

Evaluación de la calidad del aire de La Rioja 2024

**DIRECCION GENERAL DE CALIDAD AMBIENTAL, CAMBIO CLIMÁTICO Y AGUA
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, MUNDO RURAL Y MEDIO AMBIENTE
GOBIERNO DE LA RIOJA**

Elaboración

Servicio de Cambio Climático

Dirección General de Calidad Ambiental, Cambio Climático y Agua
Consejería de Agricultura, Ganadería, Mundo Rural y Medio Ambiente
Gobierno de La Rioja

Agradecimientos

La evaluación de la calidad del aire de La Rioja no podría realizarse sin la información proporcionada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD), así como por otras entidades participantes en la modelización de la contaminación atmosférica, como la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) o el Barcelona Supercomputing Center (BSC).

Logroño, junio de 2025.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA RIOJA 2024

Contenido.

1.- RESUMEN EJECUTIVO.

Tabla 1.- Rango de concentraciones de contaminantes y categorías de calidad del aire.

Figura 1.- Calidad del aire en La Rioja en el año 2024.

2.- INTRODUCCIÓN.

2.1.- Contexto global.

Tabla 2.- Principales efectos sobre la salud humana de los contaminantes atmosféricos.

Tabla 3.- Valores legislados en Europa vs. valores guía de la OMS.

2.2.- Marco normativo.

2.2.1.- Normativa europea.

2.2.2.- Normativa nacional.

2.2.3.- Objetivos de calidad del aire.

Tabla 4.- Objetivos de calidad del aire para la protección de la salud.

Tabla 5.- Objetivos de calidad del aire para la protección de la vegetación y los ecosistemas.

2.3.- Marco competencial y organizativo.

3.- SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA RIOJA.

3.1.- La Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de la Rioja.

Figura 2.- Localización de las estaciones de medición de calidad del aire de La Rioja.

Tabla 6.- Estaciones de medición de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de La Rioja.

Figura 3.- Localización de las áreas para la evaluación de la calidad del aire.

Tabla 7.- Zonificación de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de La Rioja.

3.2.- Criterios de representatividad de las estaciones.

3.3.- Evaluación mediante mediciones fijas.

3.4.- Evaluación mediante mediciones representativas.

3.5.- Modelización y biomonitorización de metales pesados.

3.6.- Predicción de episodios de intrusiones saharianas.

Figura 4.- Áreas geográficas para la identificación de episodios naturales.

3.7.- Información al público de la calidad del aire en La Rioja.

3.8.- Costes de instalación, mantenimiento y operación.

4.- LA RED DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA RIOJA.

4.1.- Descripción de las actividades.

Figura 5.- Esquema organizativo de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de La Rioja.

4.2.- Sistema de aseguramiento de la calidad de los datos.

5.- RESULTADOS DEL ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA RIOJA.

5.1.- Consideraciones iniciales.

Figura 6.- Esquema de los objetivos de calidad y sus definiciones.

5.2.- Calidad de los datos.

Tabla 8.- Objetivos de calidad de los datos.

Tabla 9.- Datos válidos en La Rioja en el año 2024 (%).

5.3.- Dióxido de azufre (SO_2).

5.3.1.- Protección de la salud.

Figura 7.- Índice Nacional de Calidad de Aire para SO_2 en el año 2024.

5.3.2.- Protección de la vegetación.

Figura 8.- Evolución 2012-2024 de las concentraciones medias anuales de SO_2 y umbrales para la protección de la vegetación.

5.4.- Óxidos de nitrógeno (NOx).

5.4.1.- Protección de la salud.

Figura 9.- Evolución 2012-2024 de las concentraciones medias anuales de NO_2 y umbrales para la protección de la salud.

Figura 10.- Índice Nacional de Calidad de Aire para NO_2 en el año 2024.

5.4.2.- Protección de la vegetación.

Figura 11.- Evolución 2014-2024 de las concentraciones medias anuales de NOx y umbrales para la protección de la vegetación.

5.5.- Partículas (PM).

5.5.1.- Protección de la salud en partículas PM10.

Figura 12.- Evolución 2012-2024 de las medias anuales de concentración de PM10 y umbrales para la protección de la salud.

Figura 13.- Índice Nacional de Calidad de Aire para PM10 en el año 2024.

5.5.2.- Protección de la salud en partículas PM2,5.

Figura 14.- Evolución 2012-2024 de las medias anuales de concentración de PM2,5 y umbrales para la protección de la salud.

Figura 15.- Índice Nacional de Calidad de Aire para PM2,5 en el año 2024.

5.6.- Ozono (O_3).

5.6.1.- Protección de la salud.

Tabla 10.- Superaciones del VOS de O_3 en la zona rural en el año 2024.

Figura 16.- Evolución 2012-2024 de las superaciones del valor objetivo de O_3 de protección de la salud (media 3 años).

Figura 17.- Índice Nacional de Calidad de Aire para O₃ en el año 2024.

5.6.2.- Protección de la vegetación.

Figura 18.- Evolución 2014-2024 del O₃ acumulado según el valor objetivo AOT40 para la protección de la vegetación.

5.7.- Monóxido de carbono (CO).

5.7.1.- Protección de la salud.

Figura 19.- Evolución 2012-2024 de las medias anuales del máximo diario octohorario de CO para la protección de la salud.

5.8.- Benceno (C₆H₆) y BTX.

5.8.1.- Protección de la salud.

Figura 20.- Evolución 2012-2024 de las medias anuales de concentración del C₆H₆ para la protección de la salud en la aglomeración urbana.

Figura 21.- Evolución 2012-2024 de las medias anuales de concentración de BTX para la protección de la salud en la aglomeración urbana.

5.9.- Metales pesados.

6.- FUENTES DE EMISIÓN EN LA RIOJA.

Tabla 11.- Valores de emisiones 2023 y objetivos 2030 aplicados de la Directiva Techos.

Figura 22.- Evolución 2000-2022 de las emisiones de SO_x, NO_x COVNM, NH₃ y PM2,5, tomando como referencia el primer año de la serie (1990 para los primeros y 2000 para PM2,5).

7.- REFERENCIAS.

1.- RESUMEN EJECUTIVO.

El objeto de este Informe es presentar los resultados de la evaluación de la calidad del aire de La Rioja en el año 2024, así como describir la metodología seguida para su vigilancia y control. Este Informe se realiza con anticipación a la obtención de los resultados que serán notificados a la Comisión Europea en septiembre de 2025, a través del informe de evaluación nacional elaborado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (en adelante, MITERD).

Dentro de la estructura del Gobierno de La Rioja, la Dirección General de Calidad Ambiental Cambio Climático y Agua de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Mundo Rural y Medio Ambiente tiene atribuidas, entre otras competencias, las relativas a la vigilancia, evaluación e información de la calidad del aire, así como la planificación de actuaciones para la reducción de la contaminación, velando en todo caso por el cumplimiento de la normativa.

El seguimiento de la calidad del aire se realiza mediante la medición en continuo de los principales contaminantes atmosféricos desde las cinco estaciones de vigilancia que conforman la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de La Rioja (en adelante, Red de Vigilancia), situadas en Logroño, Arrúbal, Pradejón, Alfaro y Galilea. En concreto, se realiza un seguimiento de los siguientes contaminantes: dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas de diámetro inferior a 10 micras (PM10) y a 2,5 micras (PM2,5), monóxido de carbono (CO), ozono (O_3) y benceno,tolueno y M-P-Xileno (BTX).

Los datos de concentración de estos contaminantes medidos en las estaciones son validados manualmente por los técnicos en el centro de control de datos ubicado en la Dirección General de Calidad Ambiental, Cambio Climático y Agua, desde donde se transmiten al MITERD prácticamente en tiempo real. A su vez, el MITERD los remite a la Comisión Europea para su puesta a disposición de los ciudadanos y a otros organismos como la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) o el Barcelona Supercomputing Center (BSC). Igualmente, los datos temporales sobre los niveles de concentración de los contaminantes son puestos a disposición pública a través de la página web del Gobierno de La Rioja¹.

¹<https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/calidad-aire-cambio-climatico/calidad-aire/estaciones-medicion>

En cuanto a la gestión de la Red de Vigilancia, es de señalar que en la estación de La Cigüeña (Logroño) se lleva a cabo mediante un Sistema de Garantía de Calidad basado en la UNE-EN ISO/IEC 17025: “Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”, con el fin de demostrar la competencia y capacidad para generar datos válidos. Este Sistema fue auditado satisfactoriamente durante el año 2023 por parte del Instituto de Salud Carlos III (en adelante, ISCIII) como Laboratorio Nacional de Referencia de calidad del aire, en función del Protocolo General de Actuación firmado entre la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del MITERD y el ISCIII para la mejora de la calidad de los datos de las Redes Españolas de Calidad del Aire.

En lo que respecta a la evaluación de la calidad del aire, esta valora el cumplimiento de los objetivos establecidos en la normativa nacional y europea vigente en esta materia. De este modo, durante el primer trimestre de cada año se realiza un informe preliminar de evaluación del año precedente (Informe de avance), el cual es completado en junio una vez conocida la información del MITERD sobre los episodios de intrusiones saharianas de partículas PM10, así como los resultados de las modelizaciones de metales pesados e hidrocarburos, en su caso.

Según el Informe de Evaluación de la Calidad del Aire de La Rioja del año 2023, en las estaciones integrantes de la Red de Vigilancia riojana no se produjeron superaciones de ningún valor límite (VL) ni de ningún valor objetivo (VO) establecido para la protección de la salud o la vegetación durante ese periodo. En cuanto al ozono, a pesar de que no se superaron ninguno de los dos VO, ni para la protección de la salud ni de la vegetación, el cumplimiento del objetivo a largo plazo OLP-salud no siempre se alcanza en todo el territorio y el OLP-vegetación se incumple en la única zona que evalúa vegetación desde 2017.

En el año 2024 se confirman las tendencias observadas durante la evaluación de la calidad del aire realizada en el año 2023, con ligeras mejoras en líneas generales. A la vista de los resultados obtenidos, se considera que hubo un cumplimiento general de los objetivos de la calidad del aire, ya que no se produjeron superaciones de ningún valor límite ni de ningún valor objetivo establecido para la protección de la salud o la vegetación para ninguno de los siete contaminantes atmosféricos analizados, con la excepción de una superación puntual del objetivo de O_3 para la protección de la salud (VOS) en una de las estaciones de la zona rural.

Durante el año 2024 no se activó ningún preaviso o aviso por superación de los valores límite de contaminantes legislados en calidad del aire.

Como resumen, y en lo que respecta a los valores límite de protección de la salud, al comparar los resultados obtenidos en la evaluación del año 2024 y el Índice Nacional de Calidad del Aire (en adelante, ICA) se realizan las siguientes valoraciones generales:

- Dióxido de azufre (SO_2): Tanto en la aglomeración urbana como en la zona rural se han reducido ligeramente los niveles de concentración de este contaminante calculados respecto al VLH y el VLD. No se han registrado superaciones ni del VLH ni del VLD en ninguna de las estaciones y la situación respecto al ICA ha sido buena todo el tiempo.
- Óxidos de nitrógeno (NOx): Las concentraciones relativas al VLH han disminuido en la aglomeración urbana, así como en la zona rural. Respecto al VLA, ha habido un descenso en las concentraciones medidas en la aglomeración urbana y en la zona rural. No se han registrado superaciones ni del VLH ni del VLA en ninguna de las estaciones. La situación respecto al ICA ha sido buena casi todo el tiempo en la aglomeración urbana y todo en la zona rural.
- Partículas menores de 10 micras (PM10): En la aglomeración urbana y en la zona rural los valores referentes al VLD han disminuido, con un máximo de una superación, una vez descontadas las intrusiones subsaharianas detectadas. Los valores relativos al VLA han disminuido en la aglomeración urbana, experimentando también un ligero descenso en la zona rural. La situación respecto al ICA ha sido buena o razonablemente buena casi todo el tiempo en ambas zonas.
- Partículas menores de 2,5 micras (PM2,5): En la zona rural se han mantenido estables los valores obtenidos para el VLA, pero en la aglomeración urbana han sufrido un aumento respecto al año anterior posiblemente detectado gracias a la instalación de un nuevo analizador automático (hasta el año 2023 la estación urbana únicamente contaba con un equipo gravimétrico para la medición de PM2,5). No se han producido superaciones de este umbral en ninguna de las estaciones. La situación respecto al ICA ha sido buena o razonablemente buena casi todo el tiempo en todo el territorio.
- Ozono (O_3): En la aglomeración urbana han disminuido los niveles de concentración de este contaminante calculados respecto al VOS, mientras que en la zona rural se han incrementado. Al igual que en 2023, en la aglomeración urbana no hubo superación del VOS, mientras que en la zona rural se produjo una superación de este umbral frente a las dos del año anterior. La situación respecto al ICA ha sido buena o razonablemente buena casi todo el tiempo en ambas zonas.
- Monóxido de carbono (CO): Tanto en la aglomeración urbana como en la zona rural los valores obtenidos para el VLA han experimentado un ligero descenso respecto al año anterior. En ambas zonas la situación es muy buena, no llegando a superar el valor límite.
- Benceno (C_6H_6): En la aglomeración urbana, única estación donde se mide este contaminante, los valores referentes al VLA han experimentado un pequeño descenso. La situación continúa siendo muy buena, ya que los niveles se encuentran por debajo incluso de los umbrales de evaluación inferior.

En lo relativo a los valores límite de protección de la vegetación y tomando como referencia los datos obtenidos en la estación de Galilea, en comparación con los resultados obtenidos en la evaluación del año 2024 se aprecia lo siguiente:

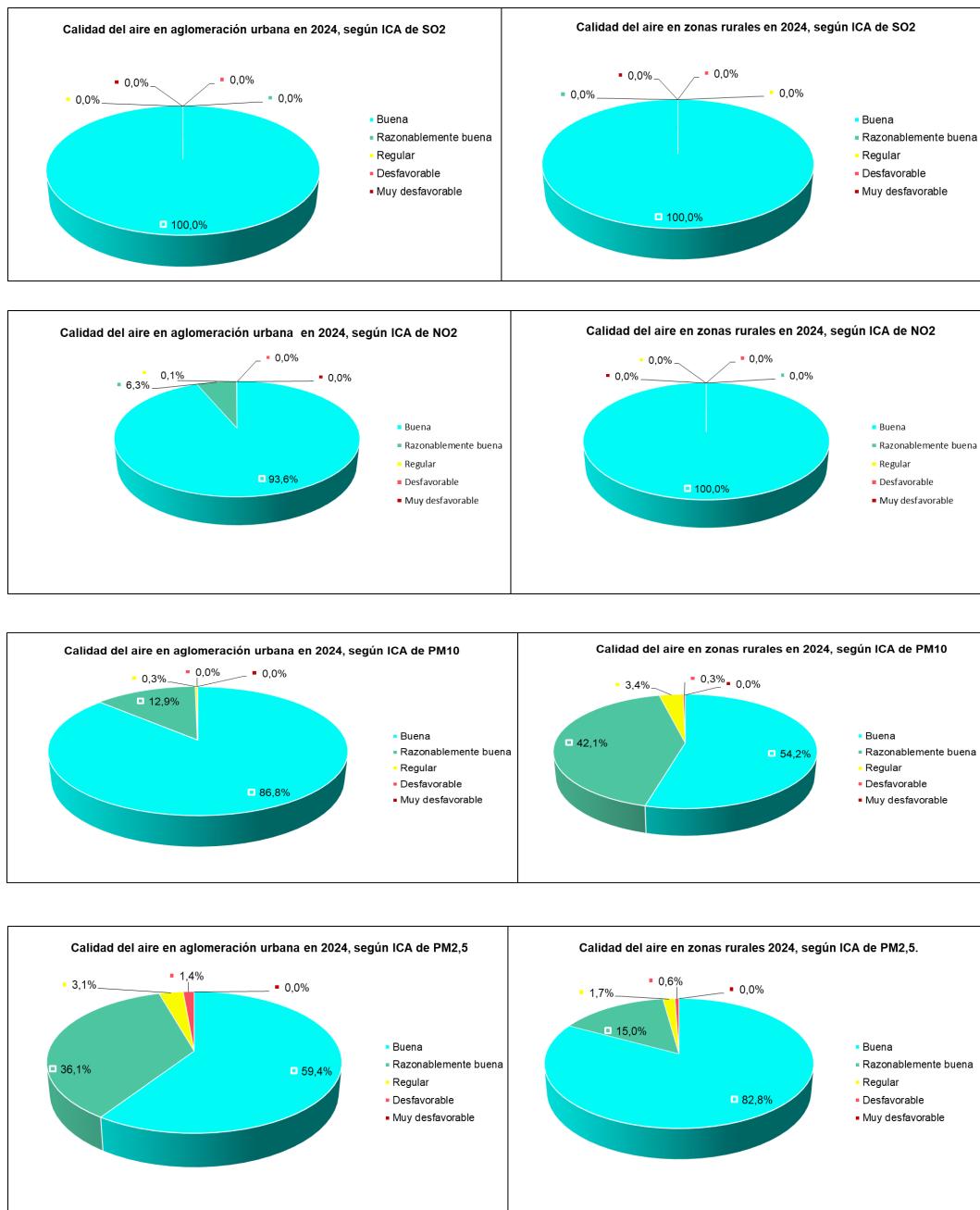
- SO₂: Los valores de concentración medidos para este contaminante se han mantenido estables. La situación es muy buena en este sentido, con unos valores muy por debajo del valor límite y de los umbrales tanto superior como inferior.
- NOx: Los valores han experimentado un descenso significativo respecto al año anterior. La situación es buena, por debajo del valor límite y de los umbrales tanto superior como inferior.
- O₃: La situación respecto a este contaminante se ha mantenido estable durante el año 2024, de forma que no se produjeron superaciones de este umbral al igual que en el año anterior.

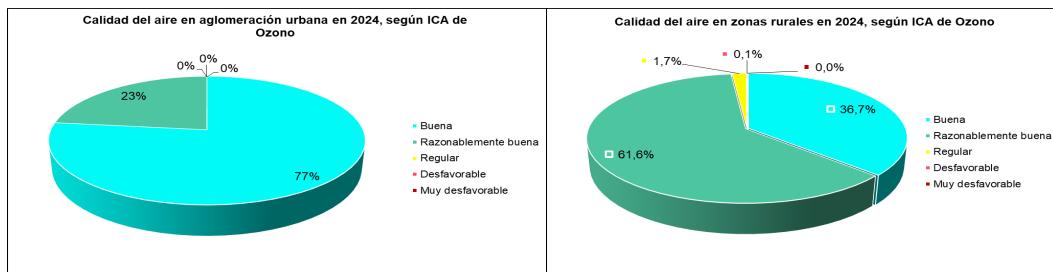
A la vista de las conclusiones obtenidas en los Informes de Evaluación de la Calidad del Aire de La Rioja de los últimos años, la aplicación de la nueva Directiva (UE) 2024/2881 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2024, sobre la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, alineada con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (en adelante, OMS) de 2021, producirá previsiblemente una situación de incumplimiento en cuanto a PM10 y O₃ en zonas rurales.

Tabla 1.- Rango de concentraciones de contaminantes µg/m³ y categorías de calidad del aire. Fuente: Índice Nacional de Calidad del Aire.

SO ₂		PM2,5		PM10		O ₃		NO ₂		CATEGORÍA DEL ÍNDICE
0	100	0	10	0	20	0	50	0	40	BUENA
101	200	11	20	21	40	51	100	41	90	RAZONABLEMENTE BUENA
201	350	21	25	41	50	101	130	91	120	REGULAR
351	500	26	50	51	100	131	240	121	230	DESFAVORABLE
501	750	51	75	101	150	241	380	231	340	MUY DESFAVORABLE
751-1250		76-800		151-1200		381-800		341-1000		EXTREMADAMENTE DESFAVORABLE

Figura 1.- Calidad del aire en La Rioja 2024. Fuente: Índice Nacional de Calidad del Aire.





En cumplimiento de la normativa vigente y sin menoscabo del empeoramiento que supone de la calidad del aire, la fracción de partículas debidas a aportes naturales como las intrusiones saharianas no es tenida en cuenta a efectos de comprobar los días de superación del valor límite diario de partículas ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ni en la determinación de la media anual de partículas PM10. De este modo, los datos de concentración de PM10 se han tratado de acuerdo con el “Procedimiento para la identificación de episodios naturales de PM10 y PM2,5 y la demostración de causa referente a las superaciones del valor límite de PM 10”² empleando como referencia la estación de Valderejo (Álava, 01055001_10_47). En este sentido, cuatro superaciones del valor límite diario de estas partículas registradas en la zona rural y una en la estación urbana se debieron a intrusiones saharianas, por lo que no se han considerado a efectos de esta evaluación.

En cuanto a la gestión de la Red de Vigilancia, todos los objetivos de calidad de datos se cumplieron al superar un 90% de datos válidos, con la excepción del equipo de SO_2 de la estación de Alfaro, debido a una avería por la que tuvo que ser sustituido. Con esa excepción, los parámetros más desfavorables alcanzaron el 95,48% de datos válidos horarios y 90,16% de diarios en las mediciones en continuo.

2.- INTRODUCCIÓN.

2.1.- Contexto global.

Según una encuesta especial del Eurobarómetro publicada en 2022³, los efectos de la contaminación atmosférica en la salud y el medio ambiente constituyen una de las preocupaciones de los europeos. La mayoría de las personas encuestadas cree que tanto las autoridades públicas como las empresas deben hacer más para mejorar la calidad del aire. Además, se muestran a favor de un planteamiento internacional o europeo para mejorar la calidad del aire y de un refuerzo de las normas de calidad del aire europeas.

²https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/metodologiaparaepisodiosnaturales-revabril2013_tcm30-186522.pdf

³<https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2660>

Junto con el cambio climático, la contaminación atmosférica representa una de las mayores amenazas ambientales para la salud, ya que provoca enfermedades cardiovasculares y respiratorias que reducen la calidad de vida y causan muertes evitables. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (en adelante, OMS) estima que siete millones de fallecimientos anuales en el mundo pueden ser atribuibles a la contaminación atmosférica, además de provocar millones de años de vida potencialmente perdidos.

Tabla 2.- Principales efectos sobre la salud humana de los contaminantes atmosféricos. Fuente: Ministerio de Sanidad, basado en el informe Review of evidence on health aspects of air pollution REVIHAAP (2013).

CONTAMINANTE	EXPOSICIÓN	
	CORTO PLAZO	LARGO PLAZO
Ozono	Mortalidad; morbilidad; mortalidad y morbilidad respiratoria y cardiovascular; trastornos pulmonares y vasculares; mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares; ingresos hospitalarios por causas respiratorias y cardiorespiratorias.	Mortalidad; mortalidad respiratoria y cardiorespiratoria, mortalidad en personas sensibles (enfermedad obstructiva pulmonar crónica, diabetes, insuficiencia cardiaca congestiva, infarto de miocardio); asma, lesiones crónicas y cambios estructurales en las vías respiratorias, trastornos en el desarrollo cognitivo, trastornos en la salud reproductiva, partos prematuros; mortalidad diaria; mortalidad por cardiopatías; agravamiento del asma, atención hospitalaria para el asma; desarrollo de la función pulmonar.
Dióxido de nitrógeno	Mortalidad; morbilidad; inflamación e hiperreactividad de las vías respiratorias, cambios estructurales en células pulmonares.	Mortalidad; morbilidad; mortalidad y morbilidad respiratoria y cardiovascular; trastornos respiratorios y de la función pulmonar en niños; ingresos hospitalarios; síntomas respiratorios; susceptibilidad a infección respiratoria.
Partículas	PM10	Mortalidad; morbilidad; efectos adversos respiratorios y cardiovasculares; mortalidad prematura; incremento de ingresos hospitalarios; EPOC; asma; enfermedades respiratorias y cardiorespiratorias.
	PM2,5	Mortalidad y morbilidad.
		Mortalidad; morbilidad; mortalidad y morbilidad cardiovascular; efectos

		psicológicos y mecanismos biológicos plausibles con mortalidad y morbilidad; aterosclerosis; resultados adversos en el nacimiento, enfermedades respiratorias en la infancia, neurodesarrollo y funciones cognitivas; diabetes; bronquitis; cáncer de pulmón.
Partículas ultrafinas	Enfermedades cardiorespiratorias y del sistema nervioso central.	-----
Carbón negro	Efectos sobre la salud a nivel cardiovascular, mortalidad prematura.	Efectos sobre la salud a nivel cardiovascular, mortalidad prematura.
Otras partículas como arsénico, cadmio, mercurio, plomo y níquel	Efectos sobre el sistema nervioso central en niños y sobre el sistema cardiovascular en adultos.	Efectos sobre el sistema nervioso central en niños y sobre el sistema cardiovascular en adultos.

En el caso de España, en el año 2022 la Agencia Europea de Medio Ambiente (en adelante, AEMA) estimó anualmente unas 17.000 muertes prematuras debidas a la exposición a PM, 4.800 a causa del NO₂ y 2.400 a consecuencia del O₃. Respecto a los años de vida potencialmente perdidos, la AEMA calcula 164.700 a causa de las PM, 46.600 debidas al NO₂ y 24.100 al O₃.

Según un reciente estudio sobre el impacto de la contaminación atmosférica y las temperaturas extremas en los ingresos hospitalarios de urgencia en España⁴, publicado en marzo de 2025 por el Instituto de Salud Carlos III (ISCIII) y las Universidades de Girona y Alcalá de Henares, se estima que la contaminación atmosférica en España se relaciona cada año con 62.000 ingresos hospitalarios urgentes corto plazo y que esta relación supondría un coste de más de 850 millones de euros anuales, los cuales se atribuyen a:

- NO₂: 27.823 ingresos hospitalarios y costes anuales de 393,25 millones de euros.
- O₃: 22.858 ingresos hospitalarios y costes anuales de 312,76 millones de euros.
- PM: 11.203 ingresos hospitalarios y costes anuales de 152,95 millones de euros.

⁴ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969725005029?via%3Dihub>

Tras una revisión sistemática de la evidencia acumulada acerca de los graves efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud humana, en 2021 la OMS publicó unas nuevas directrices mundiales conteniendo nuevos valores guía de calidad del aire para la protección de la salud humana (AQG level) respecto a seis contaminantes (PM_{2,5}, PM₁₀, O₃, NO₂, SO₂ y CO), considerando que al actuar sobre ellos directamente también se incidirá sobre otros contaminantes perjudiciales. Estos valores guía suponen una reducción sustancial respecto a los que estaban establecidos en la guía publicada por esta misma organización en 2005, con la excepción del SO₂. Además, establece una serie de valores intermedios (Interim target, IT) como objetivos intermedios de ayuda en la consecución de los valores guía.

Tabla 3.- Valores legislados en Europa vs. valores guía de la OMS. Fuentes: OMS (2021); Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008.

CONTAMINANTE	VALOR LÍMITE UE	VALOR GUÍA OMS (AQG Level)
NO ₂ (anual)	40 µg/m ³	10 µg/m ³
NO ₂ (diario)	----	25 µg/m ³ (3 ó 4 veces/año)
SO ₂ (horario)	350 µg/m ³ (24 veces/año)	----
SO ₂ (diario)	125 µg/m ³ (3 veces/año)	40 µg/m ³ (3 ó 4 veces/año)
PM ₁₀ (anual)	40 µg/m ³	15 µg/m ³
PM ₁₀ (diario)	50 µg/m ³ (35 veces/año)	45 µg/m ³ (3 ó 4 veces/año)
PM _{2,5} (anual)	25 µg/m ³	5 µg/m ³
PM _{2,5} (diario)	----	15 µg/m ³ (3 ó 4 veces/año)
O ₃ (máx. diario 8 h)	120 µg/m ³	100 µg/m ³ (3 ó 4 veces/año)
O ₃ (temporada alta)	----	60 µg/m ³
CO (diario)	----	4 µg/m ³ (3 ó 4 veces/año)

Tal y como se anunció en el Pacto Verde Europeo como parte del objetivo de contaminación cero para un medio ambiente libre de tóxicos, la Comisión Europea revisó en 2024 los estándares de calidad del aire vigentes, alineándolos con las recomendaciones más recientes de la OMS y fortaleciendo las disposiciones para ayudar a las autoridades regionales y locales a lograr un aire más limpio. Todo ello ha llevado a la reciente aprobación de la Directiva (UE) 2024/2881 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2024, sobre la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, que deberá ser traspuesta a la normativa española en un plazo máximo de dos años.

Dada la estrecha relación entre la contaminación atmosférica y el cambio climático, una mejora de la calidad del aire contribuiría a potenciar los esfuerzos de mitigación del cambio climático, mientras que la reducción de las emisiones mejorará a su vez la calidad del aire. Al esforzarse por alcanzar estos niveles de referencia, los países estarán protegiendo la salud y mitigando el cambio climático mundial.

En este contexto, el último informe sobre el Estado de la calidad del aire en Europa⁵, publicado por la AEMA en 2024, presenta la situación de los contaminantes regulados en el aire ambiente en 2022 y 2023 en relación con las directivas de calidad del aire de 2004 y 2008 y los niveles de referencia establecidos en 2021 por la OMS.

En 2022, a pesar de las continuas reducciones de las emisiones, la mayor parte de la población urbana de la UE siguió estando expuesta a niveles de contaminantes atmosféricos clave que son perjudiciales para la salud. En particular, casi toda la población urbana estuvo expuesta a concentraciones de PM2,5 superiores al nivel de referencia anual de la OMS para 2021 de 5 µg/m³ y a concentraciones de ozono (O₃) superiores al nivel de referencia a corto plazo de 100 µg/m³.

- SO₂: En 2022, cuatro de los 37 países informantes (Bosnia y Herzegovina, Turquía, Macedonia del Norte y Serbia), ninguno de ellos Estados miembros de la UE, registraron niveles superiores al valor límite diario de la UE de 125 µg/m³ y 17 países, incluidos nueve Estados miembros de la UE, registraron valores superiores al nivel recomendado diario de la OMS de 40 µg/m³.

En 2022, el 1% de las estaciones de monitoreo que informaron registraron concentraciones superiores al valor límite diario de la UE y el 6% de las estaciones registraron concentraciones superiores al nivel de referencia diario de la OMS.

En 2023, once estaciones de fuera de la UE (nueve en Bosnia y Herzegovina y dos en Macedonia del Norte) registraron concentraciones superiores al valor límite diario de la UE. Ese mismo año, se registraron concentraciones superiores al nivel de referencia diario de la OMS en trece países (incluidos diez Estados miembros de la UE) de los 33 países que presentaron informes.

- NO₂: Se encontraron concentraciones superiores al valor límite anual en muchas ciudades turcas y en algunas grandes ciudades con un alto volumen de tráfico.

En 2022, el 2% de las estaciones de control registraron concentraciones superiores al valor límite anual de la UE, de las cuales el 76% eran estaciones de tráfico. Se registraron concentraciones superiores al nivel de referencia anual de la OMS en el 74% de todas las estaciones de control, de las cuales el 45% eran estaciones de tráfico.

En 2023, el 1% de las estaciones de monitoreo registraron concentraciones superiores al valor límite anual, todas ellas estaciones de tráfico, mientras que el 68% de las estaciones de monitoreo registraron concentraciones superiores al nivel de referencia anual de la OMS, de las cuales el 46% eran estaciones de tráfico. Bélgica, Italia y Polonia notificaron superaciones del valor límite anual basándose en modelos de evaluación para tres, dos y cuatro zonas de calidad del aire, respectivamente.

⁵ <https://www.eea.europa.eu/publications/europe-s-air-quality-status-2024>

- PM10: Las concentraciones superiores al valor límite diario de la UE se observan principalmente en el norte de Italia y en algunos países de Europa del Este, así como en el sur de España y las Islas Canarias, principalmente debido a las contribuciones naturales del polvo del Sáhara.

En 2022, el 16% de las estaciones de monitoreo midieron concentraciones superiores al valor límite diario de la UE, el 84% de las cuales eran urbanas y el 12% suburbanas. Además, Italia y Polonia notificaron superaciones del valor límite anual de PM10 basándose en modelos de evaluación para siete y trece zonas de calidad del aire, respectivamente.

- PM2,5: En el norte de Italia y en algunos países de Europa del Este se han observado concentraciones superiores al valor límite anual de la UE.

En 2022, el 2% registraron concentraciones superiores al valor límite anual de la UE, el 78% de las cuales eran urbanas y el 15% suburbanas. Por el contrario, el 95% de las estaciones que informaron PM2,5 registraron concentraciones superiores al nivel de referencia anual de la OMS, el 76% de las cuales eran urbanas y el 20% suburbanas. Además, Italia y Polonia notificaron superaciones del valor límite anual de PM2,5 basándose en modelos de evaluación para tres y una zonas de calidad del aire, respectivamente.

En lo que respecta a las normas de la UE relacionadas con el Índice Medio de Exposición (IME) para PM2,5, que evalúa la exposición a largo plazo de la población general en áreas urbanas, todos los Estados miembros de la UE siguieron cumpliendo la obligación de concentración de exposición de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM2,5 en 2022, establecida como objetivo para 2015 en virtud de la Directiva sobre la calidad del aire ambiente vigente. Además, por primera vez, todos los Estados miembros cumplieron el objetivo nacional de reducción de la exposición a PM2,5 establecido para 2020.

- Ozono (O_3): El efecto de la meteorología es especialmente significativo en el caso del ozono, ya que también se transporta a Europa desde otras partes del hemisferio norte y la atmósfera superior. Las concentraciones más altas en 2022 se encontraron en algunos países del Mediterráneo y de Europa central.

El objetivo a largo plazo de la UE de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se cumplió en el 16% de las estaciones de monitoreo en 2022 y en un 14% en 2023. En 2022, Italia notificó que se habían superado los valores objetivo para la protección de la salud, basándose en modelos de evaluación para tres zonas de calidad del aire e Italia y Polonia notificaron que se habían superado los valores objetivo para la protección de la salud a largo plazo en nueve y 46 zonas de calidad del aire, respectivamente.

- CO: En 2022 se registraron concentraciones superiores a los valores límite de la UE en una estación, ubicada en Serbia, un Estado no miembro de la UE, de 35 países informantes.

- Benceno (C_6H_6): En 2022 ninguna estación notificó concentraciones superiores a los valores límite anuales de la UE en los 28 países informantes. Italia notificó superaciones del valor límite anual de benceno sobre la base de modelos de evaluación para una zona de calidad del aire.
- Benzo(a)pireno (B(a)P): Las concentraciones más altas se encontraron en Italia y Europa del Este, donde el uso de carbón y otros combustibles sólidos para calefacción residencial está muy extendido. En 2022 se registraron concentraciones superiores a 1 ng/m^3 en el 25% de las estaciones de seguimiento notificadas, la mayoría de las cuales eran urbanas (78%) o suburbanas (18%). Grecia y Polonia notificaron superaciones del valor objetivo de BaP basándose en modelos de evaluación para una y 32 zonas de calidad del aire, respectivamente.
- Plomo (Pb): En 2022 ninguna estación notificó concentraciones superiores a los valores límite anuales de la UE en los treinta países informantes.
- Arsénico (As): En 2022 se registraron concentraciones superiores a los valores límite de la UE en seis estaciones Bélgica, Finlandia y Polonia, con dos estaciones cada uno, de los 29 países que presentaron informes. Polonia notificó casos en los que se superó el valor objetivo anual de arsénico basándose en modelos de evaluación para dos zonas de calidad del aire.
- Cadmio (Cd): En 2022 se registraron concentraciones superiores a los valores límite de la UE en una estación, situada en Bulgaria, Estado miembro de la UE, de treinta países informantes.
- Níquel (Ni): En 2022 se registraron concentraciones superiores a los valores límite de la UE en cuatro estaciones ubicadas en Finlandia, Francia, Alemania e Italia, de los 29 países informantes.

Por su parte, el último Informe de Evaluación de la Calidad del Aire en España, publicado por el Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico para el año 2023 en octubre de 2024, muestra el resultado de la última evaluación de calidad del aire llevada a cabo en toda España respecto al marco normativo vigente. Este Informe incluye un resumen del estado de la calidad del aire para las diferentes redes oficiales de calidad del aire e información de los planes de calidad del aire puestos en marcha para reducir o mantener los niveles de calidad del aire medidos en su territorio, con las siguientes conclusiones:

- SO₂: En ninguna de las zonas definidas para su evaluación se superó el valor límite horario (VLH), lo que mantiene la buena situación registrada en los años precedentes. Tampoco se produjeron superaciones del valor límite diario (VLD), de nuevo en consonancia con la situación de los años anteriores. Tampoco se produjeron superaciones en ninguna de las zonas en las que se evaluó el nivel crítico de SO₂ para la protección de la vegetación. El promedio más alto registrado para el periodo anual fue de $5,1 \mu\text{g/m}^3$, registrado simultáneamente en las estaciones Sierra Norte (Sevilla), Granadilla (Tenerife) y Burriana (Castellón).

Respecto al nivel crítico del periodo invernal, la máxima se ha alcanzado en la estación de Granadilla (Tenerife), con un valor de 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El nivel crítico establecido en la normativa es igual a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

- NO_2 : Ninguna zona superó el valor límite horario (VLH) de protección de la salud humana, lo que supone el mantenimiento por cuarto año consecutivo de la mejora experimentada en 2020 respecto a los años precedentes. La estación con la peor situación respecto al VLH de este contaminante (Cuenca) registró cuatro superaciones, respecto del máximo total de 18 permitidas.

En cuanto al valor límite anual (VLA), no se produjeron tampoco superaciones, lo que supone una mejora respecto al año 2022. La media anual más alta registrada fue de 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en las estaciones de Villaverde (Madrid) y Plaza Elíptica (Madrid), con margen respecto al límite establecido de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

- NOx : Tampoco se produjeron superaciones en ninguna de las zonas en las que se evaluó el nivel crítico de NOx para la protección de la vegetación y ecosistemas. El promedio más alto se dio en la estación La Grama-Breña Alta (La Palma), que registraron una media anual de 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo el límite 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

- PM10 : Tras el descuento de los episodios de intrusiones de masas de aire africano, se produjeron dos incumplimientos del valor límite diario (VLD) de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en un año (siendo el límite permitido 35 superaciones) en las estaciones de:

- Matadero (Avilés), con 98 superaciones tras descuentos. La autoridad competente ha enviado informe a la Comisión Europea para el cambio de estación de acuerdo con la legislación vigente.
- Manlleu (Plana de Vic), con 37 superaciones tras descuentos.

Además, otras nueve zonas dejaron de superar el VLD tras aplicar la metodología de descuentos de intrusiones de masas de aire africano, dos de ellas localizadas en Andalucía y las siete restantes en las Islas Canarias.

Con respecto al valor límite anual (VLA) de PM10 , se produjo una única superación, concretamente en la estación Matadero (Avilés), con una media anual tras descuentos de 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

- PM2,5 : Se mantuvo la buena situación ya registrada en años precedentes, dado que tampoco se superó el valor límite anual (VLA).

El valor indicativo para la Fase II de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no se superó en ninguna zona; el máximo valor alcanzado fue de 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media anual antes de descuentos registrada en la estación de Parque La Granja (Santa Cruz de Tenerife). Según establecía el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, el valor de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tiene carácter indicativo, puesto que debería haber sido revisado en 2013 a la luz de una mayor información acerca de los efectos sobre la salud y el medio ambiente, la viabilidad técnica y la experiencia obtenida con el valor objetivo en los Estados miembros de la Unión Europea. A pesar de no haber tenido lugar esta revisión, se comunica a la Comisión Europea a título informativo la situación de cumplimiento de cada zona respecto a este valor indicativo desde el año 2020.

En lo referente al Indicador Medio de Exposición (IME) en España, establecido en un valor máximo de 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con un objetivo nacional de reducción del 15% a cumplir en el año 2020 respecto al IME de 2011, fue de 11,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el periodo 2021-2023, lo que se traduce en una reducción respecto al IME de 2011 de un 21,28%.

- Ozono (O_3): De las 132 zonas donde se evaluó el cumplimiento para la protección de la salud, en 118 de ellas se cumplió el valor objetivo (VO) mientras que en 14 se registraron valores por encima. Sin embargo, el valor del objetivo a largo plazo (OLP) únicamente se cumplió en 16 zonas, superando el mismo en las 116 zonas restantes. Estos datos muestran un ligero empeoramiento, ya que ha aumentado el número de superaciones del VO respecto al año pasado (de 10 a 14), en contraposición a las disminuciones continuadas de los últimos años, y ha disminuido el porcentaje en términos absolutos de zonas que han cumplido con el VO (de 92,25% al 89,39%). Respecto al VOLP salud, se observa, sin embargo, una pequeña mejora, ya que el número de zonas por debajo de dicho límite se ha incrementado (de 12 a 16), pasando de un 9,30 a un 12,12%.

En lo relativo al valor objetivo para la protección de la vegetación (VOV), de las 103 zonas donde se evaluó este contaminante, en 24 de ellas se registraron valores por encima del VO, mientras que en 79 zonas se cumplió con el mismo. Sin embargo, el OLP únicamente se cumplió en 13 de ellas. En general, se observa una mejoría en los niveles de ozono en el periodo 2019- 2023. Sin embargo, en lo que se refiere al OLP para la vegetación, la situación ha sido la contraria desde 2020, aunque las cifras de 2023 son más favorables que las de 2022 (con un cumplimiento del 14,44% frente al 7,29% de 2022).

- CO: En 2023 no se produjo ninguna superación del valor límite (VL).
- Benceno (C_6H_6): No se produjo ninguna superación del valor límite (VL).
- Benzo(a)pireno (B(a)P): No se produjo ninguna superación del valor objetivo (VO).
- Plomo (Pb): No se produjo ninguna superación del valor límite (VL).
- Arsénico (As): Se produjo una superación del valor objetivo (VO), concretamente en la estación de La Rábida (Huelva), de tipo suburbano industrial, donde se ha alcanzado una media anual de 8,4 ng/m^3 frente a los 6 ng/m^3 establecidos como VO por la legislación.
- Cadmio (Cd): No se produjo ninguna superación del valor objetivo (VO).
- Níquel (Ni): No se produjo ninguna superación del valor objetivo (VO).

Respecto a La Rioja, y a la vista de las conclusiones obtenidas en los Informes de Evaluación de la Calidad del Aire autonómicos de los últimos años, la entrada en vigor de la Directiva (UE) 2024/2881 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2024, sobre la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, alineada con las recomendaciones de la OMS de 2021, producirá previsiblemente una situación de incumplimiento en cuanto a PM10 y O₃ en zonas rurales.

2.2.- Marco normativo.

El presente Informe de Evaluación de la Calidad del Aire de La Rioja en 2024 se ha realizado con base en la siguiente normativa de ámbito europeo en materia de calidad del aire:

- Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.
Sustituye a la antigua Directiva Marco sobre calidad del aire, así como a las conocidas como tres primeras Directivas Hijas:
 - Directiva 96/62/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1996, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente (antigua Directiva Marco).
 - Directiva 1999/30/CE del Consejo de 22 de abril de 1999 relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente (1^a Directiva Hija).
 - Directiva 2000/69/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de noviembre de 2000, sobre los valores límite para el benceno y el monóxido de carbono en el aire ambiente (2^a Directiva Hija).
 - Directiva 2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de febrero de 2002, relativa al ozono en el aire ambiente (3^a Directiva Hija).

La Directiva 2008/50/CE, de 21 de mayo de 2008, introdujo regulaciones para nuevos contaminantes, como las PM2,5, 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 OMS.

- Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente.
También conocida como 4^a Directiva Hija, es la única norma derivada de la Directiva Marco original que sigue en vigor. Establece valores objetivo para el arsénico, el cadmio, el níquel y el benzo(a)pireno, en representación de los hidrocarburos aromáticos policíclicos, 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.

- Directiva 2015/1480/UE, de la Comisión, de 28 de agosto de 2015, por la que se modifican varios anexos de las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en los que se establecen las normas relativas a los métodos de referencia, la validación de datos y la ubicación de los puntos de muestreo para la evaluación de la calidad del aire ambiente.
Esta Directiva establece normas relativas a los métodos de referencia, validación de datos y ubicación de los puntos de medición para la evaluación de la calidad del aire ambiente.
- Decisión de ejecución de la Comisión 2011/850/UE, de 12 de diciembre de 2011, por la que se establecen disposiciones para las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en relación con el intercambio recíproco de información y la notificación sobre la calidad del aire ambiente.
Establece que los Estados miembros facilitarán a la Comisión Europea la información sobre el sistema de evaluación que debe aplicarse en el año civil siguiente respecto a cada contaminante en zonas y aglomeraciones.

Es de señalar la reciente aprobación de la Directiva (UE) 2024/2881 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2024, sobre la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, que, con efectos desde el 12 de diciembre de 2026, deroga los art. 1 y 2 de la Directiva 2015/1480, de 28 de agosto; el anexo 3.8 del Reglamento 219/2009, de 11 de marzo; la Directiva 2008/50, de 21 de mayo y la Directiva 2004/107, de 15 de diciembre.

2.2.2.- Normativa nacional.

El presente Informe de Evaluación de la Calidad del Aire de La Rioja en 2024 se ha realizado con base en la siguiente normativa de ámbito nacional en materia de calidad del aire:

- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
Esta Ley actualiza la base legal para los desarrollos relacionados con 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. Mediante la misma se establecen las competencias para definir los objetivos de calidad del aire y los requisitos mínimos de los sistemas de evaluación de la calidad del aire y sirve de marco regulador para la elaboración de los planes nacionales, autonómicos y locales para la mejora de la calidad del aire.

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

Esta norma transpone al ordenamiento jurídico español el contenido de la Directiva 2008/50/CE, de 21 de mayo de 2008, y la Directiva 2004/107/CE, de 15 de diciembre de 2004. Tiene como finalidad evitar, prevenir y reducir los efectos nocivos de las sustancias contaminantes sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.

Este Real Decreto fue modificado posteriormente por las siguientes normas:

- Real Decreto 678/2014, de 1 de agosto, con el fin de modificar los objetivos de calidad del sulfuro de carbono.
- Real Decreto 39/2017, de 27 de enero, para trasponer al ordenamiento jurídico español la Directiva 2015/1480/UE, de 28 de agosto de 2015, que establece normas relativas a los métodos de referencia, validación de datos y ubicación de los puntos de medición para la evaluación de la calidad del aire ambiente e incorpora los nuevos requisitos de intercambio de información establecidos en la Decisión 2011/850/UE.
- Real Decreto 34/2023, de 24 de enero, con objeto de incorporar lo dispuesto en el Plan Marco de Acción a corto plazo en caso de episodios de contaminación del aire ambiente por PM10, PM 2,5, NO₂, O₃ y SO₂. El objetivo de este Plan Marco es evitar, en la medida de lo posible, que se alcance el umbral de alerta establecido en la legislación y reducir el número de ocasiones en que se superan los valores límite u objetivo a corto plazo para proteger la salud de la población, incluyendo como novedad una componente predictiva.

- Orden TEC/351/2019, de 18 de marzo, por la que se aprueba el Índice Nacional de Calidad del Aire.

La Orden configura el Índice Nacional de Calidad del Aire (en adelante, 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.

El ICA ayuda a representar la calidad del aire a nivel nacional de una manera fácilmente entendible por los ciudadanos e introduce recomendaciones sanitarias para la población, contribuyendo al acceso del público a dicha información de una manera clara. Asimismo, permite la comparación de la calidad del aire entre diferentes regiones y facilitar el intercambio de información con la Unión Europea.

Los valores del ICA están referido a cinco contaminantes (PM10, PM2,5, O₃, NO₂ y SO₂). En función de los valores registrados para cada uno de ellos, se establecen cinco niveles de calidad del aire (bueno, razonablemente bueno, regular, desfavorable, muy desfavorable o extremadamente desfavorable).

La metodología de cálculo del ICA ha sido modificada mediante la Resolución de 2 de septiembre de 2020, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental.

2.2.3.- Objetivos de calidad del aire.

Los objetivos de calidad para la protección de la salud de obligado cumplimiento, así como los objetivos para la protección de la vegetación y los ecosistemas, están establecidos para cada contaminante en el anexo I del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero.

Tabla 4.- Objetivos de calidad del aire para la protección de la salud. Fuente: Real Decreto 102/2011, de 28 de enero.

CONTAMINANTE	VALOR LÍMITE (VL)/ VALOR OBJETIVO (VO)/ UMBRAL DE ALERTA	VALORES	PERIODO PROMEDIO	OBSERVACIONES
SO ₂	Valor límite horario (VLH)	350 µg/m ³	1 h	No podrá superarse en más de 24 ocasiones/año
	Valor límite diario (VLD)	125 µg/m ³	24 h	No podrá superarse en más de 3 ocasiones/año
	Umbral de activación	200 µg/m ³	1 h	(1)
	Umbral de información	350 µg/m ³	1 h	(2)
	Umbral de alerta	500 µg/m ³	1 h	(3)
NO ₂	Valor límite horario (VLH)	200 µg/m ³	1 h	No podrá superarse en más de 18 ocasiones/año
	Valor límite anual (VLA)	40 µg/m ³	1 año	--
	Umbral de activación	180 µg/m ³	1 h	(1)
	Umbral de información	200 µg/m ³	1 h	(2)
	Umbral de alerta	400 µg/m ³	1 h	(3)
PM10	Valor límite diario (VLD)	50 µg/m ³	24 h	No podrá superarse en más de 35 ocasiones/año
	Valor límite anual (VLA)	40 µg/m ³	1 año	--
	Umbral de activación	40 µg/m ³	24 h o promedio móvil 24 h	(4)
	Umbral de información	50 µg/m ³	24 h o promedio móvil 24 h	(5)
	Umbral de alerta	80 µg/m ³	24 h o promedio móvil 24 h	(5)
PM _{2,5}	Valor límite anual (VLA) (fase I)	25 µg/m ³	1 año	--
	Valor límite anual (VLA) (fase II)	20 µg/m ³	1 año	(6)

	Umbral de activación	25 µg/m ³	24 h o promedio móvil 24 h	(4)
	Umbral de información	35 µg/m ³	24 h o promedio móvil 24 h	(5)
	Umbral de alerta	50 µg/m ³	24 h o promedio móvil 24 h	(5)
Pb	Valor límite anual (VLA)	0,5 µg/m ³	1 año	--
C ₆ H ₆	Valor límite anual (VLA)	5 µg/m ³	1 año	--
CO	Valor límite (VL)	10 mg/m ³	Máximo en 24h de las medias móviles octohorarias	--
O ₃	Valor objetivo (VO)	120 µg/m ³	Máximo en 24h de las medias móviles octohorarias (7)	25 días/año (en un promedio de 3 años) (8)
	Objetivo a largo plazo (OLP)	120 µg/m ³	Máximo en 24h de las medias móviles octohorarias en un año	--
	Umbral de activación	120 µg/m ³	Promedio de 8h	(10)
	Umbral de información	180 µg/m ³	1 h	--
	Umbral de alerta	240 µg/m ³	1 h	(11)
As	Valor objetivo (VO)	6 ng/m ³	1 año	(12)
Cd	Valor objetivo (VO)	5 ng/m ³	1 año	(12)
Ni	Valor objetivo (VO)	20 ng/m ³	1 año	(12)
B(a)P	Valor objetivo (VO)	1 ng/m ³	1 año	(12)

(1) El valor promedio horario habrá de medirse o determinarse predictivamente para la activación del plan, durante un número determinado de horas a definir justificadamente por la administración competente, garantizando la protección de la salud de la población y que los medios necesarios estarán disponibles para la adopción de medidas en caso de superación de los umbrales de información o alerta.

(2) Durante un número determinado de horas a definir por la administración competente siempre y cuando permita garantizar la protección de la salud de la población.

(3) Se considerará superado cuando durante tres horas consecutivas se exceda dicho valor cada hora, en lugares representativos de la calidad del aire en un área de, como mínimo, 100 km² o en una zona o aglomeración entera, tomando la superficie que sea menor.

(4) El valor promedio diario o móvil de 24 h habrá de medirse o determinarse predictivamente para la activación del plan, durante un número determinado de horas o días a definir justificadamente por la administración competente, garantizando la protección de la salud de la población y que los medios necesarios estarán disponibles para la adopción de medidas en caso de superación de los umbrales de información o alerta.

(5) Durante un número determinado de horas para el promedio móvil 24 h o días para el promedio diario a definir por la administración competente siempre y cuando permita garantizar la protección de la salud de la población.

(6) Valor límite indicativo que debería haber sido ratificado como valor límite en 2013 a la luz de una mayor información acerca de los efectos sobre la salud y el medio ambiente, la viabilidad técnica y la experiencia obtenida con el valor objetivo en los Estados Miembros de la Unión Europea, pero que aún no ha sido revisado.

(7) 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.

(8) 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.

(9) El cumplimiento de los valores objetivo se verificará a partir de esta fecha. Es decir, los datos correspondientes al año 2010 serán los primeros que se utilizarán para verificar el cumplimiento en los tres años siguientes.

(10) El valor promedio de 8 horas habrá de medirse o determinarse predictivamente para la activación del plan, durante un número determinado de horas o días a definir justificadamente por la administración competente, garantizando la protección de la salud de la población y que los medios necesarios estarán disponibles para la adopción de medidas en caso de superación de los umbrales de información o alerta.

(11) A efectos de la aplicación del artículo 25 (Planes de acción a corto plazo), la superación del umbral se debe medir o prever durante tres horas consecutivas.

(12) Niveles en aire ambiente en la fracción PM10 como promedio durante un año natural.

Tabla 5.- Objetivos de calidad del aire para la protección de la vegetación y los ecosistemas. Fuente: Real Decreto 102/2011, de 28 de enero.

CONTAMINANTE	VALOR OBJETIVO (VO) / VALOR OBJETIVO A LARGO PLAZO (OLP) / NIVEL CRÍTICO (NC)	CONCENTRACIÓN	PERIODO PROMEDIO
SO ₂	Nivel crítico (anual)	20 µg/m ³	1 año
	Nivel crítico (media invernal)	20 µg/m ³	Del 1 de octubre del año X-1 al 31 de marzo del año X
NOx	Nivel crítico (anual)	30 µg/m ³ de NOx (expresado como NO ₂)	1 año

O ₃	Valor objetivo (VO)	18.000 µg/m ³ h de promedio en un periodo de 5 años	AOT407 media de 5 años, a partir de valores horarios, de mayo a julio (1)
	Objetivo a largo plazo (OLP)	6.000 µg/m ³ h	AOT407 a partir de valores horarios, de mayo a julio

(1) 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 vegetación: datos válidos correspondientes a tres años.

(2) El cumplimiento de los valores objetivo se verificará a partir de esta fecha. Es decir, los datos correspondientes al año 2010 serán los primeros que se utilizarán para verificar el cumplimiento en los cinco años siguientes.

2.3.- Marco competencial y organizativo.

Según el Decreto 56/2023, de 14 de julio, por el que se establece la estructura orgánica de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Mundo Rural y Medio Ambiente y sus funciones en desarrollo de la Ley 3/2003, de 3 de marzo, de organización del Sector Público de la Comunidad Autónoma de La Rioja, la autoridad competente para evaluar la calidad del aire en La Rioja es la Dirección General de Calidad Ambiental, Cambio Climático y Agua. En concreto, en materia de calidad del aire esta Dirección General tiene atribuidas las siguientes funciones:

- Designar los órganos competentes, laboratorios, institutos u organismos técnico-científicos encargados de la aplicación de las normas sobre calidad del aire ambiente y, en particular, de la garantía de la exactitud de las mediciones y de los análisis de los métodos de evaluación.
- Realizar en su ámbito territorial la delimitación y clasificación de las zonas y aglomeraciones en relación con la evaluación y la gestión de la calidad del aire ambiente, así como la toma de datos y evaluación de las concentraciones de los contaminantes regulados y el suministro de información al público.
- Adoptar las medidas necesarias para garantizar que las concentraciones de los contaminantes regulados no superen los objetivos de calidad del aire y para la reducción de dichas concentraciones, así como las medidas de urgencia para que las concentraciones de los contaminantes regulados vuelvan a situarse por debajo de los umbrales de alerta y comunicar la información correspondiente al público en caso de superación de éstos (planes de mejora de calidad del aire y planes de acción a corto plazo).
- Determinar los sistemas de medición y evaluación a partir de modelización, mediciones indicativas o sistemáticas y puntos de muestreo.

- Proponer, en su caso, objetivos de calidad del aire más estrictos que los fijados en la normativa nacional.
- Colaborar con otras Administraciones y organismos para la reducción de la contaminación en el supuesto de que se sobrepasen los objetivos de calidad del aire fijados en un ámbito territorial superior al de una Comunidad Autónoma.

Desde 2023 La Rioja dispone de una unidad administrativa específica para la protección de la atmósfera, de forma que la coordinación y organización de los aspectos relacionados con esta materia se llevan a cabo a través del Servicio de Cambio Climático, con la siguiente estructura:

Servicio de Cambio Climático.

Área de Prevención Ambiental.

Sección de Protección de la Atmósfera.

En la actualidad, esta unidad está integrada por dos técnicos superiores de calidad ambiental y una ayudante administrativa, así como una jefa de área, y desarrolla las competencias que esta Dirección General tiene atribuidas en materia de calidad del aire, contaminación atmosférica y cambio climático. También cuenta con el apoyo de un graduado en ingeniería química industrial como asistencia técnica externa en materia de emisiones a la atmósfera y calidad del aire. En octubre de 2024 se incorporó al departamento un becario de formación en cambio climático y calidad del aire.

3.- SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA RIOJA.

La Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de La Rioja (en adelante, Red de Vigilancia) está constituida por cinco estaciones automáticas que proporcionan medidas en continuo de la evolución de la calidad del aire.

Figura 2.- Localización de las estaciones de medición de calidad del aire de La Rioja. Fuente: Elaboración propia.

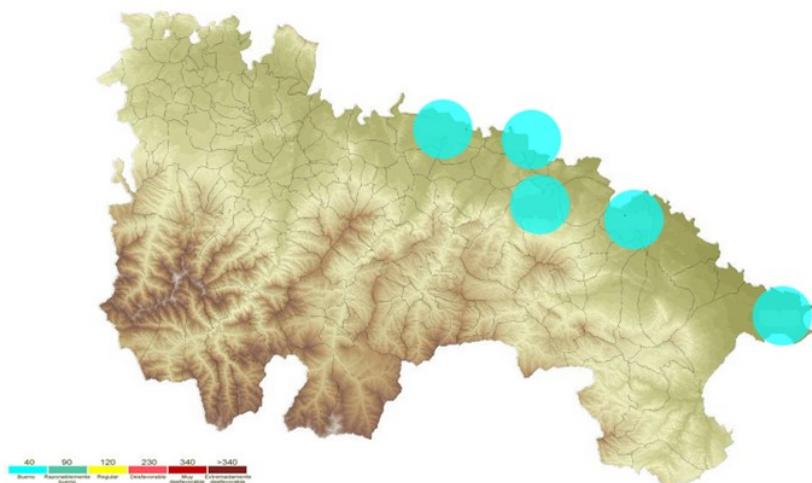


Tabla 6.- Estaciones de medición de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de La Rioja. Fuente: Elaboración propia.

DENOMINACIÓN	MUNICIPIO	AÑO	TITULARIDAD	OBJETO	CLASIFICACIÓN	CONTAMINANTES
La Cigüeña	Logroño	2001	Pública	Aglomeración urbana de Logroño y Lardero	Estación urbana de fondo	SO ₂ , NO ₂ -NO-NOx, O ₃ , CO, PM10, PM2,5, BTX
Alfaro	Alfaro	2003	Privada	Central de Ciclo Combinado de Castejón	Estación rural industrial	SO ₂ , NO ₂ -NO-NOx, O ₃ , PM10, PM2,5
Arrúbal	Arrúbal	2005	Privada	Central de Ciclo Combinado de Arrúbal	Estación rural industrial	SO ₂ , NO ₂ -NO-NOx, CO, O ₃ , PM10, PM2,5
Galilea	Galilea	2005	Privada	Central de Ciclo Combinado de Arrúbal	Estación rural de fondo	SO ₂ , NO ₂ -NO-NOx, O ₃ , PM10, PM2,5
Pradejón	Pradejón	2005	Privada	Central de Ciclo Combinado de Arrúbal	Estación rural industrial	SO ₂ , NO ₂ -NO-NOx, O ₃ , PM10, PM2,5

Para la evaluación de la calidad del aire, el órgano autonómico competente divide el territorio en áreas de calidad de aire semejante a partir de diversos criterios de homogeneidad (meteorológicos, demográficos, socioeconómicos, orográficos o topográficos, paisajísticos, datos de inmisión disponibles, etc.):

- Zonas: Porciones de territorio delimitadas utilizadas para la evaluación y gestión de la calidad del aire.
- Aglomeraciones: Conurbaciones de población superiores a 250.000 habitantes o, cuando la población sea igual o inferior a 250.000 habitantes, con una densidad de población por km² que justifique que se evalúe y controle la calidad del aire ambiente.

De este modo, el Gobierno de La Rioja ha determinado las siguientes áreas de calidad de aire:

- Aglomeración urbana: Representada por la estación de La Cigüeña, abarca los municipios de Logroño y Lardero, con una superficie de 99,93 Km² y una población en 2024 de 163.920 habitantes.
- Zona rural: Representada por las estaciones de Alfaro, Arrúbal, Galilea y Pradejón.

Figura 3.- Localización de las áreas para la evaluación de la calidad del aire. Fuente: Elaboración propia.

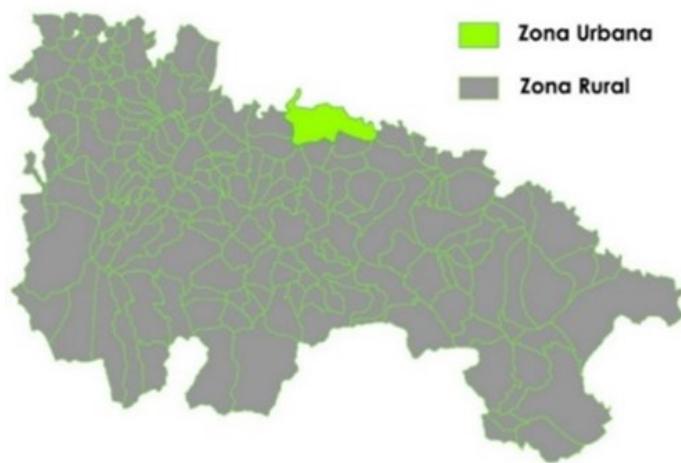


Tabla 7.- Zonificación de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de La Rioja. Fuente: Elaboración propia.

ZONA DE EVALUACIÓN	CÓDIGO DE ZONA	ESTACIÓN DE MEDICIÓN	CÓDIGO EUROPEO	CÓDIGO NACIONAL
Urbana	ES1704	La Cigüeña	ES1602A	26089001
Rural	ES1705	Alfaro	ES1649A	26011001
		Arrúbal	ES1779A	26019001
		Galilea	ES1746A	26066001
		Pradejón	ES1753A	26117001

3.2.- Criterios de representatividad de las estaciones.

La evaluación de los puntos de muestreo realizada por el MITERD en 2019 refleja un cumplimiento de la normativa en la aglomeración urbana de Logroño, así como en la zona rural de La Rioja. La aglomeración urbana de Logroño cumple con el número mínimo de puntos de muestreo para la evaluación de aglomeraciones urbanas inferiores a 250.000 habitantes cuando las concentraciones superan el umbral superior de evaluación, de acuerdo con lo previsto en el anexo IV del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero.

No obstante, los criterios de macroimplantación y microimplantación de la estación de La Cigüeña, así como de las estaciones rurales, fueron objeto de un estudio en el año 2017 en el que se demuestra un cumplimiento de criterios, salvo en el caso del ozono en la zona urbana, donde se requería un mayor alejamiento de las vías de tráfico⁶.

3.3- Evaluación mediante mediciones fijas.

Debido a su ubicación y población a la que representa, la estación de La Cigüeña pertenece al tipo de estaciones urbanas de fondo. En esta estación se miden los siguientes contaminantes en continuo: SO₂, NO, NO₂, CO, O₃, PM10, PM2,5, benceno, tolueno y xileno (BTX). El resto de las estaciones (Arrúbal, Galilea, Pradejón y Alfaro) representan áreas suburbanas o rurales y en ellas se miden los siguientes contaminantes en continuo: SO₂, NO, NO₂, CO (solo en Arrúbal), O₃, PM2,5 y PM10.

En cuanto a los valores de referencia, se han empleado los valores de fondo obtenidos en la estación de Valderejo (Álava, 01055001_10_47), por ser la estación más próxima a La Rioja que reúne las condiciones de distancia a fuentes de contaminación exigidas para ello.

Así mismo, la estación utilizada en La Rioja para la evaluación del valor objetivo para la protección de la vegetación por ozono se ubica en Galilea, debido a los requisitos que debe cumplir de alejamiento de aglomeraciones y tráfico.

3.4.- Evaluación mediante mediciones representativas.

Con el fin de cumplir el objetivo nacional de reducción de la exposición para el año 2020 conforme a lo previsto en el anexo XIII del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, desde el año 2009 en la estación de La Cigüeña se miden también PM2,5 mediante el método de referencia gravimétrico descrito en la Norma UNE-EN ISO 12341:2015 “Aire ambiente. Método de medición gravimétrico normalizado para la determinación de la concentración mísica PM10 o PM2,5 de la materia particulada en suspensión” para el cálculo del Indicador Medio de Exposición 2,5 (IME 2,5), formando parte esta estación de la Red IME.

⁶ Verificación de los criterios de ubicación de estaciones de calidad del aire y número mínimo de puntos de medida en La Rioja. Gobierno de la Rioja. 2017.

<https://www.larioja.org/larioja-client/cm/medio-ambiente/images?idMmedia=1594711>

Durante el periodo 2021- 2024 se ha continuado con las tomas de muestras de PM_{2,5} por gravimetría en la Estación de la Cigüeña (Logroño). Las mediciones se realizan cada tres días, obteniendo en el año 2024 un total de 112 muestras diarias válidas. Además de ello, en el 2023 se incorporó un analizador automático de PM_{2,5}.

3.5.- Modelización y biomonitorización de metales pesados.

Los metales pesados se evalúan a partir de los datos de la red de biomonitorización de metales pesados y mediante modelizaciones del MITERD realizadas por el CIEMAT.

Hasta el año 2019 la Dirección General de Calidad Ambiental llevó a cabo a través de la Universidad de la Rioja estudios de biomonitorización de metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos como técnicas de complementarias a la modelización.

3.6.- Predicción de episodios de intrusiones saharianas.

A efectos de cumplimiento de la legislación vigente podrán descontarse las superaciones de los valores límite (anual y diario), siempre que se demuestre que dichos valores son sobrepasados por la influencia de aportaciones procedentes de fuentes naturales.

Figura 4.- Áreas geográficas para la identificación de episodios naturales. Fuente: MITERD.



Se consideran episodios africanos las intrusiones saharianas o masas de aire que llegan al espacio europeo desde África. Su origen generalmente está en las tormentas de arena formadas en el desierto del Sáhara, que dan lugar a la suspensión de grandes cantidades de polvo en la atmósfera que pueden moverse hasta llegar a Europa u otros lugares. Gran parte de este polvo sahariano es material particulado que se encuentra como PM10 o incluso PM2,5, afectando a las mediciones de estos contaminantes. España suele verse afectada con frecuencia por este tipo de episodios naturales debido a su cercanía, por lo que se presentan niveles altos de partículas que contribuyen a empeorar la calidad del aire por causas no antropogénicas.

Además de las intrusiones de polvo del Sáhara, existen otros factores naturales a considerar en la calidad del aire, como los incendios forestales (de mayor repercusión en verano) o los aerosoles marinos (relevantes en zonas de la cornisa cantábrica o Canarias), entre otros.

Con el fin de determinar la contribución de las aportaciones de material particulado procedente de fuentes naturales, el MITERD, junto con el Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional de Portugal y la colaboración de las Comunidades Autónomas, elaboró una metodología para la identificación de estos episodios y el cálculo de sus aportaciones. Esta metodología se ha incluido en las directrices elaboradas por la Comisión Europea para la demostración y posterior sustracción de las superaciones atribuibles a fuentes naturales, según la obligación recogida en la Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.

Para su consideración en la evaluación de la calidad del aire se realiza de forma periódica, mediante acuerdo existente entre el MITERD y el CSIC, el envío de informes con la predicción de episodios africanos que puedan afectar a los niveles de partículas en suspensión medidos en las redes de vigilancia, así como de informes actualizados confirmando los episodios ocurridos durante el año⁷.

Para la predicción de estos episodios el CSIC utiliza diferentes modelos de simulación, como el MONARCH (@Barcelona Supercomputing Center), el SKIRON (@Universidad de Atenas), el NAAPs (@Naval Research Laboratory (NRL), Monterrey, CA) o una combinación de múltiples modelos (@Barcelona Dust Regional Center). La posterior identificación de las intrusiones saharianas se lleva a cabo a partir de las mediciones realizadas por las estaciones de la red española EMEP/VAG/CAMP de AEMET, que determina los niveles de partículas PM10 de fondo regional. En el caso de La Rioja se toman como referencia los datos de la estación de Valderejo (Álava, 01055001_10_47).

⁷ <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/evaluacion-datos/fuentes-naturales.html>

Toda esta información se materializa en un informe anual con las aportaciones naturales que permite al MITERD y a las Comunidades Autónomas aplicar el procedimiento de descuento de episodios naturales por las intrusiones de masas de aire africano en sus informes anuales de evaluación de la calidad del aire.

3.7.- Información al público de la calidad del aire en La Rioja.

Los distintos niveles de concentración de contaminantes medidos en tiempo real en cada estación, así como las series históricas de datos e informes anuales de evaluación de la calidad del aire, se encuentran a disposición del público en la web de medio ambiente del Gobierno de La Rioja⁸.

3.8.- Costes de instalación, mantenimiento y operación.

Los costes aproximados de mantenimiento y operación de una estación urbana como “La Cigüeña” se sitúan alrededor de 22.000 €/año.

Teniendo en cuenta los costes de adquisición de la estación y los equipos, con un periodo de vida de 15-20 años, y los costes anuales de mantenimiento y operación, se puede considerar que los costes totales para la Administración que suponen la instalación de una estación de calidad del aire en todo su ciclo de vida ascienden a más de 500.000 €.

4.- LA RED DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA RIOJA.

4.1.- Descripción de las actividades.

Los datos de los analizadores automáticos son enviados en tiempo real al centro de control de datos situado en la Dirección General de Calidad Ambiental, Cambio Climático y Agua, donde diariamente son validados o bien anulados en el supuesto de que se detecte alguna anomalía o fallo técnico en la medición.

Los datos de los niveles de concentración de gases contaminantes son el resultado de un periodo de integración de quince minutos. En cuanto al material particulado PM10 y PM2,5, es analizado automáticamente mediante determinación de la masa por radiación beta con periodo de integración de sesenta minutos. No obstante, en el caso de la estación urbana las partículas PM2,5 son analizadas además por métodos gravimétricos de acuerdo con el método de referencia, cuyos valores corresponden a valores medios diarios con una frecuencia de muestreo cada tres días.

⁸ <https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/atmosfera/calidad-aire>

El centro de control de las estaciones cuenta con un sistema informático que almacena indefinidamente los datos generados por los analizadores de las estaciones (públicas o privadas), así como las incidencias registradas en el funcionamiento. La información conjunta de las estaciones se remite de forma periódica (horaria) desde el centro de control a la base de datos del MITERD.

Figura 5.- Esquema organizativo de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de La Rioja. Fuente: Elaboración propia.



La validación de datos se produce con carácter general de lunes a viernes de forma manual por los técnicos superiores de calidad ambiental del Gobierno de La Rioja. Para la validación o anulación de estos datos se tienen en cuenta aspectos como:

- Los periodos de mantenimiento, calibrado o problemas técnicos en los analizadores.
- Las condiciones ambientales de la estación.
- Los valores obtenidos fuera de rango o con variación nula.
- Las variaciones excesivas o producidas de forma muy rápida.
- La comparación de resultados entre estaciones.
- Las influencias climáticas o meteorológicas.

Antes de su validación, los datos provisionales pueden consultarse en la página web de información de calidad ambiental de La Rioja⁹.

El control de la calidad de los datos es básico para el buen funcionamiento del sistema y se lleva a cabo a través de los siguientes procesos:

- El mantenimiento preventivo y correctivo de la red, que además conlleva:
 - La reparación inmediata de las anomalías.
 - La revisión y calibración periódicas de los equipos.
- La calibración y verificación de los equipos.
- La implantación de un sistema de aseguramiento de la calidad basado en la UNE-EN ISO/IEC 17025: “Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”.

Por otra parte, el almacenamiento de datos permite también la detección de mediciones erróneas a través de técnicas como las comparativas, el análisis de la desviación estándar o el contraste con modelización.

4.2.- Sistema de aseguramiento de la calidad de los datos.

De acuerdo con la normativa de desarrollo de la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, las instituciones responsables de las redes de vigilancia de la calidad del aire tienen la obligación de disponer de un sistema de control y garantía de calidad que asegure la exhaustividad, coherencia, transparencia, comparabilidad y confianza en todo el proceso comprendido desde las mediciones o estimaciones de los contaminantes hasta la elaboración de los informes relativos a esos contaminantes, así como la implantación de las recomendaciones derivadas de la aplicación de este sistema. El sistema debe incluir un mantenimiento periódico dirigido a asegurar la exactitud constante de los instrumentos de medición.

El modelo de aseguramiento de la calidad utilizado por la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de La Rioja está basado en la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025: “Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”, de acuerdo con la recomendación efectuada por el Instituto de Salud Carlos III (ISCIII) como Laboratorio Nacional de Referencia de calidad del aire.

⁹ <https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/atmosfera/calidad-aire/estaciones-medicion>

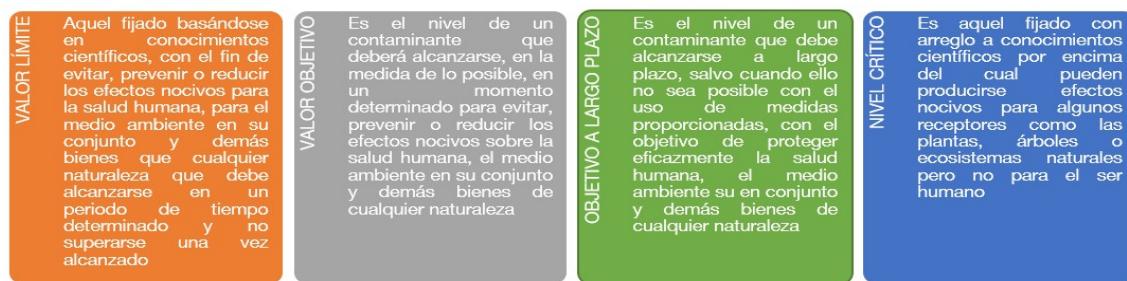
En este sentido, durante el año 2023 se procedió a la realización de una auditoría de este sistema de garantía de la calidad por parte del ISCIII, en función del Protocolo General de Actuación firmado entre el MITERD y el ISCIII para la mejora de la calidad de los datos de las Redes Españolas de Calidad del Aire. Esta auditoría concluyó con resultados satisfactorios mediante la emisión del Informe MITERD 20/2023 de Supervisión técnica de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire del Gobierno de la Rioja, de fecha 15 de diciembre de 2023.

5.- RESULTADOS DEL ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA RIOJA.

5.1.- Consideraciones iniciales.

En las zonas y aglomeraciones de La Rioja se evalúa la calidad del aire para los siguientes contaminantes atmosféricos: dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno (NO_2 , NOx), partículas (PM10 y PM2,5), benceno (C_6H_6), monóxido de carbono (CO) y ozono troposférico (O_3).

Figura 6.- Esquema de los objetivos de calidad y sus definiciones. Fuente: Real Decreto 102/2011, de 28 de enero.



Esta evaluación determina la situación con respecto a los distintos niveles de concentración establecidos por la legislación vigente para cada contaminante:

- Valores límite (objetivos para la protección de la salud): definidos para SO_2 , NO_2 , PM10, PM2,5, C_6H_6 y CO. Referidos al valor límite, se han definidos unos umbrales de evaluación, el umbral superior y el umbral inferior, de los que dependerá el tipo de medición o cálculo que se podrá utilizar para dichos contaminantes.
- Valor objetivo y objetivo a largo plazo (objetivos para la protección de la salud): definidos para partículas PM2,5 y O_3 .

- Niveles críticos (objetivos para la protección de los ecosistemas naturales y de la vegetación): definidos para SO₂ y NOx. Para estos niveles se toman en consideración solo las estaciones de medición que estén situadas a una distancia superior de 20 km de las aglomeraciones o a más de 5 km de otras zonas edificadas, instalaciones industriales o carreteras. La estación de medición de La Rioja que más se aproxima a estas características es la situada en Galilea, por lo que a modo de semejanza se tomarán como referencia los valores obtenidos en dicha estación.

La calidad del aire se evalúa en su totalidad respecto a determinados contaminantes (PM10, PM2,5, NO₂, NOx, O₃ y SO₂), en los que se basa el Índice Nacional de Calidad del Aire (ICA). Los datos evaluados de la zona urbana corresponden a los valores medios de la estación de La Cigüeña, mientras que los datos de la zona rural son los valores más desfavorables de las estaciones rurales (Alfaro, Arrúbal, Galilea o Pradejón).

5.2.- Calidad de los datos.

Con el fin de mantener un aseguramiento de la calidad, es necesario realizar un mantenimiento y adecuación de los equipos e instalaciones de la estación de la Cigüeña, así como la determinación de la incertidumbre y factores de corrección de los equipos de las cinco estaciones integrantes de la Red de Vigilancia, para la correcta obtención, procesado y transmisión de los datos registrados.

Tabla 8.- Objetivos de calidad de los datos. Fuente: Directiva 2008/50/CE, de 21 de mayo de 2008.

CONTAMINANTE	INCERTIDUMBRE	RECOGIDA MÍN. DE DATOS VÁLIDOS
NO _x	15%	90%
SO ₂	15%	90%
PM10	25%	90%
O ₃	15%	90% (75% en invierno)
CO	15%	90%
C ₆ H ₆	25%	90%

En 2024 se han alcanzado ratios aceptables de datos válidos en la Red de Vigilancia riojana por encima de los objetivos de calidad establecidos por la normativa vigente, con la excepción del equipo de SO₂ de la estación de Alfaro, debido a una avería por la que tuvo que ser sustituido. En este sentido, la Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, exige una recogida mínima del 90% de datos válidos para el cumplimiento de los objetivos de calidad de los datos en la evaluación de la calidad del aire ambiente. Con esa excepción, los parámetros más desfavorables alcanzaron el 95,48% de datos válidos horarios y 90,16% de diarios en las mediciones en continuo.

Tabla 9.- Datos válidos en La Rioja en el año 2024 (%).

CONTAMINANTE		ESTACIONES DE MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE				
		LA CIGÜEÑA	ALFARO ¹⁰	ARRÚBAL	GALILEA	PRADEJÓN
DATOS HORARIOS	NO₂	98,53%	95,86%	98,91%	97,88%	98,47%
	PM10	99,28%	96,35%	98,55%	97,44%	98,20%
	SO₂	98,62%	89,38%	98,91%	97,97%	97,37%
	O₃	97,10%	95,48%	98,91%	97,77%	98,43%
	CO	97,94%	-	98,91%	-	-
	Benceno	98,29%	-	-	-	-
DATOS DIARIOS	NOx	99,45%	91,26%	99,73%	98,63%	99,18%
	PM10	99,45%	90,71%	99,73%	97,81%	98,63%
	SO₂	99,73%	89,89%	99,73%	98,63%	97,81%
	O₃	98,09%	90,16%	99,73%	98,36%	99,18%
	CO	99,18%	-	99,73%	-	-
	Benceno	99,18%	-	-	-	-

5.3.- Dióxido de azufre (SO₂).

El SO₂ es un contaminante de origen principalmente antropogénico. Se trata de un gas que causado principalmente por la combustión de carburantes fósiles que contienen azufre. Desde 2008 se ha producido un descenso acusado de estas emisiones debido a diversos factores como la implementación del Plan Nacional de Reducción de Emisiones de las Grandes Instalaciones de Combustión Existentes (2007), que obligó a la introducción de tecnologías de desulfuración.

Los estudios realizados acerca de sus efectos sobre la salud concluyen como recomendación no superar concentraciones de 500 µg/m³ durante períodos con una duración media de diez minutos, debido a sus afecciones sobre la función pulmonar. De este modo, una reducción importante del contenido de azufre de los combustibles se ha vinculado con una reducción sustancial de los efectos sobre la salud (por ejemplo, enfermedades respiratorias en la infancia y mortalidad en todas las edades).

¹⁰ El equipo de CO de la estación de Alfaro fue retirado tras la modificación de las Autorizaciones ambientales integradas de la Central de Ciclo Combinado de Castejón, que eliminaron la necesidad de continuar con las mediciones de este contaminante a la vista de los resultados obtenidos desde su entrada en funcionamiento (Resoluciones 404E/2024, de 25 de septiembre (Grupo II) y 500E/2024, de 19 de noviembre (Grupos I y III), del director del Servicio de Economía Circular e Innovación del Gobierno de Navarra.

Además, el SO₂ pueden ocasionar daños sobre la vegetación, la biodiversidad, los suelos y los ecosistemas acuáticos y forestales. Pueden degradar la clorofila y reducir así la fotosíntesis, con la consiguiente pérdida de especies. Una vez emitido reacciona con el vapor de agua, de modo que su oxidación en el aire da lugar a la formación de ácido sulfúrico, generando procesos de acidificación que pueden dañar gravemente a la vegetación.

5.3.1.-Protección de la salud.

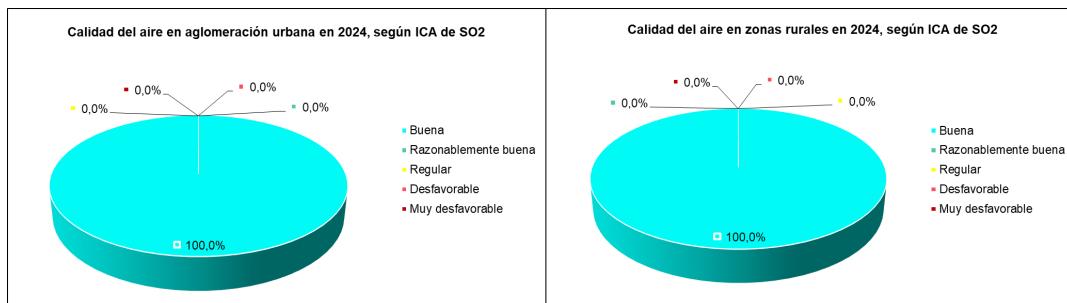
El valor límite horario (VLH) para el SO₂ es de 350 µg/m³, que no deberá superarse en más de 24 ocasiones por año civil:

- En la aglomeración urbana no ha habido ninguna superación del VLH, ya que el máximo horario ha sido de 3,90 µg/m³ y el percentil 99,73 (correspondiente al valor 24º más alto) fue de 3,10 µg/m³.
- En la zona rural tampoco ha habido ninguna superación del VLH. El máximo horario ha sido de 24 µg/m³ y el percentil 99,73 (correspondiente al valor 24º más alto) fue de 6 µg/m³, en la estación de Pradejón.

Por su parte, el valor límite diario (VLD) es de 125 µg/m³, que no deberá superarse en más de tres ocasiones por año civil:

- En la aglomeración urbana no ha habido ninguna superación del VLD, puesto que el máximo diario ha sido de 2,80 µg/m³ y el percentil 99,20 (correspondiente al 3º valor más alto) de 2,70 µg/m³.
- En la zona rural tampoco ha habido ninguna superación del VLD, ya que el máximo diario ha sido de 6 µg/m³ y el percentil 99,20 (correspondiente al 3º valor más alto) de 5 µg/m³, en la estación de Arrúbal.

Figura 7.- Índice Nacional de Calidad de Aire para SO₂ en el año 2024.

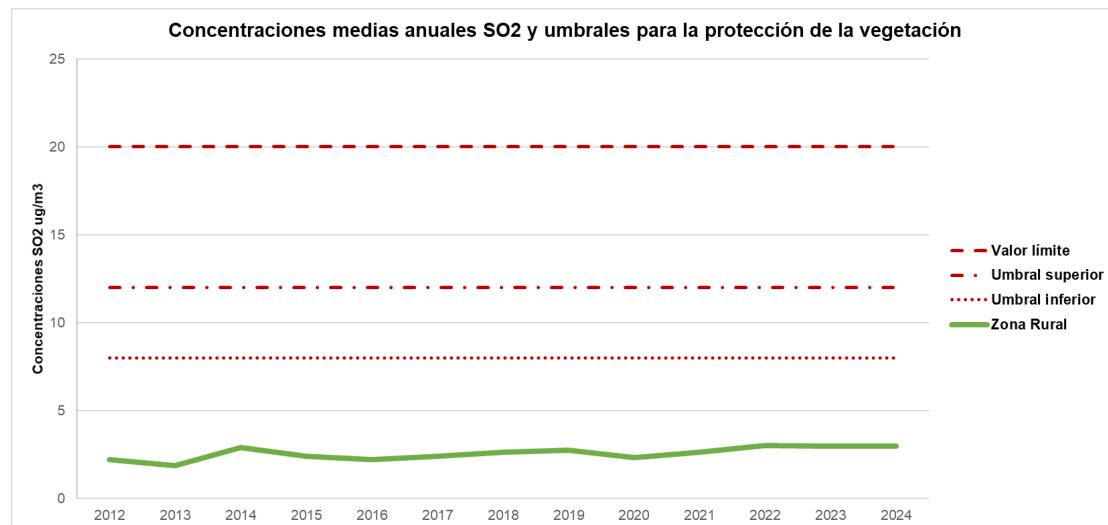


Según el Índice Nacional de Calidad de Aire, la situación de La Rioja respecto al SO₂ ha sido buena por completo (100% del tiempo), tanto en la aglomeración urbana como en la zona rural.

5.3.2.- Protección de la vegetación.

El valor límite del SO₂ para la protección de la vegetación es 20 µg/m³, determinado como media durante el periodo comprendido entre el 1 de octubre al 31 de marzo. En La Rioja no se ha producido ninguna superación de este valor, como puede observarse en la evolución de las medias obtenidas durante ese periodo de cada año. También se puede concluir que la situación ha sido muy buena en este sentido, con unos valores muy por debajo del valor límite y de los umbrales tanto superior como inferior (3 µg/m³), medidos en la estación de Galilea.

Figura 8.- Evolución 2012-2024 de las concentraciones medias anuales de SO₂ y umbrales para la protección de la vegetación. Fuente: Elaboración propia.



5.4.- Óxidos de nitrógeno (NO_x).

Los denominados óxidos de nitrógeno (NO_x) engloban tanto al monóxido de nitrógeno (NO) como al dióxido de nitrógeno (NO₂) y tienen un origen principalmente antropogénico. El NO se oxida con facilidad, dando lugar a NO₂ rápidamente una vez está presente en la atmósfera.

Como contaminantes son gases emitidos en los procesos de combustión relacionados con el tráfico (en especial, en vehículos de motores diésel), así como en instalaciones industriales de alta temperatura y de generación eléctrica. También contribuyen de forma secundaria a la formación de partículas inorgánicas por ser precursores del ácido nítrico (HNO_3) y, por tanto, del nitrato (NO_3^-).

Por otra parte, actúan como precursores de la formación de ozono (O_3) y de otros contaminantes fotoquímicos, al reaccionar con los compuestos orgánicos volátiles (COV). Además, son uno de los ingredientes del smog fotoquímico.

Desde la reducción de las emisiones de los SO_x , los NO_x son los principales responsables de la acidificación. También causan eutrofización de los ecosistemas. Todo ello conlleva afecciones metabólicas y limitaciones del crecimiento vegetal.

Los NO_x pueden producir inflamación de las vías aéreas, afecciones a órganos, como hígado o bazo, o a sistemas, como el sistema circulatorio o el inmunitario. Los estudios experimentales realizados con animales y personas indican que el NO_2 , en concentraciones de corta duración superiores a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, es un gas tóxico con efectos importantes sobre la salud. En cuanto a la exposición prolongada, todavía no se cuenta con una base sólida que permita establecer un valor guía medio anual para el NO_2 , aunque existe preocupación por los efectos sobre la salud asociados a mezclas de contaminación.

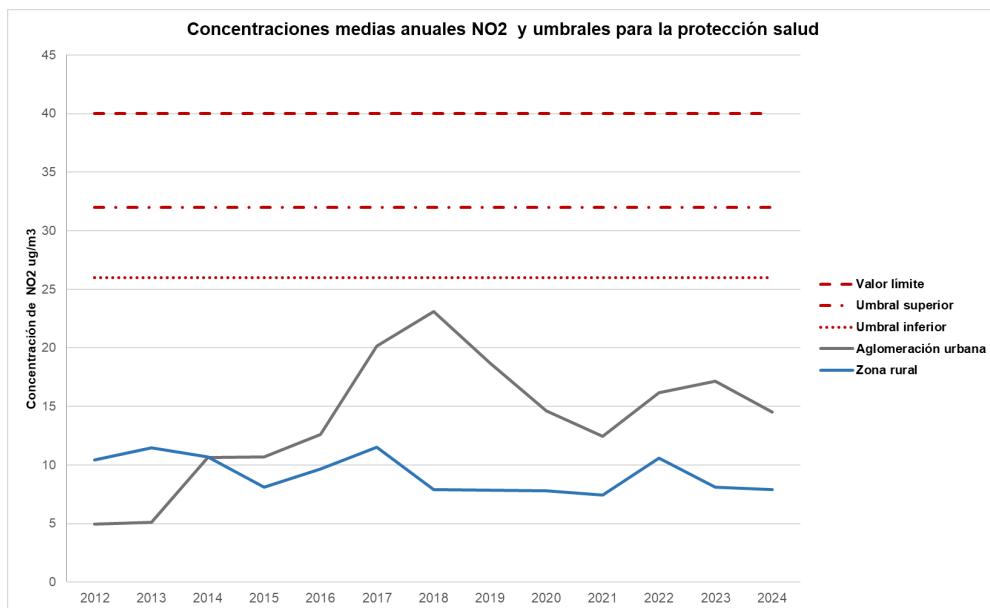
5.4.1.- Protección de la salud.

El valor límite horario (VLH) es de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que no deberá superarse en más de 18 ocasiones por año civil.

- En la aglomeración urbana no ha habido ninguna superación del VLH, de modo que el máximo horario ha sido de $91,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el percentil 99,80 (correspondiente al valor 18º más alto) de $67,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- En la zona rural tampoco ha habido ninguna superación del VLH, puesto que el máximo horario ha sido de $35,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el percentil 99,80 (correspondiente al valor 18º más alto) de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en la estación de Alfaro.

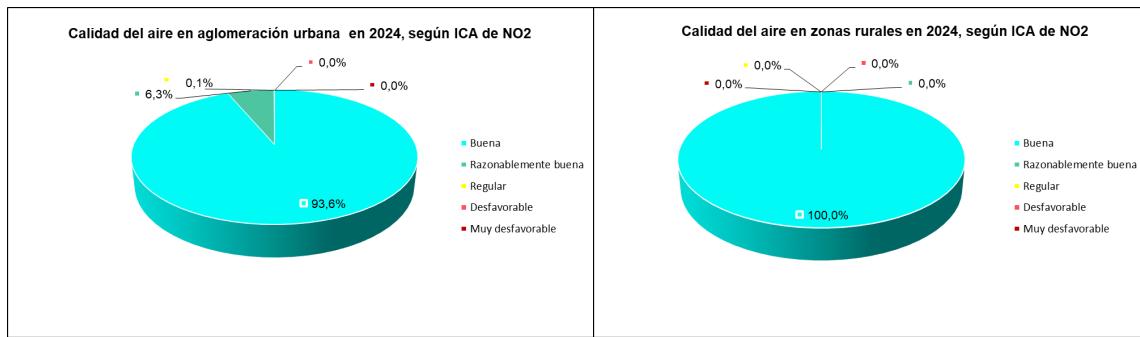
El valor límite anual (VLA) es de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como media anual. La Rioja se ha encontrado en una situación buena sin superaciones, con unos valores por debajo del valor límite y de los umbrales evaluación inferior tanto en la zona urbana ($14,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) como en la zona rural ($7,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en la estación de Arrúbal).

Figura 9.- Evolución 2012-2024 de las concentraciones medias anuales de NO₂ y umbrales para la protección de la salud. Fuente: Elaboración propia.



Según el Índice Nacional de Calidad de Aire, la situación de La Rioja respecto al NO₂ en 2024 ha sido buena (93,60%), razonablemente buena (6,30%) y regular (0,10%) en la aglomeración urbana, mientras que en la zona rural la situación ha sido totalmente buena (100%) en todas las estaciones. En ninguna de las zonas se produjeron, por tanto, situaciones desfavorables o muy desfavorables.

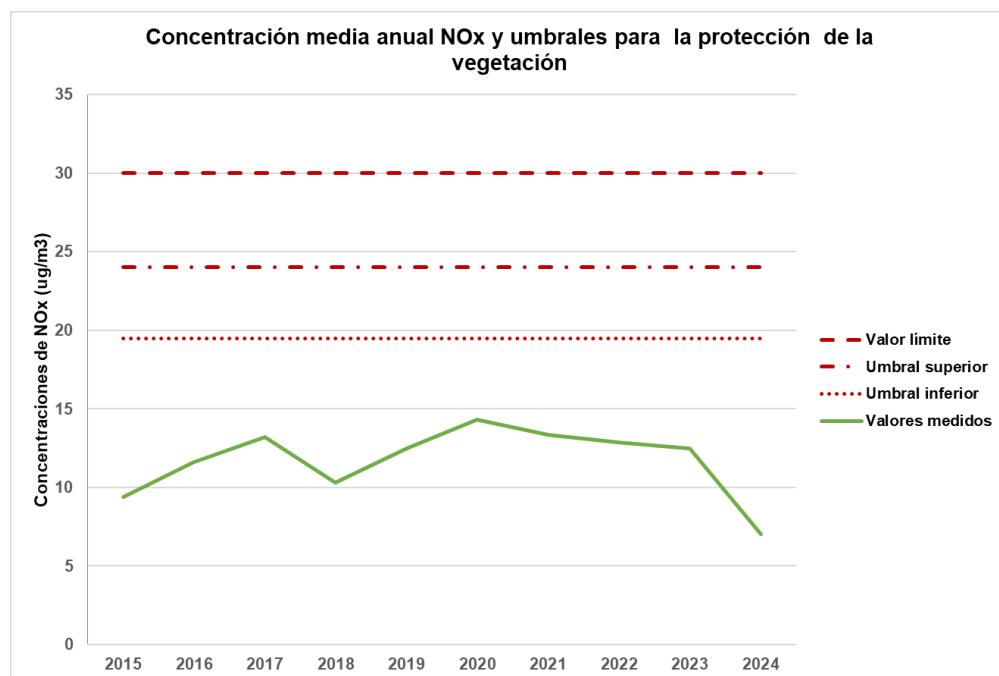
Figura 10.- Índice Nacional de Calidad de Aire para NO₂ en el año 2024.



5.4.2.- Protección de la vegetación.

El valor límite es de 30 µg/m³ como media anual de NOx (expresado como NO₂). Durante el año 2024 no ha habido superación de este valor. La situación en La Rioja ha sido buena, con unos valores por debajo del valor límite y de los umbrales de evaluación inferior (7 µg/m³, en la estación de Galilea).

Figura 11.- Evolución 2014-2024 de las concentraciones medias anuales de NOx y umbrales para la protección de la vegetación. Fuente: Elaboración propia.



5.5.- Partículas (PM).

Las partículas se componen de una mezcla heterogénea y compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas de tamaño y composiciones químicas muy variables, sólidas y/o líquidas, de origen tanto natural como antropogénico. A efectos de este Informe, las partículas incluyen la fracción de PM10 (aquellas con un diámetro aerodinámico igual a 10 micras o inferior) y las PM2,5 (aquellas con uno igual a 2,5 micras o inferior).

Estas partículas tienen además un origen primario o secundario:

- Primario: Partículas emitidas directamente a la atmósfera, ya sea de manera natural (polvo, partículas salinas marinas, polen...), o como consecuencia de la actividad humana (tráfico rodado, procesos de combustión industriales, calefacción de edificios, quemas de restos agrícolas...).
- Secundario: Se producen en la atmósfera como resultado de reacciones químicas a partir de gases precursores: SO₂, NO_x, NH₃, compuestos orgánicos volátiles, etc.

Debido a su carácter natural y de acuerdo con la normativa vigente, para la evaluación del cumplimiento de los valores límite de PM10 son descontadas las fracciones de partículas procedentes del Sáhara.

En lo que respecta a sus efectos sobre la salud, las partículas pueden ser inhaladas y penetrar en el sistema respiratorio. Las PM10 se introducen hasta la laringe, mientras que las PM2,5 pueden alcanzar los alveolos pulmonares. Las partículas ultrafinas (UFP), inferiores a 0,1 micras, incluso pueden introducirse en el torrente sanguíneo. Penetran en el cuerpo asociadas a agua y otros contaminantes atmosféricos, lo que les permite llevar sustancias nocivas a zonas muy sensibles y agravar patologías que pueden conducir incluso a una muerte prematura. De este modo, las partículas, especialmente las PM2,5 y dentro de éstas las UFP, pueden estar implicadas en un incremento de la mortalidad y de la morbilidad por causas respiratorias y cardiovasculares. Toda la población se ve afectada, pero la susceptibilidad a la contaminación puede variar con la salud o la edad.

Las partículas en suspensión pueden tener efectos muy diversos sobre el medio ambiente, dependiendo de su tamaño y composición. En líneas generales, pueden afectar al crecimiento vegetal y a la fauna (de modo similar al ser humano), reducen la visibilidad, influyen en los cambios de temperatura netos (ya sea incrementándola o disminuyéndola) e incluso pueden alterar los patrones de precipitación y la relación entre la radiación reflejada y la incidente (albedo superficial), influyendo además sobre el cambio climático.

5.5.1.- Protección de la salud en partículas PM10.

El valor límite diario (VLD) para PM10 es de 50 µg/m³, el cual no deberá superarse en más de 35 ocasiones por año.

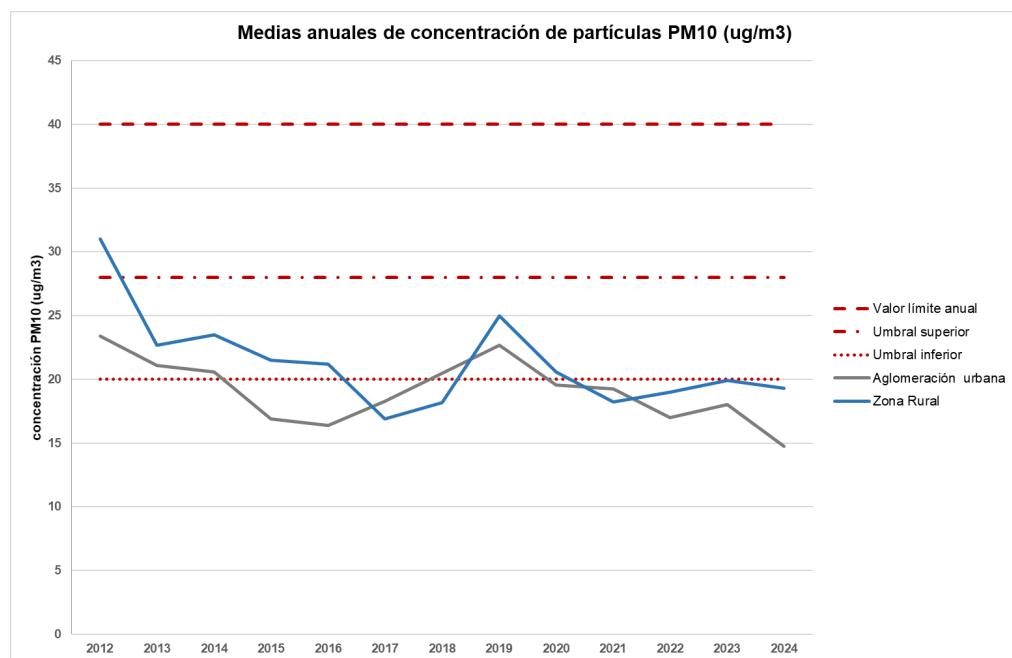
- El nivel máximo diario alcanzado en la aglomeración urbana ha sido de 44,60 µg/m³ y el percentil 90,40 (correspondiente al valor 35º más alto) fue de 27,90 µg/m³. No obstante, los valores máximos disminuyen hasta 43,90 µg/m³ y 21,90 µg/m³, respectivamente, al descontar las PM10 atribuidas a causas naturales.

- En el caso de zona rural, donde la influencia del material pulverulento habitualmente es mayor debido a las actividades agrarias, tránsito por caminos y aridez, el máximo diario se alcanzó en la estación de Alfaro con $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el percentil 90,40 (correspondiente al valor 35º más alto) fue de $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Una vez descontadas las PM10 atribuidas a causas naturales, el valor máximo diario se mantiene en $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pero el percentil disminuye hasta $35,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De este modo, descontando aquellas superaciones del VLD debidas a las intrusiones de polvo sahariano, en La Rioja se reduce de 5 a 1 única superación en el año 2024, todas ellas en la estación de Alfaro. En el año 2023 se produjeron 2 superaciones del VLD para PM10, también en la estación de Alfaro, tras realizarse los correspondientes descuentos.

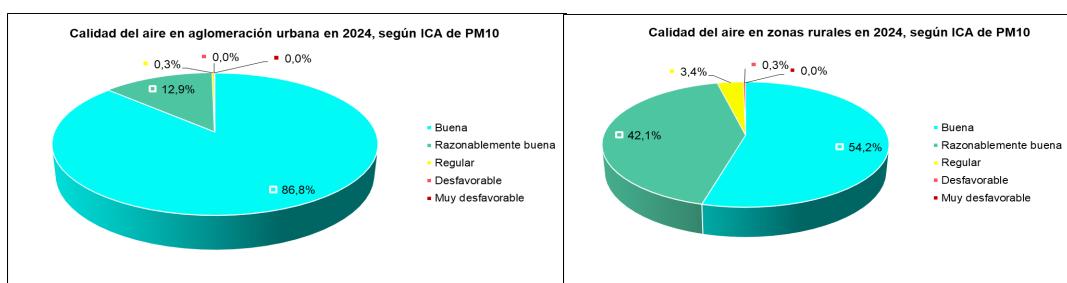
Por su parte, el valor límite anual (VLA) para PM10 está establecido en $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A la vista de los datos registrados en las estaciones, en la aglomeración urbana se ha registrado una media anual de $17,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la zona rural de $22,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en la estación de Alfaro. Una vez realizados los descuentos debidos a aportes naturales, las medias anuales obtenidas fueron de $14,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $19,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.

Figura 12.- Evolución 2012-2024 de las medias anuales de concentración de PM10 y umbrales para la protección de la salud. Fuente: Elaboración propia.



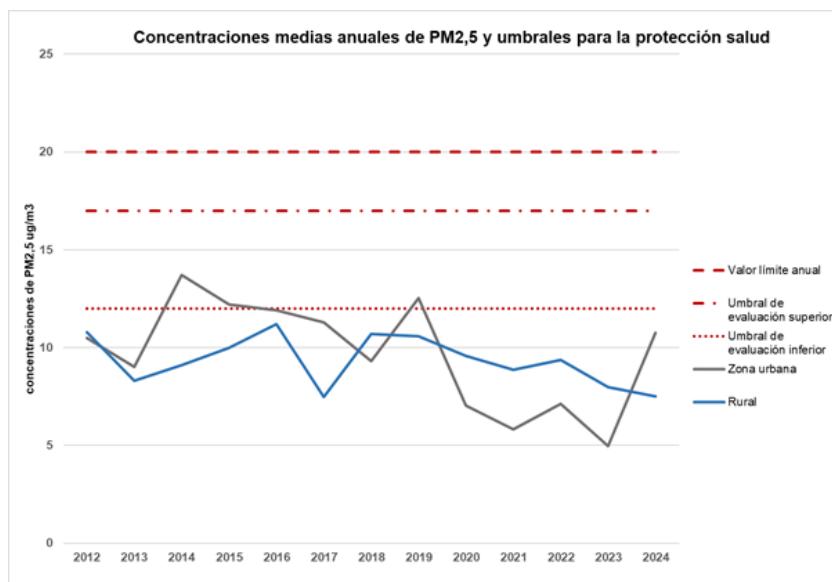
Aplicando los datos de PM10 tratados según los aportes naturales al Índice Nacional de Calidad de Aire, durante el año 2024 la aglomeración urbana riojana se encontró en una situación buena el 86,80%, razonablemente buena el 12,90% y regular el 0,30% del tiempo, no produciéndose situaciones desfavorables o muy desfavorables. En la zona rural la situación fue buena el 54,20%, razonablemente buena el 42,10%, regular el 3,40% y desfavorable el 0,30%, sin detectarse situaciones muy desfavorables.

Figura 13.- Índice Nacional de Calidad de Aire para PM10 en el año 2024.



5.5.2.- Protección de la salud en partículas PM2,5.

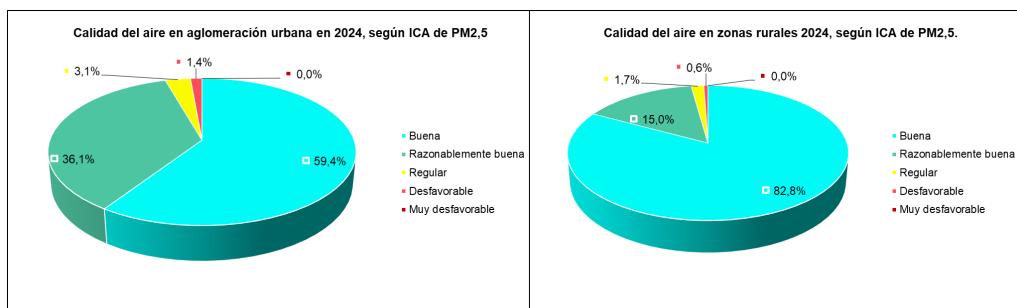
Figura 14.- Evolución 2012-2024 de las medias anuales de concentración de PM2,5 y umbrales para la protección de la salud. Fuente: Elaboración propia.



El valor límite anual (VLA) para PM_{2,5} es de 20 µg/m³ como media anual. Los valores registrados en La Rioja muestran una situación buena sin superaciones del VLA tanto en la aglomeración urbana (10,80 µg/m³) como en la zona rural (7,50 µg/m³, en la estación de Alfaro), aunque en la estación de La Cigüeña se han medido concentraciones superiores al año anterior, posiblemente detectadas gracias a la instalación de un nuevo analizador automático (hasta el año 2023 la estación urbana únicamente contaba con un equipo gravimétrico para la medición de PM_{2,5}). Estos datos no incluyen descuentos debidos a aportes naturales.

Según el Índice Nacional de Calidad de Aire, durante el año 2024 la aglomeración urbana riojana se encontró en una situación buena el 59,40%, razonablemente buena el 36,10%, regular el 3,10% y desfavorable el 1,40% del tiempo, no dándose situaciones muy desfavorables. En la zona rural la situación fue buena el 82,80%, razonablemente buena el 15,0%, regular el 1,70% y desfavorable el 0,60% del tiempo, no produciéndose situaciones muy desfavorables.

Figura 15.- Índice Nacional de Calidad de Aire para PM_{2,5} en el año 2024.



5.6.- Ozono (O₃).

El gas O₃ tiene un efecto beneficioso en la estratosfera, ya que forma una capa con elevadas concentraciones que protege a los seres vivos de la dañina radiación ultravioleta, al evitar que alcance la superficie terrestre. En estos niveles, situados a una altitud variable de entre 10 y 50 km de la superficie terrestre, el O₃ se forma principalmente por acción de la radiación solar sobre el oxígeno atmosférico. Sin embargo, en la troposfera (la capa de la atmósfera en contacto con la tierra) el O₃ se convierte en un contaminante secundario fruto de las reacciones fotoquímicas producidas a partir de otros contaminantes (compuestos precursores) que actúa como un agresivo oxidante. Además, el O₃ troposférico absorbe la radiación, actúa como un potente gas de efecto invernadero y altera la evaporación, la formación de nubes y la circulación atmosférica.

Los compuestos precursores del O₃ son principalmente NO_x y COV, que son emitidos por el hombre en los procesos industriales y en la quema de combustibles fósiles (grandes centros de combustión y tráfico, principalmente). El CO y el metano (CH₄) emitidos por fuentes residenciales y agrícolas también desempeñan un papel destacado en la formación de O₃, aunque en menor medida. Los precursores del O₃ también pueden tener un origen natural, como las emisiones biogénicas de COV, las emisiones de NO_x en el suelo, las emisiones de CO procedentes de incendios forestales y las emisiones de CH₄ procedentes de la biosfera.

En las proximidades de las fuentes las emisiones de contaminantes pueden reaccionar con el O₃ y reducir localmente su concentración, por lo que sus concentraciones normalmente son bajas en los centros urbanos e industriales, incrementándose en las afueras y en zonas rurales a sotavento de tales núcleos. Además, el O₃ y sus precursores pueden ser transportados a largas distancias, dando lugar potencialmente a problemas de contaminación en áreas muy alejadas de las fuentes de origen.

Dado que para la formación de O₃ es necesaria la presencia de luz solar, sus concentraciones presentan variaciones según la hora del día y la estación del año. Asimismo, las mayores concentraciones se dan durante los meses de primavera y verano. Durante el día los máximos niveles de O₃ se alcanzan durante la tarde, cuando la radiación es más alta. Por el contrario, durante la noche no hay formación fotoquímica de O₃ y se destruye al reaccionar con otros compuestos emitidos. Sin embargo, en las zonas rurales, donde el aire está más limpio y no existen grandes concentraciones de otras sustancias, las concentraciones de O₃ pueden permanecer relativamente altas en las horas nocturnas.

En cuanto a sus efectos sobre la salud, la exposición a corto plazo al O₃ se asocia con síntomas respiratorios, disminución de la función pulmonar e inflamación de las vías respiratorias, mientras que la exposición a largo plazo agrava el asma y contribuye a una mayor incidencia de accidentes cerebrovasculares, pudiendo producir una mortalidad prematura.

Los últimos estudios de series cronológicas han demostrado que se generan efectos sobre la salud con concentraciones de O₃ por debajo del valor guía anterior de la OMS de 120 µg/m³, pero no se dispone de pruebas claras de un umbral. Estos resultados, junto con las pruebas obtenidas en estudios tanto de laboratorio como de campo que indican que hay una variación individual considerable en la respuesta al O₃, han contribuido a la reducción de los umbrales de la Guía de calidad del aire de la OMS para este contaminante¹¹, pasando del nivel de 120 µg/m³ a 100 µg/m³ como media máxima diaria de ocho horas.

¹¹ Guías de calidad del aire relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf

Efectos sobre la salud en concentraciones de O₃ como media máxima diaria de ocho horas:

- Niveles altos (240 µg/m³): Efectos significativos sobre la salud; proporción sustancial de la población vulnerable afectada.
- Objetivo intermedio (160 µg/m³): Efectos importantes sobre la salud; no proporciona una protección adecuada de la salud pública. La exposición a este nivel está asociada con:
 - Efectos fisiológicos e inflamatorios en los pulmones de adultos jóvenes sanos que hacen ejercicio expuestos durante periodos de 6,6 horas.
 - Efectos sobre la salud infantil.
 - Aumento estimado de un 3-5% de la mortalidad diaria.
- Guía de calidad del aire (100 µg/m³): Proporciona una protección adecuada de la salud pública, aunque pueden producirse algunos efectos en la salud por debajo de este nivel. La exposición a este nivel está asociada con:
 - Un aumento estimado de un 1-2% de la mortalidad diaria¹².
 - La extrapolación a partir de estudios de laboratorio y de campo, basada en la probabilidad de que la exposición en la vida real tienda a ser repetitiva y en que se excluyen de los estudios de laboratorio las personas muy sensibles o con problemas clínicos, así como los niños.
 - La probabilidad de que el ozono ambiental sea un marcador para los oxidantes relacionados con él.

Además, el O₃ puede afectar al crecimiento de cultivos y bosques, reducir la absorción de CO₂ por las plantas, alterar la estructura de los ecosistemas y reducir la biodiversidad.

5.6.1.- Protección de la salud.

El valor objetivo para la protección de la salud (VOS) es 120 µg/m³ (máxima diaria de las concentraciones móviles octohorarias¹³), que no deberá superarse en más de 25 ocasiones por año civil de promedio en un período de 3 años.

¹² Los estudios de series cronológicas indican un aumento de la mortalidad diaria del orden del 0,3-0,5% por cada incremento de 10 µg/m³ en las concentraciones de O₃ durante 8 h por encima de un nivel de referencia estimada de 70 µg/m³.

¹³ La concentración máxima diaria de las medias móviles octohorarias se determina examinando las medias octohorarias móviles, calculadas a partir de datos horarios y actualizados cada hora. Cada media octohoraria así calculada se asigna al día en que termina el período, es decir, el primer período de cálculo para un día cualquiera será el comprendido entre las 17 h del día anterior y la 1 h de dicho día; el último período de cálculo para un día cualquiera será el comprendido entre las 16 h y las 24 h de dicho día.

- En la aglomeración urbana no hubo superación del VOS, donde el máximo octohorario alcanzado fue 84,10 µg/m³ y el percentil 93,20 (correspondiente al valor 26º más alto) fue de 72,20 µg/m³.
- La única estación que registró una superación del VOS fue Pradejón, siendo el máximo octohorario de 132 µg/m³ y el percentil 93,20 (correspondiente al valor 25º más alto) de 95,50 µg/m³.

Por tanto, en ninguna de las estaciones riojanas se superó en 2024 el umbral de información (180 µg/m³) o alerta a la población (240 µg/m³).

Tabla 10.- Superaciones del VOS de O₃ en la zona rural en el año 2024. Fuente: Elaboración propia.

MES	DÍA	ESTACIONES DE MEDICIÓN				
		Logroño	Arrúbal	Galilea	Pradejón	Alfaro
Agosto	20				132 µg/m ³	

Figura 16.- Evolución 2012-2024 de las superaciones del valor objetivo de O₃ de protección de la salud (media 3 años).
Fuente: Elaboración propia.

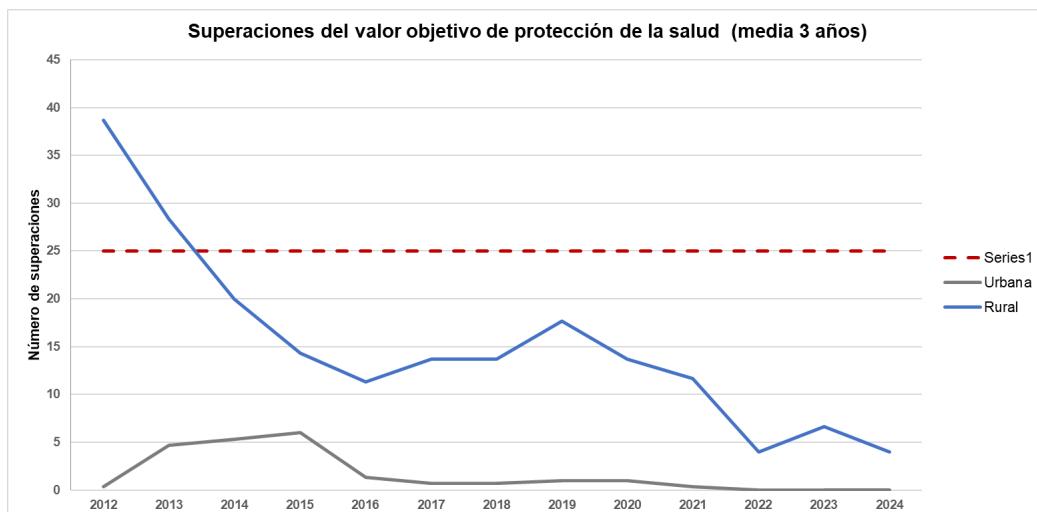
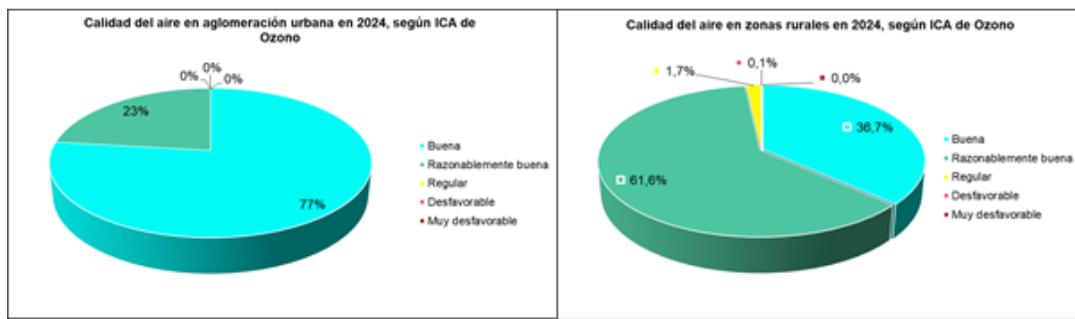


Figura 17.- Índice Nacional de Calidad de Aire para O₃ en el año 2024.



Según el Índice Nacional de Calidad de Aire, durante el año 2024 la aglomeración urbana riojana se encontró en una situación buena el 77% y razonablemente buena el 23% del tiempo, no dándose situaciones regulares, desfavorables o muy desfavorables. En la zona rural la situación fue buena el 36,70%, razonablemente buena el 61,60%, regular el 1,70% y desfavorable el 0,10% del tiempo, no produciéndose situaciones muy desfavorables.

5.6.2.- Protección de la vegetación.

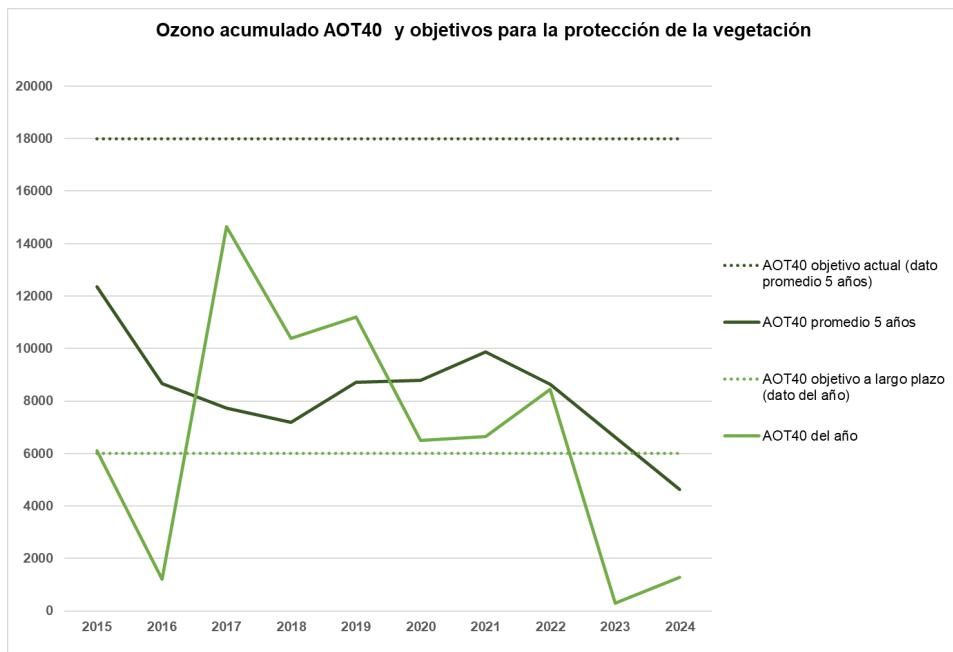
Existen dos objetivos del O₃ para la protección de la vegetación. El primero es el valor objetivo AOT40¹⁴ de 18.000 µg/m³ h, de obligado cumplimiento, que es un valor acumulado de mayo a julio (la temporada de mayor crecimiento de la vegetación) como promedio de cinco años. También existe un objetivo a largo plazo AOT40 de 6.000 µg/m³h de mayo a julio.

La estación utilizada en La Rioja para evaluar la protección de la vegetación es Galilea, debido a los requisitos que debe cumplir de alejamiento de aglomeraciones y tráfico.

Durante el año 2024 La Rioja se encontró en una situación de cumplimiento de ambos objetivos AOT40, con un valor de 4.633 µg/m³ h como promedio de cinco años y de 1.278 µg/m³ h anual. En este sentido, no se ha producido ninguna superación de los umbrales de protección a la vegetación.

¹⁴AOT40 (expresado en µg/m³ h) es la suma de las diferencias entre las concentraciones horarias superiores a los 80 µg/m³ (40 partes por mil millones) y 80 µg/m³ a lo largo de un periodo dado utilizando únicamente los valores horarios medidos entre las 8 h y las 20 h, Hora de Europa Central (HEC), cada día.

Figura 18.- Evolución 2014-2024 del O₃ acumulado según el valor objetivo AOT40 para la protección de la vegetación. Fuente: Elaboración propia.



5.7.- Monóxido de carbono (CO).

El CO es un gas inodoro, incoloro e inflamable emitido como consecuencia de la combustión incompleta o mala combustión de carburantes fósiles y de biocombustibles. En general, cualquier combustible que contenga carbono y que sea quemado sin suficiente oxígeno como para formar CO₂ constituye una fuente potencial de CO. Contribuye a la formación de gases de efecto invernadero y es un precursor del O₃ troposférico.

En lo que respecta a sus efectos sobre el ser humano y la fauna silvestre, el CO penetra en el organismo a través de los pulmones y puede provocar una disminución de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, así como disfunciones cardíacas, daños en el sistema nervioso, dolor de cabeza, mareos y fatiga. El CO se une mediante un enlace fuerte a la molécula de la hemoglobina para formar carboxihemoglobina, que limita la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre.

Según la Guía de calidad del aire de la OMS¹⁵, en los estudios de laboratorio no se observó ninguna interacción después de una exposición combinada a CO y contaminantes comunes del aire ambiente, como el NOx o el SO₂. Sin embargo, se observó un efecto aditivo tras la exposición combinada a concentraciones elevadas de CO y NO y un efecto sinérgico después de la exposición combinada a CO y O₃.

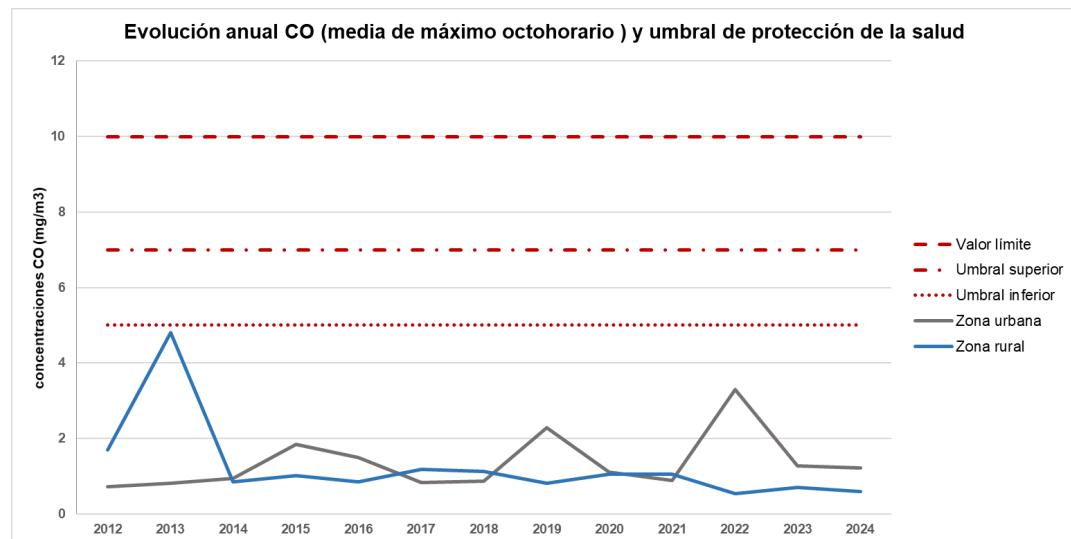
Los valores indicativos de la OMS de exposición máxima para el CO son: 100 mg/m³ durante 15 min, 60 mg/m³ durante 30 min, 30 mg/m³ durante 1 h y 10 mg/m³ durante 8 h.

5.7.1.- Protección de la salud.

El valor límite es de 10 mg/m³ como máximo diario octohorario anual.

- En la aglomeración urbana la situación ha sido muy buena (1,20 mg/m³), de forma que no se ha superado el valor límite.
- En la zona rural la situación también es muy buena, sin superaciones del valor límite (0,60 mg/m³).

Figura 19.- Evolución 2012-2024 de las medias anuales del máximo diario octohorario de CO para la protección de la salud. Fuente: Elaboración propia.



15 Guías de calidad del aire relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf

5.8.- Benceno (C_6H_6) y BTX.

El C_6H_6 forma parte de los denominados compuestos orgánicos volátiles (COV): compuestos químicos de estructuras diversas, formados principalmente por carbono e hidrógeno, y en menor medida por otros elementos como el oxígeno, el nitrógeno o el azufre que, debido a su baja presión de vapor, dan lugar a concentraciones importantes en el aire. Procede sobre todo de fuentes de tipo antropogénico, como consecuencia de procesos de combustión incompleta y por evaporación de determinados combustibles como las gasolinas.

Se trata de un compuesto orgánico potencialmente carcinogénico que, tras ser inhalado y después de exposiciones prolongadas, puede ocasionar graves efectos sobre la salud humana, ya que afecta al sistema nervioso central y a la normal producción de células sanguíneas. Puede deteriorar el sistema inmunitario y dañar el material genético celular, lo que a su vez puede originar determinados tipos de cáncer (leucemia), así como malformaciones congénitas.

Desde la OMS no se ha desarrollado ningún valor de referencia específico para el C_6H_6 en el aire. Al ser cancerígeno para los humanos, no se puede recomendar un nivel seguro de exposición. Como orientación general, las concentraciones de benceno en el aire asociadas con un exceso de riesgo de leucemia de 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} son de 17, 1,7 y 0,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente¹⁶.

Los efectos nocivos del C_6H_6 se dejan igualmente sentir sobre el medio ambiente, ya que resulta muy tóxico para los organismos acuáticos y, en especial, para los invertebrados, en los que puede producir cambios genéticos y de comportamiento. Afecta también a la vegetación pudiendo provocar la muerte de la planta afectada, así como al clima, ya que se trata de un gas de efecto invernadero. Además, puede producir oxidantes fotoquímicos cuando reacciona con el NOx en presencia de luz solar, contribuyendo a la formación de O_3 y de aerosoles orgánicos secundarios.

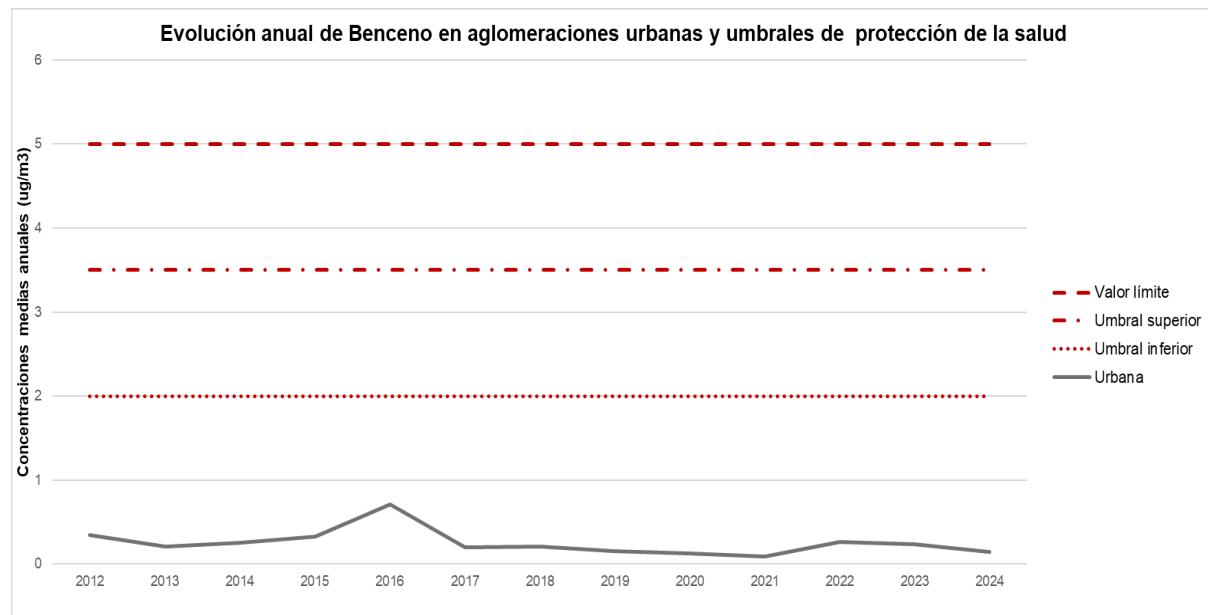
5.8.1.- Protección de la salud.

El valor límite del C_6H_6 es de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor promedio anual. Dado que sus emisiones están muy relacionadas con la combustión y el tráfico, su único analizador está situado en la estación de Logroño.

La situación respecto al C_6H_6 en La Rioja durante el año 2024 continúa siendo muy buena (0,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), ya que los niveles se encuentran por debajo incluso de los umbrales de evaluación inferior.

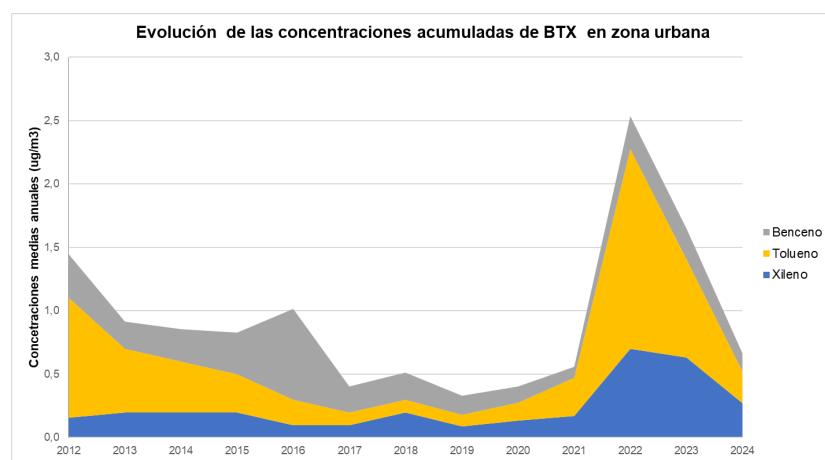
¹⁶ Un riesgo de cáncer de 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} significa que hay un nuevo caso de cáncer por encima de los niveles normales por cada 10.000, 100.000 o 1 millón de personas, respectivamente.

Figura 20.- Evolución 2012-2024 de las medias anuales de concentración del C₆H₆ para la protección de la salud en la aglomeración urbana. Fuente: Elaboración propia.



En la estación de La Cigüeña (Logroño) se miden, además del benceno, los niveles de tolueno y M-P-Xileno (BTX) con un equipo que entró en funcionamiento en 2022. Esto permite llevar a cabo un mejor seguimiento de la evolución de algunos COV en el aire emitidos por el uso de disolventes, pinturas y adhesivos.

Figura 21.- Evolución 2012-2024 de BTX para la protección de la salud en zona urbana. Fuente: Elaboración propia.



Durante el año 2024 la situación respecto a estos contaminantes también ha sido muy buena, con unos valores medios de 0,25 µg/m³ para eltolueno y 0,27 µg/m³ para el xileno, con un descenso significativo respecto a concentraciones detectadas en años anteriores.

5.9.- Metales pesados.

Los efectos adversos de la contaminación atmosférica sobre la salud también están relacionados con las concentraciones de metales pesados en el aire. De este modo, el plomo (Pb) y otros metales como el arsénico (As), el cadmio (Cd) y el níquel (Ni) constituyen contaminantes que frecuentemente se asocian a las partículas, por lo que no solo contaminan el aire, sino que también pueden depositarse y acumularse en el suelo y el agua con una elevada persistencia, pasando a formar parte de las cadenas alimenticias. Estos contaminantes pueden producir efectos muy dispares entre sí:

- El Pb puede afectar potencialmente a todos los órganos y sistemas del cuerpo, especialmente al sistema nervioso, originando retraso mental, nacimientos prematuros y retrasos en el crecimiento. Sobre el medio ambiente, puede producir malformaciones y cambios en el comportamiento de los organismos tanto acuáticos como terrestres, por bioacumulación en sus respectivos ecosistemas.
- El As inorgánico resulta carcinogénico para el ser humano, es irritante para las vías respiratorias y puede producir daños sanguíneos, cardiacos, hepáticos y renales, además de alterar el sistema nervioso periférico. Sobre el medio ambiente, es altamente tóxico para la fauna tanto terrestre (incluidas aves) como acuática, y en elevadas concentraciones en los suelos disminuye el crecimiento vegetal.
- El Cd, y en especial el óxido de cadmio, es igualmente carcinogénico para el hombre y afecta especialmente a los sistemas respiratorio, renal y reproductivo. También es muy tóxico para los organismos que viven en ecosistemas acuáticos.
- Diversos compuestos de Ni también son considerados como carcinogénicos. Puede provocar reacciones alérgicas cutáneas y afectar a la defensa inmune y a los sistemas respiratorio y renal, así como reducir la fertilidad, con consecuencias similares para humanos y animales.

Durante el año 2024 no se ha realizado en La Rioja ningún estudio de biomonitorización de metales pesados como técnica complementaria a la modelización efectuada por el MITERD a través del CIEMAT.

6.- FUENTES DE EMISIÓN EN LA RIOJA.

Según el Informe resumen de la Serie 1990-2023 del Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos¹⁷, publicado por el MITERD en noviembre de 2024, el Sistema Nacional de Inventario cifra las emisiones nacionales de contaminantes atmosféricos de 2023 en 624,3 kilotoneladas de NOx, 518 kilotoneladas de compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), 101,1 kilotoneladas de SO₂, 433,9 kilotoneladas de amoníaco (NH₃) y 109,9 kilotoneladas de PM2,5.

- Las emisiones de NOx en 2023 registraron un descenso respecto al año anterior (-4%). Esta bajada estuvo fundamentalmente relacionada con una reducción del 5% en las emisiones debidas al transporte por carretera y del 3,8 % en el sector de la industria manufacturera y de la construcción.
- Las emisiones de COVNM en 2023 disminuyeron un 3,8% a nivel nacional. Las emisiones de COVNM están fundamentalmente dominadas por el uso de disolventes (43,6 % del global de las emisiones), y este grupo de actividades experimentó un descenso del 2,3%. También se registran disminuciones de las emisiones debidas al consumo de combustibles en los sectores residencial, comercial e institucional (-22,2%) y al transporte por carretera (-4,2%). La industria manufacturera y de la construcción, con un 4,8% en el peso total, aumentó, por el contrario, un 19,1% sus emisiones en 2023.
- Las emisiones de SO₂ en 2023 disminuyeron un 11,6% debido a un descenso en el consumo de carbón que ha provocado el descenso del 17,5% en el sector de la industria manufacturera y de la construcción (responsable del 35% de las emisiones de este contaminante a nivel nacional) y a la disminución de emisiones del 18,1% en la generación eléctrica, que supone un 9 % del total de emisiones de SO₂.
- Las emisiones de NH₃ en 2023, generadas en un 97,6% por las actividades agrícolas y ganaderas, disminuyeron un 0,8% a nivel nacional respecto al año anterior, consecuencia principalmente de la reducción de las emisiones en las actividades ganaderas.
- Las emisiones de PM2,5 en 2023 tuvieron un descenso del 1,3%, debido principalmente a la disminución de las emisiones registradas en el sector residencial, comercial e institucional (-4,4%), responsable del 30,1% del total de emisiones de PM2,5; el transporte por carretera (-2,8%), responsable del 9,8% de las emisiones de PM2,5; y por el descenso en la generación de electricidad (-16,5%), con un 2,7% del total de emisiones de este contaminante.

¹⁷ https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/Documento_resumen_Inventario_CA.pdf

De los cinco contaminantes con objetivos de reducción de emisiones fijados para el período 2020-2029 por la 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, todos los contaminantes cumplieron en el año 2023 con el compromiso de reducción fijado para España. Analizando la serie histórica 1990-2023, se aprecian notables disminuciones en las emisiones de los principales contaminantes atmosféricos, con la excepción del NH₃.

- A lo largo de la serie histórica, las emisiones de SO₂ muestran la reducción más importante con respecto a 1990 (-95,2%), debida fundamentalmente a la disminución del uso de carbón en las centrales térmicas (especialmente a partir del año 2008) por la expansión de las centrales de ciclo combinado y a la introducción de técnicas de desulfurización en las grandes instalaciones de combustión.
- Las emisiones de NOx han disminuido un 54,8% respecto a los niveles de 1990, debido principalmente a los avances tecnológicos experimentados en el parque de vehículos y al uso de técnicas de abatimiento en las grandes instalaciones de combustión.
- Las emisiones de COVNM presentan una tendencia a la baja hasta el año 2023, a partir del cual se observa una tendencia ligeramente al alza. No obstante, desde el año 1990 las emisiones han disminuido en un 50,6% por efecto de las mejoras tecnológicas en el parque móvil de vehículos y la disminución del contenido de COVNM en pinturas y recubrimientos.
- Las emisiones de NH₃ han permanecido relativamente estables a lo largo de la serie. Estas emisiones, principalmente dominadas por las actividades agrícolas y ganaderas, alcanzaron sus máximos niveles en la primera mitad de los años 2000 (llegando a aumentar hasta un 15,2% en 2000 respecto a 1990). Posteriormente, se observa una disminución de las emisiones consecuencia de la introducción de técnicas de control de las emisiones en la aplicación de fertilizantes en campo y mejoras en la alimentación animal y técnicas de gestión de estiércoles, llegando a situar las emisiones en 2023 un 18,8% por debajo de los niveles de 1990.
- Las emisiones de PM2,5 presentan un continuado descenso desde el año 2000 (primer año de estimación de estas emisiones) debido a las mejoras tecnológicas introducidas en el parque móvil de vehículos, a la sustitución de combustibles sólidos y líquidos por gas natural y a la implantación de técnicas de abatimiento en centrales de generación eléctrica e instalaciones industriales. El resto de las emisiones de este contaminante están fundamentalmente generadas por la quema a cielo abierto de residuos de poda y por el uso de biomasa en el sector residencial, lo que explica las variaciones anuales observadas. En 2023 las emisiones se sitúan en un -44,6% respecto al año 2000.

En lo que respecta a La Rioja, de acuerdo con los últimos datos regionales del Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos disponibles, remitidos al Gobierno de La Rioja por el MITERD en abril de 2025 y correspondientes al año 2023, se emitieron 5,12 kilotoneladas (kt) de NOx; 3,68 kt de COVNM; 0,28 kt de SO₂; 3,31 kt de NH₃ y 1,08 kt de PM2,5.

Tabla 11.- Valores de emisiones 2023 y objetivos 2030 aplicados de la Directiva Techos. Fuente: elaboración propia.

CONTAMINANTE	PM2,5	NO _x	NH ₃	SO ₂	COVNM
Emisión 2005 (t)	1.539	9.736	3.979	976	6.757
Emisión 2023 (t)	1.087	5.123	3.306	288	3.684
Reducción en el 2023 respecto del 2005	29%	47%	17%	70%	45%
Objetivo reducción 2030 (*)	50%	62%	16%	88%	39%

(*) Traslación del objetivo nacional en la Directiva de techos a una escala regionalizada.

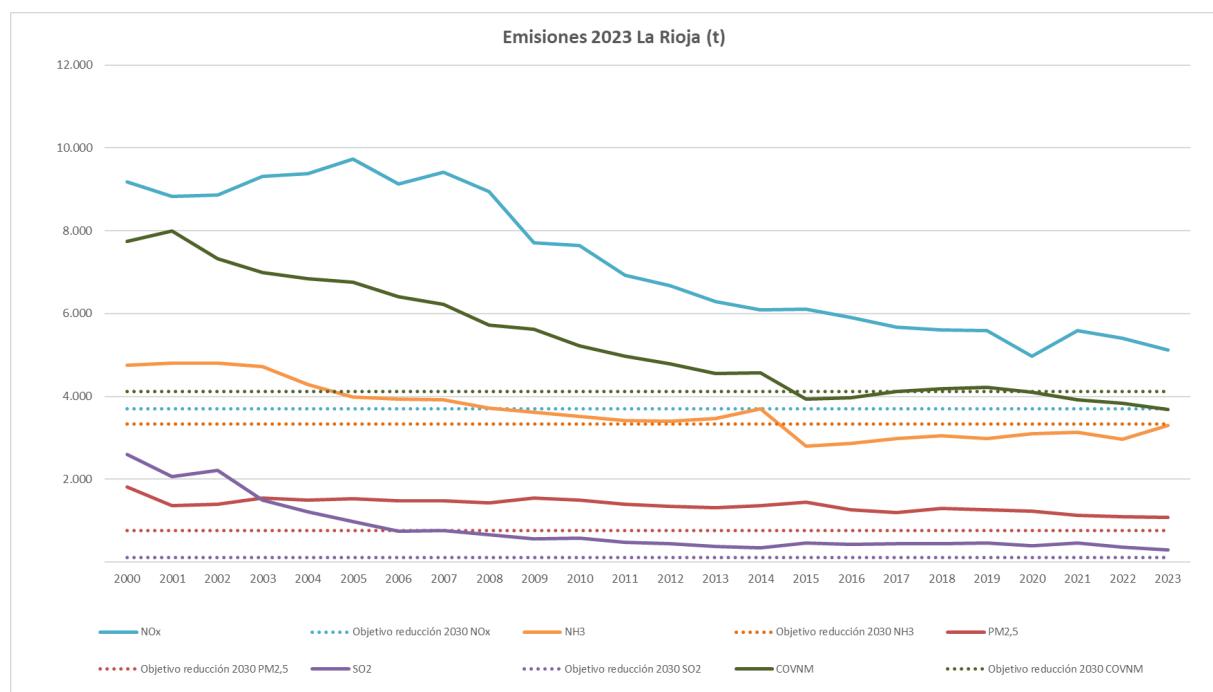
Siguiendo la clasificación del Programa EMEP, los sectores que más contribuyeron en el cómputo total de emisiones fueron la agricultura y ganadería (33,68%), el transporte por carretera (14,99%), el uso de disolventes (13,81%) y los procesos industriales (11,17%). Otros sectores causantes de contaminación atmosférica fueron la gestión y eliminación de residuos (10,86%) y las instalaciones de combustión (7,66%).

Por contaminantes atmosféricos, el mayor porcentaje de las emisiones en La Rioja correspondió a NO_x (37,98%), seguido de COVNM (27,31%) y NH₃ (24,51%), mientras que las emisiones de PM2,5 (8,06%) y SO₂ (2,14%) fueron menos significativas en el cómputo total.

- La principal fuente de emisión de NOx continuó siendo el transporte (35,36%), seguido de la gestión y eliminación de residuos (12,96%) y las actividades agrícolas y ganaderas (12,91%). Las emisiones de la industria constituyeron un 11,98%, en tanto que las procedentes de instalaciones de combustión fueron del 11,20%. El sector de la generación de energía eléctrica, donde destaca la Central de Ciclo Combinado de Arrúbal, generó el 4,12% de las emisiones totales. Las emisiones regionales de NOx disminuyeron un 5% respecto a los datos del año 2022.
- Las emisiones de COVNM estuvieron fundamentalmente causadas por el uso de disolventes (27,60%), las actividades agrícolas y ganaderas (15,70%) y la actividad industrial en general (9,80%). Las emisiones de este contaminante decrecieron un 4% a nivel regional respecto a los datos del año 2022.
- Las emisiones de NH₃ fueron generadas en un 97,87% por las actividades agrícolas y ganaderas. Estas sufrieron un incremento del 11% a nivel regional respecto los datos del año 2022.

- Las emisiones de PM_{2,5} cuantificadas procedieron en su mayor parte de actividades relacionadas con la gestión y eliminación de residuos (59,04%), seguidas de las actividades industriales (14,28%) y las instalaciones de combustión (12,38%). Estas emisiones disminuyeron un 2% respecto a los datos del año 2022.
- Las emisiones de SO₂ fueron minoritarias en La Rioja, en su mayor parte procedentes de instalaciones de combustión (67,85%) y de la industria (14,28%). Continuaron su tendencia decreciente, disminuyendo un 20% respecto a los datos del año 2022.

Figura 22.- Evolución 2000-2023 de las emisiones de SO_x, NO_x, COVNM, NH₃ y PM_{2,5} en La Rioja, tomando como referencia el primer año de la serie (1990 para los primeros y 2000 para PM_{2,5}). Elaboración propia a partir de datos del MITERD (2025).



Por tanto, para alcanzar un mejor grado de los niveles de calidad del aire y cumplir con las exigencias normativas de seguimiento y control de las emisiones deben incrementarse el esfuerzo y recursos de la Administración autonómica en materia de limitación, control y seguimiento de las fuentes de emisión.

Existe además una estrecha relación entre las medidas encaminadas a la limitación de emisiones con las relativas a las de mitigación de gases de efecto invernadero, por lo que ambas políticas obtienen una sinergia positiva si confluyen en una misma dirección.

7.- REFERENCIAS.

Dirección General de Calidad Ambiental, Cambio Climático y Agua. Consejería de Agricultura, Ganadería, Mundo Rural y Medio Ambiente. Gobierno de La Rioja.

<https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/atmosfera/calidad-aire>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2024). Evaluación de la Calidad del Aire en España. Año 2023.

<https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/sgalsi/atm%C3%B3sfera-y-calidad-del-aire/evaluaci%C3%B3n-2023/Informe%20evaluacion%20calidad%20aire%20Espa%C3%B1a%202023.pdf>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2024). Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera. Serie 1990-2023. Informe resumen.

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/Documento_resumen_Inventario_CA.pdf

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2016). Análisis de la calidad del aire en España. Evolución 2001-2012. Actualización 2014.

https://portal-miteco-stage.adobecqms.net/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/analisiscaespana2014_web_tcm30-183395.pdf

European Environment Agency (2024). Europe's air quality status 2024.

<https://www.eea.europa.eu/publications/europe-s-air-quality-status-2024>

Organización Mundial de la Salud (2021). Directrices globales de calidad del aire de la OMS: material particulado (PM2.5 y PM10), ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono.

<https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329> Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

Organización Mundial de la Salud (2019). Exposure to benzene: A major public health concern.

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/329481/WHO-CED-PHE-EPE-19.4.2-eng.pdf?ua=1>

Organización Mundial de la Salud (2006). Guías de calidad del aire relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Resumen de evaluación de los riesgos.

https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf