



Estrategia de Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid **2023-2030**



**Comunidad
de Madrid**

Anexo 2. Plan de Mejora de la Calidad del Aire





Índice de contenido



Índice de contenido.....	2
Índice de tablas	3
Índice de figuras.....	5
1. INTRODUCCIÓN	7
2. DIAGNÓSTICO	25
3. OBJETIVOS DEL PLAN DE CALIDAD DEL AIRE.....	59
4. SECTORES ESTRATÉGICOS Y ÁREAS DE ACTUACIÓN DEL PLAN DE CALIDAD DEL AIRE.....	64
5. METODOLOGÍA.....	86
6. PLANES DE ACCIÓN A CORTO PLAZO DURANTE EPISODIOS DE ALTA CONTAMINACIÓN.....	90
7. PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD DEL AIRE POR OZONO	93
8. CONDICIONES HABILITANTES Y SEGUIMIENTO DEL PLAN.....	99
9. REFERENCIAS	108
10. ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	111





Índice de tablas

Tabla 1. Valores límite fijados en el RD 102/2011, valores recomendados por la OMS en 2021 y 2005 y valores recogidos en la propuesta de revisión de la Directiva de calidad del aire publicada en octubre de 2022. (Elaboración propia)	17
Tabla 2. Objetivos de reducción de emisiones fijados en la Directiva de Techos y el I PNCCA (Elaboración propia)	19
Tabla 3. Principales datos de las distintas estaciones fijas de medida de la Red de la Comunidad de Madrid. (Área de Calidad Atmosférica, Dirección General de Medio Ambiente y Sostenibilidad, 2021)	27
Tabla 4. Evolución de la situación de la calidad del aire para el compuesto NO ₂ en la Red de la Comunidad de Madrid en el periodo 2015-2021 según el número de superaciones del valor límite horario (Elaboración propia)	34
Tabla 5. Evolución de la calidad del aire para el NO ₂ en la Red del Ayuntamiento de Madrid en el periodo 2015-2021 según el número de superaciones del valor límite horario (Elaboración propia)	36
Tabla 6. Evolución de la situación de la calidad del aire para el compuesto PM ₁₀ en la Red de la Comunidad de Madrid en el periodo 2015-2021 según el número de superaciones del valor límite diario sin descontar el aporte de polvo sahariano (Elaboración propia)	39
Tabla 7. Valores objetivo-propuestos para la mejora de la calidad del aire 2023- 2030. (Elaboración propia)	63
Tabla 8. Áreas de actuación del Plan de Calidad del Aire 2021-2030 correspondientes al sector transporte y la movilidad	70
Tabla 9. Áreas de actuación del Plan de Calidad del Aire 2021-2030 correspondientes al sector RCI. (Elaboración propia)	74
Tabla 10. Medidas del Plan de Calidad del Aire 2021-2030 correspondientes al sector energía, industria y las utilities (agua y residuos). (Elaboración propia)	77
Tabla 11. Tipos de espacios protegidos en la Comunidad de Madrid. (Elaboración propia a partir del Diagnóstico Ambiental 2020)	79
Tabla 12. Medidas del Plan de Calidad del Aire 2021-2030 correspondientes al sector agricultura y medio natural. (Elaboración propia)	82
Tabla 13. Medidas transversales del Plan de Calidad del Aire 2021-2030. (Elaboración propia)	84
Tabla 14. Resumen de emisiones bajo el escenario planteado (Evaluación del efecto de las medidas de la Estrategia de energía, clima y aire de la comunidad de Madrid 2023- 2030, UPM)	88
Tabla 15. Umbrales de contaminación establecidos en el Plan Marco de Acción a corto plazo en caso de episodios de alta contaminación por PM ₁₀ , PM _{2,5} , NO ₂ , O ₃ y SO ₂ . (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico - MITERD, 2021)	92
Tabla 16. Valores establecidos para el O ₃ en el Real Decreto Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. (Elaboración propia)	94
Tabla 17. Umbrales establecidos para el O ₃ en el Real Decreto Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire (Elaboración propia)	95
Tabla 18. Valores establecidos para el O ₃ en la propuesta de Directiva relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa por la que se revisan las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE, publicada el 26 de octubre de 2022 (Elaboración propia)	95
Tabla 19. Objetivos establecidos para el O ₃ en a propuesta de Directiva relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa por la que se revisan las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE, publicada el 26 de octubre de 2022	95
Tabla 20. Umbrales establecidos para el O ₃ en a propuesta de Directiva relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa por la que se revisan las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE, publicada el 26 de octubre de 2022	96
Tabla 21. Explicación del “Índice Nacional de Calidad del Aire” utilizado en la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid (Área de Calidad Atmosférica, 2022)	104
Tabla 22. Rango de concentraciones utilizado para definir las categorías del índice de Calidad del Aire. (Área de Calidad Atmosférica, 2022)	105



Tabla 23. Detalle de los parámetros que son objeto de seguimiento diario en las estaciones de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid. (Área de Calidad Atmosférica, 2022) 106

Tabla 24. Parámetros que son objeto de seguimiento diario en las estaciones de la Red de Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid. (Área de Calidad Atmosférica, 2022).....107





Índice de figuras

Figura 1. Instrumentos de planificación en materia atmosférica de la Comunidad de Madrid (Elaboración propia).....	8
Figura 2. Datos poblacionales (Instituto de Estadística de la CM, 2022).....	12
Figura 3. Población empadronada y densidad de población de la Comunidad de Madrid 2021.	13
Figura 4. Evolución de la población en la Comunidad de Madrid y su proyección 1985-2035 (Elaboración propia a partir de datos del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid).....	13
Figura 5. Población a 2022 y proyección a 2035 en la Comunidad de Madrid. (INE, 2020).....	14
Figura 6. Proyecciones consideradas en el modelado energético para la población y el PIB de la Comunidad de Madrid...	14
Figura 7. Evolución de la renta per cápita en la Comunidad de Madrid 2008-2020. (INE, 2020).	15
Figura 8. Evolución de la población ocupada 2006 – 2021 y reparto de la ocupación por actividades económicas 2021.....	15
Figura 9. ODS relacionados con la contaminación atmosférica. (Organización de las Naciones Unidas, 2015)	18
Figura 10. Contaminación atmosférica: de las emisiones a la exposición. (Adaptado de Environmental Protection Agency-EPA).....	20
Figura 11. Formación del Ozono Troposférico.....	22
Figura 12. Zonificación y Red de calidad del aire de la Comunidad de Madrid. (Área de Calidad Atmosférica, Dirección General de Medio Ambiente y Sostenibilidad, 2021).....	26
Figura 13. Red de estaciones fijas de control de calidad del aire del Ayuntamiento de Madrid. (Ayuntamiento de Madrid, 2022).....	30
Figura 14. Media anual de NO ₂ en µg/m ³ en 2021 en las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid. (Elaboración propia).....	32
Figura 15. Media anual y nº de superaciones del valor límite horario de NO ₂ en µg/m ³ en 2021 en las estaciones de la Red del Ayuntamiento de Madrid. (Elaboración propia).....	33
Figura 16. Evolución de la calidad del aire de NO ₂ en la Red de la Comunidad de Madrid en el periodo 2015- 2021 según el límite anual (Elaboración propia)	34
Figura 17. Evolución de la calidad del aire de NO ₂ en la Red del Ayuntamiento de Madrid en el periodo 2015- 2021 según el límite anual (Elaboración propia)	35
Figura 18. Media anual y nº de superaciones del valor límite diario de PM ₁₀ (con y sin descuento del aporte de polvo sahariano) en µg/m ³ en 2021 en las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid. (Elaboración propia) ...	37
Figura 19. Media anual y nº de superaciones del valor límite diario de PM ₁₀ (sin descuento del aporte de polvo sahariano) en µg/m ³ en 2021 en las estaciones del Ayuntamiento de Madrid. (Elaboración propia).....	38
Figura 20. Evolución de la calidad del aire de PM ₁₀ (sin descuento del aporte de polvo sahariano) en la Red de la Comunidad de Madrid en el periodo 2015- 2021 según el valor límite anual (Elaboración propia)	39
Figura 21. Evolución de la calidad del aire de PM ₁₀ (sin descuento del aporte de polvo sahariano) en la red del Ayuntamiento de Madrid en el periodo 2015- 2021 según el valor límite anual (Elaboración propia en base a los informes de calidad del aire del Ayuntamiento Madrid).....	40
Figura 22. Evolución de la calidad del aire de PM ₁₀ (sin descuento del aporte de polvo sahariano) en la red del Ayuntamiento de Madrid en el periodo 2015- 2021 según el número de superaciones del valor límite diario (Elaboración propia)	40
Figura 23. Media anual de PM _{2.5} (con y sin descuento del aporte de polvo sahariano) en µg/m ³ en 2021 en las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid. (Elaboración propia).....	41
Figura 24. Media anual de PM _{2,5} (sin descuento del aporte de polvo sahariano) en µg/m ³ en 2021 en las estaciones del Ayuntamiento de Madrid. (Elaboración propia).....	42
Figura 25. Evolución de la calidad del aire de PM _{2.5} (sin descuento del aporte de polvo sahariano) en la Red de la Comunidad de Madrid en el periodo 2015- 2021 según el valor límite anual. (Elaboración propia)	42
Figura 26. Evolución de la calidad del aire de PM _{2.5} (sin descuento del aporte de polvo sahariano) en la Red del Ayuntamiento de Madrid en el periodo 2015- 2021 según el valor límite anual. (Elaboración propia).....	43



Figura 27. Número de superaciones en 2021 del valor objetivo de O ₃ para la protección de la salud en las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid. (Elaboración propia)	44
Figura 28. Valor objetivo de O ₃ para la protección de la vegetación (AOT ₄₀) en las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid. Año 2021. (Elaboración propia)	44
Figura 29. Número de superaciones del valor objetivo de O ₃ para la protección de la salud en las estaciones de la Red del Ayuntamiento de Madrid. (Elaboración propia)	45
Figura 30. Número de superaciones en el periodo 2015-2021 del valor objetivo de O ₃ para la protección de la salud en las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid. (Elaboración propia)	46
Figura 31. Nº de superaciones del valor objetivo para la protección de la salud humana, periodo 2015-2021 en la red de estaciones del Ayuntamiento de Madrid. (Elaboración propia)	46
Figura 32. Evolución del valor objetivo de O ₃ para la protección de la vegetación en las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid en el periodo 2015 – 2021. (Elaboración propia).	47
Figura 33. Evolución del consumo final de energía de la Comunidad de Madrid (kteps). (FENERCOM, 2022)	51
Figura 34. Contribución por sectores a las de las emisiones de los principales contaminantes atmosféricos en la Comunidad de Madrid en el año 2020. (Elaboración propia en base al inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid)	51
Figura 35. Evolución de las emisiones en la Comunidad de Madrid de aquellos contaminantes para los que existen techos nacionales de emisión. (Área de Calidad Atmosférica, Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura, 2022)	52
Figura 36. Evolución de las emisiones de NO _x (expresados como NO ₂) en la Comunidad de Madrid en el periodo 1990-2020. (Elaboración propia en base al inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid).	53
Figura 37. Evolución de las emisiones de COVNM en la Comunidad de Madrid en el periodo 1990-2020 (Elaboración propia en base al Inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid).	53
Figura 38. Evolución de las emisiones de SO ₂ en la Comunidad de Madrid en el periodo 1990-2020 (Elaboración propia en base al inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid).	54
Figura 39. Evolución de las emisiones de NH ₃ en la Comunidad de Madrid en el periodo 1990-2020. (Elaboración propia en base al inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid)	54
Figura 40. Evolución de las emisiones de PM _{2,5} en la Comunidad de Madrid en el periodo 1990-2020. (Elaboración propia en base al inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid)	55
Figura 41. Diagrama del flujo de información entre los diferentes componentes del sistema de simulación. (Universidad Politécnica de Madrid, 2022)	56
Figura 42. Objetivos Estratégicos de la EECAM. (Elaboración propia)	61
Figura 43. Sectores estratégicos de la Estrategia de Energía, Clima y Aire de la CM. (Elaboración propia)	61
Figura 44. Reparto por clase de los vehículos inscritos en el Registro de la Jefatura Central de Tráfico 2021 (Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, 2021).	65
Figura 45: Consumo de energía final en la Comunidad de Madrid en el sector transporte (ktep) (FENERCOM, 2022).	65
Figura 46. Indicador global de electromovilidad. Datos a cierre de 2021. España (izquierda) y Europa (derecha). (ANFAC, 2022)	66
Figura 47. Indicador de penetración del vehículo electrificado en España (izquierda) e indicador de infraestructura de recarga en España (derecha). (ANFAC, 2022)	66
Figura 48. Consumo de energía final en la Comunidad de Madrid en el sector residencial y sector servicios (FENERCOM, 2022).	71
Figura 49. Consumo de energía final en la Comunidad de Madrid en el sector industria. (FENERCOM, 2022).	75
Figura 50. Consumo de energía final en la Comunidad de Madrid en el sector agricultura (FENERCOM, 2022)	80
Figura 51. Estructura de un sistema MER (Monitoreo, Evaluación y Reporte). (C40, 2021).	100



1. INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica sigue siendo una de las principales causas de enfermedad y muerte prematura en Europa¹. Afecta especialmente a los grupos más vulnerables como niños, ancianos y personas con enfermedades cardiovasculares, así como a la población socioeconómicamente más desfavorecida. Además, hay evidencias de que la contaminación del aire puede estar asociada con cambios en el sistema nervioso, como la demencia. Asimismo, supone una amenaza para el medio ambiente a través de la acidificación, la eutrofización y el daño por ozono, causando daños a los bosques, ecosistemas y cultivos.

Aunque se han logrado importantes mejoras en la calidad del aire en la Unión Europea durante las últimas tres décadas, la mayoría de las personas que viven en las ciudades europeas continúan expuestas a niveles de contaminación atmosférica que la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera nocivos, según los datos sobre la calidad del aire publicados anualmente por la Agencia Europea de Medio Ambiente. Por esta razón, la emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera se posiciona como una de las mayores preocupaciones sociales actuales.

Las directivas de la Unión Europea sobre la calidad del aire ambiente, que se encuentran actualmente en proceso de revisión, establecen límites para los principales contaminantes atmosféricos con el fin de proteger la salud de los ciudadanos y también los ecosistemas. Estos valores tienen en cuenta las directrices de la OMS, así como consideraciones de viabilidad técnica y económica en el momento de su adopción. Cabe señalar que la OMS ha establecido recientemente (septiembre de 2021) nuevas recomendaciones de calidad del aire para proteger la salud pública, de acuerdo a la revisión sistemática de las mejores pruebas científicas disponibles sobre los efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana, que demuestran que la contaminación atmosférica perjudica a la salud humana en concentraciones incluso inferiores a las consideradas anteriormente.

En este contexto, la mejora de la calidad del aire ha sido, y es, una de las principales líneas de trabajo de la política medioambiental de la Comunidad de Madrid, consciente de los efectos negativos que produce la contaminación atmosférica sobre la salud de las personas y los ecosistemas. Este compromiso se ha materializado a través de la elaboración de este Plan de Calidad del Aire 2023-2030 (inscrito dentro de la Estrategia de Energía, Clima y Aire 2023-2030), que da continuidad a sus antecesores.

De esta forma, en 1986 se elaboró el primer Plan de Saneamiento Regional de la Comunidad de Madrid, que permitió que la antigua Agencia de Medio Ambiente pusiera en marcha la Red de Control de la Contaminación Atmosférica de la Comunidad de Madrid. Posteriormente, con la aprobación de la nueva legislación comunitaria en materia de contaminación atmosférica y la necesaria adaptación de los mecanismos de vigilancia y control de la Red a las nuevas técnicas de evaluación de la calidad del aire, se puso en marcha el Plan de Saneamiento Atmosférico en la Comunidad de Madrid, para el periodo 1999-2002.

Tras la finalización de ese plan, se elabora la Estrategia de calidad del aire y cambio climático para el periodo 2006-2012, conocido como el "Plan Azul", que estableció un ámbito de actuación ambicioso dando cabida a 111 medidas distribuidas en diferentes programas sectoriales y horizontales, a fin de alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), compuestos orgánicos volátiles (COVs), monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x) y óxidos de nitrógeno (NO_x). En relación con los objetivos de calidad del aire que se plantearon, cabe indicar que se cumplieron los establecidos para las partículas de diámetro inferior a diez micras (PM₁₀) y, sólo parcialmente, los de NO_x y el O₃.

Los trabajos desarrollados para continuar con el Plan Azul culminaron con la elaboración de la Estrategia de Calidad del Aire y Cambio Climático de la Comunidad de Madrid 2013-2020 (el llamado "Plan Azul+"), que apostó de forma decidida por continuar con la mejora de la calidad del aire y por la reducción de las emisiones de contaminantes y de gases de efecto invernadero. Este plan, se articulaba en 58 medidas encaminadas a alcanzar un objetivo final de reducción de 30.000 toneladas de sustancias emitidas a la atmósfera en el año 2020.

Posteriormente, en 2016 se iniciaron los trabajos de revisión del Plan Azul+, con la intención de redefinir en lo necesario los objetivos a cumplir y las medidas a adoptar, especialmente en aquellos ámbitos en los que resultaba necesario intensificar

¹ Air quality in Europe 2022, Report no. 05/2022 (Agencia Europea de Medio Ambiente).





los esfuerzos, como es el caso de los óxidos de nitrógeno (NOx) y el ozono (O₃). Dichos trabajos finalizaron en abril de 2019 con la redacción del documento de Revisión de la Estrategia de Calidad del Aire y Cambio Climático 2013-2020, "Plan Azul+". Este documento tiene como finalidad la consecución del cumplimiento de los objetivos establecidos en el Plan Azul+ para aquellos contaminantes que, según los datos proporcionados por la Red, superan los valores objetivo y valores límite fijados en la normativa y, además, encamina los esfuerzos hacia la consecución de los objetivos fijados tanto a nivel nacional como en los acuerdos internacionales recientemente adoptados. Se refuerza la acción fundamentalmente en materias como la movilidad eléctrica, la adaptación al cambio climático o la gobernanza sostenible. El resultado de este análisis se tradujo en la propuesta de 40 medidas adicionales, 12 nuevas y 28 complementarias a las ya incluidas en el Plan Azul+, con un periodo de ejecución superior al horizonte temporal del mismo, dando especial prioridad a aquellas actuaciones relacionadas con la reducción de las emisiones procedentes del transporte, así como la mitigación y adaptación al cambio climático.

En la siguiente figura se resumen los instrumentos de planificación en materia atmosférica elaborados por la Comunidad de Madrid:



Figura 1. Instrumentos de planificación en materia atmosférica de la Comunidad de Madrid (Elaboración propia).

Superado ese horizonte temporal, procede elaborar un documento de planificación en el que se establezcan nuevos objetivos, que se encuentren alineados con la necesidad de actuación que demanda la sociedad, con el fin fundamental de mejorar la calidad del aire y, con ello, la calidad de vida y el estado del medio ambiente en la Región.

El presente Plan de Calidad del Aire se enmarca dentro de la Estrategia de Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid para el periodo 2023-2030. Tanto el Plan, como la propia Estrategia, son el fruto del trabajo conjunto de los distintos centros directivos y organismos dependientes de las consejerías que conforman el Gobierno regional, especialmente de aquellas que desarrollan competencias en materias tales como transporte y vivienda, así como de otras entidades e instituciones públicas implicadas en la lucha contra la contaminación atmosférica. En este sentido, es imprescindible destacar el papel desempeñado por la **Comisión Interdepartamental de Cambio Climático** de la Comunidad de Madrid, órgano colegiado integrado por representantes de las distintas Consejerías que forman el Gobierno regional, cuya labor ha sido y es clave en la interlocución de todos los agentes responsables, así como en el diseño de nuevas medidas para la reducción de la contaminación atmosférica en nuestra Región.

A su vez, las aportaciones del **Comité Científico-Técnico sobre Cambio Climático** durante la redacción del documento han resultado esenciales para otorgar el rigor sobre el que se consolidan necesariamente las propuestas que aquí se recogen. Dicho Comité está integrado por expertos que forman parte de entidades públicas, privadas e independientes reconocidas en el ámbito de la investigación y la ciencia.

Cabe señalar asimismo que para los trabajos de elaboración del presente Plan se ha contado con la asistencia de **IDOM CONSULTING ENGINEERING ARCHITECTURE, S.A.U.**, que ha prestado su apoyo y colaboración durante el desarrollo de todas las tareas que han culminado con la redacción de este documento.

Por otra parte, es fundamental que tanto el Plan, como la Estrategia se redacten de forma consensuada, sistemática y participada y cuenten con un proceso de gobernanza adecuado. Por ello, antes de iniciarse la redacción del Plan, la Comunidad de Madrid elaboró un documento preliminar de la Estrategia en el que se realizó una propuesta inicial de estructura y contenido. En dicho documento se identificaron los objetivos a alcanzar y se propusieron las grandes líneas de actuación a desarrollar, con un horizonte temporal a 2030 y una visión de largo plazo proyectada a 2050. Una vez finalizada





la redacción de este documento, se llevó a cabo un proceso de consulta pública a través del portal de transparencia relativo a la redacción de la nueva Estrategia, cuya información estuvo activa para poder recibir aportaciones de cualquier persona u organización interesada desde el 4 hasta el 24 de junio de 2021, ambos incluidos. Durante este periodo se recibieron alegaciones por parte de 6 organismos, cuyas sugerencias se han tenido en cuenta en la redacción del documento.

Cabe señalar que estos trabajos se realizaron por la entonces Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Sostenibilidad² con el fin de elaborar un nuevo documento estratégico en el que establecer las grandes líneas de actuación a largo plazo para la mitigación y la adaptación al cambio climático y la mejora de la calidad del aire en la región. Posteriormente, el Decreto 237/2021, de 17 de noviembre, del Consejo de Gobierno, estableció la estructura orgánica de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura, encomendando a la misma las competencias que en materia de energía estaban atribuidas a la extinta Consejería de Economía, Empleo y Competitividad³.

Por este motivo, se hizo imprescindible analizar de nuevo la situación para integrar en un mismo instrumento de planificación, además de las competencias en materia de cambio climático y calidad del aire, sobre las que ya se estaba trabajando, las relativas a energía. Por ello, al haberse incorporado los aspectos relacionados con la energía en el documento estratégico, se consideró indispensable volver a realizar una nueva consulta pública del proyecto para aprobar la futura Estrategia. De esta forma, durante el mes de abril de 2023 (del 30 de marzo al 21 de abril), se llevó a cabo un nuevo proceso de consulta en el que se recibieron un total de 10 alegaciones, mayoritariamente de asociaciones y entidades relacionadas con la energía y medio ambiente, cuyas aportaciones han sido analizadas y recogidas en la elaboración de la estrategia y del presente plan.

Asimismo, desde el 10 de agosto al 13 de octubre de 2023, el borrador de la Estrategia y todos sus documentos anexos fueron sometidos al trámite de audiencia e información pública en el Portal de Transparencia de la Comunidad de Madrid. En este periodo se recibieron 39 alegaciones procedentes de distintos ayuntamientos, empresas y asociaciones, cada una de ellas contemplando a su vez diversas observaciones y comentarios. En total, se han analizado más de 240 alegaciones, de las que aproximadamente el 60% han sido estimadas, en parte o en su totalidad, procediendo a incluirse las correspondientes aportaciones en el documento de la EECAM o en alguno de los anexos, mayoritariamente en el Anexo 1. Áreas de Actuación o en el presente Plan.

Asimismo, cabe señalar que la elaboración del presente Plan está fundamentada en el proyecto de investigación denominado "**Modelización de la calidad del aire de la Comunidad de Madrid**" que se está llevando a cabo en el marco del **convenio de colaboración** firmado el 30 de diciembre de 2020 entre la **Comunidad de Madrid y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM)**. El citado convenio tiene una duración de 3 años y permite a la Comunidad de Madrid, por un lado, definir, evaluar y realizar un seguimiento de las áreas de actuación encaminadas a mejorar la calidad del aire y a la lucha contra el cambio climático y, por otro, posibilita a la UPM evolucionar sus técnicas de modelización, aumentando paralelamente su capacidad docente y de investigación. Entre los trabajos desarrollados por el momento por la UPM es necesario mencionar "**El análisis de contribución de fuentes emisoras**" y el documento "**Definición del nivel de ambición de la estrategia 2021-2030**", cuyos documentos resumen se han incluido como Anexos 3 y 4 de la Estrategia y que han sido tomados en consideración durante la redacción del presente Plan, como a continuación se describe.

El **análisis de contribución de fuentes emisoras** ha sido clave para dar el encuadre necesario al Plan y acotar el potencial de mejora que existe en cada sector. Este análisis se ha basado en métodos avanzados de contribución de fuentes integradas en modelos eulerianos fotoquímicos tridimensionales, que permiten hacer una contribución detallada de los contaminantes, incluso de los secundarios, de forma simultánea y totalmente consistente para todas las sustancias y sectores de interés.

Los resultados del citado análisis señalan al tráfico y al sector residencial, comercial e institucional (RCI) como las principales fuentes de contribución a los valores de inmisión de los contaminantes más relevantes desde el punto de vista de la salud humana de la Comunidad de Madrid, fundamentalmente óxidos de nitrógeno y material particulado de menos de 2,5 µm de diámetro.

Por su parte, el documento "**Definición del nivel de ambición de la estrategia 2021-2030**" supone una reflexión inicial de los objetivos a alcanzar durante el periodo de ejecución del plan, teniendo en cuenta la valoración del impacto en calidad del aire de medidas de reducción de emisiones simuladas en el pasado (en el contexto del Plan Azul+) y el análisis de

² En la actualidad, Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior, Decreto 38/2023, de 23 de junio, de la Presidenta de la Comunidad de Madrid, por el que se establece el número y denominación de las Consejerías de la Comunidad de Madrid.

³ En la actualidad, la estructura orgánica queda establecida por el Decreto 235 /2023, de 6 de septiembre, del Consejo de Gobierno, por el que se establece la estructura orgánica de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior.





contribución de fuentes realizado dentro del Convenio. El objetivo final es dar una estimación aproximada de la magnitud de las reducciones de emisiones necesaria para dar cumplimiento a la legislación en materia de calidad del aire.

Por último, y en el marco del convenio de colaboración con la UPM, se ha llevado a cabo la evaluación del efecto de las medidas de reducción de emisiones definidas en la nueva Estrategia de Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid 2023- 2030 en relación con el cumplimiento de los valores límite de concentración para los contaminantes atmosféricos NO₂, O₃ y material particulado, y recogidos en el Real Decreto 102/2011, para el horizonte temporal definido en la estrategia (año 2030). Los resultados obtenidos se recogen en el documento **"Evaluación del efecto de las medidas de la estrategia de energía, clima y aire de la Comunidad de Madrid, 2023-2030"**, cuyo documento resumen se adjunta como Anexo 5 de la Estrategia, en el que también se reflexiona sobre la compatibilidad con el cumplimiento de la actual propuesta de Directiva del Parlamento europeo y del Consejo relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia, de fecha 26 de octubre de 2022, así como con los valores guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

De esta forma, el Plan de Calidad del Aire va a plantear una serie de objetivos y de áreas sobre las que es necesario actuar para alcanzarlos, que se han establecido de forma consensuada entre las diferentes administraciones y agentes implicados, bajo la consideración de las siguientes premisas:

- ➊ Centrar los esfuerzos en la mejora de calidad del aire, abordando todos los ámbitos, pero focalizando la atención principalmente en aquellos sectores y contaminantes más significativos.
- ➋ Coordinar las actuaciones con otros instrumentos de planificación estratégica, tanto a nivel nacional (p.ej. el I Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica, en adelante PNCCA), como en el ámbito territorial de la propia Comunidad de Madrid (p.ej. la Estrategia de Energía, Clima y Aire 2023-2030, el Plan Estratégico de Movilidad Sostenible 2013-2025 o el Programa de ayudas a las actuaciones de rehabilitación energética de edificios residenciales y viviendas, entre otros).
- ➌ Impulsar las actuaciones ya emprendidas por aquellos municipios que han abordado planificaciones o medidas en relación con la mejora de la calidad del aire.
- ➍ Facilitar el marco general que dé cabida a las actuaciones que establezcan aquellos municipios que aún no han abordado la elaboración de planes de mejora de la calidad del aire.

En este sentido, cabe mencionar que, de los 10 municipios con más de 100.000 habitantes registrados en la Comunidad de Madrid (Alcalá de Henares, Alcobendas, Alcorcón, Fuenlabrada, Getafe, Leganés, Madrid, Móstoles, Parla y Torrejón de Ardoz), todos excepto uno de ellos, han aprobado o se encuentran en fase de tramitación de su correspondiente plan de calidad del aire. Asimismo, todos ellos, tienen aprobado un protocolo de actuación para episodios de contaminación por NO₂ excepto el municipio de Valdemoro, que está actualmente en proceso de tramitación. El municipio de Madrid tiene, además, un protocolo adicional específico para el O₃.

Para la elaboración de este Plan se ha tomado como base la información obtenida en la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid, así como los datos aportados por las estaciones pertenecientes a la Red de calidad del aire del Ayuntamiento de Madrid. La información que suministran estas redes de medida, que se detalla en el apartado 2 "DIAGNÓSTICO" del presente plan, permite constatar la mejora de la calidad del aire de la Región a lo largo de los años al observarse una reducción de la concentración media anual para el dióxido de azufre (SO₂), material particulado (PM₁₀, PM_{2,5}), metales pesados, benceno y benzo(a)pireno. En cuanto al dióxido de nitrógeno (NO₂), aunque se ha constatado una mejora generalizada en todas las estaciones, hasta el año 2021 se han seguido produciendo superaciones de los valores límite, sobre todo en aquellas estaciones del Ayuntamiento de Madrid ligadas al tráfico.

Respecto al ozono (O₃), cabe señalar que durante el verano se producen superaciones del valor objetivo a largo plazo para la protección de la salud (120 µg/m³ para la máxima diaria de medias móviles octohorarias) de forma generalizada en la mayoría de las estaciones de la Red e incluso del umbral de información a la población (180 µg/m³, promedio horario) en algunas de ellas. Estos valores de ozono se producen debido a los elevados niveles de radiación solar propios del estío y a la presencia de contaminantes primarios, que actúan como precursores para su formación, principalmente los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles. Además, al tratarse de un contaminante secundario, se da la paradoja de que su formación se produce en las zonas alejadas de los focos de emisión de estas sustancias precursoras. Debe también destacarse, tal y como se concluye en el informe de contribución de fuentes, que los valores medios de ozono están enormemente condicionados por los niveles de fondo existentes, que son debidos al transporte de este contaminante desde áreas de fuera la Comunidad de Madrid e incluso desde otras regiones y países. Todo ello supone una limitación importante para el planteamiento de medidas eficaces para disminuir los niveles de este compuesto. Por tanto, la reducción de los niveles de ozono requiere de un plan específico, que se irá desarrollando durante la implementación del Plan de Calidad del Aire. Para ello, la Comunidad de Madrid está colaborando con diferentes organismos de investigación, como el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), para realizar estudios en relación con el ozono y el *Black Carbon*. Además, la Comunidad de Madrid forma





parte del grupo de trabajo del Plan Nacional de Ozono, cuyo objetivo principal es conocer mejor la compleja fenomenología de los episodios de contaminación por O₃ que ayuden a proponer medidas de forma coordinada a nivel estatal, regional y local para la lucha contra este contaminante.

También ha sido indispensable para la elaboración del presente Plan el análisis de los **inventarios de emisiones de contaminantes atmosféricos**⁴ que se publican anualmente. Dicho estudio ha puesto de manifiesto un repunte en las emisiones de los contaminantes recogidos en la Directiva de Techos de Emisión (Directiva (UE) 2016/2284), en los años 2018 y 2019 tras una tendencia descendente. Los datos publicados para el año 2020, que muestran un descenso en las emisiones, no se han considerado representativos ya que están influenciados por los efectos de la pandemia del Covid-19.

El diagnóstico realizado coincide con lo señalado anteriormente en el estudio de contribución de fuentes y concluye con la necesidad de reducir las emisiones debidas al transporte, cuya consecución representa un desafío complejo que requiere de un esfuerzo de coordinación entre las diferentes Administraciones Públicas y de un cambio cultural, que a la vez supone una oportunidad en el sector de las nuevas tecnologías de la gestión del tráfico y de la logística del transporte.

Bajo este escenario, la Comunidad de Madrid considera a los sectores transporte y residencial, comercial e institucional (RCI) como los prioritarios a la hora de abordar la ejecución de medidas en el marco del Plan de Calidad del Aire para el periodo 2023-2030. Cabe mencionar en este punto, las labores que ya se vienen desarrollando desde la Comunidad de Madrid para dar apoyo a todos los ayuntamientos de más de 50.000 habitantes para el establecimiento de Zonas de Bajas Emisiones (ZBE), como se verá más adelante.

1.1. Estructura del documento

Este Plan de Calidad del aire se estructura en cinco capítulos. En el primero de ellos, la introducción, se expone el objeto del plan y se resumen los principales instrumentos de planificación en materia atmosférica puestos en marcha por la Comunidad de Madrid; a continuación, para poner al lector en contexto, se introducen las principales características de la región, así como la normativa que va a condicionar el desarrollo del Plan. Finaliza el capítulo haciendo una breve introducción de los contaminantes atmosféricos con mayor incidencia en la región, indicando cómo se producen, sus principales impactos y su importancia en el ámbito de la Comunidad.

A continuación, el capítulo 2 recoge el diagnóstico de la calidad del aire. Para ello se describe la Red de Calidad del Aire y se presentan las 7 zonas en las que se ha dividido la Comunidad de Madrid. También se describe brevemente el Sistema Integral de la Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid, por el efecto que tienen las emisiones de este municipio en la Comunidad de Madrid. Posteriormente, se hace referencia a los protocolos de actuación en caso de episodios de alta contaminación que ha sido aprobado para, posteriormente, realizar un análisis de la situación de la calidad del aire respecto a los principales contaminantes (NO_x, PM₁₀, PM_{2.5} y O₃) y de sus fuentes emisoras.

Una vez desarrollados los puntos anteriores, se proponen en el capítulo 3 los objetivos en cuanto a calidad del aire y reducción de emisiones a alcanzar en 2030. El Plan se ha diseñado con un horizonte temporal a 2030, pero se le ha dotado de cierta flexibilidad para dar cabida a la incertidumbre energética actual y, por tanto, a la incertidumbre en cuanto a la evolución de las emisiones contaminantes. Por ello, aunque se plantean objetivos concretos, se propone un proceso de seguimiento que permita ajustarse a las nuevas realidades a medida que transcurra el periodo de implementación. Para ello, se evaluará de forma continuada en qué situación nos encontramos y se propondrán nuevas medidas para encauzar la situación en caso de necesidad.

Para lograr alcanzar los objetivos, se identifican en el capítulo 4 las principales áreas de actuación o sectores estratégicos sobre los que actuar (transporte y movilidad; residencial, comercial e institucional; energía, industria y utilities y, por último, agricultura y medio natural) y se analizan las medidas en marcha en cada uno de esos sectores para, posteriormente, realizar una propuesta de nuevas actuaciones que las complementen y que, según vaya evolucionando la tecnología, el efecto de las ayudas, la normativa europea y la conciencia social, serán revisadas y podrán ser modificadas para lograr alcanzar los objetivos propuestos, dotando al plan de una naturaleza flexible y no coercitiva. Por último, en el capítulo 5 se identifican las condiciones habilitantes y se plantea la propuesta de seguimiento que garantizarán el éxito de la implementación del Plan.

⁴<https://www.comunidad.madrid/servicios/urbanismo-medio-ambiente/emisiones-gases-efecto-invernadero>





1.2. Contexto regional

La Comunidad de Madrid tiene una extensión de 8.026,77 km² y se compone de 179 municipios. En el año 2021, según los datos definitivos del Padrón Municipal del Instituto Nacional de Estadística (INE), contaba con una población de 6.751.251 habitantes, cifra que supone un incremento del 30% respecto al año 2000 (INE, 2021). Es la tercera comunidad autónoma en términos de población del ámbito nacional. El 85,43% de la población madrileña reside en municipios de más de 50.000 habitantes y el 48,96 % en localidades de más de 500.000, concentrándose principalmente en la ciudad de Madrid que, con 3.305.408 habitantes alberga el 49% del total de la población censada en la Comunidad (Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, 2021).

Por otro lado, la Comunidad de Madrid es la región más densamente poblada de España alcanzando, en 2021, los 840 habitantes por km², lo que equivale a un incremento de 191 habitantes por km² respecto a la cifra del año 2000. La densidad de población supera la cifra de 5.000 habitantes por km² en el área metropolitana de la ciudad de Madrid. Todo ello en un territorio bastante reducido (1,6% del total nacional) y con una actividad económica muy significativa.

La Comunidad de Madrid albergaba a un 14,25% de la población española en el año 2021, en una extensión del 1,59% del territorio nacional, con una media de población por municipio de 37.717 habitantes, lo cual representa una ratio seis veces y medio superior a la media española. En este territorio conviven municipios como el de Madrid, que es la ciudad más poblada del país, y otros mucho menos poblados, como la Acebeda, el municipio más pequeño de la región, situado en la Sierra Norte, con 55 habitantes (Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, 2021).

En la figura que se muestra a continuación se han actualizado los datos de población actualizados al año 2022, así como la pirámide poblacional y su distribución por edades.

El territorio de la Comunidad de Madrid engloba actualmente un área metropolitana extensa, bastante dispersa y que traspasa, en algunas zonas, los límites regionales, ampliándose a otras provincias, como Toledo y Guadalajara. Esta estructura territorial conlleva una dependencia elevada de los medios de transporte y un aumento progresivo de las infraestructuras viarias para dar cabida al incremento de medios de circulación.

Por ello, la Comunidad de Madrid se ha convertido en una de las regiones de Europa mejor conectadas a través de carreteras de gran capacidad, ferrocarril convencional y de alta velocidad, además de por vía aérea, con el primer aeropuerto de España por tráfico de pasajeros, carga aérea y número de operaciones. De hecho, los resultados de un estudio elaborado en el año 2010 indicaban que las emisiones de NO_x del aeropuerto representaban el 6% de todas las generadas en la Comunidad de Madrid. Cabe destacar también que la Comunidad de Madrid posee un sistema de transporte público integrado de referencia mundial, con 13 líneas de metro, además de las 4 de metro ligero, una extensa red de trenes de cercanías y numerosas líneas de autobuses urbanos e interurbanos que comunican los distintos puntos de la región.

Las proyecciones de población que realiza el Instituto Nacional de Estadística (INE) indican que el incremento en el número de habitantes va a continuar en la región. Se estima que para 2035 la población de la Comunidad de Madrid alcance los

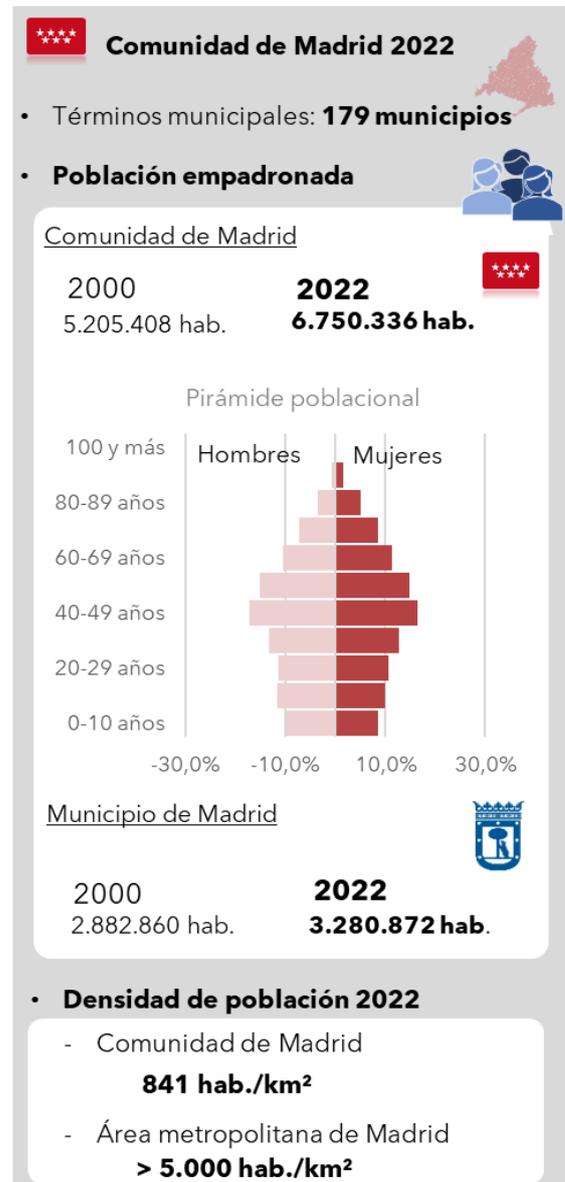


Figura 2. Datos poblacionales (Instituto de Estadística de la CM, 2022)



7.361.474 habitantes (INE, 2020). Estas previsiones deben ser tenidas en cuenta a la hora de plantear y medir la potencial efectividad asociada a las medidas propuestas en la nueva estrategia.

Densidad de población 2021 (hab/km²)

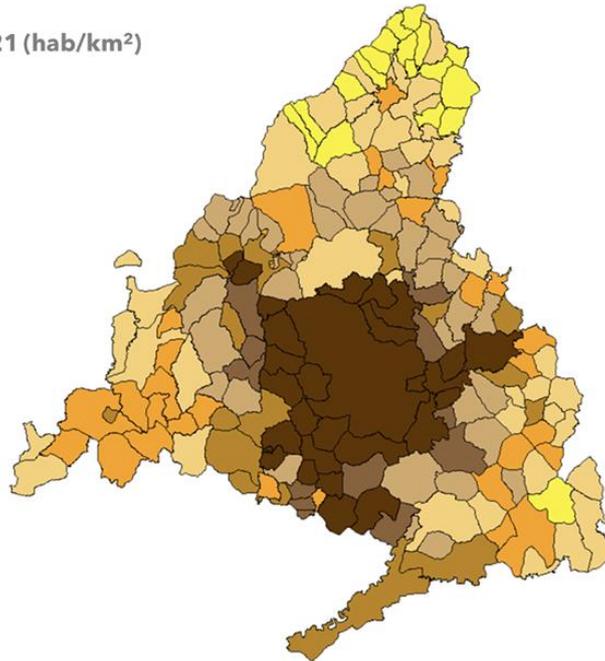


Figura 3. Población empadronada y densidad de población de la Comunidad de Madrid 2021. (Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, 2021)

Se estima que en 2035 la población de la Comunidad de Madrid sea un 8,5% superior a la de 2020.

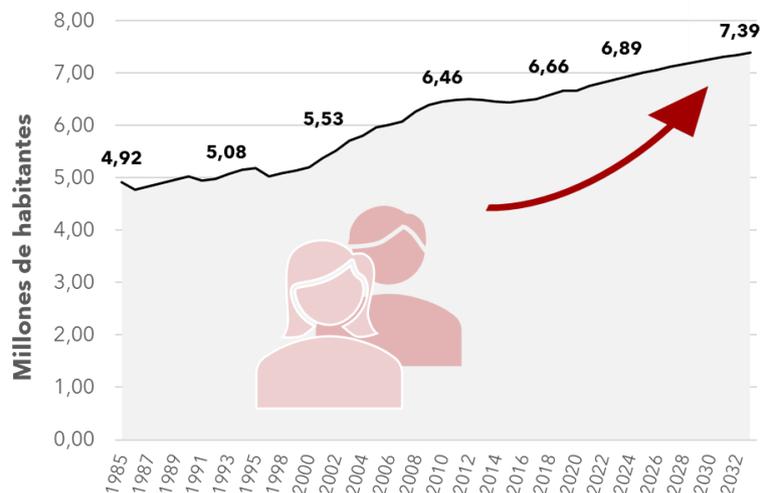


Figura 4. Evolución de la población en la Comunidad de Madrid y su proyección 1985-2035 (Elaboración propia a partir de datos del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid).

En lo referente a la estructura demográfica de la región, la edad media de la población de la Comunidad de Madrid en 2021 fue de 42,7 años, lo que supone un incremento de 4,1 años respecto a la del año 2000 (INE, 2021). Esto supone un mayor peso de la población activa. De acuerdo con las proyecciones de evolución de la población del INE para 2035, se espera un envejecimiento de la población y una reducción del porcentaje de población activa en favor de la tercera edad. Además, también se espera una reducción del número de menores de 18 años.

Población de la Comunidad de Madrid en 2022 y proyecciones a 2035.

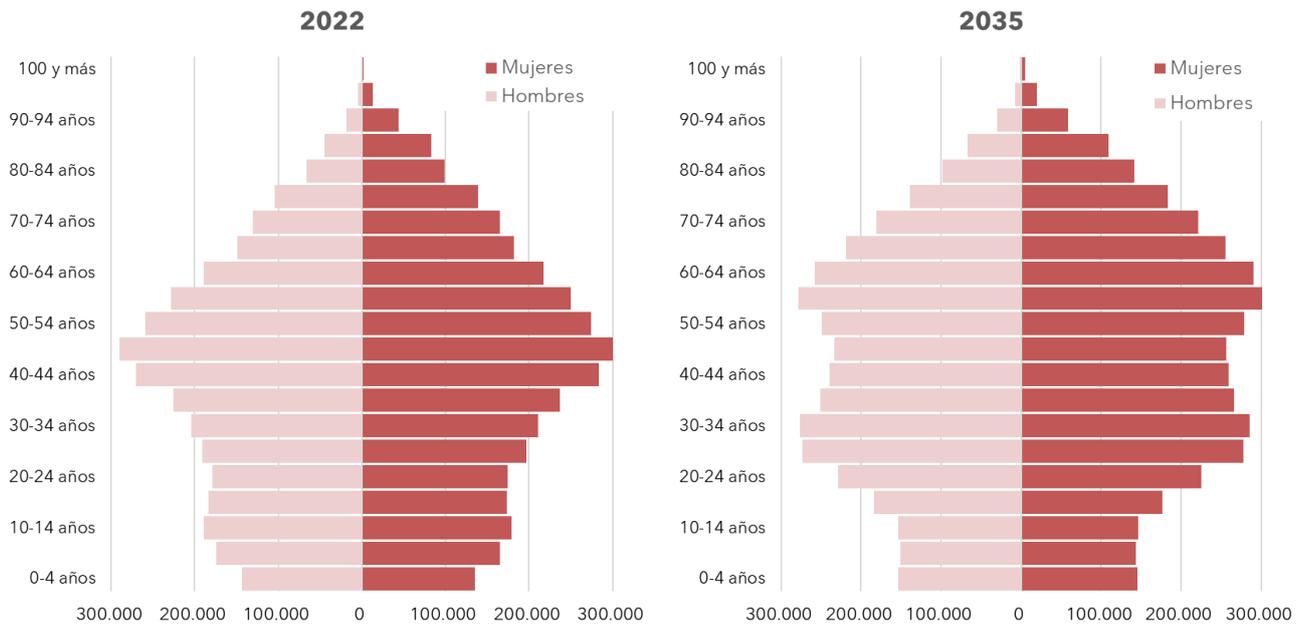


Figura 5. Población a 2022 y proyección a 2035 en la Comunidad de Madrid. (INE, 2020).

En términos macroeconómicos, la Comunidad de Madrid se presenta como una región desarrollada. El Producto Interior Bruto (PIB) alcanzó los 216.527 millones de euros en 2020, lo que supone un 19,3% del total nacional, consolidándose como la primera economía regional del país con un crecimiento medio anual en los últimos cinco años, excluyendo 2020, de un 4,34 % frente al 3,82% de la media nacional (Datos Macro, 2020).

Para realizar la estimación del PIB a futuro, se han evaluado los consumos históricos desde el año 2020 y se han comparado con los datos de carácter socioeconómico. La figura que se presenta a continuación recoge las proyecciones hasta 2030, tanto del PIB como del número de habitantes.

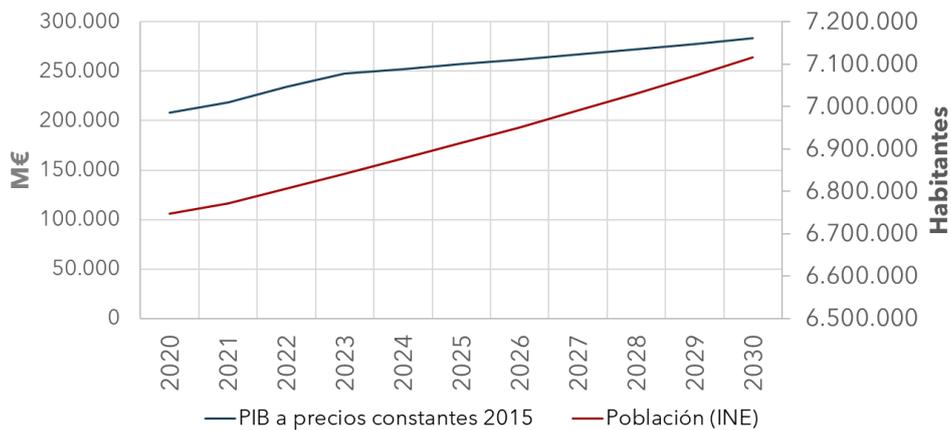


Figura 6. Proyecciones consideradas en el modelado energético para la población y el PIB de la Comunidad de Madrid (Elaboración propia)

En la parcela económica, la renta per cápita, indicador económico que relaciona el PIB de un territorio y el número de habitantes del mismo, se cifra en 2020 en 32.048 € por habitante, lo que supone un incremento del 50% respecto a los niveles de 2000 y un 3,8% respecto a 2010 (INE, 2020).

La renta per cápita, sin embargo, no se reparte de forma homogénea a lo largo de la Comunidad de Madrid, ya que son principalmente los municipios pertenecientes al área metropolitana de Madrid y al corredor de la A-6 los que presentan las mayores rentas. En este sentido, procede indicar que la literatura científica tiende a correlacionar la renta per cápita con la ratio de emisiones atmosféricas.

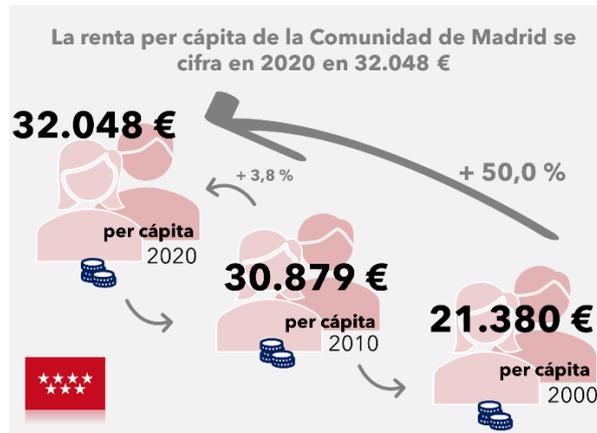


Figura 7. Evolución de la renta per cápita en la Comunidad de Madrid 2008-2020. (INE, 2020).

En cuanto a la población ocupada, en el último trimestre del año 2021 el número total alcanza los 3.175.600 trabajadores, la cifra más alta de la serie histórica (2002-2021), con un incremento del 1,5% respecto al trimestre anterior (46.300 ocupados más) (INE, 2022).

La Comunidad de Madrid dispone, además, de un denso tejido empresarial, con más de medio millón de empresas (INE, 2020), entre las que se encuentran un gran número de las principales compañías españolas y multinacionales extranjeras, lo que otorga a Madrid un papel de motor económico muy importante en el contexto nacional.

Madrid es, además, un destino turístico relevante dentro del conjunto de España. En 2021 la Región recibió un total de 2.176.107 viajeros foráneos, frente a los 1.706.053 de 2020 y los 7.640.980 de 2019, cuando se registró una cifra récord, respecto a la cual se ha recuperado el 28% (BACO - Banco de Datos de Coyuntura, 2021).

Según las actividades económicas, el sector servicios ocupa a un mayor número de personas en la Comunidad de Madrid, el 84,8% de los 3,2 millones de población ocupada, y el sector industrial, por su parte, emplea a un 9,3% de la población ocupada total, lo que condiciona el perfil emisor de la región.

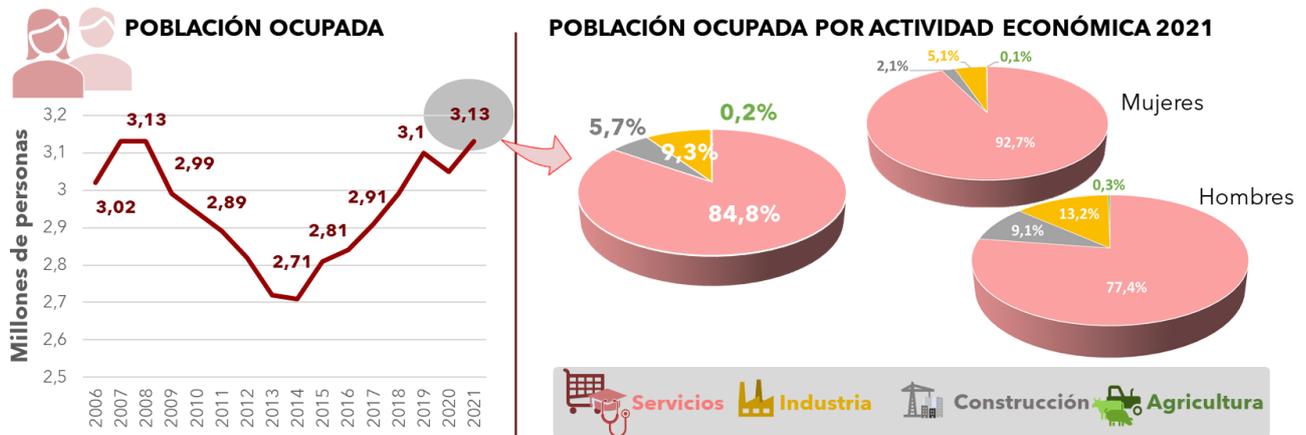


Figura 8. Evolución de la población ocupada 2006 – 2021 y reparto de la ocupación por actividades económicas 2021. (Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, 2022).

En líneas generales, puede concluirse que la Comunidad de Madrid es una región dinámica, diversa e innovadora. Esta identidad es el resultado de décadas de esfuerzo y compromiso por parte de la sociedad madrileña en su conjunto, que le han llevado a convertirse en el principal motor de la economía nacional. Tal vocación debe mantenerse y fomentarse, siempre en los márgenes de la sostenibilidad, lo que implica un crecimiento económico acompañado del desarrollo social y cuidado del medio ambiente. Esta necesidad debe ser especialmente considerada, teniendo en cuenta las previsiones de crecimiento para la próxima década –la región podrá sobrepasar el umbral de 7 millones de habitantes en 2030– y también de desarrollo económico. Estas circunstancias hacen que la Comunidad de Madrid se encuentre entre las regiones europeas más avanzadas y dinámicas, lo que supone un gran reto en lo que a la gestión de la calidad del aire se refiere.



1.3. Contexto normativo

El Plan de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid para el periodo 2023-2030 se ha elaborado considerando los textos legales más relevantes en esta materia. En este sentido, se ha tenido en cuenta la recién publicada Propuesta de Directiva sobre la calidad del aire ambiente y una atmósfera más limpia en Europa, que revisa los textos actualmente en vigor (Directivas 2008/50/CE y 2004/107/CE) y deberá ser incorporada a nuestro ordenamiento jurídico tras su aprobación, incorporando sus exigencias a la normativa estatal en la materia, como es Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera y el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

La Directiva europea 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, sustituyó a su vez a la Directiva Marco de calidad del aire (Directiva 96/62/CE) y a las tres primeras Directivas Hijas (Directivas 1999/30/CE y 2000/69/CE) e introducía regulaciones para nuevos contaminantes, como las partículas de tamaño inferior a 2,5 µm, así como nuevos requisitos en cuanto a la evaluación y los objetivos de calidad del aire, teniendo en cuenta las normas, directrices y los programas correspondientes a la Organización Mundial de la Salud.

Por su parte, la Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de diciembre de 2004 estableció valores objetivo para el arsénico, el cadmio, el níquel y el benzo(a)pireno, en representación de los hidrocarburos aromáticos policíclicos o HAPs (se exceptúa el mercurio), entendidos como la concentración en el aire ambiente fijada para evitar, prevenir o reducir los efectos perjudiciales de dichos contaminantes en la salud humana y el medio ambiente en su conjunto, que debe alcanzarse en lo posible durante un determinado período de tiempo.

A nivel nacional, la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, representa la base jurídica para la evaluación y la gestión de la calidad del aire en España, y tiene como fin último alcanzar unos niveles óptimos de calidad del aire para evitar, prevenir o reducir riesgos o efectos negativos sobre la salud humana, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza. Esta norma habilita al gobierno a definir y establecer los objetivos de calidad del aire y los requisitos mínimos de los sistemas de evaluación de la calidad del aire. Asimismo, sirve de marco regulador para la elaboración de los planes nacionales, autonómicos y locales para la mejora de la calidad del aire.

Por su parte, el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, transpone al ordenamiento jurídico español los objetivos de calidad del aire establecido en las Directiva 2008/50/CE, para los contaminantes con más incidencia en la salud de las personas y en el medio ambiente. Además, en la disposición transitoria única de este real decreto, se establecen unos objetivos de calidad para otros contaminantes, los cuales derivan del Decreto 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de protección del ambiente atmosférico. El Real Decreto 102/2011 se encuentra actualmente en proceso de modificación, para su adaptación a lo aprobado por Conferencia Sectorial de 9 de julio de 2021 en el Plan Marco de acción a corto plazo en caso de episodios de contaminación del aire ambiente por partículas inferiores a 10 micras (PM₁₀), partículas inferiores a 2,5 micras (PM_{2,5}) dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃) y dióxido de azufre (SO₂).

Asimismo, cabe hacer mención a la Orden TEC/351/2019, de 18 de marzo, por la que se aprueba el Índice Nacional de Calidad del Aire (ICA), siguiendo las directrices del índice europeo («Air Quality Index»), que fue puesto en marcha en noviembre de 2017 por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) y la Comisión Europea, y que permite a los usuarios comprobar la calidad actual del aire en ciudades y regiones de toda Europa. El Índice Nacional ayuda a representar la calidad del aire a nivel nacional de una manera fácilmente entendible por los ciudadanos e introduce recomendaciones sanitarias en función de la categoría del ICA para la población sensible y población general.

Es necesario destacar el papel que a nivel internacional juega la Organización Mundial de la salud (OMS), que establece las concentraciones máximas deseables (llamados valores guía, ya que son valores “recomendables”) para minimizar los efectos negativos de la contaminación atmosférica.

OMS – La OMS publica directrices que recomiendan niveles de calidad del aire para diferentes contaminantes como el material particulado, dióxido de nitrógeno, ozono y dióxido de azufre.

En septiembre de **2021 se revisaron los valores guía (WHO, 2021)** cuya última actualización databa de **2005**. Los cambios más significativos se evidencian en la **Tabla 1**, en la que se incluyen, además, los valores establecidos por ese mismo organismo en 2005 (**WHO, 2005**), y los valores legalmente preceptivos (concretados en el **RD 102/2011**). En este sentido, conviene resaltar que en octubre de 2022 la Comisión Europea ha publicado la propuesta de la nueva Directiva de calidad





del aire⁵ que, a su vez ha tenido en cuenta la actualización de las directrices mundiales de calidad del aire realizada por la OMS en septiembre de 2021 para plantear los valores límites que deberán deben alcanzarse antes del 1 de enero de 2030. Esos valores límite, aunque no son prescriptivos por tratarse todavía de una propuesta que aún no ha sido aprobada, también se recogen en la tabla 1 por entenderse que no sufrirán variaciones significativas (Comisión Europea, 2022).

Tabla 1. Valores límite fijados en el RD 102/2011, valores recomendados por la OMS en 2021 y 2005 y valores recogidos en la propuesta de revisión de la Directiva de calidad del aire publicada en octubre de 2022. (Elaboración propia)

Parámetro	NO ₂ (µg/m ³)		
	Valores límite RD 102/2011	Valores guía OMS 2021(2005)	Valores límite (en 2030) Propuesta de Directiva (2022)
Media anual	40	10 (40)	20
Media 24 h	-	25 (que no debe superarse más de 3 ocasiones al año) (-)	50 (que no debe superarse más de 18 ocasiones al año)
Media horaria	200 (que no debe superarse más de 18 ocasiones al año)	- (200)	200 (que no debe superarse más de 1 ocasión al año)
Parámetro	PM ₁₀ (µg/m ³)		
	Valores límite RD 102/2011	Valores guía OMS 2021(2005)	Valores límite (en 2030) Propuesta de Directiva (2022)
Media anual	40	15 (20)	20
Media 24 h	50 (que no debe superarse más de 35 ocasiones al año)	45 (50) (que no debe superarse más de 3 ocasiones al año))	45 (que no debe superarse más de 18 ocasiones al año)
Parámetro	PM _{2,5} (µg/m ³)		
	Valores límite RD 102/2011	Valores guía OMS 2021(2005)	Valores límite (en 2030) Propuesta de Directiva (2022)
Media anual	25	5 (10)	10
Media 24 h	-	15 (25) (que no debe superarse más de 3 ocasiones al año))	25 (que no debe superarse más de 18 ocasiones al año)
Parámetro	O ₃ (µg/m ³)		
	Valor objetivo RD 102/2011	OMS 2021 (2005)	Propuesta de Directiva (2022)
Media máx. 8h	120	100 (100)	120 (que no debe superarse más de 18 días al año de media en 3 años)

Como se observa en la tabla, los nuevos valores guía de calidad del aire propuestos por la OMS son muy inferiores a las directrices previas del año 2005, aunque se establecen también metas intermedias con el fin de promover una reducción gradual desde concentraciones altas a otras más bajas. Como se ha comentado anteriormente, no son valores vinculantes ya que éstos se recogen en las citadas Directivas europeas de calidad del aire. Los valores límite incluidos en la nueva propuesta de Directiva, que deberán alcanzarse a partir del 1 de enero de 2030, no llegan a ser tan exigentes como los valores guía de la OMS, pero sí reducen considerablemente los límites que aplican en la actualidad.

⁵ Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa COM (2022) 542 final/2



Es preciso, además, que el Plan de Calidad del Aire también se encuentre alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015 como parte de la **Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible**.

El Plan de Calidad del Aire debe asegurar una mejora en la salud y bienestar de los ciudadanos, así como promover el empleo de energías limpias y preservar los ecosistemas, como persiguen los ODS (Organización de las Naciones Unidas, 2015). Tal como se ha indicado, los principales objetivos donde la contaminación atmosférica y la calidad del aire juegan un papel importante se muestran en la Figura 9.



Figura 9. ODS relacionados con la contaminación atmosférica. (Organización de las Naciones Unidas, 2015)

En lo que respecta a la **normativa específica** relacionada con la reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos, la regulación fundamental se concreta en la **Directiva 2016/2284**, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de diciembre de 2016, también conocida como **Directiva de Techos de emisión**.

La **Directiva de Techos de emisión** (o directiva NEC por sus siglas en inglés, *National Emission Ceilings*) tiene como objetivo limitar, a nivel nacional, las emisiones anuales de ciertos contaminantes atmosféricos para conseguir niveles de calidad del aire que no perjudiquen la salud humana ni el medio ambiente.

Directiva (UE) 2016/2284
(Directiva de Techos de emisión)

Establece para los Estados Miembros compromisos de reducción de las emisiones de: dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), amoníaco (NH₃) y partículas finas (PM_{2,5}).

Esta Directiva, tras puesta al ordenamiento jurídico nacional a través del Real Decreto 818/2018, de 6 de julio, establece compromisos de reducción de emisiones atmosféricas antropogénicas de SO₂, NO_x, COVNM, NH₃ y PM_{2,5}, e impone la elaboración, adopción y aplicación, a cada Estado miembro, de programas nacionales de control de la contaminación atmosférica, así como el seguimiento de las emisiones y sus efectos de esos y otros contaminantes. Estos compromisos de reducción a 2030 toman como referencia las emisiones del año 2005. Su cumplimiento es fundamental para alcanzar el objetivo del **Paquete de aire puro para Europa** (Consejo Europeo, 2013) de reducir las muertes prematuras derivadas de la exposición a la contaminación atmosférica y para alcanzar el objetivo de **Contaminación cero en el marco del Pacto Verde Europeo** (Comisión Europea, 2021).

En este sentido, los Estados miembros de la UE presentaron un Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica (PNCCA) donde se incluyeron las políticas y medidas (PaM) que éstos seleccionaron como relevantes para cumplir sus compromisos de reducción de emisiones establecidos para el periodo 2020-2029 y a partir de 2030. Los objetivos propuestos por el Estado español quedan recogidos en el I Programa Nacional de la Contaminación Atmosférica (I PNCCA). En la siguiente tabla, se muestran los objetivos fijados por la Directiva de Techos y por el I PNCCA:

I Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica

El PNCCA propone actuaciones para la próxima década en campos como la eficiencia energética, el transporte, la edificación, la industria o la agricultura



Tabla 2. Objetivos de reducción de emisiones fijados en la Directiva de Techos y el I PNCCA (Elaboración propia).

Contaminante	% reducción de emisiones en 2030 respecto a 2005	
	Directiva de Techos (compromisos nacionales)	I PNCCA (porcentaje previsto con las medidas del plan)
SO ₂	88%	92%
NO _x	62%	66%
COVNM	39%	30%
NH ₃	16%	21%
PM _{2,5}	50%	50%

En la Comunidad de Madrid corresponde a la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior⁶ el ejercicio de las competencias autonómicas en materia de medio ambiente. El Decreto 237/2021, de 17 de noviembre, del Consejo de Gobierno, establece la estructura orgánica de dicha Consejería atribuyendo a la Dirección General de Transición Energética y Economía Circular las competencias en materia de cambio climático y calidad del aire. En concreto, y respecto al objeto del presente plan, las funciones desempeñadas por esta Dirección General son las siguientes:

- Colaborar en la coordinación de las actuaciones de las diferentes consejerías de la Comunidad de Madrid, en relación con las actuaciones que lleven a cabo, y que tengan relevancia para la política regional sobre el clima y calidad del aire.
- Coordinar los foros de participación que, en su caso, se constituyan a tal efecto en la Administración autonómica.
- La elaboración y seguimiento de los planes y programas relacionados con la calidad del aire y con la lucha contra el cambio climático, así como la adopción de las medidas incluidas en los mismos que correspondan a la Comunidad de Madrid, salvo que estén atribuidas a otra unidad.
- El mantenimiento y gestión de la Red de Calidad del Aire en la Comunidad de Madrid, así como el cumplimiento de las obligaciones legales en materia de evaluación e información de la calidad del aire.
- La tramitación, resolución y seguimiento de las autorizaciones y notificaciones de las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.

En este contexto normativo se elabora el presente Plan de Calidad del Aire, en el marco de la Estrategia de Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid para el periodo 2023-2030.

1.4. Contaminantes atmosféricos

La contaminación atmosférica es consecuencia de las emisiones de gases y material particulado derivados de la actividad humana (social y económica) y de las emisiones de fuentes naturales (polvo sahariano, incendios...). Las emisiones de esos gases contribuyen a alcanzar, por acumulación, concentraciones locales de contaminantes en zonas concretas, como puede ser una carretera con alta intensidad de tráfico, instalaciones industriales o explotaciones agrícolas intensivas (9). La exposición continuada a estos niveles de concentración de contaminantes provoca los impactos negativos, tanto en la salud humana como en los ecosistemas.

⁶ Según Decreto 235 /2023, de 6 de septiembre, del Consejo de Gobierno, por el que se establece la estructura orgánica de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior.



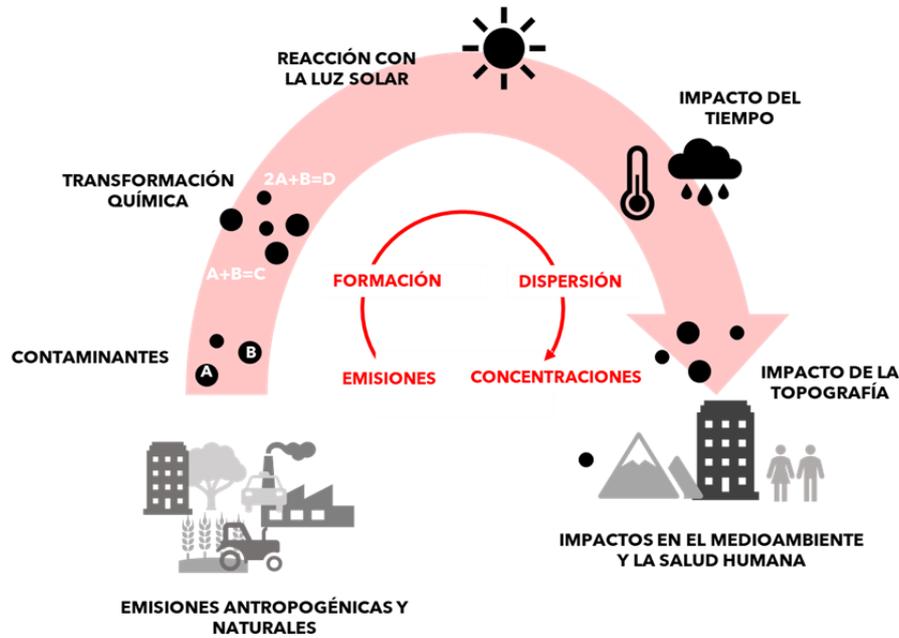


Figura 10. Contaminación atmosférica: de las emisiones a la exposición. (Adaptado de Environmental Protection Agency- EPA)

El impacto de la contaminación depende del volumen de emisión de cada contaminante y de sus interacciones con otras sustancias en el aire. También depende del lugar de emisión, de su tiempo de vida y de dónde acaba finalmente, además de la sensibilidad de la población y del medioambiente respecto a dicho contaminante (Environmental Protection Agency- EPA 2022).

Entre los contaminantes atmosféricos con distinta repercusión en la atmósfera y, por consiguiente, en la salud y los ecosistemas, se encuentran el dióxido de azufre (SO₂), los óxidos de nitrógeno (NO_x que agrupan al NO₂ y al NO), el amoníaco (NH₃), el ozono (O₃), el material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5}) y un elevado número de compuestos orgánicos volátiles (COV).

En este punto es imperativo hablar de la diferencia entre calidad del aire y emisión. Por una parte, tal como se ha mencionado en el apartado anterior, la normativa establece compromisos en materia de calidad del aire, que viene determinada por los niveles de inmisión de los principales contaminantes, es decir, la concentración de cada uno de ellos en el aire ambiente o su depósito en superficies en un momento determinado. Estas concentraciones se miden, entre otros, en las denominadas redes de vigilancia de calidad del aire. Por otro lado, se han adquirido compromisos de reducción de emisión de dichos contaminantes en un período de tiempo determinado, esto es, la cantidad de contaminantes vertidos a la atmósfera desde las distintas fuentes de emisión. La cuantificación de dichas emisiones se lleva a cabo a nivel nacional, a través del Sistema Español de Inventario y Proyecciones de Emisiones a la Atmósfera de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos. Se trata de un instrumento esencial para evaluar el cumplimiento de los compromisos asumidos por España en el marco de la normativa internacional y europea de emisiones a la atmósfera, que se elabora anualmente, aunque con un desfase de dos años, es decir en el año 2022 se publica el inventario de emisiones correspondiente al año 2020.

Los contaminantes que, por tanto, son el objeto principal de este Plan de Calidad del Aire son los óxidos de (NO_x), el material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5}), el ozono (O₃) y, en menor medida, el dióxido de azufre (SO₂), los compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM) y el amoníaco (NH₃), cuyas principales características se detallan en los siguientes apartados.

1.4.1. Óxidos de nitrógeno (NO_x)

Los óxidos de nitrógeno, cuya vida media estimada es de días, se clasifican en función de su oxidación en:

- **Dióxido de nitrógeno (NO₂):** gas fuertemente tóxico de color pardo rojizo. A partir del dióxido de nitrógeno se forma en la atmósfera el ácido nítrico que es absorbido por las gotas de agua, precipitando en forma de lluvia ácida.



- **Óxido nítrico (NO):** gas tóxico e incoloro que reacciona con el ozono para formar NO₂. Participa activamente en las reacciones causantes del "smog fotoquímico", que es una niebla de color marrón-rojizo ocasionada por la presencia en la atmósfera de compuestos precursores del ozono.

Los efectos negativos de los óxidos de nitrógeno son los siguientes:

- **Efectos sobre la salud:** en altas concentraciones provocan daños a los pulmones y al sistema respiratorio.
- **Efectos medioambientales:** el dióxido de nitrógeno es un componente de la lluvia ácida (aerosoles ácidos) que puede dañar los ecosistemas naturales.

Los NO_x tienen un origen principalmente antropogénico. Su aparición está marcada, fundamentalmente, por la presencia del nitrógeno del aire en los procesos de combustión. Se originan en un amplio número de procesos industriales y por el empleo de cualquier clase de combustibles en todo tipo de motores. A mayor temperatura en los procesos de combustión, mayor es la cantidad producida de óxidos de nitrógeno.

Los focos emisores expulsan generalmente NO y NO₂, a los que se denomina contaminantes primarios. Con el tiempo el NO se oxida y genera NO₂ secundario, así pues, cerca de las fuentes la ratio NO/NO₂ es mucho más alta que en las zonas de fondo regional. Asimismo, como se ha comentado anteriormente, el NO_x es uno de los principales precursores del ozono troposférico.

Históricamente, el sector emisor de NO_x en la Comunidad de Madrid con más relevancia ha sido el transporte, principalmente los vehículos automóviles de combustión y, dentro de estos, especialmente los diésel.

En términos de calidad del aire, los NO_x suponen un foco en el que centrar la atención ya que los límites legalmente establecidos han sido superados reiterativamente en ciertas estaciones durante el periodo 2015-2021, como se analiza en el punto 2 del presente Plan.

1.4.2. Material Particulado (PM₁₀ y PM_{2,5})

Dentro del término "partículas" o "material particulado" se incluye un amplio espectro de sustancias sólidas o líquidas, orgánicas o inorgánicas, de tamaño reducido (diámetro inferior a 500 micrómetros) dispersas en el aire y procedentes tanto de fuentes naturales como antropogénicas.

Su composición y tamaño es bastante variable, lo que condiciona su tiempo de residencia en la atmósfera, que también está influenciado por las condiciones meteorológicas (vientos, lluvias, etc.). Las partículas pueden resuspenderse localmente o ser transportadas a grandes distancias desde su lugar de emisión.

En el tracto respiratorio las partículas de más de diez micras de diámetro no son peligrosas, por lo que la legislación solo regula la fracción de partículas de tamaño inferior, esto es las PM₁₀ y PM_{2,5}.

Las partículas PM₁₀ (aquellas de un diámetro aerodinámico igual o inferior a las 10 micras) pueden ser inhaladas y penetrar así en el sistema respiratorio; las de menor tamaño (diámetro igual o inferior a 2,5 micras), es decir, las PM_{2,5}, son 100% respirables pudiendo alcanzar incluso los alveolos pulmonares. Además, estas partículas de menor tamaño pueden estar compuestas por elementos tóxicos, como metales pesados y compuestos orgánicos. De este modo, las partículas (en especial las PM_{2,5}) pueden estar implicadas en el incremento de la mortalidad y de la morbilidad por causas respiratorias y cardiovasculares.

Los principales efectos negativos del material particulado son los siguientes:

- **Efectos sobre la salud:** los efectos dependen del tamaño de las partículas, siendo los seres vivos más vulnerables a aquellas de menor tamaño, ya que presentan mayor capacidad de penetrar al interior del organismo por medio de las vías respiratorias, produciendo irritación de las mismas y otros efectos dependiendo de su composición.
- **Efectos medioambientales:** las partículas interfieren en la fotosíntesis de las plantas perturbando el proceso de intercambio de CO₂.

En cuanto a su generación, el origen puede ser primario o secundario:

- **Primario:** son las partículas emitidas directamente a la atmósfera. Se distinguen dos tipos de fracciones en función de su naturaleza:
 - Origen natural: partículas minerales provenientes de la erosión natural del terreno y los materiales, resuspensión local de partículas en terrenos áridos, partículas orgánicas provenientes de la emisión de polen,

mohos, esporas, así como también debido a intrusiones saharianas (o calimas), que son masas de aire que llegan a nuestro espacio geográfico y que proceden de África.

- Origen antropogénico: partículas asociadas a ambientes urbanos, al tráfico rodado y a la circulación de vehículos (incluyendo tanto las emisiones de combustión como el desgaste de frenos y neumáticos), a otros procesos de combustión (en especial industriales, pero también relacionados con la calefacción de edificios y viviendas), a otras fuentes de emisión industriales y a la construcción.
- **Secundario:** son las partículas que se producen en la atmósfera como resultado de reacciones químicas a partir de gases precursores. En función de dichos precursores, las partículas secundarias se agrupan en:
 - Compuestos inorgánicos, derivados de la reacción de los gases primarios, como los NO_x y el SO_2 en presencia de amoníaco (NH_3).
 - Compuestos orgánicos, que se originan a partir de COVs, tanto naturales como antropogénicos.

Históricamente, las emisiones de PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$ son generadas principalmente por el sector residencial, comercial e institucional, el transporte y la industria. En términos de calidad del aire, no son contaminantes que hayan presentado superaciones de los límites legales preceptivos durante el periodo 2015-2021 en la región. No obstante, actualmente no se alcanzan los valores guía de concentración recomendados por la OMS en el año 2021.

1.4.3. Ozono (O_3)

El ozono es un gas incoloro que puede resultar beneficioso o nocivo para la salud, dependiendo de si se encuentra en las capas más altas de la atmósfera o a nivel del suelo. Por ello, se habla de "ozono bueno", es decir, el que se encuentra en la estratosfera, y de "ozono malo", es decir, el que se forma en la troposfera, que es la capa de la atmósfera que está en contacto con la superficie de la Tierra.

El Ozono troposférico se genera principalmente a partir de emisiones de NO_x y COVs reaccionando por la radiación solar

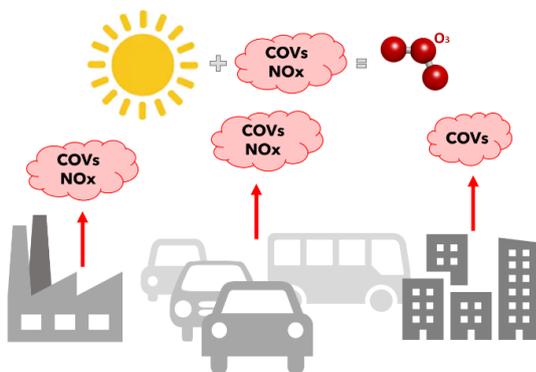


Figura 11. Formación del Ozono Troposférico
(Elaboración propia).

A diferencia de los contaminantes primarios, el ozono troposférico no se emite directamente a la atmósfera, sino que se forma, casi en su totalidad, a partir de reacciones químicas complejas de gases precursores, principalmente los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles no metánicos que están presentes en la atmósfera. A escala continental, el metano (CH_4) y el monóxido de carbono (CO) también juegan un papel en la formación de O_3 . La radiación solar es otro factor determinante que condiciona la velocidad y el grado de formación de O_3 , por lo que los niveles más elevados de este contaminante se producen en primavera y verano.

En definitiva, se puede afirmar que la química de formación de este contaminante es muy compleja y es por ello muy difícil encontrar soluciones viables y factibles para su control.

Además, la dinámica de formación del ozono hace que las mayores concentraciones se den en las zonas rurales, alejadas del centro de las ciudades donde se generan sus precursores. Es decir, la reacción fotoquímica para generar O_3 se produce a una cierta distancia a partir de sus precursores. Además, el ozono es rápidamente consumido en entornos urbanos con altos niveles de NO , mediante la oxidación de NO a NO_2 . Es por ello que, en zonas urbanas, con alta densidad de tráfico, los niveles de O_3 suelen ser más bajos que en entornos menos urbanizados, con una concentración de NO menor.

En términos de calidad del aire, el O_3 ha registrado niveles de concentración que han dado lugar al incumplimiento de los valores objetivo establecidos en la legislación en el periodo 2015-2021 en la mayoría de las estaciones de la Red.



Según el informe "El Medio Ambiente en Europa, segunda evaluación (1998)" de la Agencia Europea de Medio Ambiente, si se cumplieran los objetivos para las emisiones de óxidos de nitrógeno, precursor del ozono, establecidos en el Convenio de contaminación transfronteriza a larga distancia y en el Quinto Programa de Acción Medioambiental de la Comisión Europea, las concentraciones máximas de ozono se reducirían solamente entre un 5 y un 10 por ciento. Por este motivo, el mero control de los COVs o los NO_x puede resultar ineficaz a escala regional y transfronteriza; es necesario el control de ambos en todos los casos para reducir el problema y, aun así, los procesos que dan como resultado las pautas diversas de concentración del ozono son tan complejos que, en ocasiones, medidas para reducir su concentración pueden tener un efecto opuesto al esperado si no se conoce bien la fotoquímica de su formación. Es por ello que se ha considerado oportuno prestar especial atención a la problemática del ozono en la región y se plantea diseñar un "Plan específico de mejora de la calidad del aire por ozono" que se irá desarrollando durante la implementación del presente plan de calidad del aire, tal como se detalla en el punto 5 de este documento.

Para la elaboración de este plan se ha previsto, en el marco del Convenio con la UPM antes mencionado, una actividad relativa a la investigación de medidas para reducir los niveles de O₃ en la región. Asimismo, se tendrán en cuenta las directrices que se acuerden en el grupo de trabajo del Plan Nacional de Ozono, actualmente en redacción, del que forma parte la Comunidad de Madrid, cuyo objetivo principal es conocer mejor la compleja fenomenología de formación de este contaminante, que sirvan de base científica para proponer medidas para el control de este contaminante de forma coordinada a nivel estatal, regional y local.

1.4.4. Otros contaminantes

Dióxido de azufre (SO₂)

El dióxido de azufre (SO₂) es un gas incoloro y no inflamable. Posee un olor fuerte e irritante a altas concentraciones. Tiene una vida media en la atmósfera estimada en días y se combina fácilmente con el agua de la atmósfera dando lugar al ácido sulfúrico, responsable de la lluvia ácida.

Los efectos negativos de SO₂ son los siguientes:

- **Efectos sobre la salud:** tiene carácter irritante, pudiendo afectar a altas concentraciones a los ojos, mucosas y piel, aunque se ha producido un descenso acusado de sus emisiones en los últimos años.
- **Efectos medioambientales:** causa determinados efectos sobre las plantas, que varían de unas especies a otras dependiendo de la temperatura, la humedad del suelo, la concentración y las sinergias con otros contaminantes. El más preocupante es el efecto de los compuestos ácidos originados en su deposición húmeda y seca sobre las cubiertas vegetales, suelos y masa de agua.
- **Daños a la propiedad:** los aerosoles ácidos pueden degradar una amplia gama de materiales de construcción.

El origen del SO₂ es principalmente antropogénico. Se produce en la combustión de carburantes con un cierto contenido en azufre como el carbón, el fuel y los gasóleos, asociado a procesos industriales, centrales térmicas, tráfico de vehículos pesados y calefacciones de carbón y fuel. La aportación de estos compuestos a la atmósfera depende de la **cantidad de azufre que contenga el combustible**. Por ello, la reducción de los niveles de SO₂ que se ha venido registrando en la región se debe a la promoción de políticas que fomentan el uso de combustibles con bajos contenido en azufre como el gas natural.

Históricamente, el principal emisor de SO₂ ha sido el **sector industrial**. Sin embargo, debido a la reducción importante de la emisión de SO₂ por parte de este sector entre 2007 y 2014 se ha conseguido disminuir drásticamente sus niveles, por lo que, actualmente, los principales emisores en la Comunidad de Madrid son las calefacciones domésticas y el tráfico rodado.

En términos de calidad del aire, el SO₂ no ha presentado superaciones de los límites legales preceptivos en el periodo 2015-2021 en la Comunidad ni en la ciudad de Madrid, por lo que no supone un contaminante prioritario sobre el que poner el foco de actuación.

Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano (COVNM)

Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso o que son altamente volátiles a temperatura ambiente. Los COVs distintos del metano, denominados COVs No Metánicos (COVNM), son un grupo heterogéneo de compuestos orgánicos que incluye alcoholes, aldehídos, alcanos, cetonas y algunos compuestos aromáticos (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico - MITECO, 2022).

Los efectos negativos de los COVNM son los siguientes:

- **Efectos sobre la salud:** provocan problemas respiratorios, irritación de ojos y garganta, mareos, etc. Además, a largo plazo, pueden causar daños renales, al hígado o al sistema nervioso central. Algunos COV tienen efecto





cancerígeno, como por ejemplo el benceno. Estos compuestos son liposolubles por lo que se bioacumulan en las grasas de los organismos vivos.

- **Efectos medioambientales:** dado que, como se ha comentado anteriormente, los COVNM son precursores del ozono troposférico, su emisión tiene efectos negativos sobre el medioambiente.

Los COVNM tienen un origen tanto natural (COV biogénicos) como antropogénico, emitiéndose a la atmósfera como productos de combustión, vapores procedentes de la gasolina, los disolventes, los ambientadores, pinturas y aerosoles, los perfumes y muchas otras fuentes, a menudo cuando los productos se utilizan en entornos de trabajo o en el hogar (Department for Environment Food & Rural Affairs, United Kingdom, 2019).

Históricamente, el principal emisor de COVNM ha sido la industria.

Amoniaco (NH₃)

El amoniaco es un gas que se emite a la atmósfera y posteriormente se deposita en el suelo o se convierte en material particulado mediante reacciones. Permanece en la atmósfera unas horas en estado gaseoso, pero alcanza una vida media de varios días si se convierte en material particulado.

Los efectos negativos del NH₃ son los siguientes:

- **Efectos sobre la salud:** puede provocar enfermedades respiratorias y cardiovasculares.
- **Efectos medioambientales:** el amoniaco puede causar un daño significativo a largo plazo en los hábitats sensibles, depositando más nitrógeno en el suelo y en aguas dulces de lo que pueden absorber, lo que puede provocar cambios significativos en los ecosistemas vegetales y también en las especies animales que de ellos dependen.

Históricamente, el principal emisor de NH₃ ha sido el sector de la agricultura y medio natural.



2. DIAGNÓSTICO

2.1. Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid

Para la evaluación de la calidad del aire la Comunidad de Madrid dispone de su propia Red de estaciones de medición (en adelante la Red), que se suma a la red del Ayuntamiento de Madrid. La finalidad de estas redes es medir los niveles de concentración de los principales contaminantes atmosféricos. La información proporcionada por las citadas redes permite dar a conocer a los ciudadanos el estado de la calidad del aire, localizar las zonas con mayores problemas de contaminación, evaluar el grado de cumplimiento de los requerimientos normativos, así como obtener la información necesaria para recomendar, en su caso, las actuaciones necesarias encaminadas a la protección de la salud de las personas y el medio ambiente.

Los **objetivos principales** de la Red son:

- **Determinar el estado de la calidad del aire en la Comunidad.**
- Localizar las zonas de la Comunidad de Madrid con **mayores problemas de contaminación.**
- **Conocer la evolución** de la contaminación atmosférica en el conjunto del territorio de la Comunidad y a lo largo del tiempo.
- Comprobar el cumplimiento con las **Directivas europeas** en materia de protección del aire atmosférico que exigen conocer la contaminación allí donde se produzca.
- Detectar de manera rápida y eficiente las posibles situaciones de alerta atmosférica y de esta forma poner en marcha planes y medidas a corto plazo o a más largo plazo, según corresponda.
- Informar a las administraciones públicas y a la población en general sobre la calidad del aire regional.

Hasta diciembre de 2018, la Red estaba constituida por 23 estaciones automáticas fijas y dos laboratorios de referencia móvil (unidades móviles). El 1 de enero de 2019 entró en funcionamiento una nueva estación fija de medida en el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama, denominada "Puerto de Cotos", con los objetivos de reforzar y consolidar los datos que se obtienen en la Red, así como obtener información de las concentraciones de ozono en zonas alejadas de sus precursores a fin de conocer las variaciones que se producen con la altura de este contaminante. Los datos obtenidos son puestos a disposición del público en general, con especial atención a los centros de investigación y a la comunidad científica en su conjunto, de forma que se faciliten los estudios que se están realizando para la reducción de éste y otros contaminantes.

Por lo tanto, actualmente, la Red está constituida por 24 estaciones fijas de medida, repartidas territorialmente en 7 zonas, delimitadas por su comportamiento homogéneo en lo que a calidad del aire se refiere:

- Zona 1, la **Aglomeración Madrid-ciudad**, con un área de 604 km², que tiene su propia red de medición, gestionada por el Ayuntamiento de Madrid, y que está constituida por 24 estaciones. Esta Red se describe con mayor detalle en el siguiente apartado.
- Zonas urbanas o aglomeraciones 2, 3 y 4: **Aglomeración Corredor del Henares** (zona 2 con un área de 915 km²), **Aglomeración Urbana Sur** (zona 3 con un área de 1.413 km²) y **Aglomeración Urbana Noroeste** (zona 4 con un área de 1.016 km²).
- Zonas rurales 5, 6 y 7: **Sierra Norte** (zona 5 con un área de 1.951 km²), **Cuenca del Alberche** (zona 6 con un área de 1.181 km²) y **Cuenca del Tajuña** (zona 7 con un área de 942 km²).

La configuración actual de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid es el resultado del estudio de zonificación llevado a cabo por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid en el año 2005 y sus posteriores revisiones de 2010, 2014 y 2019. La realización de este estudio se lleva a cabo de acuerdo a la legislación nacional y europea vigente en cada momento. Así, en la última revisión, de 2019, se tuvo en consideración lo establecido en





la Directiva 2008/50/CE, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, y en el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

En la citada revisión de 2019, se evaluó la zonificación vigente en ese momento, la caracterización de las estaciones y el cumplimiento de los criterios de micro y macroimplantación establecidos en la normativa de aplicación. Como resultado de esta revisión, se mantuvieron las zonas definidas en el año 2014 y se consideró que ubicación de las estaciones fijas de medición de la calidad del aire era adecuada, el único cambio que se efectuó fue la incorporación de la estación de Puerto de Cotos a la Zona Rural Sierra Norte.

La caracterización de las estaciones fijas de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid, en función de los contaminantes, es la siguiente:

- Zonificación para monóxido de carbono, dióxido de azufre, benceno, metales y benzo(a)pireno.
- Zonificación para partículas PM₁₀, partículas PM_{2,5} y dióxido de nitrógeno.
- Zonificación para óxidos de nitrógeno (protección de la vegetación y los ecosistemas).
- Zonificación para ozono.

En relación con las tres primeras zonificaciones, de las 24 estaciones de la Red, 8 de ellas son de tráfico, 2 industriales y 14 de fondo. Atendiendo al tipo de área en relación con el ozono, 10 estaciones son urbanas, 8 suburbanas y 6 rurales, de cuales 3 son remotas y 3 regionales.

La siguiente figura muestra la localización de las estaciones, donde se puede observar la zona a la que pertenece cada una y el tipo de estación de acuerdo con los criterios legales de clasificación (tráfico, industrial, de fondo rural o de fondo urbano).



Figura 12. Zonificación y Red de calidad del aire de la Comunidad de Madrid. (Área de Calidad Atmosférica, Dirección General de Medio Ambiente y Sostenibilidad, 2021)

En la siguiente tabla se identifican los contaminantes que detecta cada estación de la Red, así como el tipo de estación y la zona donde se ubica cada una de ellas.





Tabla 3. Principales datos de las distintas estaciones fijas de medida de la Red de la Comunidad de Madrid. (Área de Calidad Atmosférica, Dirección General de Medio Ambiente y Sostenibilidad, 2021).

Zonas	Estaciones	Tipo de estación*	Tipo de Área**	Subárea rural	NO _x	SO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	BTX	HC	Black Carbon
CORREDOR DEL HENARES	1	Alcalá de Henares	T	U	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
	2	Alcobendas	T	U	✓			✓		✓	✓	✓	
	3	Algete	F	S	✓			✓	✓	✓			
	4	Arganda del Rey	I	U	✓			✓		✓			
	5	Coslada	T	U	✓			✓	✓	✓			
	6	Rivas-Vaciamadrid	F	S	✓			✓		✓			
	7	Torrejón de Ardoz	F	S	✓			✓	✓	✓			
URBANA SUR	1	Alcorcón	F	U	✓				✓	✓			
	2	Aranjuez	F	S	✓			✓		✓			
	3	Fuenlabrada	I	U	✓			✓		✓			
	4	Getafe	T	U	✓			✓	✓	✓			
	5	Leganés	T	U	✓			✓	✓	✓			✓
	6	Móstoles	F	S	✓	✓	✓	✓		✓			
	7	Valdemoro	F	S	✓				✓	✓			
URBANA NOROESTE	1	Colmenar Viejo	T	U	✓		✓	✓		✓			
	2	Collado Villalba	T	U	✓	✓			✓	✓			
	3	Majadahonda	F	S	✓			✓		✓			
SIERRA NORTE	1	El Atazar	F	R	Remota	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	2	Guadalupe de la Sierra	F	R	Regional	✓			✓		✓		
	3	Puerto de Cotos	F	R	Remota	✓			✓	✓	✓		
CUENCA DEL ALBERCHE	1	San Martín de Valdeiglesias	F	R	Regional	✓			✓		✓		
	2	Villa del Prado	F	R	Remota	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
CUENCA DEL TAJUÑA	1	Orusco del Tajuña	F	R	Remota	✓	✓	✓	✓		✓		
	2	Villarejo de Salvanés	T	S		✓				✓	✓		

*T Tráfico (8), I Industrial (2) y F Fondo (14) **U Urbana (10) S Suburbana (8) y R Rural (6)

Todas las estaciones se encuentran equipadas con analizadores, equipos manuales de toma de muestra de última generación, así como de sistemas de comunicación que transmiten los datos en tiempo real al Centro de Proceso de Datos (CPD) de la Comunidad de Madrid. El CPD consta de un servidor central y los periféricos necesarios para la comunicación con las estaciones a través del sistema de transmisión de datos que hay en cada una de ellas.





Diariamente se reciben en la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid datos de concentración de los principales contaminantes procedentes de estaciones fijas de medida, que permiten realizar un seguimiento y control de la calidad del aire. Estos datos, así como los informes diarios, mensuales, trimestrales y anuales, elaborados en base a los datos registrados, son accesibles al público a través de la dirección url: <http://www.madrid.org/calidaddel aire>.

En dicho enlace se puede consultar, además del Índice de Calidad del Aire de cada estación, los datos en tiempo real de todas las estaciones, datos históricos, avisos de superaciones de umbrales, documentación, legislación, etc., permitiendo descargar los datos de una manera cómoda y sencilla. También está disponible, en el Portal de Datos Abiertos de la Comunidad de Madrid, los datos horarios en un formato adecuado para los usuarios que de forma reiterativa utilizan esta información, tales como investigadores, divulgadores y gestores de aplicaciones de calidad del aire.

Como novedad, a partir del año 2020, se encuentran disponibles en el portal de Datos Abiertos de la Comunidad de Madrid, además de los datos de calidad del aire, los datos meteorológicos https://datos.comunidad.madrid/catalogos?q=aire&sort=score+desc%2C+metadata_modified+desc.

En los últimos años se ha venido realizando un importante proceso de actualización informática y de comunicaciones con los siguientes objetivos:

- Conexión de todas las estaciones de la Red al SharePoint de Madrid Digital, lo que permite disponer de un repositorio directo y totalmente accesible para los distintos registros que se generan en el mantenimiento y aseguramiento de la calidad de los distintos equipos.
- Instalación, en todas las estaciones, del Office institucional, con mayores prestaciones que el Open Office existente.
- Actualización de algunos routers para permitir las nuevas utilidades de comunicación.
- Acceso remoto a los menús de configuración y operación de los distintos equipos automáticos de la Red.
- Actualización del software encargado de la gestión de la Red para integrar en el mismo todas las tareas y registros del aseguramiento de calidad de los equipos de la Red.
- Creación de la sala multiusos SEAC (Seguimiento Episodios Alta Contaminación), sala multiusos en la que se ha instalado un videowall y sistemas de comunicaciones que permiten conocer en detalle la evolución de los niveles de contaminación medidos en las diferentes estaciones de la Red.

Por otro lado, desde mayo de 2018, la Red dispone de dos unidades móviles (anteriormente solo existía una), que están preparadas para analizar concentraciones de contaminantes como el dióxido de azufre, el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, el ozono troposférico, el benceno, el tolueno, el xileno, los hidrocarburos totales, metánicos y no metánicos y las partículas en suspensión (PM₁₀ y PM_{2,5}).

Estas unidades móviles se emplean para llevar a cabo diversas campañas en lugares donde se ha producido algún evento que tenga capacidad de influir en la calidad del aire, como incendios, fugas de gases, etc., así como en aquellas localidades de la Comunidad de Madrid que no disponen de estación de medida fija. También se emplean para realizar estudios de intercomparación de los equipos de las estaciones fijas, o para satisfacer la demanda de campañas de medida solicitadas por los Ayuntamientos u otros organismos.

La Dirección General de Transición Energética y Economía Circular de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior⁷ de la Comunidad de Madrid, dentro de sus competencias y siendo consciente de la importancia que tiene para la sociedad la evaluación de la calidad del aire, tiene implantado un Sistema de Gestión de la Calidad en la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid, certificada por la norma UNE-EN- ISO 9001:2015.

Mediante la Política de Calidad se establecen las directrices y objetivos generales de la Red que permitan la fijación de objetivos concretos y la mejora continua en su gestión. Por ello, la Dirección de la Red asume los siguientes compromisos:

- Asegurar la fiabilidad y trazabilidad de los datos y el suministro de información sobre los mismos, conforme a la normativa vigente en materia de calidad del aire.
- Establecer la evaluación y mejora continua de la gestión en todos los procesos relacionados con la adquisición de los datos de contaminantes atmosféricos, su validación y posterior difusión al ciudadano de forma clara y comprensible.

⁷ Según Decreto 235 /2023, de 6 de septiembre, del Consejo de Gobierno, por el que se establece la estructura orgánica de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior.





- Informar y formar a todo el personal que integra la Red, tanto propio de la Consejería como de la asistencia técnica contratada, para garantizar una alta participación en la mejora de los procesos.
- Garantizar en todo momento una rápida transmisión de los avisos a administraciones, instituciones, organizaciones y ciudadanos, en caso de alertas atmosféricas.
- Verificar que se da respuesta a las demandas de información, sugerencias y reclamaciones formuladas por las partes interesadas, con el propósito de aumentar la satisfacción de las mismas, haciendo uso de las tecnologías de información y comunicación más avanzadas.
- Potenciar la comunicación con las administraciones, instituciones y organizaciones interesadas.

Conviene mencionar en este punto algunos de los trabajos de mejora que se han llevado a cabo en los últimos años en las estaciones de la Red:

- Renovación de 1 analizador automático de NO_x, 10 analizadores automáticos de O₃, 1 generador de aire cero, 1 analizador automático de PM₁₀ y 1 analizador automático de hidrocarburos.
- Adquisición de un equipo secuencial de bajo volumen para el muestreo de PM₁₀ o PM_{2,5}.
- Renovación de 5 equipos para calibración de los analizadores de gases y 5 turbinas de aire del manifold.
- Renovación de 1 juego completo de meteorología (sensor de velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad, radiación solar, presión barométrica, pluviómetro).
- Realización de 12 campañas con laboratorio móvil en diferentes emplazamientos a petición de los diferentes ayuntamientos.
- Mantenimiento y mejora de la certificación del Sistema de Gestión de Calidad de la Red de acuerdo con la nueva "Norma UNE-EN ISO 9001:2015. Sistema de Gestión de Calidad. Requisitos".
- Mantenimiento y mejora de la trazabilidad de las mediciones siguiendo un sistema basado en la norma "UNE-EN ISO/IEC 17025:2017. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración".

2.2. Sistema integral de la Calidad del aire del Ayuntamiento de Madrid

El Ayuntamiento de Madrid dispone del denominado Sistema Integral de la Calidad del Aire, que permite conocer en cada momento los niveles de contaminación atmosférica en el municipio. Dicho Sistema está compuesto por tres subsistemas que hacen referencia a funciones distintas: Vigilancia, Predicción e Información.

En lo que se refiere al subsistema de vigilancia, la Red del Ayuntamiento de Madrid está conformada por 24 estaciones fijas automáticas, de las cuales, 9 son estaciones de tráfico (situadas próximas al viario), 12 estaciones de fondo urbano (más alejadas del tráfico, generalmente en parques o calles y plazas con tráfico reducido) y 3 estaciones suburbanas (situadas fuera del núcleo urbano consolidado). Por otro lado, el Ayuntamiento ha establecido una zonificación de la ciudad de Madrid orientada a la gestión de situaciones de altos niveles de contaminación, como los picos de contaminación por NO₂, cuando se pone en marcha la aplicación del protocolo de actuación aprobado por el Ayuntamiento de Madrid a tal fin. En la Figura 13 se recoge con más detalle la ubicación de las estaciones.



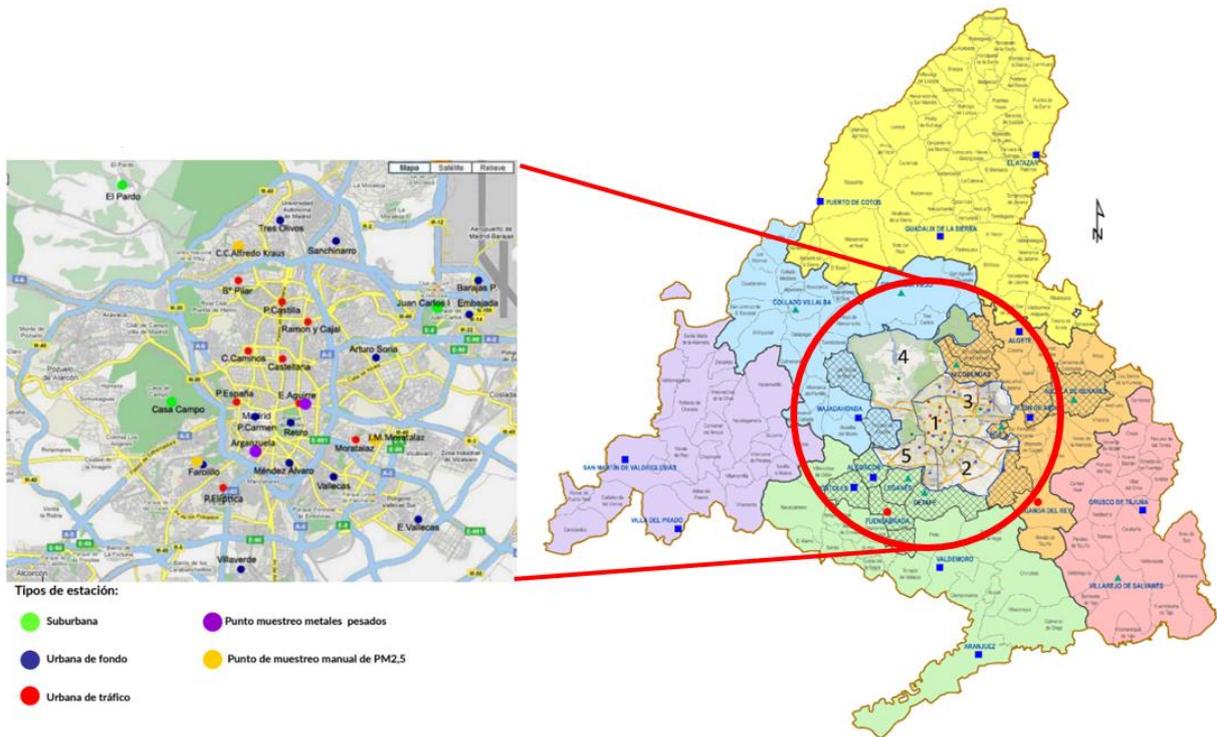


Figura 13. Red de estaciones fijas de control de calidad del aire del Ayuntamiento de Madrid. (Ayuntamiento de Madrid, 2022)

Además, la Red cuenta con dos puntos adicionales para partículas en suspensión $PM_{2,5}$, dos puntos de muestreo para metales pesados y uno para benzo(a)pireno, todos ellos integrados en el Sistema Integral de Vigilancia, Predicción e Información.

2.3. Evaluación de la calidad del aire

La evaluación de la calidad del aire, la valoración de los datos del **inventario de emisiones y el análisis de contribución de fuentes** (incluido como Anexo 3), constituyen la base para poder diagnosticar el estado de la calidad del aire en la Comunidad de Madrid. La realización de este diagnóstico permite, a su vez, identificar las zonas con mayores niveles de contaminación, los compuestos críticos y las fuentes de emisión más relevantes, con el fin último de diseñar un plan en el que establecer medidas de mejora de la calidad aire.

Para realizar el diagnóstico de la calidad del aire se toman como base los informes anuales que la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior, a través del Área de Calidad Atmosférica, elabora a partir de las concentraciones de los contaminantes principales registrados en las estaciones de la Red. En el presente apartado se analizan tanto los resultados específicos obtenidos en el informe anual del año 2021, como los resultados históricos disponibles desde el año 2015. El análisis se ha estructurado en función de las zonas en las que se divide la Comunidad de Madrid. En la Zona 1, correspondiente al municipio de Madrid, se han utilizado los valores recogidos en la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid, mientras que para el resto de las zonas se han utilizado los datos de las estaciones de la Red de calidad del Aire de la Comunidad de Madrid.

La normativa de referencia para realizar este diagnóstico es el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, que transpone a nuestro ordenamiento jurídico los objetivos de calidad del aire establecidos por las directivas europeas, para los contaminantes con más incidencia en la salud de las personas y en el medio ambiente. Este Real Decreto ha sido modificado recientemente a través del Real Decreto 34/2023, de 24 de enero, con el fin de adaptar su contenido a lo dispuesto en el nuevo Plan Marco de Acción a corto plazo en caso de episodios de alta contaminación, aprobado por la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente el 9 de julio de 2021, en el que se establecen nuevos umbrales de contaminación que no se recogían en el anterior real decreto.

Como se ha indicado en el apartado 1.3. las Directivas de calidad del aire descritas se encuentran actualmente en proceso de revisión, habiéndose publicado el 26 de octubre de 2022 la propuesta de Directiva relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.



Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha actualizado en septiembre de 2021 sus directrices mundiales de calidad del aire del año 2005. Los nuevos valores guía son inferiores a los que figuraban en las directrices previas del año 2005, aunque se establecen también metas intermedias con el fin de promover una reducción gradual desde concentraciones altas a otras más bajas. Estos valores guía no son vinculantes, sin embargo, se ha considerado de interés incluir en este apartado, únicamente con carácter informativo, la comparación de las concentraciones de los principales contaminantes regulados registrados en la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid, con los valores guía de la OMS del año 2005 y 2021, así como con los valores que figuran actualmente en la propuesta de Directiva.

Es importante mencionar en este punto, en el que se van a interpretar los datos recogidos en las distintas estaciones, la repercusión de la situación vivida por la pandemia mundial causada por la Covid-19, cuyo impacto comenzó a partir del mes de marzo del año 2020. Por este motivo, los datos medidos durante el año 2020 podrían no ser representativos y tener diferencias significativas respecto a los recogidos en años anteriores. Ese efecto se ve reflejado, en muchos casos, en las gráficas donde se muestra la evolución de la situación durante el periodo de estudio. A continuación, se presentan los resultados para los contaminantes más problemáticos en la región, como son NO₂, Partículas (PM₁₀, PM_{2.5}) y O₃.

2.3.1. Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Las figuras siguientes muestran la situación de la calidad del aire respecto al NO₂ en las estaciones de la Comunidad de Madrid y del Ayuntamiento de Madrid en el año 2021, con la representación de los valores límite establecidos por la normativa de referencia (Real Decreto 102/2011). Dicha normativa establece dos valores límites para la protección de la salud: uno sobre la media anual (límite de concentración anual de 40 µg/m³) y otro sobre la media horaria (límite de concentración de 200 µg/m³ que no puede superarse en más de 18 ocasiones al año).

Como se observa, el valor límite anual no fue superado en el año 2021 en ninguna de las estaciones de la Red. En cuanto al valor límite horario, ninguna estación ha superado los 200 µg/m³ en 2021. Es decir, la Comunidad de Madrid cumplió con la normativa de referencia y se mantuvo por debajo de los valores límite para el NO₂ en 2021.

En cambio, si se comparan las observaciones de la Red con el nuevo valor límite anual (20 µg/m³) recogido en la propuesta de Directiva, se observa que la mitad de las estaciones incumplirían dicho valor. Es decir, si la Directiva que finalmente se apruebe mantiene este valor, se deberán adoptar medidas para reducir los valores medios de NO₂ y de esta forma cumplir con los niveles que serán preceptivos en 2030.

Con respecto al valor límite horario que actualmente recoge la propuesta de Directiva, los valores relativos al año 2021 muestran una situación de cumplimiento ya que, como se ha comentado anteriormente, ninguna estación alcanzó los 200 µg/m³.

Por último, si se comparan los datos de las estaciones con los valores guía de la OMS publicados en 2021 (10 µg/m³ de media anual), tan sólo las estaciones rurales como El Atazar, Guadalix de la Sierra, Puerto de Cotos, San Martín de Valdeiglesias, Villa del Prado y Orusco del Tajuña se encontrarían por debajo de los mismos.

En la siguiente figura puede comprobarse que las estaciones de tráfico cuentan con las concentraciones más elevadas seguidas por las de las de tipo industrial.



NO₂. Media anual. Estaciones de la Comunidad de Madrid. Año 2021

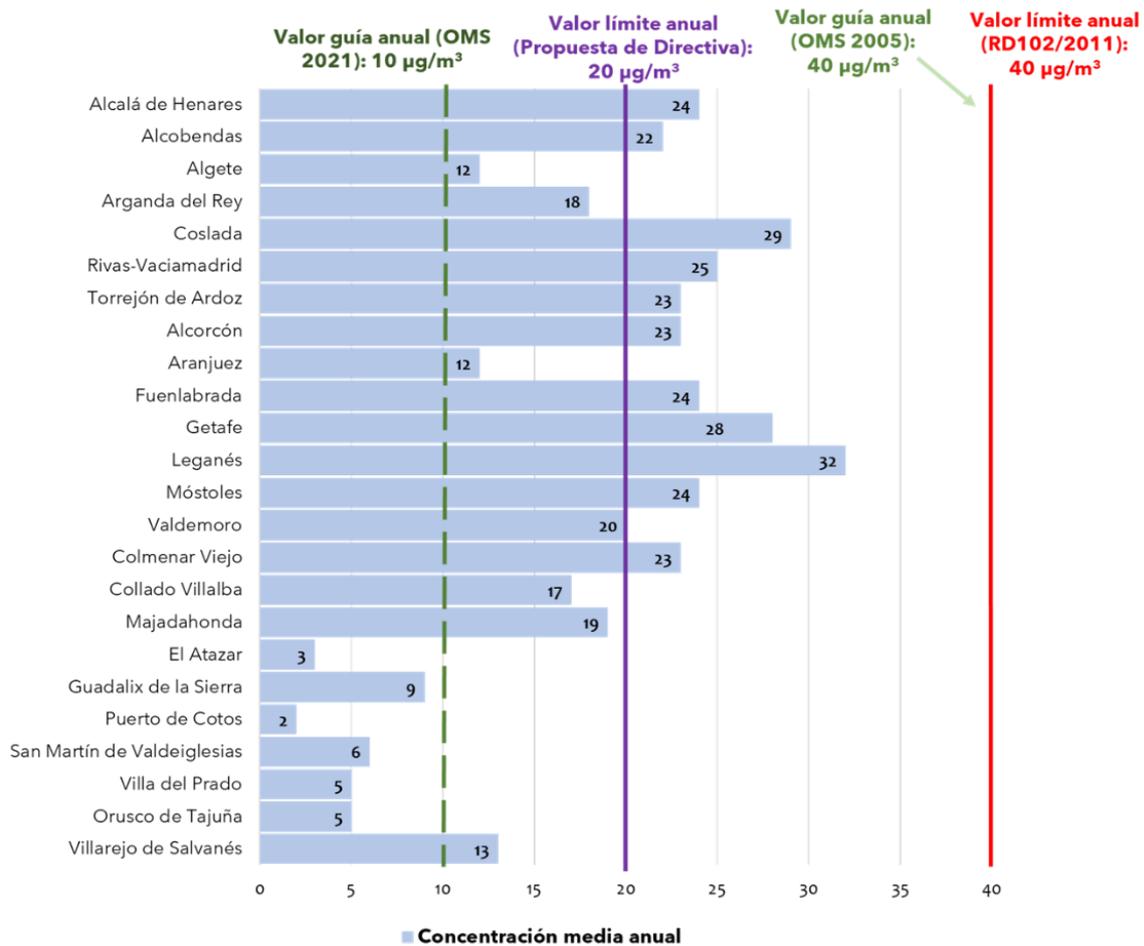


Figura 14. Media anual de NO₂ en µg/m³ en 2021 en las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid. (Elaboración propia)

En lo que respecta a las Red del Ayuntamiento de Madrid, la estación de Plaza Elíptica, con una media anual de 41 µg/m³, ha superado el valor límite anual vigente en 2021. No obstante, la situación empeora drásticamente si se comparan los valores medios anuales medidos en las estaciones con el límite anual recogido en la propuesta de Directiva: todas las estaciones del Ayuntamiento excepto Casa de Campo y El Pardo, estarían sobrepasando el valor actualmente propuesto. En el caso de comparar los valores con las recomendaciones de la OMS para 2021, se observa que todas las estaciones están por encima de ese valor guía.

En cuanto al valor límite horario actualmente en vigor, si bien ninguna estación lo ha incumplido, sí se han registrado valores superiores a los 200 µg/m³ en algunas de ellas: 1 superación en Ensanche de Vallecas y Plaza Elíptica, 2 superaciones en Ramón y Cajal y Villaverde y 5 superaciones en Cuatro Caminos. Excepto las dos primeras, donde tan solo se ha registrado una superación, el resto de las estaciones estarían incumpliendo el valor límite horario propuesto para 2030 por la nueva Directiva (200 µg/m³ que no debe superarse más de 1 ocasión al año).



NO₂. Media anual y N° de superaciones del valor límite horario. Estaciones del Ayuntamiento de Madrid. Año 2021

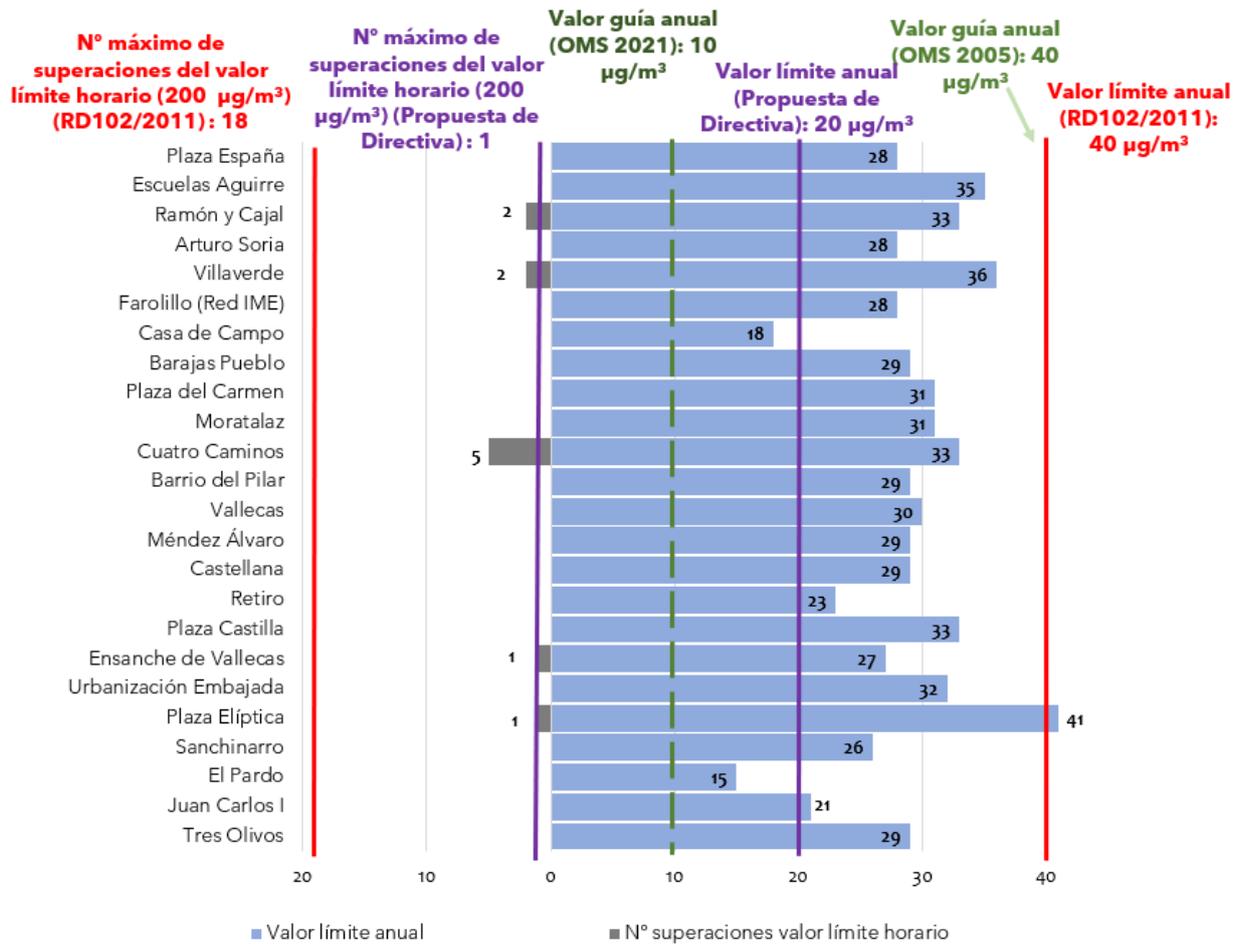


Figura 15. Media anual y nº de superaciones del valor límite horario de NO₂ en µg/m³ en 2021 en las estaciones de la Red del Ayuntamiento de Madrid. (Elaboración propia)

La evolución de la calidad del aire para NO₂ desde el año 2015 hasta 2021 tanto en la Comunidad de Madrid como en el Ayuntamiento de Madrid se puede observar en las siguientes figuras.



NO₂. Media anual. Periodo 2015 -2021. Estaciones de la Comunidad de Madrid

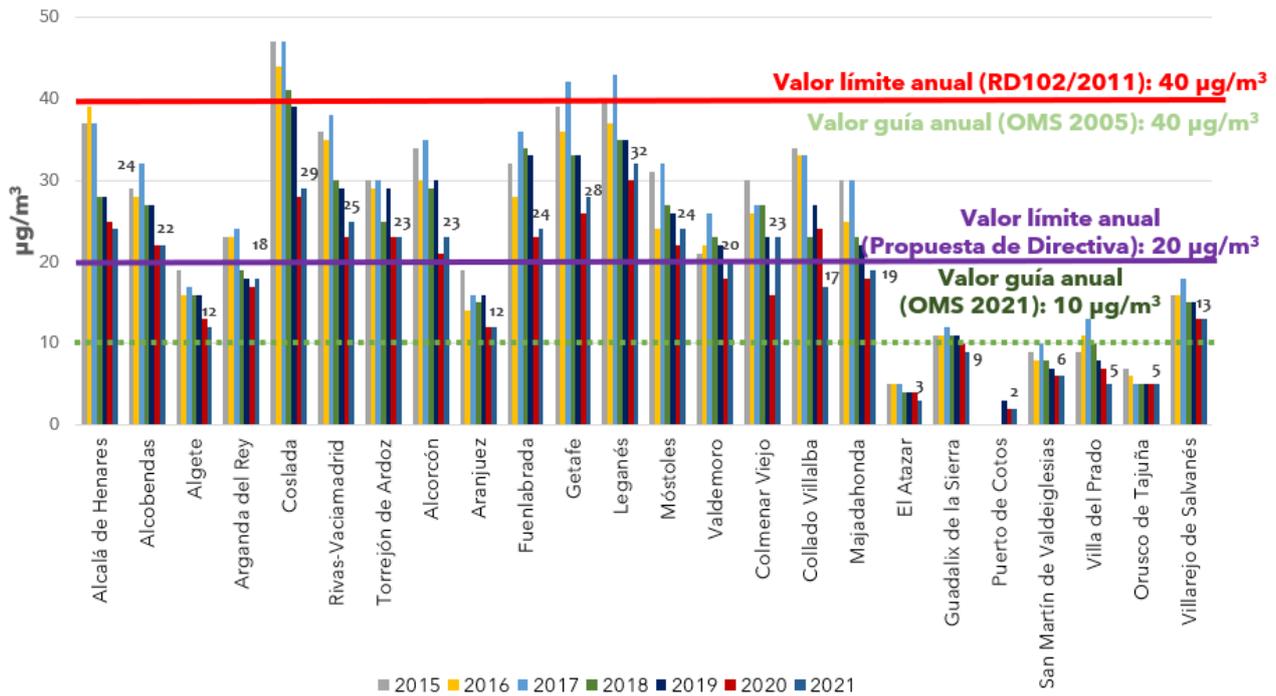


Figura 16. Evolución de la calidad del aire de NO₂ en la Red de la Comunidad de Madrid en el periodo 2015- 2021 según el límite anual (Elaboración propia)

Como se puede observar, tres estaciones de la Comunidad han superado el valor límite anual durante el periodo de estudio. En concreto las superaciones han sido las siguientes:

Zona Corredor del Henares:

- Coslada (tráfico): en esta estación se superó el valor límite anual para la protección de la salud en 2015, 2016, 2017 y 2018, con un valor medio anual de 47, 44, 47 y 41 µg/m³ respectivamente.

Zona Urbana Sur:

- Getafe: en el año 2017 se superó el valor límite anual, registrándose un valor de 42 µg/m³ de media anual.
- Leganés: en el año 2017 se superó el valor límite anual, registrándose un valor de 43 µg/m³ de media anual.

Tabla 4. Evolución de la situación de la calidad del aire para el compuesto NO₂ en la Red de la Comunidad de Madrid en el periodo 2015-2021 según el número de superaciones del valor límite horario (Elaboración propia).

Estaciones	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Alcalá de Henares	8	0	0	0	0	0	0
Alcobendas	9	0	1	0	0	0	0
Algete	0	0	0	0	0	0	0
Arganda del Rey	0	0	0	0	0	0	0
Coslada	18	0	4	0	1	0	0
Rivas-Vaciamadrid	4	0	0	0	0	0	0
Torrejón de Ardoz	3	0	0	0	0	0	0
Alcorcón	1	0	0	0	0	0	0
Aranjuez	0	0	0	0	0	0	0
Fuenlabrada	0	0	0	0	0	0	0



Estaciones	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Getafe	21	2	15	0	2	0	0
Leganés	1	0	0	0	0	0	0
Móstoles	2	0	0	0	0	0	0
Valdemoro	0	0	0	0	0	0	0
Colmenar Viejo	3	0	0	0	0	0	0
Collado Villalba	2	2	2	0	0	0	0
Majadahonda	4	2	0	0	0	0	0
El Atazar	0	0	0	0	0	0	0
Guadalix de la Sierra	0	0	0	0	0	0	0
Puerto de Cotos	-	-	-	-	0	0	0
San Martín de Valdeiglesias	0	0	0	0	0	0	0
Villa del Prado	0	0	0	0	0	0	0
Orusco de Tajuña	0	0	0	0	0	0	0
Villarejo de Salvanés	0	0	0	0	0	0	0
*Nº de superaciones del valor límite horario (200 µg/m³) > 18 (RD102/2011)							
Nº máximo de superaciones del valor límite horario (200 µg/m³) > 1 (Propuesta de Directiva)							

Para el valor límite horario, solamente una estación, la de Getafe en la zona Urbana Sur, incumplió este parámetro en el año 2015 registrando 21 superaciones. En el período 2016-2021 ninguna de las estaciones de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid ha superado el valor límite horario (más de 18 horas por encima de 200 µg/m³).

Es notable resaltar la mejora generalizada de los valores medios anuales que se viene observando con el paso de los años.

No obstante, si comparamos estos valores con los establecidos en la propuesta de Directiva se observa que todas las estaciones, excepto Algete, Aranjuez, así como las 2 de la Sierra Norte, las 2 de la Cuenca del Alberche y las 2 de la Cuenca del Tajuña superarían dichos valores.

En cuanto a la zona Municipio de Madrid, tal y como se observa en las siguientes figuras, se han producido superaciones de los valores límite horario y anual de este contaminante en diversas estaciones durante el periodo de estudio.

NO₂. Media anual. Periodo 2015 -2021. Estaciones del Ayuntamiento de Madrid

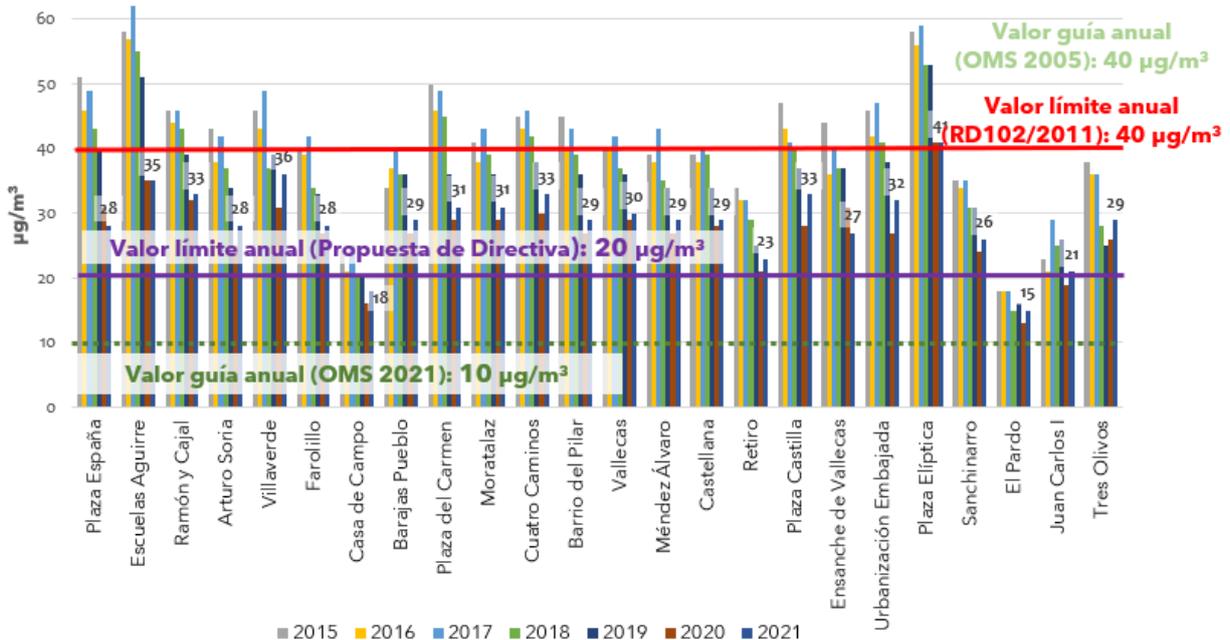


Figura 17. Evolución de la calidad del aire de NO₂ en la Red del Ayuntamiento de Madrid en el periodo 2015- 2021 según el límite anual (Elaboración propia)





Tabla 5. Evolución de la calidad del aire para el NO₂ en la Red del Ayuntamiento de Madrid en el periodo 2015-2021 según el número de superaciones del valor límite horario (Elaboración propia)

Estaciones de medición	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Plaza España	12	6	7	2	1	0	0
Escuelas Aguirre	39	36	41	5	7	0	0
Ramón y Cajal	65	39	49	24	15	6	2
Arturo Soria	18	0	12	1	4	0	0
Villaverde	62	13	19	0	0	0	2
Farolillo	6	1	1	0	0	0	0
Casa de Campo	0	0	0	0	0	0	0
Barajas Pueblo	3	0	3	1	0	1	0
Plaza del Carmen	0	0	0	0	0	0	0
Moratalaz	6	0	0	0	0	0	0
Cuatro Caminos	28	15	20	11	1	1	5
Barrio del Pilar	95	29	23	13	6	0	0
Vallecas	4	0	0	0	0	0	0
Méndez Álvaro	10	3	11	0	0	0	0
Castellana	4	2	5	1	0	0	0
Retiro	2	0	0	0	0	0	0
Plaza Castilla	6	4	2	2	0	0	0
Ensanche de Vallecas	71	13	22	4	8	0	1
Urbanización Embajada	6	0	8	1	2	0	0
Plaza Elíptica	63	46	88	33	47	5	1
Sanchinarro	48	15	15	3	5	0	0
El Pardo	0	0	0	0	0	0	0
Juan Carlos I	1	0	0	1	0	0	0
Tres Olivos	0	0	0	0	0	0	0
*Nº de superaciones del valor límite horario (200 µg/m ³) > 18 (RD102/2011)							
Nº máximo de superaciones del valor límite horario (200 µg/m ³) > 1 (Propuesta de Directiva)							

Como se ha comentado anteriormente, el NO₂ es un contaminante cuya principal fuente emisora en la Comunidad de Madrid es el tráfico rodado. El motivo por el que la ciudad de Madrid ha superado casi todos los años el valor límite anual y el valor límite horario para NO₂ es debido a las especiales circunstancias que coinciden en este municipio, que por su condición de capital del Estado y sus características geográficas, económicas y sociales, la convierten a día de hoy en un gran núcleo generador de actividad y, por tanto, de tráfico rodado, tanto propio como del resto de municipios del área metropolitana y otras zonas de la región.

A la vista de los resultados registrados para el NO₂, el Plan necesariamente debe considerar medidas de mejora de la calidad del aire dirigidas a toda la región, especialmente en las zonas donde se han detectado superaciones. Estas actuaciones deberán dirigirse principalmente a reducir las emisiones procedentes del tráfico rodado, fuente con mayor contribución a los niveles de NO₂ (ver apartado 2.3.5).

2.3.2. Partículas (PM₁₀ y PM_{2.5})

El RD 102/2011 establece para las emisiones de partículas PM₁₀ dos límites para la protección de la salud, uno sobre la media anual (40 µg/m³) y otro sobre la media diaria (50 µg/m³ que no puede superarse en más de 35 ocasiones a lo largo del año).

En el caso del material particulado, se realiza una distinción entre las emisiones debidas a procesos naturales, como pueden ser las intrusiones de polvo del Sahara, y las emisiones antropogénicas, como pueden ser las generadas a través de la quema de biomasa.



La figura siguiente muestra las medias anuales de emisiones de PM₁₀, con y sin descontar las concentraciones de partículas debidas a aportes naturales.

PM₁₀. Media anual y N° de superaciones del valor límite diario. Estaciones de la Comunidad de Madrid. Año 2021

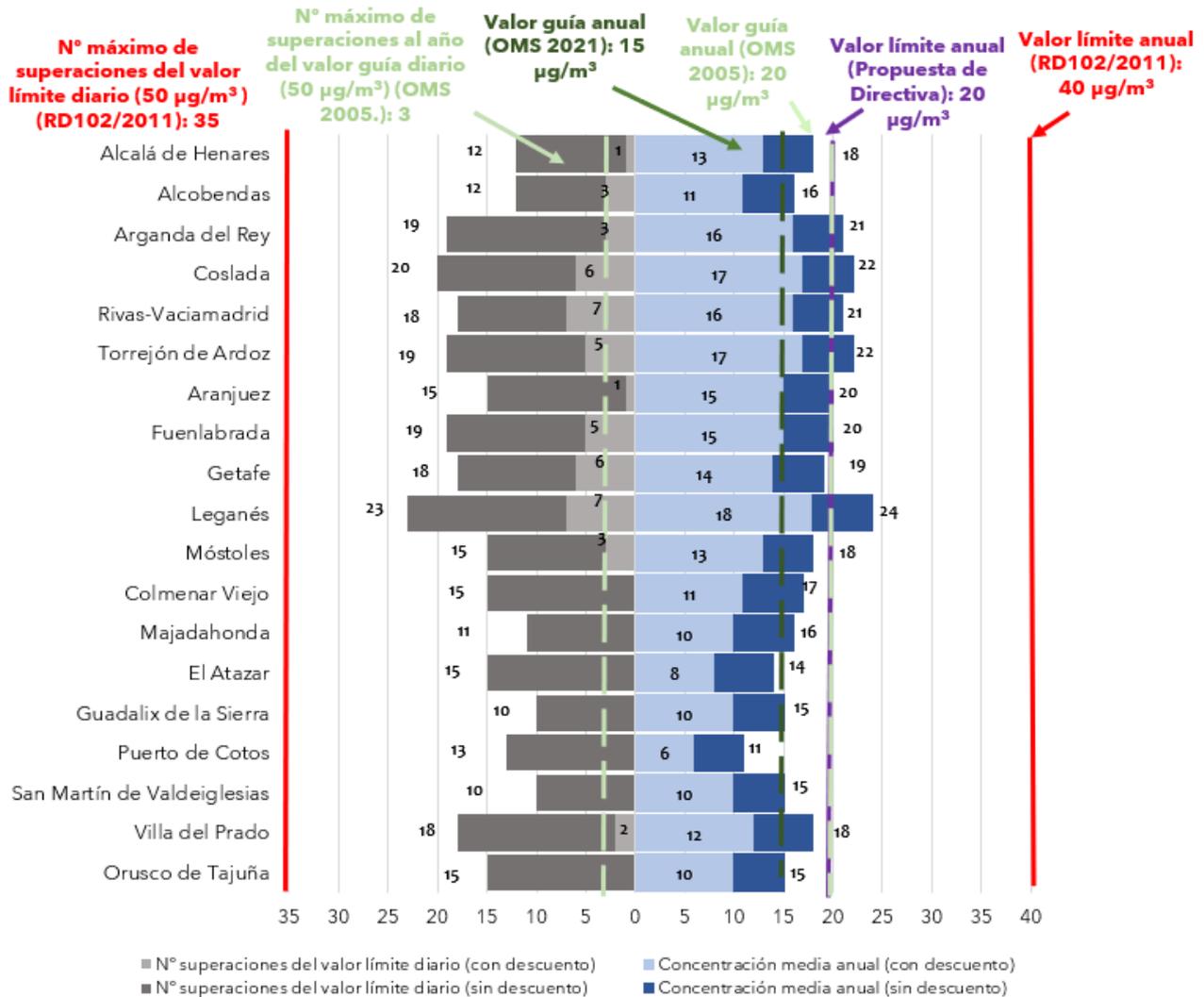


Figura 18. Media anual y nº de superaciones del valor límite diario de PM₁₀ (con y sin descuento del aporte de polvo sahariano) en µg/m³ en 2021 en las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid. (Elaboración propia)

Como se observa en la figura, el límite anual establecido en el RD 102/2011 (40 µg/m³) no fue superado en el año 2021 en ninguna de las estaciones de la Red. Sin embargo, al comparar estos datos con el nuevo valor límite anual establecido en la propuesta de Directiva, que coincide a su vez con el valor guía anual de la OMS del 2005 (20 µg/m³), si no se descuenta el aporte de polvo sahariano, 5 estaciones registran valores superiores (Arganda del Rey, Coslada, Rivas Vaciamadrid, Torrejón de Ardoz y Leganés). En caso de descuento, todas las estaciones estarían cumpliendo ambos valores.

A su vez, si se comparan las medias anuales con los actuales valores guía de la OMS (2021) la perspectiva es muy diferente. Todas las estaciones de la Red, excepto Puerto de Cotos y El Atazar se encontrarían por encima de esos valores guía recomendados (sin descontar los aportes de polvo sahariano). Sin embargo, tras los descuentos debidos al polvo sahariano solo 5 estaciones incumplirían dicho valor.

Respecto al valor límite diario establecido en el RD 102/2011, aunque los 50 µg/m³ fue superado en varias ocasiones en diversas estaciones, no se llegó a alcanzar el límite de 35 superaciones anuales que permite el RD. En este sentido, fue la estación de Leganés la que más superaciones tuvo, con un total de 23, aunque este valor se reduce a 7 si se tiene en cuenta el descuento por el aporte de las intrusiones saharianas. En cambio, si se comparan estos valores con el nuevo límite diario establecido en la propuesta de Directiva (45 µg/m³ que no puede superarse en más de 18 ocasiones a lo largo de un año), analizando los valores sin descuento que aparecen publicados en el apartado 4 del informe anual sobre la calidad del aire en la Comunidad de Madrid del año 2021, 9 estaciones estarían incumpliendo dicho límite (Arganda del Rey, Coslada, Rivas



Vaciamadrid, Torrejón de Ardoz, Fuenlabrada, Getafe, Leganés, Móstoles y Villa del Prado) y todas las estaciones incumplirían el valor guía de 2021 de la OMS ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que no puede superarse en más de 3 ocasiones a lo largo de un año).

En lo que respecta a las estaciones del Ayuntamiento de Madrid, en la siguiente figura se representan los valores relativos al año 2021, sin descontar los episodios de intrusiones por polvo sahariano, ya que en los informes anuales de calidad del aire publicados anualmente por dicho Ayuntamiento no figuran los datos con los descuentos de dichas intrusiones.

Como se puede apreciar, los valores no superaron en ningún momento del año 2021 el valor límite anual establecido por la normativa de referencia ni tampoco se sobrepasó en más de 35 ocasiones el valor límite diario de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo, en las estaciones de Vallecas, Plaza Castilla y Urbanización Embajada se superaría el valor límite anual reflejado en la propuesta de Directiva, que coincide con el valor guía anual de la OMS de 2005. Por último, cabe señalar que todas las estaciones, excepto la de Tres Olivos, se encontrarían por encima del valor guía anual propuesto por la OMS en 2021.

En lo que respecta al valor límite diario, este se cumple en todas las estaciones, ya que en ninguna de ellas se ha superado en más de 35 ocasiones. Como se observa en la figura, no se ha representado ni el nuevo valor límite diario propuesto por la Directiva, ni el valor guía propuesto por la OMS en 2021 ya que las superaciones de estos valores, al hacer referencia a $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y no a los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no se evalúan en los informes de seguimiento.

PM₁₀. Media anual y N° de superaciones del valor límite diario. Estaciones del Ayuntamiento de Madrid. Año 2021

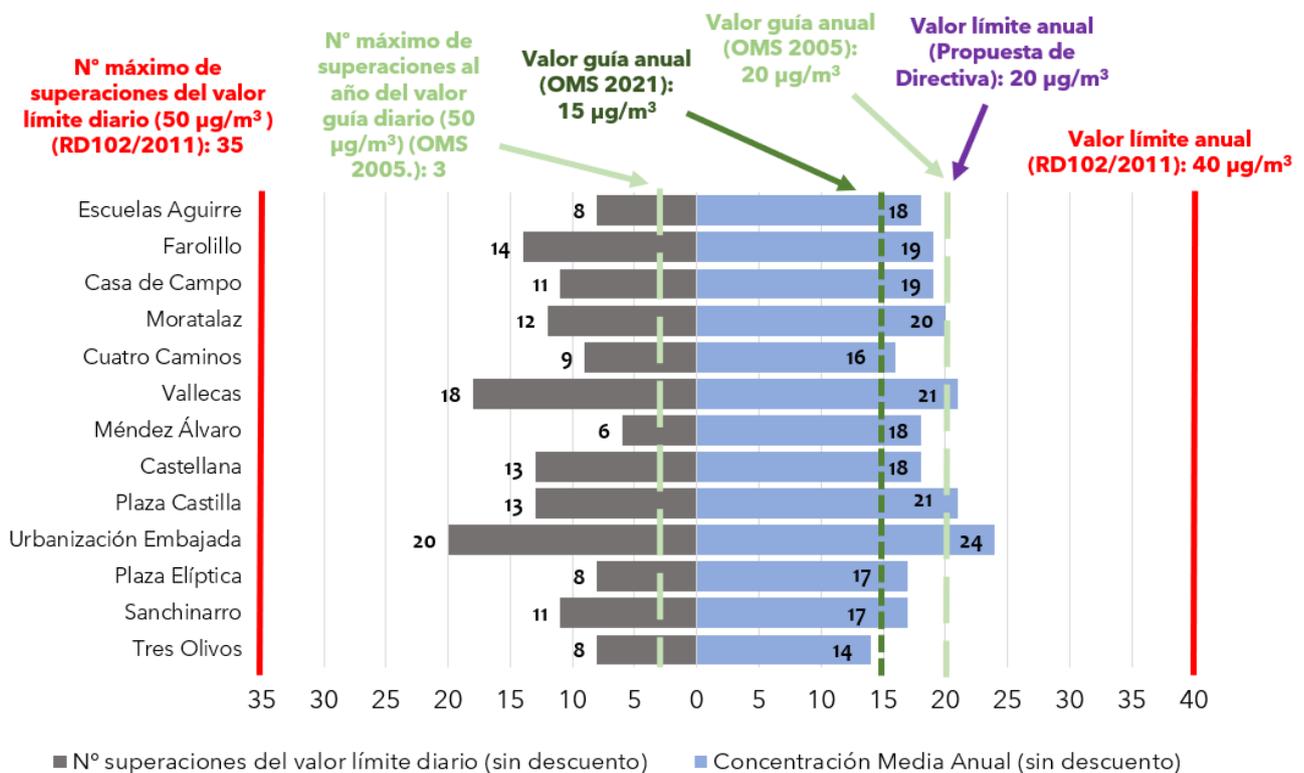


Figura 19. Media anual y nº de superaciones del valor límite diario de PM₁₀ (sin descuento del aporte de polvo sahariano) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2021 en las estaciones del Ayuntamiento de Madrid. (Elaboración propia)

En las siguientes figuras se refleja la evolución de este contaminante observada en el periodo 2015-2021 sin contabilizar el aporte de polvo sahariano, tanto en las estaciones de la Comunidad de Madrid como en las del Ayuntamiento, ya que, como se ha comentado anteriormente, el Ayuntamiento de Madrid solo ofrece la información sin descontar estos aportes:



PM₁₀. Media anual (sin descontar el aporte de polvo sahariano). Periodo 2015 -2021. Estaciones de la Comunidad de Madrid

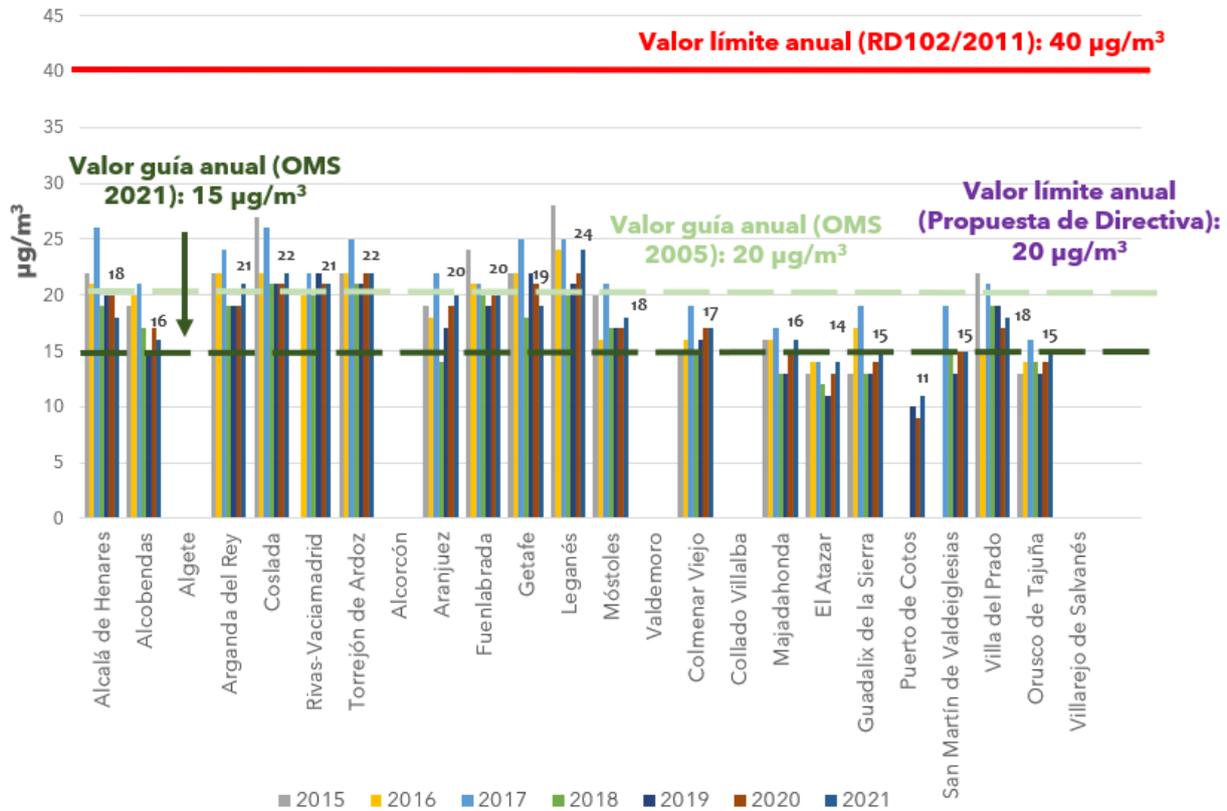


Figura 20. Evolución de la calidad del aire de PM₁₀ (sin descuento del aporte de polvo sahariano) en la Red de la Comunidad de Madrid en el periodo 2015- 2021 según el valor límite anual (Elaboración propia)

Tabla 6. Evolución de la situación de la calidad del aire para el compuesto PM₁₀ en la Red de la Comunidad de Madrid en el periodo 2015-2021 según el número de superaciones del valor límite diario sin descontar el aporte de polvo sahariano (Elaboración propia).

Estaciones	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Alcalá de Henares	4	13	23	4	5	7	12
Alcobendas	10	10	8	3	2	5	12
Arganda del Rey	12	14	14	3	7	6	19
Coslada	24	13	15	5	8	12	20
Rivas-Vaciamadrid		7	16	2	15	8	18
Torrejón de Ardoz	10	20	18	8	6	16	19
Aranjuez	1	14	14	2	0	6	15
Fuenlabrada	21	15	7	6	5	9	19
Getafe	11	17	17	5	16	16	18
Leganés	26	20	20	9	10	20	23
Móstoles	2	5	11	4	0	6	15
Colmenar Viejo	0	4	4	3	2	7	15
Majadahonda	2	5	3	1	0	5	11
El Atazar	2	5	3	4	1	7	15
Guadalix de la Sierra	8	7	8	2	0	4	10
Puerto de Cotos					2	4	13
San Martín de Valdeiglesias			6	5	0	5	10
Villa del Prado	5	4	9	13	3	7	18
Orusco de Tajuña	1	9	4	4	1	6	15

*Nº de superaciones del valor límite diario (50 µg/m³) > 35 (RD102/2011)



PM₁₀. Media anual (sin descontar el aporte de polvo sahariano). Periodo 2015 -2021. Estaciones del Ayuntamiento de Madrid

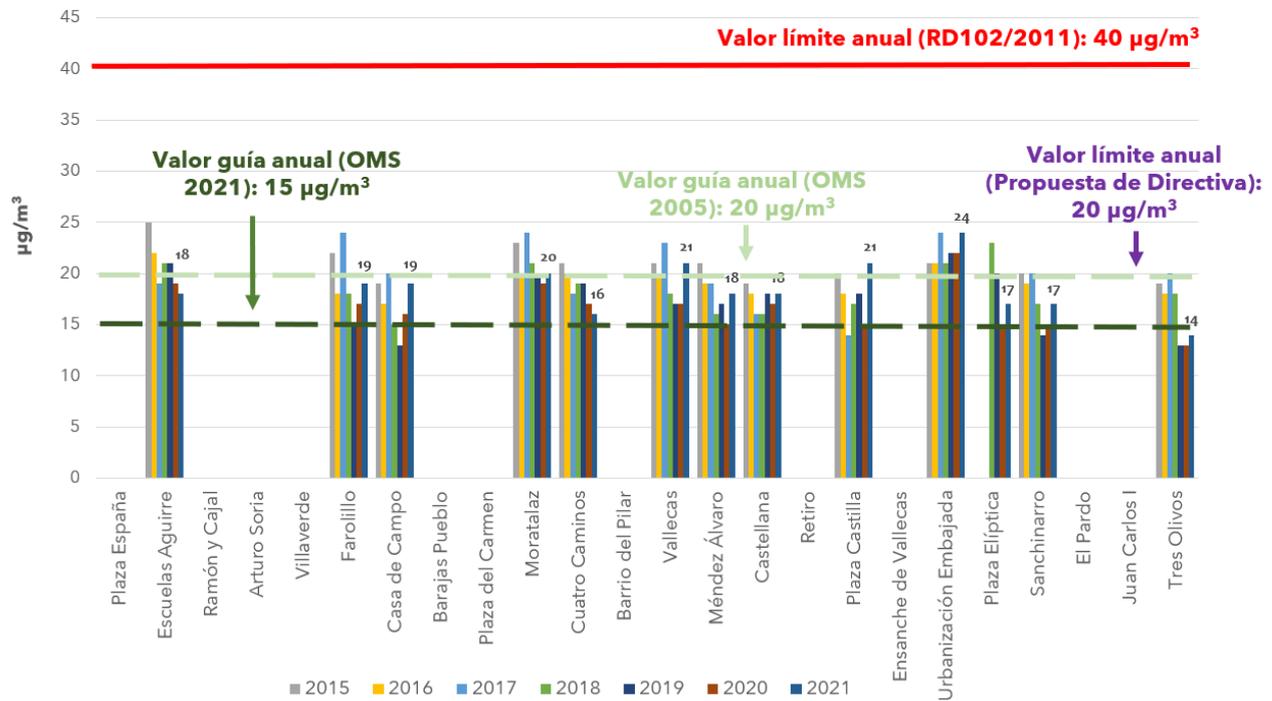


Figura 21. Evolución de la calidad del aire de PM₁₀ (sin descuento del aporte de polvo sahariano) en la red del Ayuntamiento de Madrid en el periodo 2015- 2021 según el valor límite anual (Elaboración propia)

PM₁₀. N° de superaciones del valor límite diario (sin descontar el aporte de polvo sahariano). Periodo 2015 -2021. Estaciones del Ayuntamiento de Madrid

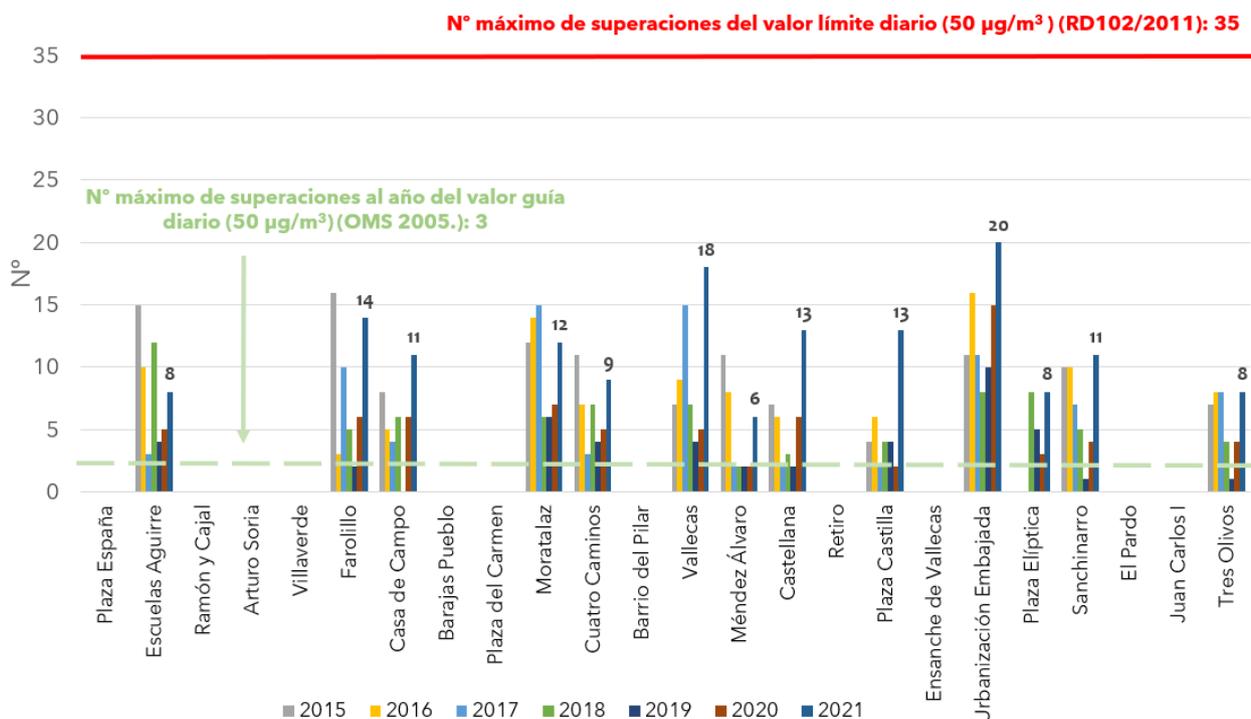


Figura 22. Evolución de la calidad del aire de PM₁₀ (sin descuento del aporte de polvo sahariano) en la red del Ayuntamiento de Madrid en el periodo 2015- 2021 según el número de superaciones del valor límite diario (Elaboración propia)





En cuanto a las partículas PM_{2,5}, el RD 102/2011 establece un límite para la protección de la salud sobre la media anual de 25 µg/m³ hasta 2015 y de 20 µg/m³ a partir de 2020. En la figura siguiente se muestran las medias anuales de PM_{2,5} considerando y sin considerar los aportes naturales. Como se puede observar, el límite anual no fue superado en el año 2021 en ninguna de las estaciones de la Red. Si los valores se comparan con el límite anual propuesto en la nueva Directiva para 2030 (10 µg/m³), la situación se mantiene, es decir, todas las estaciones se encontrarían por debajo de ese valor una vez realizados los descuentos debidos al polvo sahariano.

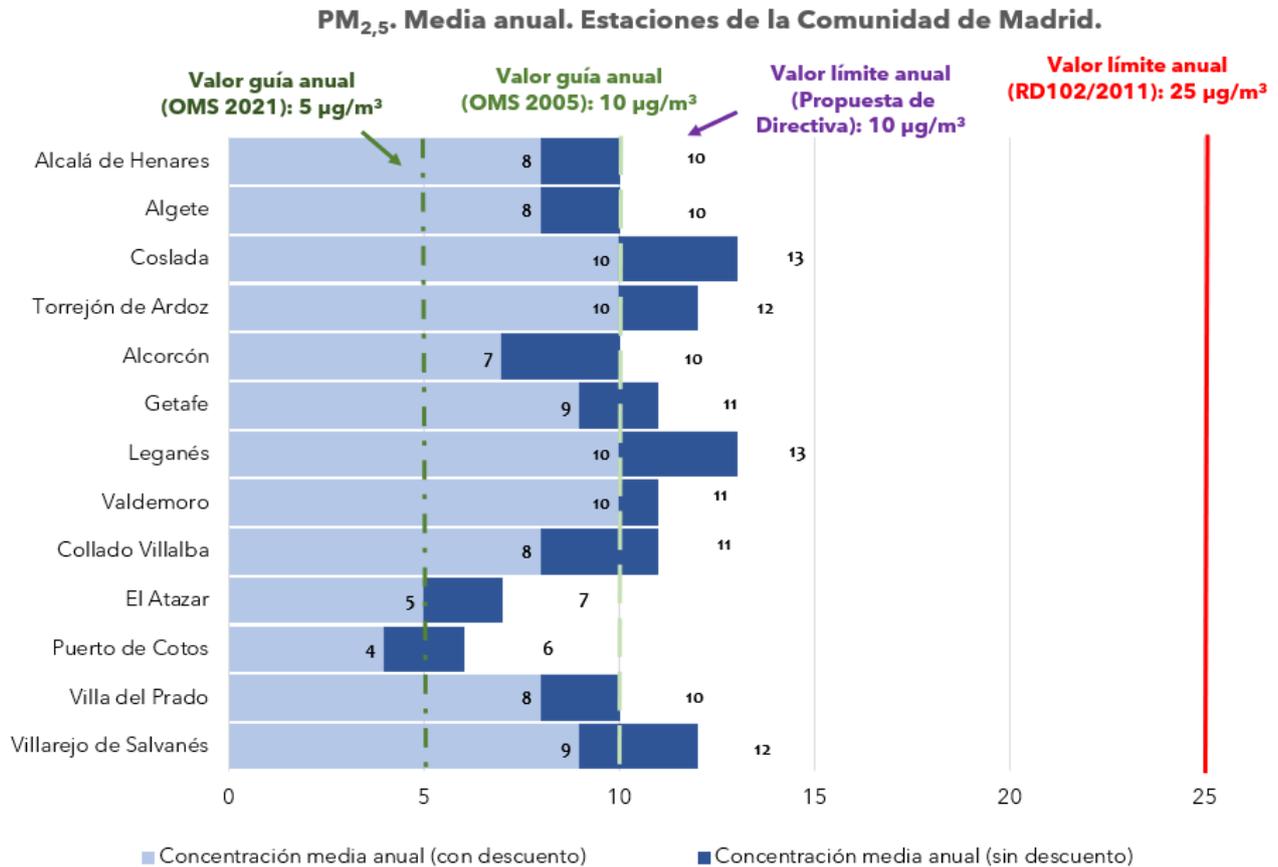


Figura 23. Media anual de PM_{2,5} (con y sin descuento del aporte de polvo sahariano) en µg/m³ en 2021 en las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid. (Elaboración propia)

Sin embargo, si los datos se comparan con el valor guía anual propuesto por la OMS en 2021 (5 µg/m³), todas las estaciones que miden PM_{2,5}, excepto las 2 de la Sierra Norte, El Atazar y Puerto de Cotos, superarían ese valor aun descontando los aportes de polvo sahariano.

Por otra parte, al analizar los valores de PM_{2,5} (sin descontar el aporte de polvo sahariano) recogidos en las estaciones del Ayuntamiento de Madrid, todas las estaciones estarían por debajo del valor límite actual (25 µg/m³) pero la mayoría de ellas se encontraría, bien en el límite propuesto por la nueva Directiva (10 µg/m³), o bien con valores muy próximos al mismo.



PM_{2,5}. Media anual. Estaciones del Ayuntamiento de Madrid. Año 2021

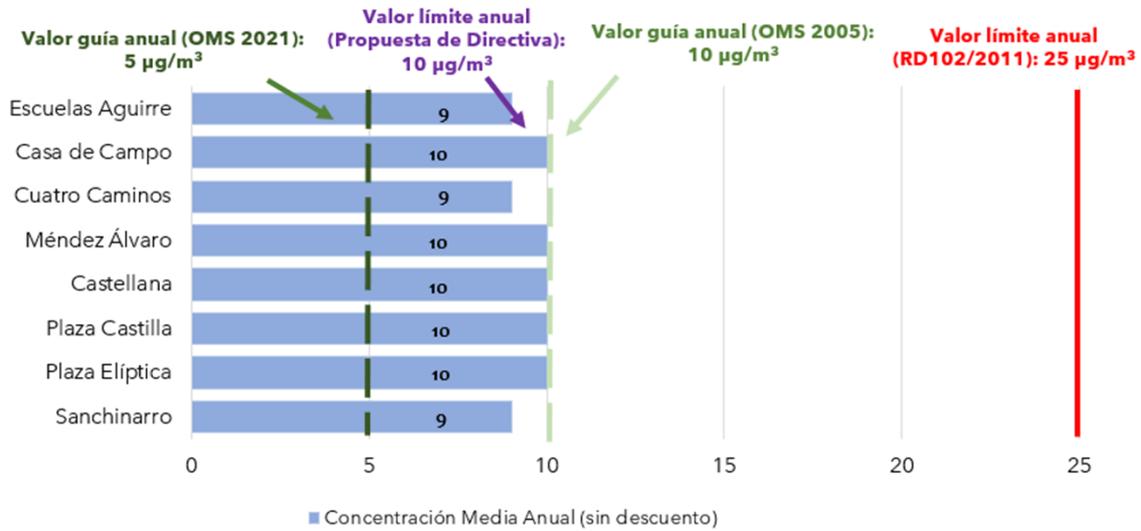


Figura 24. Media anual de PM_{2,5} (sin descuento del aporte de polvo sahariano) en µg/m³ en 2021 en las estaciones del Ayuntamiento de Madrid. (Elaboración propia)

Al analizar la evolución de ese contaminante a lo largo del periodo de estudio mostrado en las gráficas siguientes, donde se muestran los registros sin descontar las intrusiones de polvo sahariano, la situación no es nada concluyente, aunque sí se observa que se encuentran muy por debajo del valor límite anual actual.

PM_{2,5}. Media anual (sin descontar el aporte de polvo sahariano). Periodo 2015 -2021. Estaciones de la Comunidad de Madrid

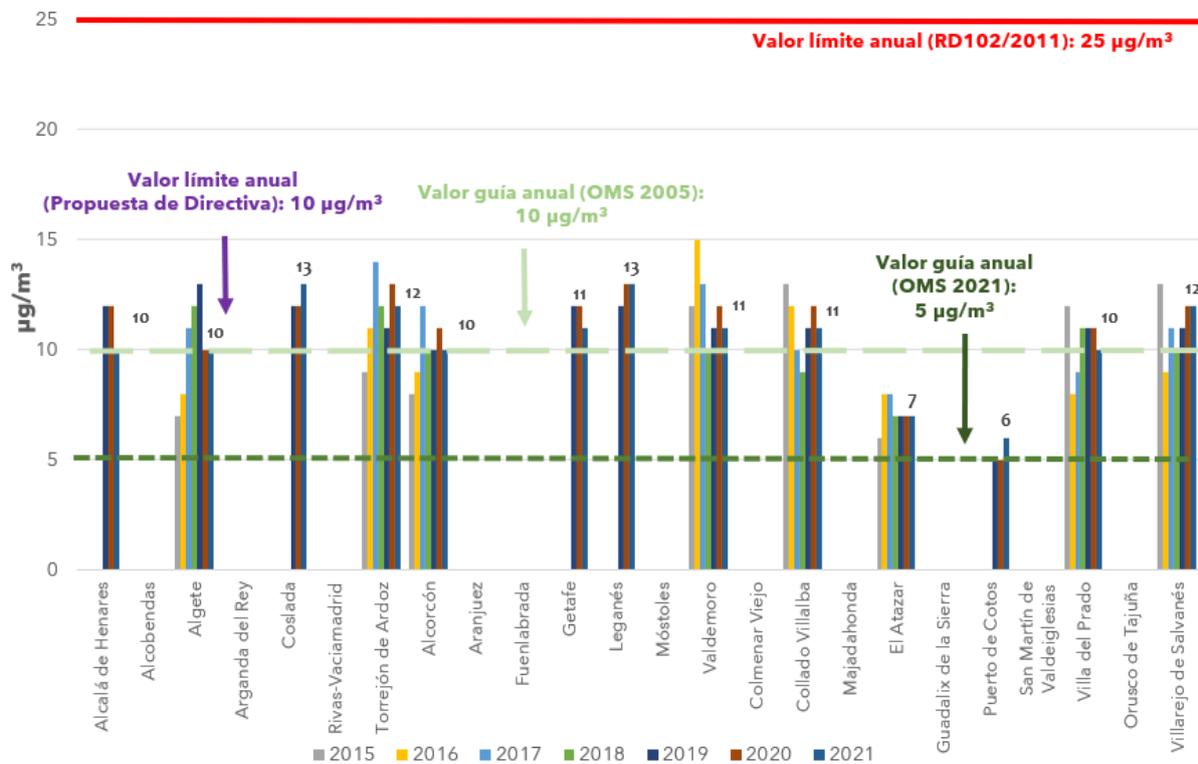


Figura 25. Evolución de la calidad del aire de PM_{2,5} (sin descuento del aporte de polvo sahariano) en la Red de la Comunidad de Madrid en el periodo 2015- 2021 según el valor límite anual. (Elaboración propia)

PM_{2,5}. Media anual (sin descontar el aporte de polvo sahariano). Periodo 2015 -2021. Estaciones del Ayuntamiento de Madrid

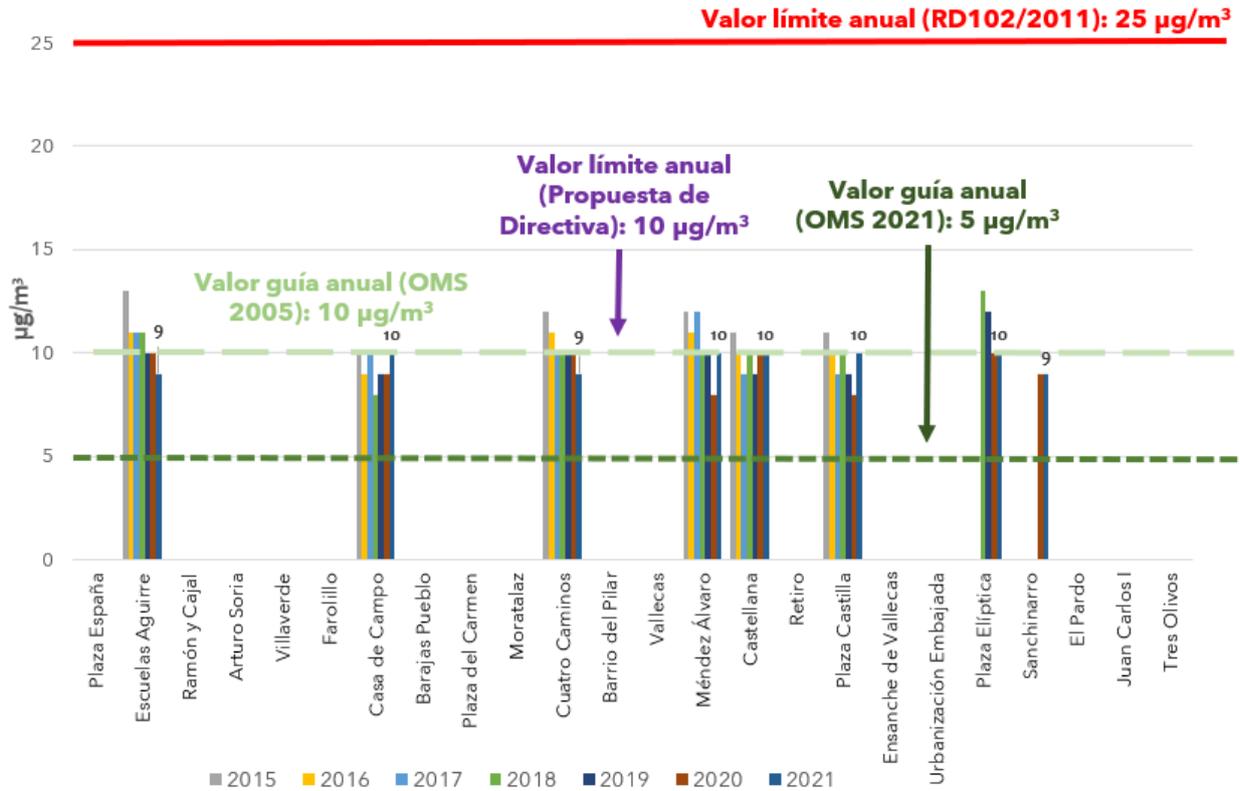


Figura 26. Evolución de la calidad del aire de PM_{2,5} (sin descuento del aporte de polvo sahariano) en la Red del Ayuntamiento de Madrid en el periodo 2015- 2021 según el valor límite anual. (Elaboración propia)

Como cabría esperar, las concentraciones de PM₁₀ y PM_{2,5} registradas en las estaciones clasificadas como “rurales” son las más bajas, ya que se encuentran en zonas con poca exposición a fuentes de contaminación. En el otro extremo, las estaciones clasificadas como “tráfico” son las que obtienen los valores más altos, ya que se encuentran en puntos donde la calidad del aire está directamente influenciada por las emisiones del transporte por carretera, principal fuente de emisión de partículas, junto al sector residencial, en la Comunidad de Madrid. En el caso de las estaciones clasificadas como “fondo urbano” e “Industrial” se observa mucha más variabilidad entre las diferentes estaciones.

2.3.3. Ozono (O₃)

El Real Decreto 102/2011 establece para el ozono un valor objetivo para la protección de la salud de 120 µg/m³ (máxima diaria de las medias móviles octohorarias) que no deberá superarse más de 25 días por cada año civil de promedio en un periodo de 3 años. Además, establece como valor objetivo para la protección de la vegetación un AOT₄₀ de 18.000 µg/m³·h de promedio en un periodo de 5 años, calculado a partir de medias horarias entre mayo y julio. El valor **AOT₄₀**, acrónimo de «Accumulated Ozone Exposure over a threshold of 40 Parts Per Billion», es la suma de la diferencia entre las concentraciones horarias superiores a los 80 µg/m³, equivalente a 40 nmol/mol o 40 partes por mil millones en volumen, y 80 µg/m³ a lo largo de un período dado utilizando únicamente los valores horarios medidos entre las 8:00 y las 20:00 horas, HEC, cada día, o la correspondiente para las regiones ultraperiféricas. El citado Real Decreto establecía como fecha límite de cumplimiento para ambos valores el 1 de enero de 2010.

Las siguientes gráficas muestran la comparativa de los datos registrados en las estaciones con los valores regulados.

O₃. N° de superaciones del valor objetivo para la protección de la salud humana (120 µg/m³ como media octohoraria). Estaciones de la Comunidad de Madrid. Año 2021

N° máximo de superaciones del valor objetivo (en promedio de tres años) (Propuesta de Directiva): 18 N° máximo de superaciones del valor objetivo (en promedio de tres años) (RD102/2011): 25

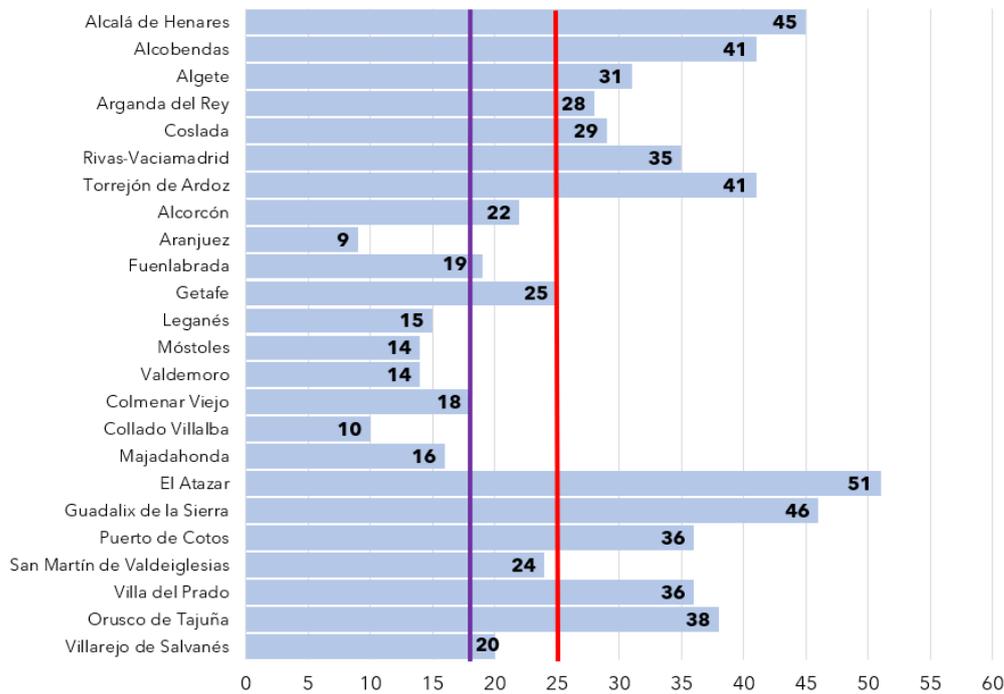


Figura 27. Número de superaciones en 2021 del valor objetivo de O₃ para la protección de la salud en las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid. (Elaboración propia)

O₃. Valor objetivo para la protección de la vegetación. Estaciones de la Comunidad de Madrid. Año 2021

Valor límite promedio 5 años (RD102/2011): 18.000 µg/m³ xh

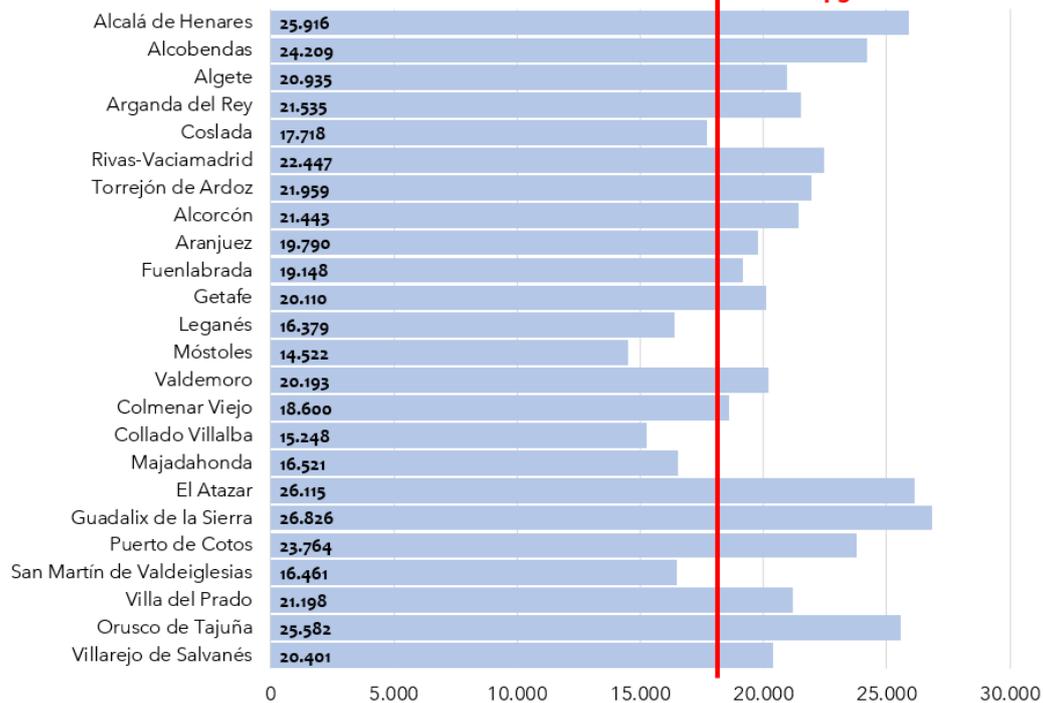


Figura 28. Valor objetivo de O₃ para la protección de la vegetación (AOT₄₀) en las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid. Año 2021. (Elaboración propia)



O₃. N° de superaciones del valor objetivo para la protección de la salud humana (120 µg/m³ como media octohoraria). Estaciones del Ayuntamiento de Madrid. Año 2021

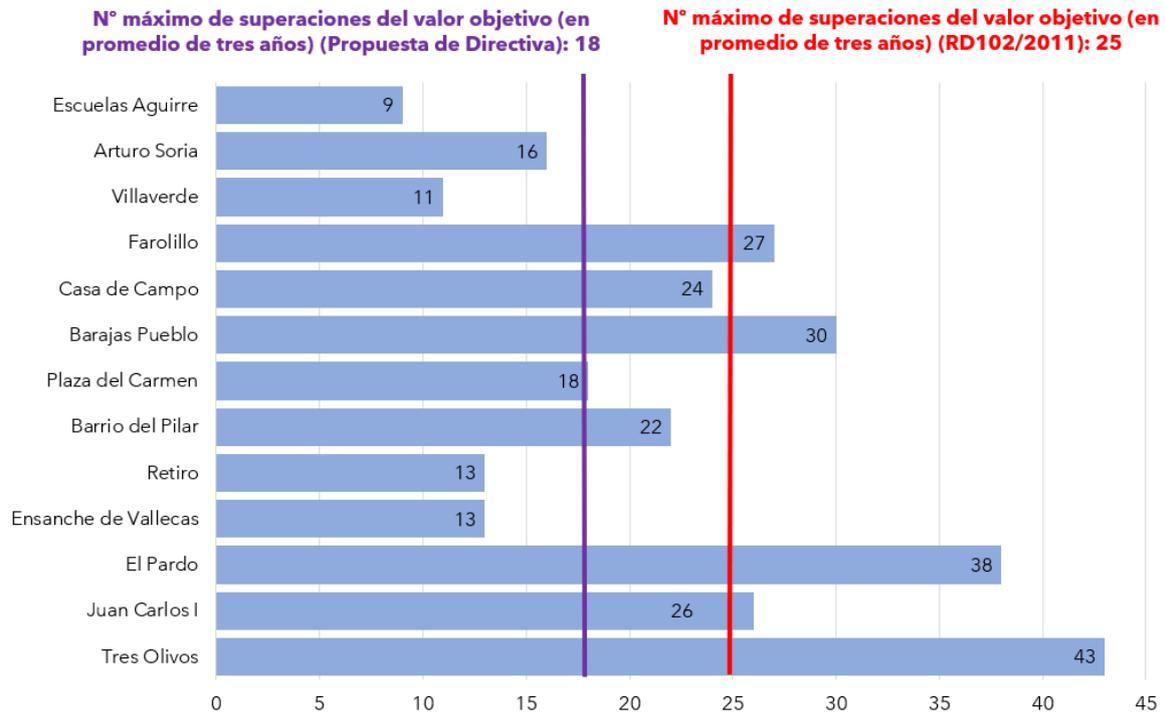


Figura 29. Número de superaciones del valor objetivo de O₃ para la protección de la salud en las estaciones de la Red del Ayuntamiento de Madrid. (Elaboración propia)

Según se ilustra en ambas figuras, tanto el objetivo a largo plazo para la protección de la salud humana como los valores de la AOT₄₀ para la protección de la vegetación registraron superaciones generalizadas en toda la Red. Se observa cómo el número de concentraciones máximas diarias de las medias móviles octohorarias por encima de 120 µg/m³ es superior a 25 (objetivo a largo plazo para la protección de la salud humana) en prácticamente la mitad de las estaciones de la Red, alcanzándose los valores más elevados en las estaciones rurales (El Atazar 51 y Guadalix de la Sierra 46 superaciones). Considerando que el valor de referencia para este parámetro es de 18 ocasiones en la propuesta de Directiva, el número de superaciones sería sustancialmente mayor, y solo 6 de las 24 estaciones estarían cumpliendo con los valores objetivo propuestos a 2030.

En lo que respecta al objetivo para la protección de la vegetación (AOT₄₀ de mayo a julio < 18000 µg/m³xh), en 2021 se incumple en todas las estaciones excepto en Coslada, Leganés, Móstoles, Collado Villalba, Majadahonda y San Martín de Valdeiglesias. Las estaciones con mayores superaciones del valor de referencia de AOT₄₀ (en el periodo Mayo-Julio) son el Atazar y Guadalix de la Sierra, con una excedencia del 60% y 47% respectivamente. Conforme a estos datos, todas las estaciones están sumamente alejadas del valor objetivo a largo plazo para la protección de la vegetación (AOT₄₀ de mayo a julio < 6000 µg/m³xh). Al contrario que el NO₂, los valores máximos se registran típicamente en verano.

En la Red de Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid, 3 de las 13 estaciones que miden O₃ registraron en el año 2021 más de 25 superaciones del valor objetivo octohorario (120 µg/m³).

Respecto a la evolución de la concentración de este contaminante, tal y como se observa en la 9, durante el periodo 2015-2021 se han registrado de forma generalizada niveles por encima del valor objetivo para la protección de la salud en todas las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid. Ocurre lo mismo en todas las estaciones de la Red del municipio de Madrid, según se indica en los informes anuales de calidad del aire de la ciudad de Madrid de los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021 (Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental, Ayuntamiento de Madrid, 2021).



O₃. N° de superaciones del valor objetivo para la protección de la salud humana (120 µg/m³ como media octohoraria). Periodo 2015 -2021. Estaciones de la Comunidad de Madrid

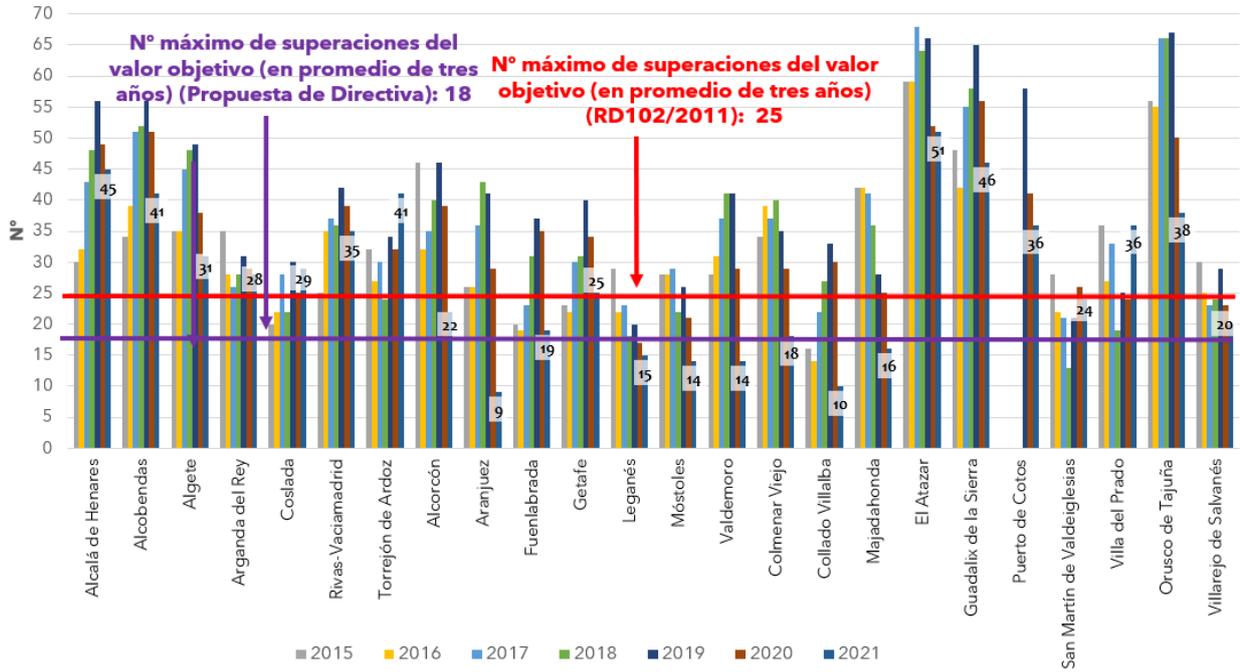


Figura 30. Número de superaciones en el periodo 2015-2021 del valor objetivo de O₃ para la protección de la salud en las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid. (Elaboración propia)

O₃. N° de superaciones del valor objetivo para la protección de la salud humana (120 µg/m³ como media octohoraria). Periodo 2015 -2021. Estaciones del Ayuntamiento de Madrid.

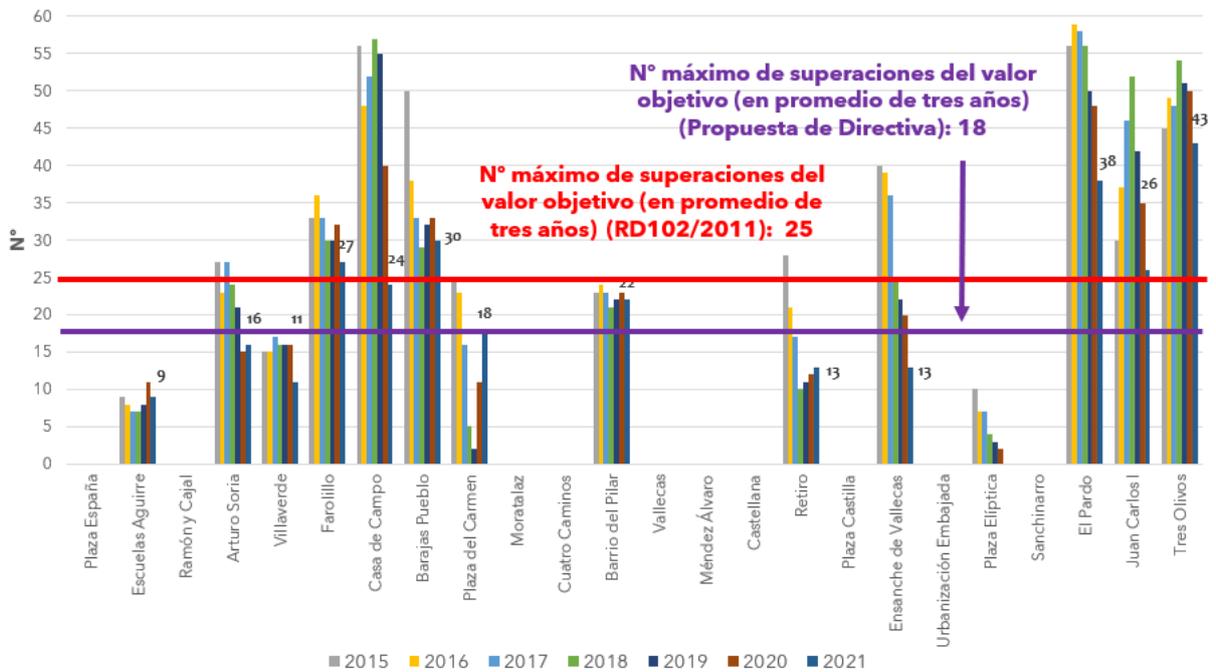


Figura 31. N° de superaciones del valor objetivo para la protección de la salud humana, periodo 2015-2021 en la red de estaciones del Ayuntamiento de Madrid. (Elaboración propia)

O₃. Valor objetivo para la protección vegetación. Periodo 2015 -2021. Estaciones de la Comunidad de Madrid

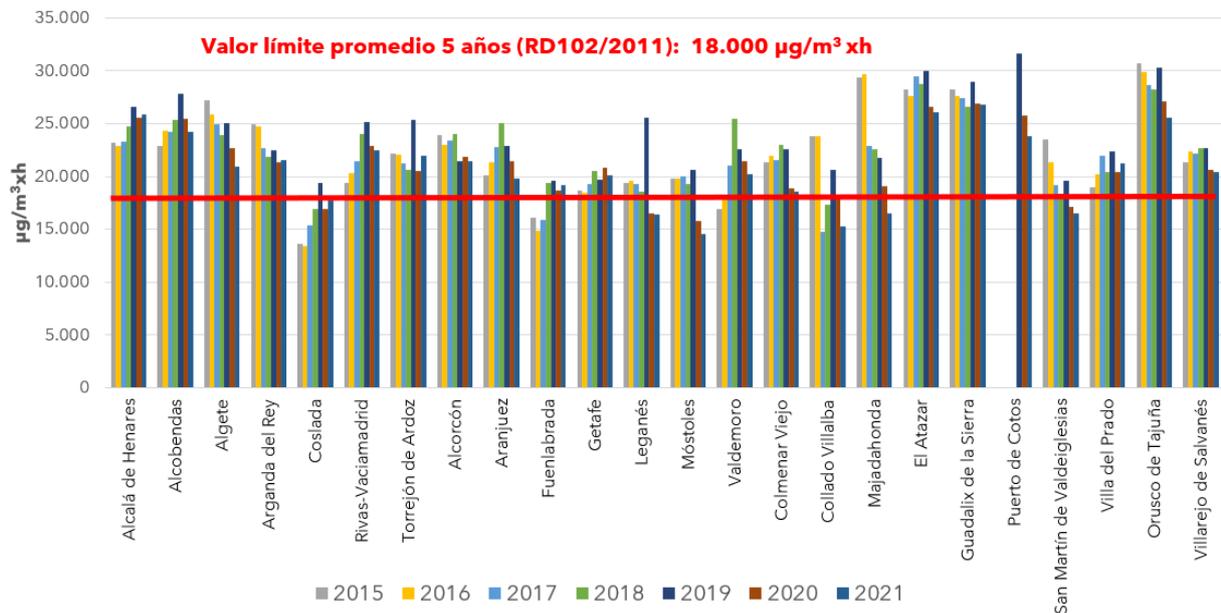


Figura 32. Evolución del valor objetivo de O₃ para la protección de la vegetación en las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid en el periodo 2015 – 2021. (Elaboración propia).

Como se observa en la Figura 32, las superaciones del valor objetivo para la protección de la vegetación presentan un patrón similar, superándose los valores de forma generalizada.

Por otra parte, en el Real Decreto 102/2011 se establece un umbral de Información (180 µg/m³) y un umbral de alerta (240 µg/m³ durante 3 horas consecutivas) ambos en base a una concentración media horaria. El umbral de alerta no se ha superado nunca en la Comunidad de Madrid, pero el umbral de información sí ha sido superado en varias estaciones de la Red durante el periodo de estudio (Área de Calidad Atmosférica, Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura, 2022).

2.3.4. Otros contaminantes

Los valores registrados en las estaciones de las distintas zonas de calidad del aire para el resto de los contaminantes (dióxido de azufre, benceno, monóxido de carbono, metales pesados y benzo(a)pireno), han permanecido alejados de los valores establecidos por la legislación vigente.

A continuación, se resume la evolución de cada contaminante y se ofrece la evaluación del cumplimiento de límites:

- Con relación al **SO₂**, los niveles de concentración media anual para las diferentes zonas de calidad del aire muestran una tendencia de reducción, a pesar del ligero aumento registrado en 2017. Asimismo, en todo el periodo 2015-2021 en ninguna estación de la Red se han registrado superaciones de los valores límite horario (350 µg/m³) y diario (125 µg/m³) para la protección de la salud, ni del nivel crítico para la protección de los ecosistemas y la vegetación relativo al año civil e invierno (20 µg/m³). De igual modo, el umbral de alerta (500 µg/m³) no ha sido superado nunca en ningún municipio de la Comunidad de Madrid, incluido el de Madrid.
- Para el **resto de los contaminantes** regulados: benceno, monóxido de carbono, metales pesados (plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd) y níquel (Ni)) y benzo(a)pireno, los valores registrados en todas las estaciones de la Red han permanecido muy alejados de los valores límite y valores objetivo establecidos en la legislación vigente.



2.3.5. Conclusiones

Del análisis realizado en los apartados anteriores se puede concluir que durante el año 2021 los datos registrados por las estaciones de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad del Madrid y del Ayuntamiento de Madrid ponen de manifiesto que:

- Las partículas en suspensión (PM_{10} y $PM_{2,5}$), el dióxido de azufre (SO_2), el monóxido de carbono (CO), el benceno (C_6H_6), el plomo (Pb), el arsénico (As), el cadmio (Cd), el níquel (Ni) y el benzo(a)pireno (B(a)P) presentan concentraciones alejadas de los valores límite establecidos por la normativa de aplicación en vigor actualmente en las estaciones de la Comunidad de Madrid.
- En cuanto al dióxido de nitrógeno (NO_2), únicamente se ha superado el valor límite anual en una de las estaciones de la Red del Ayuntamiento de Madrid (Plaza Elíptica), encontrándose el resto de estaciones en situación de cumplimiento, tanto en la Red de la Comunidad de Madrid como en la del Ayuntamiento.
- Respecto al ozono (O_3), en 12 de las 24 estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid se han registrado más de 25 superaciones del valor objetivo en 2021 ($120 \mu g/m^3$) y en 3 de las 13 estaciones que miden O_3 del Ayuntamiento de Madrid registraron más de 25 superaciones de dicho valor. El objetivo a largo plazo para el ozono, sin fecha definida de cumplimiento, ha sido superado en 2021 al menos en alguna ocasión en todas las estaciones de la Red. Asimismo, en el año 2021 se ha detectado un incremento en las superaciones del umbral de información a la población en las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid, registrándose 19 horas aditivas por encima de $180 \mu g/m^3$ en (8 horas no aditivas) frente, por ejemplo, a la única superación registrada en 2020. Sin embargo, en las estaciones del Ayuntamiento de Madrid no se ha producido ninguna superación del umbral de información a la población.
- El análisis comparativo de los datos registrados en el año 2021 con respecto a años anteriores muestra, en términos generales, una mejor calidad del aire en la región. Cabe señalar que todavía en el año 2021 el comportamiento de los contaminantes atmosféricos continúa viéndose afectado por la actual pandemia Covid-19, registrando niveles de contaminación superiores a los detectados en 2020 pero no tan elevados como en años anteriores.

Del estudio relativo a la evolución de la calidad del aire durante el periodo 2015-2021 se desprenden los siguientes aspectos:

- Con respecto a los NO_2 , ninguna de las estaciones de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid ha superado el valor límite horario (más de 18 horas por encima de $200 \mu g/m^3$) en los últimos seis años (en 2015 se produjo superación en la estación de Getafe). El número de superaciones de este valor límite ha ido disminuyendo de forma progresiva en los últimos años, no registrándose ningún valor horario por encima de $200 \mu g/m^3$ en los años 2019 y 2021. Con respecto al valor límite anual, entre el 2016 y el 2018 varias estaciones de la Red (Coslada, Getafe y Leganés) registraron valores por encima de este valor límite, sin bien en los restantes años de la serie no se ha superado este valor límite en ninguna estación, manteniéndose los registros en valores más bajos respecto a años anteriores. En lo que respecta a las estaciones pertenecientes a la red del Ayuntamiento de Madrid, se registran superaciones del valor límite anual y el valor límite horario en varias estaciones a lo largo del periodo estudiado. No obstante, se observa una mejoría en los valores registrados en los últimos años, pasando de incumplir el valor límite anual en 13 estaciones en 2015 a solo una estación en 2021 (Plaza Elíptica)⁸. A su vez, para el valor límite horario, se pasa de registrar incumplimientos en 8 estaciones en 2015 a ninguna en 2021.
- Los valores de partículas (PM_{10} y $PM_{2,5}$) registrados en las estaciones de la Red se han mantenido en todo momento por debajo del valor límite anual durante todo el periodo 2015-2021. Tampoco se registran incumplimientos de los parámetros regulados para las partículas durante el periodo estudiado para las estaciones del Ayuntamiento de Madrid.
- En cuanto al ozono, se han registrado de forma generalizada niveles por encima del valor objetivo para la protección de la salud y para la protección de la vegetación en todas las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid. El umbral de alerta a la población ($240 \mu g/m^3$ de media horaria) no se ha superado nunca en la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid. En lo relativo al Ayuntamiento de Madrid, también se registran incumplimientos del valor objetivo para la protección de la salud a lo largo del periodo, si bien no en todas las estaciones, pasando de superarse en 12 estaciones en el año 2015 a únicamente en 3 en 2021. Asimismo, tampoco se ha superado nunca el umbral de alerta en ninguna de las estaciones del Ayuntamiento de Madrid.

⁸ En el año 2022 no se ha registrado ninguna superación del valor límite anual.





- Para el resto de contaminantes analizados, las concentraciones se han mantenido similares respecto a años anteriores, con ligeras variaciones dependiendo del contaminante o de la zona estudiada, pero manteniéndose en cualquier caso inferiores a los valores límite u objetivos establecidos en la normativa de aplicación en la totalidad de la Comunidad de Madrid.

Si se comparan los datos registrados en las estaciones de ambas redes con los valores límite propuestos en la nueva Directiva a cumplir en 2030, se observan superaciones de dichos valores en 2021 en los principales contaminantes evaluados: NO₂, Partículas y ozono, lo que hace necesaria la adopción de nuevas medidas.

2.4. Diagnóstico de las emisiones de contaminantes atmosféricos

2.4.1. Inventario de emisiones

Desde el año 2003, la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior de la Comunidad de Madrid ha venido desarrollando inventarios anuales que analizan de manera individualizada las emisiones generadas durante un periodo determinado. Estos inventarios tienen por objetivo cuantificar las emisiones a la atmósfera que se generan en la región madrileña desde todos los focos emisores significativos, lo cual permite contar con la información que permita tomar las decisiones adecuadas para centrar los esfuerzos en reducir dichas emisiones y, de esta forma, contribuir a alcanzar una calidad de aire adecuada. Debido a la complejidad que supone la elaboración de los inventarios, estos tienen un desfase de 2 años, es por ello que, a fecha de realización del presente Plan, el último inventario publicado corresponde al de las emisiones que se produjeron en el año 2020, es decir, ofrece datos de toda la serie 1990-2020 ya que en cada edición del inventario se recalculan las emisiones de todo el periodo.

En concreto, los inventarios permiten analizar aspectos como la concentración de contaminantes primarios en la atmósfera, la oxidación de origen fotoquímico, los flujos transfronterizos y la contaminación a larga distancia de contaminantes, la acidificación, o la contribución al calentamiento general de la atmósfera, entre otros.

En el presente apartado se incluye un análisis de los inventarios realizados para la serie temporal 1990-2020, que proporciona la información necesaria para tener un conocimiento de las principales fuentes emisoras de contaminantes agrupadas por sectores, tales como industrias, actividades agropecuarias, tráfico, consumos energéticos, etc., así como la evolución de estas emisiones en el tiempo. Por tanto, constituye la base, junto con los datos proporcionados por la Red de Calidad del Aire analizados en el apartado anterior y el análisis de contribución de fuentes realizado en el marco del convenio con la UPM, que se analiza en el siguiente apartado, para la identificación de las áreas de actuación y el diseño y planteamiento de las medidas del presente plan.

La estructura por sectores de los inventarios se basa en la nomenclatura NFR (*Nomenclature For Reporting*), establecida por el Convenio LRTAP (Convenio de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE/ONU) de 1979 sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia). Esta nomenclatura establece 5 sectores: energía, IPPU (*Industrial Processes and Product Use* – Procesos Industriales y Uso de Productos), agricultura, residuos y emisiones naturales. Estos sectores, a su vez, se subdividen en categorías. Es preciso indicar que, a diferencia de ediciones anteriores (Plan Azul y Plan Azul+), en el presente Plan no se hace referencia a la nomenclatura SNAP (*Selected Nomenclature for Air Pollution*, SNAP-97) y se trabaja únicamente con nomenclatura NFR, por ser la nomenclatura oficial que emplea España para el reporte de contaminantes atmosféricos y con la que se establecieron los objetivos de reducción de emisiones en la Directiva de Techos.

Las categorías principales incluidas en la nomenclatura NFR incluyen las siguientes actividades:

- NFR1: Actividades energéticas (donde se incluyen, entre otras, las emisiones debidas al transporte y las emisiones del sector residencial, comercial e institucional).
- NFR2: Procesos industriales y uso de productos.
- NFR3: Actividades agrícolas.
- NFR5: Sector de los residuos.
- NFR6: Otros.

Cabe señalar que, de acuerdo con dicha Directiva y a los efectos del cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones de SO₂, NO_x, COVNM, NH₃ y PM_{2,5} aplicables entre 2020 y 2029 y a partir de 2030, en la nomenclatura NFR no contabilizan las siguientes emisiones (además del tráfico marítimo que no afecta a la Comunidad de Madrid):



- Las emisiones de las aeronaves fuera del ciclo de aterrizaje y despegue.
- Las emisiones de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles no metánicos de las actividades contempladas en las categorías 3B (gestión de estiércol) y 3D (suelos agrícolas).

En la página web de la Comunidad de Madrid (<https://www.comunidad.madrid/servicios/urbanismo-medio-ambiente/calidad-aire>) es posible acceder a los datos de los inventarios de emisiones, así como a los diferentes gráficos sobre la evolución de los contaminantes estudiados y el análisis de su contribución global a los impactos ambientales tales como la acidificación, la formación de ozono troposférico o el cambio climático.

A partir del Inventario del año 2020, correspondiente a la serie 1990-2018, la entonces Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura llevó a cabo un cambio significativo respecto a ediciones anteriores, al alinearlos metodológicamente con el Inventario Nacional de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero y de contaminantes atmosféricos. Este cambio afectó a las emisiones de toda la serie y supuso una modificación en las estimaciones realizadas respecto a los inventarios elaborados hasta esa fecha. Si bien dicho cambio produjo una discontinuidad respecto a la serie de datos obtenida en años anteriores, el inventario ganó en consistencia metodológica, dado que las estimaciones de las emisiones y proyecciones por el Sistema Español de Inventario (SEI) se realizan de acuerdo con las directrices y criterios validados por las instancias internacionales y europeas implicadas y son sometidas periódicamente a revisiones y control de calidad por dichos organismos. Se trata de una fuente esencial de información para el conocimiento del estado del medio ambiente, el diseño de políticas ambientales y la evaluación de su efectividad o el desarrollo de estudios e investigaciones, entre otras finalidades.

A partir del año 2020 el **Inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid se ha alineado metodológicamente con el Inventario Nacional** de emisiones y absorciones de GEI y de contaminantes atmosféricos.

2.4.2. Análisis sectorial de las emisiones

La Comunidad de Madrid con sólo 8.027,9 km² (el 1,6% de la superficie total nacional) comprende una población de derecho superior a los 6 millones de habitantes (el 14,2% del total en 2022) distribuida en 179 municipios. Esto la sitúa como la primera Comunidad Autónoma en términos de densidad en España (840,9 habitantes por km² frente a 94,11 en el total nacional) y en un lugar destacado en Europa (casi duplica la de zonas tan densas como Bélgica y Holanda), como corresponde a su papel de región capital.

En concreto en el municipio de Madrid (donde habitan 3.280.782 habitantes), se contabilizan 5.418,47 habitantes por km², densidad de las más altas de Europa, pero que incluso es superada por la del municipio de Coslada (6900,33 habitantes por km²).

La geografía social madrileña se caracteriza por la existencia de marcadas diferencias que definen una clara especialización territorial y originan una situación enormemente diversa. Así, frente a un municipio que supera los tres millones de habitantes, nueve que superan los 100.000 y otros catorce que se sitúan entre 50.000 y 100.000 habitantes (es decir, 24 conglomerados urbanos en un territorio que, como se indica, apenas supera los 8.000 km²), existen 6 municipios con menos de 100 habitantes (el menor La Acebeda, con 62 habitantes a 1 de enero de 2022).

En medio de una especialización económica terciaria bastante generalizada en la capital y en las zonas del oeste, se encuentra una potente industria, especialmente en el sur y el Corredor del Henares, y aún pervive un alto porcentaje de municipios agrarios en el suroeste, norte y sureste de la región.

Por tanto, el modelo territorial actual de la Comunidad de Madrid engloba un área metropolitana extensa, lo que conlleva una dependencia del transporte elevada y un aumento progresivo de las infraestructuras viarias para dar cabida al incremento de medios de circulación.

Además, dispone de un denso tejido empresarial, con más de medio millón de empresas, entre las que se encuentra gran parte de las principales compañías españolas y multinacionales extranjeras, así como gran cantidad de pequeñas y medianas empresas.

Según las actividades económicas predominantes, el sector servicios ocupa a la mayoría de las personas. En 2021, concretamente, son 2,17 millones las personas que trabajan en el sector terciario, lo que equivale al 85% del total de la población ocupada de la región, tal como se ha señalado en la introducción del presente plan.

El sector industrial, por su parte, emplea a un total de 295 mil personas (9,3% de la población ocupada total). El sector de la construcción hace lo propio con 181 mil personas (5,7% sobre el total) y, por último, el sector de la agricultura emplea a 6.400 personas (0,2% de la población ocupada total) (BACO - Banco de Datos de Coyuntura, 2021). Cabe destacar que el



tejido industrial de la Comunidad de Madrid, según los últimos datos publicados por el Directorio Central de Empresas (DIRCE), se compone principalmente de industrias manufactureras, las cuales cuentan con una cifra de negocios en el año 2018 de más de 44 mil millones de euros (un 65,3% de la cifra total de negocios del sector industrial de la región).

La estructura territorial y económica de la Comunidad de Madrid tiene su reflejo en el consumo energético sectorial, como se puede observar en la siguiente figura:

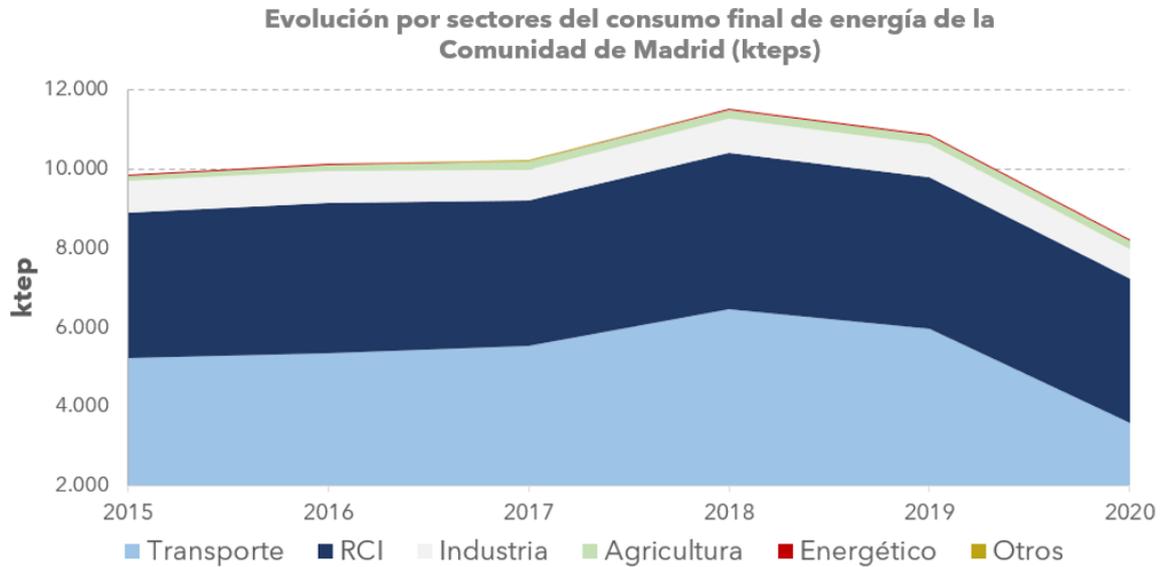


Figura 33. Evolución del consumo final de energía de la Comunidad de Madrid (kteps). (FENERCOM, 2022)

El sector transporte es el principal consumidor de energía en la región, con un 44% respecto del consumo total en el año 2020, seguido por el doméstico, con un porcentaje del 29% para ese mismo año. Estos dos sectores representan entorno al 73% de la demanda de energía total. El sector industrial representa un 9% del consumo total de energía y el sector servicios supone un 15%, mientras que la agricultura solo representaba el 3% en 2020.

Cabe destacar que 2020 fue un año particular debido a la influencia de la pandemia de Covid-19, que afectó especialmente al sector transporte debido a las restricciones de movilidad, lo que provocó que el consumo final de energía en la Comunidad de Madrid se viera reducido respecto a años anteriores.

Respecto a los contaminantes atmosféricos, a continuación se muestra la contribución por sectores a las emisiones de NO_x, COVNM, SO_x, NH₃ y PM_{2,5} en el año 2020 (3).

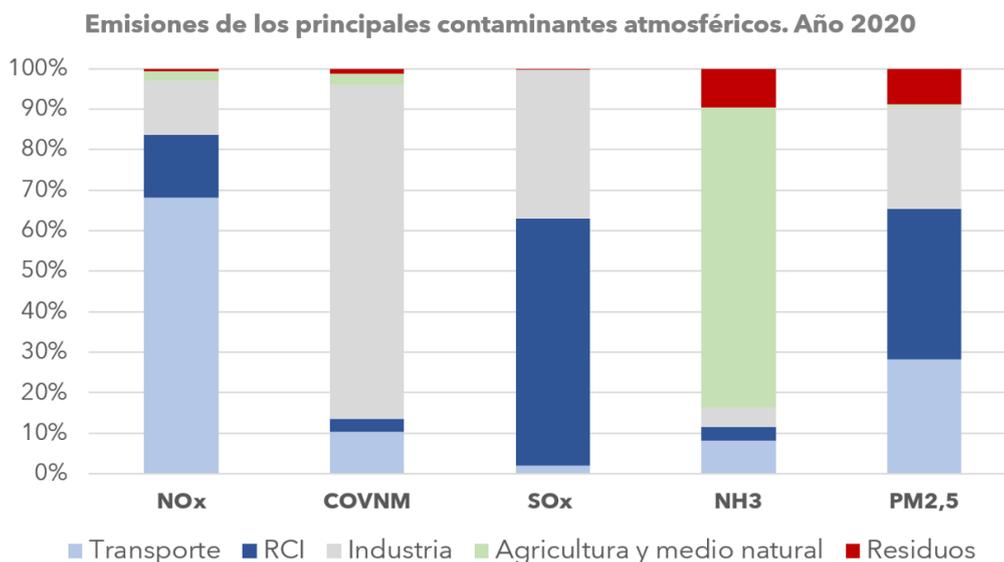


Figura 34. Contribución por sectores a las de las emisiones de los principales contaminantes atmosféricos en la Comunidad de Madrid en el año 2020. (Elaboración propia en base al inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid)



Como se puede observar, las emisiones de óxido de nitrógeno (NO_x) se deben principalmente al transporte, con un 68% respecto del total en el año 2020. En el caso del material particulado (PM_{2,5}), las emisiones se reparten entre el transporte, el RCI (Residencial, Comercial e Institucional) y la industria, con unas aportaciones del 28, 37 y 25%, respectivamente. La industria y el RCI son los principales emisores de óxidos de azufre (SO_x), con una contribución del 98%. La industria es, a su vez, el sector que más contribuye a la emisión de compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), con aproximadamente un 82% del total en el año 2020. La agricultura y el medio natural, por su parte, es el sector responsable principal en las emisiones de NH₃, con un 74% del total en el año 2020.

A partir de los datos de emisiones obtenidos de los inventarios anuales realizados, se ha elaborado la siguiente figura que muestra, además de la evolución de las emisiones de la Comunidad de Madrid, los porcentajes de reducción establecidos en la Directiva de techos, asignando a las emisiones de cada uno de estos compuestos en el año 2005 un valor de 100. Por tanto, es posible comparar las reducciones de emisiones necesarias a nivel estatal para lograr el cumplimiento de los techos nacionales de emisiones (líneas horizontales de puntos) y la evolución de las emisiones de la Comunidad de Madrid (líneas sólidas).

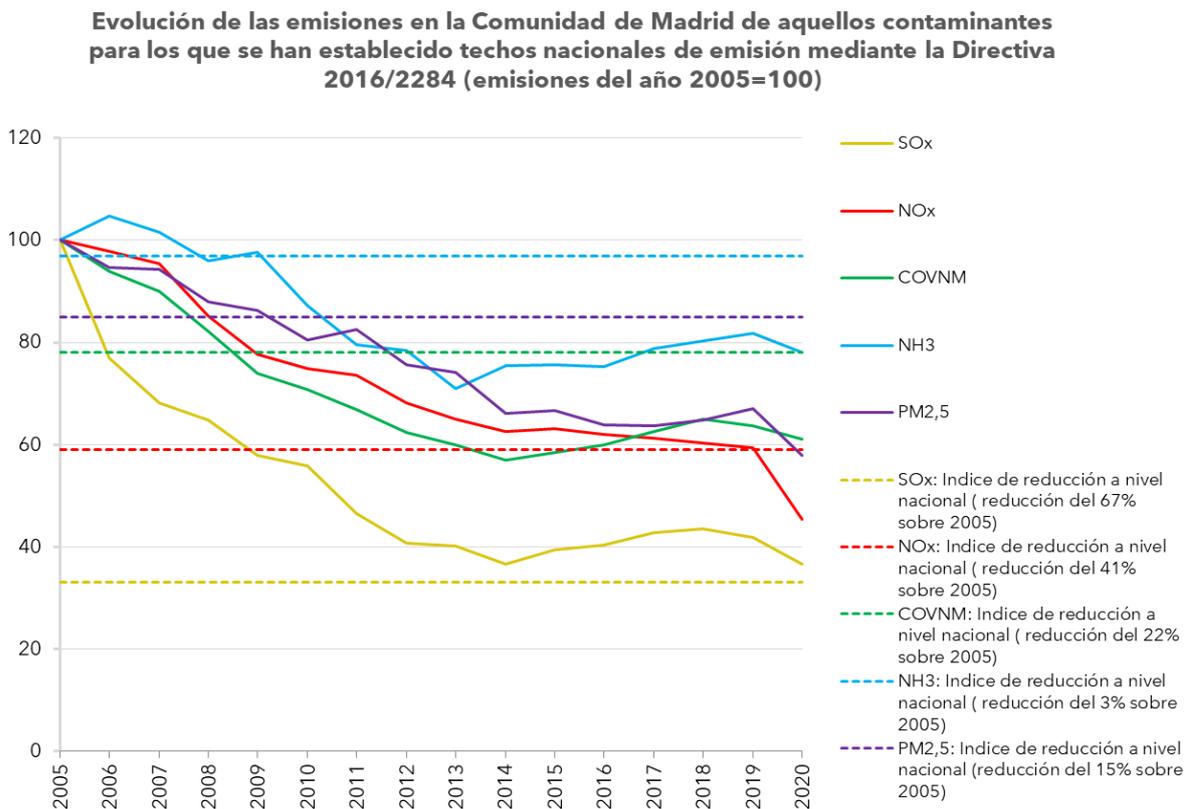


Figura 35. Evolución de las emisiones en la Comunidad de Madrid de aquellos contaminantes para los que existen techos nacionales de emisión. (Área de Calidad Atmosférica, Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura, 2022)

Como puede observarse, en 2020 tan solo las emisiones de SO_x en la Comunidad de Madrid no alcanzaban aún los objetivos establecidos a nivel estatal para ese año, mientras que las emisiones de NO_x, COVNM, NH₃ y PM_{2,5} son ya inferiores a los objetivos fijados. Las emisiones de SO_x han sufrido una notable tendencia decreciente hasta 2014, debido a las medidas que se plantearon predominantemente en el sector industrial. En el año 2005 la Comunidad de Madrid ya partía de unos niveles de concentración de este contaminante muy bajos, por lo que resulta difícil disminuir más esos porcentajes. Además, como se ha visto en el apartado de calidad del aire, el SO₂ no es un contaminante problemático en la región ya que las concentraciones medidas en las estaciones de la Red son inferiores en todos los casos a los valores límite establecidos en la normativa de referencia.

En los siguientes gráficos se muestra la evolución de las emisiones y sus sectores de contribución para cada uno de los contaminantes anteriormente mencionados.



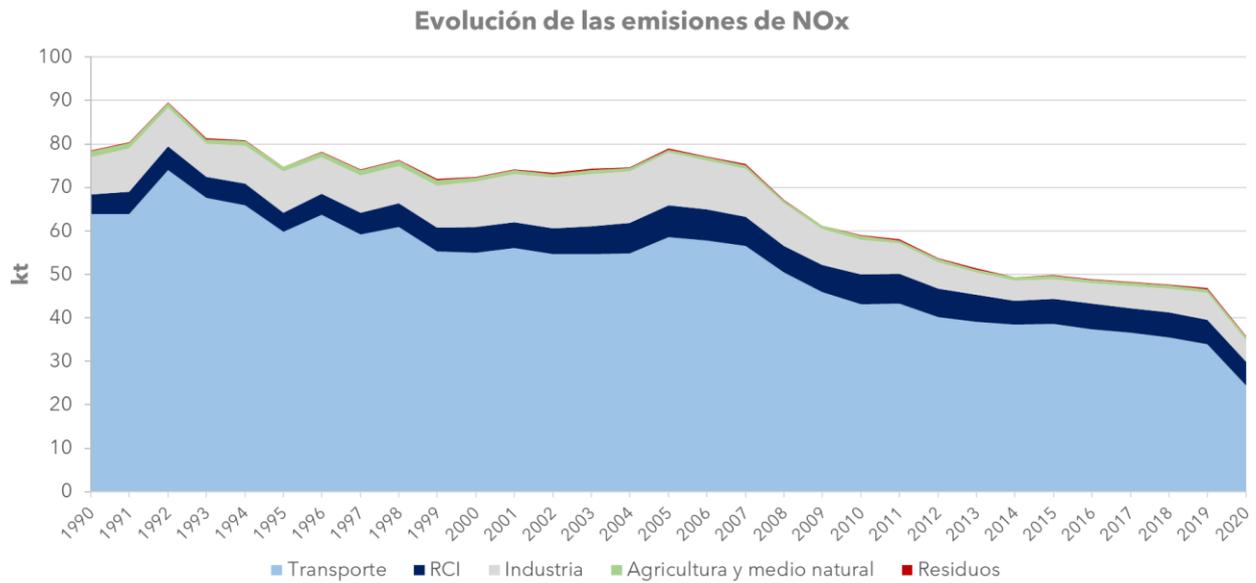


Figura 36. Evolución de las emisiones de NOx (expresados como NO₂) en la Comunidad de Madrid en el periodo 1990-2020. (Elaboración propia en base al inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid).

Tal como se observa en la figura anterior, el principal responsable a lo largo del periodo desde 1990 hasta 2020 de las emisiones de NO_x en la Comunidad de Madrid es el transporte, seguido del RCI y la industria. En cuanto a la evolución observada, se aprecia un descenso en las emisiones a partir de 2005. Así, mientras en 2005, año de referencia para los objetivos de reducción de emisiones, se emitieron 78,9 kt, en 2019 y 2020 fueron 46,8 y 35,9 kt, respectivamente.

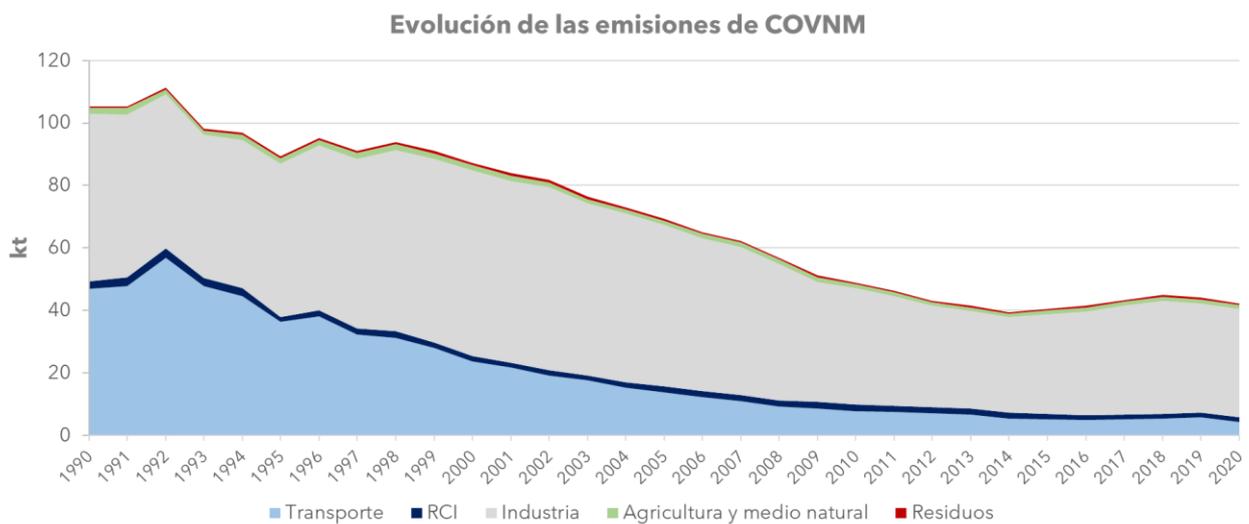


Figura 37. Evolución de las emisiones de COVNM en la Comunidad de Madrid en el periodo 1990-2020 (Elaboración propia en base al Inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid).

En el caso de los COVNM, predominan las emisiones de la industria debido principalmente al uso de disolventes, suponiendo el 82% de las emisiones en 2020. Destaca la reducción desde 1990 en el sector transporte. Además, se observa una disminución de las emisiones a partir del año 2000, con un repunte a partir de 2015. No obstante, en 2005, año de referencia para los objetivos de reducción de emisiones, se emitieron 69,2 kt, mientras que las emisiones de los años 2019 y 2020 son de 44,0 y 42,2 kt respectivamente.



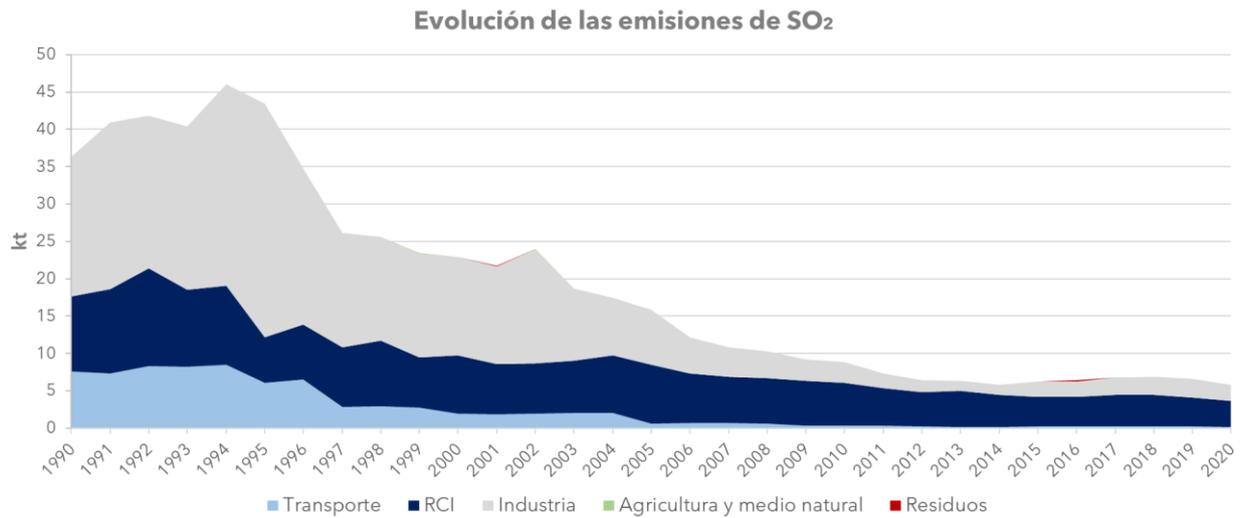


Figura 38. Evolución de las emisiones de SO₂ en la Comunidad de Madrid en el periodo 1990-2020 (Elaboración propia en base al inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid).

Las emisiones de SO_x han experimentado una reducción importante a lo largo del periodo. Así, en 1990 se emitieron 36,3 kt, mientras que en el año 2005 fueron de 15,9 kt, y en 2020 de 5,8 t. En lo relativo a los principales sectores responsables, destaca el sector industrial y el RCI, que constituyen la mayoría de las emisiones. No obstante, la industria muestra una importante reducción de sus emisiones de SO_x entre 1990 y 2005, debido a las anteriores políticas aplicadas de control de emisiones a este sector que promovió la sustitución del uso de fuel oil por otros combustibles menos contaminantes.

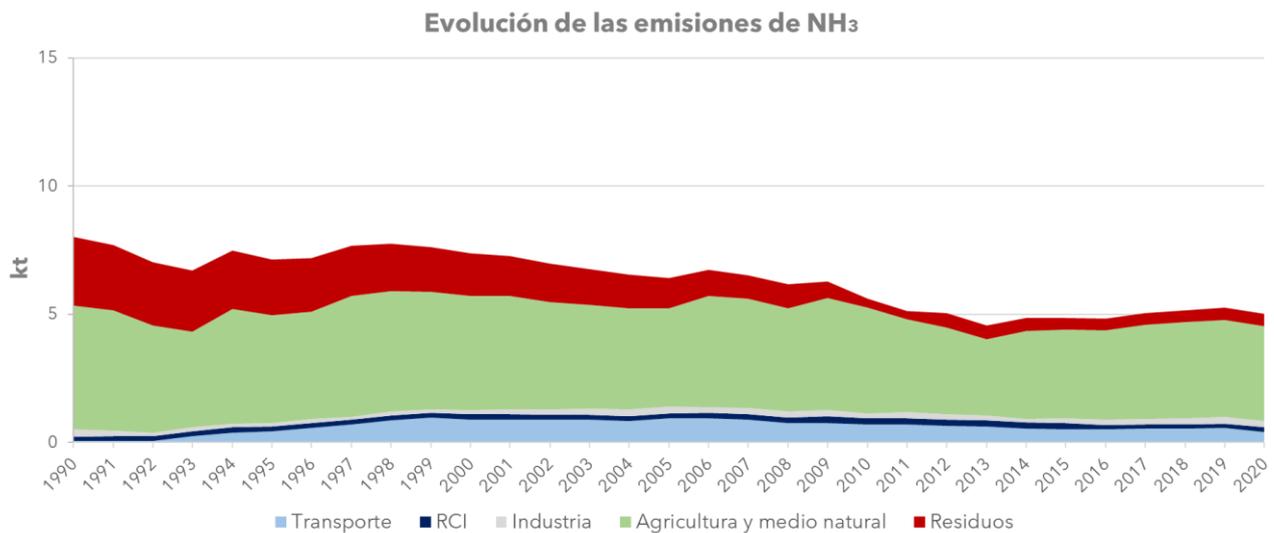


Figura 39. Evolución de las emisiones de NH₃ en la Comunidad de Madrid en el periodo 1990-2020. (Elaboración propia en base al inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid)

En lo relativo al NH₃, las emisiones se deben fundamentalmente a la agricultura, principal sector emisor. Si bien no se observa una reducción constante durante el periodo, el registro de emisiones del año 2020 es de 5,0 kt, frente a las 6,4 kt de 2005 y las 8,0 kt de 1990. El sector residuos presenta una disminución de 1990 a 2005, manteniéndose aproximadamente constante a partir de ese año.

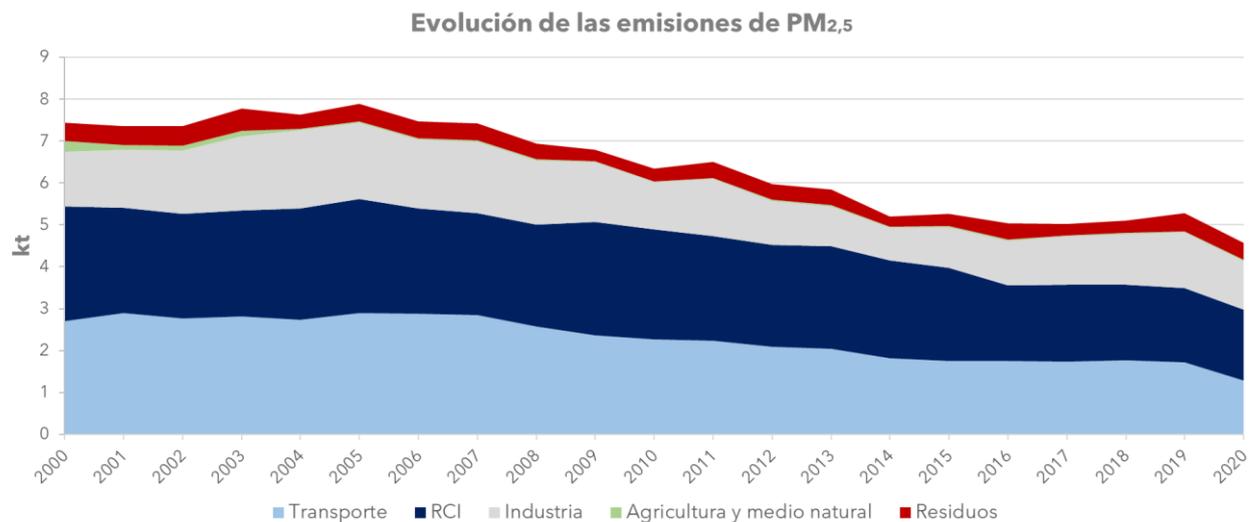


Figura 40. Evolución de las emisiones de PM_{2,5} en la Comunidad de Madrid en el periodo 1990-2020. (Elaboración propia en base al inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid)

Por último, en cuanto a las partículas PM_{2,5}, como se observa en la 9, las emisiones se encuentran más repartidas entre el transporte, el sector RCI y la industria. También se observa una disminución más o menos constante a partir de 2005, registrando en 2020 4,5 kt frente a las 7,9 kt de 2005. Conviene mencionar que este contaminante comenzó a reportarse en el año 2000, por lo tanto, al no existir registros de emisiones anteriores a ese año, la figura muestra la evolución en el periodo 2000-2020 (y no desde 1990 como en el resto de contaminantes).

2.4.3. Análisis de contribución de las distintas fuentes de emisión mediante modelización

Como se ha comentado en el capítulo de introducción, en el marco del convenio establecido con la Comunidad de Madrid para la realización del proyecto de investigación **"Modelización de la calidad del aire en la Comunidad de Madrid"**, la UPM ha realizado un análisis de las fuentes emisoras con el objetivo de atribuir a los diferentes sectores (industria, transporte, residencial, etc.) su contribución a las concentraciones en el aire ambiente de los principales contaminantes de la región. Esta información es esencial para entender el margen de mejora asociado a cada uno de los sectores y orientar las medidas de reducción de emisiones de forma óptima. El informe resumen se incluye como Anexo 3 de la Estrategia.

El análisis se ha centrado en los contaminantes más problemáticos de la región, esto es el NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} y O₃, y se basa en la aplicación de un sistema de modelización de última generación que consta de tres componentes. El primero de ellos es el modelo WRF (*Weather Research and Forecasting*), que genera datos meteorológicos tridimensionales continuos durante todo el año base de estudio. Esta información es muy importante ya que el viento y otras variables meteorológicas influyen enormemente los niveles de contaminación. Asimismo, el modelo SMOKE (*Sparse Matrix Operator Kernel Emissions*) permite repartir las emisiones en el tiempo y el espacio a través de perfiles específicos para cada una de las fuentes presentes en el inventario de emisiones para simular con la mayor precisión posible los patrones reales de emisión. Por último, se ha utilizado el modelo de transporte-químico CMAQ, (*Community Multiscale Air Quality Modelling System*) que, con la información aportada por WRF y SMOKE, calcula la concentración de los contaminantes que se quieren estudiar en todas las zonas del dominio durante todo el año estudiado. Además, en este estudio se ha utilizado CMAQ-ISAM, una adición que permite trazar los contaminantes desde su lugar de emisión para explicar los niveles de concentración en el aire ambiente de forma consistente para todas las fuentes y sustancias, incluyendo contaminantes secundarios que no son emitidos directamente, sino que se forman a posteriori en la atmósfera por diversos procesos físico-químicos. Se trata de una metodología novedosa que permite solventar algunas de las limitaciones de otros métodos de atribución de fuentes y dar una imagen más completa y realista del origen de todos los contaminantes (Figura 41).



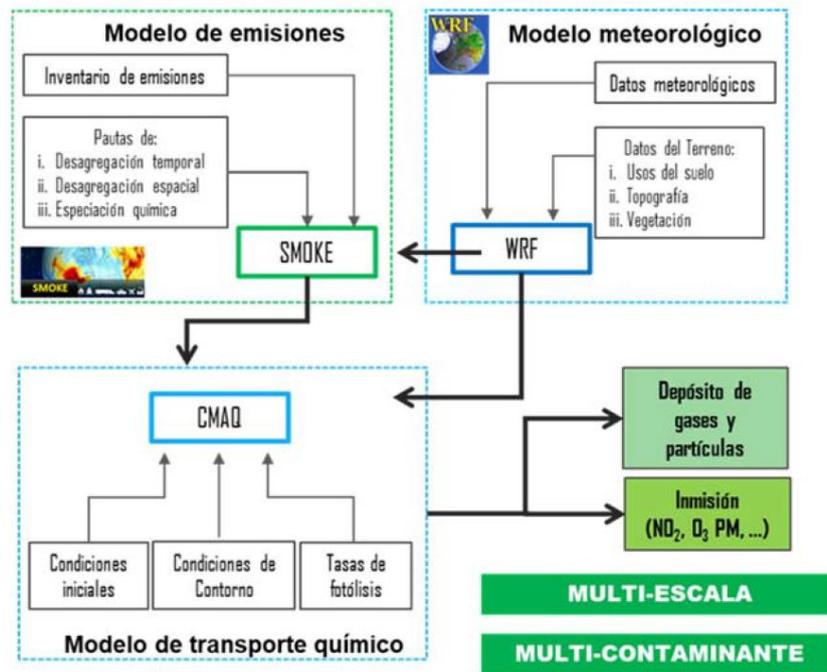


Figura 41. Diagrama del flujo de información entre los diferentes componentes del sistema de simulación. (Universidad Politécnica de Madrid, 2022)

Los principales resultados del estudio indican que:

- Con respecto al NO_2 , los niveles más elevados de este contaminante se registran en la zona central y sur del municipio de Madrid y en la Zona 3 (Urbana sur) debido al algo porcentaje de tráfico rodado que soportan estas áreas. Sin embargo, se aprecia una diferencia más notable en cuanto al origen de las emisiones del tráfico rodado, en función de si evaluamos los valores medios anuales o los valores máximos horarios. Mientras que para la media anual la Comunidad de Madrid contribuye con un 74% y el municipio de Madrid con un 19%, en el caso de los valores horarios la contribución del municipio de Madrid crece hasta el 36%. Esto indica que el tráfico de la Comunidad de Madrid (excluyendo Madrid) tiene más influencia en los niveles medios de concentración, mientras que este municipio tiene más influencia en los picos de concentración. Las simulaciones muestran que en los valores horarios ganan influencia las emisiones del sector residencial, comercial e institucional, segundo sector emisor en importancia relativa. Además, las emisiones de este sector tienen mayor importancia en los picos de concentración, que suelen producirse en invierno, cuando se suman las emisiones del tráfico a las del sector residencial y suele haber condiciones meteorológicas favorables para episodios de alta contaminación.
- Respecto a las PM_{10} , igual que para el NO_2 , las zonas con los niveles más elevados son el municipio de Madrid y la Urbana Sur (Zonas 1 y 3 respectivamente). En este caso, la gran diferencia consiste en que los mayores contribuyentes a los niveles de concentración en el aire ambiente de PM_{10} son fuentes no antropogénicas. Puede notarse que, como media en la región, la suma del polvo mineral y el aerosol marino supera el 40%, lo que añadido a un 14% de contribución de fuentes externas (origen fuera del dominio de simulación, esto es, externo a la Comunidad de Madrid), reduce considerablemente el margen de actuación. En lo que respecta a las emisiones antropogénicas, de nuevo los sectores del tráfico y RCI son los más influyentes, con una contribución conjunta del 17%.
- La distribución geográfica de los niveles de concentración de $\text{PM}_{2,5}$ es muy parecida a la del PM_{10} , sin embargo, la contribución de fuentes es muy diferente, ya que las de origen natural suman solo un 10%. Esto se debe a la mayor importancia relativa de las fuentes antropogénicas asociadas a procesos de combustión para las partículas más finas. En este caso, la contribución a la media anual de los sectores tráfico y RCI se eleva hasta 40%.
- El ozono, por su parte, presenta patrones de contaminación muy distintos al del resto de contaminantes. En el caso de las máximas octohorarias, parámetro relevante para la salud humana, las concentraciones máximas no se dan en el sur del municipio, sino en el norte y en las zonas del Corredor del Henares (Zona 2), así como en el sur de la Sierra Norte (Zona 5). Esta distribución se justifica por su carácter de contaminante secundario. Por otro lado, los resultados del estudio vienen a confirmar los resultados de los realizados con carácter previo, que indican que



los niveles medios de ozono están enormemente condicionados por los niveles de fondo cuyo mayor contribuyente, con un 59%, proviene de fuera del dominio de simulación.

2.4.4. Conclusiones

Del análisis de la información contenida en los inventarios de emisiones, que ha permitido identificar cuáles son los contaminantes que tienen mayor peso en la Comunidad de Madrid, y del estudio de contribución de fuentes realizado en el marco del convenio con la UPM, se han extraído las siguientes conclusiones que servirán de base para la adopción de medidas que mejoren la calidad del aire:

- En 2020 las emisiones de SO_x en la Comunidad de Madrid no alcanzan aún los objetivos establecidos a nivel estatal para el año 2020, mientras que las emisiones de NO_x, COVNM, NH₃ y PM_{2,5} son ya inferiores a los objetivos nacionales fijados en la normativa.
- La mayor parte de las emisiones de NO_x proceden del sector transporte (68%), seguido del sector residencial, comercial e institucional, con una contribución del 15%. La tendencia de emisión de NO_x para todo el periodo desde 1990 es decreciente, observándose solamente un incremento significativo en el año 2005.
- Existe un amplio margen de mejora a través de la actuación sobre las fuentes localizadas en la Comunidad de Madrid para reducir los niveles de concentración de NO₂ y PM_{2,5}, al contrario de lo que sucede con el O₃, que mayoritariamente procede de fuera de la región.
- Los resultados del estudio de contribución de fuentes son consistentes con las conclusiones generales de estudios previos, que apuntan al tráfico rodado como fuente más relevante en las emisiones de NO_x y PM_{2,5} y, por tanto, sector prioritario al que deben dirigirse las medidas del Plan de Calidad del Aire.
- Para poder alcanzar los valores límite recogidos en la propuesta de Directiva de calidad del aire que, presumiblemente, serán aplicables a partir de 2030, existe una necesidad imperativa de actuar sobre este sector, pese a la tendencia global y sostenida de reducción de sus emisiones a lo largo de los años.
- En segundo lugar de importancia, se situaría el sector RCI, que también tiene un papel fundamental en los niveles de concentración de NO₂ y PM_{2,5}, sobre todo en invierno, debido principalmente a las calefacciones.
- En el caso de las partículas más gruesas (PM₁₀), las fuentes que puedan ser controladas por la administración son menores debido a que las aportaciones naturales (como el polvo sahariano) tienen una contribución muy significativa. Los sectores que más contribuyen a las emisiones de este contaminante vuelven a ser el tráfico y el sector RCI. Se puede mencionar además la contribución de la agricultura como tercer sector relevante en relación a la contaminación por material particulado.
- Los niveles medios de ozono en la Comunidad de Madrid están enormemente condicionados por lo que sucede fuera del ámbito de la propia Comunidad de Madrid. Esto supone una limitación importante en el planteamiento de medidas eficaces para reducir los niveles de este compuesto. Dicho planteamiento podría ser particularmente eficaz para reducir los niveles más altos de O₃, ya que existe una menor influencia de las fuentes externas a la región en comparación con la que existe cuando se evalúan los valores medios.
- Es necesario coordinar las políticas entre diversas administraciones, fundamentalmente con el Ayuntamiento de Madrid, ya que las emisiones de NO_x y material particulado producidas en este municipio tienen un efecto notable en toda la región. En un contexto más amplio, y en particular en lo que respecta al ozono, se precisa además la colaboración a nivel nacional e internacional para intentar alcanzar los niveles que marca la actual normativa en vigor, así como los valores límite que se recogen en el texto de la propuesta de nueva Directiva de calidad del aire, ya que, en algunos casos, sería inviable a través de actuaciones a nivel exclusivamente regional.

2.5. Evaluación de la ejecución del Plan Azul+

Como se ha indicado en la introducción, el Plan Azul+ tenía un horizonte temporal comprendido entre 2013 y 2020. Este documento de planificación se elaboró con el fin de establecer soluciones realistas y eficaces para abordar la mejora de calidad del aire de la Comunidad de Madrid.

La definición de los objetivos fijados en el Plan Azul+ se fundamentaba en los resultados del análisis de las emisiones y sus fuentes, llevados a cabo para su elaboración, así como en el diagnóstico de la calidad del aire y el cambio climático de la Comunidad de Madrid.

Así, esta estrategia contemplaba 58 medidas encaminadas a alcanzar un objetivo de reducción de 30.000 toneladas de sustancias emitidas a la atmósfera para el año 2020. Por su parte, el documento de Revisión del Plan Azul+, finalizado en





abril de 2019, incorporó 40 medidas adicionales, 12 de ellas nuevas y 28 complementarias a las ya establecidas en el Plan Azul +. Dicho documento reforzaba principalmente las actuaciones en la reducción de las emisiones procedentes del transporte, además de contemplar medidas relacionadas con la adaptación al cambio climático, ampliando el periodo de ejecución de las medidas revisadas hasta 2025 o 2030 en algunos casos.

Las medidas del Plan Azul+ y de su documento de Revisión se han dirigido a los principales sectores contaminantes: transporte (32), residencial, comercial e institucional (14), industrial (10), agricultura y medio natural (10), así como una batería de medidas de carácter horizontal (32). Cabe señalar que el seguimiento de esta estrategia se ha llevado a cabo de manera continua, a fin de evaluar la eficacia de las medidas puestas en marcha a lo largo de su periodo de vigencia y, en su caso, la adopción de acciones encaminadas a corregir desviaciones o plantear mejoras. Hay que tener en cuenta que la gran mayoría de las medidas que recogía el Plan Azul + fueron concebidas como marcos de actuación en los que abordar actuaciones concretas. Por este motivo, muchas de ellas no llegan a ser consideradas como ejecutadas en su totalidad mientras se sigan implantando actuaciones que contribuyan al desarrollo de las mismas.

En el "**Informe final del grado de ejecución del Plan Azul+ (2013-2020)**" se analiza en detalle la situación de las medidas contempladas en dicho plan, así como el cumplimiento de los objetivos propuestos. Además, en la colección de informes sobre el estado del medio ambiente que anualmente publica la Comunidad de Madrid con la denominación de "Diagnóstico Ambiental" se ha ido analizando de manera periódica la situación de este documento de planificación, a través de una evaluación continuada de sus medidas y de los objetivos que se planteaban en el mismo.

De manera general, se puede concluir que, aunque la implementación del Plan Azul + ha tenido efectos positivos, no se han logrado cumplir todos los objetivos cuantificables planteados. Por tanto, es necesario reforzar los esfuerzos y las acciones a futuro, orientando las actuaciones hacia aquellos sectores que más contribuyen a las emisiones de los principales contaminantes en la Comunidad de Madrid.



3. OBJETIVOS DEL PLAN DE CALIDAD DEL AIRE

Tal como se ha indicado, el análisis de los apartados anteriores permite concluir que es necesario incrementar los esfuerzos de la Comunidad de Madrid para seguir reduciendo las emisiones de los contaminantes atmosféricos, en particular considerando los ambiciosos objetivos de calidad del aire que actualmente han quedado reflejados en la propuesta de Directiva publicada en octubre de 2022.

El objetivo principal del presente Plan de Calidad del Aire deber dirigirse necesariamente a garantizar la **protección de la salud de los madrileños y de sus ecosistemas frente a los efectos de los contaminantes atmosféricos**, en línea con las últimas recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud y considerando, además, los objetivos climáticos de la región.

Este objetivo global se debe complementar con otros específicos y cuantificables, que permitan una evaluación continua de la eficacia del Plan y proporcionen información para determinar si las medidas propuestas están obteniendo los resultados esperados a fin de reorientar periódicamente las actuaciones. De esta forma, se dotará al plan de la necesaria flexibilidad, tanto en materia energética como climática, cuya evolución tiene una relación directa en términos de calidad del aire.

3.1. Estudio del nivel de ambición de la Estrategia de Energía, Clima y Aire

En el marco del Convenio de investigación "Modelización de la Calidad del aire en la Comunidad de Madrid" mencionado en apartados anteriores, se ha realizado un estudio de reflexión inicial del nivel de ambición que debe tener la Estrategia de la Comunidad de Madrid, cuyo documento resumen se adjunta como Anexo 4 de la Estrategia, teniendo en cuenta la valoración del impacto en calidad del aire de medidas de reducción de emisiones simuladas en el pasado, en el contexto del Plan Azul+, y el análisis de contribución de fuentes realizado dentro de dicho Convenio.

El objetivo final de este estudio es el de ofrecer una estimación aproximada de la magnitud de las reducciones necesarias para dar cumplimiento a la legislación en materia de calidad del aire. Para ello, se ha analizado cómo contribuyen en la actualidad a los niveles de concentración en el aire ambiente de los contaminantes más relevantes en la Comunidad de Madrid (NO_2 , y $\text{PM}_{2.5}$) diferentes sectores estratégicos (transporte por carretera y sector residencial, comercial e institucional). Adicionalmente, se han considerado otros objetivos más ambiciosos, como son los valores guía de la Organización Mundial de la Salud, para dar un contexto más amplio a esta valoración inicial del nivel de ambición.

Los resultados de este estudio, que utiliza 2018 como año base o periodo de referencia, tienen por finalidad ofrecer información que ayude a fijar los objetivos de reducción de emisiones de la Estrategia en la que se enmarca este Plan de Calidad del Aire. Las principales conclusiones del estudio se sintetizan a continuación:

- Para cumplir con el valor preceptivo para la media anual de NO_2 según el *RD 102/2011* ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) será esencial actuar sobre el sector del tráfico ya que, incluso con una eliminación total de las emisiones de NO_x del resto de sectores, no se podría garantizar el cumplimiento de este valor en algunas estaciones de tráfico. Según el citado documento, se puede apuntar que una reducción de las emisiones del tráfico rodado aproximadamente a la mitad podría ser compatible con el cumplimiento de este valor en todas las estaciones de calidad del aire, tanto de la Comunidad de Madrid como del Ayuntamiento de Madrid.
- Las emisiones del tráfico son las que presentan, no sólo un mayor potencial, sino la mejor relación entre reducción de emisiones y mejora de calidad del aire. No obstante, se recomienda plantear reducciones en otros sectores, como el sector RCI o la combustión no industrial, ya que facilitaría la disminución de la concentración de NO_2 , especialmente en los periodos más desfavorables, típicamente los meses de invierno.
- En lo que respecta a las partículas finas ($\text{PM}_{2.5}$), el tráfico y el sector RCI son también los principales contribuyentes, aunque, sobre este contaminante la influencia del sector residencial es ligeramente superior a la del tráfico. A diferencia del NO_2 , cabe destacar que la media anual marcada por el *RD 102/2011* para la protección de la salud





humana de $PM_{2,5}$ ($20 \mu g/m^3$) no se supera en ninguna estación de la Comunidad de Madrid o del Ayuntamiento de Madrid, por lo que el nivel de ambición no debe limitarse al cumplimiento de la legislación.

3.2. Objetivos y sectores de la Estrategia de Energía, Clima y Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid.

La Estrategia de Energía, Clima y Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid, en la que se enmarca el presente Plan de Calidad del Aire, propone un conjunto de objetivos que, considerando el horizonte temporal establecido en la nueva Estrategia (2023 – 2030) están alineados con las políticas públicas promulgadas, tanto a nivel nacional como comunitario e, incluso, establezcan aspiraciones más restrictivas o ambiciosas que muestren a la Comunidad de Madrid como un territorio plenamente comprometido con la adaptación, la descarbonización, la lucha contra el cambio climático y la mejora de la calidad del aire.

La Estrategia establece un marco energético, climático y de emisiones contaminantes deseable para el año 2030, con vistas a conseguir las ambiciones planteadas para 2050. Dicha Estrategia plantea abordar una serie de medidas en las diferentes áreas de actuación, agrupadas en los distintos sectores estratégicos con vistas a alcanzar un escenario de reducción de emisiones para el año 2030. Para ello, el citado documento de planificación propone **7 retos u objetivos estratégicos**, 3 de ellos ligados a la planificación energética (OE1, OE2 y OE3), 3 ligados a la planificación ambiental (OE4, OE5 y OE6) y 1 orientado al cambio social (OE7).



El Plan se configura a través de 7 OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

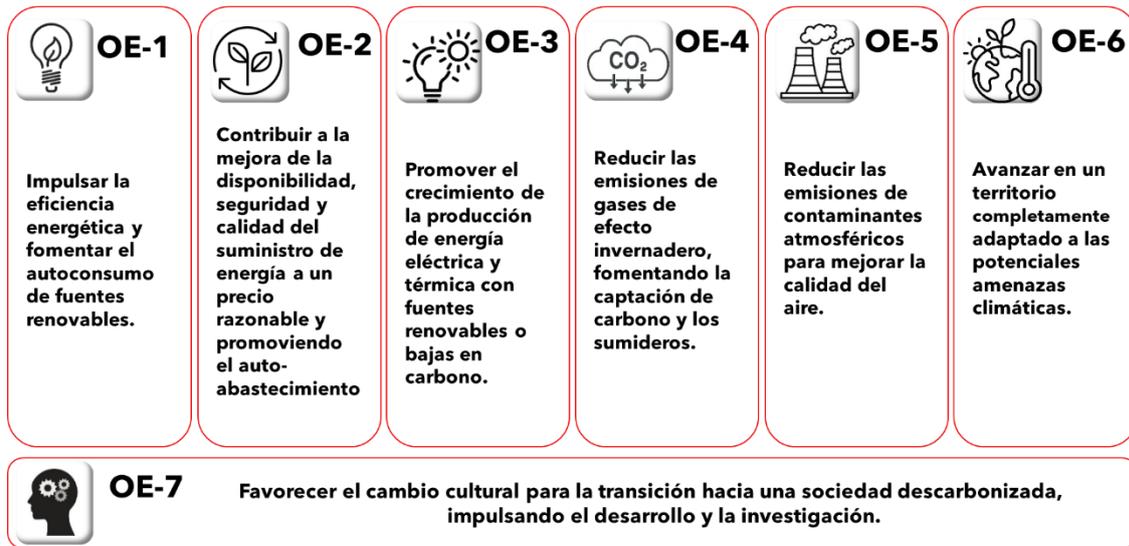


Figura 42. Objetivos Estratégicos de la EECAM. (Elaboración propia)

El **Plan de Calidad del Aire** está orientado, por tanto, a desarrollar el objetivo estratégico 5 (OE5) del citado documento de planificación estratégica a nivel regional, cuyo propósito es alcanzar la reducción de emisiones contaminantes planteado en el mismo.

Además, la Estrategia identifica aquellas áreas o sectores en los que es necesario enfocar la atención, bien por su contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y/o contaminantes atmosféricos, bien por la tendencia de las emisiones que generan, tal como se ha identificado en los estudios mencionados en los apartados anteriores, realizados en el marco del Convenio de colaboración con la UPM. Además, contempla un conjunto de acciones transversales orientadas a la financiación, investigación, educación, sensibilización y participación e innovación en la materia de energía, cambio climático y contaminación atmosférica.



Figura 43. Sectores estratégicos de la Estrategia de Energía, Clima y Aire de la CM. (Elaboración propia)

Dentro de cada uno de estos sectores transversales la Estrategia ha diseñado una serie de áreas de actuación que desarrollarán medidas concretas orientadas a alcanzar el escenario de reducción de emisiones planteado, tal como se expone en los siguientes apartados.



3.3. Objetivos de reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera

La Comunidad de Madrid plantea unos **objetivos de reducción de emisiones para el año 2030**, en el marco del Objetivo Estratégico 5 (OE5), con el fin último de mejorar la calidad del aire de la región.

Cabe señalar que las interrelaciones entre calidad del aire y cambio climático hacen necesaria una aproximación conjunta a ambos problemas. No obstante, la diferencia en las escalas espacio-temporales relevantes, los procesos y sustancias de interés y los aspectos relacionados con la regulación y gobernanza de ambos ámbitos, dificultan en gran medida el planteamiento de unos objetivos de reducción consistentes. La necesidad imperiosa de reducir las emisiones de GEI y la existencia de compromisos a nivel internacional ha facilitado que las distintas administraciones definan objetivos a medio plazo, como es el caso del **Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030** (PNIEC).

Por el contrario, identificar objetivos de reducción de emisiones basadas en la consecución de determinados niveles de calidad del aire es mucho más complejo, ya que los valores de concentración de contaminantes dependen de numerosos procesos físico-químicos, habitualmente no lineales, que además están condicionados, entre otros factores, por las emisiones a nivel nacional o internacional, según se ha reflejado en el "Análisis de contribución de fuentes emisoras" cuyo resumen se adjunta como Anexo 3 de la Estrategia.

De este modo, no es posible garantizar plenamente que un plan de reducción de emisiones a nivel regional cumpla una determinada normativa futura, como pueden ser los valores límite de la actual Directiva de Calidad del aire (2008/50/CE), los valores guía propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) o los valores límite a 2030 contemplados en la propuesta de Directiva de calidad del aire, comentados a lo largo del presente documento.

La Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética define el PNIEC como la herramienta de planificación estratégica nacional que integra la política de energía y clima, y refleja la contribución de España a la consecución de los objetivos establecidos en el seno de la Unión Europea (UE) en materia de energía y clima, de conformidad con lo establecido en la normativa de la Unión Europea. Así, el PNIEC junto con la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (ELP), configuran el marco básico de actuación nacional para alcanzar los objetivos de neutralidad climática fijados por la UE para antes de 2050.

La versión final del PNIEC fue adoptada por Acuerdo del Consejo de Ministros de 16 de marzo de 2021 y publicada en el Boletín Oficial del Estado mediante Resolución de 25 de marzo de 2021, conjunta de la Dirección General de Política Energética y Minas y de la Oficina Española de Cambio Climático. Con la aprobación de la Ley 7/2021, **los resultados contemplados en el PNIEC se convirtieron en objetivos mínimos nacionales para 2030**. Esta estrategia, en coherencia con lo establecido en la citada Ley 7/2021, plantea en la actualidad **reducir en el año 2030 las emisiones de gases de efecto invernadero del conjunto de España en, al menos, un 23 % respecto del año 1990**. Este objetivo de reducción implica eliminar una de cada tres toneladas de gases de efecto invernadero que se emiten actualmente. Se trata de un esfuerzo coherente con un incremento de la ambición a nivel europeo para 2030, así como con el Acuerdo de París. No obstante, el PNIEC se encuentra en la actualidad en proceso de actualización, a fin de adaptar su contenido al objetivo de neutralidad climática fijado por la Unión Europea en el Reglamento (UE) 2021/1119 "Legislación europea sobre el clima", que revisa al alza los objetivos de reducción de emisiones, fijando un objetivo intermedio de reducción de emisiones del 55% para 2030. Paralelamente y en consonancia con el objetivo anterior, el paquete "Objetivo 55" y el Plan REPower EU incluyen propuestas de revisión de un amplio rango de normativas, entre las que se incluyen las Directivas de Energías Renovables y de Eficiencia Energética, planteando objetivos más ambiciosos en sus ámbitos de aplicación.

Trasladando el objetivo de reducción de emisiones establecido en el PNIEC a la Comunidad de Madrid, este porcentaje implicaría reducir las emisiones directas de Gases de Efecto Invernadero actuales (tomando como año base 2018) en casi un 50%.

Debe considerarse que, tal como se ha analizado en el apartado 2 del presente Plan de Calidad del Aire, mientras que las emisiones de la Comunidad de Madrid para los principales compuestos relevantes para la calidad del aire se han reducido sustancialmente en la última década, las emisiones de CO₂-equivalente actuales son superiores a las del año 1990, datos que sugieren que las reducciones que deben plantearse en este ámbito han de ser mucho más exigentes.

En consecuencia, el escenario de emisiones que se plantea en la Estrategia y, por ende, en el Plan de Calidad del Aire, se basa en una **reducción de GEI proporcional a los objetivos nacionales**, y también consistente con la **Hoja de Ruta para la neutralidad climática** planteada por el **Ayuntamiento de Madrid**, que marca el reto de reducir los gases de efecto invernadero un 65 % en 2030, todo ello en coherencia con la necesaria coordinación entre las Administraciones Públicas responsables, así como con otros planes municipales que se deriven del mismo.

Este reto va a implicar la puesta en marcha una serie de medidas de enorme calado, principalmente en los sectores del **tráfico y residencial, comercial e institucional (RCI)**, con reducciones superiores al 60% (respecto al escenario base de 2018)



en ambos casos. Con todo ello, tal como se indica en el Informe de nivel de ambición mencionado en el apartado 4.1 de este Plan, las reducciones aparejadas para otros contaminantes gracias a la implementación de estas medidas tendrían un efecto notable en la calidad del aire local.

3.4. Objetivos de mejora de la calidad del aire

Tal como se ha indicado a lo largo de este documento, el fin último del Plan de Calidad del Aire es minimizar los efectos negativos sobre la salud y los ecosistemas de la contaminación atmosférica, para lo que se orientarán todos los esfuerzos a alcanzar el cumplimiento de los objetivos y valores límite legalmente establecidos, no solo en la normativa que actualmente se encuentra en vigor, es decir, el Real Decreto 102/2011 de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, sino también en la que finalmente se defina una vez se apruebe la nueva Directiva actualmente en tramitación, en coherencia también con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud.

Para ello, la Estrategia de la Comunidad de Madrid y, por ende, este Plan de Calidad del Aire, plantea un escenario de reducción de emisiones de GEI a alcanzar en el año 2030, teniendo en cuenta que los niveles de concentración de contaminantes en la atmósfera dependen de complejas reacciones físico-químicas que normalmente no son lineales, asociadas a su vez a diferentes factores de difícil previsión.

Así, para evaluar el efecto previsible en términos de calidad del aire, se ha realizado una simulación, manteniendo constantes las condiciones de contorno, es decir, sin considerar el posible efecto de medidas y estrategias que se están implementando a nivel nacional o internacional, fuera del ámbito competencial de la Comunidad de Madrid, y que carecen del detalle suficiente para su integración en este ejercicio. Este estudio se denomina "Evaluación del efecto de las medidas de la Estrategia de Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid, 2023-2030". En el apartado correspondiente de la Estrategia se describen las hipótesis planteadas en cada sector en el escenario simulado, que han dado lugar a las reducciones de emisiones asociadas a cada contaminante.

Los resultados obtenidos en este ejercicio de modelización, que han sido incorporados a los documentos de la Estrategia COMO Anexo 5, permiten evaluar el grado de compatibilidad de las políticas climáticas en curso, con la revisión de los valores límite que se plantean en la propuesta de Directiva de Calidad del Aire actualmente en discusión. Esto ha generado información relevante para valorar la **proporcionalidad entre los objetivos climáticos y los de calidad del aire específicamente para la región de Madrid** y facilita la identificación de estrategias efectivas en ambos ámbitos con el objeto de asegurar la contribución de la Comunidad a la consecución de los objetivos globales asociados al cambio climático y de minimizar la exposición de sus ciudadanos a la contaminación atmosférica.

A continuación, se recogen los objetivos propuestos a 2030 relativos a la calidad del aire y las guías/normativas seguidas como referencia para su establecimiento.

Tabla 7. Valores objetivo-propuestos para la mejora de la calidad del aire 2023- 2030. (Elaboración propia).

Contaminante	Periodo	Valor límite propuesto	Superaciones máximas permitidas	Normativa*
NO ₂	Media horaria	200 µg/m ³	1 ocasión/año	Propuesta de Directiva (2022)
	Media diaria	50 µg/m ³	18 ocasiones/año	Propuesta de Directiva (2022)
	Media anual	20 µg/m ³	-	Propuesta de Directiva (2022)
O ₃	Protección de la salud Máxima diaria de medias octohorarias	120 µg/m ³	25 ocasiones/promedio 3 años	RD102/2011
	Protección de la vegetación Promedio horario en un periodo de 5 años	18.000 µg/m ³ x h	-	RD102/2011
PM ₁₀	Media diaria	45 µg/m ³	18 ocasiones/año	Propuesta de Directiva (2022)
	Media anual	20 µg/m ³	-	Propuesta de Directiva (2022)
PM _{2,5}	Media diaria	25 µg/m ³	18 ocasiones/año	Propuesta de Directiva (2022)
	Media anual	10 µg/m ³	-	Propuesta de Directiva (2022)



4. SECTORES ESTRATÉGICOS Y ÁREAS DE ACTUACIÓN DEL PLAN DE CALIDAD DEL AIRE

Una vez realizado el diagnóstico y planteados los objetivos del Plan, procede definir una serie de áreas de actuación sobre las que dirigir los esfuerzos a fin de conseguir una reducción de las emisiones en todos los sectores que se han identificado como responsables de las mismas, con especial énfasis en el sector transporte y en el sector residencial, comercial e institucional.

Se ha preferido en el presente Plan, como en la Estrategia en su conjunto, establecer áreas de actuación dentro de los sectores estratégicos, previamente identificados en los estudios realizados durante la elaboración de ambos documentos de planificación, en vez de un catálogo de medidas cerradas y calendarizadas de antemano. En dichas áreas se irán definiendo medidas concretas a lo largo de todo su periodo de ejecución, a través de un proceso de análisis y seguimiento continuado de la evolución de los resultados evaluados mediante una serie de indicadores previamente fijados.

Tal como se ha señalado, el Plan de Calidad del Aire desarrolla el OE5 de la Estrategia de Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid (EECAM). Por lo tanto, las actuaciones aquí incluidas provienen de dicho documento de planificación. Cabe mencionar que, en el marco de los trabajos de simulación a realizar dentro de los trabajos del Convenio con la UPM, se ha cuantificado la reducción de emisiones en las distintas áreas de actuación hacia las que se dirige la Estrategia, bajo un escenario de emisiones de GEI compatible con los objetivos nacionales y consistente con la descarbonización planteada por el Ayuntamiento de Madrid en su hoja de ruta, con un escenario temporal 2030, tal y como se describe en los apartados correspondientes.

Los siguientes epígrafes recogen las áreas de actuación propuestas, agrupadas por el sector específico al que se dirigen. Además, en cada apartado se realiza un pequeño resumen de las medidas que ya están en marcha para, a continuación, incorporar las fichas de las actuaciones propuestas, con la información esquematizada en distintos apartados.

4.1. Sector 1. Transporte y movilidad.

Un transporte eficiente y no contaminante es esencial en una sociedad y economía desarrolladas. Esto es particularmente importante en una región como la Comunidad de Madrid, que ha visto incrementada su población en los últimos años, lo que implica un aumento en el número de desplazamientos habituales.

Según la información de la última encuesta de movilidad llevada a cabo por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid (CRTM) en el 2018, cada habitante realizaba 2,44 viajes en un día laborable medio, con una distancia de 17,1 km, invirtiendo de media para ello una hora y diez minutos para viajar (CRTM, 2018). La citada encuesta señalaba diferencias sustanciales en el reparto modal entre la almendra central, la periferia urbana y las coronas metropolitana y regional, de manera que, aunque globalmente el 58% de los desplazamientos se realizan a pie o en transporte público, el modo peatonal es predominante en la almendra central mientras que el vehículo privado copa un 56 % de desplazamientos en las coronas. Se deduce, por ello, la necesidad de centrar los esfuerzos en favorecer progresivamente el número de desplazamientos en medios de transporte menos contaminantes teniendo en cuenta las distintas zonas de la región. Al respecto, opciones de transporte como la bicicleta y el transporte público son indispensables para desplazar al vehículo privado y acercarnos a conseguir los ambiciosos objetivos de mejora de calidad del aire y reducción de contaminantes propuestos, sin ralentizar el desarrollo económico de la región.

Conviene recordar en este punto que, según los resultados del estudio del nivel de ambición realizado en el marco del Convenio con la UPM, es preciso reducir las emisiones del tráfico rodado en más de un 50% para permitir que todas las estaciones de calidad del aire, tanto de la Comunidad de Madrid como del Ayuntamiento cumplan con el valor límite anual de NO₂ para la protección de la salud humana (concentración media anual de 40 según el RD102/2011). Esto implicaría una



reducción de emisiones de NO_x del orden de 13.000 t/año. Se trata, por tanto, de un sector clave ya que ni aun disminuyendo el 100% las emisiones del sector residencial, comercial e institucional, se podría rebajar la concentración media anual por debajo de 40 µg/m³ en todos los puntos de la Región. Las emisiones del tráfico son las que presentan no sólo un mayor potencial, sino la mejor relación entre reducción de emisiones y mejora de calidad del aire, según las conclusiones del citado estudio.

La Comunidad de Madrid cuenta con un sistema de transporte público integrado, de referencia mundial. Se trata de una de las redes más extensa de Europa, con casi 26.500 km y es también una de las más competitivas, por su sistema tarifario. El transporte público es el elemento vertebrador del territorio, llegando a todos y cada uno de los 179 municipios que componen esta región. Está formado por las redes ferroviarias de Metro, Renfe Cercanías y Metro Ligero, así como las redes de autobuses urbanos e interurbanos. Todo este sistema ha facilitado los 859,6 millones desplazamientos de viajeros que se produjeron en 2020, según datos del informe anual del Consorcio Regional de Transporte de Madrid, de los cuales el 77,7%, se realizan con el Abono Transporte (CRTM, 2020). Cabe mencionar que la pandemia supuso un descenso notable de la demanda en el Sistema de Transporte Público de la Comunidad de Madrid, representando una caída del 46,3% respecto al año anterior, en el que se llegó a 1.600,7 millones de viajeros. Aunque la red de transporte público de la Comunidad de Madrid se posiciona como protagonista en los esquemas de movilidad, siempre hay margen de mejora para convertir a la región en un ejemplo de movilidad sostenible, con sistemas inteligentes, interoperables, intermodales y seguros para que sea más cómoda y atractiva para el ciudadano e implique poco a poco un cambio de mentalidad que lleve al abandono del uso del vehículo privado en los desplazamientos.

El análisis de los vehículos inscritos en el Registro de la Jefatura Central de Tráfico de 2021 muestra que los turismos son el vehículo con mayor presencia en la Comunidad de Madrid, alcanzando una cifra de 3.989.542 unidades. A este número, le siguen 722.289 camiones y furgonetas, 414.843 motocicletas, 30.095 tractores industriales, 11.100 autobuses, 41.854 remolques y semirremolques y 43.664 vehículos catalogados como otros, que suman un total de 5.253.387 de vehículos de todos los tipos en la Comunidad de Madrid en 2021.

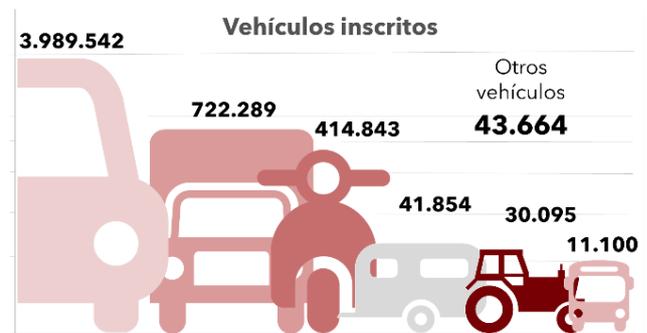


Figura 44. Reparto por clase de los vehículos inscritos en el Registro de la Jefatura Central de Tráfico 2021 (Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, 2021).

Como ha quedado patente en los apartados anteriores, las emisiones de contaminantes atmosféricos producidas por parte del transporte son significativas, sobre todo en el caso del NO₂ que, de acuerdo con los datos de la edición del inventario de 2022, en 2020 constituyeron el 44% del total. Esto se debe principalmente a la dependencia del sector de los combustibles fósiles.

De acuerdo con el Balance energético de 2020, recientemente publicado, el consumo de los derivados del petróleo en el sector supone el 94% respecto del total de combustibles. Del mismo modo, el consumo de energía eléctrica en el sector se sitúa tan solo en un 4% (FENERCOM, 2022), ofreciendo un margen de mejora significativo. En la figura 45 se muestra el desglose de consumos de combustibles por parte del sector en 2020.

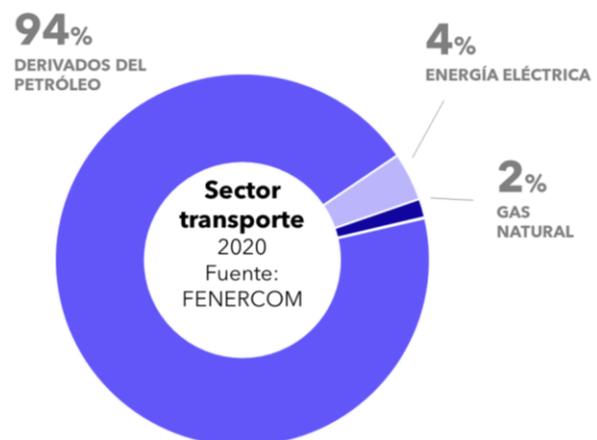


Figura 45: Consumo de energía final en la Comunidad de Madrid en el sector transporte (ktep) (FENERCOM, 2022).



Pese a la alta dependencia del sector de los combustibles fósiles, el barómetro de electromovilidad realizado de manera anual por ANFAC muestra que la Comunidad de Madrid presenta el mejor indicador global de movilidad eléctrica en España a cierre de 2021 (5). Este indicador trimestral (con base 100) evalúa el cumplimiento de los objetivos para 2030, tanto de España y sus respectivas comunidades autónomas como del resto de Europa. Según los objetivos marcados para 2020 en el Barómetro, se pretendía alcanzar una cuota del 10% del vehículo electrificado; conseguir un 70% de penetración de vehículo puro respecto del vehículo electrificado; lograr obtener 3,3 puntos de recarga por cada 1.000 personas en edad motorizable y que el 30% de estas infraestructuras sean de carga rápida o superrápida. Una vez realizado el análisis de estos aspectos, se puntúa sobre 100 el nivel de cumplimiento de los objetivos (ANFAC, 2022).

A pesar de los buenos resultados de la Comunidad de Madrid en relación con el resto de las Comunidades Autónomas, España se encuentra muy lejos de países punteros como Noruega o los Países Bajos. Por tanto, es preciso seguir incidiendo en el fomento del empleo de vehículos eléctricos.

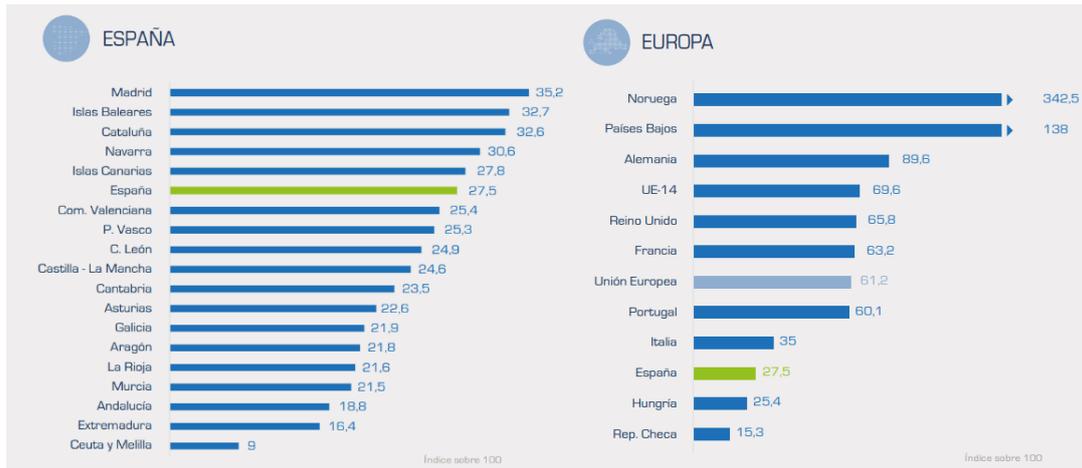


Figura 46. Indicador global de electromovilidad. Datos a cierre de 2021. España (izquierda) y Europa (derecha). (ANFAC, 2022)

Además, un análisis en mayor detalle permite identificar que, si bien Madrid es líder en penetración del vehículo electrificado, precisa de refuerzos en la infraestructura de recarga, ya que se encuentra por debajo de la media nacional (6).

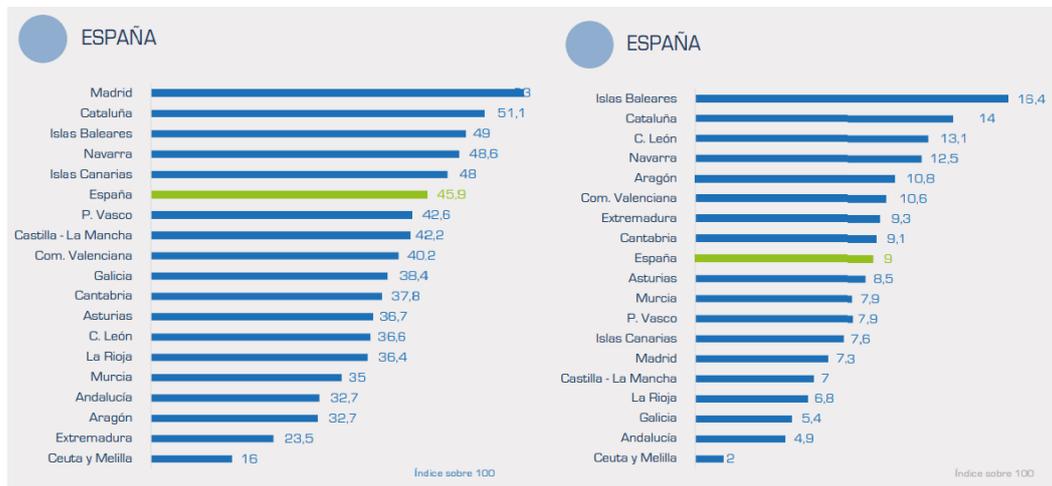


Figura 47. Indicador de penetración del vehículo electrificado en España (izquierda) e indicador de infraestructura de recarga en España (derecha). (ANFAC, 2022)

En conclusión, para la consecución de los objetivos propuestos en el plan, es fundamental desprenderse de manera paulatina del parque automovilístico contaminante (con motor de combustión interna, especialmente la flota diésel y los vehículos más antiguos) y fomentar un cambio modal en el que prime, por este orden:

- La movilidad activa.
- El uso de los medios de transporte públicos.
- El vehículo compartido.





○ El vehículo cero emisiones o de bajas emisiones.

Es decir, es prioritario favorecer la transformación de una movilidad basada en el uso del vehículo privado hacia una basada en la movilidad activa y el uso del transporte público. Por lo tanto, el cambio modal es la principal fuerza motriz impulsora de la necesaria descarbonización del transporte. Adicionalmente, y en relación con la reducción del uso de combustibles fósiles, se establecen un gran reto: la implementación y consolidación de una infraestructura de recarga que fomente del uso del vehículo eléctrico.

Esta necesaria tendencia se verá complementada con otra medida clave: la implantación de Zonas de Bajas Emisiones (ZBE) en las que se prevé la limitación del acceso a determinadas zonas urbanas, la circulación y el estacionamiento a los vehículos más contaminantes. La medida pretende reducir el uso del vehículo privado en los entornos urbanos a fin de facilitar desplazamientos cómodos, seguros y saludables en todas las ciudades de más de 50.000 habitantes. Se entiende por ZBE, “el ámbito delimitado por una Administración pública, en ejercicio de sus competencias, dentro de su territorio, de carácter continuo, y en el que se aplican restricciones de acceso, circulación y estacionamiento de vehículos para mejorar la calidad del aire y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, conforme a la clasificación de los vehículos por su nivel de emisiones de acuerdo con lo establecido en el Reglamento General de Vehículos vigente”. Por tanto, se trata esencialmente de un cambio en la regulación, que puede o no ir acompañado de cambios físicos en el entorno urbano, para potenciar un cambio en el modelo de movilidad.

A partir de 2023, todas las ciudades de más de 50.000 habitantes tendrán ZBE (Zona de Bajas Emisiones)

Con ella se pretende una transformación, en especial, de los ámbitos urbanos muy degradados por la congestión y contaminación que provoca el tráfico motorizado y garantizar la mejora de la calidad del aire y, por tanto, la mejora de la calidad de vida. El establecimiento de ZBE deriva de la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética que obliga a los municipios de más de 50.000 habitantes a adoptar Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) que incluyan, entre otros aspectos, ZBE antes de 2023. Además, atendiendo al Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, también deben elaborar PMUS y ZBE los municipios de más de 20.000 habitantes cuando se superen los valores límite de los contaminantes regulados en la normativa.

Cabe señalar que con fecha 28 de diciembre de 2022 se ha publicado en el BOE el Real Decreto 1052/2022, de 27 de diciembre, por el que se regulan, las zonas de bajas emisiones al objeto de regular los requisitos mínimos que deberán satisfacer las ZBE que las entidades locales establezcan, conforme al artículo 14.3 de la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética.

Por lo tanto, el establecimiento de las ZBE, el uso de medios no motorizados y del vehículo compartido, el teletrabajo y el fomento y mejora del transporte público colectivo son medidas clave para posibilitarán el cumplimiento de los objetivos establecidos en el presente Plan y en la Estrategia de la Comunidad de Madrid.

Algunas de estas actuaciones ya están siendo implementadas en el marco del Plan de Descarbonización y cuidado del Medio Ambiente citado en apartados anteriores, que la entonces Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura puso en marcha en el último trimestre de 2021. Tal como se ha indicado, el Plan incluye cuatro objetivos estratégicos y 58 medidas o programas de actuación orientados a reducir las emisiones directas; incrementar la eficiencia energética y disminuir la dependencia; reforzar el liderazgo de la Comunidad de Madrid en la gestión del agua como fuente de energía limpia y renovable; y, por último, favorecer la investigación y la innovación en las nuevas tecnologías para ahondar en la descarbonización real de la región y consolidar una economía verde. Entre las medidas actualmente en ejecución se pueden citar las siguientes:

Ayudas para el fomento de la movilidad cero emisiones en la Comunidad de Madrid

La Comunidad de Madrid ha diseñado esta línea de subvenciones, destinada a favorecer los desplazamientos urbanos sin emisiones contaminantes, mediante el uso de medios de locomoción que rompen con la tradicional relación dicotómica entre el peatón y el vehículo a motor en las ciudades. Para ello, en octubre de 2020, se aprobaron las primeras normas reguladoras de esta línea de incentivos por el procedimiento de concesión directa. En un principio, las ayudas han estado destinadas a personas físicas, mayores de edad y residentes en municipios de la Comunidad de Madrid, con el fin de subvencionar la adquisición de patinetes eléctricos, bicicletas con sistema de asistencia al pedaleo y ciclomotores eléctricos, así como la obtención de bonos ambientales cero emisiones. En este sentido, la región de Madrid ha sido pionera con la implementación de un sistema de bonificación por el achatarramiento de vehículos sin etiqueta o con una antigüedad de más de diez años, por el que se facilita al usuario una cantidad económica, por valor de 1.250 euros, convertibles en kilómetros, minutos u otros costes. Dicho bono permite el uso de servicios de movilidad compartida con vehículos etiqueta cero emisiones en las empresas de carsharing y motosharing adheridas al convenio de colaboración firmado al efecto con





la Comunidad de Madrid y la Asociación Empresarial para el Desarrollo e Impulso del Vehículo Eléctrico (AEDIVE) y 9 empresas de movilidad compartida.

En 2021 se modificaron las normas reguladoras, tomando como base la experiencia adquirida durante el primer ejercicio de concesión de las ayudas, a fin de simplificar tanto los requisitos exigidos a los vehículos subvencionables como la documentación a aportar por los posibles beneficiarios de las ayudas. De esta forma, se facilitó la presentación de las solicitudes y se agilizó la tramitación de los expedientes. Asimismo, se amplió el ámbito de aplicación de las subvenciones, dirigiendo las ayudas no solo a personas físicas, sino también a autónomos y a microempresas, al considerar que se trata de un sector crucial, tanto en cuanto a sus necesidades de desplazamientos en los entornos urbanos como a las cargas administrativas y laborales que soporta. Por último, se amplió también los vehículos objeto de subvención respecto a los contemplados en las normas aprobadas en 2020, incluyendo además las motocicletas entre los vehículos eléctricos que pueden ser adquiridos, a fin de favorecer otras formas de movilidad urbana e interurbana sostenibles.

Plan APARCA+T. Ampliación de la red de aparcamientos disuasorios

El Plan APARCA+T, promovido por la Consejería de Transportes, Movilidad e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid (Consortio Regional de Transportes de Madrid), impulsa la creación de aparcamientos de intercambio modal asociados a las infraestructuras de transporte público. Además, prevé la dotación de plazas reservadas para vehículos ecológicos: eléctricos y de gas (GNV y GLP) en intercambiadores de transporte en la corona metropolitana de Madrid.

La elaboración de este plan estratégico de aparcamientos de intercambio modal responde a varios de los objetivos del Plan Estratégico de Movilidad Sostenible de la Comunidad de Madrid 2013–2025. Dicho plan se centra en la puesta en servicio de 100 instalaciones de aparcamiento de intercambio modal que agrupan más de 47.000 plazas. Se configura como un plan a largo plazo, dividido en tres fases, cada una con una duración de 4 años.

Fomento y mejora del transporte público

El sistema de transporte público desempeña un papel esencial en el desarrollo económico y social que experimenta la región. En este sentido, el CRTM se configura como autoridad del sistema de transporte público que vela por la consecución de un nivel de servicio homogéneo y equitativo para todos los ciudadanos de la región, adecuado a las características de los diferentes ámbitos espaciales e independiente de otros aspectos operativos. El CRTM se configura como uno de los agentes principales en la implementación de las medidas que, sobre el transporte público madrileño, se vienen contemplando en los diferentes instrumentos de planificación en materia de calidad del aire y cambio climático de la Comunidad de Madrid.

Con el objetivo de la mejora constante, las principales actuaciones se están dirigiendo a la ampliación de nuevas líneas de autobuses y metro y a la remodelación de las existentes, así como a la tecnificación de la información para mejorar la accesibilidad al servicio de transporte público. Dentro de las actuaciones realizadas, destaca la firma del convenio entre el Estado, el CRTM y el Ayuntamiento de Madrid para la adaptación del carril izquierdo de la autovía A-2 como carril BUS-VAO, en ambos sentidos. También se ha llevado a cabo la reforma y ampliación del intercambiador de Avenida de América. Además, se está trabajando en la sustitución y renovación de la flota de buses urbanos e interurbanos con vehículos de bajas o nulas emisiones.

La electrolinera más grande de España

La Comunidad de Madrid inauguró en enero de 2022 la mayor electrolinera de España, gracias al proyecto desarrollado por las empresas EYSA y Endesa X. Este espacio de recarga se encuentra situado en Ciudad de la Imagen, en el término municipal de Pozuelo de Alarcón, junto al segundo cinturón metropolitano M-40 y a las carreteras A5, M-502 y M-511. La capacidad de recarga de la electrolinera es de 46 vehículos de manera simultánea, contando con 20 plazas de aparcamiento con cargadores ultrarrápidos (150 kW) y 26 plazas con cargadores semirrápidos (hasta 22kW). El espacio está completamente automatizado y está disponible las 24 horas del día, todos los días del año. Además, cuenta con otras 160 plazas adicionales de aparcamiento. Los usuarios pueden acceder a la recarga de manera automática y realizar el pago desde su móvil, reservar y utilizar los puntos de recarga mediante una aplicación móvil desarrollada por EYSA. De esta manera se agilizan los pagos y se ahorra tiempo y dinero al conductor.

Delimitación de Zonas de Bajas Emisiones

Desde los ayuntamientos de los distintos municipios de la Comunidad de Madrid se han realizado diversas actuaciones para la implementación de ZBE entre las que destacan las realizadas en el municipio de Madrid, así como las que se están llevando a cabo por otros ayuntamientos a fin de dar cumplimiento a las obligaciones establecidas en la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética para todos aquellos municipios de más de 50.000 habitantes. Además, en la implementación de las ZBE se deberán tener en cuenta los requisitos mínimos recogidos en el recientemente aprobado Real Decreto 1052/2022, de 27 de diciembre, por el que se regulan las zonas de bajas emisiones.



“Madrid Zona de Bajas Emisiones (ZBE)” consiste en la ordenación de tráfico, que se establece de manera permanente en el ámbito geográfico definido por todas las vías públicas del municipio de Madrid, por la que se prohíbe el acceso y la circulación de todos los vehículos que figuran con clasificación ambiental “A” en el Registro de Vehículos de la Dirección General de Tráfico. La regulación de la ZBE se encuentra recogida en la Ordenanza de Movilidad Sostenible adoptada el 13 de septiembre de 2021, que declara toda la ciudad como Zona de Bajas Emisiones, compatibilizando la lucha contra la contaminación y el desarrollo de la actividad económica. Madrid 360 incluye dos Zonas de Bajas Emisiones de Especial Protección (ZBEDEP), Centro y Plaza Elíptica, donde los problemas de contaminación son más acusados. En ellas, los comerciantes cuentan con los mismos derechos de acceso y circulación que los residentes. Además de estas dos ZBEDEP, Madrid ZBE limita solo el acceso y circulación a los turismos con clasificación ambiental A (que carecen de distintivo ambiental), que representan, de media, el 14% de los vehículos que entran diariamente en la ciudad, excepto aquellos vehículos que a fecha 1 de enero de 2022 estén domiciliados en Madrid en el Registro de Vehículos de la Dirección General de Tráfico y figuren en el padrón del Impuesto sobre vehículos de Tracción Mecánica, que podrán pasar y circular por toda la ciudad hasta el 31 de diciembre de 2024, siempre que mantengan el cumplimiento simultáneo de ambos requisitos.

Además, la Junta de Gobierno de la Ciudad de Madrid, aprobó el 7 de julio de 2022 el texto definitivo del Plan de Movilidad Sostenible Madrid 360, un instrumento de planificación clave que vertebrará las políticas de movilidad de la capital hasta 2030. Dentro de las actividades previstas, los ejes estratégicos son:

- por un mejor y más transporte público;
- la mejora de las infraestructuras de transporte;
- la promoción de la movilidad activa, a pie y en bicicleta;
- la gestión de los aparcamientos en base a criterios de sostenibilidad;
- facilitar la integración modal a través de la micromovilidad y la intermodalidad;
- estimular el cambio del parque circulante hacia vehículos menos contaminantes;
- promover el cambio tecnológico y la optimización de la distribución urbana de mercancías;
- la aplicación de elementos tecnológicos y logísticos innovadores para optimizar los servicios de movilidad;
- avanzar hacia una movilidad segura;
- incentivar una movilidad responsable mediante la educación, la información y la gobernanza.

Otro municipio que ha implantado ZBE es Rivas Vaciamadrid, cuyas actuaciones se han centrado hasta ahora en los entornos escolares. Además, este municipio está actualmente trabajando en la ampliación de estas ZBE existentes en los colegios, extendiendo la ZBE a todas las vías urbanas, hasta el límite con el polígono industrial y reforzando las zonas de colegios con cámaras lectoras de matrículas e instalación de nuevos aparcamientos para bicicletas.

Para incentivar el establecimiento de las ZBE en la región, en diciembre de 2021, se publicó la Orden 1823/2021, de 10 de diciembre, de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura, por la que se aprobaron las bases reguladoras para la concesión de ayudas contempladas en el Plan de Impulso al Medio Ambiente (PIMA). Las ayudas se destinan a la implementación de actuaciones por parte de municipios y Entidades Locales de menos de 100.000 habitantes, que tengan por finalidad mejorar la calidad del aire, así como reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y apoyar la adaptación al cambio climático en el espacio urbano y periurbano, potenciando las sinergias entre las estrategias de adaptación y mitigación en la lucha frente al cambio climático. Entre los tipos de actuaciones subvencionables se encuentran las Zonas de Bajas Emisiones en municipios de más de 50.000 y de menos de 100.000 habitantes.

Incentivación de la adquisición de vehículos eléctricos y otras tecnologías de bajas emisiones en la Comunidad de Madrid.

Desde la Comunidad de Madrid se vienen llevando a cabo medidas para la promoción del uso de tecnologías y combustibles menos contaminantes a través del establecimiento de ayudas a la sustitución de vehículos autotaxi y vehículos comerciales, la firma de acuerdos con el sector automovilístico para la instalación de infraestructura de apoyo, la sustitución de la flota pública por vehículos de combustibles menos contaminantes, la renovación de la flota de autobuses urbanos e interurbanos.

Ejemplos de ayudas para la sustitución de vehículos contaminantes son el II Plan MUS (II Plan de Movilidad Urbana Sostenible) y el programa de incentivos a la movilidad eficiente y sostenible (Programa MOVES). Este programa, coordinado por el IDAE, ha sido gestionado por las comunidades y ciudades autónomas con el objeto de financiar “actuaciones de apoyo a la movilidad basada en criterios de eficiencia energética, sostenibilidad e impulso a energías alternativas, incluida la disposición de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos”. En el ejercicio 2020, la Comunidad de Madrid ha gestionado el Programa MOVES II, para la adquisición de vehículos eléctricos, para la implantación de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos, para la implantación de sistemas de préstamos de bicicletas eléctricas y para la implantación de medidas de movilidad sostenible al trabajo. Por otro lado, en el ejercicio 2021 la Comunidad de





Madrid ha gestionado el Programa MOVES III, dotado con un presupuesto inicial de 52.974.173,05 €. De este importe, 37.081.000,00 euros, correspondientes al 70 por 100 de la dotación económica, han ido destinados al Programa de Incentivos 1-Programa de Apoyo a la adquisición de vehículos eléctricos, y 15.893.173,05 de euros, correspondientes al 30 por 100 restante, han ido destinados al Programa de Incentivos 2-Programa de Apoyo al despliegue de infraestructura de recarga.

Cabe destacar la labor de la Mesa Regional del Vehículo Eléctrico como foro que reúne a todos los agentes implicados en este sector y que se coordina a través de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior. El principal objetivo de este grupo de trabajo es poner en común conocimientos y experiencias para impulsar la progresiva implantación del vehículo eléctrico en la Comunidad de Madrid, venciendo las diferentes barreras que actualmente impiden dicha implantación.

4.1.1. Propuesta de áreas de actuación.

El presente Plan pretende dar continuidad a todas estas iniciativas puestas ya en marcha, e incorporar otras nuevas que ayuden a la consecución de los objetivos planteados. La Comunidad de Madrid deberá impulsar la llegada del vehículo eléctrico a todos los ayuntamientos de la región, promover la homogeneización regulatoria y fomentar canales que faciliten la gestión de ayudas, así como la puesta en marcha de infraestructuras de recarga. Otra iniciativa importante es el impulso de soluciones de movilidad compartida en el ámbito de la conurbación, más allá del área de influencia individual de cada municipio, dada la gran afluencia de movimientos no solo de los llamados commuters (viajeros que realizan trayectos diarios de un municipio a otro para ir/regresar a sus lugares de trabajo y residencial), sino también entre los anillos de la Región, que conectan unos municipios con otros más allá de la capital. Por su parte, los ayuntamientos deberán facilitar las gestiones administrativas que ayuden a desplegar infraestructuras de recarga de acceso público, así como también trabajar en desarrollos regulatorios que permitan a los ciudadanos que disponen de plazas de aparcamiento municipales poder instalar también puntos de recarga vinculada, así como promover el despliegue de este tipo de infraestructuras en vías públicas, a fin de dar respuesta a las necesidades de recarga de usuarios que no disponen de una plaza de recarga propia.

Asimismo, será clave el establecimiento de zonas de bajas emisiones (ZBE) en cada una de las ciudades de más de 50.000 habitantes de la Comunidad de Madrid, en el marco de las obligaciones establecidas en la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética. En su implantación se deberá tener en cuenta la pirámide de movilidad, dando prioridad al peatón, a la movilidad activa y al transporte público por delante del vehículo privado. En total, son 23 los municipios madrileños con más de 50.000 habitantes que deberán implementar obligatoriamente estas ZBE: Alcalá de Henares, Alcobendas, Alcorcón, Aranjuez, Arganda del Rey, Boadilla del Monte, Collado Villalba, Colmenar Viejo, Coslada, Fuenlabrada, Getafe, Leganés, Madrid, Majadahonda, Móstoles, Parla, Pinto, Pozuelo de Alarcón, Rivas Vaciamadrid, Las Rozas de Madrid, San Sebastián de los Reyes, Torrejón de Ardoz y Valdemoro. A todo ello servirá de impulso adicional la puesta en marcha de planes de incentivos locales para transformar flotas e impulsar la compra de vehículos eléctricos entre la ciudadanía.

Finalmente, es fundamental el compromiso que vayan adquiriendo los diferentes estamentos de la Administración Pública en la transformación de sus propias flotas, no solo como ejemplo para el resto de ciudadanos y empresas, sino también porque ayudará a acelerar la implementación de la movilidad eléctrica.

De acuerdo con lo anterior, se presentan a continuación las áreas de actuación que se proponen en el Plan, cuyas medidas serán definidas e implementadas a lo largo de todo su periodo de ejecución. Las fichas con el detalle de cada Área de actuación figuran en el Anexo 1 de la Estrategia de Energía, Clima y Aire 2023-2030.

Tabla 8. Áreas de actuación del Plan de Calidad del Aire 2021-2030 correspondientes al sector transporte y la movilidad.
(Elaboración propia)

ÁREAS DE ACTUACIÓN	
1	USO EFICIENTE DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE Y PROMOCIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO
2	APOYO AL CAMBIO MODAL
3	IMPULSO A LA MOVILIDAD ELÉCTRICA Y BAJA EN EMISIONES



ÁREAS DE ACTUACIÓN

- 4 IMPULSO A LA TRANSFORMACIÓN DE LAS FLOTAS DE TRANSPORTE DE VIAJEROS Y MERCANCÍAS MEDIANTE EL USO DE TECNOLOGÍAS Y COMBUSTIBLES MENOS CONTAMINANTES
- 5 RENOVACIÓN DE LA FLOTA INSTITUCIONAL Y DE LA FLOTA DE AUTOBUSES URBANOS E INTERURBANOS
- 6 IMPULSO A LA MOVILIDAD BASADA EN EL HIDRÓGENO 100 % RENOVABLE
- 7 IMPLEMENTACIÓN DE ZONAS DE BAJAS EMISIONES EN LOS MUNICIPIOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID
- 8 ACTUACIONES SOBRE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD DE MADRID

4.2. Sector 2. Residencial, Comercial e Institucional

El sector Residencial, Comercial e Institucional (RCI) se identifica como un área clave en la mejora de la calidad del aire, particularmente en los núcleos urbanos densamente poblados, después del sector transporte. Se trata de un sector relevante hacia el que dirigir las actuaciones para reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos y contribuir así a mejorar la calidad del aire en cuanto a material particulado, SO₂ y NO₂.

La siguiente figura muestra el consumo de energía final en el sector residencial y servicios de acuerdo con el balance energético del año 2020, donde se observa la elevada dependencia de dicho sector del gas natural seguido de la energía eléctrica. En el sector servicios, la dependencia de la energía eléctrica es más pronunciada, alcanzando el 73% de participación en el consumo energético. Por lo tanto, la distribución del consumo energético en el sector presenta oportunidades para fomentar el autoconsumo renovable y contribuir a su descarbonización.

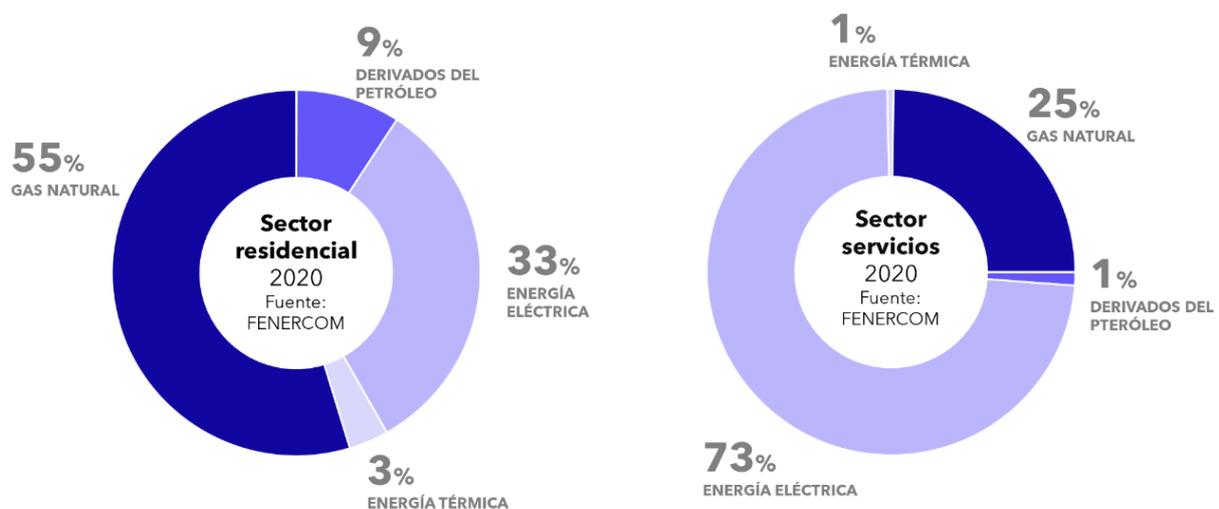


Figura 48. Consumo de energía final en la Comunidad de Madrid en el sector residencial y sector servicios. (FENERCOM, 2022).

El sector residencial comparte junto con el de servicios (también llamado "comercial") la necesidad de llevar a cabo mejoras en cuanto a eficiencia y autoconsumo energético. En este sentido, se presentan dos retos a la hora de proceder a su descarbonización y transformar el modo en que consumen energía. Uno de ellos es el alto coste de la rehabilitación de los edificios y la dificultad de alcanzar acuerdos entre los vecinos residentes en los mismos, y, el otro, es el elevado coste de las instalaciones de autoconsumo. Por tanto, el presente Plan, y también la Estrategia, dirige sus esfuerzos a poner en marcha líneas de actuación que promuevan la descarbonización del sector RCI, como son las ayudas para la rehabilitación del parque inmobiliario, así como las instalaciones de autoconsumo.

En este sentido, la Comunidad de Madrid se alinea con lo dispuesto en la Directiva 2018/844 sobre eficiencia energética en edificios (que modificó la Directiva 2010/31/UE sobre eficiencia energética en edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética), cuyo objetivo principal es acelerar la renovación de los parques nacionales de edificios residenciales y no residenciales, tanto públicos como privados, transformándolos en parques inmobiliarios con alta



eficiencia energética y descarbonizados antes de 2050, facilitando así la transformación económicamente rentable de los edificios existentes en edificios de consumo de energía casi nulo. Los países de la UE deben establecer requisitos mínimos óptimos de eficiencia energética que serán revisados cada cinco años. Esta Directiva 2018/844 se ha traspuesto a nuestro ordenamiento jurídico a través de la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética, que en su artículo 15 dispone que antes del 1 de enero de 2023, todos los edificios de uso distinto al residencial privado que cuenten con una zona de uso aparcamiento con más de veinte plazas, ya sea en el interior o en un espacio exterior adscrito, deberán cumplir la exigencia relativa a las dotaciones mínimas para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos establecida en el Código Técnico de la Edificación. Asimismo, la trasposición se ha llevado a cabo mediante el Real Decreto 390/2021, de 1 de junio, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación energética de los edificios, cuyo objeto es el establecimiento de las condiciones técnicas y administrativas que deben regir la realización de las certificaciones de eficiencia energética de los edificios y la metodología de cálculo de su calificación de eficiencia energética, con la finalidad de promocionar la eficiencia energética en los edificios y que la energía que estos utilicen proceda mayoritariamente de fuentes renovables.

La Comunidad de Madrid dispone de un parque residencial de más de tres millones de viviendas, de las que 1,7 millones son susceptibles de reformas debido a su antigüedad y a la necesidad de adaptarse a las normativas vigentes, tanto en lo que compete a accesibilidad y seguridad como a eficiencia energética y sostenibilidad. En este sentido, se vienen realizando esfuerzos importantes a fin de reducir las emisiones de este sector, sustituyendo y modernizando los aislamientos e instalaciones. Entre las actuaciones llevadas a cabo, se pueden destacar las siguientes.

Programas de ayudas para la rehabilitación de edificios, instalaciones y elementos constructivos

La Comunidad de Madrid ha puesto en marcha distintas líneas de subvención para la mejora de la eficiencia energética en los edificios, como el programa PAREER-CRECE (Programa de Ayudas para la Rehabilitación Energética de Edificios Existentes) que contemplaba ayudas para la mejora de la eficiencia energética de la envolvente térmica (tipo 1), de las instalaciones térmicas y la iluminación (tipo 2), sustitución de energías convencionales por biomasa (tipo 3) o geotérmica en las instalaciones térmicas (tipo 4), y el programa PAREER II, que le daba continuidad. Por otro lado, la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid aprobó el Programa PREE 5000 dirigido a incentivar actuaciones de rehabilitación energética en edificios existentes en municipios de reto demográfico. Estos fondos, procedentes del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia de la Unión Europea, tienen como objetivo impulsar la sostenibilidad en el parque de edificios existente mediante actuaciones de mejora de la envolvente térmica, la sustitución de sistemas de energía convencional por renovables y la instalación de sistemas de iluminación eficiente, en inmuebles situados en poblaciones de hasta 5.000 habitantes y los municipios no urbanos de hasta 20.000 habitantes en los que todas sus entidades singulares de población sean de hasta 5.000 habitantes. Asimismo, se han puesto en marcha los planes Renove de Calderas o los programas para la renovación de elementos constructivos y de la edificación (renovación de ventanas, instalaciones eléctricas comunes, ascensores, etc.)

En mayo de 2022, se publicó la convocatoria de determinados programas de subvenciones en materia de rehabilitación residencial y vivienda social del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, regulados en el Real Decreto 853/2021, de 5 de octubre, financiado por la Unión Europea-Next Generation EU. El objetivo es subvencionar obras o actuaciones en los edificios de uso predominante residencial, tanto en ámbito urbano como rural, en las que se obtenga una mejora acreditada de la eficiencia energética, con especial atención a la envolvente edificatoria en edificios de tipología residencial colectiva, incluyendo sus viviendas, y en las viviendas unifamiliares (programa 3); la financiación de obras o actuaciones que se realicen en viviendas y en las que se consiga una reducción de la demanda energética anual global de calefacción y refrigeración o una reducción del consumo de energía primaria no renovable acreditada (programa 4) y la financiación de los gastos de elaboración del Libro del edificio, así como el desarrollo de proyectos técnicos de rehabilitación integral de edificios (programa 5).

Además, en el marco del Plan Estatal de Vivienda 2018-2021, cabe mencionar el Programa de Fomento de la Regeneración y Renovación Urbana y Rural, que permite financiar obras de rehabilitación de edificios y viviendas, tanto en su exterior como en el interior, así como realizar las adaptaciones necesarias para lograr la accesibilidad y la eficiencia energética. El 30 de julio de 2018 fue firmado el **Convenio de Colaboración** entre el Ministerio de Fomento y la Comunidad de Madrid para la aplicación del Plan Estatal de Vivienda 2018-2021 y, con fecha 31 de mayo de 2019, se aprobaron las bases reguladoras de las ayudas previstas dentro del citado Programa dirigidas a municipios de la región. Dentro de este programa, la Comunidad de Madrid está realizando importantes actuaciones de mejora de la calidad y sostenibilidad del medio urbano en los municipios de la región, a través de la firma de convenios con la Empresa Municipal de la Vivienda y con el Instituto Municipal de la Vivienda en los respectivos municipios.





Proyectos de mejora de la eficiencia energética y economía circular en los establecimientos de alojamiento turístico

En octubre de 2022, se publicó la convocatoria para la concesión de subvenciones de concurrencia no competitiva destinadas a proyectos de mejora de la eficiencia energética y economía circular en los establecimientos de alojamiento turístico de la Comunidad de Madrid con cargo al "Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (financiado por la Unión Europea) Next Generation EU". Estas ayudas, con una dotación presupuestaria de 8.854.494,24 €, tienen por objeto promover la reactivación económica en la Comunidad de Madrid en el sector turístico, incrementando la competitividad de nuestras empresas turísticas mediante la incorporación de elevados estándares en materia de eficiencia energética y economía circular, para reducir así su huella de carbono y los costes energéticos.

Plan de Ahorro Energético en los edificios públicos de la Comunidad de Madrid

El Gobierno de la Comunidad de Madrid aprobó en 2017 el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética en Edificios Públicos 2017-2025, a fin de llevar a cabo medidas en sus edificios para conseguir reducir sus consumos energéticos, mejorar el confort de los trabajadores, así como por el valor ejemplarizante de estas actuaciones. El plan ha sido actualizado en noviembre de 2022, incidiendo en el ahorro energético y en el despliegue del autoconsumo, así como eliminando actuaciones ya obsoletas o totalmente implementadas en los edificios de la Comunidad de Madrid. Este Plan se desarrolla en cuatro ejes que se componen de diferentes medidas y líneas de actuación:

- En el EJE 1: MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA se analizarán las medidas conducentes a la mejora de la eficiencia energética de los edificios contemplando el conjunto de sus instalaciones y envolvente.
- En el EJE 2: RACIONALIZACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO se analizarán las medidas conducentes a la mejora de la gestión y utilización de la energía en los edificios públicos.
- En el EJE 3: ENERGÍAS RENOVABLES Y COGENERACIÓN se analizarán las posibilidades del uso de las energías renovables para autoconsumo eléctrico (solar fotovoltaica) y térmico (solar térmica, geotermia, aerotermia y biomasa). Asimismo, se pretende lanzar el mensaje de la importancia del uso de sistemas de cogeneración de alta eficiencia en centros que cuenten con consumos importantes.
- En el EJE 4: FORMACIÓN se analizarán las medidas en aras, primero de una mayor concienciación y sensibilización de los usuarios de estos edificios (funcionarios y personal laboral); así como en una mayor difusión de los códigos de buenas prácticas en materia de ahorro energético, mediante campañas y cartelería; edición de Guías y cursos de formación.

El Plan se enmarca dentro de la política energética aprobada por el Gobierno de España y de las líneas estratégicas fijadas por la Comunidad de Madrid en su Hoja de Ruta hacia la Descarbonización y, además, se recoge en la Estrategia regional de Energía, Clima y Aire.

Alumbrado público

Cabe destacar la multitud de actuaciones puestas en marcha en los distintos municipios de la Comunidad de Madrid para reducir los consumos energéticos asociados al alumbrado público centradas mayoritariamente en la sustitución de las luminarias existentes por otras con tecnología LED o las ayudas para la mejora del alumbrado exterior de los polígonos industriales con objeto de mejorar su eficiencia energética.

Desarrollo de Madrid Nuevo Norte

Los esfuerzos de la Comunidad de Madrid y de sus ayuntamientos no se han centrado únicamente en edificios existentes, sino también en los nuevos desarrollos urbanísticos. Un proyecto ejemplar es el desarrollo de Madrid Nuevo Norte, que prevé la construcción de 10.500 viviendas con la máxima eficiencia energética que cubrirán las necesidades residenciales de la zona norte de la capital, el 20% de protección pública. Se crearán espacios cívicos y equipamientos comunes conectados con los medios de transporte públicos que se han proyectado, con la sostenibilidad como nexo entre todos ellos. Igualmente, se creará un Centro de Negocios de última generación con una oferta de oficinas de calidad ubicado junto a un nodo de transporte de primera magnitud internacional. Los 250.000 metros cuadrados de suelo para dotaciones públicas se situarán teniendo presente que no sólo deben atender las necesidades de los nuevos vecinos que vengán a vivir a la zona, sino también dar respuesta a las demandas históricas de los barrios limítrofes, ante la carencia de equipamientos públicos suficientes.





4.2.1. Hoja de Ruta hacia la Neutralidad Climática para 2050 de la Ciudad de Madrid

Es necesario destacar las actuaciones que se prevén desarrollar en el sector residencial y de servicios en el marco de la Hoja de Ruta hacia la Neutralidad Climática para 2050 de la Ciudad de Madrid, cuya implementación tendrá un impacto significativo, no solo en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, con un objetivo de reducción en la ciudad de Madrid del 65% en 2030, respecto a 1990, sino también en las emisiones de los principales contaminantes atmosféricos, como son los NOx y las partículas.

Según se prevé en este documento de planificación, el sector residencial es el que debe contribuir con el mayor volumen de reducciones, seguido del sector servicios y el de transporte. La suma de las emisiones abatidas por estos tres sectores supone el 90% de las emisiones a reducir. En el sector residencial, se destacan 3 objetivos prioritarios: la integración de la bomba de calor, promoviendo la electrificación de la demanda en la climatización doméstica; los sistemas de control de la climatización; y la renovación de las calderas de gas natural. Por su parte, en el sector servicios, las principales palancas de descarbonización a priorizar a escala municipal incluyen la renovación de equipos, la rehabilitación y la eficiencia energética. Los principales ejes de acción municipal a destacar dentro de estas palancas son: la sustitución de sistemas que utilizan combustibles fósiles (gasóleo y gas natural) por bomba de calor u otras tecnologías de bajas emisiones; la eficiencia energética en la iluminación; y el ahorro y la eficiencia energética en instalaciones municipales.

4.2.2. Propuesta de áreas de actuación.

Teniendo en cuenta la situación de la Comunidad de Madrid y las diferentes iniciativas y actuaciones que se están promoviendo, en el Plan se proponen las siguientes áreas de actuación (Tabla 9) para continuar con los esfuerzos en la reducción de emisiones en el sector RCI. Las fichas con el detalle de cada Área de actuación figuran en el Anexo 1 de la Estrategia de Energía, Clima y Aire 2023- 2030.

Tabla 9. Áreas de actuación del Plan de Calidad del Aire 2021-2030 correspondientes al sector RCI. (Elaboración propia)

ÁREAS DE ACTUACIÓN	
9	CERTIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS DE LOS SECTORES RESIDENCIAL Y COMERCIAL
10	CERTIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA, REHABILITACIÓN ENERGÉTICA Y AUTOCONSUMO EN LOS EDIFICIOS PÚBLICOS
11	RENOVACIÓN DE APARATOS QUE CONSUMEN ENERGÍA
12	APOYO AL AUTOCONSUMO RENOVABLE TANTO INDIVIDUAL COMO COMPARTIDO EN EL SECTOR RESIDENCIAL Y COMERCIAL
13	ALUMBRADO PÚBLICO EFICIENTE

4.3. Sector 3. Energía, industria y las utilities (agua y residuos)

La Comunidad de Madrid se caracteriza por su elevada terciarización. Es la primera región española suministradora de servicios y, dentro de ellos, los servicios públicos y los de alto valor añadido tienen un peso muy superior al promedio nacional.



El número de empresas activas a 1 de enero de 2021 se cifró en 547.040, lo que significa el 16,2% del total nacional. El sector servicios, con el mayor peso en la estructura poblacional empresarial, representa el 68,3% del total. En 2021 contaba con 373.805 empresas activas, incluyendo todas las dedicadas a hostelería, transporte y almacenamiento, información y comunicaciones, actividades financieras y de seguros, actividades inmobiliarias, profesionales, científicas y técnicas, actividades administrativas y de servicios auxiliares, educativas, sanitarias y de asistencia social. En cuanto al comercio, el peso de este sector supuso el 16,9% en 2021 respecto del total. Por último, las empresas del sector de la construcción representaron el 11%, y las de la industria, el 3,8% del total.

Desde el punto de vista del tamaño, en la Comunidad de Madrid predomina el minifundismo empresarial. Así, un 84,5% de las empresas tienen dos o menos asalariados. Por su parte, las microempresas (entre 1 a 9 asalariados) representan el 35,4% del tejido, las pequeñas empresas (10 a 49 asalariados) el 3,5%, las de tamaño mediano (con 50 a 199 trabajadores), representan el 0,7% y, por último, las grandes empresas (más de 200 asalariados) suponen solo el 0,3% del total.

Respecto al tejido empresarial industrial, el número de empresas activas a 1 de enero de 2021 en la Comunidad de Madrid se cifra en 20.965 empresas lo que, como se ha indicado, supone un porcentaje del 3,8 % del total de empresas existentes en nuestra región.

Si se analizan los datos del inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid, se concluye que la industria es el sector principal emisor de COVNM, con casi un 82% respecto del total en el año 2020. En el caso del SO₂ las emisiones del sector industrial en la región tuvieron un peso del 38%. Sin embargo, las emisiones de NO_x, principal contaminante de la región, son poco significativas, suponiendo tan solo un 12% del total.

En cuanto al consumo de energía del sector industrial, los datos del balance energético de 2020 muestran que tanto el gas natural como la energía eléctrica suponen la mayoría del consumo, con un 39% y 37%, respectivamente. Si bien es cierto que la dependencia directa de los derivados del petróleo no supone un porcentaje elevado en el consumo del sector, las opciones de descarbonización son amplias a través de las acciones de autogeneración renovable y eficiencia energética.

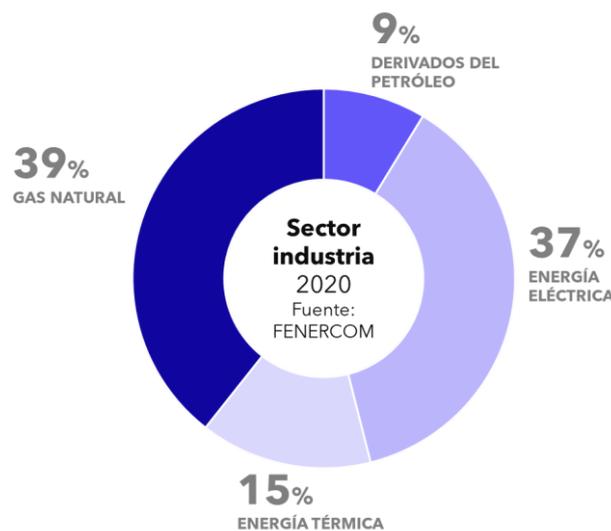


Figura 49. Consumo de energía final en la Comunidad de Madrid en el sector industria. (FENERCOM, 2022).

En cuanto al sector residuos, cabe señalar que la Estrategia de Gestión Sostenible de los Residuos de la Comunidad de Madrid para el período 2017-2024 define la política regional en esta materia, estableciendo las medidas necesarias para cumplir con los objetivos fijados por la normativa europea y española y por el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022.

Dicha estrategia pretende avanzar en la implantación del nuevo modelo de economía circular en la Comunidad de Madrid y situar nuestra región entre las más avanzadas de Europa, dando cumplimiento al compromiso de continuar trabajando en la reducción de residuos con el horizonte puesto en el "vertido cero", favoreciendo el crecimiento económico y la generación de empleo verde.

La Estrategia define un modelo de gestión de los residuos que da respuesta a las necesidades de la Comunidad de Madrid teniendo en cuenta los aspectos ambientales, sociales y económicos. Conforme a este criterio general, los objetivos de la Estrategia son los siguientes:

- Prevenir la generación de residuos en la Comunidad de Madrid.



- Maximizar la transformación de los residuos en recursos, en aplicación de los principios de la economía circular.
- Reducir el impacto ambiental asociado con carácter general a la gestión de los residuos y, en particular, los impactos vinculados al calentamiento global.
- Fomentar la utilización de las Mejores Técnicas Disponibles en el tratamiento de los residuos.
- Definir criterios para el establecimiento de las infraestructuras necesarias y para la correcta gestión de los residuos de la Comunidad de Madrid.

Cabe señalar, que los impactos potenciales asociados a la gestión de residuos son muy variados, entre los que destacan la emisión de gases de efecto invernadero y contaminantes a la atmósfera. En este sentido, según datos del Inventario, las emisiones de GEI generadas por el tratamiento y la eliminación de los residuos en la Comunidad de Madrid representan el 7,3 % del total regional, frente al 4,8% del conjunto de España respecto del total nacional. Es necesario indicar que, dentro de este sector del inventario, categorizado como CRF5, se incluyen las emisiones procedentes del depósito en vertederos, el tratamiento biológico de residuos sólidos, la incineración de residuos y el tratamiento de aguas residuales.

En cuanto a las emisiones de los principales contaminantes atmosféricos por parte, tanto del sector industrial como del tratamiento y eliminación de residuos, su contribución se analiza con detalle en el apartado 2 del presente plan. Según se detalla en el mismo, las emisiones de óxido de nitrógeno (NO_x) se deben principalmente al transporte, con un 68% respecto del total en el año 2020. En el caso del material particulado (PM_{2,5}), las emisiones se reparten entre el transporte, el RCI (Residencial, Comercial e Institucional) y la industria, con unas aportaciones del 28, 37 y 25%, respectivamente. La industria y el RCI son los principales emisores de óxidos de azufre (SO_x), con una contribución del 98%. Además, como se ha indicado, la industria es el sector que más contribuye a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), con aproximadamente un 82% del total en el año 2020, con la importancia que esto tiene, en la formación de ozono troposférico, al ser estos compuestos, junto con los NO_x, unos de sus principales precursores.

La contribución del sector residuos a las emisiones puede reducirse de forma significativa promoviendo políticas que eviten el depósito de residuos biodegradables en vertedero. Además, la gestión sostenible de residuos ayuda a otros sectores económicos a reducir también sus emisiones de gases de efecto invernadero y de otros contaminantes atmosféricos. Asimismo, resulta fundamental continuar implementando políticas de residuos que apliquen rigurosamente el principio de jerarquía antes indicado a fin de contribuir a la implantación de modelos económicos circulares y sostenibles.

Por ello, al igual que con los sectores de transporte y RCI, la Comunidad de Madrid va a continuar impulsando iniciativas encaminadas a la reducción de las emisiones provenientes de este sector. En este sentido, conviene destacar las siguientes actuaciones:

Control de emisiones a la atmósfera

La Dirección General Transición Energética y Economía Circular de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior⁹ y, en concreto, el Área de Calidad Atmosférica dentro del ámbito de sus competencias, lleva a cabo la vigilancia y control de la contaminación atmosférica de las diferentes instalaciones de la Comunidad de Madrid:

- Actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera (APCA), no incluidas en la legislación sobre prevención y control integrados de la contaminación (IPPC), conforme a la Ley 34/2007 y al Real Decreto 100/2011.
- Instalaciones de combustión medianas con una potencia térmica nominal igual o superior a 1 MW e inferior a 50 MW, conforme al Real Decreto 1042/2017.
- De las instalaciones que afectadas por el Real Decreto 117/2003, de 31 de enero, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades.
- Instalaciones afectadas por el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, conforme a la Ley 1/2005, de 9 de marzo.

Además, desde el Área de Calidad Atmosférica se lleva a cabo un seguimiento de la información presentada por las entidades acreditadas, relativa a los controles internos y externos, con el fin de detectar deficiencias o incumplimientos en los controles y proceder a su notificación a las instalaciones afectadas, a las entidades acreditadas y/o en su caso al Área de Disciplina Ambiental.

⁹ Según Decreto 235 /2023, de 6 de septiembre, del Consejo de Gobierno, por el que se establece la estructura orgánica de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior..





Plan PIMA-RESIDUOS

Se destacan las diferentes actuaciones llevadas a cabo en el marco del Plan de Impulso al Medio Ambiente-PIMA Residuos, cuyos créditos son aprobados periódicamente por la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente. De esta forma, la Comunidad de Madrid pone en marcha todos los años líneas de subvenciones dirigidas a las entidades locales de la región para la ejecución de proyectos con la finalidad de mejorar la gestión de los residuos domésticos y garantizar el cumplimiento de los objetivos comunitarios en materia de gestión de los mismos. Las ayudas se destinan a impulsar proyectos de separación y reciclado en origen de biorresiduos mediante su compostaje doméstico, actuaciones de mejora de los puntos limpios existentes o proyectos de implantación, ampliación y mejora de la recogida separada de biorresiduos destinados a instalaciones específicas de tratamiento biológico (compostaje, digestión anaerobia o ambas), entre otros. Estas ayudas se basan en el esquema de prioridades y el principio de jerarquía en materia de residuos, fomentando la reducción del depósito en vertedero, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuyendo al alargamiento de la vida útil de algunos productos y al incremento de la disponibilidad de materias primas secundarias para los procesos industriales, con el fin de reducir el consumo de materias primas vírgenes, con el consiguiente impacto positivo en la generación de empleo en la región.

Plan Estratégico del Canal de Isabel II 2018-2030

El Plan Estratégico de Canal de Isabel II afronta nuestros retos de modernización y sostenibilidad, y mantiene e impulsa los niveles tecnológicos y de excelencia en el servicio. Este Plan Estratégico describe el camino que el Canal de Isabel II se ha fijado para la próxima década, definiendo las estrategias para llevarlo a cabo, concretamente a través de diez grandes líneas que engloban noventa actuaciones específicas, mediante un modelo basado en la gestión integral del ciclo del agua destinado a todos los municipios de la Comunidad de Madrid. Cada línea estratégica se desglosa, a su vez, en una serie de planes estratégicos, hasta un total de 35, entre los que destacan los 10 planes estrella, uno para cada una de las líneas. Entre ellos, es necesario mencionar el Plan -25, con el que se pretende reducir en un 25 % el volumen de agua derivada para consumo por habitante, por su importancia en el ahorro en emisiones de Gases de Efecto Invernadero que supone, así como de otros contaminantes atmosféricos.

4.3.1. Propuesta de áreas de actuación.

Consciente de la necesidad de seguir esforzándose en el control y reducción de emisiones provenientes en las actividades industriales implantadas en la región, así como las del sector de residuos, la Comunidad de Madrid propone continuar con las líneas que ya se encuentran en marcha, apostando además por el aumento de la eficiencia energética de procesos en el sector industrial o el impulso de las energías renovables, junto con la supervisión y fomento de herramientas de control de emisiones en la industria. En la siguiente tabla se reflejan aquellas medidas relacionadas con el OE5 de las planteadas en la Estrategia de Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid para este sector (Tabla 10). Las fichas con el detalle de cada Área de actuación figuran en el Anexo 1 de la Estrategia de Energía, Clima y Aire 2023- 2030.

Tabla 10. Medidas del Plan de Calidad del Aire 2021-2030 correspondientes al sector energía, industria y las utilities (agua y residuos).
(Elaboración propia)

ÁREAS DE ACTUACIÓN	
14	GARANTIZAR LA CALIDAD Y CONTINUIDAD DEL SUMINISTRO ENERGÉTICO
15	ADAPTACIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS PARA LA INTEGRACIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA
16	FOMENTO DE LA INSTALACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA RENOVABLE
17	FOMENTO DEL DESPLIEGUE DE TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO
18	FOMENTO DE LAS TECNOLOGÍAS DEL HIDRÓGENO EN LA COMUNIDAD DE MADRID
19	PROMOCIÓN DE LAS EMPRESAS DE SERVICIOS ENERGÉTICOS





ÁREAS DE ACTUACIÓN

20	APOYO A LA CREACIÓN DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS
21	PROTECCIÓN DE LOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA
22	APROVECHAMIENTO DEL CALOR Y ENERGÍA RESIDUALES Y GESTIÓN EFICIENTE DE LOS PROCESOS
23	FOMENTO DE LA COGENERACIÓN DE ALTA EFICIENCIA
24	DESARROLLO E IMPULSO DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA
25	REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DIFUSAS DE GASES FLUORADOS EN EL SECTOR INDUSTRIAL Y COMERCIAL
26	INCORPORACIÓN DE RENOVABLES EN EL SECTOR INDUSTRIAL EN EL MARCO DEL PLAN INDUSTRIAL
27	EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍA RENOVABLE EN LA GESTIÓN DEL AGUA
28	MEJORA DE LA HUELLA HÍDRICA EN ENTORNOS PRODUCTIVOS, COMERCIALES Y EDIFICIOS PÚBLICOS
29	FOMENTO DEL USO RESPONSABLE DEL AGUA
30	GESTIÓN DE LOS RESIDUOS BASADA EN UN ENFOQUE DE ECONOMÍA CIRCULAR
31	UTILIZACIÓN DE RESIDUOS PARA GENERACIÓN DE GASES RENOVABLES Y BIOCOMBUSTIBLES
32	MEJORA DE LA CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS ANTE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO
33	IMPULSO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES TÉRMICAS
34	INTRODUCIR Y FAVORECER LA IMPLANTACIÓN DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA DE MEDIA-ALTA ENTALPÍA
35	FAVORECER EL DESARROLLO DE LOS COMBUSTIBLES SINTÉTICOS

4.4. Sector 4. Agricultura y medio natural

La Comunidad de Madrid posee un medio natural extenso, diverso y bien conservado, en el que se encuentran elementos característicos y significativos de la naturaleza española. Tal variabilidad es origen, a su vez, de la diversidad de ecosistemas y de las especies de flora y fauna madrileña. Destaca la superficie forestal de su territorio, tanto por la notable extensión que posee como por la presión que soporta debido a las múltiples demandas de bienes y servicios de la población.

Cerca de un 49,13% del territorio de la Comunidad de Madrid, lo que supone unas 394.259 ha, se encuentra respaldado por una o varias de las categorías de protección derivadas de la legislación autonómica, estatal, comunitaria e internacional que consolidan su protección y conservación, a la vez que promueven un desarrollo sostenible. Siguiendo los criterios establecidos en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y la Biodiversidad, respecto a la protección de espacios, y en la Ley 7/1990, de 28 de junio, de Protección de Embalses y Zonas Húmedas de la Comunidad, la región cuenta con diferentes tipos de espacios:





Tabla 11. Tipos de espacios protegidos en la Comunidad de Madrid. (Elaboración propia a partir del Diagnóstico Ambiental 2020).

TIPO DE ESPACIO PROTEGIDO	SUPERFICIE (ha)	% Superficie Comunidad de Madrid
Espacios Naturales Protegidos	120.964	15,1
Espacios protegidos Red Natura 2000	319.574	39,8
Áreas protegidas por instrumentos internacionales	120.885	15,1
Embalses y Humedales Catalogados (incluidos los Planes de Ordenación de Embalses)	20.794	2,6

La cubierta vegetal de los sistemas forestales desarrolla un papel primordial en la protección y evolución de los suelos, regula los ciclos biogeoquímicos, atesora una insustituible riqueza genética, constituye el hábitat y la principal fuente de alimento y refugio para la fauna y tiene la capacidad de actuar como sumideros de carbonos al captar el CO₂ de la atmósfera gracias a la energía del sol, además de su enorme valor paisajístico y recreativo.

Dada la importancia de estos espacios en la Comunidad de Madrid y la función esencial que desempeñan a la hora de abordar los impactos del cambio climático, no solo absorbiendo los gases de efecto invernadero, sino también creando paisajes con una mayor resiliencia, uno de los sectores de la Estrategia de Energía, Clima y Aire orienta sus actuaciones al medio natural.

Con respecto al sector agrario, cabe señalar que la parte del Valor Añadido Bruto (VAB) que procede de este sector es reducida en la región de Madrid en comparación con otros sectores como el de los servicios, si bien es necesario destacar su importancia al poder contribuir a fijar el carbono producido por la actividad humana y, a la vez, mejorar la tierra y la calidad de los cultivos, además de contener la erosión y favorecer la biodiversidad.

Según datos del Censo Agrario de 2020 del Instituto Nacional de Estadística, cuya actualización se lleva a cabo cada 10 años, el número de explotaciones agrícolas en la Comunidad era de 7.741, con respecto al total nacional de 914.819, lo que representa únicamente el 0,8%, observándose una reducción con respecto al censo anterior del año 2009, en el que había un total de 7.981 explotaciones registradas.

Los cereales son los cultivos que ocupan una mayor superficie en la Comunidad de Madrid, principalmente trigo, maíz y cebada, siendo este último el que más representación tiene en la región, con 53.992 has de superficie cultivada según datos del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid correspondientes al año 2019. Los siguientes en importancia son los leñosos, y dentro de estos el olivar, con 26.696 has en 2019, y el viñedo, con 8.197 has, seguidos a continuación por las leguminosas de grano, con 9.281 has de terreno ocupado.

En lo que se refiere a número de cabezas ganaderas, la cabaña avícola es la más importante, sin duda, de la Comunidad de Madrid. Sin embargo, debido al bajo valor relativo que tienen sus producciones, es superada en importancia económica por la cabaña bovina, más en concreto por el vacuno de leche. La cantidad de leche producida alcanza los 81.000 miles de litros en 2020 de los cuales un 74% es de vaca, un 16% de oveja y un 10% es de cabra (según datos del Anuario de Estadística Agraria de 2020 de la Comunidad de Madrid).

En cuanto a las emisiones a la atmósfera, el sector agricultura tan sólo supuso el 1,7% de los gases de efecto invernadero del total de la Comunidad de Madrid, según datos del inventario de emisiones relativo al año 2020. Cabe señalar que, dentro de este sector, el inventario de emisiones contempla distintas categorías tales como la fermentación entérica, la gestión del estiércol, el cultivo del arroz, los suelos agrícolas, las quemadas de residuos agrícolas, las enmiendas calizas, la fertilización con urea y la aplicación de fertilizante con carbono.

A nivel nacional, en el año 2020 este sector es el único sector que ha experimentado un incremento de las emisiones de GEI respecto al año anterior (+2,2 %), debido principalmente a las emisiones debidas a los cultivos, que aumentaron un +3,4 %, principalmente por los incrementos de emisiones de N₂O derivadas de la gestión de suelos agrícolas (+3 %) y de emisiones derivadas de la aplicación de urea (+19,7 %). Las emisiones debidas a las cabañas ganaderas, responsables del 65 % de las emisiones de este sector, incrementaron levemente sus emisiones (+1,6 %) debido fundamentalmente a las procedentes de la gestión de estiércol (+3,8 %), y, en menor medida, de la fermentación entérica (+0,5 %).



Es remarcable la reducción de las emisiones de la categoría ligada a las restricciones de quema de restos de cultivos como medida de prevención de incendios y la incentivación de prácticas conservadoras de suelo. Con la entrada en vigor de los compromisos y normas agroambientales a cumplir por los receptores de ayudas directas (condicionalidad) en el marco de la Política Agrícola Común (PAC), la práctica de quema de residuos agrícolas ha sido reducida notoriamente, aunque aún puede llevarse a cabo por motivos fitosanitarios, medioambientales o de prevención de incendios, y siempre bajo autorización de la autoridad competente autonómica.

Con respecto a la Comunidad de Madrid, se observa que el sector ha disminuido sus emisiones de GEI en 2020 con respecto al año anterior en un 3,4 %, debido principalmente a que disminuyeron las emisiones procedentes de la fermentación entérica (-5,7%), categoría que recoge las emisiones de metano (CH₄) generadas en los procesos de fermentación entérica que ocurren en el sistema digestivo de ciertas especies animales, y de la gestión del estiércol (-7,0%), así como las relativas a la aplicación de fertilizantes con carbono (-12,5%).

Si se analizan los datos del inventario en cuanto a los contaminantes atmosféricos, se observa que las emisiones producidas por el sector de la agrícola y ganadero no resultan significativas para la mayoría de los más problemáticos en la Comunidad de Madrid. Así, en el caso de los NO_x, contribuye con un 2% a las emisiones totales del año 2020, las PM_{2,5} con un 1%, con un 3% para los COVNM y no contribuyen a las emisiones de SO₂. Sin embargo, este sector tiene importancia al constituir la fuente principal de emisiones de NH₃ en la Comunidad, contribuyendo, en 2020, con el 74% de estas.

El balance energético de 2020 evidencia la baja diversificación de fuentes de energía en el sector. El 98% del consumo final corresponde a derivados de petróleo mientras que el resto se abastece de energía eléctrica, lo cual plantea un escenario con un gran margen de mejora para la implementación de tecnologías y combustibles menos contaminantes.

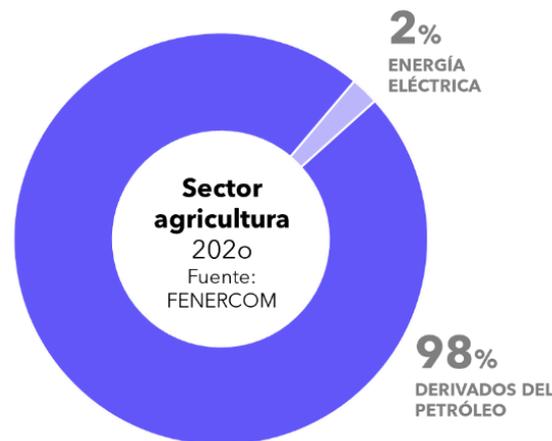


Figura 50. Consumo de energía final en la Comunidad de Madrid en el sector agricultura (FENERCOM, 2022).

Asimismo, el sector precisa de refuerzos para la reducción de las emisiones de NH₃ asociadas. Una mejor gestión de la fertilización nitrogenada de los suelos agrícolas y de los residuos ganaderos es clave para la consecución de los objetivos de reducción de este contaminante marcados por la normativa europea.

Las prioridades políticas de la agricultura y la ganadería se concretan en el logro de un sector agrario sostenible y en el desarrollo del medio rural para proporcionar alimentos seguros y de calidad. Es necesario conseguir una agricultura sostenible desde el punto de vista económico, social y sobre todo ambiental, optimizando recursos y produciendo con menores emisiones.

En cuanto al medio natural, las actuaciones de revegetación, reforestación y mejora de la gestión de los terrenos forestales de la Comunidad de Madrid al objeto de permitir que los bosques cumplan sus funciones ecológicas (incluida la diversidad biológica), económicas y sociales de manera sostenible resultarán clave para conseguir aumentar los sumideros de carbono, dado el potencial que presenta nuestra región con el elevado encuentra respaldado por una o varias de las categorías de protección derivadas de la legislación autonómica.

En este sector, entre las medidas puestas en marcha por la Comunidad de Madrid para la reducción de las emisiones atmosféricas, destacan las siguientes:

Controlar y certificar la producción ecológica

En la Comunidad de Madrid, el organismo que ejerce como Autoridad de Control de la Producción Agraria Ecológica es el Comité de Agricultura Ecológica de la Comunidad de Madrid (CAEM). Se trata de un órgano desconcentrado cuyas tareas



principales son controlar y certificar la producción ecológica garantizando el cumplimiento de la normativa de producción ecológica, además de promover el consumo y la difusión de los productos agroalimentarios ecológicos. A su vez, esta actividad del CAEM es supervisada por la Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior. Entre las funciones que se le confieren al CAEM destaca la de resolver sobre la conformidad o disconformidad con el régimen de control de los operadores de productos agroalimentarios ecológicos, previo informe vinculante del Comité de Calificación, así como formular propuestas en materia de producción agraria ecológica.

A finales de 2020 la superficie total inscrita en agricultura ecológica en la Comunidad de Madrid ha sido de 12.065,76 ha, frente a las 217 ha de 1996, año de creación del CAEM. El total de explotaciones inscritas en 2020 fue de 279. En cuanto a la ganadería ecológica, en 2020, en la Comunidad de Madrid existían 18 explotaciones que albergaban un total de 4.759 cabezas de ganado/caballos y 1.290 colmenas.

También se han llevado a cabo otras actuaciones de financiación de mejora de las explotaciones agrarias y producción agrícola y ganadera bajo estándares ecológicos, tales como las jornadas de formación de agricultores y ganaderos, la publicación de la "Guía de Puntos de Venta de Alimentos Ecológicos de la Comunidad de Madrid" o las campañas de promoción de los productos de Madrid, impulsando el consumo de cercanía y de temporada.

Ayudas a la modernización de explotaciones agrícolas

La Comunidad de Madrid fomenta la renovación de las explotaciones agrícolas mediante la articulación de subvenciones. Solo en 2020, 137 explotaciones fueron financiadas mediante estos esquemas. Las ayudas se dirigen a incentivar inversiones productivas basadas en un plan de mejora, inversiones para la mejora de las condiciones de las explotaciones agrarias e inversiones de mejora de los sistemas de riego en las explotaciones. Mediante Orden 453/2019, de 4 de octubre, se establecieron las bases reguladoras para la tramitación de estas ayudas y por Orden 2903/2021, de 30 de diciembre, se aprobó la convocatoria para la concesión de subvenciones en 2022, con un crédito de 5.400.000 euros, que posteriormente fue ampliado con 1.000.000 de euros más. Así mismo, la Comunidad de Madrid ha puesto en marcha también ayudas para la adopción y mantenimiento de prácticas y métodos de agricultura o ganadería ecológica, según el Programa de Desarrollo Rural de la Comunidad de Madrid para el período 2014-2020. Estas ayudas se convocan con un presupuesto total de carácter plurianual de 900.000 euros, distribuido en tres anualidades (2021/2023) de 300.000 euros cada una, correspondiendo al programa de adopción 150.000 euros y al de mantenimiento 150.000 euros en cada anualidad, y están cofinanciadas por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) en un 75 por 100, por la Administración General del Estado en un 7,5 por 100 y por la Comunidad de Madrid, en un 17,5 por 100 restante.

Labores de difusión y concienciación

En esta línea se fomenta el consumo de proximidad en la Región, con actuaciones como la promoción de la marca de garantía M PRODUCTO CERTIFICADO y los productos agroalimentarios de la Comunidad. Las labores de promoción inciden en distintos ámbitos, tales como ferias y eventos profesionales, campañas en la gran distribución, mercados tradicionales o de cercanía, actividades o jornadas en la restauración y la gastronomía, etc. También se han realizado campañas de promoción de los productos de Madrid, impulsando el consumo de temporada.

Todo esto sin olvidar las publicaciones y actividades de formación en materia ecológica y buenas prácticas para agricultores y ganaderos que se ponen a disposición de los profesionales del sector.

El Proyecto Arco Verde

Arco Verde es el gran proyecto de la Comunidad de Madrid para acercar la naturaleza a los ciudadanos. Se encuentra actualmente en redacción y aspira a conectar los 3 Parques Regionales con otros espacios naturales de interés rodeando el Anillo Ciclista de Madrid. Será el pilar de la futura red de infraestructuras verdes de la Comunidad de Madrid para favorecer, conservar y proteger la biodiversidad regional. El proyecto se enmarca en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, habiendo sido financiado en su totalidad por la Unión Europea, a través de los fondos Next Generation EU.

Arco Verde conectará 25 municipios de la Comunidad de Madrid con los 3 grandes Parques Regionales de la Comunidad (Cuenca Alta del Manzanares, curso medio del río Guadarrama y Sureste) a través de la red de Vías Pecuarias y otros caminos y senderos, para crear un gran Corredor Verde que rodeará Madrid y los municipios de su Área Metropolitana.

Además de los Parques Regionales, Arco Verde incluirá espacios de la Red de Parques Periurbanos, Montes de Utilidad Pública, áreas forestales de alto valor ambiental y espacios naturales de nueva creación.

Arco Verde contribuirá a la mejora de la biodiversidad de la Comunidad de Madrid gracias a la creación, refuerzo y protección de los espacios naturales; así como de actuaciones específicas destinadas a la mejora de los hábitats y la conectividad ecológica.



Algunas de las actuaciones propuestas son:

- Creación de 25 nuevas áreas de biodiversidad asociadas a hábitats mediterráneos y zonas húmedas con más de 306 nuevos espacios naturales.
- Actuaciones en más de 5.000 ha asociadas a 30 espacios forestales y diversos espacios de interés ambiental.
- Plantación de más de 540.000 árboles y arbustos autóctonos.
- Actuaciones específicas para la mejora de especies autóctonas de aves, anfibios, reptiles y polinizadores.
- Manejo de especies exóticas e invasoras.
- Mantenimiento y conservación
- Seguimiento ambiental
- El recorrido será utilizado como recurso interpretativo para la difusión y puesta en valor de los espacios naturales a través de iniciativas de educación ambiental.
- El proyecto Arco Verde constituye una oportunidad para poder contribuir a la mejora ambiental de la Comunidad de Madrid y se estima que las actuaciones propuestas puedan aportar los siguientes beneficios:
- Mejora de la biodiversidad y conectividad de hábitats.
- Fomento de la movilidad sostenible.
- Aumento de zonas naturales.
- Mitigación y adaptación al cambio climático.

4.4.1. Propuesta de áreas de actuación.

Teniendo en cuenta las medidas en marcha, el Plan plantea actuaciones que fomenten una agricultura y ganadería de bajas emisiones y diversificada, la eficiencia energética y el uso de renovables, además de la creación de nuevos espacios verdes y la mejora de la biodiversidad. En la siguiente tabla se reflejan aquellas medidas relacionadas con el OEG de las planteadas en la Estrategia de Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid para este sector (Tabla 12). Las fichas con el detalle de cada Área de actuación figuran en el Anexo 1 de la Estrategia de Energía, Clima y Aire 2023- 2030.

Tabla 12. Medidas del Plan de Calidad del Aire 2021-2030 correspondientes al sector agricultura y medio natural. (Elaboración propia)

ÁREAS DE ACTUACIÓN	
36	MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS EXPLOTACIONES AGRARIAS Y LAS MAQUINARIA AGRÍCOLA
37	FOMENTO DEL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LAS EXPLOTACIONES AGRARIAS
38	REDUCCIÓN DE EMISIONES DE METANO Y AMONIACO EN EL SECTOR GANADERO
39	FOMENTO DE UNA AGRICULTURA Y UNA GANADERÍA SOSTENIBLES QUE CONTRIBUYAN A LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO
40	FOMENTO DE LA AGRICULTURA DEL CARBONO
41	GESTIÓN FORESTAL SOSTENIBLE Y RESILIENTE
42	FOMENTO DEL USO DE BIOMASA FORESTAL SOSTENIBLE DE LA COMUNIDAD DE MADRID
43	MEJORA DE LA BIODIVERSIDAD
44	EVALUACIÓN DETALLADA DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL PATRIMONIO NATURAL, LA BIODIVERSIDAD Y LA RED NATURA 2000
45	ESTUDIOS DE IMPACTO, VULNERABILIDAD Y CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN EN EL SECTOR AGRÍCOLA Y GANADERO





-
- 46 FOMENTO DE LA SILVICULTURA DEL CARBONO
-
- 47 FORTALECER LAS TAREAS DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES
-
- 48 PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES
-
- 49 ELABORACIÓN DE PLANES Y ACCIONES MUNICIPALES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO
-

4.5. Sector transversal

La consecución de los objetivos fijados requiere de acciones multisectoriales como la concienciación y colaboración de todos los agentes implicados, en especial la ciudadanía. Por ello, es imprescindible la inclusión de actividades comunes a todos los sectores de actuación que promueva el cambio social necesario para la penetración de las medidas propuestas. Es de vital importancia para llegar a cumplir con los objetivos marcados por la propuesta de Directiva de calidad del aire que se cambien los hábitos actuales y se consiga que el uso del vehículo particular sea la última opción a considerar a la hora de realizar un desplazamiento.

La Comunidad de Madrid se presenta a lo largo del presente Plan como un elemento facilitador y promotor de medidas y actuaciones que sustenten una economía descarbonizada, que a su vez permita conseguir unos buenos niveles de calidad del aire. No obstante, si bien la Administración no puede ser el único elemento que impulse el cambio en la región, sí debe constituirse como un agente ejemplarizante para los diferentes actores implicados, ya que este es un primer paso, imprescindible en el proceso de concienciación. Además, el Gobierno regional debe acercar y facilitar la implicación de la ciudadanía, eliminando las trabas que lastran la correcta ejecución de las iniciativas, bien sea por el desconocimiento de, por ejemplo, la articulación de esquemas de ayudas públicas, o por las dificultades administrativas para acceder a las mismas.

A diferencia del resto de medidas sectoriales orientadas a la reducción de emisiones y mejora de los niveles de calidad del aire para determinados contaminantes, las transversales no ambicionan el logro de objetivos cuantitativos o cualitativos concretos, siendo que tienen por finalidad contribuir a alcanzar las metas a través de acciones que formen y conciencien a los agentes implicados, tal como se ha indicado.

Asimismo, para lograr el cumplimiento de los objetivos se requerirá la ejecución de actuaciones dirigidas a la financiación y al fomento de la investigación y la innovación, imprescindibles para avanzar en el conocimiento de los fenómenos físico-químicos que se producen en la atmósfera y que guardan relación con los niveles de calidad del aire.

En este sentido, desde el Gobierno regional, y muy especialmente desde los ayuntamientos y otros entes locales, se han venido desarrollando actividades de concienciación en diferentes ámbitos que incluyen la contaminación atmosférica y la calidad del aire. Entre las actuaciones promovidas por la Comunidad de Madrid, cabe mencionar las siguientes.

Difusión e intercambio de información sobre calidad del aire y cambio climático

Desde hace años, la Comunidad de Madrid lleva desarrollando diferentes actuaciones de difusión de conocimiento y concienciación sobre la calidad del aire. Para ello, se han realizado labores de renovación y ampliación de los contenidos web disponibles para la población. Estas mejoras incluyen, entre otros, un servicio de alertas SMS por superaciones de umbrales de información y alerta para el O₃, NO₂ y SO₂, el diseño del Índice de Calidad del Aire (ICA) para su publicación en la página web, la publicación de los datos recogidos por la Red de Calidad del Aire de manera abierta o el diseño de una aplicación para smartphone que facilite información basada en el ICA.

Además, también se prepara de manera periódica material informativo para la realización de charlas en colegios y universidades sobre calidad del aire y sobre la adquisición de hábitos más sostenibles, como es el uso del transporte público y los desplazamientos en bicicleta o a pie. Asimismo, se proporciona apoyo a solicitudes de información ambiental de manera escrita, telefónica y presencial. De esta manera, se pretende fomentar la participación de la ciudadanía en la lucha contra la contaminación atmosférica y mejora de la calidad del aire.

Finalmente cabe mencionar que la Comunidad también pone a disposición de la población cursos y programas de educación y sensibilización ambiental en centros de educación ambiental.



I+D+i para la mejora del conocimiento sobre la contaminación atmosférica y sus efectos

Desde la Comunidad de Madrid se apoya y fomenta el desarrollo de la I+D+i como motor de mejora del conocimiento sobre la contaminación atmosférica. Bajo este paraguas, se engloban actuaciones como el convenio firmado entre la Agencia Estatal de Meteorología y la Comunidad de Madrid para la realización del proyecto de investigación «Sistema de predicción de la calidad del aire a nivel regional» (SISPAIR). El proyecto consiste en el desarrollo de sistemas de predicción de las concentraciones de contaminantes atmosféricos, tales como óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, monóxido de carbono y partículas, en el ámbito geográfico de la región de Madrid para mejorar la información meteorológica y la predicción de la concentración de estas especies químicas a nivel regional.

También participa en diversos estudios de investigación, como es el caso del proyecto AIRTEC-CM, cuyo objetivo fundamental es entender las interacciones e interdependencias existentes entre los agentes bióticos, abióticos y factores meteorológicos en un contexto de clima cambiante para poder avanzar en el conocimiento de la exposición de las personas a la contaminación atmosférica en las ciudades. AIRTEC-CM incluye los programas científicos AIRBIOTA-CM (conocer y modelizar la contaminación biológica del aire urbano) y TECNAIRE-CM (técnicas innovadoras para la evaluación y mejora de la calidad del aire urbano), que han producido contribuciones científicas relevantes.

Otras actividades relevantes son el proyecto LIFE MINOX-STREET, que ha investigado la capacidad real que tienen algunos materiales fotocatalíticos para reducir las concentraciones de óxidos de nitrógeno (NO_x) en la atmósfera y mejorar así la calidad del aire urbano; o el proyecto LIFE GYSTRAS que ha desarrollado un nuevo dispositivo basado en tecnología de medición remota, el RSD+, capaz de medir las emisiones reales de tráfico de NO, HC, CO, PM y NO₂ acorde a los estándares de las UE, con alta precisión y a gran escala.

Resulta por tanto lógico concluir que ya se están desarrollando actuaciones encaminadas a la concienciación de los diferentes estratos de la sociedad. Teniendo en cuenta estas actuaciones y la identificación de otras necesidades específicas, sirva de ejemplo el caso de la próxima entrada en vigor del nuevo régimen independiente de comercio de derechos de emisión de los combustibles utilizados en el transporte por carretera y en los edificios a partir de 2026, que requerirá del apoyo del Gobierno regional, se plantean las siguientes medidas:

4.5.1. Propuesta de áreas de actuación.

Teniendo en cuenta las medidas en marcha, el Plan plantea actuaciones que fomenten la importancia de avanzar hacia la consecución de unos valores óptimos de calidad del aire y una mejora del conocimiento en esta materia mediante el fomento de la investigación y la difusión de la información a todos los sectores de la población, tal y como se recoge en la siguiente tabla (Tabla 13). Cabe señalar que estas actuaciones se desarrollan en el marco del objetivo estratégico OE7 orientado a favorecer el cambio cultural para la transición hacia una sociedad descarbonizada, impulsando el desarrollo y la investigación. Si bien no tienen una contribución directa a la reducción de emisiones atmosféricas, su puesta en marcha conlleva una mayor concienciación ciudadana en materia de calidad del aire lo que consecuentemente contribuirá a alcanzar el objetivo estratégico OE5. Las fichas con el detalle de cada Área de actuación figuran en el Anexo 1 de la Estrategia de Energía, Clima y Aire 2023- 2030.

Tabla 13. Medidas transversales del Plan de Calidad del Aire 2021-2030. (Elaboración propia)

MEDIDAS	
50	FORMACIÓN EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO, CALIDAD DEL AIRE Y ENERGÍA
51	IMPULSO DE I+D+i
52	ACCESO A LA INFORMACIÓN SOBRE ENERGÍA, CALIDAD DEL AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO PARA CIUDADANOS Y EMPRESAS
53	CONCIENCIACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN DE LA SOCIEDAD EN RELACIÓN CON LA DESCARBONIZACIÓN
54	MANTENER Y MEJORAR LAS REDES DE INFORMACIÓN RELACIONADAS CON LA CALIDAD DEL AIRE Y EL CAMBIO CLIMÁTICO
55	INCORPORACIÓN DE LA COMPONENTE CLIMÁTICA EN LAS POLÍTICAS REGIONALES





56 CONTRATACIÓN PÚBLICA VERDE BASADA EN EL FOMENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA DESCARBONIZACIÓN

57 REVISIÓN Y SIMPLIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS

58 LIDERAZGO DE LA ADMINISTRACIÓN REGIONAL EN EL FOMENTO Y APOYO A LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y CLIMÁTICA





5. METODOLOGÍA

El desarrollo de las políticas encaminadas a la mejora de la calidad del aire se enmarca en la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, que dispone 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.

En su capítulo V, la citada Ley 34/2007 contempla diferentes instrumentos encaminados a fomentar e incentivar la investigación, el desarrollo y la innovación para prevenir y reducir la contaminación atmosférica y sus efectos en las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza. Para alcanzar estos fines, se recoge la posibilidad de suscribir convenios voluntarios, con el fin último de contribuir a la protección de la atmósfera desde todos los ámbitos sociales.

Por todo ello, la Comunidad de Madrid ha establecido un convenio de colaboración con el Grupo de Investigación Tecnologías Industriales y Recursos Ambientales, adscrito a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), para realizar los trabajos de "Modelización de la calidad del aire en la Comunidad de Madrid". Por su parte, este proyecto permitirá a la UPM realizar trabajos de investigación y desarrollo encaminados al desarrollo de técnicas de modelización de la calidad del aire.

El convenio de referencia fue firmado por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y la entonces Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Sostenibilidad (actual Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior) el 30 de diciembre de 2020 y, posteriormente, fue publicado en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid (BOCM) el 25 de enero de 2021.

Entre los trabajos a realizar en el marco de este convenio se encuentran el "**Análisis de contribución de fuentes**", que se describe en el apartado 2.5.3. de este documento y que tiene por objeto el atribuir a los diferentes sectores (industria, transporte, residencial, etc.) su contribución a las concentraciones en el aire ambiente de los principales contaminantes en la Comunidad de Madrid. Esta información es esencial para entender el margen de mejora asociado a cada uno de los sectores y orientar las medidas de reducción de emisiones de esta Estrategia de forma óptima. Los contaminantes analizados en este estudio son el óxido de nitrógeno (NO₂), las partículas (PM₁₀ y PM_{2,5}) y el ozono (O₃), que son los compuestos más relevantes de cara al cumplimiento de la legislación vigente según el RD 102/2011 y debido a sus impactos negativos en la salud y los ecosistemas.

Así mismo, tal y como se explica en el apartado 3.1. de este documento, se ha realizado un estudio para poder definir el "**Nivel de ambición**" que debe tener la Estrategia de Energía, Clima y Aire, teniendo en cuenta la valoración del impacto en calidad del aire de medidas de reducción de emisiones simuladas en el pasado (en el contexto del Plan Azul+) y el análisis de contribución de fuentes realizado dentro del Convenio. Se trata de ofrecer una estimación aproximada de la magnitud de las reducciones de emisiones que es necesaria para dar cumplimiento a la legislación en materia de calidad del aire. Asimismo, y dado que la Estrategia pretende ser también un instrumento para la descarbonización de la economía madrileña, el estudio concluye sobre el nivel de ambición necesario para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Una vez realizados ambos estudios y definidas las áreas de actuación hacia las que se van a dirigir los esfuerzos durante los próximos años con el fin de alcanzar los objetivos establecidos, se ha realizado una "**Evaluación del efecto de las medidas de la Estrategia de Energía Clima y Aire 2023- 2030**" a fin de analizar la repercusión que dichas actuaciones pueden tener en la reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos, así como en los gases de efecto invernadero.

Cabe señalar que las interrelaciones entre calidad del aire y cambio climático hacen necesaria una aproximación conjunta a ambos problemas. Sin embargo, la diferencia en las escalas espacio-temporales relevantes, los procesos y sustancias de interés y aspectos relacionados con la regulación y gobernanza de ambos ámbitos, dificultan en gran medida el planteamiento de objetivos de reducción consistentes.

La necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la existencia de compromisos a nivel internacional ha facilitado que las distintas administraciones definan objetivos a medio plazo como el Plan Nacional





Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC). De esta forma, la Estrategia de Energía, Clima y Aire, consistentemente con la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, plantea reducir en el año 2030 las emisiones de gases de efecto invernadero en, al menos, un 23 % respecto del año 1990, lo que implica disminuir las emisiones directas actuales (en base al Inventario de emisiones del año 2020, serie 1990-2018) en casi un 50%, es decir, una disminución de más de 10.000 kt de CO₂ equivalente

En cuanto a los contaminantes atmosféricos, establecer reducciones de emisiones basadas en la consecución de determinados niveles de calidad del aire resulta muy completo, ya que los niveles de concentración dependen de numerosos procesos físico-químicos, habitualmente no lineales y que además están condicionados entre otros factores por las emisiones a nivel nacional o internacional. Por este motivo, no es posible garantizar que un plan de reducción de emisiones a nivel regional o local cumpla una determinada normativa, como el Real Decreto 102/2011 de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, actualmente en vigor, o la futura Directiva de calidad del aire que establecerá los valores límite a cumplir a partir de 2030.

Por otra parte, es necesario señalar que mientras las emisiones de la Comunidad de Madrid para los principales compuestos relevantes para la calidad del aire, tales como NO_x o PM_{2,5} se han reducido sustancialmente en la última década, las emisiones de CO₂-equivalente actuales son muy superiores a las del año 1990, utilizado como referencia para GEI. Esto sugiere que las reducciones en este ámbito han de ser mucho más exigentes.

Por todo lo anteriormente expuesto, en la Estrategia de Energía, Clima y Aire se plantea un escenario de emisiones basado en una reducción de GEI, compatible con los objetivos nacionales y consistente con la Hoja de Ruta hacia la neutralidad climática del Ayuntamiento de Madrid. Esto implicará acometer una serie de actuaciones de enorme calado sobre los sectores del tráfico y residencial, comercial e institucional (RCI), con reducciones de emisiones superiores al 60% (respecto a 2018) en ambos casos. Según se indica en el estudio del nivel de ambición antes citado, las reducciones aparejadas para otros contaminantes gracias a la implementación de estas medidas, tendrían un efecto notable en la calidad del aire global.

De esta forma, la siguiente tarea a realizar en el marco del convenio de investigación con la UPM consiste en una simulación centrada en estudiar el efecto que tendría este escenario de emisiones en el año 2030, manteniendo constante las condiciones de contorno; es decir, sin considerar el posible efecto de medidas y estrategias a nivel nacional o internacional, fuera del ámbito competencial de la Comunidad de Madrid y que carecen del detalle suficiente para su integración en este ejercicio.

Dado el diseño del experimento, los resultados de la simulación permitirán evaluar el grado de compatibilidad de las políticas climáticas en curso con la revisión de los valores límite de concentración de contaminantes atmosféricos en el aire ambiente actualmente en discusión. Esto generará información relevante para valorar la proporcionalidad entre objetivos climáticos y de calidad del aire específicamente para la región de Madrid y facilitará la identificación de estrategias efectivas en ambos ámbitos con el objeto de asegurar la contribución de la Comunidad a la consecución de los objetivos globales asociados al cambio climático y minimizar la exposición de sus ciudadanos a la contaminación atmosférica.

5.1. Cuantificación de las reducciones de emisión GEI, contaminantes atmosféricos y consumo de combustibles en el escenario 2030.

En este apartado se resumen las reducciones de emisiones, que se describen en la Estrategia de Energía, Clima y Aire en la que se enmarca el presente Plan, cuantificadas bajo un escenario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) compatible con los objetivos nacionales y consistente con la Hoja de ruta para la descarbonización planteada por el Ayuntamiento de Madrid con escenario temporal 2030.

La reducción de emisiones ha sido realizada tomando como base las áreas de actuación descritas en el apartado 5 de la Estrategia. Según se sintetiza en la siguiente tabla, el escenario planteado considera reducciones sustanciales en las emisiones en los sectores del tráfico rodado y residencial, comercial e institucional (RCI), que son los mayores contribuyentes a las emisiones atmosféricas en la Comunidad de Madrid, tanto en relación a gases de efecto invernadero como compuestos relevantes para la calidad del aire. En conjunto, las emisiones de GEI en 2030 serían aproximadamente la mitad que las de 2018, lo que sería compatible con una repercusión proporcional de los objetivos a nivel nacional y también consistente con la planificación climática del Ayuntamiento de Madrid. La reducción de emisiones de NO_x tendría un orden de magnitud similar mientras que el impacto para el resto de contaminantes sería en general inferior al 20%.



Tabla 14. Resumen de emisiones bajo el escenario planteado (Evaluación del efecto de las medidas de la Estrategia de energía, clima y aire de la comunidad de Madrid 2023- 2030, UPM).

Sector	Reducción de emisiones anuales y total estimado para 2030 (t, excepto GEI en kt de CO ₂ -equivalente)							
	SO ₂	NO _x	COVNM	CO	NH ₃	PM _{2,5}	PM ₁₀	GEI
Transporte Rodado	27	16.171	626	7.481	247	478	558	5.975
RCI	679	4.918	1.494	2.569	-	303	304	4.139
Otros	2	239	95	111	821	35	35	824
Total	709	21.327	2.215	10.161	1.068	816	897	709
Emisiones en 2030	6.185	20.117	48.246	42.124	3.972	4.014	5.871	10.922
<i>Variación (en % respecto a 2018)</i>	<i>-10,3</i>	<i>-54,5</i>	<i>-4,4</i>	<i>-19,4</i>	<i>-21,2</i>	<i>-16,9</i>	<i>-13,3</i>	<i>-50,0</i>

La fila total difiere en algunos casos de la suma de las cifras indicadas para cada sector porque no se muestran decimales

5.2. Modelización del resultado de las Áreas de actuación de la nueva estrategia.

En el documento resumen de la "Evaluación del efecto de las medidas de la Estrategia de Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid 2023- 2030" se describen los trabajos de modelización realizados en el marco de las tareas del Convenio con la UPM. El trabajo en este punto proporciona una traslación del efecto de las áreas de actuación cuantificadas, según se ha mostrado en el apartado anterior, en términos de emisión, en los niveles de calidad del aire para los principales compuestos de interés (NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} y O₃), a través de los parámetros relevantes regulados según el RD 102/2011, relativo a la mejora de la calidad del aire. Las actividades necesarias para la consecución de este objetivo se resumen a continuación.

5.2.1. Elaboración de un escenario futuro de emisiones

En este punto es necesario proceder a la desagregación espacial de las emisiones de todos los sectores afectados por la Estrategia. Para ello, se utilizan distintas fuentes de información. Por ejemplo, para el sector transporte se consideran las emisiones por categoría de vehículo y combustible empleado en los ámbitos urbano, interurbano y rural. Los datos de desagregación espacial de tráfico utilizados para fuera de la Comunidad de Madrid proceden del Mapa de Tráfico de la DGC, mientras que los datos al interior de la Comunidad de Madrid proceden de la ejecución de modelo de tráfico del Ayuntamiento de Madrid. En el caso del sector RCI, se han desagregan las emisiones según el tipo de combustible empleado.

5.2.2. Simulación de la calidad del aire en 2030

Se trata de una de las tareas fundamentales del Convenio, ya que permite evaluar el efecto que tendrá la Estrategia en la calidad del aire. Esta evaluación está basada en la aplicación de un sistema de modelización de última generación compuesto principalmente por tres modelos, un modelo meteorológico (WRF), un modelo de emisiones (SMOKE) y un modelo de transporte químico (CMAQ). La metodología consiste en mantener la configuración del sistema de modelización llevadas a cabo en el análisis de contribución de fuentes, con la única diferencia de que los datos de entrada (emisiones y meteorología) corresponden a los nuevos escenarios previamente definidos, con el fin de asegurar que las únicas diferencias en los resultados obtenidos sean por las variantes en los datos de entrada.

Esta etapa incluye el pre y post-procesado de las principales variables de entrada (meteorología y emisiones) y salida (datos de concentración) que terminará con el cálculo de los principales indicadores de interés para todo el dominio con una resolución de 1 km². Adicionalmente, se simulará el efecto de este escenario considerando el cambio climático.



5.2.3. Análisis de los resultados

En esta fase se comparan los resultados de la simulación anual del año base con los obtenidos para 2030. El análisis de la diferencia de concentración para los parámetros de interés (medias y percentiles definidos en el RD 102/2011 para los compuestos de referencia) sirve para estimar el impacto de la Estrategia en términos de calidad del aire. Los resultados obtenidos se detallan en el documento que se adjunta como Anexo 5 de la Estrategia. Es importante señalar que las variaciones de concentración predichas se asocian al efecto de la Estrategia, que se aplica solamente en la Comunidad de Madrid, de tal manera que para tener una estimación más realista de los cumplimientos de los valores límite sería necesario considerar reducciones en otros ámbitos geográficos.

En lo que respecta al NO_2 , los resultados más relevantes muestran una reducción de la concentración media anual del 40% como promedio en la Comunidad de Madrid y reducciones máximas de hasta el 58%. En el caso de los valores altos (percentil horario 99,8) la reducción promedio en la Comunidad de Madrid es del 55% con máximos de 73%. Esto tiene implicaciones importantes para las zonas y estaciones donde pueden producirse superaciones de los valores límite anuales y horarios y más aun teniendo en cuenta los valores límite más restrictivos de la propuesta de futura directiva de calidad del aire, así como de los valores guía propuestos por la OMS. En lo que respecta al NO_2 , los resultados más relevantes muestran una reducción de la concentración media anual del 40% como promedio en la Comunidad de Madrid y reducciones máximas de hasta el 58%. En el caso de los valores altos (percentil horario 99,8) la reducción promedio en la Comunidad de Madrid es del 55% con máximos de 73%. Esto tiene implicaciones importantes para las zonas y estaciones donde pueden producirse superaciones de los valores límite anuales y horarios y más aun teniendo en cuenta los valores límite más restrictivos de la propuesta de futura directiva de calidad del aire, así como de los valores guía propuestos por la OMS.

En el caso del material particulado, la reducción de los niveles de concentración de PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$ como consecuencia de la aplicación de las medidas también es evidente. En el caso de fracción PM_{10} , la reducción promedio de los niveles de concentración es del 4% para el conjunto de la Comunidad de Madrid. No obstante, se producen mayores reducciones, entorno a un 13%, en aquellas zonas donde los niveles de concentración son más altos, lo que supone disminuciones en la concentración de hasta $2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como media anual. En lo que respecta al percentil 90,4 de concentración de PM_{10} , la reducción promedio en la Comunidad de Madrid es del 5,6%, con máximos del 15%. En cuanto a la fracción $\text{PM}_{2,5}$, la mejora es ligeramente mayor que en el caso de la fracción PM_{10} , alcanzándose una reducción media para el conjunto de la Comunidad de Madrid de un 6,1% y reducciones máximas del 18%, lo que supone hasta $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como media anual en algunos puntos de la región. Estas reducciones permiten que se registren en las zonas con concentración más elevadas (centro ciudad y principales vías de comunicación) valores muy próximos a los valores límite propuestos por la propuesta de nueva directiva, que fija el valor límite en $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Si este mismo análisis se realiza considerando los valores recomendados por la OMS ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), las concentraciones predichas por el modelo lo excederían hasta en $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para algunas localizaciones, alejando a la región de su cumplimiento.

En cuanto a la superación del número de días con medias octohorarias mayores de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el O_3 , la variación entre simulaciones es poco significativa. El impacto de la Estrategia se traduce en una reducción como promedio en la Comunidad de Madrid del 1,5% y reducciones máximas del 4,6%. Estas reducciones se producen principalmente en lugares donde los niveles de concentración de O_3 son altos (periferia de ciudad y zonas rurales). Cabe señalar que el estudio de contribución de fuentes realizado en el marco de este convenio concluye que la mayor contribución se debe a las condiciones de contorno, entorno al 59%, lo que quiere decir que las concentraciones de O_3 se deben en gran parte al transporte de este contaminante desde áreas fuera del dominio de simulación, lo que supone una limitación importante para el planteamiento de medidas locales eficaces para reducir los niveles de este compuesto. Por el contrario, se podrían producir ligeros aumentos de concentración en el centro de la ciudad de Madrid; no obstante, a pesar de este ligero aumento, es descartable a priori cualquier tipo de superación en estas zonas.

Teniendo en cuenta las reducciones previstas para los indicadores analizados, se puede concluir que la implementación efectiva de la Estrategia y el presente Plan es compatible con el cumplimiento de los valores de calidad del aire en todas las zonas gestionadas por la Comunidad de Madrid y permitiría aproximarse a los valores límite de la actual propuesta de futura Directiva europea de calidad del aire a 2030. No obstante, es importante señalar que para tener una estimación más realista de los cumplimientos sería necesario considerar reducciones en otros ámbitos geográficos.

En el caso del ozono y dadas sus particularidades, el análisis de posibles medidas debe basarse en estudios específicos del efecto de reducciones de emisiones concretas bajo las condiciones meteorológicas que típicamente se asocian a los picos de concentración de este compuesto. En este sentido, se están realizando trabajos en el marco del citado Convenio, tal como se describe en el apartado 7 de este Plan, que culminarán con la redacción de un "Plan de mejora de la calidad del aire por ozono".





6. PLANES DE ACCIÓN A CORTO PLAZO DURANTE EPISODIOS DE ALTA CONTAMINACIÓN

La Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera establece que las Comunidades Autónomas, además de adoptar planes y programas de mejora de la calidad del aire, deben adoptar planes de acción a corto plazo, con medidas inmediatas y a corto plazo, para las zonas y supuestos en que exista riesgo de superación de los objetivos de calidad del aire y los umbrales de alerta.

Por su parte, el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, establece que cuando en una zona o aglomeración determinada exista el riesgo de superación de los umbrales de alerta, las Comunidades Autónomas y, en su caso, las Entidades Locales, deben elaborar planes de acción que indicarán las medidas que deben adoptarse a corto plazo para reducir el riesgo de superación o la duración de la misma.

Por ello, y aunque en la Comunidad de Madrid nunca se ha superado el umbral de alerta establecido ($400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 durante tres horas consecutivas), se consideró necesario la adopción de un plan de acción, a fin de establecer el marco de actuación que permitiera evitar los episodios de contaminación por dióxido de nitrógeno y, en caso de producirse, quedarán minimizados sus efectos en cuanto a su duración, intensidad e impacto sobre la salud de las personas y el medio ambiente.

De esta forma, en el año 2017, mediante Decreto 140/2017, de 21 de noviembre, del Consejo de Gobierno, se aprobó el Protocolo Marco de Actuación durante episodios de alta contaminación por Dióxido de Nitrógeno (NO_2).

El Protocolo constituye un instrumento de planificación autonómica en la materia, definiendo los niveles de actuación, los escenarios posibles, la descripción de las potenciales medidas a adoptar y la Administración que en cada caso sea la más indicada para la ejecución de las mismas (Comunidad de Madrid, Consejería de Medio Ambiente, 2017).

Este protocolo recoge las pautas a seguir ante este tipo de situaciones, a través de una serie de medidas y recomendaciones dirigidas a los ayuntamientos. En él se establecen 3 niveles de actuación:

- Nivel de información y preaviso: Cuando en 2 estaciones de una misma zona se registren más de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 durante 2 horas consecutivas.
- Nivel de aviso: Cuando en 2 estaciones de una misma zona se registren más de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 durante 2 horas consecutivas.
- Nivel de alerta: Cuando se superen los $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 durante 3 horas consecutivas en 3 estaciones de la Zona 1 (Madrid ciudad); o en 2 estaciones de la subzona 4 de Madrid; o en una estación de las Zonas 2 a 7 (el resto de la Comunidad, excepto la capital).

Estos niveles de actuación activarán a su vez cuatro escenarios:

- Escenario 1: se activará cuando lleve un día el nivel de información y preaviso, con previsión meteorológica desfavorable.
- Escenario 2: se activará cuando se sobrepase durante dos días consecutivos el nivel de información y preaviso o un día con superación del nivel de aviso, con previsión meteorológica desfavorable.
- Escenario 3: se activará cuando se supere durante dos días consecutivos el nivel de aviso, con previsión meteorológica desfavorable.
- Escenario 4: se activará cuando se cumpla un día completo con el nivel de alerta.

Cabe señalar que una previsión meteorológica desfavorable, en lo que a contaminación atmosférica se refiere, es aquella en la que no se produce una correcta ventilación del aire debido a una situación de estabilidad atmosférica.

Cada uno de estos escenarios lleva asociado la adopción de una serie de medidas, que se van poniendo en marcha de manera progresiva, en función del tipo de escenario que se haya declarado, a fin de reducir tanto los niveles de contaminación como su duración. Desde la aprobación del Protocolo en 2017, no ha sido necesario activar ninguno de estos



cuatro escenarios en las zonas competencia de la Comunidad de Madrid, que comprende todo el territorio de la región excepto el municipio de Madrid.

Con el fin de informar de la declaración de los distintos escenarios y de la activación de las medidas asociadas, la Comunidad de Madrid ha desarrollado una serie de aplicaciones para facilitar el proceso. Estas aplicaciones son:

- Hojas Excel con las superaciones horarias de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 en cualquiera de las 48 estaciones que hay en la Comunidad de Madrid (24 de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid y 24 de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid). Esta información se remite mediante correos electrónicos a los Ayuntamientos.
- Aplicación web de Gestión de Protocolos, mediante la cual los municipios pueden gestionar sus respectivos protocolos locales de actuación por alta contaminación de NO_2 , declarando los escenarios y las medidas asociadas, según lo establecido en su protocolo.
- App de Calidad del Aire, mediante la cual los ciudadanos reciben las notificaciones que hayan gestionado los municipios. Adicionalmente, esta app permite consultar la información más relevante sobre la calidad del aire de la Comunidad de Madrid a través del visor del Índice de Calidad del Aire, información de los datos en tiempo real, recomendaciones sobre salud relacionada con la calidad del aire, etc.

Por su parte, el Protocolo Marco de Actuación establece que todos aquellos municipios con población superior a 75.000 habitantes están obligados a elaborar y aprobar sus propios protocolos de actuación, circunscritos a su término municipal. Los municipios podrán establecer las concentraciones de NO_2 que permiten definir los niveles de actuación, pero en ningún caso estas concentraciones pueden ser superiores a las establecidas por la Comunidad de Madrid en este Protocolo. A la fecha de redacción del presente documento, de los 15 municipios de más de 75.000 habitantes existentes en la región todos han aprobado sus protocolos, a excepción de Valdemoro que se encuentran ultimando los trámites para su aprobación.

La Comunidad de Madrid ha emprendido un proceso de modificación del Decreto 140/2017 que aprueba el protocolo marco de actuación a fin de ampliar la obligatoriedad de aprobar protocolos locales para aquellos municipios de más de 50.000 habitantes. La necesidad de esta modificación ha surgido tras considerar las características demográficas de los grandes municipios de la Comunidad de Madrid y analizar el riesgo de superación de los niveles de contaminación en las mismas, además de considerar la necesidad para estos municipios de más de 50.000 habitantes de adoptar antes de 2023 planes de movilidad urbana sostenible, que contemplen, entre otros aspectos, el establecimiento de zonas de bajas emisiones, de acuerdo a lo establecido en la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética. Para la elaboración de los nuevos protocolos de actuación local, estos ayuntamientos contarán con el asesoramiento técnico de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior.

Por último, cabe señalar que la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente aprobó en julio de 2021 el Plan Marco de Acción a corto plazo en caso de episodios de alta contaminación por partículas aéreas inferiores a 10 micras (PM_{10}), partículas inferiores a 2,5 micras ($\text{PM}_{2,5}$), dióxido de nitrógeno (NO_2), ozono (O_3) y dióxido de azufre (SO_2) (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico - MITERD, 2021). Este nuevo marco de acción nacional establece valores y actuaciones homogéneas para todas las administraciones, de tal manera que las respuestas que se puedan poner en marcha ante situaciones de alerta por contaminación sean similares para cada uno de los niveles de actuación, independientemente del ámbito geográfico.

El Plan Marco de Acción define tres umbrales de contaminación: umbral de activación, umbral de información y umbral de alerta.



Tabla 15. Umbrales de contaminación establecidos en el Plan Marco de Acción a corto plazo en caso de episodios de alta contaminación por PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, O₃ y SO₂. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico - MITERD, 2021)

Contaminante	Umbral de activación	Umbral de información	Umbral de alerta
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Cuando en dos estaciones de una misma zona se superan los 180 µg/m ³ de NO ₂ durante dos horas consecutivas	200 µg/m ³ (media horaria)	400 µg/m ³ (media horaria durante 3 horas consecutivas)
Dióxido de azufre (SO ₂)	200 µg/m ³ (media horaria)	350 µg/m ³ (media horaria)	500 µg/m ³ (media horaria durante 3 horas consecutivas)
Partículas (PM _{2,5})	25 µg/m ³ (valor medio diario)	35 µg/m ³ (media diaria)	50 µg/m ³ (media diaria)
Partículas (PM ₁₀)	40 µg/m ³ (valor medio diario)	50 µg/m ³ (media horaria)	80 µg/m ³ (media diaria)
Ozono (O ₃)	Máxima de las medias octohorarias de un día superen 120 µg/m ³	180 µg/m ³ (media horaria)	240 µg/m ³ (media horaria durante 3 horas consecutivas)

Además, este plan marco de acción introduce una componente predictiva y permite a los órganos competentes de las comunidades autónomas y ayuntamientos utilizar para prever situaciones de alta contaminación por O₃, NO₂, SO₂, PM₁₀ y/o PM_{2,5} la información de los modelos que hayan desarrollado en su territorio o, en su defecto, emplear las predicciones de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) u otros modelos que puedan también suministrar un pronóstico de la calidad del aire para los contaminantes objeto del Plan. Además, para los episodios de partículas podrán tenerse en cuenta las predicciones de intrusiones de partículas de origen africano facilitadas por el Ministerio.

En este sentido, conviene mencionar en este punto el Convenio entre la Agencia Estatal de Meteorología y la Comunidad de Madrid para la realización del proyecto de investigación «Sistema de predicción de la calidad del aire a nivel regional» (SISPAIR), publicado mediante Resolución de 16 de diciembre de 2019, de la Agencia Estatal de Meteorología, ya mencionado en el apartado 4.5. de este documento. El proyecto tiene una vigencia de 3 años y consiste en el desarrollo de sistemas de predicción de las concentraciones de contaminantes atmosféricos, tales como óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, monóxido de carbono y partículas, en el ámbito geográfico de la región de Madrid. El objeto fundamental del convenio es mejorar la información meteorológica y la predicción de la concentración de estas especies químicas a nivel regional. La puesta en marcha del convenio implica la gestión, coordinación, optimización y prestación compartida de servicios meteorológicos, climatológicos y medioambientales:

- Estudios climatológicos.
- Predicciones meteorológicas y de calidad del aire.
- Datos climáticos regionalizados a nivel de la Comunidad de Madrid.
- Fenómenos climáticos extremos.

Estos sistemas de predicción serán clave en el nuevo Protocolo Marco de Actuación que la Comunidad de Madrid está actualmente elaborando para adaptarse a lo establecido en el citado Plan de acción nacional e incluir a los contaminantes O₃, NO₂, SO₂, PM₁₀ y/o PM_{2,5}.

Actualmente, la Comunidad de Madrid dispone de protocolos de información que se activan de forma automática e inmediata al registro en la estación de superaciones de los umbrales de NO₂, SO₂ y O₃ en cualquiera de las estaciones que integran la Red de Calidad del Aire regional. Mediante dichos protocolos, se avisa y se informa con periodicidad horaria de las superaciones de los umbrales regulados a los municipios afectados (todos los incluidos en la zona donde se ha registrado la superación), al personal sanitario y a los responsables de la Comunidad de Madrid en materia de calidad del aire. De forma paralela, se procede a enviar una notificación a los ciudadanos a través de la App de Calidad del Aire con información sobre la superación de dichos umbrales (<http://www.madrid.org>).





7. PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD DEL AIRE POR OZONO

Tal como se ha indicado en el apartado 2.1.3. de este documento, el ozono es un gas incoloro que puede resultar beneficioso o nocivo para la salud, dependiendo de si se encuentra en las capas más altas de la atmósfera o a nivel del suelo. Por ello se habla de:

- **Ozono bueno (ozono estratosférico):** se localiza en la estratosfera, a una distancia de la superficie terrestre de entre 12 a 50 km, formando una capa que nos protege de los dañinos rayos ultravioleta del sol. Este es el ozono al que se hace referencia cuando se habla del "agujero de la capa de ozono".
- **Ozono malo (ozono troposférico):** se localiza en la troposfera, es decir, la parte de la atmósfera donde se desarrolla la vida humana. Este ozono se forma como resultado de reacciones químicas, en presencia de la luz solar, a partir de los contaminantes emitidos por automóviles, centrales térmicas, refinerías, procesos industriales diversos etc. Cuanto mayor sea la luz solar y la temperatura, mayor será la cantidad de ozono que se forme; por ello, las mayores concentraciones de este gas se dan en verano.

El ozono es un potente oxidante, por lo que su presencia en la troposfera produce efectos negativos sobre la salud humana, la vegetación y los materiales. En el marco de los estudios realizados por la Organización Mundial de la salud se han realizado estudios epidemiológicos que demuestran un impacto sobre la morbilidad y la mortalidad humanas con afectaciones en los aparatos respiratorio y cardiovascular, provocando afecciones tanto durante exposiciones episódicas, es decir a altas concentraciones durante cortos periodos de tiempo, como crónicas, a concentraciones moderadamente altas durante periodos de tiempo más prolongados.

7.1. Formación del ozono troposférico

El ozono troposférico (O_3) se caracteriza por un complejo mecanismo de formación basado en la fotooxidación de contaminantes, principalmente compuestos orgánicos volátiles (COVs), incluido el metano, en presencia de NO_x . Las emisiones de estos gases se producen a partir de fuentes antropogénicas y, en el caso de los COVs, también biogénicas (emitidos por la vegetación). Este esquema sigue un patrón no lineal, en el que los NO_x están implicados en la formación de O_3 pero también en su eliminación a través de la reacción del O_3 con NO para formar NO_2 y O_2 .

Este contaminante secundario, tanto en la Comunidad de Madrid como en otras grandes áreas de España y Europa, presenta en primavera y verano concentraciones que superan los valores objetivo fijados por la normativa, como se ha descrito en el apartado 2 del presente documento. Esta situación es el resultado de diferentes factores atmosféricos, que están fuertemente vinculados a las condiciones meteorológicas y se ven favorecidos por los episodios de calor y altas presiones. La principal complejidad de este sistema radica en el hecho de que los diferentes factores que determinan la formación de O_3 están relacionados y contribuyen al incremento de las concentraciones de este contaminante en diferentes proporciones, pudiendo variar a lo largo del tiempo y del espacio en el área de estudio.

Por lo tanto, la contaminación por ozono tiene una importante dimensión espacial, dado que su formación requiere que se produzca la interacción entre la radiación del sol y los gases precursores, lo cual generalmente ocurre durante el transporte de las masas de aire. En este proceso están involucradas, no solo las masas de aire locales y regionales, sino también el transporte a larga distancia e incluso a nivel hemisférico. De esta manera, las concentraciones de este contaminante pueden ser el resultado de la mezcla del ozono generado a partir de emisiones locales, del formado a partir de precursores emitidos en zonas lejanas, incluso procedentes de otro continente, del ozono transportado desde zonas alejadas y también de las intrusiones procedentes de la estratosfera.

Este comportamiento dificulta los planes y medidas que puedan emprenderse para controlar los niveles de ozono troposférico que se ven influenciados por diferentes factores y que limitan el potencial de reducción de los niveles de concentración de este contaminante atmosférico mediante la reducción de las emisiones antropogénicas nacionales o



regional. A escala global, hay un aumento de los valores de fondo que afecta a diferentes zonas del planeta y, a nivel regional o local, se aprecia un aumento de sus concentraciones por encima del fondo creciente.

Según se destaca en los informes sobre la calidad del aire en Europa, elaborados por la Agencia Europea de Medio Ambiente, las grandes aglomeraciones urbanas e industriales son los principales emisores de gases precursores del O₃, procedentes del tráfico, la industria, los aeropuertos, las actividades navieras y las plantas de combustión de biomasa, entre otros. Como se ha indicado, estos precursores son transportados por las masas de aire locales y regionales lejos de las aglomeraciones urbanas hacia zonas suburbanas y rurales, lo que provoca episodios de contaminación en estas áreas (aunque en las grandes ciudades también se pueden sobrepasar los límites de O₃).

Como consecuencia de todo ello, no es posible establecer una relación directa entre las emisiones de gases precursores del O₃ y las poblaciones expuestas a altas concentraciones de este contaminante. Por lo tanto, si bien parece que durante episodios agudos de O₃ en áreas específicas del Mediterráneo, las emisiones a nivel local-regional tienen un papel clave en la superación de los valores objetivo (Querol et al., 2016, 2018), su complejo mecanismo de formación provoca que la problemática de la contaminación por O₃ no pueda ser abordada únicamente con el emprendimiento de medidas a nivel local, sino que requieren de acciones en los distintos niveles de gobernanza y debe ser atajada de forma conjunta con los demás contaminantes atmosféricos.

7.2. Valores legislados para el ozono troposférico

En las tablas que figuran a continuación, se resumen los valores objetivo, objetivos a largo plazo y umbrales de activación, de información y de alerta relativos al ozono troposférico establecidos en la legislación actualmente en vigor, así como los propuestos en la nueva Directiva y los recomendados por la Organización Mundial de la Salud:

Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

Valores objetivo y objetivos a largo plazo para el ozono

Tabla 16. Valores establecidos para el O₃ en el Real Decreto Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. (Elaboración propia).

Objetivo	Parámetro	Valor	Fecha de cumplimiento
Valor objetivo para la protección de la salud humana	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias (1)	120 µg/m ³ que no deberá superarse más de 25 días por cada año civil de promedio en un período de 3 años	1 de enero de 2010 (3)
Valor objetivo para la protección de la vegetación	AOT ₄₀ , calculado a partir de valores horarios de mayo a julio	18 000 µg/m ³ × h de promedio en un período de 5 años (2)	1 de enero de 2010 (3)
Objetivo a largo plazo para la protección de la salud humana	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias en un año civil	120 µg/m ³	No definida
Objetivo a largo plazo para la protección de la vegetación.	AOT ₄₀ , calculado a partir de valores horarios de mayo a julio	6.000 µg/m ³ × 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 período de cálculo para un día cualquiera será el período a partir de las 17:00 h del día anterior hasta la 1:00 h de dicho día; el último período de cálculo para un día cualquiera será el período a partir de las 16:00 h hasta las 24:00 h de dicho día.

(2) Si las medias de tres o cinco años no pueden determinarse a partir de una serie completa y consecutiva de datos anuales, los datos anuales mínimos necesarios para verificar el cumplimiento de los valores objetivo serán los siguientes: Para el valor objetivo relativo a la protección de la salud humana: datos válidos correspondientes a un año. Para el valor objetivo relativo a la protección de la vegetación: datos válidos correspondientes a tres años.

(3) El cumplimiento de los valores objetivo se verifica a partir de esta fecha. Es decir, los datos correspondientes al año 2010 son los primeros que se utilizarán para verificar el cumplimiento en los tres o cinco años siguientes, según el caso.





Umbrales de activación, información y de alerta para el ozono

Tabla 17. Umbrales establecidos para el O₃ en el Real Decreto Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire (Elaboración propia).

Parámetro		Umbral
Umbral de activación	Promedio de 8 horas	120 µg/m ³
Umbral de información	Promedio horario	180 µg/m ³
Umbral de alerta	Promedio horario	240 µg/m ³

Propuesta de Directiva sobre la calidad del aire ambiente y una atmósfera más limpia en Europa

Valores objetivo para el ozono

Tabla 18. Valores establecidos para el O₃ en la propuesta de Directiva relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa por la que se revisan las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE, publicada el 26 de octubre de 2022 (Elaboración propia).

Objetivo	Período de cálculo de la media		Valor objetivo
Protección de la salud humana	Máxima diaria de las medias octohorarias ⁽¹⁾	120 µg/m ³	No podrá superarse más de 18 días por año civil, promediados en un período de tres años ⁽²⁾
Protección del medio ambiente	Mayo a julio	AOT ₄₀ (calculada a partir de valores horarios)	18 000 µg/m³ × h promediados en un período de 5 años ⁽²⁾

(1) La concentración máxima diaria de las medias móviles octohorarias se determinará examinando las medias octohorarias móviles, calculadas a partir de datos horarios y actualizadas cada hora. Cada media octohoraria calculada de ese modo se asignará al día en que concluya; dicho de otro modo, el primer período utilizado para el cálculo en cualquier día será el comprendido entre las 17.00 horas de la víspera y la 1.00 hora de ese día, y el último período utilizado para cualquier día será el comprendido entre las 16.00 y las 24.00 horas de ese día.

(2) Si los promedios de tres o cinco años no pueden determinarse a partir de una serie completa y consecutiva de datos anuales, los datos anuales mínimos requeridos para comprobar el cumplimiento de los valores objetivos serán los siguientes:

- valor objetivo para la protección de la salud humana: datos válidos para un año,
- valor objetivo para la protección de la vegetación: datos válidos para tres años.

Objetivos a largo plazo para el ozono

Tabla 19. Objetivos establecidos para el O₃ en a propuesta de Directiva relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa por la que se revisan las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE, publicada el 26 de octubre de 2022

Objetivo	Período de cálculo de la media		Valor objetivo
Protección de la salud humana	Máxima diaria de las medias octohorarias ⁽¹⁾	100 µg/m ³ (1)	No podrá superarse más de 18 días por año civil, promediados en un período de tres años ⁽²⁾
Protección de la vegetación	Mayo a julio	AOT ₄₀ (calculada a partir de valores horarios)	6 000 µg/m³ × h a partir de valores horarios

(1) Percentil 99 (es decir, 3 días de superación al año).





Umbrales de activación, información y de alerta para el ozono

Tabla 20. Umbrales establecidos para el O₃ en a propuesta de Directiva relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa por la que se revisan las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE, publicada el 26 de octubre de 2022.

Objeto	Período de cálculo de la media	Umbral
Información	1 hora	180 µg/m ³
Alerta	1 hora	240 µg/m ³

Valor recomendado por la OMS

O₃ 100 µg/m³, media de ocho horas

En el apartado 2.4. de este documento se analiza en detalle la situación de los niveles de concentración de ozono en cuanto al cumplimiento de los valores que figuran en las tablas anteriores. De manera general se concluye que se han registrado de forma generalizada niveles por encima del valor objetivo para la protección de la salud y para la protección de la vegetación en todas las estaciones de la red de la Comunidad de Madrid. El umbral de alerta a la población (240 µg/m³ de media horaria) no se ha superado nunca. En lo relativo al Ayuntamiento de Madrid, también se registran incumplimientos del valor objetivo para la protección de la salud a lo largo del periodo, si bien no en todas las estaciones.

7.3. Estudios de investigación sobre el ozono troposférico

En el marco de los trabajos de la revisión del Plan Azul+, durante el año 2016 se puso en marcha un ambicioso estudio denominado "Análisis mediante campañas de medición adicionales y técnicas complementarias de modelización de la contaminación por ozono troposférico en la Comunidad de Madrid".

Estos trabajos se realizaron gracias a la colaboración de las tres administraciones con competencias en la materia (el entonces Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (actualmente Ministerio para la Transición Ecológica), Comunidad de Madrid y Ayuntamiento de Madrid) y en el mismo han participado en colaboración más de una docena de centros de investigación y universidades, como el Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA) del CSIC, CIEMAT, CEAM, AEMET, IFQR-CSIC, LAO-IC₃, AirModus, Instituto de Salud Carlos III, Universidad del País Vasco, Universidad Hanyang de Corea del Sur, Universidad Aix Marseille y Birmingham University.

El objetivo principal de estos trabajos fue complementar las mediciones de ozono obtenidas por la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid y la del Ayuntamiento de Madrid, con campañas adicionales realizadas en el verano de 2016 (principalmente en el mes de julio, que es cuando se registran las concentraciones de ozono más altas) y, mediante modelización, identificar, en su caso, posibles medidas eficaces y eficientes para reducir la contaminación del ozono troposférico en la Comunidad de Madrid.

Con los resultados de las intensas mediciones realizadas en superficie (200 dosímetros de O₃ y 200 dosímetros de NO₂ distribuidos por todo el territorio de la Comunidad de Madrid) y en altura (mediante un globo sonda aerostático entre el nivel del suelo y más de 1.000 metros de altitud), los diferentes organismos de investigación y universidades han realizado diversos estudios que fueron presentados en una jornada de debate en la sede del antiguo Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, hoy Ministerio para la Transición Ecológica, el pasado 25 de mayo de 2017. Las conclusiones son complejas, pero se puede destacar:

- Se identificaron 4 procesos que contribuyen al incremento de los niveles de O₃ en la cuenca de Madrid:
 - Formación fotoquímica local-regional.
 - Aportes externos desde regiones sitas fuera de la cuenca.
 - Fumigación, desde estratos de reserva en altura con origen diverso (externo o regional recirculado), favorecida por el crecimiento de la capa de mezcla.
 - Aportes de O₃ y precursores del penacho urbano de Madrid.
- Se consideró necesario realizar nuevos estudios para:



- Comprobar la causa-efecto de los escenarios meteorológicos de ciclos de acumulación episodios Tipo Adveectivo y Acumulativo para al menos 2013-2017.
- Realizar predicciones de los mismos por parte de grupos de expertos en este tipo de meteorología.
- Aplicar estudios de contribución de fuentes a gran escala para aportes locales/regionales y externos a la cuenca y a escala regional/local para atribuir contribuciones a los diferentes sectores (tráfico rodado, industria, domésticas y residenciales, etc.).
- Análisis de sensibilidad de O_3 a posibles escenarios de reducción de precursores. Complementar con estudios de respuesta de O_3 en fines de semana (con menores emisiones), y antes/después del inicio y final de periodo vacacional para periodos con escenarios meteorológicos constantes.

Por otra parte, cabe mencionar que el 1 de enero de 2019 entro en funcionamiento una nueva estación de medida en la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid, ubicada en Cotos. Dicha estación, entre otros fines, tiene por objeto dar continuidad a los trabajos de investigación sobre la afección del cambio climático en los espacios naturales del entorno de la Laguna de Peñalara así como la realización de estudios relacionados con el ozono troposférico. La ubicación de la citada estación fija de medida de calidad del aire, en el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama, está permitiendo obtener datos de las concentraciones de ozono en zonas alejadas de los principales emisores de precursores y las variaciones de este contaminante que se producen con la altura, que son puestos a disposición del público en general, con especial atención a los centros de investigación mencionados y a la comunidad científica en su conjunto, de forma que se faciliten los estudios que se están realizando para la reducción de éste y otros contaminantes.

A nivel estatal los esfuerzos para reducir los niveles de este contaminante se han enfocado en la elaboración del **Plan Nacional de Ozono**, actualmente en redacción y sobre el que se espera obtener el primer borrador a lo largo de 2023. Para la elaboración del citado Plan se ha establecido el Convenio de colaboración científico-técnica entre el (Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), a través del Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA-CSIC), y el Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS), publicado en el BOE por Resolución de 30 de noviembre de 2021.

El objeto del convenio es establecer la colaboración científico-técnica entre el CSIC, a través del IDAEA, y el BSC, en la realización conjunta del Proyecto de I+D+i Plan Nacional de Ozono Troposférico, consistente en las investigaciones y actuaciones necesarias para evaluar los niveles y tendencias de ozono troposférico en España, estudiar la fenomenología de sus episodios de contaminación, obtener cuantificaciones de las contribuciones de los diferentes sectores emisores de sus precursores, así como proponer posibles estrategias de reducción de estas últimas con posible efectividad en la reducción de la contaminación por ozono, en los términos establecidos por las partes en este Convenio y en el Plan de Trabajo que estas acuerden y al que se hace referencia en la cláusula segunda.

En el marco del citado convenio de colaboración se están llevando a cabo estudios de gran interés para conocer la dinámica de formación del O_3 troposférico en el territorio español, tales como el análisis de tendencias de concentraciones de ozono y contaminantes relacionados, la investigación sobre variabilidad espacial y temporal de las concentraciones de O_3 durante el período de confinamiento por la COVID-19 o la modelización de episodios y el análisis de contribución de fuentes a los niveles de O_3 , entre otros, cuyo resultado final culminará con la publicación del Plan Nacional de Ozono.

Cabe señalar que la Comunidad de Madrid forma parte del grupo de trabajo del Plan Nacional de Ozono, creado por el Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico durante los trabajos de redacción del citado plan, a fin de tener un espacio de intercambio de información y celebrar reuniones periódicas donde compartir la documentación que se va generando. En este grupo, además del resto de Comunidades Autónomas, participan también los organismos de investigación que forman parte del Convenio de colaboración, así como otros organismos que están desarrollando trabajos para el futuro Plan Nacional de Ozono, tales como la Universidad País Vasco, la Universidad de Zaragoza, el Centro Universitario de la Defensa, el Instituto Tecnología Cerámica UJI y la Universidad de Huelva.

7.4. Investigación de medidas adicionales para reducir los niveles de O_3 en la región

Al objeto de contribuir al desarrollo del Plan Nacional de Ozono citado en el apartado anterior, la Comunidad de Madrid está realizando a su vez trabajos de investigación en el marco del Convenio de colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) descrito en el punto anterior.

Los resultados obtenidos en el "Análisis de contribución de fuentes", analizados en el apartado 2.5.3. de este documento, sugieren que para este contaminante el margen de control a través de medidas locales es muy reducido. Se propone, por tanto, realizar estudios de detalle para dirimir posibles medidas que permitan reducir los picos de concentración de este



contaminante secundario, donde se contemplen específicamente los regímenes actuales de concentración en el aire ambiente de NO_x/COVNM.

De esta forma, se plantea la oportunidad de realizar simulaciones de medidas bajo episodios de alta concentración de ozono. Este trabajo proporcionará una traslación del efecto de las medidas cuantificadas en términos de emisión en los niveles de calidad del aire para los principales compuestos de interés (NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} y O₃), a través de los parámetros relevantes regulados según el RD 102/2011, relativo a la mejora de la calidad del aire. Las simulaciones a 2030 se llevarán a cabo mediante la ejecución del modelo CMAQ (Community Multiscale Air Quality Modeling System) a partir de la elaboración de un escenario futuro de emisiones, meteorología y condiciones de contorno idénticas a las de la simulación del año base (2018). Posteriormente se compararán los resultados de la simulación anual del año base con los obtenidos para 2030. El análisis de la diferencia de concentración para los parámetros de interés (medias y percentiles definidos en el RD 102/2011 para los compuestos de referencia) servirá para estimar el impacto de la Estrategia de Energía, Clima y Aire en términos de calidad del aire y para la investigación de medidas adicionales para reducir los niveles de O₃ en la región.

Los trabajos a realizar se resumen a continuación:

- Selección de episodios. Se analizarán los valores observados (2018) y predichos para el escenario de 2030 para identificar un periodo relevante (un mes tentativamente) en términos de concentraciones altas de ozono.
- Análisis de contribución de fuentes específico para esas condiciones, incluyendo su contribución a los niveles medios, pero también los máximos.
- Análisis de sensibilidad a reducciones de emisiones de los principales precursores (NO_x y COVs) para las principales fuentes (a priori tráfico y uso de disolventes). Este estudio se realizará tanto para las condiciones meteorológicas actuales como para las futuras esperables bajo un escenario de acusado cambio climático (regionalización del escenario RCP 8.5).
- Simulación de alguna medida específica, adicional a las ya consideradas en la estrategia, que pueda identificar la Comunidad de Madrid.

7.5. Redacción del Plan de mejora de la calidad del aire por ozono troposférico en la Comunidad de Madrid.

Una vez concluyan los trabajos descritos en los apartados anteriores, se redactará el **Plan de mejora de la calidad del aire por ozono troposférico** de la Comunidad de Madrid en el que se contemplarán medidas adicionales a las recogidas en este Plan de Calidad del Aire, cuando se disponga de conclusiones consistentes sobre la sensibilidad a las reducciones de emisiones de los principales precursores del ozono troposférico (NO_x y COVs) para las principales fuentes (a priori tráfico y uso de disolventes). De esta forma, la región dispondrá de un instrumento de planificación específico en el que basar las actuaciones de los próximos años a fin de lograr reducir los niveles de concentración de este contaminante, si bien los esfuerzos deben alinearse a diferentes escalas de actuación ya que, como se ha indicado, solo una actuación coordinada a nivel nacional e internacional permitirá alcanzar los valores propuestos en la normativa.



8. CONDICIONES HABILITANTES Y SEGUIMIENTO DEL PLAN

8.1. Condiciones habilitantes

En el presente Plan se contemplan multitud de actuaciones en diversas áreas de actividad que son ejecutadas bajo diferentes ámbitos competenciales. Por tanto, para garantizar una adecuada implantación del Plan, es necesaria una supervisión que permita recopilar, consolidar y evaluar el avance en las actuaciones de las diferentes Consejerías competentes, Entidades Locales implicadas, así como otros organismos públicos y privados que participen activamente en el desarrollo de las medidas establecidas.

El seguimiento del Plan de Calidad del Aire se realizará de manera conjunta con la Estrategia de Energía, Clima y Aire, al estar el Plan integrado en la misma. Dicho seguimiento debe plantearse como una actividad continua que permita evaluar la eficacia de las medidas que se vayan poniendo en marcha a lo largo de su periodo de vigencia y, en su caso, la adopción de acciones encaminadas a corregir desviaciones o plantear mejoras.

El seguimiento del **Plan de Calidad del Aire** se realizará de manera conjunta con la **Estrategia de Energía, Clima y Aire**.

En esa línea, la Comunidad de Madrid lleva realizando esfuerzos en los últimos años orientados a la introducción de la gobernanza sostenible en sus procesos internos, con acciones como el establecimiento del **Comisión Interdepartamental de Cambio Climático**. Este órgano colegiado está constituido por representantes, con rango de director general o director gerente, de las diferentes consejerías, organismos o empresas competentes en todas las materias, tales como administración local, economía, comercio y consumo, industria, sanidad, transportes, seguridad, etc, a fin de dotarla de una visión multidisciplinar. Entre sus destacan la formulación de propuestas dirigidas a asegurar el desarrollo de la Estrategia, así como la evaluación de los recursos y necesidades presupuestarias y propuesta de asignación de los fondos públicos destinados a las diferentes medidas que la integren. con el fin de reforzar su compromiso en la lucha contra el cambio climático y canalizar la labor de impulso y coordinación de las actuaciones de las diferentes consejerías y la propia Comunidad de Madrid en dicha tarea

Por su parte, se cuenta con el asesoramiento y apoyo del **Comité Científico-Técnico de Cambio Climático, formado por** expertos que ofrecen opinión cualificada para poder elaborar los planes y programas relacionados con la prevención y mitigación real del cambio climático para poder aplicarlos a las políticas públicas regionales. Los expertos que integrarán el citado comité forman parte de entidades públicas, privadas e independientes reconocidas en el ámbito de la investigación y la ciencia, a nivel nacional e internacional. Así, participan expertos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), de la Oficina Española del Cambio Climático, del Instituto de Salud Carlos III, la Fundación para la Investigación del Clima, la Agencia Española de Meteorología (AEMET), el laboratorio de ideas Economycs for Energy, el Instituto Madrileño de Estudios Avanzados (IMDEA) Agua e IMDEA Energía o Grupo Red Eléctrica, entre otros, así como investigadores de universidades públicas madrileñas como la Universidad Politécnica de Madrid, Universidad de Alcalá, Universidad Carlos III, Universidad Autónoma de Madrid y Universidad Rey Juan Carlos.

Además, y en cuanto a las materias reguladas en el presente Plan, es necesario destacar la labor desarrollada por la **Sección de Calidad del Aire**. Se trata de un órgano creado al amparo del Decreto Decreto 103/1996, de 4 de julio, por el que se crea el Consejo de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid, modificado posteriormente por el Decreto 10/2011, de 17 de febrero. Se constituye como apoyo a la autoridad ambiental, ejerciendo las funciones en materia de evaluación y gestión de calidad del aire atribuidas a la Comunidad de Madrid. Dichas funciones se concretan en coordinar, valorar, proponer y protocolizar la adopción de las medidas tendentes a evitar la superación de los umbrales de alerta o, en su caso, paliar los efectos de las superaciones de dichos umbrales, según la legislación vigente sobre la materia.

No obstante, la creación de estos órganos, que buscan aprovechar las potencialidades y sinergias y servir de agente coordinador de las diferentes áreas de gobierno, no disminuye la importancia de la colaboración y coordinación a todos los niveles administrativos para asegurar la consecución de los objetivos. Todos estos factores se han tenido en cuenta para la



definición de la gobernanza del Plan y la designación de los agentes implementadores. En este sentido, cabe destacar que el éxito de las políticas en materia de calidad del aire depende, no solo de las actuaciones llevadas a cabo por las Administraciones Públicas, sino del conjunto de la sociedad, implicando a empresas, instituciones y ciudadanos en la necesidad de avanzar progresivamente en la consecución de los objetivos. De esta forma, la Administración se constituye en el elemento facilitador esta concienciación progresiva de la sociedad hacia una economía descarbonizada y una mejor calidad del aire.

8.2. Seguimiento de la ejecución del Plan de Calidad del Aire

El seguimiento del Plan se realizará a través de un **sistema de monitorización, evaluación y reporte (MER)** que permita conocer y comunicar de manera efectiva el progreso de las acciones que se están llevando a cabo en el Plan. Como se ha mencionado anteriormente, se trata de una oportunidad para calibrar cada decisión tomada, para aprender de la evidencia que se va obteniendo conforme las medidas y actuaciones van siendo implantadas, para evaluar la eficacia relativa de las diferentes opciones de diseño, así como para corregir aquellas acciones que no funcionen en las primeras etapas. Este sistema favorece la participación y la involucración de los diferentes agentes y puede ser de utilidad para tomar decisiones fundamentadas y fomentar la mejora continua de las acciones planteadas. La estructura típica de un sistema MER se recoge en la siguiente figura.



Figura 51. Estructura de un sistema MER (Monitoreo, Evaluación y Reporte). (C40, 2021).

Así, de manera **mensual**, se llevará a cabo un monitoreo y evaluación del estado de las actuaciones planteadas en cada medida, y se le otorgará un **porcentaje de avance** en función del estado de implementación. Con los resultados de la evaluación de todas las medidas, se generará un **informe mensual** de seguimiento del Plan. Con la información contenida en estos informes, se elaborarán **informes anuales**. Estos son los que identificarán la necesidad de esfuerzos adicionales en ciertas medidas y que plantearán la revisión de las mismas.

La propuesta de **revisión de medidas se hará cada 2 años**. El proceso de revisión será liderado por la Dirección General de Transición Energética y Economía Circular, que contará con el apoyo de las Direcciones Generales sectoriales implicadas en la implementación de las actuaciones, así como de los órganos colegiados mencionados en el apartado anterior.

Sirva como ejemplo una medida donde se fomente la adquisición de vehículos eléctricos, en la que se tiene una meta numérica específica de número de vehículos eléctricos y reducción de emisiones asociadas. La medida puede haberse implementado en su totalidad, pero no haberse logrado la meta fijada de vehículos y/o de reducción de emisiones. En el caso de que una medida no tenga un indicador asociado específico, evaluará el grado de implementación en función con el grado de avance o efectividad de la medida, es decir, su impacto. Si se dispone de ambos, se valorará de manera conjunta.

Por último, se realizará una **revisión global del Plan cada 4 años**. Esta revisión podrá basarse en los datos proporcionados por la herramienta de seguimiento, los informes anuales y mensuales generados, así como los resultados obtenidos y lecciones aprendidas del ejercicio de revisión de las medidas. Esta etapa será liderada por el Área de Calidad Atmosférica.

8.3. Indicadores de seguimiento

Como se ha indicado en apartados anteriores, el presente Plan se enmarca en la Estrategia de Energía, Clima y Aire, que establece un marco energético, climático y de emisiones contaminantes deseable para el año 2030, con vistas a conseguir las ambiciones planteadas para 2050. Dicha Estrategia plantea abordar una serie de medidas en las diferentes áreas de actuación, agrupadas en los distintos sectores estratégicos con vistas a alcanzar un escenario de reducción de emisiones para el año 2030. Para ello, el citado documento de planificación propone **7 retos u objetivos estratégicos**, 3 de ellos ligados a la planificación energética (OE1, OE2 y OE3), 3 ligados a la planificación ambiental (OE4, OE5 y OE6) y 1 orientado al cambio social (OE7). El presente Plan de Calidad del Aire está orientado, por tanto, a desarrollar específicamente el **objetivo**



estratégico 5 (OE5) del citado documento de planificación estratégica a nivel regional, cuyo propósito es alcanzar la reducción de emisiones contaminantes planteado en el mismo.

Por lo tanto, dado que el fin de la Estrategia es minimizar los efectos negativos sobre la salud y los ecosistemas de la contaminación atmosférica, los esfuerzos se orientarán a alcanzar el cumplimiento de los objetivos y valores límite legalmente establecidos, no ya en la normativa que actualmente se encuentra en vigor, esto es, el Real Decreto 102/2011 de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, sino en la que finalmente se defina una vez se apruebe la nueva Directiva actualmente en tramitación, en coherencia también con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, tal como se ha explicado en el apartado 3 de este documento.

8.3.1. Indicadores globales de seguimiento de objetivos

Al igual que la Estrategia, el Plan de Calidad del Aire se constituye como una herramienta viva y necesariamente flexible, que pretende alcanzar unos objetivos de mejora constante involucrando a la totalidad de los madrileños y, por tanto, ha de disponer de sistemas de seguimiento y control de los resultados globales.

Con este objetivo, la Estrategia define en su apartado 6 una serie de indicadores globales de evaluación y seguimiento para cada uno de los 7 objetivos estratégicos establecidos.

En concreto, y con respecto al objetivo estratégico 5 (OE5), la estrategia define los siguientes indicadores:

OE5-IE1. Valor medio anual de concentración de NO₂ registrado en las estaciones de control de la calidad del aire la Comunidad de Madrid.

La fuente principal de emisión de este contaminante en la Comunidad de Madrid son los vehículos a motor.

Para el NO₂ la legislación actualmente en vigor, Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, establece un Valor límite anual (VLA) de NO₂ para la protección de la salud humana de concentración anual de 40 µg/m³ referenciado al año civil. La propuesta de Directiva relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa por la que se revisan las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE, publicada el 26 de octubre de 2022, propone un VLA más exigente de 20 µg/m³ que deberá cumplirse, de aprobarse esta norma, a más tardar el 1 de enero de 2030.

- **Definición.** – Valor Límite Anual de NO₂ para la protección de la salud.
- **Unidad.** – Microgramo por metro cúbico (µg/m³).
- **Situación actual.** – En 2021 ninguna estación de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid ha superado el VLA. En la Red del Ayuntamiento de Madrid la Estación de Plaza Elíptica superó este valor (41 µg/m³).
- **Objetivo a 2030.** - Cumplimiento del VLE establecido en la normativa en vigor.
- **Revisión.** - Anual

OE5-IE2 Valor medio anual de concentración de PM_{2,5} registrado en las estaciones de control de la calidad del aire la Comunidad de Madrid.

La fuente principal de emisión de este contaminante en la Comunidad de Madrid es el sector residencial, comercial e institucional, el transporte y la industria.

Para las partículas PM_{2,5}, la legislación actualmente en vigor, Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, establece un Valor límite anual para la protección de la salud de 20 µg/m³. La propuesta de Directiva relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa por la que se revisan las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE, publicada el 26 de octubre de 2022 propone un VLA más exigente de 10 µg/m³ que deberá cumplirse, de aprobarse esta norma, a más tardar el 1 de enero de 2030.

- **Definición.** – Valor Límite Anual de PM_{2,5} para la protección de la salud.
- **Unidad.** - Microgramo por metro cúbico (µg/m³).
- **Situación actual.** – En términos de calidad del aire, este contaminante no presenta superaciones del VLA en la Comunidad de Madrid.
- **Objetivo a 2030.** - Cumplimiento del VLE establecido en la normativa en vigor.
- **Revisión.** - Anual





OE5-IE3 Umbral de información a la población de Ozono troposférico, O₃, registrado en las estaciones de control de la calidad del aire la Comunidad de Madrid.

A diferencia de los contaminantes primarios, el ozono troposférico no se emite directamente a la atmósfera, sino que se forma, casi en su totalidad, a partir de reacciones químicas complejas de gases precursores, principalmente los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles no metánicos que están presentes en la atmósfera. A escala continental, el metano (CH₄) y el monóxido de carbono (CO) también juegan un papel en la formación de O₃. La radiación solar es otro factor determinante que condiciona la velocidad y el grado de formación de O₃, por lo que los niveles más elevados de este contaminante se producen en primavera y verano. Se trata de un contaminante con una química de formación muy compleja, por lo que es difícil encontrar soluciones viables y factibles para su control. El último estudio de contribución de fuentes, elaborado en el marco del Convenio con la UPM, sugiere que el margen de control a través de medidas locales es muy reducido. En consecuencia, se plantea realizar estudios de detalle para dirimir posibles medidas que permitan reducir los picos de concentración de este contaminante secundario. Por este motivo, como complemento del Plan de calidad del aire de la Comunidad de Madrid y a partir de los trabajos desarrollados en el marco del Convenio de investigación firmado con la UPM, se va a elaborar un "Plan de mejora de la calidad del aire por ozono", que se encontrará alineado con el Plan nacional de Ozono, actualmente en desarrollo.

Por todo lo anteriormente expuesto, se plantea hacer un seguimiento de la evolución de este contaminante a través de, entre otros, el número de superaciones del umbral de información a la población que se producen en las estaciones de control de la calidad del aire de la Comunidad de Madrid.

- **Definición.** – Umbral de información a la población
- **Unidad.** - Microgramo por metro cúbico (µg/m³).
- **Situación actual.** – En el año 2021 se ha detectado un incremento en las superaciones del umbral de información a la población, registrándose 19 horas aditivas por encima de 180 µg/m³ en toda la Red (8 horas no aditivas) frente, por ejemplo, a la única superación registrada en 2020.
- **Objetivo a 2030.**- No registrar superaciones del umbral de información a la población en las estaciones de la Red de Calidad del Aire.
- **Revisión.** - Anual

8.3.2. Indicadores específicos de seguimiento de objetivos

Para el seguimiento y control de los niveles de inmisión de contaminantes, se cuenta con la información proporcionada por todas las estaciones de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid y la Red del Ayuntamiento de Madrid. A través de los niveles de concentración de los principales contaminantes atmosféricos registrados en las distintas estaciones se definen las actuaciones o políticas que es necesario poner en marcha para la mejora de la calidad del aire, tanto en las zonas en las que los niveles de uno o más contaminantes regulados superen dichos objetivos, como para las acciones a corto plazo en los que se determinen medidas inmediatas para las zonas y supuestos en que exista riesgo de superación de los objetivos de calidad del aire y los umbrales de alerta.

Diariamente, en la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid, se reciben los datos de concentración de los principales contaminantes procedentes de estaciones fijas de medida, que permiten realizar un seguimiento y control de la calidad del aire. Entre los contaminantes más relevantes destacan el dióxido de nitrógeno (NO₂), el dióxido de azufre (SO₂), el monóxido de carbono (CO), el benceno (C₆H₆), los hidrocarburos totales, metánicos y no metánicos, el ozono troposférico (O₃), las partículas en suspensión (PM₁₀ y PM_{2,5}) y el Black Carbon. Adicionalmente, con la periodicidad establecida, se determinan las concentraciones de los metales plomo, arsénico, cadmio, níquel, así como de los hidrocarburos aromáticos policíclicos, entre los que destaca el benzo(a)pireno.

Estos datos se utilizan para la elaboración de **informes diarios**, que se ponen a disposición del público a través de la dirección url: <http://www.madrid.org/calidaddelaire>.

Accediendo a dicho enlace se puede consultar, además del **Índice de Calidad del Aire** de cada estación, los datos en tiempo real de todas las estaciones, los datos históricos, las predicciones a 24-48 horas para los principales contaminantes, los avisos de superaciones de umbrales, la documentación y legislación relacionada, etc., permitiendo descargar los datos de una manera cómoda y sencilla. También está disponible, en el **Open Data**, los datos horarios en un formato adecuado para los usuarios que de forma reiterativa utilizan los datos de calidad del aire, tales como investigadores, divulgadores y gestores de aplicaciones de calidad del aire.





Cabe señalar que el **Índice de Calidad del Aire (ICA)** es un indicador que permite comprobar, en tiempo real y de forma sencilla, la calidad del aire que marcan las estaciones de medición de las redes de vigilancia. El ICA incluye además recomendaciones sanitarias para la población general y la población sensible.

El ICA en la Comunidad de Madrid sigue la misma metodología de cálculo del “Índice Nacional de Calidad del Aire” aprobado mediante Orden TEC/351/2019, de 18 de marzo, publicada en el boletín Oficial del Estado del 28 de marzo de 2019 y modificada por la Resolución de 2 de septiembre de 2020, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico publicada en el BOE del 10 de septiembre de 2020.

Este índice está basado en los datos en tiempo real obtenidos en las 24 estaciones de medida de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid y es el resultado de la valoración integrada de cinco contaminantes: PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, O₃, SO₂.

El ICA refleja en cada estación de la Red el peor nivel de cualquiera de los cinco contaminantes representándose con 6 colores, que definen las 6 categorías de calidad del aire: buena, razonablemente buena, regular, desfavorable, muy desfavorable, y extremadamente desfavorable.

En la tabla se describen las categorías de calidad del aire.

Tabla 21. Explicación del “Índice Nacional de Calidad del Aire” utilizado en la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid (Área de Calidad Atmosférica, 2022)

ÍNDICE DE CALIDAD AL AIRE (ICA)			
CALIDAD DEL AIRE	MENSAJES PARA LA SALUD	RECOMENDACIONES PARA LA SALUD	
		GRUPOS DE RIESGO Y PERSONAS SENSIBLES*	POBLACIÓN GENERAL
BUENA	Calidad del aire satisfactoria	Disfrute de sus actividades al aire libre con normalidad	Disfrute de sus actividades al aire libre con normalidad
RAZONABLEMENTE BUENA	Calidad del aire aceptable, no supone un riesgo para la salud	Disfrute de sus actividades al aire libre con normalidad	Disfrute de sus actividades al aire libre con normalidad
REGULAR	La calidad del aire probablemente no afecta a la población general, pero puede suponer un riesgo moderado para los grupos de riesgo	Considere reducir las actividades prolongadas e intensas al aire libre. Las personas con asma o enfermedades respiratorias deben seguir cuidadosamente su plan de medicación. Las personas con problemas de corazón pueden experimentar palpitaciones, dificultad para respirar o fatiga inusual	Disfrute de sus actividades al aire libre con normalidad pero vigile la aparición de síntomas como tos, irritación de garganta, falta de aire, fatiga excesiva o palpitaciones
DESFAVORABLE	Toda la población puede sufrir efectos negativos sobre la salud y los grupos de riesgo mucho más serios	Considere reducir las actividades al aire libre y realícelas en el interior o posponerlas. Siga su plan de tratamiento médico meticulosamente	Considere reducir las actividades prolongadas e intensas al aire libre, sobre todo si tiene tos, falta de aire o irritación de garganta
MUY DESFAVORABLE	La calidad del aire es una emergencia para la salud pública. Toda la población puede verse seriamente afectada	Reduzca las actividades al aire libre y considere realizarlas en el interior o posponerlas. Siga su plan de tratamiento médico meticulosamente	Considere reducir las actividades al aire libre y realícelas en el interior o posponerlas, sobre todo si experimenta tos, falta de aire o irritación de garganta
EXTREMADAMENTE DESFAVORABLE	La calidad del aire es una emergencia para la salud pública y puede afectar gravemente a toda la población	Evite la estancia prolongada al aire libre. Siga su plan de tratamiento médico meticulosamente y acuda a un servicio de urgencias si su salud empeora	Reduzca todas las actividades al aire libre y considere realizarlas en el interior o posponerlas. Utilice protección adecuada si tiene que realizar trabajos en el exterior
* Grupos de riesgo y personas sensibles			
Niños de 0-13 años	Personas mayores de 65 años	Embarazadas	Personas con enfermedades respiratorias o cardiovasculares crónicas
Diabéticos	Inmunodeprimidos	Personas que realizan habitualmente trabajos físicos en el exterior	

Para realizar el cálculo de los valores:

- En los contaminantes NO₂ y SO₂, se utilizarán las concentraciones de la última media horaria.
- En el contaminante O₃, el cálculo se hará en base a la media móvil de las 8h anteriores.
- Por lo que respecta a PM₁₀ y PM_{2,5}, el cálculo se hará en base a la media móvil de las 24h anteriores.

Y se utilizarán los siguientes rangos de concentraciones para definir en qué categoría se sitúa cada compuesto contaminante:



Tabla 22. Rango de concentraciones utilizado para definir las categorías del índice de Calidad del Aire. (Área de Calidad Atmosférica, 2022)

CALIDAD DEL AIRE	Índice de Calidad del Aire (basado en la concentración de los contaminantes en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
	Buena	Razonablemente buena	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Extremadamente desfavorable
Partículas menos de $2.5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$)	0-10	11-20	21-25	26-50	51-75	76-800
Partículas menos de $10 \mu\text{m}$ (PM_{10})	0-20	21-40	41-50	51-100	101-150	151-1200
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	0-40	41-90	91-120	121-230	231-240	341-1000
Ozono (O_3)	0-50	51-100	101-130	161-240	241-380	381-800
Dióxido de Azufre (SO_2)	0-100	101-200	201-350	351-500	501-750	751-1250

Asimismo, en el marco del Convenio de colaboración firmado el 16 de diciembre de 2019 entre la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y la entonces Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Sostenibilidad para la realización del proyecto de investigación «Sistema de predicción de la calidad del aire a nivel regional» (SISPAIR), se ha desarrollado un Sistema de Predicción de la Calidad del Aire a nivel regional sobre la Comunidad de Madrid, para la obtención de las predicciones horarias en superficie de los distintos componentes químicos NO_2 , SO_2 , O_3 , PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$, con un alcance de 24 y 48 horas, utilizando el modelo de transporte químico y de aerosoles MOCAGE, operativo en la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

Este proceso se realiza mediante una técnica conocida como Hybrid Forecast, que utiliza datos procedentes de las estaciones de medida de calidad del aire de la red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid para validar los resultados obtenidos por el modelo. Sobre estos resultados se realizan diferentes estudios estadísticos y calibraciones para incorporar variaciones en el modelo de manera que las predicciones representen correctamente la dispersión posible. Posteriormente se han realizado un postproceso de las salidas del modelo MOCAGE con el método MOS (Model Output Statistics) en las estaciones de la Red de la Comunidad de Madrid para optimizar la predicción de superaciones de los componentes químicos incluidos en el estudio.

Las categorías utilizadas por el ICA previsto, así como sus umbrales, coinciden con las del actual Índice Nacional de Calidad del Aire.

Además de los informes diarios, se elaboran también **informes mensuales, trimestrales y anuales**, en base a los datos registrados en la red de los distintos contaminantes, también accesibles al público a través de la citada url. Así, mismo, se elaboran **informes especiales**, como es el caso del **ozono**, en los que se evalúa el comportamiento de este contaminante cuyos niveles vienen determinados, entre otros factores, por las condiciones meteorológicas, alcanzándose los niveles más elevados durante los meses estivales.

Por lo tanto, en los informes citados se realiza un seguimiento detallado de todos los contaminantes regulados en la normativa en materia de calidad del aire, evaluándose el cumplimiento de cada uno de los niveles y valores establecidos en función de los distintos periodos temporales.

El seguimiento del Plan de Calidad del Aire se plantea, por lo tanto, como una actividad continua que permita evaluar la eficacia de las medidas que se vayan poniendo en marcha a lo largo de su periodo de vigencia y, en su caso, la adopción de acciones encaminadas a corregir desviaciones o plantear mejora.

Las actividades de seguimiento serán coordinadas por parte de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior, a través de la Dirección General de Transición Energética y Economía Circular, y, en concreto, del Área de Calidad Atmosférica.

En las siguientes tablas se muestran los parámetros que son objeto de seguimiento diario en las estaciones de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid y del Ayuntamiento de Madrid.





Tabla 23. Detalle de los parámetros que son objeto de seguimiento diario en las estaciones de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid. (Área de Calidad Atmosférica, 2022)

Área de Calidad Atmosférica Dirección General de Descarbonización y Transición Energética CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y AGRICULTURA		RED DE CALIDAD DEL AIRE DE LA COMUNIDAD DE MADRID													
Zona	Estación	Superaciones de Valores Límite y Valores Objetivo 2023									Superaciones de Umbrales de Información y de Alerta 2023				
		PM10*		PM2,5	NO ₂	NO _x	O ₃	SO ₂	CO	BENCENO	NO ₂	SO ₂	O ₃		
		Media Anual 5.40 µg/m ³	Sup. Diarias 1.15 µg/m ³ (50 µg/m ³ máx. horaria)	Media Anual 5.20 µg/m ³	Media Anual 5.40 µg/m ³	Sup. Horarias 5.18 µg/m ³ (200 µg/m ³ máx. horaria)	Media Anual 5.30 µg/m ³	Sup. Valor Objetivo 5.25 µg/m ³ (máx. conc. diaria)	Sup. Horarias 4.74 µg/m ³ (50 µg/m ³ máx. horaria)	Sup. Diarias 5.18 µg/m ³ (máx. horaria)	Sup. Valor Límite 5.1 µg/m ³ (50 µg/m ³ máx. diaria de las medias diarias)	Media Anual 4.5 µg/m ³	Sup. Umbral Alerta 400 µg/m ³ 3 horas consecutivas	Sup. Umbral Alerta 500 µg/m ³ máx. horaria 3 horas consecutivas	Sup. Umbral de Información 100 µg/m ³ máx. horaria	Sup. Umbral Alerta 240 µg/m^{3} máx. horaria
µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	Nº horas	µg/m ³	Nº días	Nº horas	Nº días	Nº días	µg/m ³	Nº horas	Nº horas	Nº horas	Nº horas	
AGLOMERACIÓN CORREDOR DEL HENARES	Alcalá de Henares														
	Alcobendas														
	Algete														
	Arganda del Rey														
	Coslada														
	Rivas Vaciamadrid														
AGLOMERACIÓN URBANA SUR	Torrejón de Ardoz														
	Alcorcón														
	Aranjuez														
	Fuenlabrada														
	Getafe														
	Leganés														
AGLOMERACIÓN URBANA NOROESTE	Móstoles														
	Valdemoro														
	Colmenar Viejo														
	Collado Villalba														
SIERRA NORTE	Majadahonda														
	EI Atazar														
CUENCA DEL ALBERCHE	Guadalix de la Sierra														
	Puerto de Cotos														
CUENCA DEL TAJUÑA	S.M. de Valdeiglesias														
	Villa del Prado														
CUENCA DEL TAJUÑA	Orusco de Tajuña														
	Villarejo de Salvanes														
MEDIA ANUAL DE LA RED (µg/m ³)															

* Sin descuento por masas de aire procedentes del Sáhara.





Tabla 24. Parámetros que son objeto de seguimiento diario en las estaciones de la Red de Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid.
(Área de Calidad Atmosférica, 2022)

 Área de Calidad Atmosférica Dirección General de Descarbonización y Transición Energética CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y AGRICULTURA		RED DE CALIDAD DEL AIRE DEL AYUNTAMIENTO DE MADRID												
Subzona	Estación	Superaciones de Valores Límite y Valores Objetivo 2023							Superaciones de Umbrales de Información y de Alerta 2023					
		PM10*		PM2,5	NO ₂	O ₃	SO ₂	CO	BENCENO	NO ₂	SO ₂	O ₃		
		Media Anual ≤ 40 µg/m ³	Sup. Diarias ≤ 33 días (50 µg/m ³ media horaria)	Media Anual ≤ 25 µg/m ³	Media Anual ≤ 40 µg/m ³	Sup. horarias ≤ 18 horas (200 µg/m ³ media horaria)	Sup. Valor Objetivo ≤ 25 días (máx. och. diario)	Sup. horarias ≤ 24 horas (350 µg/m ³ media horaria)	Sup. Diarias ≤ 3 días (1,25 µg/m ³ media horaria)	Sup. valor límite ≤ 1 sup. (10 mg/m ³ máx. diaria de las medias ochos)	Media Anual ≤ 5 µg/m ³	Sup. Umbral Alerta 400 µg/m ³ med horaria 3 horas consecutivas	Sup. Umbral Alerta 500 µg/m ³ med horaria 3 horas consecutivas	Sup. Umbral de información 180 µg/m ³ med horaria
µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	Nº horas	Nº días	Nº horas	Nº días	Nº días	µg/m ³	Nº horas	Nº horas	Nº horas	Nº horas	
1	Av. Ramón y Cajal													
	Barrio del Pilar													
	Escuelas Aguirre													
	Cuatro Caminos													
	Mendez Alvaro													
	Plaza de Castilla													
	Pza. del Carmen													
	Pº.Castellana													
Pza. de España														
Retiro														
2	Ensanche Vallecas													
	Moratalaz													
	Puente de Vallecas													
3	Arturo Soria													
	Barajas													
	Parque Juan Carlos I													
	Sanchinarro													
	Tres Olivos													
Urb. Embajada (Barajas)														
4	Casa de Campo													
	El Pardo													
5	C/ Farolillo													
	Pza. Elíptica													
	Villaverde Alto													
MEDIA ANUAL DE LA RED (µg/m ³)														

* Sin descuento por masas de aire procedentes del Sáhara.





9. REFERENCIAS

- ANFAC. (2022). *Informe anual 2021*. Obtenido de https://anfac.com/wp-content/uploads/2022/07/01_informe_anual_2021_11_7_22_programado.pdf
- Área de Calidad Atmosférica, C. d. (2022). Obtenido de <https://www.comunidad.madrid/servicios/salud/calidad-aire-salud#indice-calidad-aire-ica>
- Área de Calidad Atmosférica, Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura. (2022). *Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos*.
- Área de Calidad Atmosférica, Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura. (2022). *Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid. Listado de superaciones de umbrales*. Recuperado el 23 de mayo de 2022, de http://gestiona.madrid.org/azul_internet/run/j/InformHistoAlertasAccion.icm?ESTADO_MENU=10_1
- Área de Calidad Atmosférica, Dirección General de Medio Ambiente y Sostenibilidad. (2021). *Informe anual sobre la calidad del aire en la Comunidad de Madrid. Año 2020*.
- Ayuntamiento de Madrid. (2022). *Red de estaciones fijas de control de calidad del aire*. Obtenido de <https://airedemadrid.madrid.es/portales/calidadaire/es/En-portada/Red-de-estaciones-fijas-de-control-de-calidad-del-aire/?vgnnextfmt=default&vgnnextoid=aeca16d591bbf710VgnVCM2000001f4a900aRCRD&vgnnextchannel=eb2e471c5c503710VgnVCM1000008a4a900aRCRD>
- BACO - Banco de Datos de Coyuntura. (2021). *Lista de series*. Obtenido de http://gestiona.madrid.org/baco_web/html/web/AccionSeriesDestacadas.icm?acceso=8&annos=5
- C40. (2021). *Transporte y Urbanismo*. (Knowledge Hub) Obtenido de Transporte y urbanismo: https://www.c40knowledgehub.org/s/topic/0TO1Q0000001IRGWAY/transport-and-urban-planning?language=en_US
- C40 Cities Climate Leadership Group, C40 Knowledge Hub. (2021). *How to set up monitoring, evaluation and reporting for your city's climate action plan*. Obtenido de https://www.c40knowledgehub.org/s/guide-navigation?language=en_US&guideArticleRecordId=a3s1Q000001iaiaQAA&guideRecordId=a3t1Q00000071EWQAY
- Comisión Europea. (2021). *Pacto Verde Europeo: La Comisión se fija como objetivo una contaminación cero del aire, el agua y el suelo*. Obtenido de https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_21_2345
- Comisión Europea. (2022). *Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ambient air quality and cleaner air for Europe (recast)*.
- Comission, E. (s.f.). *Air quality - revision of EU rules*. Recuperado el 3 de 5 de 2022, de https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12677-Air-quality-revision-of-EU-rules/public-consultation_en
- Comunidad de Madrid. (2014). *Estrategia de Calidad del Aire y Cambio Climático 2013-2020, Plan Azul+*. Madrid.
- Comunidad de Madrid. (2022). *Portal de Transparencia, Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura*. Recuperado el 3 de 5 de 2022, de <https://www.comunidad.madrid/transparencia/unidad-organizativa-responsable/consejeria-medio-ambiente-vivienda-y-agricultura>





- Comunidad de Madrid, Á. d. (s.f.). *Red de calidad del aire*. Recuperado el 3 de Mayo de 2022, de http://gestiona.madrid.org/azul_internet/html/web/3.htm?ESTADO_MENU=3
- Comunidad de Madrid, Consejería de Medio Ambiente. (2017). *DECRETO 140/2017, de 21 de noviembre, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el protocolo marco de actuación durante episodios de alta contaminación por dióxido de nitrógeno (NO₂) en la Comunidad de Madrid*.
- Comunidad de Madrid, Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Sostenibilidad. (2019). *Servicio de información a la población en caso de superación de los umbrales de información y alerta a la población por ozono, NO₂ y SO₂ a través de mensajes ("SMS") a teléfonos móviles*. Obtenido de http://gestiona.madrid.org/azul_internet/doc/AvisosSMS.pdf?ESTADO_MENU=10_3
- Comunidad de Madrid, Dirección General de Medio Ambiente y Sostenibilidad. (2019). *Revisión de la Estrategia de Calidad del Aire y Cambio Climático de la Comunidad de Madrid 2013-2020, Plan Azul+*. Madrid.
- Consejo Europeo. (2013). *Paquete "aire puro": Mejorar la calidad del aire en Europa*. Obtenido de <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/clean-air/>
- CRTM. (2018). *Encuesta de movilidad de la Comunidad de Madrid*. Obtenido de https://www.crtm.es/media/712934/edm18_sintesis.pdf
- CRTM. (2020). *Informe anual 2020*. Obtenido de https://www.crtm.es/media/981179/informe_anual.pdf
- Datos Macro. (2020). PIB de Comunidad de Madrid. *Expansión*. Obtenido de <https://datosmacro.expansion.com/pib/espana-comunidades-autonomas/madrid#:~:text=En%202020%20la%20cifra%20del,cuando%20fue%20de%2036.049%20%E2%82%AC>.
- Department for Environment Food & Rural Affairs, United Kingdom. (2019). *CLEAN AIR STRATEGY 2019*.
- Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental, Ayuntamiento de Madrid. (2021). *Calidad del aire*. Madrid.
- European Environment Agency, EEA. (s.f.). *Air pollution: from emissions to exposure*. Recuperado el 22 de marzo de 2022, de <https://www.eea.europa.eu/media/infographics/air-pollution-from-emissions-to-exposure/view>
- europo, P. (16). *Directiva (UE) 2016/2284 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*.
- FENERCOM. (2022). *Balance Energético de la Comunidad de Madrid*. Madrid. Obtenido de <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2022/06/Balance-Energ%C3%A9tico-2020-de-la-Comunidad-de-Madrid-vDigital.pdf>
- FENERCOM. (2022). *Balance energético de la Comunidad de Madrid 2020*.
- Gunnelle E. Sandanger, M. S. (24 de junio de 2020). *We breathe climate change, Exhaustion*. Obtenido de <https://www.exhaustion.eu/resources/we-breathe-climate-change>
- INE. (2020). *Contabilidad nacional anual de España: agregados por rama de actividad. Revisión Estadística 2019*. Obtenido de https://www.ine.es/dyngs/INEbase/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736167628&menu=resultados&idp=1254735576581
- INE. (2020). *Edad Media de la Población por Comunidad Autónoma*. Obtenido de <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=3198>
- INE. (2020). *Estructura y dinamismo del tejido empresarial en España*. Obtenido de https://www.ine.es/prensa/dirce_2020.pdf
- INE. (2020). *Proyecciones de Población 2020 - 2070*. Obtenido de https://www.ine.es/prensa/pp_2020_2070.pdf
- INE. (2021). *Cifras oficiales de población resultantes de la revisión del Padrón a 1 de enero*. Obtenido de <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2853>



- INE. (3 de 5 de 2022). Obtenido de <https://ine.es/dynt3/FMI/>
- INE. (2022). *Encuesta Población Activa (EPA)*. Obtenido de <https://www.ine.es/daco/daco42/daco4211/epa0122.pdf>
- Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid. (2021). *Cifras de Población*. Obtenido de https://www.madrid.org/iestadis/fijas/otros/estructu_cen.htm
- Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid. (2021). *Padrón anual. Mapas. Densidades de población*. Obtenido de <https://gestiona.comunidad.madrid/nomecalles/Inicio.icm?sesionBDT=489518>
- Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid. (2021). *Parque de vehículos de la Comunidad de Madrid*. Obtenido de <https://gestiona.comunidad.madrid/desvan/Inicio.icm?enlace=desvan>
- Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid. (2022). *Banco de Datos Estructurales*. Obtenido de https://gestiona.comunidad.madrid/desvan/AccionLlamadaArbolDesvan_dwr.icm?tipoArbol=desvan
- Ministerio para la Transición Ecológica. (6 de julio de 2018). Real Decreto 818/2018, de 6 de julio, sobre medidas para la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos. Obtenido de <https://www.boe.es/boe/dias/2018/07/07/pdfs/BOE-A-2018-9466.pdf>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico - MITECO. (2022). *De compuestos orgánicos volátiles*. Recuperado el 21 de marzo de 2022, de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/compuestos_organicos_volatiles.aspx
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico - MITERD. (2021). *Plan Marco de Acción a corto plazo en caso de episodios de alta contaminación por partículas aéreas inferiores a 10 micras (PM10), partículas inferiores a 2,5 micras (PM2,5), dióxido de nitrógeno (NO2), ozono (O3) y dióxido de azufre (SO2)*.
- Ministerio para la transición ecológica, M. (7 de julio de 2018). Real Decreto 818/2018, de 6 de julio, sobre medidas para la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos. pág. 20.
- Ministerio para la transición ecológica, MITECO. (2019). *I Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica*. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones 2019.
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *La Agenda para el Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 2022 de abril de 27, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (2005). *Air Quality Guidelines. Global Update 2005*.
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (2021). *WHO global air quality guidelines*.
- Parlamento Europeo. (2016). *Directiva (UE) 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*. Obtenido de <https://www.boe.es/doue/2016/344/L00001-00031.pdf>
- Parlamento europeo y el consejo. (14 de diciembre de 2016). *Directiva (UE) 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*. Obtenido de <https://www.boe.es/doue/2016/344/L00001-00031.pdf>
- United States European Protection Agency - EPA. (2022). *Air Quality and Climate Change Research*. Recuperado el 27 de abril de 2022, de <https://www.epa.gov/air-research/air-quality-and-climate-change-research#:~:text=Changes%20in%20climate%20can%20result,ozone%20standards%20in%20the%20future>
- Universidad Politécnica de Madrid. (2022). *Análisis de contribución de fuentes de emisión*.
- WHO. (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. Obtenido de http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=E06BAD67975E8BC1AEC8C4CB190843DF?sequence=1
- WHO. (2021). *Contaminación del aire ambiente (exterior)*. Obtenido de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)



10. ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AEMA-ITV	Asociación de Entidades para la Inspección Técnica del Vehículo
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología de España
As	Arsénico
CEIM	Confederación Empresarial de Madrid
CEOE	Confederación Española de Organizaciones Empresariales (CEOE)
Cd	Cadmio
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
CM	Comunidad de Madrid
CO	Monóxido de Carbono
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
COVNM	Compuestos Orgánicos Volátiles No Metánicos
CPD	Centro de proceso de datos
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
DIRCE	Directorio General de Empresas
EEA	Agencia Europea del Medio Ambiente
EECAM	Estrategia de Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IPPU	Industrial Processes and Product Use – Procesos Industriales y Uso de Productos
INE	Instituto Nacional de Estadística
KTEP	Kilo Toneladas Equivalentes de Petróleo
LRTAP	Long-range Transboundary Air Pollution
MITECO	Ministerio para la Transición Ecológica
NEC	National Emission Ceiling (Acrónimo en inglés de Techos Nacionales de Emisión)
NFR	Nomenclature For Reporting
Ni	Níquel
NO ₂	Dióxido de Nitrógeno
NO _x	Óxidos de Nitrógeno
O ₃	Ozono
ODS	Objetivos del Desarrollo Sostenible
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PIB	Producto Interior Bruto
PM ₁₀	Material particulado inferior a 10 micras
PM _{2,5}	Material particulado inferior a 2,5 micras
PNCCA	I Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica
RCI	Residencial, Comercial e Institucional





RD	.....	Real Decreto
SEI	.....	Sistema Español de Inventario
SNAP	.....	Selected Nomenclature for Air Pollution
SO ₂	.....	Dióxido de azufre
SO _x	.....	Óxidos de azufre
UE	.....	Unión Europea
UPM	.....	Universidad Politécnica de Madrid
ZBE	.....	Zona de Bajas Emisiones

