

Estrategia de Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid

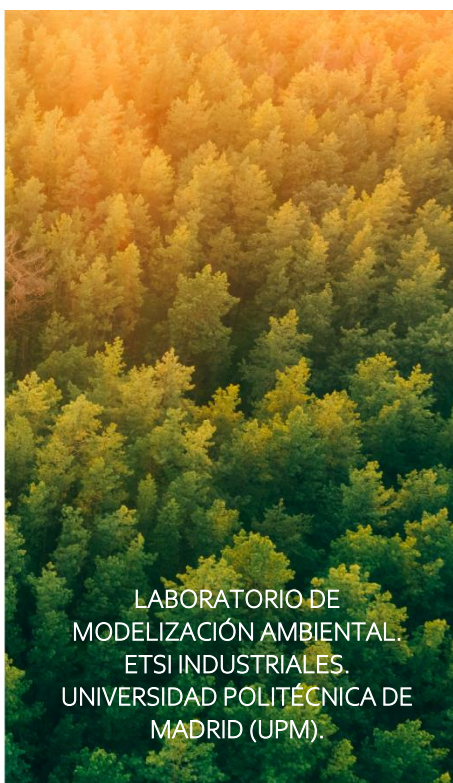
2023-2030



Comunidad
de Madrid

Anexo 4. Definición del nivel de ambición de la estrategia

CONVENIO DE INVESTIGACIÓN
"MODELIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA COMUNIDAD DE MADRID"
ENTRE LA COMUNIDAD DE MADRID Y LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (UPM)



LABORATORIO DE
MODELIZACIÓN AMBIENTAL.
ETSI INDUSTRIALES.
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE
MADRID (UPM).



Índice de contenido



Índice de contenido	2
Índice de tablas.....	3
Índice de figuras	3
1. Objetivo.....	4
2. Introducción	4
3. Antecedentes y consideraciones metodológicas	6
4. Resultados.....	7
5. Conclusiones	9



Índice de tablas

Tabla 1. Comparación de los valores límite fijados por el Real Decreto 102/2011 para la protección de la salud humana y los valores guía definidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Además de los valores guía actuales, propuestos en 2021, se indican entre paréntesis los valores propuestos por la OMS en 2005.....4

Índice de figuras

Figura 1. Zonificación y estaciones de la red de vigilancia gestionada por la Comunidad de Madrid 5

Figura 2. Reducción porcentual de concentración de NO₂ basada en la repartición por sectores de la contribución de fuentes para el SNAP 2 (izquierda) y para el SNAP 7 (derecha) 7

Figura 3. Reducción porcentual de concentración de PM_{2,5} basada en la repartición por sectores de la contribución de fuentes para el SNAP 2 (izquierda) y para el SNAP 7 (derecha) 8





1. OBJETIVO

La Estrategia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Calidad del Aire 2021 – 2030 de la Comunidad de Madrid pretende establecer un marco a medio y largo plazo para descarbonizar la economía de la Comunidad de Madrid y contribuir a cumplir los objetivos de la Unión Europea en materia de calidad del aire. Dentro de la primera anualidad del convenio de investigación “Modelización de la Calidad del aire en la Comunidad de Madrid” (Convenio) entre la Comunidad de Madrid (Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura) y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), se estableció la conveniencia de hacer una reflexión inicial del nivel de ambición que la nueva Estrategia debe tener en relación a los objetivos de corto plazo (2030), que fundamentalmente se asocian con la mejora de la calidad del aire. El presente documento resume los resultados expuestos en el documento “Definición del nivel de ambición de la estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático y calidad del aire 2021-2030 de la comunidad de Madrid”. Dicho documento tiene como objetivo dar una estimación del orden de magnitud de la reducción de emisiones necesaria de cada contaminante para cumplir con la legislación vigente y adicionalmente con los valores guía propuestos por la OMS, centrándose en el sector del tráfico rodado y el residencial, sin entrar a estudiar la viabilidad técnica o económica de posibles medidas. Los contaminantes estudiados son el óxido de nitrógeno (NO₂), y las partículas (PM_{2,5}) 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. El periodo de referencia es el año 2018, que corresponde con el año base de las simulaciones realizadas en el marco del Convenio.

2. INTRODUCCIÓN

El Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, y el Real Decreto 39/2017, de 27 de enero, que lo modifica, relativo a la mejora de la calidad del aire, traspone al ordenamiento jurídico nacional la Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y sirve de marco regulador para la gestión de la calidad del aire. Por otro lado, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha revisado en septiembre de 2021 sus valores guía (WHO, 2021), que señalan las concentraciones máximas deseables para minimizar los efectos negativos de la contaminación atmosférica a nivel internacional (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de los valores límite fijados por el Real Decreto 102/2011 para la protección de la salud humana y los valores guía definidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Además de los valores guía actuales, propuestos en 2021, se indican entre paréntesis los valores propuestos por la OMS en 2005

Parámetro	NO ₂ (µg/m ³)		PM ₁₀ (µg/m ³)		PM _{2,5} (µg/m ³)		O ₃ (µg/m ³)	
	RD 102/2011	OMS	RD 102/2011	OMS	RD 102/2011	OMS	RD 102/2011	OMS
Media anual	40	10 (40)	40	15 (20)	20	5 (10)	-	-
Media 24 horas	-	25 (-) (II)*	50 (III)*	45 (50) (II)*	-	15 (25) (II)*	-	-
Media horaria	200 (I)*	- (200)	-	-	-	-	-	-
Media máxima 8 horas	-	-	-	-	-	-	120 (IV)*	100 (100) (IV)*

*(I) No se puede superar más de 18 veces al año (percentil 99,8)

*(II) No se puede superar más de 3-4 veces al año (percentil 99).

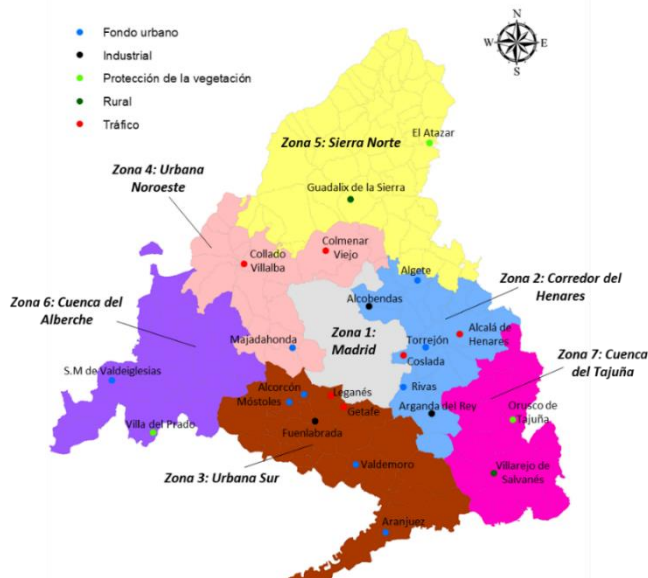
*(III) No puede superarse más de 35 veces al año (percentil.90,4)

*(IV) Media de las 8 horas diarias con la concentración máxima de O₃ en

los 6 meses consecutivos con las concentraciones más elevadas de O₃.



La Comunidad de Madrid cuenta actualmente con 24 estaciones de medición de la calidad del aire (desde la instalación de la estación de Cotos en 2020) para verificar el cumplimiento de estos niveles de concentración en el aire ambiente. Estas estaciones están situadas en localizaciones de características específicas para dar información relativa a la contaminación en todo el territorio. Las estaciones se clasifican en los siguientes grupos y sus localizaciones se pueden observar en la Figura 1. Esta red se complementa con la del Ayuntamiento de Madrid que cuenta con otros 24 puntos de medida dentro de dicho municipio.



- **Estaciones rurales / para la protección de la vegetación:** Orusco de Tajuña, Villa de Prado, El Atazar, Guadalix de la Sierra y San Martín de Valdeiglesias
- **Estaciones de fondo:** Torrejón de Ardoz, Móstoles, Alcorcón, Majadahonda, Aranjuez, Rivas-Vaciamadrid, Algete, Valdemoro
- **Estaciones industriales:** Fuenlabrada y Arganda del Rey
- **Estaciones de tráfico:** Villarejo del Salvanés, Alcobendas, Leganés, Alcalá de Henares, Getafe, Coslada, Colmenar Viejo y Collado Villalba

Figura 1. Zonificación y estaciones de la red de vigilancia gestionada por la Comunidad de Madrid

Gracias a esta infraestructura se puede hacer un seguimiento de la calidad del aire en la región. Tomando como referencia el año 2018 y centrandó la atención en los contaminantes más relevantes desde el punto de vista de sus efectos en la salud NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ y O_3 se puede concluir que los incumplimientos de la legislación son muy limitados pero son muy superiores a los propuestos por la OMS con carácter general.

Los valores más elevados de dióxido de nitrógeno (NO_2) se relacionan con estaciones de tráfico. En concreto, la estación de Coslada, con $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$, supone la única excedencia del valor límite anual para la protección de la salud humana legalmente establecido para este contaminante ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). No obstante, el valor recomendado por la OMS (media anual de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sólo se alcanza en tres de tipo "rural". Con respecto al valor límite horario para la protección de la salud humana marcado por el RD 102/2011 ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), durante el año 2018 no se superó en ninguna estación. Con carácter general cabe apuntar que los valores más elevados se registraron en los meses de invierno.

En el caso de las partículas de $10 \mu\text{m}$ o menores (PM_{10}), ninguna de las estaciones de la red superó el valor límite anual para la protección de la salud humana marcado por el RD 102/2011 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Sin embargo, sólo 5 estaciones registraron medias anuales compatibles con las recomendaciones más recientes de la OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Mientras que los niveles anuales más altos corresponden a estaciones de tráfico (Torrejón de Ardoz y Coslada; ambas con $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$), el número de días con valores por encima de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valor límite diario) se observó en Villa del Prado (de tipo rural), con 13 superaciones. En lo que respecta a las partículas más finas ($\text{PM}_{2,5}$), todas las estaciones presentaron valores por debajo del valor límite anual del RD 102/2011 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y por encima del valor guía de la OMS ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Los valores más elevados se registraron en las estaciones de Torrejón de Ardoz, Algete y Villa del Prado, con 12, 12 y $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.

En el caso del ozono troposférico (O_3) se han dado superaciones del límite marcado para la protección de la salud humana por el RD 102/2011 (que establece que la media móvil octohoraria máxima por encima de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que no pueden superarse en más de 25 ocasiones en un año) en 16 de 22 estaciones, con los niveles más elevados registrados en El Atazar, Guadalix de la Sierra y Alcobendas. Este contaminante presenta sus valores máximos típicamente en verano y medias elevadas en ubicaciones rurales de fondo.



3. ANTECEDENTES Y CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

Los trabajos previos realizados en el ámbito de la evaluación de la Estrategia de Calidad del Aire y Cambio Climático de la Comunidad de Madrid 2013-2020 (Plan Azul+) y su revisión constituyen un antecedente relevante para la estimación del nivel de ambición de la nueva Estrategia. El análisis de las medidas incluidas en dicha estrategia apunta al gran potencial de reducción de emisiones de NO_x del sector del tráfico rodado, tanto del transporte público como privado. En general, se observa que las medidas de renovación de la flota reportan reducciones de emisiones de este compuesto muy considerables aunque su efecto en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) es mucho más limitado, del orden de 4 veces menos. Los estudios previos indican que las medidas disuasorias, que consiguen reducir los niveles de actividad son las más efectivas para reducir las emisiones de CO₂ equivalente. En cuanto al material particulado, se evidencia el interés de actuar además sobre el sector residencial, comercial e institucional (RCI) a través de cambios de combustible o medidas de eficiencia energética.

La larga vida media de los GEI hace que su origen geográfico carezca de importancia de cara a su efecto sobre el clima. De este modo, los objetivos asociados se pueden plantear directamente sobre en análisis de las tasas de emisión. Es decir, no precisan realizar simulaciones con modelos de calidad de aire para evaluar su concentración local en el aire ambiente. En este sentido, cabe destacar que el Plan Azul+ planteaba una reducción del 10% de las emisiones de CO₂ equivalente en 2020 con respecto a las del año 2005 (a través de una reducción del 15% en los sectores del transporte y RCI respecto a 2010). Considerando la serie histórica actualizada conforme al último inventario disponible, esto se traduciría en una emisión objetivo de 25.097 kt en 2020. Según la última versión disponible del inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid, las emisiones de CO₂ equivalente en 2018, año de referencia dentro del Convenio, fueron de 21.861 kt, por tanto, por debajo del nivel de emisión planteado por la anterior estrategia regional. No obstante, en lo que respecta al nivel de ambición de la Estrategia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Calidad del Aire 2021 – 2030, sería deseable planear objetivos más ambiciosos. A nivel estatal, 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 del conjunto de la economía española en, al menos, un 23 % respecto del año 1990. Trasladando este mismo objetivo a la Comunidad de Madrid, esto implicaría una emisión objetivo en 2030 de 11.530 kt de CO₂ equivalente, lo que implicaría reducir las emisiones actuales (2018) en 10.330 kt, lo que supone un 47,3 %.

En cuanto a los compuestos relevantes para la calidad del aire, es esencial realizar simulaciones con modelos de calidad del aire que permitan describir todos los fenómenos relevantes de transporte y transformación química en la atmósfera, así como las interacciones entre las diversas fuentes, tanto locales, como aportaciones externas. La aplicación de modelos eulerianos fotoquímicos tridimensionales específicamente para la Comunidad de Madrid en el pasado, ha permitido analizar la importancia de los distintos sectores emisores en los niveles de concentración en el aire ambiente así como evaluar el efecto concreto de determinadas estrategias, incluyendo el Plan Azul+.

El análisis de dicha estrategia permite deducir que una reducción de emisiones de NO_x del orden de 10.000 t/año en el sector del tráfico rodado podría ser suficiente para el cumplimiento de los niveles preceptivos de NO₂ según la legislación vigente en toda la región, incluyendo el municipio de Madrid.

En lo que respecta al material particulado, se observa una menor sensibilidad a la reducción de emisiones, ya que descensos del orden del 10 y 12% respectivamente para PM_{2,5} y PM₁₀ llevarían aparejadas mejoras de concentración media de tan sólo un 2%. Cabe indicar que para el control del material particulado es fundamental actuar no sólo sobre las emisiones de partículas; además es importante reducir las emisiones de sus principales precursores como NH₃, SO₂ o COVNM. Pese a que no hay problemas legales actualmente, esto indica la dificultad de reducir los impactos en salud causados por el material particulado en general y de alcanzar los valores guía de la OMS en particular.

Los estudios de simulación previos indican que estas medidas no suponen ninguna mejora en los niveles de O₃ troposférico. De hecho, se estimó que el conjunto de medidas del Plan Azul+ podría producir un ligero incremento de la concentración media anual de este compuesto. En lo que respecta al valor objetivo para la protección de la salud humana (relacionado con las máximas diarias octohorarias), se produciría un incremento prácticamente inapreciable (0,1% como media en la región). Este fenómeno se debe esencialmente al efecto de reducción del consumo de O₃ por la oxidación de NO, dada la sustancial



reducción de emisiones de NO_x. Esta circunstancia, junto con el predominio de las influencias externas observado en el estudio de contribución de fuentes realizado en el contexto del Convenio, aconsejan centrar la discusión sobre el nivel de ambición de la estrategia en relación a la calidad del aire en el análisis de los niveles de concentración de NO₂ y PM_{2,5}, que por otro lado son los compuestos más importantes en términos de impacto en salud en la región.

Para ello, son de especial interés los resultados del mencionado estudio de contribución de fuentes realizado específicamente dentro del Convenio, basado en un sistema de modelización multi-escala y multi-contaminante de última generación y que utiliza el año 2018 como referencia. Considerando que los procesos atmosféricos son fuertemente no lineales y las interdependencias de unos contaminantes con otros, la manera de evaluar con fiabilidad la respuesta de la atmósfera a una determinada estrategia de reducción de emisiones es la simulación detallada de dicho escenario de emisiones específicamente. Sin embargo, para tener una orientación aproximada del orden de magnitud de las reducciones de emisión que serían necesarias en el contexto de la Comunidad de Madrid para alcanzar los niveles de calidad del aire exigibles legalmente según el RD 102/2011 o las recomendaciones de la OMS, se ha procedido a hacer una interpolación de los resultados del estudio de contribución de fuentes. Asumiendo métodos de atribución proporcional bajo matrices de transferencia específicos para cada sector, similares a los modelos integrados o modelos de complejidad reducida, se da una acotación aproximada de las tasas de reducción necesarias. Dada su relevancia, el análisis se centra en los sectores del tráfico rodado y RCI. Debe notarse que la discusión sobre reducción de emisiones de dichos sectores aplica a todos los contaminantes que son emitidos, es decir los porcentajes no se refieren específicamente a reducciones de algún precursor en particular como NO_x o material particulado primario, sino al conjunto de emisiones del sector, lo que a efectos prácticos, sería equivalente a reducciones del nivel de actividad.

4. RESULTADOS

El estudio de contribución de fuentes identifica al tráfico rodado (grupo SNAP 7 conforme a la clasificación *Selected Nomenclature for Air Pollution*) como principal fuente del NO₂ en el aire ambiente, seguido del sector RCI (grupo SNAP 2). En la Figura 2 se muestra una estimación de la variación en el nivel de concentración de este compuesto en distintos puntos relevantes (ubicación de las estaciones de vigilancia de la calidad del aire) en función de la tasa de reducción en estos dos sectores. Como se puede observar, es presumible que para cumplir con el valor preceptivo para la media anual de NO₂ según el RD 102/2011 (40 µg/m³) sea esencial actuar sobre el sector del tráfico rodado, ya que incluso con una eliminación total de las emisiones del sector RCI (SNAP 2), no se podría garantizar el cumplimiento en algunas estaciones de tráfico.

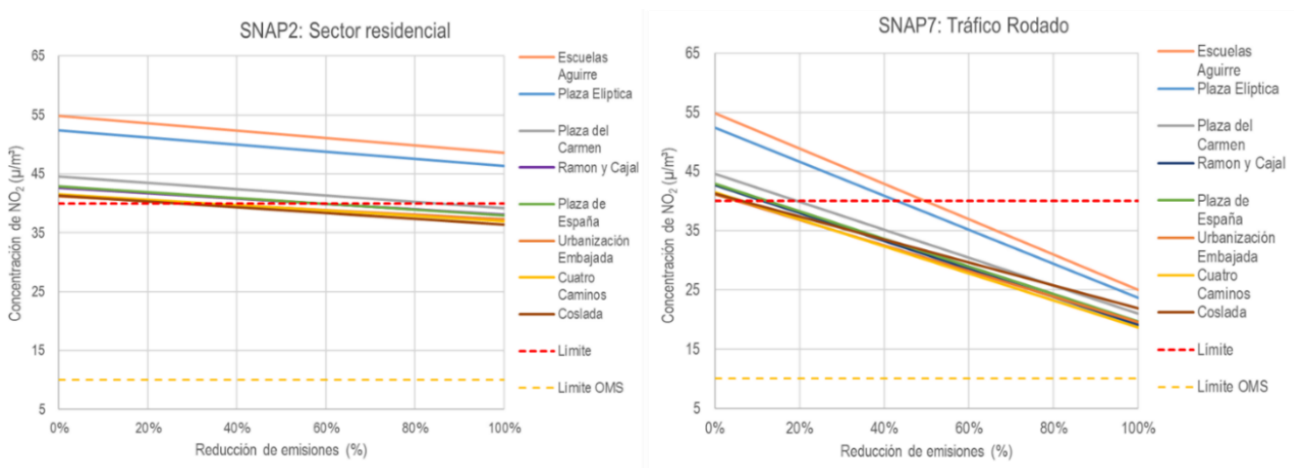


Figura 2. Reducción porcentual de concentración de NO₂ basada en la repartición por sectores de la contribución de fuentes para el SNAP 2 (izquierda) y para el SNAP 7 (derecha)

En el caso del tráfico rodado (SNAP 7), para que cumpliera este nivel en todas las estaciones sería necesaria una reducción del orden del 50%. Esta estimación aproximada sugiere que el valor guía actualmente recomendado por la OMS (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sería inalcanzable incluso eliminando el 100% de las emisiones del tráfico rodado, lo que indica que alcanzar dicho nivel en la totalidad de la Comunidad de Madrid no es un objetivo viable a corto plazo.

En lo que respecta a las partículas finas ($\text{PM}_{2,5}$), estos dos sectores son también los principales contribuyentes aunque la influencia del SNAP 2 es ligeramente superior a la del SNAP 7. A diferencia del NO_2 , cabe destacar la media anual marcada por el RD 102/2011 para la protección de la salud humana (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) no se supera en ninguna estación de la Comunidad de Madrid o del Ayuntamiento, por lo que el nivel de ambición no debe limitarse al cumplimiento de la legislación. En la Figura 3, se muestran como referencia el valor guía fijado por la OMS en 2005 (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y el actualmente vigente, propuesto en 2021 (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

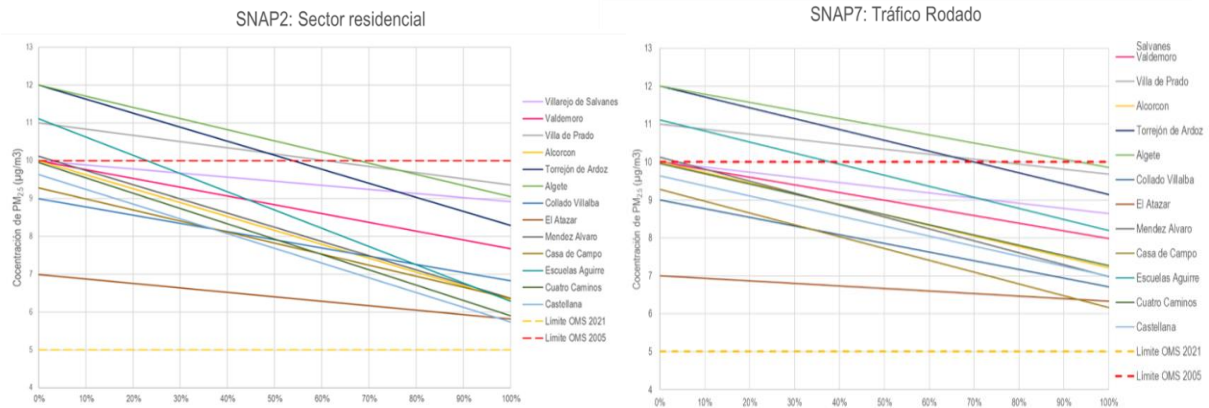


Figura 3. Reducción porcentual de concentración de $\text{PM}_{2,5}$ basada en la repartición por sectores de la contribución de fuentes para el SNAP 2 (izquierda) y para el SNAP 7 (derecha)

Según este análisis simplificado, se observa que el cumplimiento del valor guía antiguo de la OMS en toda la región podría ser compatible con reducciones del orden del 90% de las emisiones del tráfico rodado (SNAP 7) o del 70% del sector RCI (SNAP 2). En este caso también se evidencia la dificultad a efectos prácticos de alcanzar el valor guía de la OMS de 2021 a corto plazo en el conjunto de la Comunidad de Madrid.



5. CONCLUSIONES

Lo resultados aquí resumidos permiten hacer una acotación aproximada y plantear recomendaciones generales de cara a fijar el nivel de ambición en lo que respecta a los objetivos de reducción de emisiones de la Estrategia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Calidad del Aire 2021–2030 de la Comunidad de Madrid.

El cumplimiento del valor límite anual de NO_2 para la protección de la salud humana (concentración media anual de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ según el RD102/2011) ha sido el motor de la mayoría de los planes y programas de mejora de la calidad del aire en la región en el pasado. Según el análisis preliminar discutido en este documento, se puede apuntar que sería necesario reducir las emisiones del tráfico rodado (SNAP 7) aproximadamente a la mitad para permitir que todas las estaciones de calidad del aire, tanto de la Comunidad de Madrid como del Ayuntamiento cumplieran con este parámetro, mucho más exigente que el valor límite horario. Esto implicaría una reducción de emisiones de NO_x del orden de 13.000 t/año. Obviamente, reducciones en otros sectores permitirían alcanzar este objetivo. No obstante, éste es el sector clave ya que ni aun disminuyendo el 100% las emisiones del sector residencial, comercial e institucional (SNAP 2), se podría rebajar la concentración media anual por debajo de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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. Esto no es óbice para recomendar que se planten reducciones en la combustión no industrial, ya que facilitaría disminuir la concentración de NO_2 , especialmente en los periodos más desfavorables, típicamente los meses de invierno.

En lo que respecta a la consecución del valor guía recomendado por la OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), no sería alcanzable a corto plazo, según los resultados del estudio exclusivamente a través de la Estrategia. Esto implica que la consecución del valor guía de la OMS requeriría necesariamente la implementación de políticas de reducción de emisiones a diversas escalas, siendo inalcanzables exclusivamente con medidas a nivel regional. Además de la reducción de emisiones a escalas internacional y nacional, los resultados evidencian la importancia de coordinar las políticas de calidad del aire con las del Ayuntamiento de Madrid.

En el caso de las $\text{PM}_{2,5}$, actualmente se respetan los valores límite legalmente establecidos, pero hay una superación generalizada del valor guía propuesto por la OMS en su revisión de 2021 ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). El estudio indica que alcanzar este nivel a corto plazo es inviable y, por tanto, se podría considerar como objetivo el valor guía propuesto por la OMS en 2005 ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Este nivel se podría alcanzar en la mayoría de las estaciones de vigilancia de la calidad del aire de la región con una reducción del 40% de las emisiones del SNAP 7. En términos de emisiones de $\text{PM}_{2,5}$ esto supone unas 430 t/año. No obstante, hay que destacar la importancia del aerosol secundario en este caso, lo que aconseja extender esta reducción a todas las emisiones del tráfico, ya que muchas de ellas actúan como precursores de partículas secundarias. En este caso, también hay un gran margen de mejora a través de la reducción de emisiones del SNAP 2. Según los resultados preliminares, una reducción del 70% sería suficiente para alcanzar el valor guía OMS de 2005 en toda la región, aún sin actuar sobre el tráfico rodado. No obstante, una reducción del 30% permitiría su cumplimiento en la mayor parte de las ubicaciones. Este hecho, de nuevo señala la importancia de plantear medidas ambiciosas en las dos fuentes emisoras clave (tráfico y RCI) sin menoscabo de iniciativas en otros sectores.

En lo que respecta al O_3 troposférico, el último estudio de contribución de fuentes sugiere que el margen de control a través de medidas locales es muy reducido. En consecuencia, se plantea centrar el nivel de ambición de la estrategia en base la discusión de las emisiones de NO_x , $\text{PM}_{2,5}$ y CO_2 y realizar estudios de detalle posteriores dentro del Convenio para dirimir posibles medidas que permitan reducir los picos de concentración de este contaminante secundario.

Finalmente cabe recapitular que la Estrategia pretende ser también un instrumento para la descarbonización de la economía madrileña. Según los análisis realizados, sería recomendable incrementar sustancialmente el nivel de ambición





de instrumentos anteriores como el Plan Azul+ a este respecto. Como referencia a nivel estatal, 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 del conjunto de España en, al menos, un 23 % respecto del año 1990. Trasladando este mismo objetivo a la Comunidad de Madrid, esto implicaría reducir las emisiones directas actuales (2018) en casi un 50%, lo que supone más de 10.000 kt/año de CO₂ equivalente.

De ello se deduce que las reducciones necesarias son incluso de mayor calado que las discutidas para los dos contaminantes más relevantes para la calidad del aire y sus impactos en salud (NO₂ y PM_{2,5}). No obstante, una reducción del orden del 50% para el conjunto de emisiones del tráfico rodado (SNAP 7) y las fuentes de combustión no industrial del sector residencial, comercial e institucional (SNAP 2), a través de medidas tecnológicas y no tecnológicas, permitiría dar cumplimiento a la legislación en materia de calidad del aire y alinear el proceso de descarbonización con los objetivos a nivel nacional.