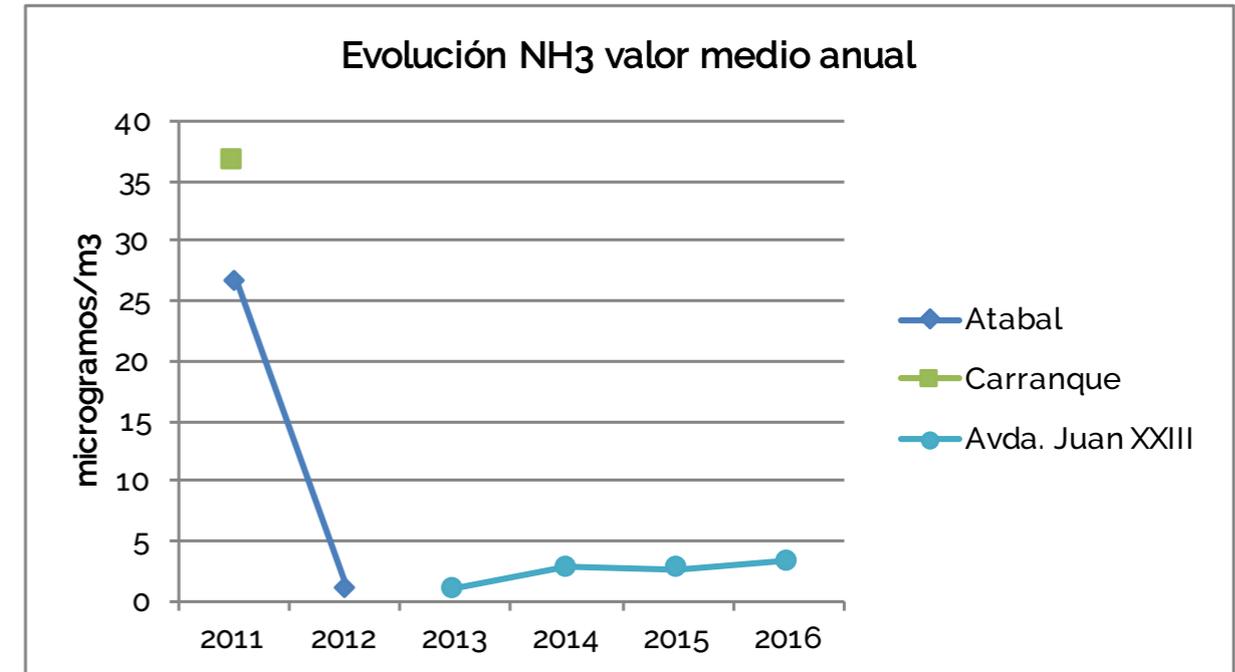


Figura 11. Evolución NH₃ valor medio anual.

Análisis de los resultados.

Se ha producido un cambio de estación de medición, desde que se instaló la estación urbana de tráfico en la Avenida Juan XXIII en diciembre de 2012, las mediciones se han realizado en esta estación pues reúne los requisitos exigidos por la normativa.

Se observa que existe una tendencia ascendente, no obstante, dado que aún no se han fijado valores legales, no se pueden comparar con ningún nivel de referencia.

La importancia del amoniaco, gas altamente reactivo, radica en ser otra de las de las sustancias precursoras de partículas secundarias. Sus posibles fuentes de emisiones difusas son el tráfico rodado y alcantarillado que en el ámbito urbano y aglomeraciones, pueden constituir una fuente localmente importante.

Partículas: PM₁₀ (µg/m³)

Comparativa de valores legislados y con los recomendados por la (OMS).

Los valores que establece la normativa para las partículas PM₁₀, partículas que pasan a través del cabezal del tamaño selectivo definido en el método de referencia para su muestreo y medición poseen un diámetro aerodinámico de 10µm, se presenta a continuación. Este tamaño además, está vinculado a la salud pues representa la masa de partículas que entran en el sistema respiratorio.

PM ₁₀	PERIODO	VALOR LÍMITE	MARGEN DE TOLERANCIA	FECHA DE CUMPLIMIENTO DEL VALOR LÍMITE
Valor límite diario	24 horas	50 µgr/m ³ , valor que no podrá superarse en más de 35 ocasiones por año civil.	50% ⁽¹⁾	En vigor desde el 1 de enero de 2005 ⁽²⁾
Valor límite anual	1 año civil	40 µgr/m ³ .	20% ⁽¹⁾	
(1) Aplicable solo mientras esté en vigor la exención de cumplimiento de los valores límite concedida de acuerdo con el artículo 23.				
(2) En las zonas en las que se haya concedido exención de cumplimiento, de acuerdo con el artículo 23, el 11 de junio de 2011.				

Tabla 41. Objetivos de calidad del aire para el PM₁₀. Fuente: RD 102/2011.

La Organización Mundial de la Salud, realizando pruebas y estudios sobre el material particulado suspendido en el aire ambiente y sus efectos en la salud, determina que los niveles actuales de exposición a nivel global en las poblaciones urbanas ya producen efectos adversos, especialmente en los sistemas respiratorios y cardiovasculares. A este hecho, se le suma que los estudios realizados no han detectado un umbral por debajo del cual no existan efectos adversos en la salud, tanto en exposiciones breves como prolongadas. Por ello, respecto al material particulado se puede afirmar que no existe una protección completa para todas las personas frente a todos los efectos adversos que provocan en la salud.

Es por ello, que el objetivo en este contaminante es tratar de alcanzar las concentraciones más bajas posibles teniendo en cuenta las limitaciones, la capacidad y las prioridades en materia de salud pública en el ámbito local.

Así, la Guía de calidad del aire de la OMS recomienda los siguientes objetivos intermedios y meta para PM₁₀:

OBJETIVO	CONC. MEDIAS ANUALES	FUNDAMENTO DEL NIVEL ELEGIDO
Objetivo intermedio-1 (OI-1)	70 µgr/m ³	Estos niveles están asociados con un riesgo de mortalidad a largo plazo alrededor de un 15% mayor que con el nivel de las GCA.
Objetivo intermedio-2 (OI-2)	50 µgr/m ³	Además de otros beneficios para la salud, estos niveles reducen el riesgo de mortalidad prematura en un 6% aproximadamente [2-11%] en comparación con el nivel del OI-1.
Objetivo intermedio-3 (OI-3)	30 µgr/m ³	Además de otros beneficios para la salud, estos niveles reducen el riesgo de mortalidad en un 6% [2-11%] aproximadamente en comparación con el nivel del OI-2.
Guía de calidad del aire (GCA)	20 µgr/m ³	Estos son los niveles más bajos con los cuales se ha demostrado, con más del 95% de confianza, que la mortalidad total, cardiopulmonar y por cáncer de pulmón, aumenta en respuesta a la exposición prolongada al MP2,5.

Tabla 42. Objetivos intermedios y meta para según la Guía de Calidad del Aire de la OMS (2005).

Si se compara los valores de la normativa con las recomendaciones de la OMS:

UNIDADES COMPARABLES	VALOR NORMATIVO RD 102/2011	OBJETIVO INTERMEDIO 1 GCA DE LA OMS, 2005	OBJETIVO INTERMEDIO 2 GCA DE LA OMS, 2005	OBJETIVO INTERMEDIO 3 GCA DE LA OMS, 2005	VALOR RECOMENDADO GCA DE LA OMS, 2005
Concentraciones medias anuales	40 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	70 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	30 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$

Tabla 43. Comparación de los valores RD102/2011 con GCA (OMS, 2005).

Concentraciones observadas durante años 2004 – 2016.

La evolución de las concentraciones observadas en el periodo de estudio se presenta en las siguientes tablas y gráficas.

Valor máximo diario, media 24 h.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Atabal	165		255	71	92	86	63	79	38	96	44	374
Carranque	49	46		178	167	87	60	116	63	123	43	102
Campanillas				98	73	46	57	93	63	39	42	281
Paseo Martiricos	70											
Valor límite diario	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

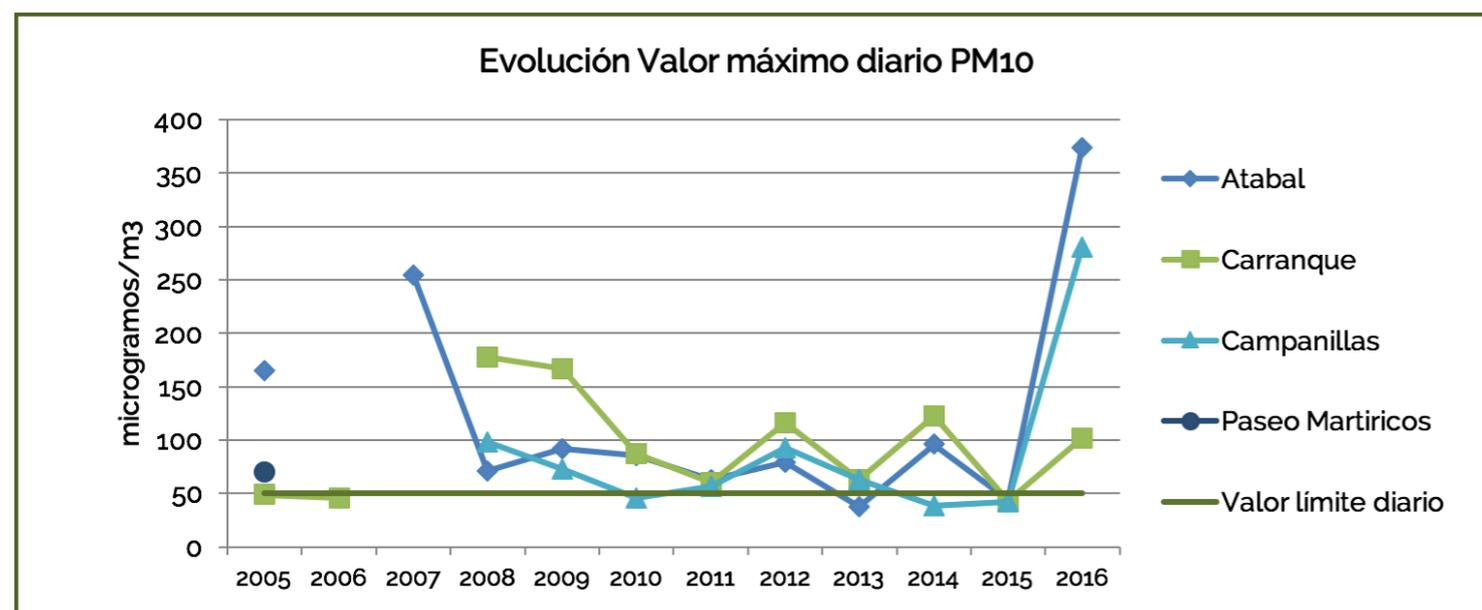


Figura 12. Evolución del valor límite máximo diario de PM₁₀. Valor límite diario 50 microgramos/m³. Valor que no podrá superarse más de 35 ocasiones en un año civil. Fuente. Datos Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía. RD 102/2011, valores vigentes a partir de enero 2005.

Nº superaciones del valor límite diario.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Atabal	105		51	17	1	4	6	28	29	31	30	12
Carranque	0	0		35	39	20	46	41	43	38	35	4
Campanillas				3	2	0	2	10	28	27	35	36
Paseo Martiricos	1											
Nº máximos superaciones	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35

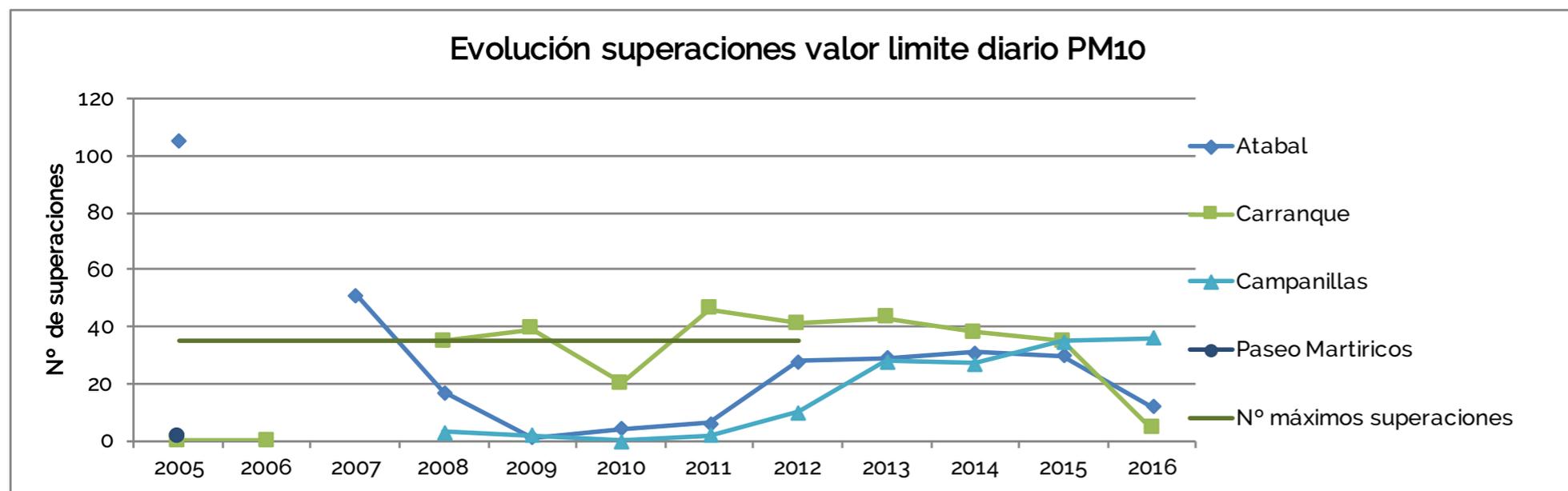


Figura 13. Evolución del número de superaciones del valor límite diario de PM₁₀. Valor límite diario 50 microgramos/m³. Valor que no podrá superarse más de 35 ocasiones en un año civil. Fuente. Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía. RD 102/2011, valores vigentes a partir de enero 2005.

Valor año civil

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Atabal	45		36	27	18	21	24	33	16	18	19	24
Carranque	20	18		34	34	28	31	31	26	26	22	21
Campanillas				21	23	20	21	26	18	16	19	33
Paseo Martiricos	20											
Valor límite anual	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

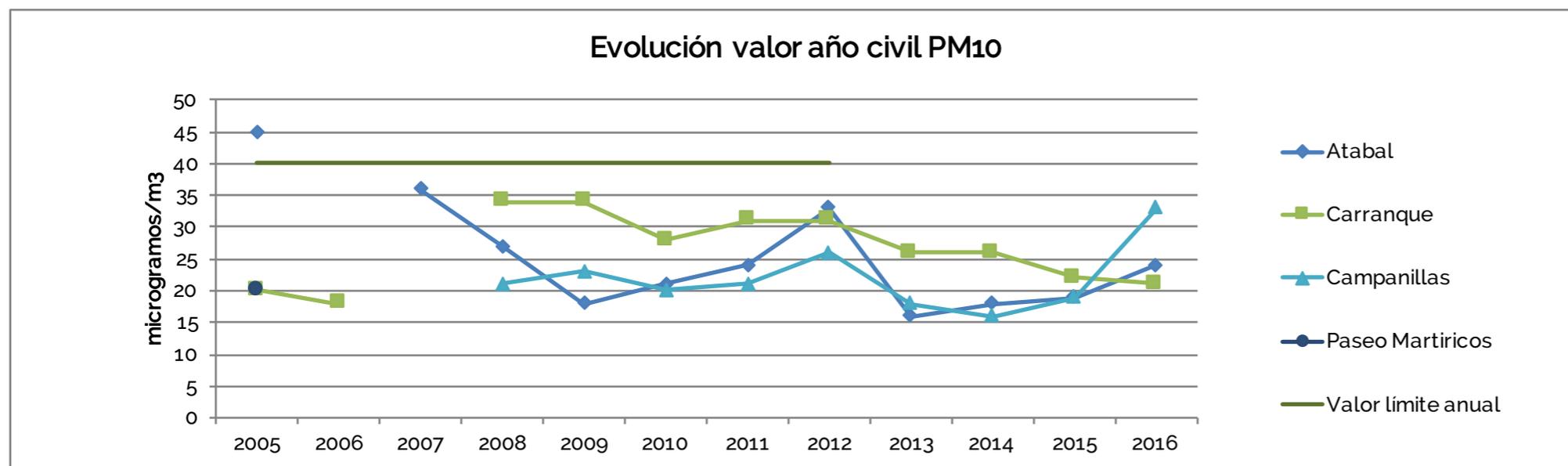


Figura 14. Evolución del valor medio anual de PM₁₀ en microgramos/m³. Fuente. Datos Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía. RD 102/2011, valores vigentes a partir de enero 2005.

Análisis de los resultados

La evolución de los valores máximos diarios de PM₁₀, ha sido oscilante con una tendencia genérica de superar en todas las estaciones de medida el valor número diario establecido en la normativa, no obstante hay que determinar el número de veces que existen superaciones para determinar si se cumple la normativa. Especialmente significativos son a su vez los valores alcanzados en Atabal y Campanillas en 2016 alcanzando respectivamente 374 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 281 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ frente a las tendencias de años anteriores en los que se han mantenido próximos al valor límite diario de 50 -100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el número de superaciones, se observan superaciones en la estación de Carranque, estación urbana de fondo con una clara influencia del tráfico rodado. Se han producido superaciones los años 2009 y el periodo de 2011 - 2014. Observándose un claro descenso los años 2015 y 2016. No obstante la fecha de cumplimiento del valor límite se encuentra en vigor desde 2005, teniendo un margen de tolerancia de 50% en el caso de que la administración competente haya solicitado según el artículo 23 del Real Decreto la exención de aplicar dichos valores límite hasta el 11 de junio como máximo, siempre que se establezca un plan que demuestre la adopción de todas las medidas adecuadas a escala nacional, regional y local para respetar los plazos.

Es de mencionar que estación de Carranque los valores correspondientes a 2008 y 2011 no alcanzan el porcentaje mínimo de datos válidos por los que no se consideran.

Dado que para las partículas existe el Plan de la Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol, cabe entender que la administración competente en colaboración con las entidades locales y considerando las estatales, ha ejecutado mediante el diseño de este plan, las medidas necesarias para que las superaciones se mantengan durante el menor tiempo posible y las medidas adoptadas parecen comenzar a dar resultados pues aunque siguen produciéndose superaciones, el número de superaciones del valor límite diario si comienza a descender especialmente en la estación de Carranque y Atabal.

En relación al valor medio anual de PM₁₀ durante el periodo de estudio, no se han producido superaciones en ninguna de las estaciones salvo en Atabal en el año 2005, año de la entrada en vigor del valor límite anual. No obstante, si se compara con el valor recomendado según la Guía de Calidad del Aire de la OMS, 2005 ninguna de las estaciones logra mantenerse en los 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ siendo las estaciones que presentan valores más próximos las Estaciones de Campanillas y Atabal durante los años 2013-2015 presentando en este trienio valores inferiores. Sin embargo son en estas mismas estaciones en las que se observan

mayores incrementos en el año 2016. Siendo los niveles de la estación de Campanillas los más elevados. No obstante como dato relevante y vinculado al tráfico, la estación de Carranque presenta una tendencia descendente alcanzando en 2015 y 2016 valores muy próximos a los recomendados por la OMS.

Las partículas PM_{10} se forman básicamente por medio de procesos mecánicos como son las obras en construcción, la resuspensión del polvo de caminos y el viento. A su vez, mayores índices de radiación solar favorecen la formación de partículas secundarias y la resuspensión del polvo mineral, afectando también por ser una zona costera los aerosoles marinos. Las fuentes, son importante a tener en consideración especialmente si son de fuentes naturales.

Según la legislación, las aportaciones de fuentes y representadas en Málaga fundamentalmente por las intrusiones de polvo africano, no contabilizan a efectos de cumplimiento de valores límite. Así, los valores analizados y representados procedentes de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía, muestran los valores ya corregidos, descontando las aportaciones naturales.



Imagen 10. Muelle 1.

Partículas: PM_{2.5} (µg/m³)

Comparativa de valores legislados con los recomendados por la (OMS).

Los valores para las partículas de tamaño inferior a 2,5 µm según la legislación se muestran en la siguiente tabla:

PM _{2.5}	PERIODO	VALOR	MARGEN DE TOLERANCIA	FECHA DE CUMPLIMIENTO
Valor objetivo anual	1 año civil	25 µgr/m ³	-	En vigor desde el 1 de enero de 2010
Valor límite anual (fase I) (1)	1 año civil	25 µgr/m ³	20% el 11 de junio de 2008, que se reducirá el 1 de enero siguiente y en lo sucesivo, cada 12 meses, en porcentajes idénticos anuales hasta alcanzar un 0% el 1 de enero de 2015, estableciéndose los siguientes valores: 5 µgr/m ³ en 2008; 4 µgr/m ³ en 2009 y 2010; 3 µgr/m ³ en 2011; 2 µgr/m ³ en 2012; 1 µgr/m ³ en 2013 y 2014.	1 de enero de 2015
Valor límite anual (fase II) (1)	1 año civil	20 µgr/m ³	-	1 de enero de 2020

(1) Valor límite indicativo que deberá ratificarse como valor límite en 2013 a la luz de una mayor información acerca de los efectos sobre la salud y el medio ambiente, la viabilidad técnica y la experiencia obtenida con el valor objetivo en los Estados Miembros de la Unión Europea.

Tabla 47. Objetivos de calidad del aire para el PM_{2.5}. Fuente: RD 102/2011.

La Organización Mundial de la Salud basan sus estudios para la Guía de Calidad del Aire (2005) en PM_{2.5} como indicador, sobre todo debido a los resultados obtenidos en los que no

se ha detectado ningún nivel en el que no se produzcan efectos a la salud.

Los objetivos intermedios y la meta recomendada por la OMS en la Guía de Calidad del Aire se presentan en la siguiente tabla y se corresponden con la mitad del valor para las PM₁₀:

OBJETIVO	CONC. MEDIAS ANUALES	FUNDAMENTO DEL NIVEL ELEGIDO
Objetivo intermedio-1 (OI-1)	35 µgr/m ³	Estos niveles están asociados con un riesgo de mortalidad a largo plazo alrededor de un 15% mayor que con el nivel de las GCA
Objetivo intermedio-2 (OI-2)	25 µgr/m ³	Además de otros beneficios para la salud, estos niveles reducen el riesgo de mortalidad prematura en un 6% aproximadamente [2-11%] en comparación con el nivel del OI-1.
Objetivo intermedio-3 (OI-3)	15 µgr/m ³	Además de otros beneficios para la salud, estos niveles reducen el riesgo de mortalidad en un 6% [2-11%] aproximadamente en comparación con el nivel del OI-2.
Guía de calidad del aire (GCA)	10 µgr/m ³	Estos son los niveles más bajos con los cuales se ha demostrado, con más del 95% de confianza, que la mortalidad total, cardiopulmonar y por cáncer de pulmón, aumenta en respuesta a la exposición prolongada al MP _{2.5} .

Tabla 48. Objetivos intermedios y meta según la Guía de Calidad del Aire de la OMS (2005).

Si se compara los valores de la normativa con las recomendaciones de la OMS:

UNIDADES COMPARABLES	VALOR NORMATIVO RD 102/2011	OBJETIVO INTERMEDIO 1 GCA DE LA OMS, 2005	OBJETIVO INTERMEDIO 2 GCA DE LA OMS, 2005	OBJETIVO INTERMEDIO 3 GCA DE LA OMS, 2005	VALOR RECOMENDADO GCA DE LA OMS, 2005
Concentraciones medias anuales	20 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	35 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	25 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	15 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$

Tabla 49. Comparación de los valores RD102/2011 con GCA (OMS, 2005).

Concentraciones observadas durante años 2004 – 2016.

En la siguiente tabla y gráfica se representa la evolución de los niveles de $\text{PM}_{2,5}$ en este periodo.

Periodo promedio: año civil	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Carranque	13	10	11	11	11	7,6
Valor Objetivo	25	25	25	25	25	25

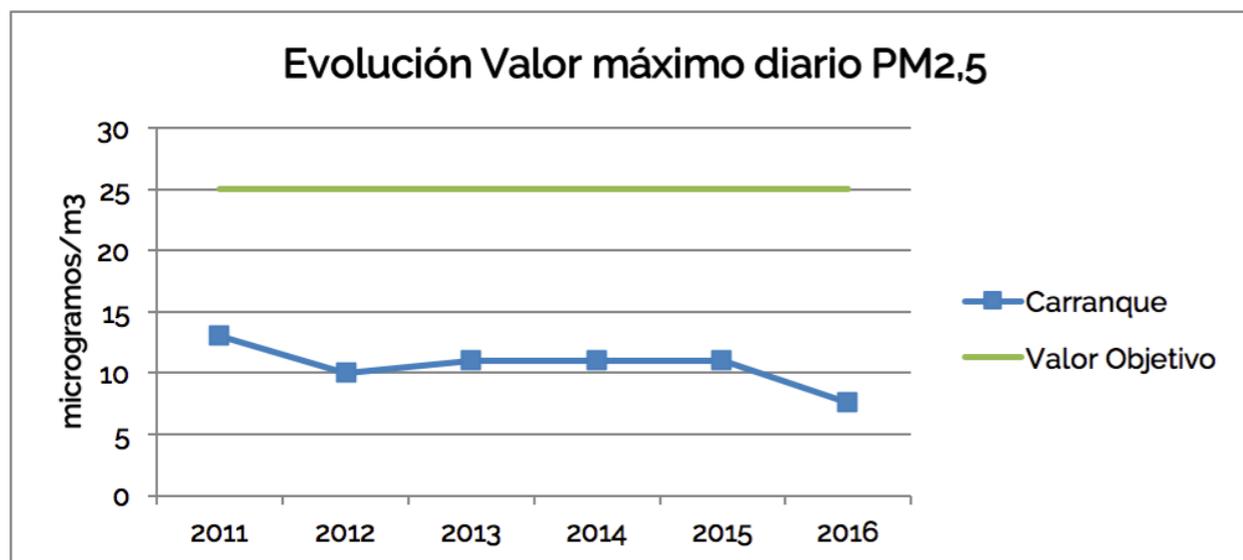


Figura 15. Evolución valor máximo diario $\text{PM}_{2,5}$.

Análisis de los resultados.

Las partículas PM_{2,5} proceden sobre todo de fuentes de combustión. Es por ello que las mediciones en la estación de Carranque, una estación urbana de fondo. A lo largo del periodo las concentraciones se han mantenido prácticamente constantes, exceptuando en 2016 en el que se muestra un claro descenso.

Las concentraciones se encuentran en un nivel inferior del valor objetivo, no obstante su medición en otras estaciones como en Avda. Juan XXIII una estación de medición urbana de tráfico puede ofrecer mayor información del comportamiento de este agente contaminante.

Plomo: Pb (µg/m³).

Comparativa de valores legislados con los recomendados por la (OMS).

La normativa vigente establece para el Pb el siguiente valor límite.

Pb	PERIODO	VALOR	FECHA CUMPLIMIENTO
Valor límite anual	1 año civil	0,5 µgr/m ³	En vigor desde 1 de enero de 2005, en general. En las inmediaciones de fuentes industriales específicas, situadas en lugares contaminados a lo largo de decenios de actividad industrial, el 1 de enero de 2010.

Tabla 50. Objetivos de calidad del aire para el Pb. Fuente: Real Decreto 102/2011.

La actual guía de referencia de la Organización Mundial de la Salud, de 2005 establece objetivos intermedios y metas para las partículas, ozono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno, ofrecen una orientación general relativa a umbrales y límites para contaminantes atmosféricos clave que entrañan riesgos sanitarios. Por ello que los límites que establece la normativa no se van a comparar con niveles de la OMS. No obstante, aunque no se han establecido umbrales desde un punto de vista para la salud para el Plomo, si se encuentra entre la lista de los diez productos químicos causantes de graves problemas de salud pública que exigen la intervención de los Estados Miembros para proteger la salud y se están elaborando directrices para la

prevención y medidas que se pueden adoptar para proteger la salud de la población por parte de la OMS.

Existen no obstante informes¹⁰ sobre los efectos a la salud de la contaminación atmosférica en función del tiempo de exposición a los metales y el Plomo. En las exposiciones cortas y a largo plazo, existen evidencias en general de efectos sobre la salud y de forma concreta, de efectos sobre el sistema nervioso central en niños y sobre el sistema cardiovascular en adultos.

Concentraciones observadas durante años 2004 – 2016.

En las siguientes tablas y gráficas se representa la evolución de los niveles de Pb en el periodo 2011 – 2016. Se trata del periodo del que se disponen series de datos publicados por parte de la administración competente.

El plomo junto al arsénico, cadmio y níquel constituyen los metales pesados que se evalúan para determinar la calidad del aire ambiente. La descripción general de todos ellos es el contenido metálico en la concentración de PM₁₀ obtenida por el método de referencia¹¹.

[10https://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/medioAmbiente/efectossaludcontaminacionatmos.htm](https://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/medioAmbiente/efectossaludcontaminacionatmos.htm)

11. Métodos de referencias para la evaluación de las concentraciones de SO₂, NO₂ y NO_x, Pb, C₆H₆, CO, Ar, Cd, Ni, Hg e HAP. Anexo VII Real Decreto 102/2011. Artículos (3.2, 7 y 11).

El actual método de referencia para la toma de muestras y medición es el que se describe en la Norma UNE-EN 14902:2006 “Calidad del aire ambiente-Método normalizado para la medida de Pb, Cd, As y Ni en la fracción de PM₁₀ de la materia particulada en suspensión”.

La peligrosidad de los metales pesados radica en que no pueden ser degradados (ni química, ni biológicamente) y, además, tienden a bioacumularse y a biomagnificarse.

La peligrosidad de los metales pesados radica en que no pueden ser degradados (ni química, ni biológicamente) y, además, tienden a bioacumularse y a biomagnificarse.

Valor límite anual

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Carranque	0,004	0,005	0,0052	0,0042	0,0052	0,004
Valor límite anual (1 año civil)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Nº SUPERACIONES	0	0	0	0	0	0

Tabla 51. Evolución Pb. Fuente. Datos Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

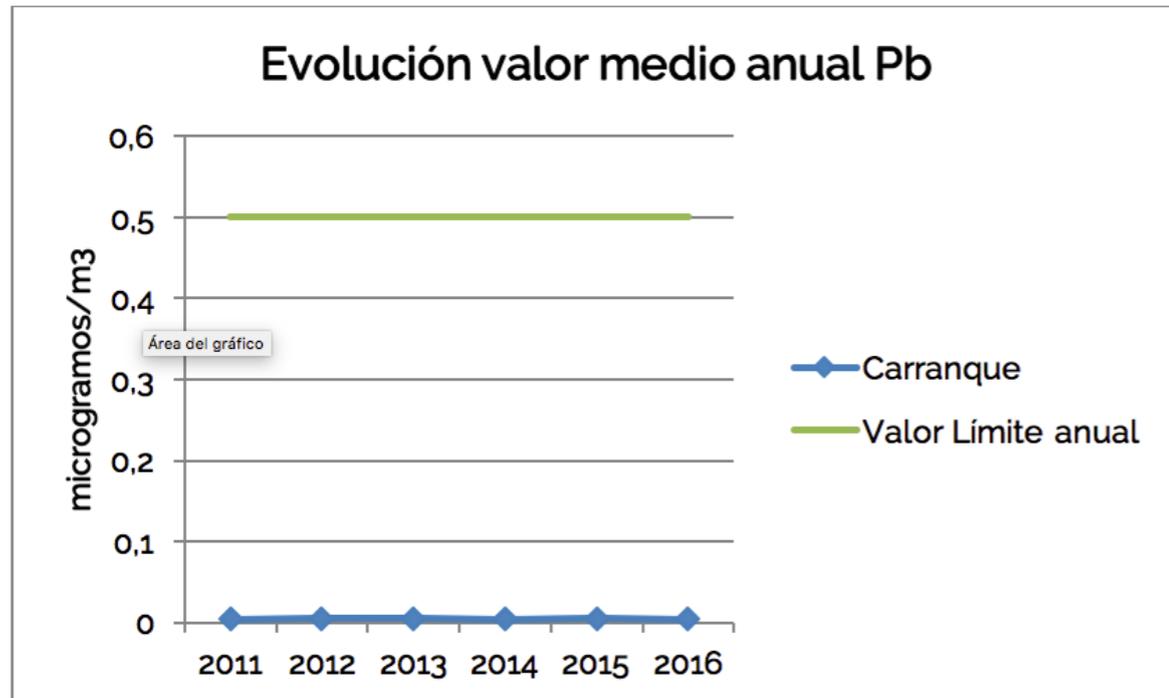


Figura 16. Representación valor medio anual Pb. Fuente. Datos Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

Análisis de los resultados.

Durante el periodo analizado, no existen superaciones del valor límite anual para Pb. Los niveles en la estación de Carranque son prácticamente constante tal y como se observa en la gráfica oscilando entre los 0,004 y 0,005 µg/m³. Se trata de niveles bastante inferiores a los establecidos en la normativa.

Algunos estudios por parte de la Organización Mundial de la Salud de agosto de 2017, informan que al igual que ocurre

con las partículas, no existen niveles de exposición al plomo que pueda considerarse seguro.

Las principales fuente emisoras de metales pesados son las grandes instalaciones de combustión, el transporte, las cementeras y las instalaciones de incineración y coincineración de residuos.

Un hecho alentador, ha sido la supresión paulatina de la gasolina con plomo en la mayoría de los países, que ha contribuido a reducir considerablemente su concentración. Actualmente, según datos del estudio antes mencionado de agosto de 2017, es que su utilización sólo sigue estando permitida en tres países, que no pertenecen a la Unión Europea.

Son destacables el Protocolo de Aarhus (Dinamarca) sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia en materia de metales pesados, que deriva del Convenio de Ginebra sobre la contaminación a larga distancia de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE).

Es destacable también el uso de la pintura con plomo que continúa siendo una importante fuente de exposición en numerosos países. La OMS, ha unido fuerzas con la el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente para crear una alianza mundial para eliminar el uso del

plomo en la pintura. El objetivo general es promover la eliminación gradual de la fabricación y venta de pinturas que contengan plomo, y, con el tiempo eliminar los riesgos asociados.

Este objetivo en las pinturas, contribuirá al logro de dos metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible:

- Meta 3.9: Reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo establecida para 2030.
- Meta 12.4: Lograr la gestión ecológicamente racional de productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo, a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente. Establecida para 2020.

En este último aspecto, la población y ciudadanía tiene capacidad de actuar y de elección, conociendo la importancia de evitar pinturas con plomo. Es por ello que la difusión e información ambiental, haciendo hincapié especialmente en los motivos de salud y sectores vulnerables de la población en la que destacan los niños, son claves para un consumo responsable.

Benceno: C₆H₆ (µg/m³).

Comparativa de valores legislados con los recomendados por la (OMS).

La normativa vigente establece para el C₆H₆ el siguiente valor límite.

C6H6	PERIODO	VALOR	MARGEN DE TOLERANCIA	FECHA CUMPLIMIENTO
Valor límite anual	1 año civil	5 µgr/m ³	5 µgr/m ³ a 13 de diciembre de 2000, porcentaje que se reducirá el 1 de enero de 2006 y en lo sucesivo, cada 12 meses, en 1 µg/m ³ hasta alcanzar un 0% el 1 de enero de 2010. 5 µgr/m ³ en las zonas y aglomeraciones en las que se haya concedido una prórroga de acuerdo con el artículo 23.	Debe alcanzarse el 1 de enero de 2010
El valor límite se expresará en µgr/m ³ . El volumen debe ser referido a una temperatura de 293k y a una presión de 101,3 KPa.				

Tabla 52. Objetivos de calidad del aire para el Benceno. Fuente: Real Decreto 102/2011.

Para este contaminante al igual que en el caso de los metales pesados, no existen umbrales de referencia por parte de la organización mundial de la salud. Por tanto, no se van a realizar comparaciones.

Si se presentan algunos datos sobre los efectos de la salud en base a información publicada por las administraciones competentes. La característica más importante es que se engloba dentro de los contaminantes potencialmente

carcinogénicos, afectando por inhalación y exposición prolongada al sistema nervioso central y a la producción normal de células sanguíneas, deteriora el sistema inmunológico y puede originar leucemia o malformaciones congénitas o anemia aplásica.

Concentraciones observadas durante años 2011 – 2016.

En la siguiente tabla y gráfico se representa, los valores del Benceno de los años en los que existen datos publicados por la administración competente en los informes anuales. Es de destacar que existen años y estaciones en las que no se han alcanzado el porcentaje mínimo de datos para realizar la evaluación. Esto ocurre en Carranque: 2015 y 2016; Atabal: 2013;. En cuanto a los métodos, Carranque usa métodos automáticos mientras que el resto por captadores difusivos.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Atabal	0,51	0,7	0,76	0,4	0,37	0,45
Carranque	0,32	0,34	0,38	0,37	0,29	0,078
Campanillas	0,49	0,65				
Avda. Juan III			0,85	0,61	0,6	
Valor límite anual	5	5	5	5	5	5

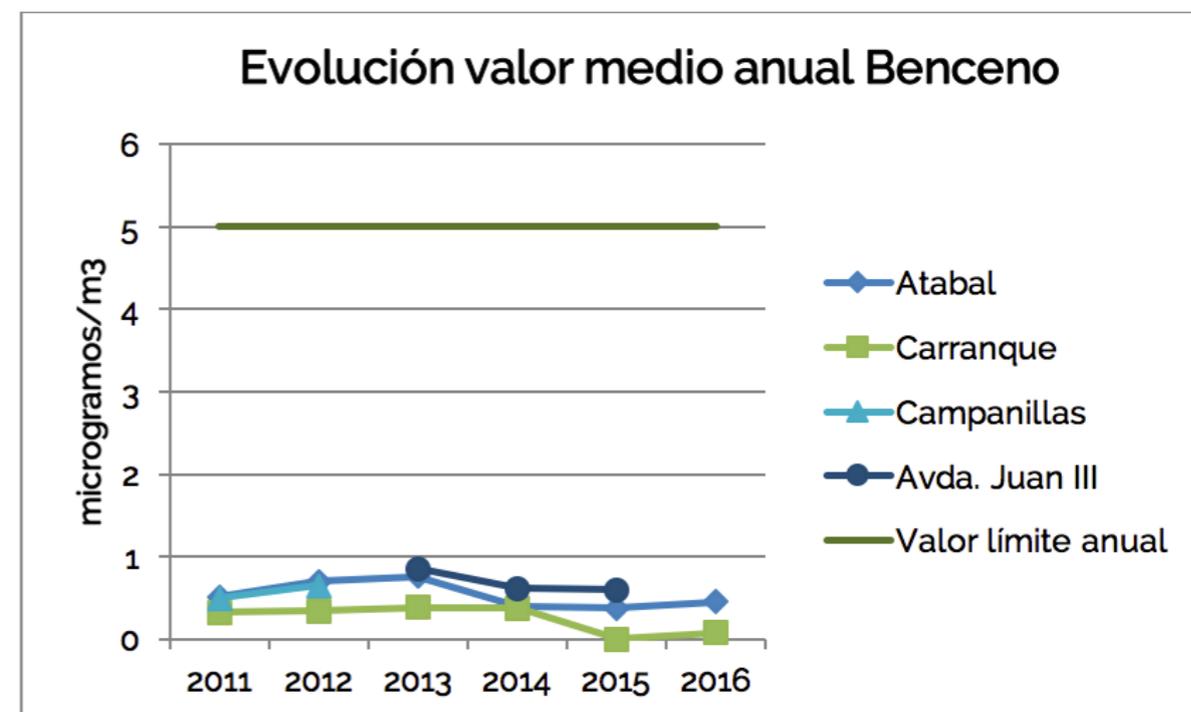


Figura 17. Representación valor medio anual Benceno. Fuente. Datos Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

Análisis de los resultados.

Los valores evaluados del benceno se encuentran muy bajos en relación con el valor límite anual. En este contaminante tampoco se presentan superaciones del valor límite anual.

Los valores más elevados se presentan en la Avda. Juan XXIII y aunque se cabría esperar que le siga Carranque, es Atabal. No obstante la diferencia radica en decimas siendo por tanto las condiciones de este contaminante buenas. Sin embargo, por los efectos en la salud, se deben mantener los esfuerzos

para mantener o mejorar la calidad del aire ambiente en relación al benceno.

La principal fuente de contaminación del benceno son procesos de combustión incompleta y evaporación de determinados combustibles aunque también existen fuentes naturales (tormentas, fauna libre, vegetación y zonas húmedas, incendios, entre otras. En cuanto a las emisiones, se encuentra incluido en el conjunto de compuestos orgánicos volátiles no metálicos (COVNM). El uso de disolventes y las actividades agropecuarias son las actividades que mayor repercusión generan.

El benceno es uno de los gases de efecto invernadero, se resalta así la estrecha relación entre la calidad del aire y el efecto invernadero y cambio climático. En cuanto a la calidad del aire, es uno de los precursores del ozono troposférico y de aerosoles orgánicos secundarios, por lo que disminuir sus concentraciones tiene beneficios para más de un contaminante.

Monóxido de carbono: CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Comparativa de valores legislados con los recomendados por la (OMS).

Los valores de la normativa para este contaminante se presentan en la siguiente tabla.

CO	PERIODO	VALOR	MARGEN DE TOLERANCIA	FECHA CUMPLIMIENTO
Valor límite	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias	10 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	En vigor desde el 1 de enero de 2015	Debe alcanzarse el 1 de enero de 2010
El valor límite se expresará en mg/m^3 . El volumen debe ser referido a una temperatura de 293k y a una presión de 101,3 KPa.				

Tabla 53. Objetivos de calidad del aire para el Monóxido de Carbono.

Fuente: Real Decreto 102/2011.

En este caso, no es posible realizar una comparación con umbrales de la OMS pues la Guía de referencia del 2005 no lo incluye, como ocurre con los metales pesados. No obstante, si existen datos de sus efectos en la salud. Destaca la disminución de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, tras ser inhalado a través de las vías respiratorias y llegando a los pulmones. La disminución del oxígeno en sangre implica una menor oxigenación de órganos y tejidos, disfunciones cardiacas, daños en el sistema nervioso, dolores de cabeza e incluso mareos y fatiga.

Concentraciones observadas durante años 2004 – 2016.

Máxima media 8 horas diarias mg/m³

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Atabal	965	774	682	824	702	651	595	534	435	483	433	462
Carranque	1336	1823	2122	1594	1560	1302	1378	1404	1486	1575	1635	1389
Campanillas				519	532	863	1577	423	411	392	455	1655
Paseo Martiricos	1865											
Valor límite	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000

Tabla 54. Evolución valores máximos diarios media octo horarias. Fuente. Datos Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía. RD 102/2011.

Evolución máxima diaria media 8 horas CO

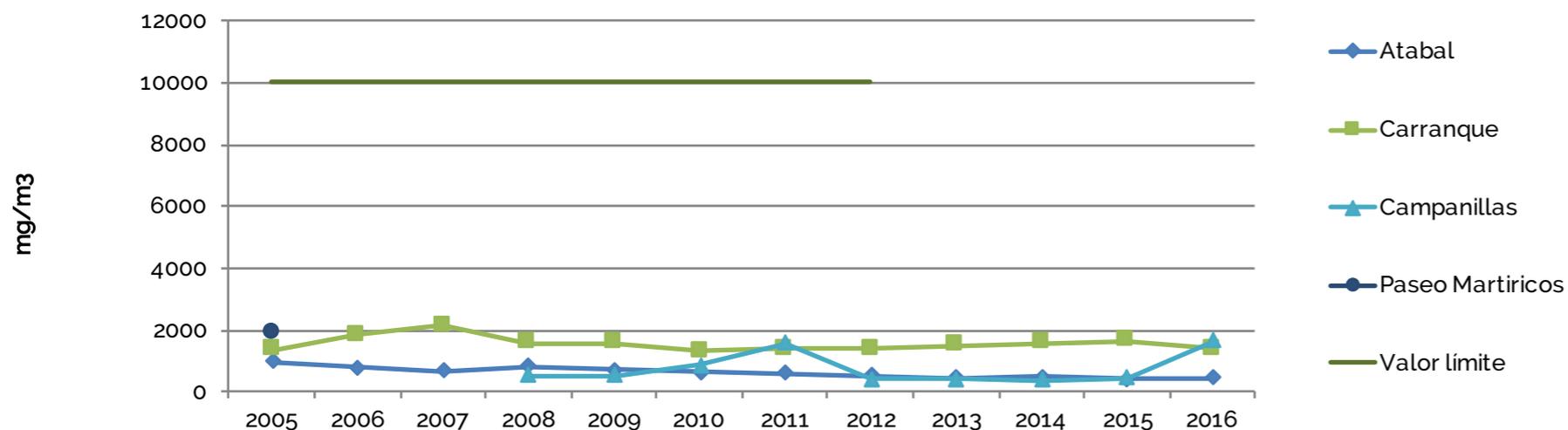


Figura 18. Evolución valores máximos diarios media octo horarias. Fuente. Datos Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía. RD 102/2011, valores vigentes a partir de enero 2005.

Análisis de los resultados.

Se observa para este contaminante que no existen superaciones respecto al valor límite. Hasta el año 2004 el valor límite estaba regulado por el RD 833/1987, siendo derogado por el actual RD 102/2011 y sus posteriores modificaciones para la adaptación a las nuevas Directivas.

La tendencia general especialmente destacable en Carranque y Atabal son los niveles prácticamente constantes a lo largo del periodo, con una clara tendencia descendente en el caso de Atabal. Campanillas presenta niveles prácticamente constantes exceptuando variaciones interanuales en 2010-2011 y posteriormente 2016 aumentos hasta alcanzar los niveles de Carranque.

De nuevo se observa que los mayores valores se generan en Carranque, seguido de Atabal y Campanillas. Dado que la principal fuente de emisión de CO son las emisiones generadas por combustiones incompletas, las generadas en Carranque se deben fundamentalmente a emisiones difusas por el tráfico rodado fundamentalmente, mientras que en Atabal y Campanillas puede estar influenciado por procesos industriales o por la descomposición de los aldehídos.

Otras de las actividades que generan emisiones se asocia al sector agropecuario, como dato alentador según fuentes del Ministerio de Medio Ambiente, el uso de conversores

catalíticos ha contribuido notablemente desde 2001 a mejorar la calidad del aire ambiente en torno a este contaminante.

Una de las consecuencias de las emisiones de monóxido de carbono es que es uno de los compuestos responsables de la formación de ozono troposférico. Su vida media en la atmósfera es de unos tres meses, en este periodo es posible su oxidación lenta para formar CO₂, generando en este proceso O₃. Tanto el CO como compuestos generados (CO₂ y O₃) tienen además, repercusiones sobre el clima pues son gases de efecto invernadero.

Ozono troposférico: O₃ (µg/m³)

Comparativa de valores legislados con los recomendados por la (OMS).

En la siguiente tabla se muestra los valores objetivos, valores objetivo a largo plazo, umbral de información y umbral de alerta para el O₃, así como la fecha de cumplimiento, de cada uno de ellos. En primer lugar, aclarar de nuevo, que se trata de ozono troposférico, un contaminante secundario que se forma en las capas baja de la atmósfera (Troposfera) y no debe confundirse con la capa de ozono de la atmósfera superior que nos protege de las radiaciones ultravioleta.

O ₃	PERIODO	VALOR LÍMITE	FECHA CUMPLIMIENTO
Umbral de información	Promedio horario	180 µg/m ³	9/09/2003
Umbral de alerta	Promedio horario	240 µg/m ³ durante 3 horas consecutivas. Art. 25 RD 102/2011	9/09/2003
Valor objetivo para la protección de la salud	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias. (1)	120 µg/m ³ . No deberá superarse más de 25 días por cada año civil de promedio en un periodo de 3 años.(2)	1 enero 2010 (3)
Objetivo a largo plazo para la protección de la salud.	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias. 1 año civil	120 µg/m ³ .	No definida
Valor objetivo para la protección de la vegetación.	AOT40, calculado a partir de valores horarios de mayo a julio.	18000 µg/m ³ x h de promedio en un periodo de 5 años. (2)	1 enero 2010 (3)
Objetivo a largo plazo para la protección de la vegetación.		6000 µg/m ³ x h	No definida

(1) El máximo de las medias móviles octohorarias del día deberá seleccionarse examinando promedios móviles de ocho horas, calculados a partir de datos horarios y actualizados cada hora. Cada promedio octohorario así calculado se asignará al día en que dicho promedio termina, es decir, el primer periodo de cálculo para un día cualquiera será el periodo a partir de las 17:00 h. del día anterior hasta la 1:00 h de dicho día; el último periodo de cálculo para un día cualquiera será el periodo a partir de las 16:00 horas hasta las 24:00 horas de dicho día.

(2) Si las medias de 3 o 5 años no pueden determinarse a partir de una serie completa y consecutiva de datos anuales, los datos anuales mínimos necesarios para verificar el objetivo son para la salud humana los datos válidos correspondientes a un año y para la protección de la vegetación los correspondientes a tres años.

(3) El cumplimiento de los valores objetivos se verificará a partir de 2010. Es decir, los datos correspondientes a 2010 serán los primeros que se utilizarán para verificar el cumplimiento de los tres o cinco años consecutivos, según el caso.

Tabla 55. Objetivos de calidad del aire para el O₃. Fuente: RD 102/2011.

La siguiente tabla muestra los niveles establecidos por las Directrices de 2005 de la OMS, para el ozono troposférico. Se observa información sobre la media máxima diaria en 8 horas que según la OMS se consideran niveles altos. Se establece un objetivo intermedio para promover una reducción gradual de las concentraciones a niveles más bajos, que ya ofrecen reducciones importantes de los riesgos para la salud para seguir la reducción hasta alcanzar el valor Guía. Este valor, se ha reducido respecto a las Directrices sobre la Calidad del Aire anteriores de 120 µgr/m³ a 100 µgr/m³ debido a pruebas concluyentes por parte de la OMS sobre la relación entre la mortalidad diaria y concentraciones de ozono inferiores. No obstante, pueden existir personas sensibles a las que les afecte concentraciones de ozono por debajo del nuevo nivel guía.

OBJETIVO	CONC. MEDIAS ANUALES	FUNDAMENTO DEL NIVEL ELEGIDO
Niveles altos	240 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	Efectos significativos en la salud. Proporción sustancial de la población vulnerable afectada.
Objetivo intermedio-1 (OI-1)	160 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	Efectos importantes en la salud. No proporcionan una protección adecuada de la salud pública. La exposición a este nivel está asociado con: <ul style="list-style-type: none"> •Efectos fisiológicos e inflamatorios en los pulmones de adultos jóvenes sanos que hacen ejercicio expuestos durante periodos de 6,6 horas. •Efectos en la salud de los niños (basados en estudios de campamentos de verano en los que estuvieron expuestos a niveles ambientales de ozono). •Aumento estimado de un 3-5% de la mortalidad diaria A (basado en resultados de estudios de series cronológicas diarias).
Guía de calidad del aire (GCA)	100 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	Proporciona una protección adecuada de la salud pública, aunque pueden producirse algunos efectos en la salud por debajo de este nivel. La exposición a este nivel de ozono está asociada con: <ul style="list-style-type: none"> •Aumento estimado de 1-2% de la mortalidad diaria * (basado en resultados de estudios de series cronológicas diarias). •Extrapolación a partir de estudios de laboratorio y de campo, basada en la probabilidad de que la exposición en la vida real tienda a ser repetitiva y en que se excluyen de los estudios de laboratorio las personas muy sensibles o con problemas clínicos así como los niños; •La probabilidad de que el ozono ambiental sea un marcador para los oxidantes relacionados con el.

* Muertes atribuibles al ozono. Los estudios de series cronológicas indican un aumento de la mortalidad diaria del orden de 0,3-0,5% por cada incremento de 10 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ en las concentraciones de ozono durante ocho horas por encima de un nivel de referencia estimado de 70 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$.

El exceso de ozono sobre los niveles recomendados por la OMS y por la normativa, puede producir efectos adversos en la salud humana cada vez más numerosos y graves. Destacan problemas respiratorios y reducción de la función pulmonar, provocar asma y originar enfermedades pulmonares. Su exposición prolongada puede tener efectos nocivos crónicos, pero no existen suficientes estudios concluyentes para recomendar un valor guía anual por parte de la OMS.

Según datos de estudios europeos de fuentes de la OMS, se ha asociado un porcentaje de aumento en mortalidad diaria de 0,3% y en cardiopatías de 0,4% por aumentos cada 10 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ en la concentración de ozono.

Concentraciones observadas durante años 2004 – 2016.

Las concentraciones observadas en este periodo de O_3 troposférico se presenta en las siguientes tablas y gráficos:

Tabla 56. Meta de la Guía de Calidad del Aire de la OMS, 2005. Fuente: Guías de calidad del aire de la OMS.

Valor máximo media horaria.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2004	2015	2016
Atabal	179	158	163	150	145	140	158	170	143	152	164	165	131
Carranque		149	154	141	142	154	160	165	143	141	143	166	137
Campanillas					102	172	149	150	147	164	144	155	151
Paseo Martiricos	179	151											
Hilera	142												
Umbral información	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Umbral alerta	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Nº SUPERACIONES													
umbral información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
umbral alerta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 57. Valores máximos diarios media horaria. Fuente. Datos Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía. Informes anuales.

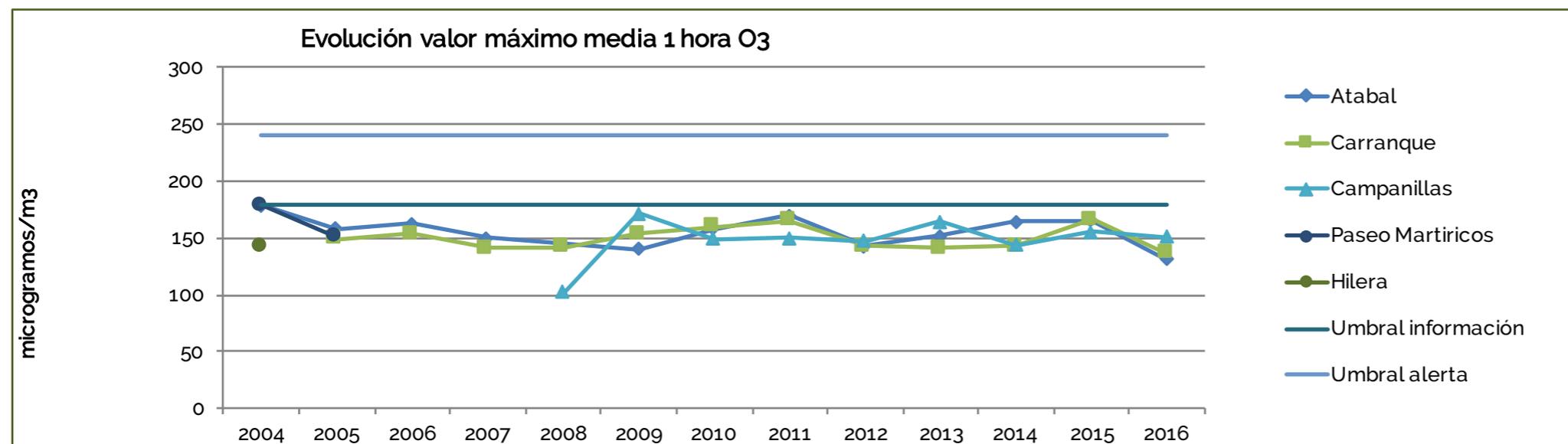


Figura 19. Evolución valores máximos diarios media octo horarias. Fuente. Datos Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía. RD 102/2011, valores vigentes a partir de enero 2005.

Valor máximo media 8 horas diarias

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2004	2015	2016
Atabal	156	146	154	143	136	134	138	133	137	133	138	139	117
Carranque		128	146	132	136	122	142	137	128	126	128	139	119
Campanillas					97	144	143	144	138	152	126	141	126
Paseo Martiricos	152	132											
Hilera	128												
Valor objetivo	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
SUPERACIONES	si	-	si	si									

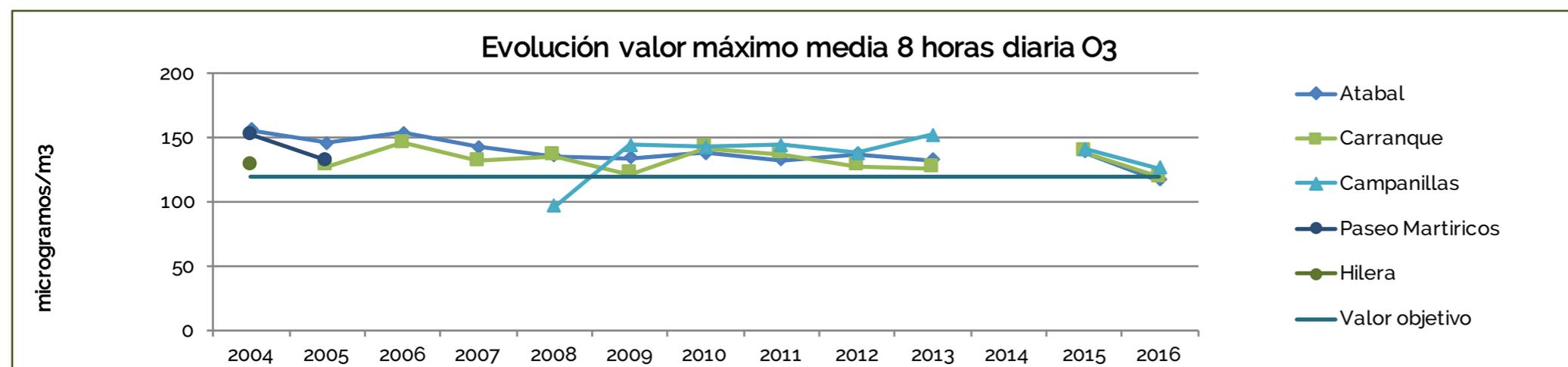


Figura 20. Evolución valores máximos diarios O₃. Fuente: Datos de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

Nº superaciones valor objetivo

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Atabal	13	27	28	26	23	12	20	10	18	21	18	22	0
Carranque		5	12	5	10	2	21	8	7	11	7	19	0
Campanillas					0	20	17	14	11	25	4	31	8
Paseo Martiricos	10	5											
Hilera	2												
Nº superaciones límite	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Superación límite 25 veces	no	si	si	si	no	si	no						

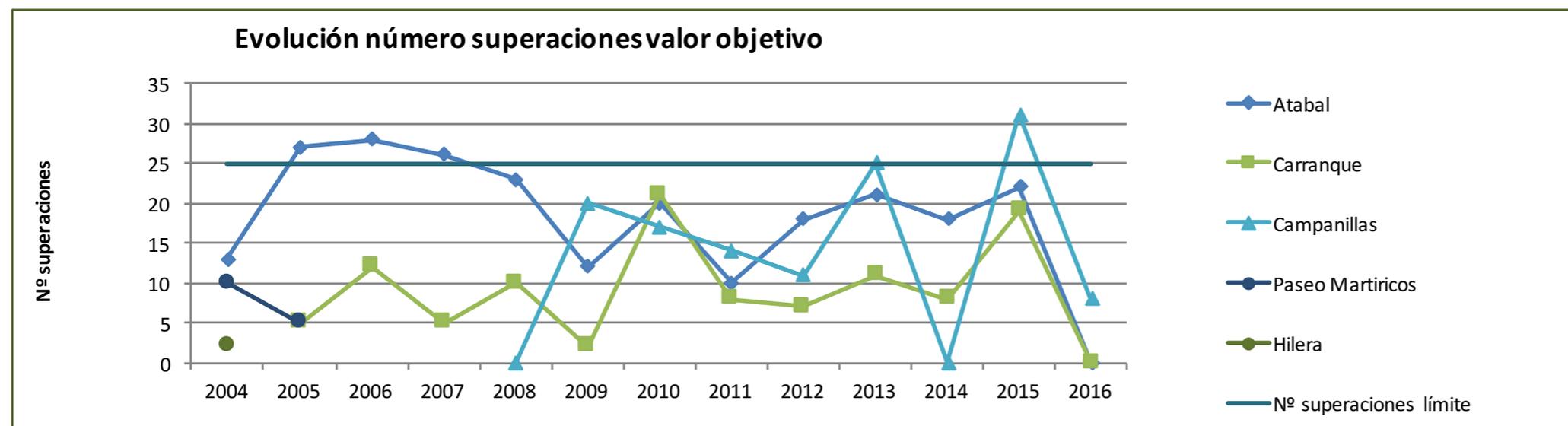
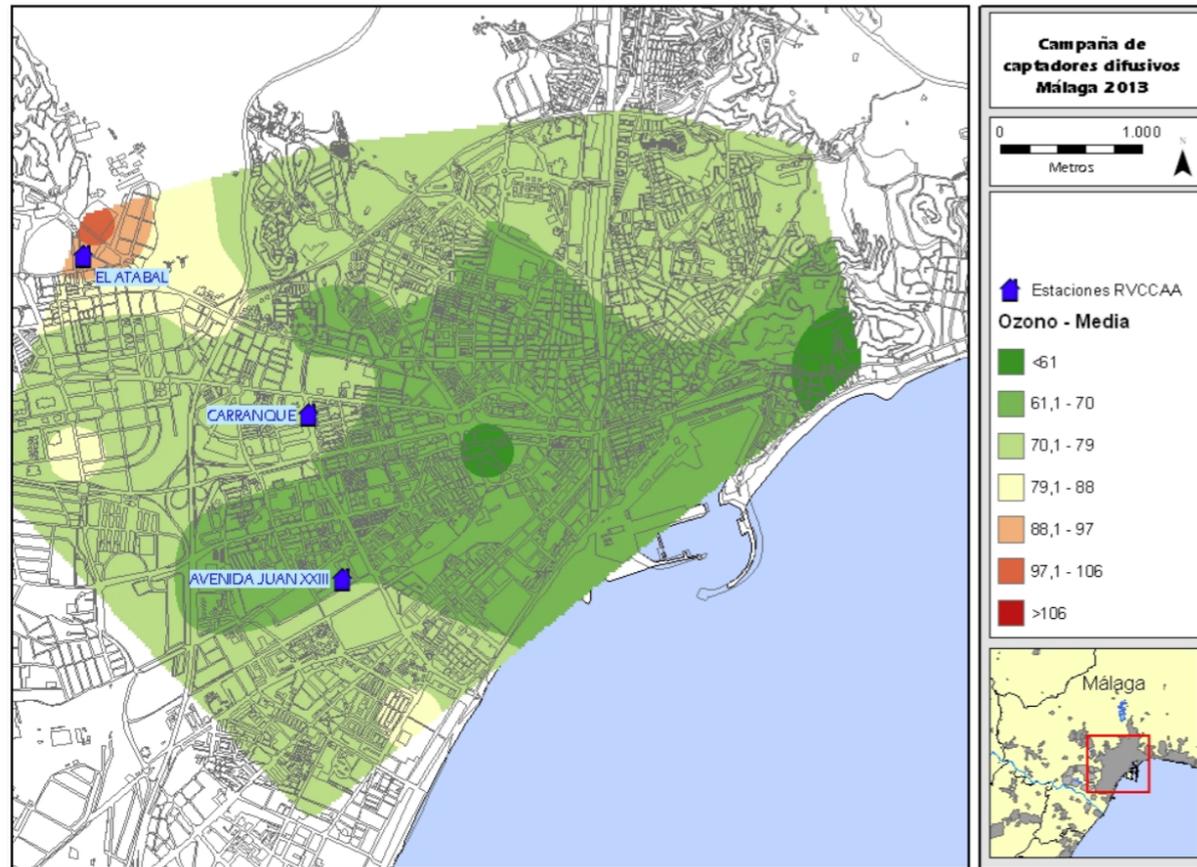


Figura 21. Evolución número de superaciones valor objetivo O₃. Fuente. Datos Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

En relación a este contaminante, el actualmente en versión borrador de la Estrategia Andaluza de Calidad del Aire, incluye los resultados de un estudio realizado durante 2013 en la Zona de la Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol. Los objetivos se resumen determinar las concentraciones de O₃ en la zona de fondo urbano y suburbano de Málaga. El estudio se ha realizado exclusivamente en los periodo de verano, dado que las radiaciones son mayores, ofreciendo así mayor información de este contaminante.

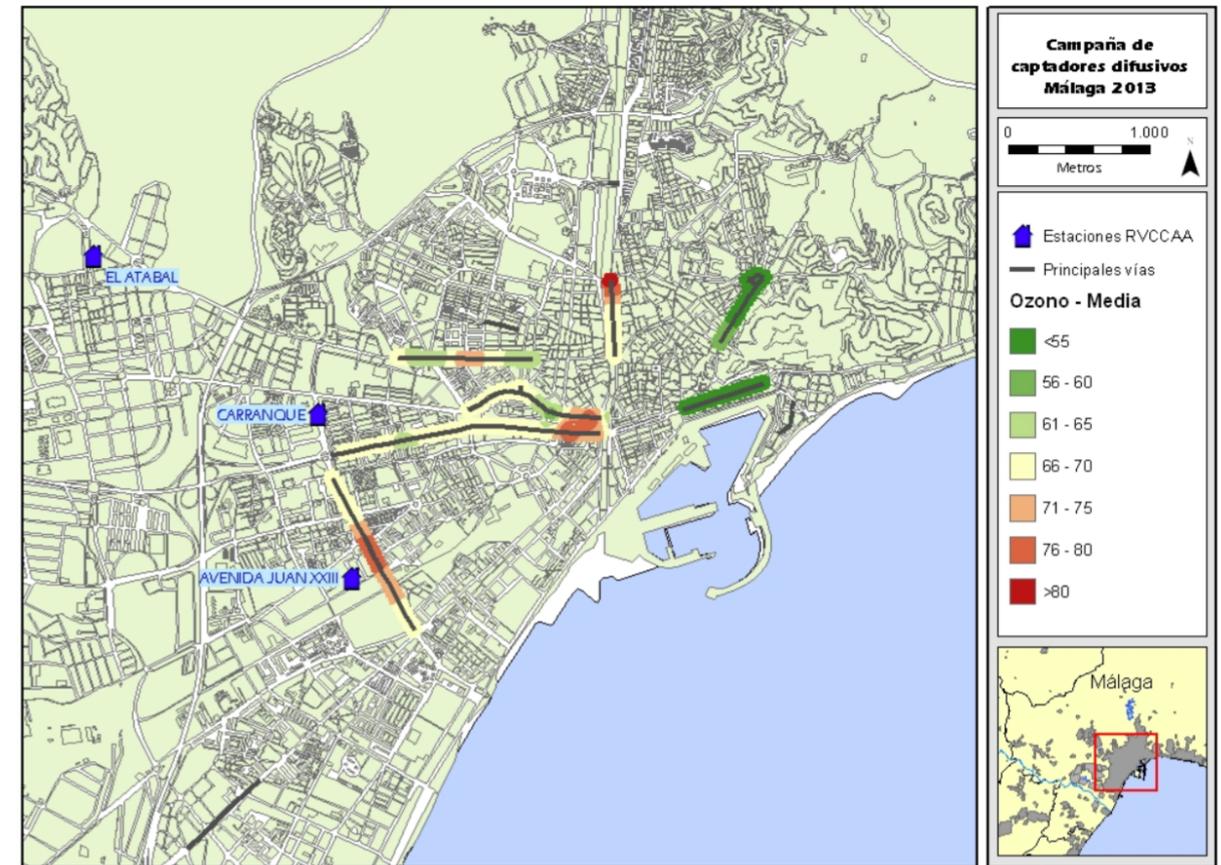
Los resultados de este estudio se presentan en los siguientes mapas que representan los valores medios anuales encontrados en las ubicaciones de fondo, usando como método los captadores difusivos.



Plano 13. Media anual de O₃ (µg/m³) obtenida para los captadores de fondo en Málaga. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Borrador Estrategia Andaluza Calidad del Aire.

La zona más amplia de la zona de estudio se encuentra en el intervalo de 61,1 -79 µg/m³ siendo la zona de Atabal la que presenta mayores valores próximos al valor límite anual con valores medios de hasta 98 µg/m³. El muestreo de captadores difusivos en las inmediaciones de las principales

vías de comunicación de Málaga se representa en la siguiente figura:



Plano 14. Media anual de O₃ (µg/m³) obtenida para los captadores de fondo en Málaga. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Borrador Estrategia Andaluza Calidad del Aire.

En general se puede decir que se observa un comportamiento opuesto al dióxido de nitrógeno, pues en la zona del puerto existía mayores concentraciones, esto puede ser debido a factores de dispersión y a factores y la relación existente entre ambos contaminantes siendo el dióxido de nitrógeno uno de los precursores de ozono.

En zonas de tráfico intenso analizadas ocurre lo mismo. Donde existen altas concentraciones de dióxido de nitrógeno existen bajas de ozono y viceversa. Los valores medios observados en las ubicaciones de tráfico se han situado por debajo de los $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. No obstante, existen vías en las que este comportamiento no se ha observado como es el caso de Calle Hilera y Avda. de Andalucía. Se deben analizar los factores de dispersión para mayor información.

Análisis de los resultados.

El ozono troposférico caracterizado por un elevado poder oxidante, es el principal contaminante secundario, se origina a través de reacciones fotoquímicas entre óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV) entre los que destacan monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles no metálicos (COVNM) y metano (CH_4) procedentes tanto de fuentes naturales como antropogénicas. En zonas urbanas, las concentraciones más elevadas se suelen producir coincidiendo con elevada radiación solar. A su vez, los periodos cálidos, secos y anticiclónicos producen concentraciones más elevadas que años húmedos y ventosos.

Según el Plan AIRE, los efectos transfronterizos derivado del transporte de los precursores del ozono, incluso de fuera de nuestro país, adquieren importancia en la franja mediterránea en la que las reacciones fotoquímicas generan elevadas concentraciones de ozono, contribuyendo así a las superaciones de los valores previstos en la normativa. Uno de los focos de estas emisiones transfronteriza de precursores de ozono es el tráfico marítimo.

En el periodo de estudio, se puede observar en el gráfico y en las tablas que no se han producido superaciones del Umbral de información ni del Umbral de alerta para los

valores máximos media 1 hora de ozono. Sin embargo, los valores se encuentran muy próximos a alcanzar los valores. Se observan oscilaciones de los niveles siendo a lo largo de la serie muy similar los valores de Atabal y Carranque distando más de los valores de Campanillas. Este aspecto se puede deber a factores de dispersión que sería necesario estudiar.

Vinculando los niveles a factores socio económicos se observa un ligero descenso en los años 2006 - 2009 coincidiendo con el comienzo de la crisis económica. A partir de 2009 los valores han ido oscilando de forma anual pero manteniéndose en el mismo rango. Si es destacable y positivo el descenso observado de 2015 a 2016. Se deberá realizar el seguimiento para determinar su evolución, esperando que sea una tendencia y no una oscilación puntual.

En el caso de la evolución de los valores máximos diarios, media 8 horas, se puede observar que los valores superan prácticamente durante todo el periodo el valor objetivo para el O₃ y en todas las estaciones. Excepto en Campanillas en 2008. Es destacable también que el descenso observado de 2015 a 2016 ha favorecido alcanzar valores inferiores al valor objetivo tanto en Carranque como en Atabal. Se recomienda realizar seguimiento para conocer la evolución de estas mejoras en la calidad del aire observada, sobre todo por

determinar si es oscilatorio o una tendencia descendiente constante, tal y como se ha indicado anteriormente.

La normativa establece el número máximo de superaciones para el valor objetivo para la protección de la salud humana y de la vegetación en un periodo determinado (valores máximos diarios de las medias móviles octohorarias). La tabla y gráfica sobre el número de superaciones, analiza cuantos años se han producido estas superaciones, teniendo en cuenta que la fecha de cumplimiento según la legislación se inició el 1 de enero de 2010 y el primer periodo de verificación del cumplimiento del valor objetivo en los tres siguientes años se inicia en dicho año. En el caso de la vegetación, dado que la estación de medida se encuentra en Campillos, fuera del ámbito territorial del Plan no ha sido evaluado.

Se observa en primer lugar que antes de la fecha del cumplimiento del valor objetivo para la protección de la salud, los años 2005, 2006 y 2007 en la estación de Atabal presentaron un número de superaciones superior a 25 días por año, del valor objetivo. En este periodo no se han producido incumplimientos normativos, pues los requisitos entraron en vigor posteriormente. A partir de 2007 el número de superaciones de esta estación descendiendo bastante y oscilando según los años. Presentó una tendencia

ascendente desde 2011 a 2015 pero sin alcanzar el número de 25 superaciones al año. Es destacable que en 2016 tanto en esta estación de Atabal como en Carranque, consecuencia de la mejora de la calidad del aire observada no han presentado superaciones. Se trata de resultados muy significativos de una clara mejora de la calidad del aire frente a este contaminante en estas estaciones. No obstante, habrá que esperar a las tendencias de los siguientes años para poder afirmarlo de forma contundente y, cabe tener presente que los valores máximos media 1 hora se encuentran próximos al umbral de información por lo que los esfuerzos en mejorar este contaminante deben continuar.

A partir del año 2010, la única estación que presenta un número de superaciones superior a 25 veces/año es la estación de Campanillas en 2015, con un número de superaciones de 31. No obstante para que se considere un incumplimiento de los valores objetivo estas superaciones se debe producir durante un promedio de 3 años. Esta situación, no se ha producido, descendiendo el número de superaciones a 8 veces/año en 2016.

En conclusión, aunque actualmente se cumplen los valores objetivos y los valores máximos diarios se encuentran en valores próximos al Umbral de información se recomiendan medidas para este contaminante, para mejorar la calidad del

aire ambiente y evitar posibles situaciones adversas en los próximos años. Según el artículo 25 del RD 102/2011,, una vez exista riesgo de superar el umbral de alerta se deberá elaborar un plan de acción a corto plazo, pero en el caso del ozono dado que tienen una especial influencia las condiciones geográficas, meteorológicas y económicas, se debe demostrar previamente que existe una posibilidad significativa de reducir el riesgo y en todo caso, se deberá seguir las directrices de la Decisión 2004/279/CE. Paralelamente, se recomiendan acciones y medidas también que eviten superaciones de los valores objetivos.

Algunas de las medidas significativas, sientan su base en la característica de su formación a través de reacciones fotoquímicas con otros contaminantes, los precursores de ozono.

METALES: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Níquel (Ni) (ng/m³) y BENZO(A)PIRENO: B(a)P (µg/m³).

Comparativa de valores legislados con los recomendados por (OMS).

Los valores normativos actualmente en vigor para estos los contaminantes siguientes:

CONTAMINANTE	VALOR OBJETIVO (1)	FECHA DE CUMPLIMIENTO
Arsénico (As)	6 ng/m ³	1 de enero de 2013
Cadmio (Cd)	5 ng/m ³	
Níquel (Ni)	20 ng/m ³	
Benzo (a) Pireno (B(a)P)	1 ng/m ³	
(1) Niveles en el aire ambiente en la fracción PM10 como promedio durante un año natural.		

Tabla 58. Objetivos de calidad del aire para los metales. Fuente: RD 102/2011.

Al igual que en el caso del Plomo, para estos metales pesados e hidrocarburo aromático policíclicos, no existe un nivel umbral en la Guía de Calidad del Aire de 2005. Sin embargo los datos científicos muestran que estos metales pesados y algunos hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), son cancerígenos genotóxicos, caracterizados por su capacidad de alterar la estructura del ADN (código genético) y de los cromosomas, sin que exista ningún límite tolerable sin que cause riesgos a la salud humana. Sus efectos se producen a través de sus concentraciones en el aire ambiente y a través de depósitos.

El benzo (a) pireno por su parte, es el indicador establecido para los hidrocarburos policíclicos en el aire ambiente. Así mismo, para evaluar la contribución del benzo (a) pireno del

aire ambiente, los estados miembros controlarán otros hidrocarburos aromáticos policíclicos relevantes y en un número limitado de medición de lugares de medición. (Art. 4.8 Directiva 2004/107/CE, de 15 de diciembre).

Los compuestos mínimos a controlarse serán como mínimo los siguientes:

Benzo(a)antraceno	Benzo(k)fluoranteno	Indeno (1,2,3-cd) pireno
Benzo(b)fluoranteno	Benzo(j)fluoranteno	Dibenzo (a)antraceno

Concentraciones observadas durante años 2004 – 2016.

Para estos contaminantes, según la normativa de aplicación, desde el 31 de diciembre de 2012, los estados miembros deben garantizar que no se superen los valores objetivos. Sin embargo, desde el Año 2011 ya existen datos en Andalucía.

En la siguiente tabla conjunta se muestra la evolución de las concentraciones:

	VALOR OBJETIVO	CONTAMINANTE	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Atabal	6 ng/m ³	Ar	0,44	0,5	0,49	0,43	0,41	0,4
	5 ng/m ³	Cd	0,09	0,3	0,11	0,07	0,1	0,09
	20 ng/m ³	Ni	5	5,4	0,55	5,1	4,9	4,4
	1 ng/m ³	B(a)P	0,09	0,11	0,02	0,04	0,04	0,06

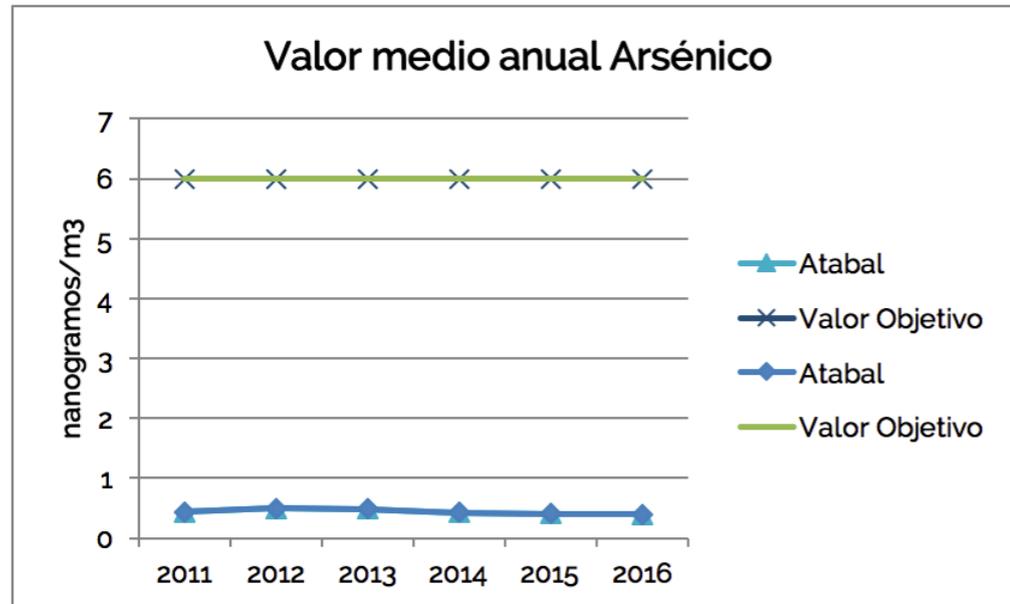


Figura 22. Evolución del valor medio anual Ar. Fuente: Datos de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

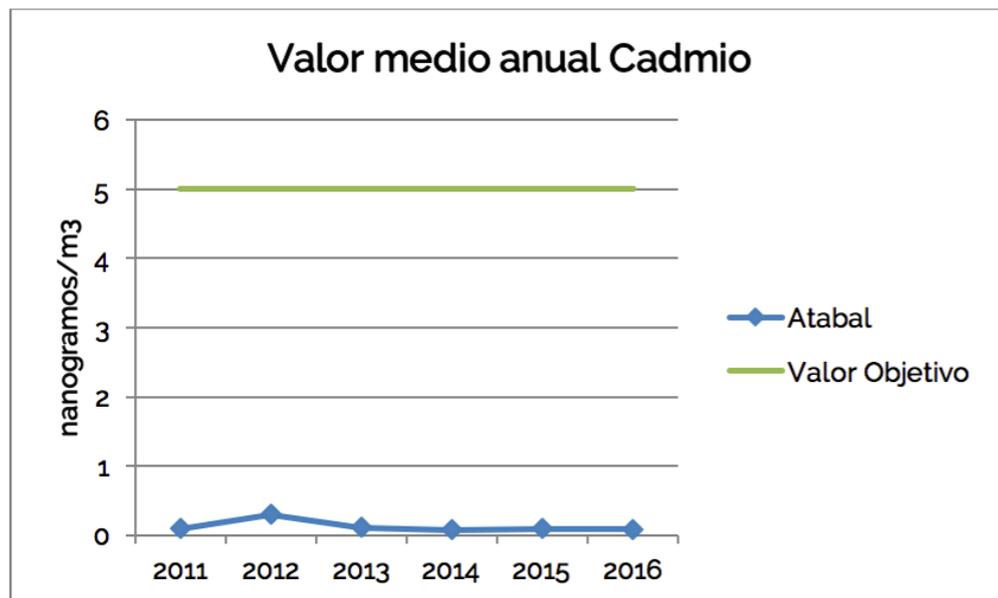


Figura 23. Evolución del valor medio anual Cd. Fuente: Datos de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

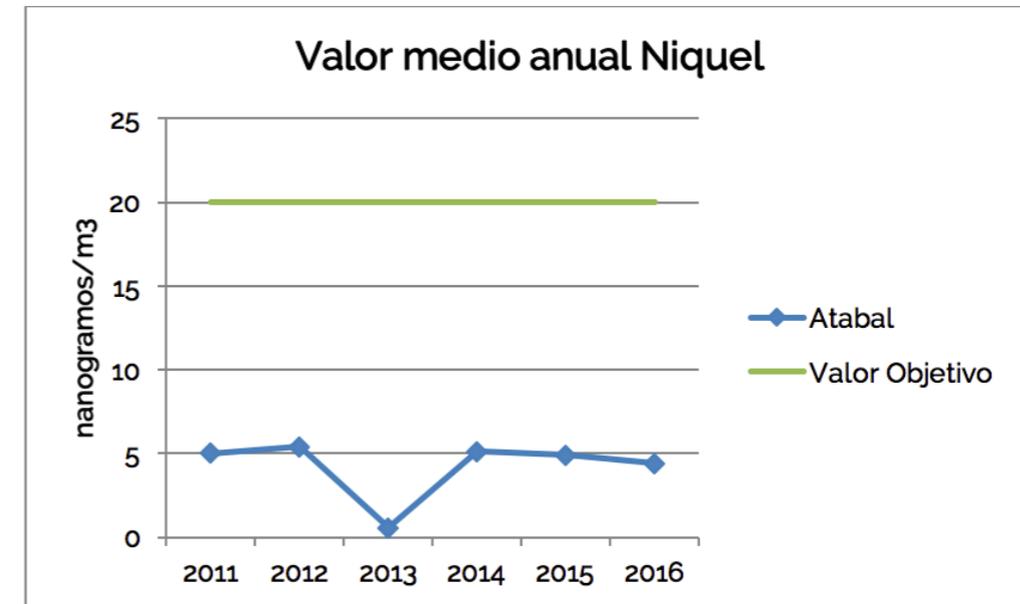


Figura 24. Evolución del valor medio anual Ni. Fuente: Datos de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

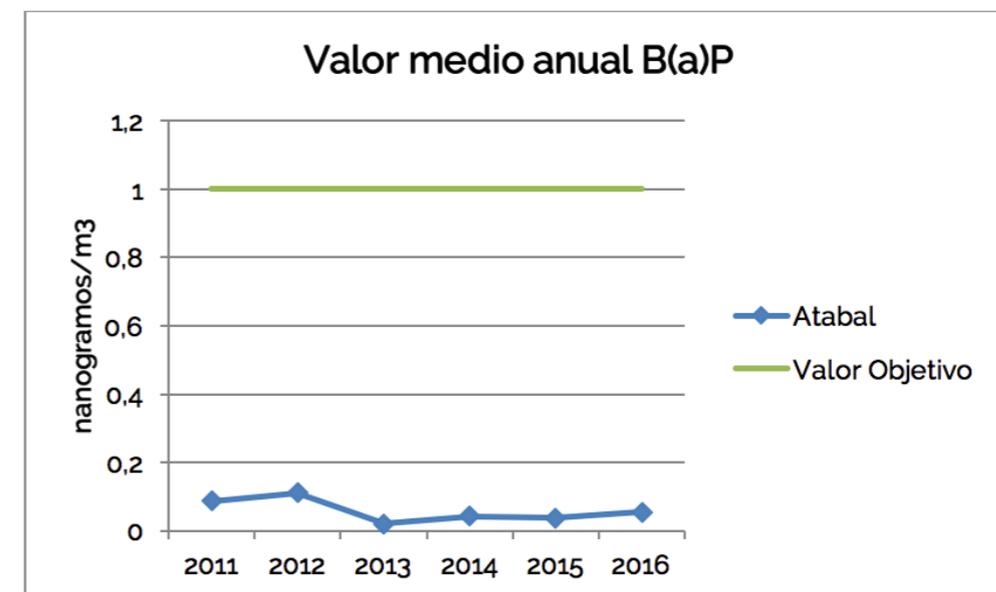


Figura 25. Evolución del valor medio anual B(a)P. Fuente: Datos de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

Análisis de los resultados.

No se han producido superaciones en ninguno de los contaminantes, no obstante debido su repercusión en la salud, se debe tratar de que sean concentraciones más bajas posibles aunque en todos los casos se encuentran bastante distantes de los valores objetivos.

Índice de Calidad del Aire

Para determinar la calidad del aire cada estación cuenta con un índice global obtenido a partir de un índice individual para cada contaminante. El índice global se divide en cuatro tramos para definir los cuatro estados de la calidad del aire: buena, admisible, mala o muy mala. El gráfico muestra los días y evolución en el periodo de estudio en los que la calidad del año ha presentado estos niveles cualitativos.

A continuación se presentan gráficas por estación en relación a los índices de calidad del aire de cada una de ellas.

En la Avenida Juan XXIII existen datos desde el año 2013, tal y como se ha expuesto en apartados anteriores. En esta estación desde el año 2013 no se han producido condiciones malas o muy malas siendo el porcentaje de días con calidad del aire bueno entre un 80-90% de los días.

En la estación de Campanillas, existen datos válidos desde el año 2009. Se observa a diferencia de la estación anterior que

existen condiciones de calidad del aire mala y muy mala en todos los años observando un aumento en 2015 y 2016. Así mismo, la calidad del aire que presenta mayor representatividad es admisible con porcentajes entre el 70-90% siendo las condiciones de calidad del aire buena la que presenta menor porcentaje. Esta situación se debería invertir, siendo la situación similar a la de la estación de Avenida Juan XXIII el objetivo a alcanzar.

La Estación de Carranque, al igual que Campanillas posee condiciones de calidad del aire mala / muy mala en todos los años de la serie analizados. Si se observa un claro descenso aunque con ligeras fluctuaciones desde el año 2009. La calidad del aire mayoritaria es la admisible con porcentajes entorno al 60 - 90 % no obstante desde el año 2013 se alcanzan 80-90% de los días condiciones admisibles. Los días de calidad del aire buena son fluctuantes observando un aumento en este último año 2016.

Finalmente, la estación de Atabal posee condiciones similares a Carranque. Existen condiciones de calidad del aire mala/muy mala en todos los años de la serie con una tendencia descendente desde 2011. La calidad del aire admisible es fluctuante presentando 70 -90 % de los días y alcanzando los dos últimos años niveles entre 80-90% de los días. La calidad del aire buena es fluctuante y se mantiene en 10% de los días del año.

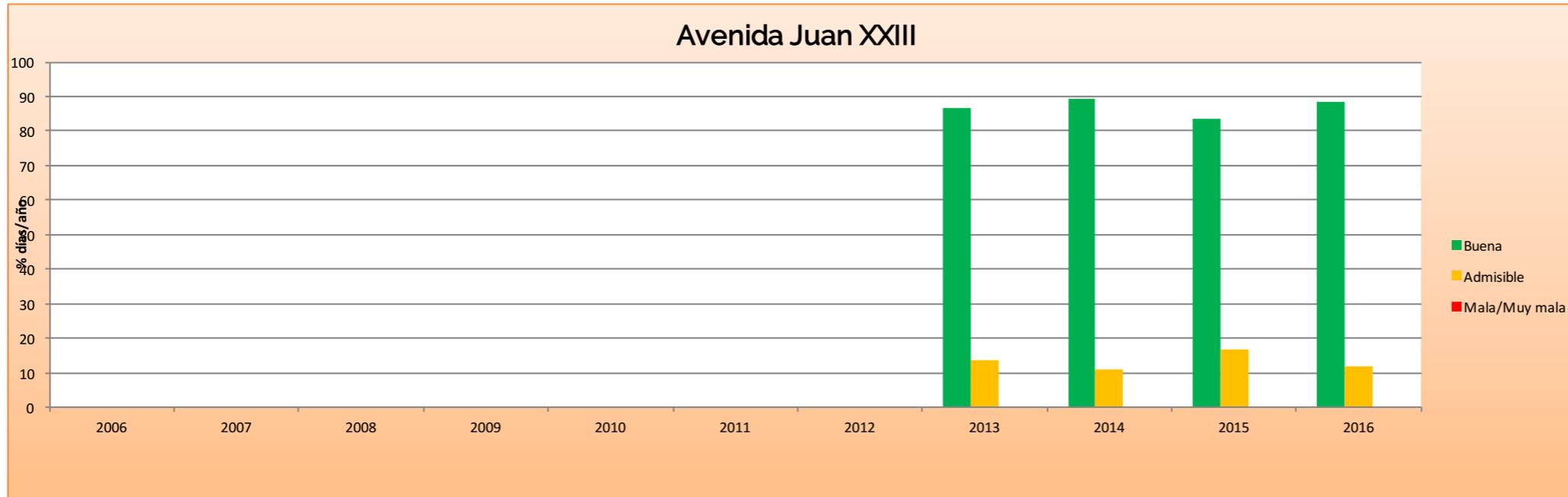


Figura 26. Evolución del índice de calidad del aire en Avd. Juan XXIII. Datos de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

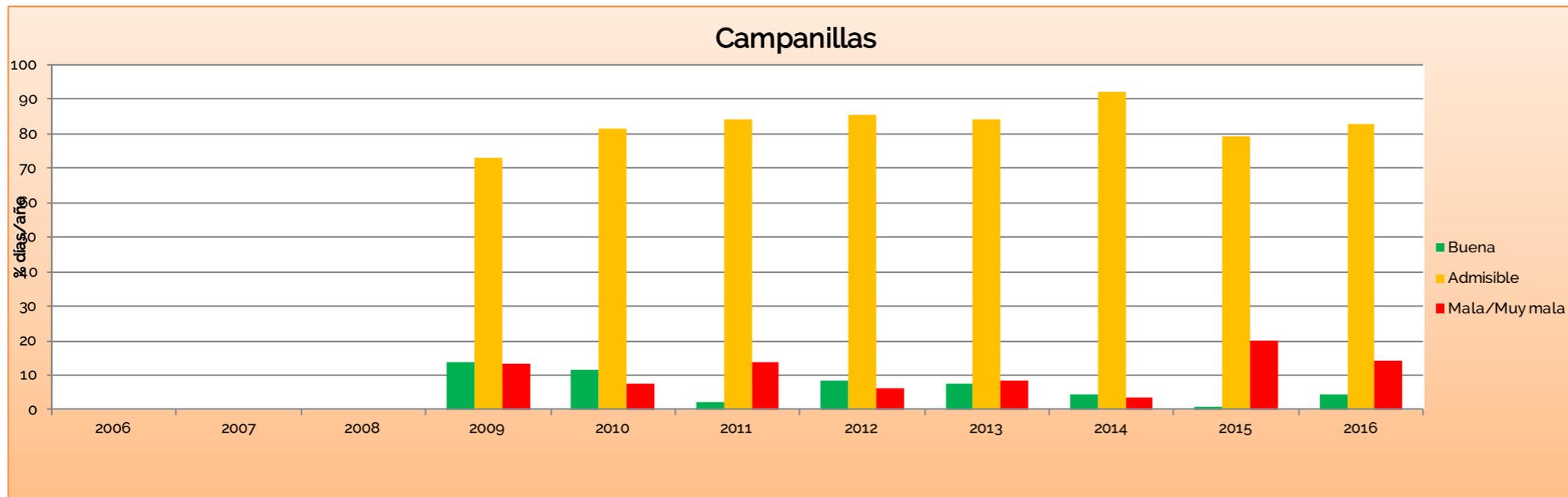


Figura 27. Evolución del índice de calidad del aire en Campanillas. Datos de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

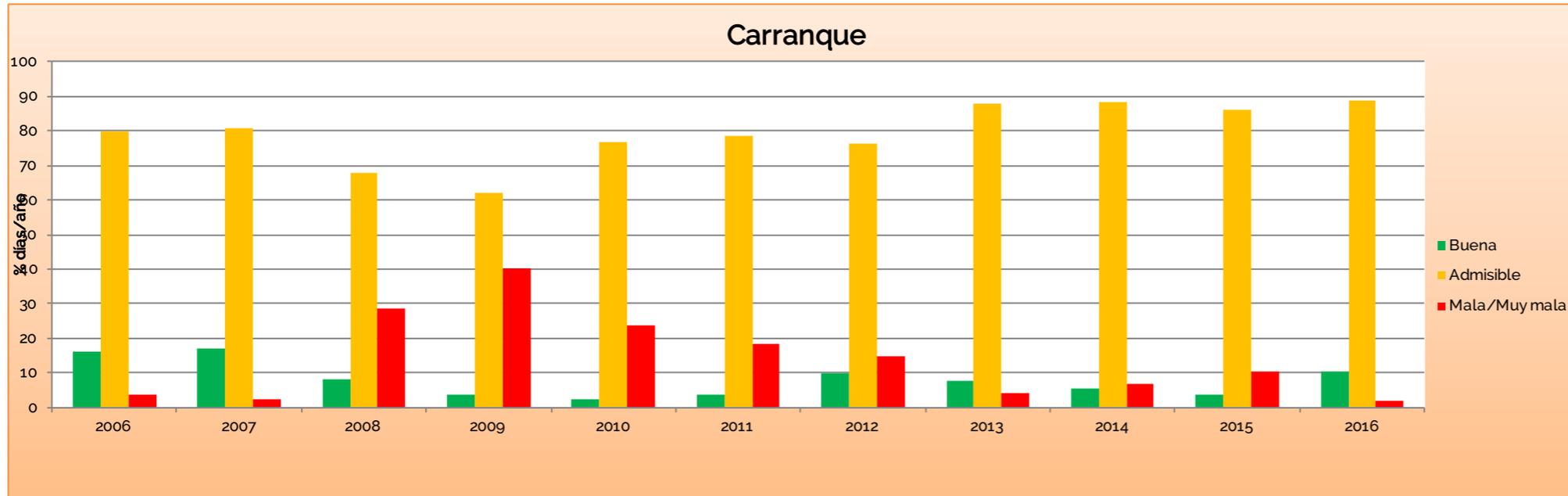


Figura 28. Evolución del índice de calidad del aire en Carranque. Datos de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

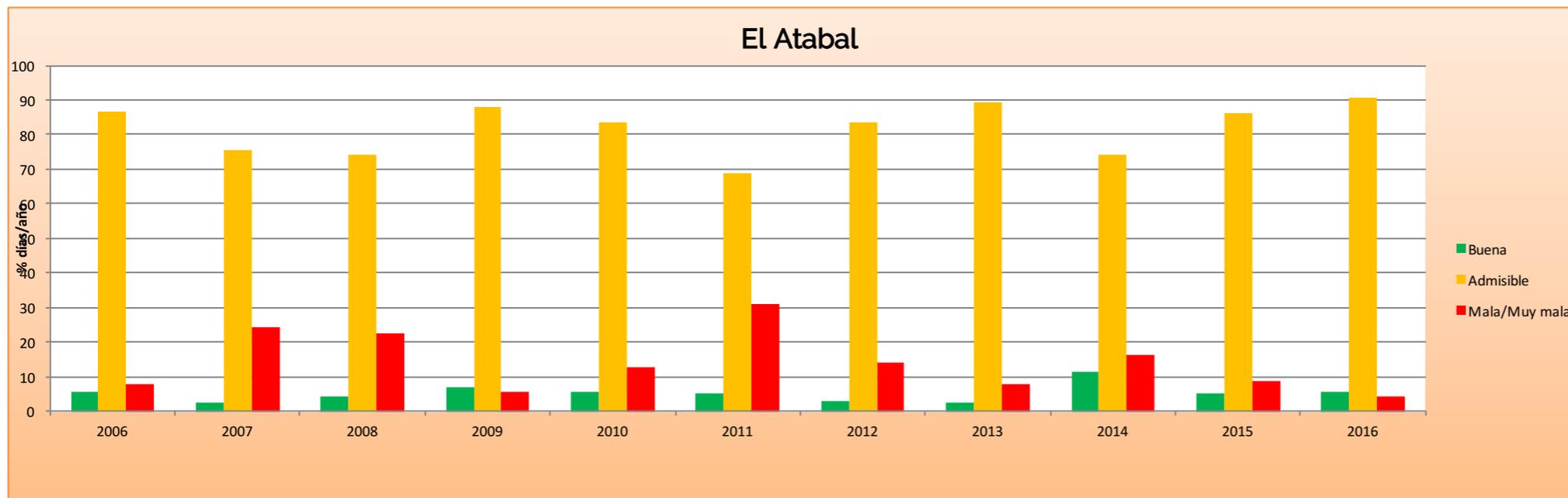


Figura 29. Evolución del índice de calidad del aire en el Atabal. Datos de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

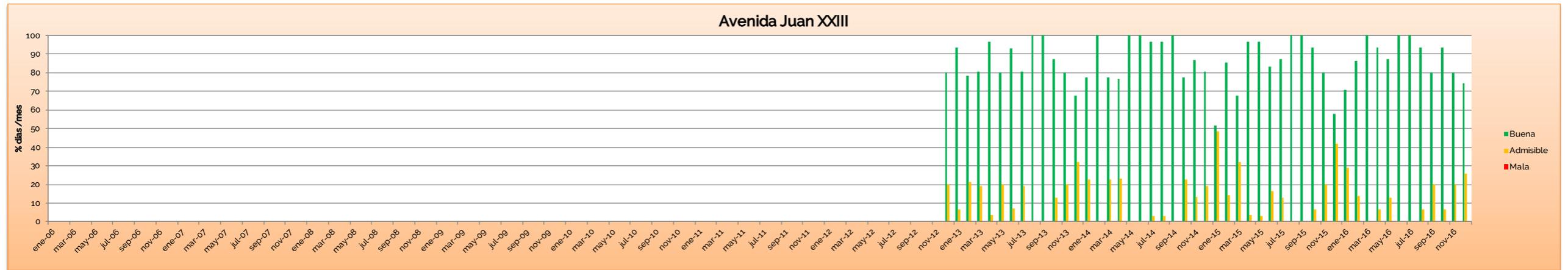


Figura 30. Evolución del índice de calidad del aire en tanto por ciento de días al mes en Avd. Juan XXIII. Datos de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

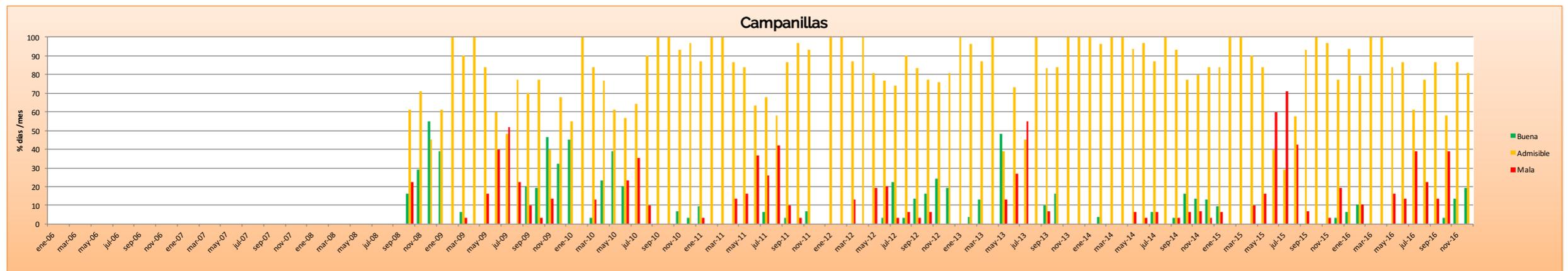


Figura 31. Evolución del índice de calidad del aire en tanto por ciento de días al mes en Campanillas. Datos de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

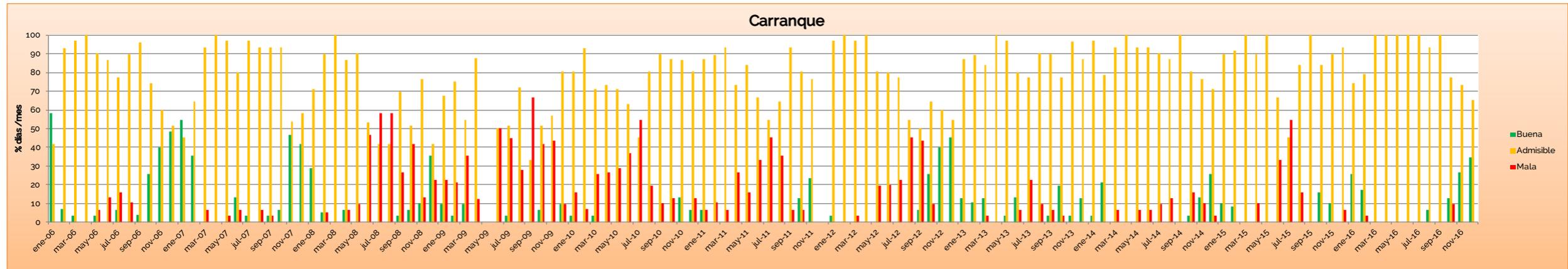


Figura 32. Evolución del índice de calidad del aire en tanto por ciento de días al mes en Carranque. Datos de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

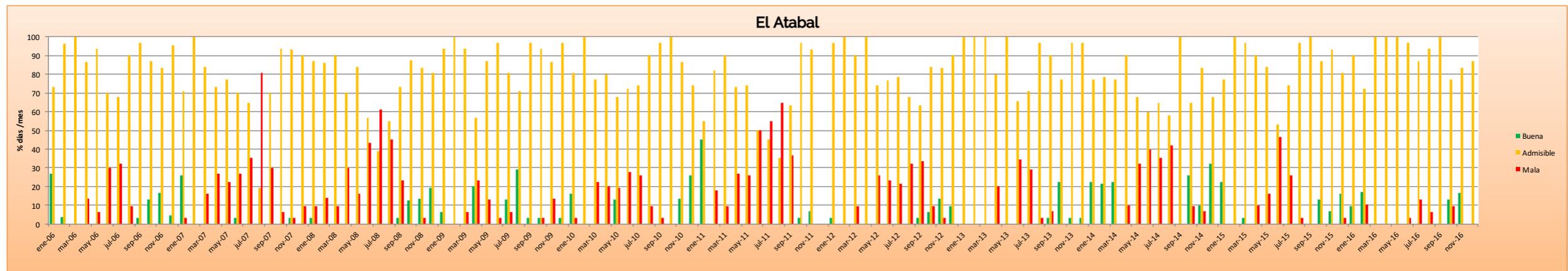


Figura 33. Evolución del índice de calidad del aire en tanto por ciento de días al mes en el Atabal. Datos de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.

En conclusión, en las series de datos no es posible determinar una tendencia clara en cuanto a la mejora de la calidad del aire, caracterizadas en general por una variación fluctuante.

La situación objetivo esperada se constituye por la ausencia de días de calidad del aire muy malo, una disminución y en progresión eliminación del número de días malos y en consecuencia aumentar el porcentaje de días buenos frente a los admisibles.

Situaciones malas y muy malas por contaminante

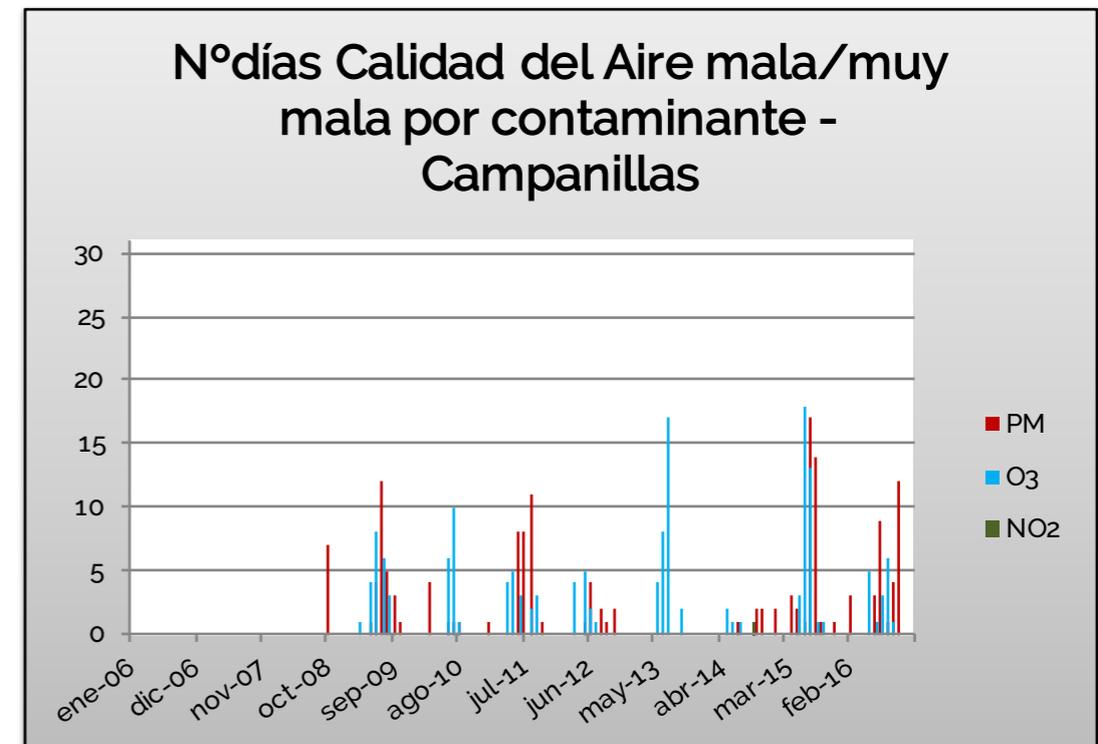
Finalmente, en las siguientes gráficas se puede observar la evolución de las situaciones malas y muy malas por estaciones y contaminantes. Existe un descenso en el número de días de situaciones malas y muy malas pero aún es fluctuante.

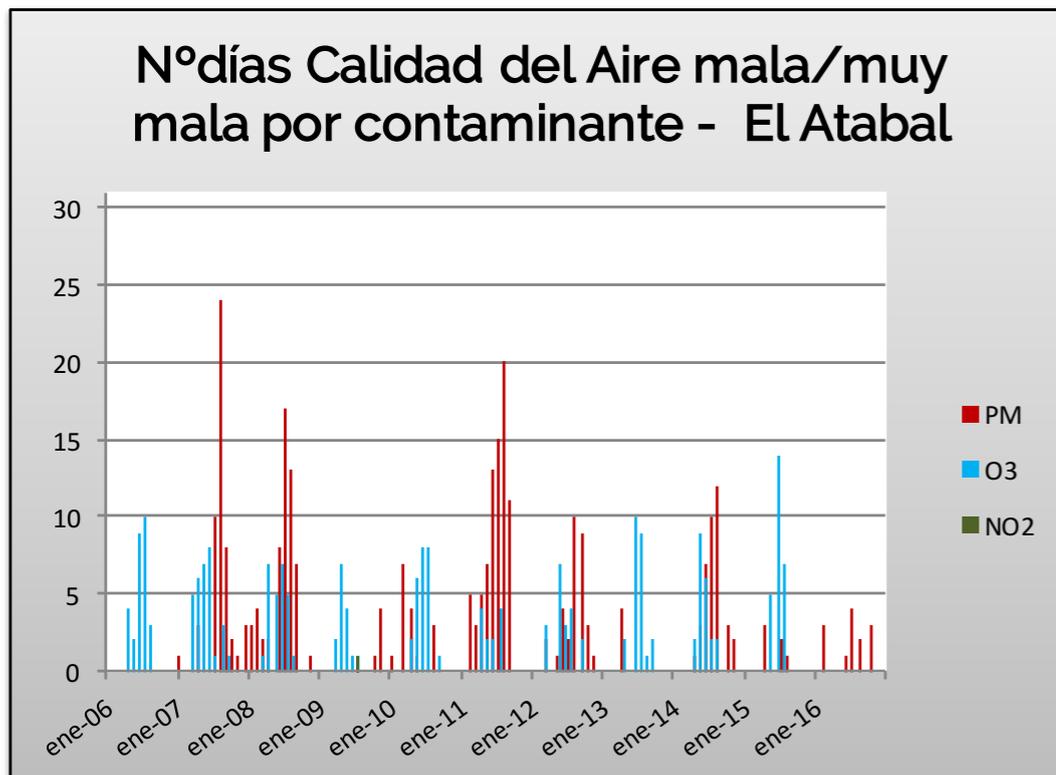
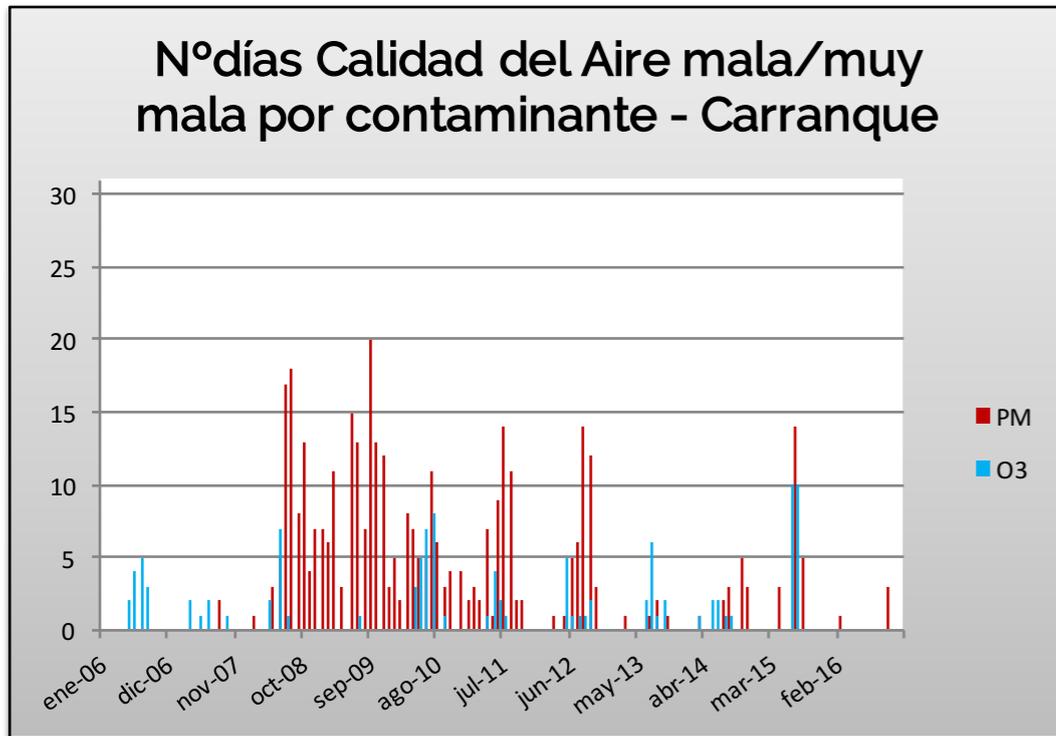
La estación de Carranque, una estación Urbana de fondo, durante la desde 2008-2012 las partículas es la principal causa del número de días malos y muy malos. Se observa un claro descenso desde 2013 excepto en 2015, año en el que se produjeron superaciones para este contaminante. El segundo agente contaminante es el Ozono, se observa también una tendencia descendente excepto en el año 2015.

En Campanillas, estación suburbana industrial los agentes que provocan condiciones de calidad del aire mala y muy mala mayoritario son O₃, PM. A diferencia de las estaciones anteriores también está presente el NO₂ pero de forma puntual.

Finalmente, Atabal estación Suburbana de Fondo, posee situaciones malas y muy malas por Ozono principalmente, seguido de partículas y de forma puntual el NO₂

Sin embargo a partir de 2014 se observa un aumento causado por las partículas.





5. Proyecto piloto para la evaluación de la calidad del Aire en Málaga. SMAQ – CURMOS - APPMosfera.

El Ayuntamiento de Málaga ha puesto en marcha un proyecto de la mano de la empresa UrbanClouds con el objetivo de realizar una evaluación de la calidad del aire en el municipio de Málaga. La calidad del aire se determina por medio de sensores ubicados en los carros de los repartidores de correos y en bicicletas de 40 voluntarios de Málaga. Utilizando dispositivos con sensores de calidad de aire distribuidos por toda la ciudad se captan un volumen de datos enorme que procesados permiten el análisis de la calidad de aire de la ciudad. Este proyecto también incluye la utilización de 3 sensores de alta calidad que se instalarán en zonas donde se necesita una precisión de datos mejor y permitirán validar los datos de la recogida de muestras desde los carros de correos y de la bicicleta.

Los objetivos del proyecto son:

- Proporcionar herramientas de información y generación de datos de la ciudadanía para el control personal de la calidad del aire que respiran en entornos de exterior (calles) e interior (casa, oficina).

- Fomentar la concienciación de la ciudadanía poniendo a disposición pública los datos ambientales.
- Generar un mapa de estado de la ciudad de Málaga.

Este proyecto permite obtener un sistema de monitorización de la calidad del aire alternativa a los métodos tradicionales, combinando estaciones fijas y móviles dotando de una cobertura mayor en las medidas y reduciendo costes.

Gracias al volumen de datos obtenidos de cada zona de la ciudad permite obtener una visión completa de la calidad del aire en el municipio y mejorar la toma de decisiones que repercutan en la mejora de la calidad del aire.

Funciones del Proyecto SMAQ – CURMOS

- Determinación del estado actual de la calidad del aire y el grado de cumplimiento de límites con respecto a los valores que establezca la legislación vigente.
- Definición de áreas de especial interés para equipos de medida.
- Clasificación de áreas.
- Observación de la evolución de contaminantes en el tiempo.

- Detección rápida de posibles situaciones de alerta o emergencia, así como seguimiento de la evolución de la concentración de contaminantes.
- Informar a la población sobre la calidad del aire.
- Aportar información para el desarrollo de modelos de predicción.
- Proporcionar datos para la formulación, en su caso, de Planes de Prevención y Corrección de la contaminación atmosférica.
- Intercambio de información de la Administración Autonómica con la Estatal y Comunitaria.

El proyecto en su ha arrojado dos tipos de datos distintos los datos cualitativos y cuantitativos.

Para los datos cualitativos Urban Clouds ha desarrollado la herramienta analítica de **Índice de la Calidad del Aire (IUCA)**. Según describe la empresa este índice sirve para informar sobre los niveles de contaminación de manera fácil y oportuna a la población, de tal forma que funcione como un indicador de las medidas precautorias que debe tomar la población ante una contingencia atmosférica.

Consiste en un valor adimensional, calculado a partir de información procedente de la legislación vigente relacionada

con los distintos contaminantes atmosféricos, cuyo objetivo principal es facilitar a la población la comprensión de la información relacionada con la contaminación del aire.

Para cada uno de los contaminantes a tener en cuenta, a cada valor de concentración de inmisión (medidos generalmente en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo que es muy probable que el ciudadano se encuentre con problemas a la hora de analizarlos) se le asocia otro valor, conocido como índice, según los efectos observados, perteneciente a una escala que muestra de forma más clara la calidad del aire existente en la zona.

A medida que surge nueva información sobre los efectos, las concentraciones asociadas a los valores del índice pueden variar, pero el significado de éstos se conserva.

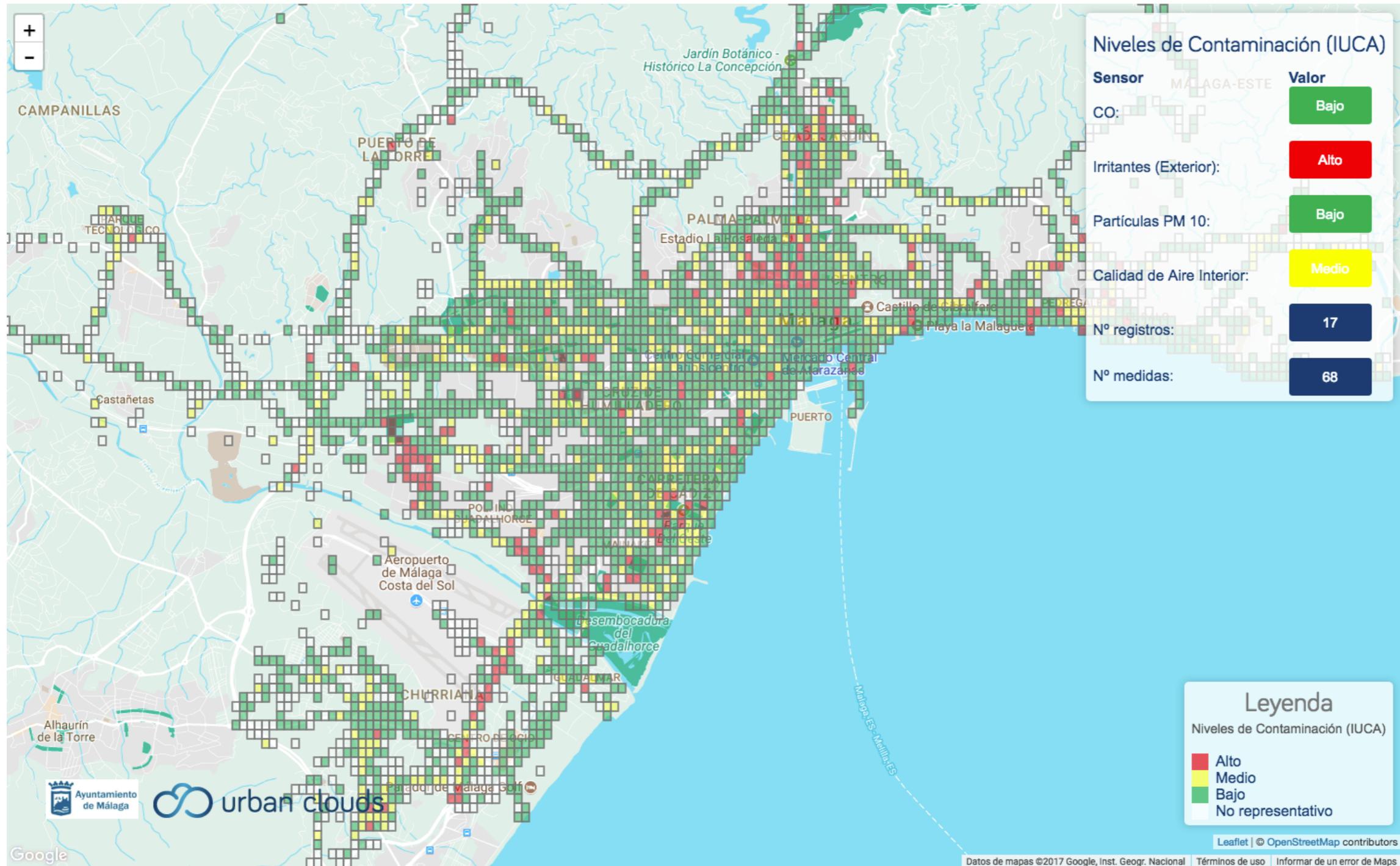
Como resultado del cálculo que realizan de los sensores que instalan categorizan la calidad del aire en:

- **Buena** (Color Verde). Cuando el índice se encuentra entre 0 y 50 puntos, la calidad del aire se considera como satisfactoria y la contaminación del aire tiene poco o nulo riesgo para la salud.
- **Moderada** – Deficiente (Color Amarillo). Cuando el índice se encuentra entre 51 y 150 puntos, la calidad del aire es

aceptable, sin embargo, algunos contaminantes pueden tener un efecto moderado en la salud para un pequeño grupo de personas que presentan una gran sensibilidad a algunos de ellos. Algunos grupos sensibles pueden experimentar efectos en la salud. Hay algunas personas que pueden presentar efectos a concentraciones menores que el resto de la población, como es el caso de personas con problemas respiratorios o cardíacos, los niños y ancianos. El público en general no presenta riesgos cuando el índice está en este intervalo.

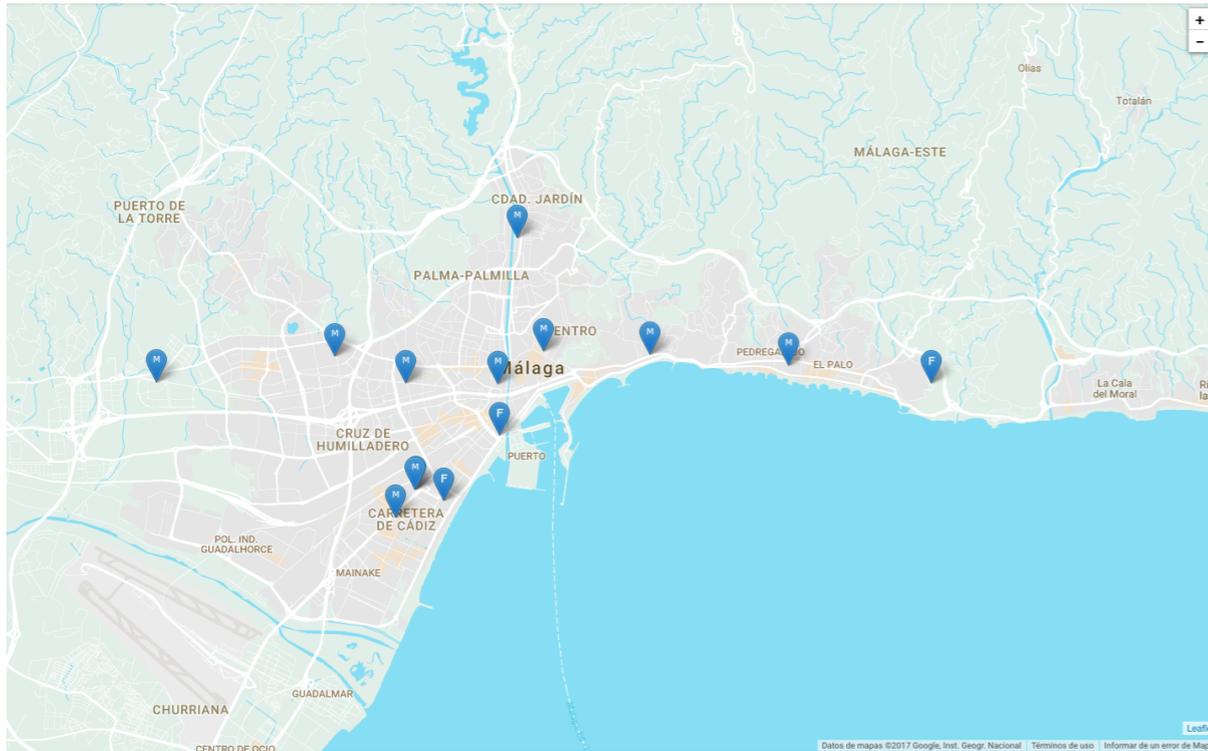
- **Mala** – Muy Mala (Color Rojo). Cuando el índice es mayor a 151 puntos, toda la población experimenta efectos negativos en la salud, siendo algunas situaciones graves para la salud. Los miembros de grupos sensibles pueden presentar molestias graves.

Fruto del resultado de la campaña de medición tanto con carros de correos como con las medidas realizadas por ciclistas se ha generado un mapa de teselas de calidad del aire para el municipio de Málaga.



Plano 15. Teselas proyecto de medida de la calidad del aire ambiente SMAQ – CURMOS – APPMosfera Ayuntamiento de Málaga y Urban Clouds.

Así mismo, en este proyecto se han instalado una serie de estaciones de medidas fijas (SMAQ) de mayor precisión en distintos puntos de la ciudad.



Plano 16. Puntos de instalación fija de evaluación de la calidad del aire (SMAQ) del proyecto del Ayuntamiento de Málaga y Urban Clouds.

En cada estación fija se obtiene datos de calidad del aire como el que se muestra en la siguiente imagen.



Este proyecto se muestra como un método alternativo de evaluación de la calidad del aire y manifiesta el compromiso del Ayuntamiento por la evaluación y mejora de la calidad del aire de la ciudad. Así mismo, es un sistema que ofrece datos localizados de la calidad del aire y permite tomar decisiones en función de las áreas de la ciudad más contaminadas. Así mismo provee de un volumen de datos enorme que permiten la toma de decisiones estratégicas que conduzcan a la mejora de la calidad del aire.

Conclusiones



Plan de Calidad del Aire
MÁLAGA

Conclusiones.

El Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire con la finalidad de evitar, prevenir y reducir los efectos nocivos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud, el medio ambiente y bienes de cualquier naturaleza, establece objetivos de calidad del aire. Así mismo, establece la metodología de clasificación del territorio en zonas y aglomeraciones para realizar las acciones de evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente.

Se define aire ambiente como el aire exterior de la troposfera (capa inferior de la atmosfera) con exclusión de los lugares de trabajo definidos en la Directiva 89/654/CEE, cuando se apliquen las disposiciones sobre la salud y seguridad en el trabajo, a los que el público no tiene acceso habitualmente.

Las conclusiones principales estructuradas en los apartados de mayor importancia son:

Emisiones

En referencia a las fuentes de emisión Málaga clasificadas por tipos las que tienen mayor importancia en términos generales son las siguientes:

Fuentes Puntuales:

- Industria del cemento.
- Industria cerámica.

Fuentes de Área:

- Móviles: Tráfico rodado, marítimo y aéreo.
- Estacionarias: Sector doméstico.

Para cada contaminante éstas van a tener mas o menos peso en cuanto al volumen total de emisión que se produce en la provincia.

Respecto a las fuentes puntuales destacan en la emisión de contaminantes como los metales Pb, As, Ni, así como la emisión de Benceno y Benzo(a)pirenoi.

En referencia a las emisión de contaminantes del producidos por los sectores de actividad de tráfico rodado y el sector doméstico destacan el gran aporte de estos en la emisión de partículas PM, PM₁₀ y PM_{2,5} y de contaminantes precursores de partículas como el NO_x.

Zonificación. Red de estaciones de medida y seguimiento.

Zonificación.

- El municipio de Málaga se integra en la zona de municipio de más de 50.000 habitantes y pertenece a la Zona de

Evaluación de la Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol.

- Las zonas de evaluación comparten criterios de homogeneidad en cuanto a emisión y concentraciones de contaminantes, además se tienen en cuenta otros criterios como topografía, población, actividades económicas, meteorología, usos y coberturas del suelo y espacios naturales protegidos.
- El ámbito territorial de Málaga del Plan es el municipio de Málaga, y en aplicación de la normativa, no constituye una zona exclusiva, sino que comparte la aglomeración con otros municipios. En el Plan existen datos de la evaluación anual y referencia a estudios referidos a la Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol. No obstante, son datos de referencia pues el principal criterio de las zonas es que comparten criterios de homogeneidad en cuanto a emisión y concentración de contaminantes.
- El Art. 11 de la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, indica que la zonificación y la información usada para la zonificación debe ser tomada en cuenta por las administraciones públicas en la elaboración y aprobación de planes urbanísticos y de ordenación del territorio, así como en la tramitación de los procedimientos de autorización de actividades e instalaciones potencialmente contaminadoras de la atmósfera.

- La normativa requiere el desarrollo de evaluaciones de impacto en salud.

Red de Estaciones de Medida y Seguimiento.

- La Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía (RVCCAA), es coordinada por la Consejería de medio ambiente y se basa en criterios comunes junto al resto de estados miembros de la Unión Europea.

- La Red integra todos los sistemas de evaluación de la calidad del aire ambiente de la normativa vigente, distinguiendo estaciones de medida fijas o móviles, los laboratorios de la calidad del aire, mediciones indicativas, y técnicas de modelización y estimaciones objetivas.

- La Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire, se constituye a su vez por tres subredes: Red Automática de Calidad del Aire (compuesta por estaciones de medidas), Red Automática de Emisiones a la Atmósfera (constituida por sensores de medida localizados en distintos focos dentro de las instalaciones industriales que establece la normativa de aplicación) y la Red de captadores manuales, compuesta en su mayoría por captadores gravimétricos de partículas con filtros de tamaño inferior a 10 o 2,5 micras en los que también se suelen analizar otros compuestos como metales e hidrocarburos aromáticos policíclicos.

- Las estaciones fijas se clasifican en función de su ubicación y de la principal fuente de contaminación que afecta a la estación. Según su ubicación pueden ser urbanas, suburbanas o rural y según la principal fuente de contaminación pueden ser de tráfico, industrial o de fondo.

- En el municipio de Málaga, actualmente existen las siguientes estaciones de medición fijas que se integran en la RVCCAA.

Estaciones en el municipio de Málaga de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía (RVCCAA).

Estación	Tipo de Fuente	Tipo de Zona	Coordenadas		Contaminantes
			UTMX	UTMY	
Carranque	Urbana	Fondo	370845	4064954	SO ₂ CO NO NO ₂ NO _x O ₃ PM ₁₀ aut PM ₁₀ grav
					PM _{2,5} grav
					BCN TOL PXY B(a)P
El Atabal	Suburbana	Fondo	369251	4066079	SO ₂ CO NO NO ₂ NO _x O ₃ PM ₁₀ aut PM ₁₀ grav
					VV DD TMP HR PRB RS LL
Campanillas	Suburbana	Industrial	360727	4066024	SO ₂ CO NO NO ₂ NO _x O ₃ PM ₁₀ aut PM ₁₀ grav
					PM _{2.5} auto
Avenida Juan XXIII	Urbana	Tráfico	370966	4063575	NO NO ₂ NO _x y NH ₃

Técnicas de evaluación de la calidad del aire.

Según la normativa se incluyen como acciones de evaluación de la calidad del aire ambiente determinar los agentes atmosféricos que deben ser evaluados, definir los criterios que determinan qué técnica de evaluación se debe usar para cada contaminante y especificar criterios para la ubicación y número mínimo de puntos de muestreo para cada contaminante.

Establecer los agentes atmosféricos que deben ser evaluados.

- Dióxido de azufre (SO₂)
- Dióxido de nitrógeno (NO₂)
- Óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Partículas (PM₁₀ y PM_{2,5})
- Plomo (Pb),
- Benceno (C₆H₆)
- Monóxido de carbono (CO)
- Ozono troposférico, en adelante ozono (O₃).
- Arsénico (As)

- Cadmio (Cd),
- Níquel (Ni)
- Benzo(a)pireno (B(a)P) y de los
- Precursores del ozono, al menos óxidos de nitrógeno (NO y NO₂) y compuestos orgánicos volátiles (COV).
- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP).
- Amoniacó (NH₃).

Definir los criterios que determinan qué técnica de evaluación se debe usar para cada contaminante.

- La normativa obliga a utilizar un método u otro de evaluación de la calidad del aire ambiente en función de la comparación de los niveles de un contaminante con los umbrales de evaluación superior (UES) e inferior (UEI) en una determinada zona.
- Si se supera el umbral superior de evaluación las mediciones se deben realizar mediante mediciones fijas. Si los niveles se encuentran entre los dos umbrales (UES y UEI), se pueden combinar las mediciones fijas con técnicas de modelización y/o mediciones indicativas. Y por último, en los casos de hallarse por debajo del umbral inferior de

evaluación, es suficiente el uso de técnicas de modelización o de estimación objetiva, o ambas.

- Los resultados para la zona de la Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol, son los que se presentan a continuación.

Zona: Málaga y la Costa del Sol													
Código de la zona: ES0119													
Periodo	SO ₂	NO ₂	NO _x	C ₆ H ₆	CO	Pb	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	As	Cd	Ni	B(a)P
2008-2012	<UEI	UES-UEI	N.D.	<UEI	<UEI	<UEI	>UES	UES-UEI	N.D.	<UEI	<UEI	<UEI	<UEI
2009-2013	<UEI	UES-UEI	N.D.	<UEI	<UEI	<UEI	>UES	UES-UEI	>OLP	<UEI	<UEI	<UEI	<UEI
2010-2014	<UEI	UES-UEI	N.D.	<UEI	<UEI	<UEI	>UES	UES-UEI	>OLP	<UEI	<UEI	<UEI	<UEI
2011-2015	<UEI	>UES	N.D.	<UEI	<UEI	<UEI	>UES	>UES	>OLP	<UEI	<UEI	<UEI	<UEI

Umbrales de Evaluación Zona Málaga y la Costa del Sol. Leyenda: <UEI: Por debajo del umbral de evaluación inferior. UES-UEI: Entre el umbral de evaluación superior e inferior. >UES: Por encima del valor de evaluación superior. Para el Ozono: <OLP: Por debajo del objetivo a largo plazo. >OLP: Por encima del objetivo a largo plazo. Fuente: Estudio de las zonas de calidad del aire respecto a los umbrales de evaluación. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

En base a los estudios de umbrales de evaluación se concluye que en la Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol la evaluación de la calidad del aire ambiente se efectuara:

- PM₁₀ y O₃: Mediante estaciones fijas.
- NO₂ y PM_{2,5}: Último periodo evaluado (2011-2015) estaciones fijas, en los periodos anteriores, mediante una combinación de mediciones fijas y técnicas de modelización y/o mediciones indicativas.
- SO₂, C₆H₆, CO, Pb, As, Cd, Ni y B(a)P: Es suficiente el uso de técnicas de modelización o de estimación objetiva, o ambas, para la evaluación de calidad del aire ambiente.

Junto a estas mediciones, también se establece la necesidad de mediciones en estaciones rurales de fondo alejadas de grandes fuentes de contaminación atmosférica. En la provincia de Málaga, se encuentra en la estación de Campillos.

Especificar criterios para la ubicación y número mínimo de puntos de muestreo para cada contaminante.

- Una de las principales finalidades de la ubicación de estaciones y redes de evaluación de la calidad del aire en las aglomeraciones, es poder informar a la población del nivel de contaminación. Los municipios como Málaga, con una población superior a 100.000 habitantes y aquellos que formen parte de una aglomeración, deben disponer de datos para informar a la población sobre los niveles de contaminación y la calidad del aire.
- Las competencias en cuanto a la ubicación de las estaciones, actualmente corresponden a las comunidades autónomas.

Número mínimo de puntos de muestreo fuentes difusas.

ZONA	Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol			
Población	Población de la Aglomeración: 1.210.160 habitantes. Padrón 2016.			
Rango de población de la aglomeración o zona (miles)	CONTAMINANTES	CRITERIOS		NÚMERO MÍNIMO DE ESTACIONES DE MEDIDA.
1000 - 1499	NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , C ₆ H ₆ y CO	Si las concentraciones máximas superan el UES(1)	Contaminantes NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , C ₆ H ₆ y CO	4
			Suma de PM ₁₀ y PM _{2,5} (2)	6
		Si las concentraciones máximas se sitúan entre UES Y UEI	Contaminantes NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , C ₆ H ₆ y CO	2
			Suma de PM ₁₀ y PM _{2,5} (2)	3
1000 - 1500	O ₃	Aglomeraciones urbanas y suburbanas (3)		3
		Otras zonas (suburbanas y rurales) (3)		3
		Rural de fondo		1 estación/ 50000 km ² como promedio en todo el territorio nacional (4)

ZONA	Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol			
Población	Población de la Aglomeración: 1.210.160 habitantes. Padrón 2016.			
Rango de población de la aglomeración o zona (miles)	CONTAMINANTES	CRITERIOS	NÚMERO MÍNIMO DE ESTACIONES DE MEDIDA.	
750 - 1999	Ar, Cd, Ni y B(a)P	Si las concentraciones máximas superan el UES(5)	Contaminantes Ar, Cd y Ni	2
			B(a)P	1
		Si las concentraciones máximas se sitúan entre UES Y UEI	Contaminantes Ar, Cd y Ni	2
			B(a)P	1

Tabla 52. Número mínimo de puntos de estaciones fijas en una zona o aglomeración. (1) Para el NO₂, PM, C₆H₆ y CO se incluirá al menos una estación de seguimiento de fondo urbano y una estación de tráfico, siendo el número total de fondo urbano requeridas no más de dos veces superior o más de dos veces inferior al número total de estaciones de tráfico. (2) Cuando PM₁₀ y PM_{2,5} se determinen en la misma estación de medición, esta contará como dos puntos de muestreos separados. El número de PM_{2,5} no podrá ser más de dos veces superior o más de dos veces inferior al número total de puntos de PM₁₀ y deberá cumplir los requisitos específicos de las ubicaciones de fondo urbano. Fuente: Anexo V. Directiva 2008/50/CE. Número mínimo de puntos de muestreo para el ozono en estaciones fijas continúa. (3) Al menos una estación en las zonas donde sea probable que la población esté expuesta a las concentraciones de ozono más elevadas. En aglomeraciones, al menos, el 50% de las estaciones deben ubicarse en áreas suburbanas. (4) Se recomienda una estación por cada 25.000 km² en terrenos accidentados. Número mínimo de puntos de estaciones fijas en una zona o aglomeración. (5) Hay que incluir por lo menos una estación urbana de fondo y una estación orientada al tráfico para el B(a)P, siempre que no aumente por ello el número de puntos de muestreo. Fuente: Anexo V. Directiva 2008/50/CE.

Comparando el número mínimo de puntos por contaminantes con los contaminantes medidos en cada estación, se constata:

- PM₁₀ PM_{2,5} NO₂ O₃: Cuyo método de medida es mediante estaciones fijas:
 - Cumplen el número mínimo de estaciones de medida NO₂ y O₃.
 - NO₂ posee dos puntos de medida de fondo urbano (Carranque) y otro suburbano (Atabal), además de un punto de medida urbana de tráfico (Avda. Juan XXIII). Por tanto, cumple con los requisitos de cantidad, ubicación y fuente principal.
 - O₃ Se mide en tres estaciones distintas dos suburbanas, una de fondo y otra industrial y una urbana. Se cumple por tanto el número, tipo y ubicación de las estaciones pues al menos el 50% de las estaciones deben ubicarse en áreas Suburbanas.
 - En el caso de las partículas dado que el número mínimo en estaciones donde se mide PM₁₀ PM_{2,5} actualmente existen medidas en estaciones de Carranque, Atabal y Campanillas siendo el número mínimo de 4 estaciones, no obstante dado que en estas se miden mediante más de un método, en base a la normativa el número

ascendería a 8. Habría que consultar a la administración competente si debido a este motivo el número mínimo se cumple, superando incluso los mínimos de medida. En caso contrario, cabría estudiar la posibilidad si se cumple alguno de los requisitos que contempla la normativa para reducir el número de puntos. En caso de no cumplir ninguno de estos dos aspectos, sería necesario incorporar un punto adicional de medida para las partículas para cumplir la normativa. En cuanto a la tipología de estaciones. Para las partículas debe existir al menos una estación de fondo urbano y una de tráfico. Este contaminante se mide en Carranque, estación de fondo urbano pero sin embargo, no se mide en la única estación de tráfico urbana por lo que sería conveniente incluir este contaminante en esta estación de la Avenida Juan XXIII, especialmente porque según el Umbral de evaluación del último periodo, el método de medida debe ser en una estación fija.

- SO₂, C₆H₆, CO, Pb, As, Cd, Ni y B(a)P: Es suficiente el uso de técnicas de modelización o de estimación objetiva, o ambas, para la evaluación de calidad del aire ambiente. No obstante cabe mencionar:
 - B(a)P Se debe medir en al menos una estación de tráfico, siempre que no se aumente así el número mínimo de

puntos de medida. Es por ello que, este contaminante se debe incluir en la estación de tráfico de la Avenida Juan XXIII, aunque por sus niveles actualmente se puedan usar métodos de medición de modelización o de estimación objetiva. Actualmente, se realizan mediciones en la Estación de Carranque, siendo esta una estación Urbana de fondo.

- Los metales se miden en la estación de Carranque.
- SO₂ CO Se mide en Carranque, Atabal y Campanillas. Por sus concentraciones actuales, es suficiente el uso de técnicas de modelización o estimación objetiva. (Comprobar el método actual de medida).

Gestión de la calidad del aire ambiente. Concentraciones observadas y análisis por contaminante.

Las medidas de gestión de la calidad del aire ambiente, determinan las acciones y requisitos a cumplir sobre los niveles de los valores límites, umbrales de alerta, niveles críticos, objetivos nacionales, valores objetivos, objetivos a largo plazo, umbrales de información y sobre las aportaciones de fuentes naturales.

Información de parámetro de contaminantes en el municipio de Málaga según los sensores y método de toma de muestra:		
Sensores automáticos	SO ₂ , O ₃ , CO, NO/NO ₂ /NO _x y parámetros meteorológicos.	
Métodos manuales y automáticos	Captadores gravimétricos y automáticos	Partículas PM ₁₀ y PM _{2,5}
	Captadores difusivos y automáticos	Benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX)
Métodos manuales	Captadores gravimétricos	Metales (As, Cd, Ni y Pb) y benzo(a)pireno
	Captadores difusivos	Amoniaco

Análisis por contaminante en las estaciones del municipio de Málaga.

El análisis se ha realizado abordando tres aspectos, los valores legislados comparados con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud a través de la Guía de Calidad del aire de 2005 para determinados contaminantes, evolución de los contaminantes en el periodo 2004-2016 y

comparativa de los niveles alcanzados en ese periodo con los requisitos normativos.

DIÓXIDO DE AZUFRE: SO₂ (µg/m³)

- Es uno de los componentes para el que la OMS establece recomendaciones con objetivos intermedios y metas para incrementar las reducciones de los riesgos de enfermedades agudas y crónicas debido a la contaminación del aire.
- El valor que recomienda la OMS es 84% inferior al valor que exige la normativa.
- **No se han producido superaciones de los valores límites horarios ni diarios establecidos en la legislación en ninguna de las estaciones del municipio de Málaga.**
- **Las concentraciones no han alcanzando los umbrales de alerta.**
- Los resultados de los valores máximos diarios comparados con las recomendaciones de la OMS, muestran niveles inferiores a los objetivos intermedios y **respecto al nivel de 20 µg/m³ que recomienda las Directrices de la OMS, los niveles no se han superado desde el año 2013.**

- Se puede decir que existe una buena calidad del aire respecto a este contaminante pues las concentraciones alcanzadas actualmente son inferiores al valor recomendado por la OMS, no obstante, se deben mantener las medidas pues la estación de Atabal y Carranque se encuentran próximos a alcanzar el valor recomendado por la OMS. Es importante destacar que los niveles en todas las estaciones son bastante inferiores al valor límite y umbral de alerta.

DIÓXIDO DE NITRÓGENO: NO₂ (µg/m³)

- Los niveles exigidos por la legislación para los valores límites debían alcanzarse a fecha del pasado 1 de enero de 2010.
- La organización mundial de la salud, establece valores para este contaminante. El valor medio en 24 horas no es posible compararlo por ser unidades distintas sin embargo el valor medio anual coinciden tanto en las recomendaciones de la OMS como en los valores de la legislación 40 µg/m³.
- Recientes estudios en la Estrategia de Calidad del Aire de la Junta de Andalucía determinan que **las inmediaciones a las principales vías y la zona del puerto presentan mayores valores próximos al valor límite anual.**

- **Periodo de 2004 - 2009 mediante la metodología en vigor durante ese periodo no ha presentado superaciones del valor límite horario ni del umbral de alerta.** Las estaciones más influenciadas por el tráfico rodado (Carranque y Martiricos) presentaron valores mayores al resto.
- **En 2014, se superó el valor límite horario ligeramente en la estación de Campanillas cayendo los niveles los siguientes años.**
- Existen tendencias ascendentes para este contaminante, especialmente en las estaciones de Carranque y Avenida Juan XXIII, más influenciadas por el tráfico rodado que el resto. Se recomiendan medidas dirigidas al tráfico para evitar superaciones al valor límite horario, especialmente en zonas donde exista tráfico intenso o retenciones.
- **Actualmente, no existen superaciones en ninguna de las estaciones del municipio de Málaga para los valores límites anuales de NO₂. No obstante, en la Avda. Juan XXIII, los niveles alcanzados en 2015 y 2016 coinciden con el valor límite anual (40 µg/m³) y con el valor de las recomendaciones de la Guía de Calidad del Aire de la OMS.** Es por ello, que se debe prestar especial hincapié en lograr mejorar los niveles para reducir los

efectos sobre la salud, medio ambiente y bienes de cualquier naturaleza, pero además, en caso de que en los siguientes años, la tendencia no sea descendente, se superará el nivel normativo. En caso de superaciones se puede solicitar una prórroga para el cumplimiento de los valores legales, debiendo para ello desarrollar y demostrar que la aplicación de un Plan de calidad del aire, asegurará el cumplimiento de la normativa en el plazo disponible.

- Los resultados de la evolución del valor medio anual del NO₂ arrojan una clara respuesta a la influencia del tráfico rodado.
- **El NO₂ es precursor de otros contaminantes secundarios como el O₃ troposférico y de aerosoles de nitratos, que constituyen a su vez, una fracción importante de PM_{2,5} del aire ambiente. Acciones sobre las emisiones de NO y NO₂ tendrán repercusiones positivas no solo sobre sus niveles sino también sobre otros contaminantes.**

AMONIACO: NH₃

- Según la normativa, debe existir un punto de medición en ciudades con un número de habitantes superior a 500.000 y en áreas de intensidad elevada.

- Para este contaminante actualmente no existen valores legales establecidos, a comparar con las concentraciones registradas. Sí mencionar que desde 2013, se observan una tendencia suave ascendente de sus concentraciones.
- Inicialmente se ha medido en Atabal y Carranque y desde el año 2013 se mide en la estación de la Avenida Juan XXIII, la estación urbana de tráfico que fue instalada en diciembre de 2012.
- El amoniaco es un gas muy reactivo y precursor de partículas secundarias.

PARTÍCULAS: PM₁₀ (µg/m³)

- La elección de este tamaño de partículas está vinculado a la salud pues representa la masa de partículas que entran en el sistema respiratorio.
- La Organización Mundial de la salud en sus estudios no han detectado umbral por debajo del cual no existan efectos adversos en la salud, por ello el objetivo de la OMS es alcanzar concentraciones mínimas posibles. Establece tres objetivos intermedios y una meta a alcanzar que reducen los riesgos para la salud.

- El valor normativo de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se encuentra en el objetivo intermedio 2 y 3 de la OMS expresados ambos en concentraciones medias anuales.
- **Existen superaciones de los valores máximos diarios en la estación de Carranque los años 2009 y periodo 2011-2014. Se observa un descenso claro en los años 2015 y 2016.** Se debe estudiar si los descensos se deben a las medidas aplicadas según el Plan de Mejora de la Calidad del Aire de Málaga y la Costa del Sol, existente debido a las superaciones normativas.
- **En relación a valor medio anual, no existen superaciones desde el año 2005, año de la entrada en vigor del valor límite anual. En el periodo 2013-2015 en las estaciones de Atabal y Campanillas se alcanzaron valores inferiores a la meta establecida por las recomendaciones de la OMS.** Actualmente, los valores se encuentran entre la meta y el objetivo intermedio 3 entre 20 - 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Siendo superado el objetivo intermedio 3 por la estación de Campanillas pero sin superar el valor límite anual.
- Las partículas PM_{10} se forman básicamente por medio de procesos mecánicos como son las obras en construcción, la resuspensión del polvo de caminos y el viento. A su vez, la radiación solar favorecen la

formación de partículas secundarias, afectando también los aerosoles marinos.

PARTÍCULAS: $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

- La Organización Mundial de la Salud basan sus estudios para la Guía de Calidad del Aire (2005) en $\text{PM}_{2.5}$ como indicador, debido a los resultados obtenidos en los estudios en los que no se ha detectado ningún nivel en el que no produzcan efectos a la salud.
- Existen también para este contaminantes 3 objetivos intermedios y una meta establecida por la Guía de la Calidad del aire de la OMS. Conforme se alcanzan objetivos disminuyen los riesgos para la salud. El valor de la normativa también en concentraciones medias anuales se encuentra al igual que en PM_{10} entre los objetivos intermedios 2-3.
- **No existen superaciones del Valor Objetivo para $\text{PM}_{2.5}$.**
- Los valores se presentan una tendencia descendiente pero constante los años 2013-2015. Los valores desde 2012 - 2015 se encuentran en los niveles recomendados en la Guía de Calidad del Aire de la OMS, 2005. Destacando 2016 cuyo valor es inferior.
- Las mediciones se realizan en la estación de Carranque, estación urbana de fondo, no obstante, según la

normativa se debe medir en al menos una estación urbana de tráfico por lo que aunque Carranque está muy influenciada por el tráfico rodado, se recomienda incluir mediciones también en la Avenida Juan XXIII, para cumplir la normativa.

PLOMO: Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

- No existen niveles en la Guía de Calidad del Aire actual para la OMS, 2005. Sin embargo, se encuentra en la lista de los diez productos químicos causantes de graves problemas de salud pública que exigen la intervención de los Estados Miembros para proteger la salud y se están elaborando directrices para la prevención y medidas que se pueden adoptar para proteger la salud de la población.
- **Durante el periodo analizado, no existen superaciones del valor límite anual para Pb. Los niveles en la estación de Carranque bastante inferiores a los establecidos en la normativa.**

BENCENO: C₆H₆ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

- No existen umbrales de referencia por parte de la organización mundial de la salud.

- **Los valores evaluados del benceno se encuentran muy bajos en relación con el valor límite anual. Por tanto, no existen superaciones.**
- La principal fuente de contaminación del benceno son procesos de combustión incompleta y evaporación de determinados combustibles aunque también existen fuentes naturales
- El benceno es uno de los gases de efecto invernadero y uno de los precursores de la formación del ozono troposférico y de aerosoles orgánicos secundarios. Se resalta así la estrecha relación entre la calidad del aire y el efecto invernadero y cambio climático.

MONÓXIDO DE CARBONO: CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

- No existen actualmente umbrales de referencia recomendados por la OMS.
- **No existen superaciones respecto al valor límite diario, los niveles son bastante inferiores respecto al valor límite.**
- La tendencia general especialmente destacable en Carranque y Atabal son los niveles prácticamente constantes a lo largo del periodo, con una clara tendencia descendente en el caso de Atabal. Campanillas

presenta niveles prácticamente constantes exceptuando variaciones interanuales en 2010-2011 y posteriormente 2016 aumentos hasta alcanzar los niveles de Carranque.

- **Una de las consecuencias de las emisiones de monóxido de carbono es que es uno de los compuestos responsables de la formación de ozono troposférico. Paralelamente, tanto el CO como compuestos generados (CO₂ y O₃) tienen además, repercusiones sobre el clima pues son gases de efecto invernadero.**

OZONO TROPOSFÉRICO: O₃ (µg/m³)

- El ozono troposférico es un contaminante secundario que se forma en las capas baja de la atmósfera (Troposfera) y no debe confundirse con la capa de ozono de la atmósfera superior que nos protege de las radiaciones ultravioleta.
- Se origina a través de reacciones fotoquímicas entre óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV) entre los que destacan monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles no metálicos (COVNM) y metano (CH₄) procedentes tanto de fuentes naturales como antropogénicas.
- **Existen para este contaminante nivel establecido por las Directrices de 2005 de la OMS. Un objetivo**

intermedio para promover una reducción gradual de las concentraciones a niveles más bajos, hasta alcanzar el valor Guía de 100 µgr/m³.

- En el periodo de estudio no se han producido superaciones del Umbral de información ni del Umbral de alerta para los valores máximos media 1 hora de ozono. Sin embargo, los valores se encuentran muy próximos a alcanzar los valores. Es destacable el descenso observado de 2015 a 2016. Se recomienda realizar el seguimiento para determinar su evolución, esperando que sea una tendencia y no una oscilación puntual.
- **En el caso de la evolución de los valores máximos diarios, media 8 horas, que no puede ser superado más de 25 ocasiones al año en un periodo de 3 años a partir de 2010. Desde el primer ciclo de verificación no se han producido superaciones superiores a 25 veces al año. No obstante, si existen superaciones todos los años por lo que se deben aplicar medidas para mejorar los niveles de este contaminante y de sus precursores.**
- A partir del año 2010, la única estación que presenta un número de superaciones superior a 25 veces/año es la estación de Campanillas en 2015, con un número de superaciones de 31. No obstante para que se considere

un incumplimiento de los valores objetivo estas superaciones se debe producir durante un promedio de 3 años. Esta situación, no se ha producido, descendiendo el número de superaciones a 8 veces/año en 2016.

- Se observa una tendencia positiva, pues en el último año en las estaciones de Atabal y Carranque no se han producido superaciones.
- **Los valores máximos media 1 hora se encuentran próximos al umbral de información por lo que los esfuerzos en mejorar este contaminante deben continuar.**
- En conclusión, aunque actualmente se cumplen los valores objetivos y los valores máximos diarios se encuentran en valores próximos al Umbral de información se recomiendan medidas para este contaminante, para mejorar la calidad del aire ambiente y evitar posibles situaciones adversas en los próximos años.

METALES: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Níquel (Ni) (ng/m³) y BENZO(A)PIRENO: B(a)P (µg/m³).

- Estos metales pesados, junto al Pb e hidrocarburo aromático policíclicos, no existe un nivel umbral en la Guía de Calidad del Aire de 2005. Sin embargo los datos científicos muestran que estos metales pesados y algunos hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), son cancerígenos genotóxicos, caracterizados por su capacidad de alterar la estructura del ADN (código genético) y de los cromosomas, sin que exista ningún límite tolerable sin que cause riesgos a la salud humana.
- El benzo (a) pireno por su parte, es el indicador establecido para los hidrocarburos policíclicos en el aire ambiente.
- **No se han producido superaciones del Valor Objetivo en ninguno de los contaminantes, no obstante debido su repercusión en la salud, se debe tratar de que sean concentraciones más bajas posibles aunque en todos los casos se encuentran bastante distantes respecto a los valores objetivos.**

Conclusiones de la Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol.

La zonificación actualmente vigente corresponde al año 2011. A continuación se presenta una tabla resumen en la que se observa el cumplimiento de la normativa en cuanto a los criterios de evaluación y gestión, en el ámbito territorial

en el que la normativa incluye al municipio de Málaga, la Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol desde 2011 -2016. No obstante, el diagnóstico se ha realizado a lo largo del plan en todo el municipio y en el periodo 2004-2016, en el Municipio de Málaga, pero los resultados se pueden resumir en la siguiente tabla.

Lo más destacable es el ozono que supera el valor objetivo en 2015, no obstante debe darse durante tres años consecutivos para que se considere un incumplimiento, aspecto que no se produce observando en 2016 una tendencia general de mejora de los niveles de los contaminantes.

También existen superaciones de los valores máximos diarios en PM10 en la estación de Carranque los años 2009 y periodo 2011-2014. Se observa un descenso claro en los años 2015 y 2016. Se debe estudiar si los descensos se deben a las medidas aplicadas según el Plan de Mejora de la Calidad del Aire de Málaga y la Costa del Sol, existente debido a las superaciones normativas. Así mismo, se cumplen valor límites diarios y anuales.

Tabla resumen sobre los niveles de contaminantes atmosféricos en función de su grado de cumplimiento de la normativa en la materia.

ZONA ES0119		ZONA AGLOMERACIÓN DE MÁLAGA Y LA COSTA DEL SOL					
CONTAMINANTE	VALORES	2011	2012	2013	2014	2015	2016
SO2	> VL Horario						
	≤VL Horario						
	> VL Diario						
	≤VL Diario						
O3	> TV						
	≤ TV; ITO						
	> VL Diario						
PM10	> VL Diario						
	≤VL Diario						
	> VL Anual						
	≤VL Anual						
PM2,5	> VL Anual						
	≤VL Anual						
CO	> VL Anual						
	≤VL Anual						
NO2	> VL Horario						
	≤VL Horario						
	> VL Anual						
	≤VL Anual						
BENCENO	> VL Anual						
	≤VL Anual						
Ar	> V Objetivo						
	≤V Objetivo						
Cd	> V Objetivo						
	≤V Objetivo						
Ni	> V Objetivo						
	≤V Objetivo						
B(a)P	> V Objetivo						
	≤V Objetivo						
Pb	> VL Anual						
	≤VL Anual						

Con carácter general cabe destacar:

- Ozono troposférico. Se supera el valor objetivo para la protección de la salud humana de los valores máximos diarios de las medias móviles octoarias, no obstante no se supera durante tres años, por lo que no se incumple los requisitos de los estados miembros. No se producen superaciones del umbral de información ni del umbral de alerta del promedio horario.
- Óxidos de nitrógeno/Dióxido de nitrógeno. Se supera el valor límite horario en dos ocasiones, sin superar el número de ocasiones máximo anual.
- Partículas en suspensión. El valor máximo diario (promedio 24h) supera en todas las estaciones al valor límite diario y durante los años comprendidos entre 2011 – 2015 se supera el número máximo de superaciones en la estación de Carranque (estación de fondo urbana). No obstante, no se observan superaciones del valor límite anual en ninguna de las estaciones.

Medio de difusión pública del plan.



Plan de Calidad del Aire
MÁLAGA

Medios de difusión pública del Plan.

Para la difusión del Plan de Calidad del Aire se ha realizado una sitio web www.calidaddelairemalaga.es. Esta web ha sido el núcleo de comunicación del plan donde se ha integrado los avances del Plan, se han ido subiendo noticias relacionadas con la calidad del aire y se ha publicado una encuesta para fomentar la participación ciudadana para incorporarla directamente al plan.



Imagen X. Previsualización de la web del Plan de Calidad del Aire www.calidaddelaire.es

Visitas a la web

A continuación se muestran las visitas a la web.



Visitas mensuales a la web www.calidaddelairemalaga.es.

Redes sociales

Además se ha realizado una campaña de difusión a través de redes sociales de mensajes para la ciudadanía para concienciar de la importancia de la calidad del aire. Se realizaron infografías e imágenes que invitan a las personas a actuar para una mejora de la calidad del aire de la ciudad.

A continuación se muestran los mensajes realizados tanto la imagen como el texto que acompaña la publicación.

Aprovechar el viaje con personas que hagan el trayecto similar al nuestro. Compartir el coche no sólo ayuda a emitir menos CO₂ a la atmósfera, sino que también nos permite

**"Comparte coche, evita atascos
y ahorra en combustible"**

Plan de Calidad del Aire
MÁLAGA

Ayuntamiento de Málaga
Área de Sostenibilidad Medioambiental

COAMBA
colegio de ambientólogos
de andalucía

Aprovechar el viaje con personas que hagan el trayecto similar al nuestro. Compartir el coche no sólo ayuda a emitir menos CO₂ a la atmósfera, sino que también nos permite ahorrar dinero en combustible y reducimos los atascos en horas puntas.

Utiliza el transporte público



Los automóviles ocupan un precioso espacio urbano:

- Un coche está aparcado el 95% del tiempo y ocupa tanto sitio como la oficina donde trabaja su conductor.
- En el recorrido domicilio-trabajo, un vehículo privado consume entre 20 y 50 veces más espacio urbano que el transporte público.

Desplázate a pie o en bicicleta en recorridos cortos



Desplázate a pie o en bicicleta en recorridos cortos. Usa la bicicleta para desplazarte en trayectos cortos dentro de la ciudad. Contribuyes a mejorar la calidad del aire y mejorarás tu forma física. Todo suma.



"Al trabajo,
mejor en bicicleta"

Desplázate a pie o en bicicleta en recorridos cortos. Usa la bicicleta para desplazarte en trayectos cortos dentro de la ciudad. Contribuyes a mejorar la calidad del aire y mejorarás tu forma física. Todo suma.



No todos los aparatos eléctricos o electrodomésticos consumen igual. Aquellos cuya certificación es Clase A (+++) son los más eficientes, y además, más económicos y rentables a largo plazo. Ayudar a mejorar la calidad del aire es sinónimo de ahorrar.



Realiza un consumo eléctrico responsable. La calidad del aire depende de tu comportamiento diario.



Trabaja desde casa: Siempre que te sea posible, intenta trabajar desde casa o hacer reuniones a través de internet, así se evita un transporte innecesario. Y sino, ya sabes, utiliza la bicicleta.

MÁLAGA te necesita, TÚ OPINIÓN es importante.



Valora la calidad del aire de Málaga



Ayúdanos a tomar medidas mas eficaces



Mejoremos entre todos el bienestar de la ciudad.

Participa en la encuesta del Plan de Calidad del Aire de Málaga. Tu opinión es importante.

El alcance de todas las publicaciones en provocado es un impacto total de 7500 personas alcanzadas las cuales han interactuado con los mensajes lanzados desde el Plan de Calidad del Aire de Málaga.

Participación en la Jornada Mejora de la Calidad del Aire en las Ciudades.

El 17 de noviembre de 2016 se participó en las jornadas organizadas por la Federación Española de Municipios y Provincias FEMP, El Ayuntamiento de Málaga y Sedigas.





Índices y bibliografía



Plan de Calidad del Aire
MÁLAGA

1. Índice de figuras.

Figura	Pag
Figura 01. Objetivos de mejora de la calidad del aire Agenda 21 1995-2005.	4
Figura 02. Objetivos de mejora de la calidad del aire Agenda Urbana.	5
Figura 03. Atlas Climático Ibérico, Temperatura del Aire y Precipitación. (1971-2000) Málaga Aeropuerto. Fuente: AEMET.	28
Figura 04. Dirección y velocidad del viento predominante. Fuente: WindFinder.	30
Figura 05. Comparación de las emisiones totales de otros contaminantes para el Año 2011 y 2014.	53
Figura 06. Comparación de las emisiones totales de otros contaminantes para el Año 2011 y 2014.	57
Figura 07. Evolución SO ₂ de los máximos diarios. Fuente. Datos Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía.	86
Figura 08. Valores media horaria anual en Percentil 98 de NO ₂ en las estaciones de Málaga.	90

Figura	Pag
Figura 09. Evolución de los valores máximos de NO ₂ media horaria en microgramos/m ³ .	91
Figura 10. Evolución del valor medio anual de NO ₂ en microgramos/m ³	92
Figura 11. Evolución NH ₃ valor medio anual.	96
Figura 12. Evolución del valor límite máximo diario de PM ₁₀ .	99
Figura 13. Evolución del número de superaciones del valor límite diario de PM ₁₀ . Valor límite diario 50 microgramos/m ³ .	100
Figura 14. Evolución del valor medio anual de PM ₁₀ en microgramos/m ³ .	101
Figura 15. Evolución valor máximo diario PM _{2,5} .	105
Figura 16. Representación valor medio anual Pb.	108
Figura 17. Representación valor medio anual Benceno.	110
Figura 18. Evolución valores máximos diarios media octo horarias.	112
Figura 19. Evolución valores máximos diarios media octo horarias.	116
Figura 20. Evolución valores máximos diarios.	117
Figura 21. Evolución número de superaciones valor objetivo.	118
Figura 22. Evolución del valor medio anual Ar	124
Figura 23. Evolución del valor medio anual Cd	124
Figura 24. Evolución del valor medio anual Ni	124
Figura 25. Evolución del valor medio anual B(a)P	124
Figura 26. Evolución del índice de calidad del aire Avd. Juan XXIII	126

Figura	Pag
Figura 27. Evolución del índice de calidad del aire en Campanillas	126
Figura 28. Evolución del índice de calidad del aire en Carranque.	127
Figura 29. Evolución del índice de calidad del aire en el Atabal	127
Figura 30. Evolución del índice de calidad del aire en tanto por ciento de días al mes en Avd. Juan XXIII	128
Figura 31. Evolución del índice de calidad del aire en tanto por ciento de días al mes en Campanillas.	128
Figura 32. Evolución del índice de calidad del aire en tanto por ciento de días al mes en Carranque.	129
Figura 33. Evolución del índice de calidad del aire en tanto por ciento de días al mes en el Atabal.	129

2. Índice de imágenes.

Imagen	Pag
Imagen 01. Vista panorámica de Málaga. Fuente: Kiban - Wikimedia Commons	5
Imagen 02. Cielo de Málaga desde el Parque de la Alameda.	7
Imagen 03. Parque de Málaga.	13
Imagen 04. Nocturna de la Catedral de Málaga	19
Imagen 05. Atardecer Paraje Natural Desembocadura del Guadalhorce.	34
Imagen 06. Rosaleda. Jardín Botánico Universidad de Málaga.	35
Imagen 07. Cielo nuboso sobre el centro de la Ciudad.	58

Imagen	Pag
Imagen 08. Estación de Carranque.	64
Imagen 09. Vista área de la Bahía de Málaga.	82
Imagen 10. Muelle 1.	103

3. Índice de planos.

Plano	Pag
Plano 01. Plano del municipio de Málaga. Anexo I.	22
Plano 02. Usos y coberturas del suelo del municipio de Málaga. Anexo II.	25
Plano 03. Densidad de Población por Barrios. Anexo III.	27
Plano 04. Modelo Digital de Elevaciones de Málaga. Anexo IV.	28
Plano 05. Radiación Solar Global. Anexo V.	29
Plano 06. Espacios Naturales Protegidos. Anexo VI.	34
Plano 07. Zonas Verdes Municipio de Málaga. Anexo VI.	35
Plano 08. Fuentes de Emisión del Registro PRTR. Anexo VII.	49
Plano 09. Zonificación para la evaluación de la calidad del aire, de 2011 en adelante. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio Junta de Andalucía.	62
Plano 10. Localización de las estaciones Fijas de la RVCCAA en Málaga. Anexo IX.	65



Plano	Pag
Plano 11. Media anual de NO ₂ (µg/m ³) obtenida para los captadores de fondo en Málaga.	93
Plano 12. Media anual de NO ₂ (µg/m ³) obtenida para los captadores de fondo en Málaga.	93
Plano 13. Media anual de O ₃ (µg/m ³) obtenida para los captadores de fondo en Málaga.	119
Plano 14. Media anual de O ₃ (µg/m ³) obtenida para los captadores de fondo en Málaga	119
Plano 15. Teselas proyecto de medida de la calidad del aire ambiente SMAQ – CURMOS – APPMosfera Ayuntamiento de Málaga Urban Clouds.	134
Plano 16. Puntos de instalación fija de evaluación de la calidad del aire del proyecto del Ayuntamiento de Málaga y Urban Clouds.	135

4. Índice de tablas.

Tabla	Pag
Tabla 01. Habitantes de Málaga en 2015. Fuente SIMA.	22
Tabla 02. Mapa de usos y coberturas vegetales del suelo de Andalucía 2007, escala 1:25.000. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.	25
Tabla 03. Empresas por actividad económica según CNAE 09. Sima 2015. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía	26
Tabla 04. Personas ocupadas por actividad económica. Fuente: IEA – Censos de Población y Viviendas 2001.	26
Tabla 05. Millones de personas expuestas a niveles perjudiciales de contaminación atmosférica en España por contaminantes, según la legislación vigente (VL) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).	31

Tabla	Pag
Tabla 06. Valores umbral de emisión del Anexo II del RD 508/2007.	47
Tabla 07. Fuentes Puntuales de Emisión del Registro PRTR en Málaga.	48
Tabla 08. Emisiones totales de partículas y precursores de partículas en tonelada por sector de actividad para el municipio de Málaga. Año 2011.	50
Tabla 09. Porcentaje de emisión de partículas y precursores de partículas por sector de actividad para el municipio de Málaga. Año 2011.	51
Tabla 10. Emisiones totales en toneladas por sector de actividad para el municipio de Málaga. Año 2014. Fuente: borrador de la estrategia de protección de la calidad del aire de Andalucía.	52
Tabla 11. Emisiones totales de partículas y precursores de partículas en tonelada. Año 2014	52
Tabla 12. Comparación de las emisiones totales de partículas y precursores de partículas en toneladas para el Año 2011 y 2014.	52
Tabla 13. Emisiones totales de otros contaminantes por sector de actividad para el municipio de Málaga. Año 2011.	54
Tabla 14. Porcentaje de emisión de otros contaminantes por sector de actividad para el municipio de Málaga. Año 2011.	55
Tabla 15. Emisiones totales en toneladas por sector de actividad para el municipio de Málaga. Año 2014.	56
Tabla 16. Emisiones totales de otros contaminantes por Sector de Actividad. Año 2014.	56
Tabla 17. Comparación de las emisiones totales de otros contaminantes para el Año 2011 y 2014.	56
Tabla 18. Clasificación de las estaciones de la RVCCAA.	64
Tabla 19. Estaciones Fijas de la RVCCAA en el municipio de Málaga.	65



Tabla	Pag
Tabla 20. Umbrales superior e inferior de evaluación. Anexo II Directiva 2008/50/CE.	70
Tabla 21. Umbrales superior e inferior de evaluación. Directiva 2008/50/CE. Guía sobre la Decisión de la Comisión.	71
Tabla 22. Umbrales superior e inferior de evaluación. Directiva 2004/107/CE, de 28 de febrero.	71
Tabla 23. Umbrales de Evaluación Zona Málaga y la Costa del Sol.	72
Tabla 24. Número mínimo de puntos de estaciones fijas en una zona o aglomeración.	75
Tabla 25. Número mínimo de puntos de muestreo para el ozono en estaciones fijas continúa	76
Tabla 26. Compuestos orgánicos Volátiles. Anexo XI texto consolidado Real Decreto 102/2011 de 28 de enero.	77
Tabla 27. Número mínimo de puntos de estaciones fijas en una zona o aglomeración.	78
Tabla 28. Tabla: HAP mínimos a evaluar.	78
Tabla 29. Información de parámetros de contaminantes en el municipio de Málaga según los sensores y métodos de toma de muestra.	81
Tabla 30. Estaciones y parámetros medidos en la Zona de la Aglomeración de Málaga y la Costa del Sol.	83
Tabla 31. Información de parámetros de contaminantes en el municipio de Málaga según los sensores y métodos de toma de muestra.	84
Tabla 32. Objetivos intermedios y objetivos de la Guía de Calidad del Aire de la OMS, 2005.	85
Tabla 33. Comparación de los valores RD102/2011 con GCA (OMS, 2005).	85

Tabla	Pag
Tabla 34. Datos Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía. Junta de Andalucía	86
Tabla 35. Objetivos de calidad del aire para el NO ₂ . Fuente: RD 102/2011.	88
Tabla 36. Comparación de los valores RD102/2011 con GCA (OMS, 2005).	89
Tabla 37. Valores media horaria anual en Percentil 98 de NO ₂ en las estaciones de Málaga.	90
Tabla 38. Evolución de los valores máximos de NO ₂ media horaria en microgramos/m ³ .	91
Tabla 39. Evolución del valor medio anual de NO ₂ en microgramos/m ³ .	92
Tabla 40. Niveles NH ₃ .	96
Tabla 41. Objetivos de calidad del aire para el PM ₁₀ .	97
Tabla 42. Objetivos intermedios y meta para según la Guía de Calidad del Aire de la OMS (2005).	98
Tabla 43. Comparación de los valores RD102/2011 con GCA (OMS, 2005).	99
Tabla 44. Objetivos de calidad del aire para el PM _{2,5} .	104
Tabla 45. Objetivos intermedios y meta según la Guía de Calidad del Aire de la OMS (2005).	104
Tabla 46. Comparación de los valores RD102/2011 con GCA (OMS, 2005).	105
Tabla 47. Objetivos de calidad del aire para el PM _{2,5} .	104
Tabla 48. Objetivos intermedios y meta según la Guía de Calidad del Aire de la OMS (2005).	104

Tabla	Pag
Tabla 49. Comparación de los valores RD102/2011 con GCA (OMS, 2005).	105
Tabla 50. Objetivos de calidad del aire para el Pb.	106
Tabla 51. Evolución Pb	107
Tabla 52. Objetivos de calidad del aire para el Benceno.	109
Tabla 53. Objetivos de calidad del aire para el Monóxido de Carbono.	111
Tabla 54. Evolución valores máximos diarios media octo horarias.	112
Tabla 55. Objetivos de calidad del aire para el O3	114
Tabla 56. Meta de la Guía de Calidad del Aire de la OMS, 2005	115
Tabla 57. Valores máximos diarios media horaria.	116
Tabla 58. Objetivos de calidad del aire para los metales	123

5. Bibliografía

- Directiva 2008/50/CE.
- Directiva 2004/107/CE.
- Ley 34/2007 de calidad del aire y protección de la atmósfera.
- Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera.
- Plan de Mejora de la Calidad del Aire de la Aglomeración de Málaga y la costa del Sol.
- Plan AIRE 2013-2016.
- Borrador Plan AIRE. 2017-2019.

- Portal Web Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.
- Borrador Estrategia Andaluza Calidad del Aire.
- Normativa ambiental en materia de calidad del aire.
- Plan AIRE. 2017-2019.