

Ref: jmi

Fecha: 17/03/2020

## **INFORME DE CALIDAD DEL AIRE LA RIOJA 2019**

### **CONTENIDO**

1	RESUMEN EJECUTIVO .....	1
1.1	La calidad del aire en La Rioja.....	2
2	INTRODUCCIÓN .....	5
2.1	Objeto del informe .....	5
2.2	Marco normativo.....	5
2.3	Marco competencial .....	9
3	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN .....	10
3.1	Evaluación mediante mediciones fijas .....	12
3.2	Evaluación mediante mediciones representativas .....	12
3.3	Modelización y biomonitorización de metales pesados .....	12
3.4	Información al público de la calidad del aire en La Rioja.....	13
4	LA RED DE CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	14
4.1	Descripción de las actividades.....	14
4.2	Aseguramiento de la Calidad de la Red de Control y Vigilancia.....	15
4.3	Red autonómica de biomonitorización de metales pesados en La Rioja.....	16
5	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA RIOJA .....	19
5.1	Calidad de los datos.....	20
5.2	Dióxido de azufre.....	21
5.3	Óxidos de nitrógeno .....	23
5.4	Partículas .....	26
5.5	Ozono .....	29

5.6	Monóxido de carbono .....	32
5.7	Benceno.....	33
6	EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.....	35
6.1	Efectos en la salud .....	35
6.2	Efectos en la vegetación .....	39
7	FUENTES DE EMISIÓN.....	41
8	REFERENCIAS .....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Estaciones de calidad del aire .....	10
<b>Figura 2.</b>	Mapa de La Rioja con la zonificación para la evaluación de la calidad del aire.....	11
<b>Figura 3.</b>	Esquema de la Red de Medición de la calidad del aire de La Rioja.....	14
<b>Figura 4.</b>	Localización de las 25 estaciones de muestreo del musgo <i>Hypnum cupresiforme</i> .....	18
<b>Figura 5.</b>	Esquema de los objetivos de calidad y sus definiciones .....	19
<b>Figura 6.</b>	Índice Nacional de Calidad de Aire para SO <sub>2</sub> en 2019 .....	22
<b>Figura 7.</b>	Evolución anual SO <sub>2</sub> para la protección de la vegetación .....	23
<b>Figura 8.</b>	Evolución anual del NO <sub>2</sub> para la protección de la salud.....	24
<b>Figura 9.</b>	Índice Nacional de Calidad de Aire para NO <sub>2</sub> en 2019 .....	25
<b>Figura 11.</b>	Evolución anual PM <sub>10</sub> para la protección de la salud .....	27
<b>Figura 12.</b>	Índice Nacional de Calidad de Aire para PM <sub>10</sub> en 2019.....	28
<b>Figura 13.</b>	Evolución anual PM <sub>2,5</sub> para la protección de la salud.....	29
<b>Figura 14.</b>	Índice Nacional de Calidad de Aire para PM <sub>2,5</sub> en 2019 .....	29
<b>Figura 15.</b>	Índice Nacional de Calidad de Aire para O <sub>3</sub> en 2019.....	30
<b>Figura 16.</b>	Evolución anual O <sub>3</sub> de las superaciones para la protección de la salud .....	31
<b>Figura 17.</b>	Evolución O <sub>3</sub> para la protección de la vegetación .....	32
<b>Figura 18.</b>	Evolución anual CO para la protección de la salud .....	33
<b>Figura 20.</b>	Evolución anual BTX para la protección de la salud en zona urbana.....	34



**Figura 21.** Evolución relativa de las emisiones de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> COVNM, NH<sub>3</sub> y PM<sub>2,5</sub>. ..... 42

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Estaciones de La Rioja .....	11
<b>Tabla 2.</b> Niveles mínimos de calidad de los datos.....	20
<b>Tabla 3.</b> % de los datos válidos en La Rioja .....	21
<b>Tabla 4.</b> Superaciones del VLD para el ozono en zona rural .....	30



## 1 RESUMEN EJECUTIVO

La política de aire limpio de la UE seguida por los estados miembros y por regiones como La Rioja, ha contribuido significativamente a mejorar la calidad del aire, no obstante queda mucho por hacer para reducir el impacto negativo de la contaminación del aire en la salud y el medio ambiente.

El Consejo Europeo de medio ambiente adoptó en marzo de 2020 las conclusiones sobre la calidad del aire que ofrecen orientación política para seguir trabajando en la lucha contra la contaminación del aire. En este aspecto, la Comunidad Autónoma de La Rioja tuvo la responsabilidad de coordinar la posición común de las Comunidades Autónoma y poner su voz en el Consejo de Medio Ambiente.

Las Comunidades Autónomas Españolas coinciden en la necesidad de reorientar las políticas públicas y el marco legal hacia acciones más efectivas que conlleven una mejor calidad del aire. Aunque también señalan que el esfuerzo realizado hasta la fecha tanto a nivel nacional como en el ámbito regional y local para implementar las políticas de aire limpio de la UE. Indudablemente ello ha contribuido a mejorar la calidad del aire de nuestras zonas y aglomeraciones, que se traduce en menos personas expuestas a la contaminación dañina del aire en comparación con años precedentes.

Desde la Dirección General de Calidad Ambiental y Recursos Hídricos se vela por el cumplimiento de los objetivos de calidad del aire tanto en los espacios rurales como en las aglomeraciones urbanas.

Además del seguimiento en continuo de los principales contaminantes atmosférico, anualmente se realiza una evaluación de la calidad del aire en La Rioja donde se valora el estado de la misma y el cumplimiento de los objetivos de calidad del aire.

Tenemos el placer de presentarles un informe sobre la calidad del aire en 2019 donde nuevamente se cumplen los objetivos tanto en las zonas rurales como en las aglomeraciones urbanas.

Queremos ante todo subrayar la necesidad de intensificar los esfuerzos en todos los niveles de la administración en pro de proteger nuestra salud y ecosistemas, y en esta dirección vemos con interés la propuesta de la Comisión sobre una revisión de las normas de calidad del aire para alinearlas más estrechamente con las directrices de la Organización Mundial de la salud (OMS).

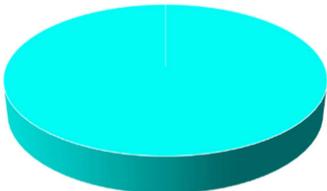
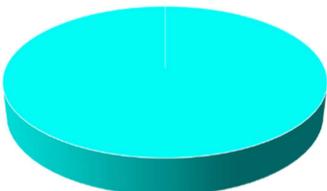
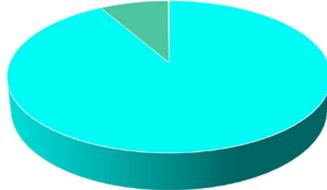
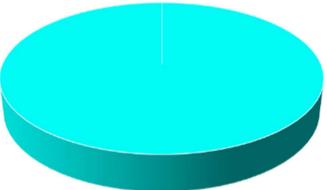
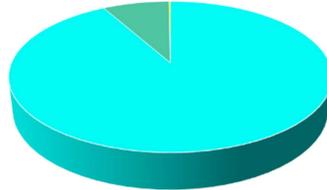
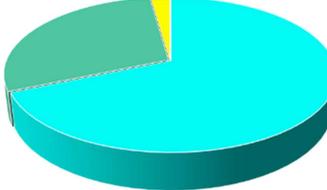
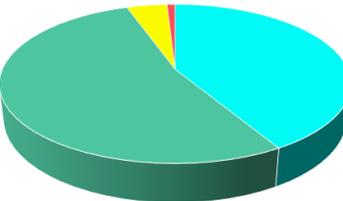
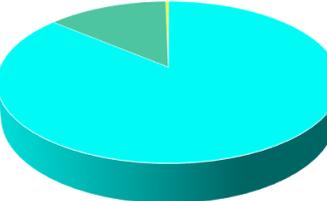
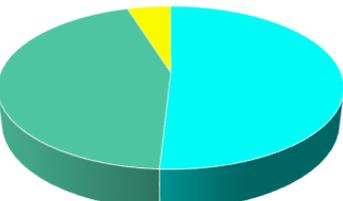
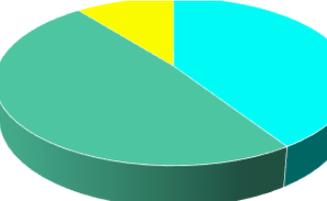
Para ello entendemos oportuno el empleo de **procesos de planificación conjunta** entre las distintas administraciones (europea, nacional, regional, local) y los sectores que haga de las políticas públicas más colaborativas, efectivas y responsables en favor de la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos europeos.

### 1.1 La calidad del aire en La Rioja

El 2019 será un año de cumplimiento de todos los valores límite y objetivos de calidad del aire en La Rioja. En la siguiente tabla se muestran los gráficos representativos de la calidad del aire tanto en periodo medio anual como en los episodios horarios expresados según los umbrales del índice nacional de calidad del aire.

Como podemos observar más del 94% del tiempo se estuvo en una situación buena o muy buena en las aglomeraciones urbanas. En el entorno rural este porcentaje es ligeramente menor, en el 85,8 %, debido a la mayor presencia de partículas, generalmente inertes procedentes de la actividad agraria, caminos o actividades extractivas (lo que comúnmente denominamos polvo).

En cuanto a la gestión de la red de vigilancia todos los objetivos de calidad de datos se cumplieron, es decir se tomaron valores por encima del 89% del tiempo datos válidos. Únicamente el analizador de benceno, tolueno y xileno, estuvo un periodo de evaluación por debajo del 90% ya que quedó fuera de servicio en septiembre hasta su reposición. También cabe resaltar el inicio a finales del año de los trabajos para implantar un nuevo sistema de garantía de calidad de la Red Vigilancia y Control de Calidad de Datos, el cual se espera que esté en funcionamiento durante el primer semestre del año.

	AGLOMERACIÓN URBANA	ZONA RURAL
SO <sub>2</sub>		
NO <sub>2</sub>		
O <sub>3</sub>		
PM <sub>2,5</sub>		
PM <sub>10</sub>		
Leyenda	<p> <span style="color: cyan;">■</span> Muy bueno    <span style="color: green;">■</span> Bueno    <span style="color: yellow;">■</span> Regular  <span style="color: red;">■</span> Malo    <span style="color: darkred;">■</span> Muy malo                 </p>	



	SO2	NO2	O3	PM2,5	PM10
Muy bueno	0 – 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0 – 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0 – 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0 – 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0 – 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Bueno	101 - 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41 - 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	81 - 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	11 - 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	21 - 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Regular	201 – 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	101 – 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	121 – 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	21 – 325 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	36 – 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Malo	351 – 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	201 – 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	181 – 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	26 – 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	51 – 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Muy malo	501 – 1250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	401 – 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	241 – 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	51 – 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	101 – 1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

## 2 INTRODUCCIÓN

### 2.1 Objeto del informe

Es objeto del informe mostrar el estado de la calidad del aire en La Rioja a partir de la evaluación de la concentración de los principales contaminantes atmosféricos y su valoración en cuanto al cumplimiento de los objetivos de calidad del aire.

Igualmente es objeto de este informe describir de forma general las posibles repercusiones en la salud o la vegetación en su caso, los recursos y medios utilizados para la vigilancia de la calidad del aire en La Rioja, así como la metodología empleada en la toma de muestra y análisis.

### 2.2 Marco normativo

#### 2.2.1 Normativa europea

La normativa europea sobre calidad del aire en vigor viene representada por las siguientes normas:

- **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 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 (1ª 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 (2ª Directiva Hija).
  - Directiva 2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de febrero de 2002, relativa al ozono en el aire ambiente (3ª Directiva Hija).

La Directiva 2008/50/CE, de 21 de mayo de 2008 introdujo regulaciones para nuevos contaminantes, como las partículas de tamaño inferior a 2,5 µm, así como nuevos requisitos en cuanto a la evaluación y los objetivos de calidad del aire, teniendo en cuenta las normas, directrices y los programas correspondientes a la Organización Mundial de la Salud.

- **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 4ª 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 o HAPs, 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, que modifica los anexos I, III, VI y IX de la Directiva 2008/50, de 21 de mayo de 2008, 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. Se aplica desde el 1 de enero del 2014, y deroga a partir de esa fecha:

- La Decisión del Consejo 97/101/CE, de 27 de enero de 1997 por la que se establece un intercambio recíproco de información y datos de las redes y estaciones aisladas de medición de la contaminación atmosférica en los Estados miembros,
- La Decisión de la Comisión 2004/224/CE, de 20 de febrero de 2004, por la que se establecen las medidas para la presentación de información sobre los planes o programas previstos en la Directiva 96/62/CE del Consejo en relación con los valores límite de determinados contaminantes del aire ambiente,
- Y la Decisión de la Comisión 2004/461/CE, de 29 de abril de 2004, relativa al cuestionario que debe utilizarse para presentar información anual sobre la evaluación de la calidad del aire ambiente de conformidad con las Directivas 96/62/CE y 1999/30/CE del Consejo y con las Directivas 2000/69/CE y 2002/3/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

### 2.2.2 Normativa nacional

La normativa estatal española sobre calidad del aire en vigor comprende las siguientes normas:

- **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 el de 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 habilita al gobierno a definir y establecer los objetivos de calidad del aire y los requisitos mínimos de los sistemas de evaluación de la calidad del aire 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.

Se aprueba con la finalidad de evitar, prevenir y reducir los efectos nocivos de las sustancias mencionadas sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.

Este Real Decreto fue modificado posteriormente por:

- El **Real Decreto 678/2014**, de 1 de agosto, por el que se modifica el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, para modificar los objetivos de calidad del sulfuro de carbono establecidos en la disposición transitoria única,
- y por el **Real Decreto 39/2017**, de 27 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, para transponer al ordenamiento jurídico español la Directiva 2015/1480, 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. Además, este Real Decreto prevé la aprobación de un Índice Nacional de Calidad del Aire que permita informar a la ciudadanía, de una manera clara y homogénea en todo el país, sobre la calidad del aire que se respira en cada momento.
- **Orden TEC/351/2019**, de 18 de marzo, por la que se aprueba el Índice Nacional de Calidad del Aire.

Esta Orden aprueba el Índice Nacional de Calidad del Aire, siguiendo las directrices del índice europeo («Air Quality Index»), que fue puesto en marcha en noviembre de 2017 por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) y la Comisión Europea, y que permite a los usuarios comprobar la calidad actual del aire en ciudades y regiones de toda Europa.

El Índice Nacional ayuda a representar la calidad del aire a nivel nacional de una manera fácilmente entendible por los ciudadanos, por lo que contribuye al acceso del público a dicha información ambiental de una manera clara. Asimismo, permite la comparación de la calidad del aire entre diferentes regiones, por cuanto los indicadores utilizados por los gestores de las redes regionales y locales de España de calidad del aire son muy heterogéneos y, a la vez, puede servir de referencia a dichos gestores para la definición de sus propios índices. Finalmente, el índice también facilita el intercambio de información con la Unión Europea.

Está basado en los datos en tiempo real que las redes de evaluación de la calidad del aire envían oficialmente al Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO), para cinco contaminantes: partículas en suspensión ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ), ozono troposférico ( $O_3$ ), dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) y dióxido de azufre ( $SO_2$ ). Los datos en tiempo real se pueden completar, cuando es necesario, con técnicas de modelización. En función de los valores registrados para cada uno de los contaminantes, se establecen cinco niveles de calidad del aire (muy bueno, bueno, regular, malo y muy malo).

### 2.3 Marco competencial

La autoridad competente para evaluar la calidad del aire en La Rioja recae en la Consejería de Sostenibilidad y Transición Ecológica en La Rioja, en concreto es la Dirección General de Calidad Ambiental y Recursos Hídricos. Esta dirección general ostenta como competencias en materia de calidad del aire:

- 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).
- Aprobar los sistemas de medición, consistentes en métodos, equipos, redes y estaciones.

- Colaborar entre sí en el supuesto de que se sobrepasen los objetivos de calidad del aire fijados en un ámbito territorial superior al de una comunidad autónoma, bajo la coordinación del Ministerio para la Transición Ecológica.
- Establecer, en su caso, objetivos de calidad del aire más estrictos que los fijados en el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero.

### 3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La Red de Vigilancia de la calidad del aire de La Rioja (figura 1) está constituida por:

- La estación de medida de Logroño (**La Cigüeña**), que representa el estado de la calidad del aire en la zona urbana.
- A la Red se añade desde el año 2003 la estación de **Alfaro**, de titularidad privada, que surge con motivo de la necesidad de vigilancia de la posible influencia en la calidad del aire de La Rioja Baja de las centrales de ciclo combinado situadas en Castejón.
- Bajo la misma finalidad y desde enero del año 2005, se incorporan a la Red las tres estaciones de titularidad privada para la vigilancia de la central de ciclo combinado de Arrúbal. Las estaciones se denominan “**Arrúbal**”, “**Galilea**” y “**Pradejón**”, de acuerdo con los municipios donde se ubican.



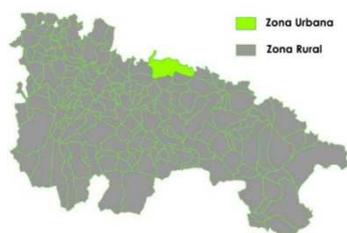
Figura 1. Estaciones de calidad del aire

En la evaluación de la calidad del aire de La Rioja participan dos zonas (figura 2 y tabla 1):

- **Zona Urbana** (ES 1704): Esta zona está representada por la estación de La Cigüeña (ES1602A), ubicada en el término municipal de Logroño y es representativa de las zonas urbanas contiguas de los municipios de Logroño y Lardero (99.93 Km<sup>2</sup>)<sup>1</sup>. La estación de La Cigüeña es una estación urbana de fondo.
- **Zona Rural** (ES1705): Esta zona está representada por las estaciones de Alfaro, Arrúbal, Galilea y Pradejón (ES1649A, ES1779A, ES1746A y ES1753A, respectivamente).

**Tabla 1.** Estaciones de La Rioja

ZONA	ESTACIÓN	CÓDIGO EOI	CÓDIGO LOCAL
Urbana ES1704	La Cigüeña	ES1602A	26089001
Rural ES1705	Alfaro	ES1649A	26011001
	Arrúbal	ES1779A	26019001
	Galilea	ES1746A	26066001
	Pradejón	ES1753A	26117001



**Figura 2.** Mapa de La Rioja con la zonificación para la evaluación de la calidad del aire

<sup>1</sup> La superficie de la aglomeración de Logroño (Logroño y Lardero) es un dato extraído de la zonificación de La Rioja

### 3.1 Evaluación mediante mediciones fijas

La estación de medición de calidad del aire de la aglomeración de Logroño, que está situada en la calle “La Cigüeña”. Por su ubicación y por la población a la que representa, pertenece al tipo de estaciones **urbanas** de fondo. En esta estación se miden los siguientes contaminantes en continuo: **SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, PM10, Benceno, Tolueno y Xileno**. 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: **SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, PM10 y PM2,5**.

Las técnicas analíticas para la medición de las partículas (PM10 en todas las estaciones y PM2,5 en todas las estaciones menos en “La Cigüeña”) son absorción beta. Los datos de partículas con los que se trabaja deben tener aplicados los factores y descuentos de corrección correspondientes.

Los datos validados de la red son enviados al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, para la inclusión en las redes de vigilancia de la calidad del aire. En cuanto a los valores de referencia de fondo se han utilizado los determinados en la estación de Valderejo (País Vasco. 01055001\_10\_47) por ser la estación más próxima que reúne las condiciones de estar lo suficientemente alejada de fuentes de contaminación.

### 3.2 Evaluación mediante mediciones representativas

Desde el año 2009 en la estación de La Cigüeña se ha medido también PM2,5 en discontinuo, mediante el método de referencia gravimétrico para el cálculo del Indicador Medio de Exposición 2,5 (IME 2,5). Las mediciones se hacen 1 de cada 3 días, obteniendo un total de 121 datos con su media diaria correspondiente.

### 3.3 Modelización y biomonitorización de metales pesados

El plomo y los metales pesados se evalúan a partir de los datos de la red de biomonitorización de metales pesados y mediante modelizaciones del Ministerio. No obstante desde el órgano ambiental autonómico también se han utilizado otras técnicas para la evaluación en 2019 concretamente la biomonitorización de metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos.

### 3.4 Información al público de la calidad del aire en La Rioja

Los distintos niveles de concentración de contaminantes en La Rioja, así como las series históricas de años anteriores están a disposición del público en la web del Gobierno de La Rioja (<https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/calidad-aire-cambio-climatico>). En este espacio digital se puede consultar los resultados sobre las concentraciones no sólo de partículas sino también de ozono y óxidos de nitrógeno, entre otros contaminantes que se miden en Logroño y en resto de La Rioja.

## 4 LA RED DE CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE

### 4.1 Descripción de las actividades

Los niveles de concentración de contaminantes son analizados cada 15 minutos en cada una de las estaciones, a excepción de las partículas en La Cigüeña (PM10) y Alfaro (PM10 y PM2,5) que son medidas cada hora y las PM2,5 en La Cigüeña que son medidas 1 de cada 3 días, cada hora. Los datos de concentraciones son enviados de forma automática cada día al centro de control de datos situado en la Dirección General de Calidad Ambiental y Recursos Hídricos, donde serán validados o anulados en el supuesto de que se detecte alguna anomalía o fallo técnico en la medición. Los datos una vez validados son dispuestos al día siguiente en la página de Internet de información de calidad ambiental de La Rioja: <https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/calidad-aire-cambio-climatico>, donde cualquier ciudadano puede consultarlos de forma gratuita y desde cualquier lugar.



**Figura 3.** Esquema de la Red de Medición de la calidad del aire de La Rioja

El centro de control (figura 3) de las estaciones, cuenta con un sistema informático que almacena indefinidamente los datos generados por los analizadores de las estaciones, así como las incidencias registradas en el funcionamiento. La información se remite de forma periódica desde las estaciones de medición al centro de control y procesamiento de los datos, localizado en la Dirección General de Calidad Ambiental y Recursos Hídricos. En éste se efectúa su gestión, que comprende comprobar la recepción de los datos y validarlos.

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:

- Mantenimiento preventivo y correctivo de la red, que además conlleva:
- La reparación inmediata de las anomalías
- La revisión y calibración periódicas de los equipos.

Validación de la información recibida, anulando o corrigiendo aquellos datos que sean erróneos. Para ello, se tomarán en cuenta:

- Las perturbaciones debidas al mantenimiento, calibrado o problemas técnicos.
- Las mediciones realizadas fuera de escala.
- Las variaciones excesivas o producidas de forma muy rápida.
- Las influencias climáticas o meteorológicas.

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

## **4.2 Aseguramiento de la Calidad de la Red de Control y Vigilancia**

Los responsables de las redes de calidad del aire tienen la obligación de disponer de un Sistema de control y garantía de calidad que asegure la exhaustividad, la 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 del Sistema de Control y Garantía de Calidad.

De acuerdo a la normativa de desarrollo de la Ley 34/2007 se debe asegurar de que las instituciones responsables del funcionamiento de las Redes de Vigilancia de la Calidad del Aire

dispongan de un sistema de garantía y control de la calidad, que incluya un mantenimiento periódico dirigido a asegurar la exactitud constante de los instrumentos de medición.

Desde el servicio de la Dirección General de Calidad Ambiental y Recursos Hídricos Servicio de Gestión y Control de Residuos desde donde se lleva la gestión de la Red de Vigilancia de Calidad del Aire de La Rioja se comenzó a finales de 2019 la implantación de un Sistema de Control y Garantía Calidad (Sistema de Calidad).

El modelo de Sistema de Calidad planteado 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 a la recomendación que realiza el propio Laboratorio de Referencia ISCIII encargado de la revisión.

#### **4.3 Red autonómica de biomonitorización de metales pesados en La Rioja**

Desde la firma de los protocolos referentes a la contaminación atmosférica EMEP (Ginebra, 1984) y Heavy Metals (Aarhus, 1998) La Rioja adquirió, junto con el resto del España, una serie de compromisos de evaluación de la concentración de metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos. En este marco normativo se inscriben las Directivas Europeas 2008/50/CE y 2004/107/CE incorporadas en el derecho español mediante el Real Decreto 102/2011 que sintetizó otros anteriores y que hace referencia entre otros, a la evaluación del Plomo, Arsénico, Cadmio, Mercurio y Níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos.

Los metales pesados presentes en la atmósfera son nocivos por bioacumulación, vía inhalación, siendo los más representativos el plomo (Pb), cadmio (Cd) y mercurio (Hg), cuyo origen se relaciona fundamentalmente con la combustión de carburantes fósiles, los centros metalúrgicos, la minería y la incineración de residuos. La Directiva 2004/107/CE sobre la calidad del aire contempla además como elementos de control prioritarios el arsénico (As) y el níquel (Ni).

Con el objetivo de cumplir con las obligaciones normativas y velar por una calidad del aire ambiente óptima para la salud humana y el medio ambiente, y de acuerdo con las competencias adquiridas por la Comunidad de La Rioja en materia de Medio Ambiente, desde el año 2006 se mantiene una red de biomonitorización de metales pesados con 25 puntos de muestreo de musgo para determinar la concentración y evaluar el impacto del arsénico, cadmio, níquel, plomo y mercurio. Los puntos de muestreo se distribuyen por todo el territorio

de La Rioja e incluso abarcan superficie fuera de la comunidad para dar robustez al muestreo y, en su caso, poder establecer conexiones con el posible origen de la contaminación.

Un equipo de la Universidad de La Rioja se ha encargado del diseño de la red, muestreo y preparación de muestras e interpretación de los datos obtenidos y un equipo de la Universidad de Santiago de las determinaciones analíticas.

Los trabajos de investigación realizados se apoyan en el análisis del musgo *Hypnum cupressiforme*. Estos musgos acumulan metales pesados en sus células en concentraciones superiores a las de los medios donde viven; debido a esta capacidad, la concentración de metales pesados es más fácil de detectar a través de los musgos que midiendo directamente el aire o el agua. Los musgos constituyen así un bioindicador de los niveles de metales pesados que podrán acumularse en nuestro organismo y en los ecosistemas a partir de la contaminación del aire.

La Red de Biomonitorización de La Rioja (figura 4) ha sido, tras la de Galicia, la segunda red española en incorporarse en la Red ICP-Vegetation (*The International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops*). Se trata de un programa que provee datos sobre la concentración de metales pesados en musgos nativos como una medida del impacto de estos contaminantes sobre los ecosistemas y la salud humana; y que proporciona acceso a información más global que permita mejores resultados interpretativos de los datos analíticos.

Hasta la fecha se han completado seis campañas de muestreo, análisis e interpretación de los resultados. En la campaña 2016-2017, en base a las recomendaciones del informe final de la campaña 2014-2015, se llevó a cabo una nueva campaña de muestreo de los programas europeos *Heavy Metals in Mosses Survey* e *ICP-Vegetation* incluyendo entre los contaminantes el nitrógeno y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs). En la campaña en curso, 2018-2019, además del muestreo de musgo natural en los 25 puntos de la red básica, se han realizado dos actuaciones novedosas:

- En el área metropolitana de Logroño, gracias a un convenio con la Fundación La Caixa, se han realizado durante el año 2018 trabajos más específicos de biomonitorización del contenido de metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos y nitrógeno, empleando biomonitores de musgo trasplantado Mossphere® y ejemplares ornamentales de Aligustre (*Ligustrum*). Los dispositivos Mossphere® se

ubicaron en 84 puntos en una malla regular de 575 metros de lado y las muestras en algustre se recolectaron en 50 árboles del casco urbano de Logroño, en una malla irregular de aproximadamente 500 metros de lado.

- Además, se han emplazado biomonitores Mossphere® en las cinco estaciones automáticas de la red de calidad del aire, correlacionales con otros tantos puntos de la red básica de biomonitorización. En los dispositivos Mossphere® o muestras de estos diez puntos, además de los metales se analizará el nitrógeno total y los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP), al objeto de avanzar en la determinación de la relación entre ambas metodologías.



**Figura 4.** Localización de las 25 estaciones de muestreo del musgo *Hypnum cupresiforme*

## 5 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA RIOJA

En las zonas y aglomeraciones nombradas anteriormente se evalúa la calidad del aire para los siguientes contaminantes: Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub>, NOx), partículas (PM10 y PM2,5), benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), monóxido de carbono (CO) y ozono troposférico (O<sub>3</sub>). Para estos contaminantes, la legislación establece diferentes objetivos de calidad (figura 5):

- **Valores límite** (objetivos para la protección de la salud): definidos para SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, partículas PM10 y PM2,5, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> y CO. Este valor límite, también tiene 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<sub>3</sub>.
- **Niveles críticos** (objetivos para la protección de los ecosistemas naturales y de la vegetación): definidos para SO<sub>2</sub> y NOx. Para estas mediciones 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 aproximación se tomarán los valores obtenidos en dicha estación.



**Figura 5.** Esquema de los objetivos de calidad y sus definiciones

La calidad del aire se evalúa en su totalidad respecto a los contaminantes mencionados anteriormente, pero se hará especial inciso en partículas en suspensión (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>), óxidos

de nitrógeno (NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>), ozono troposférico (O<sub>3</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), ya que el **Índice de Calidad del Aire Nacional** se basa en estos contaminantes atmosféricos.

Los datos evaluados de la zona urbana se corresponden a los valores medios de la estación de La Cigüeña, mientras que los datos de la zona rural son los valores de la estación rural (Alfaro, Arrúbal, Galilea o Pradejón) con valores medios más altos para ese contaminante.

## 5.1 Calidad de los datos

En 2019, en la red de vigilancia de la calidad del aire de La Rioja se han alcanzado ratios muy aceptables de datos válidos. Según la Directiva 2008/50/CE, en mediciones fijas, se exige para el cumplimiento de los objetivos de calidad de los datos para la evaluación de la calidad del aire ambiente, una recogida de datos mínima como la que se indica (tabla 2):

**Tabla 2.** Niveles mínimos de calidad de los datos

CONTAMINANTE	INCERTIDUMBRE	RECOGIDA MÍNIMA DE DATOS VÁLIDOS
NO <sub>x</sub>	15%	90%
PM10	25%	90%
SO <sub>2</sub>	15%	90%
O <sub>3</sub>	15%	90% (75% en invierno)
CO	15%	90%
Benceno	25%	90%

En La Rioja se han alcanzado las siguientes ratios de recogida de datos válidos (tabla 3) y como se puede observar se han alcanzado y superado los umbrales mínimos de recogida de datos válidos (a excepción del benceno porque el analizador estuvo fuera de servicio aproximadamente dos meses), por lo que la evaluación de la calidad del aire se puede llevar a cabo con un número suficiente de datos.

**Tabla 3.** % de los datos válidos en La Rioja

CONTAMINANTE		LA CIGÜEÑA	ALFARO	ARRÚBAL	GALILEA	PRADEJÓN
DATOS HORARIOS	NOx	97,7%	96,5%	98,8%	99,0%	98,8%
	PM10	94,4%	94,0%	98,7%	98,5%	98,0%
	SO <sub>2</sub>	95,8%	96,7%	98,8%	99,0%	98,8%
	O <sub>3</sub>	94,5%	97,7%	97,8%	96,5%	98,3%
	CO	95,3%	98,0%	98,8%	99%	98,8%
	Benceno	77,6%				
DATOS DIARIOS	NOx	98,4%	95,1%	98,4%	98,6%	99,5%
	PM10	95,9%	94,5%	98,4%	98,4%	98,6%
	SO <sub>2</sub>	95,9%	95,9%	98,4%	98,6%	99,5%
	O <sub>3</sub>	94,8%	96,7%	94,4%	94,8%	98,9%
	CO	95,3%	97,2%	98,4%	98,6%	98,6%
	Benceno	77,8%				

## 5.2 Dióxido de azufre

El SO<sub>2</sub> es principalmente de origen antropogénico, es un gas que se origina sobre todo durante la combustión de carburantes fósiles que contienen azufre (petróleo, combustibles sólidos). Desde 2008 se ha producido un descenso acusado de estas emisiones debido a diversos

factores como el Plan 2007 de Reducción de emisiones de Grandes Instalaciones de Combustión, que obligó a la introducción de tecnologías de desulfuración.

### 5.2.1 Protección de la salud

El valor límite horario (VLH) es de  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que no deberá superarse en más de 24 ocasiones por año civil. Para zona urbana no ha habido ninguna superación del VLH, el máximo horario ha sido de  $7,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el percentil 99,73 (correspondiente al valor 25º más alto) fue de  $6,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Para zona rural tampoco ha habido ninguna superación del VLH, el máximo horario ha sido de  $19,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el percentil 99,73 (correspondiente al valor 25º más alto) fue de  $17,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

El valor límite diario (VLD) es de  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que no deberá superarse en más de 3 ocasiones por año civil. Para zona urbana no ha habido ninguna superación del VLD, el máximo diario ha sido de  $6,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el percentil 99,2 (correspondiente al 4º valor más alto) fue de  $5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para zona rural tampoco ha habido ninguna superación del VLD, el máximo diario ha sido de  $17,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el percentil 99,2 (correspondiente al 4º valor más alto) fue de  $14,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Según el Índice Nacional de Calidad de Aire (figura 6) nos encontramos por completo tanto en la zona urbana como en la zona rural en una situación muy buena (100%).

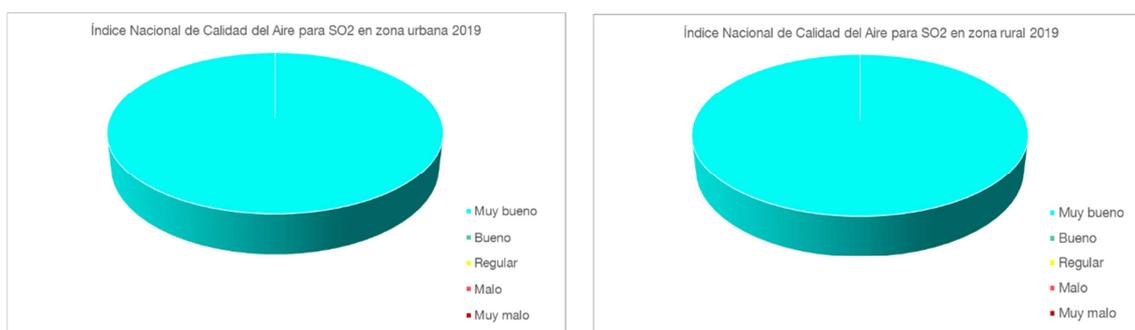
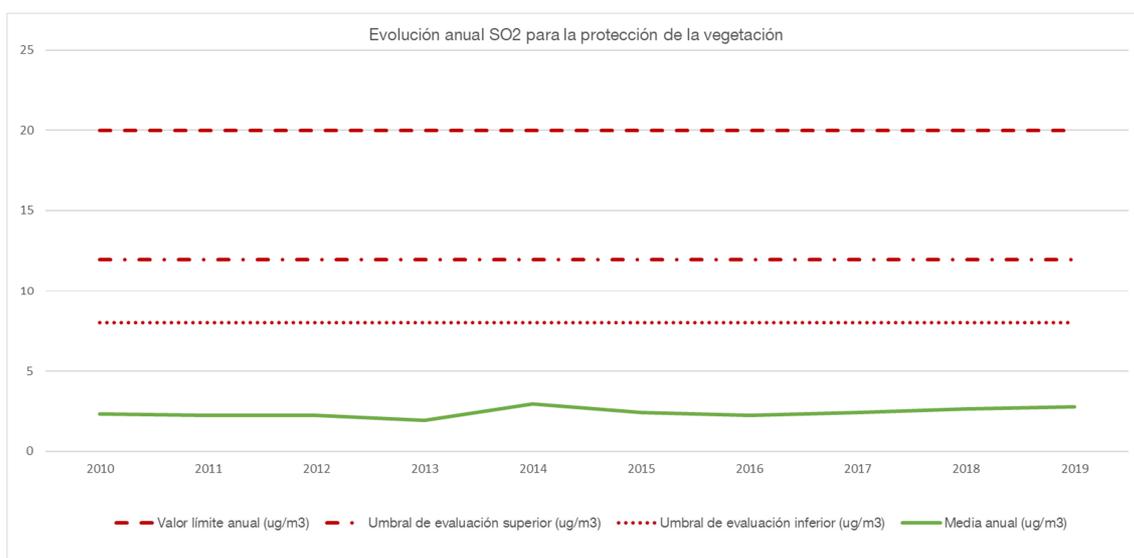


Figura 6. Índice Nacional de Calidad de Aire para SO<sub>2</sub> en 2019

### 5.2.2 Protección de la vegetación

El valor límite es de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como media durante el periodo del 1 de octubre al 31 de marzo. No ha habido superación de este valor como se puede observar en la figura 7, donde se

presentan las medias de ese periodo desde el 2010 hasta el 2019. Se puede observar que nos encontramos en una situación muy buena con unos valores muy por debajo del valor límite y de los umbrales tanto superior como inferior.



**Figura 7.** Evolución anual SO<sub>2</sub> para la protección de la vegetación

### 5.3 Óxidos de nitrógeno

Los denominados óxidos de nitrógeno engloban tanto al monóxido de nitrógeno (NO) como al dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). De las dos, es ésta última la principal forma química con efectos adversos sobre la salud; además, el NO se oxida con facilidad, dando lugar a NO<sub>2</sub> rápidamente una vez está presente en la atmósfera. Estos componentes tienen un origen principalmente antropogénico. Como contaminantes, son gases que se emiten en los procesos de combustión que se llevan a cabo en relación con el tráfico (sobre todo vehículos automóviles, y en especial de motores diésel) y con el transporte en general, así como en instalaciones industriales de alta temperatura y de generación eléctrica.

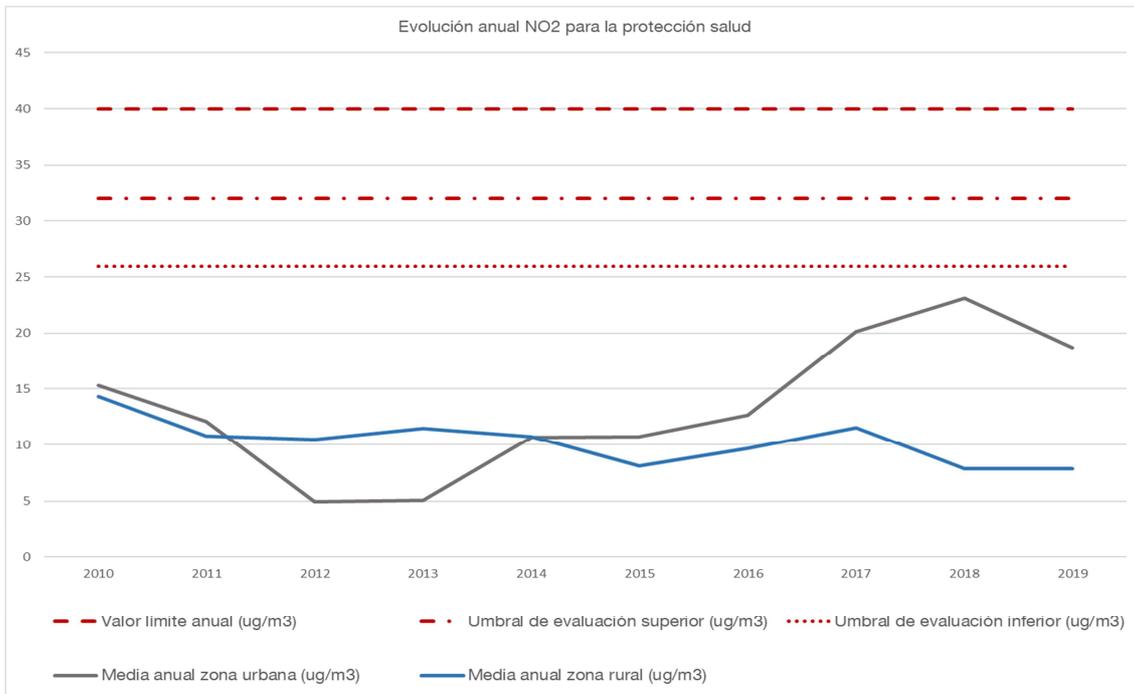
También contribuyen de forma secundaria a la formación de partículas inorgánicas por ser precursores del ácido nítrico, HNO<sub>3</sub>, y por tanto del nitrato, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en partículas. También actúan

como precursores de la formación de ozono (O<sub>3</sub>) y de otros contaminantes fotoquímicos al reaccionar con compuestos orgánicos volátiles.

### 5.3.1 Protección de la salud

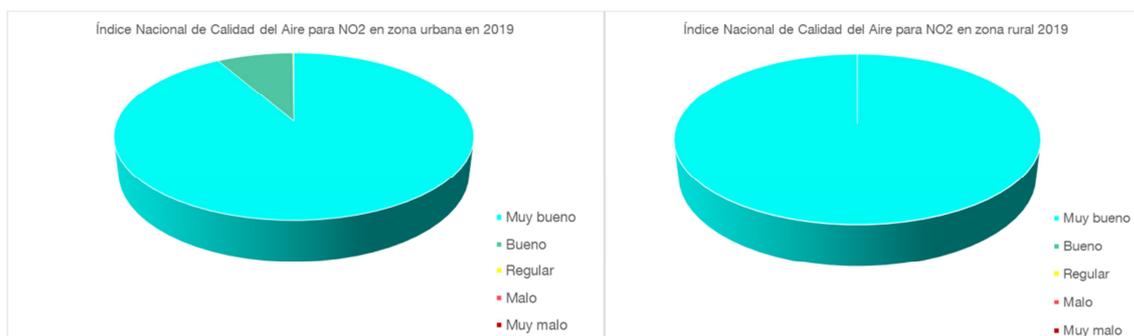
El valor límite horario (VLH) es de 200 µg/m<sup>3</sup>, que no deberá superarse en más de 18 ocasiones por año civil. Para zona urbana no ha habido ninguna superación del VLH, el máximo horario ha sido de 178,4 µg/m<sup>3</sup> y el percentil 99,80 (correspondiente al valor 19º más alto) fue de 86,6 µg/m<sup>3</sup>. Para zona rural tampoco ha habido ninguna superación del VLH, el máximo horario ha sido de 43,0 µg/m<sup>3</sup> y el percentil 99,80 (correspondiente al valor 19º más alto) fue de 31,0 µg/m<sup>3</sup>.

El valor límite anual (VLA) es de 40 µg/m<sup>3</sup> como media anual. Nos encontramos en una situación muy buena sin superaciones, tal como muestra la figura 8 con unos valores por debajo del valor límite y de los umbrales tanto superior como inferior tanto en zona urbana como en zona rural.



**Figura 8.** Evolución anual del NO<sub>2</sub> para la protección de la salud

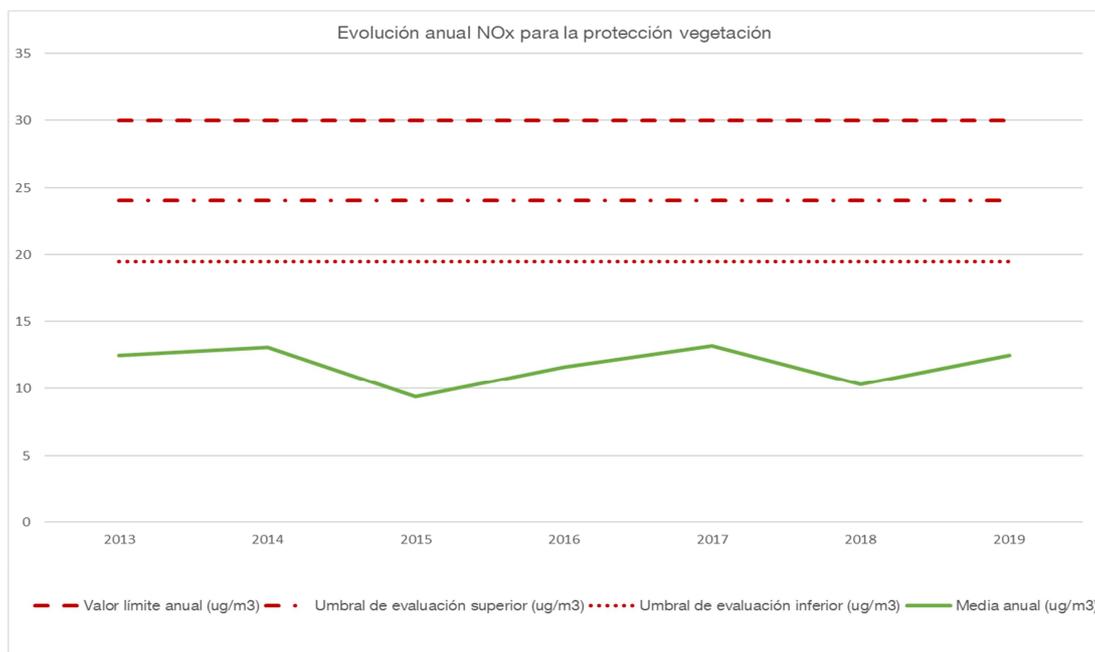
Según el Índice Nacional de Calidad de Aire (figura 9) nos encontramos en una situación muy buena (91,7%), buena (8,2%) y regular (0,1%) en la zona urbana. En la zona rural nos encontramos por completo en una situación muy buena (100%).



**Figura 9.** Índice Nacional de Calidad de Aire para NO<sub>2</sub> en 2019

### 5.3.2 Protección de la vegetación

El valor límite es de 30 µg/m<sup>3</sup> como media anual de NO<sub>x</sub> (expresado como NO<sub>2</sub>). No ha habido superación de este valor como se puede observar en la figura 10, donde se presentan las medias de ese periodo desde el 2010 hasta el 2019. Se puede observar que nos encontramos en una situación muy buena con unos valores por debajo del valor límite y de los umbrales tanto superior como inferior.



**Figura 10.** Evolución anual NOx para la protección de la vegetación

## 5.4 Partículas

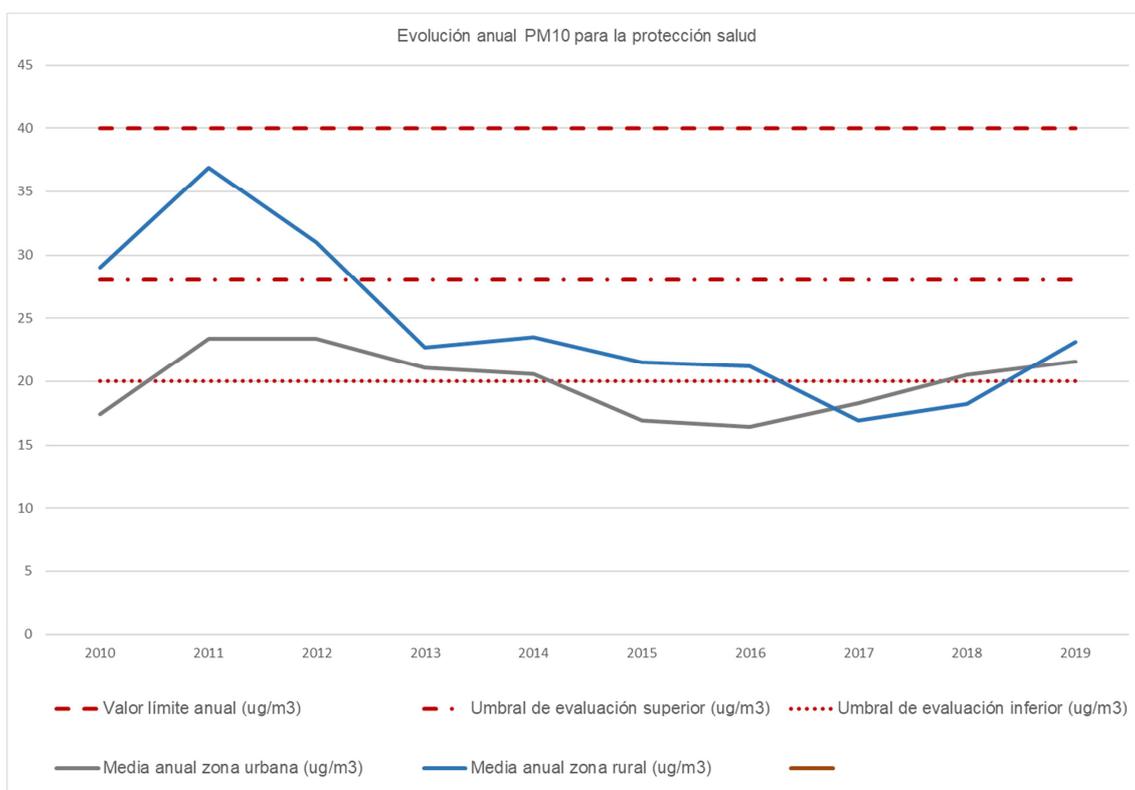
Las partículas están integradas por una mezcla heterogénea y compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas de tamaño y composición química muy variable; sólidas y/o líquidas, de origen tanto natural como antropogénico. Incluyen tanto las PM10 (aquellas con un diámetro aerodinámico igual a 10 micras o inferior) y las PM2,5 (aquellas con uno igual a 2,5 micras o inferior). Estas partículas tienen un origen primario o secundario:

- **Primario:** Partículas emitidas directamente a la atmósfera, ya sea de manera natural (polvo, partículas salinas marinas, pole...), o como consecuencia de la actividad humana (tráfico rodado, procesos de combustión industriales, calefacción de edificios, quemados de restos agrícolas...).
- **Secundario:** Cuando se producen en la atmósfera como resultado de reacciones químicas a partir de gases precursores: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> (esparcimiento de purín en fincas agrícolas), compuestos orgánicos volátiles, etc.

#### 5.4.1 Protección de la salud en partículas PM10

El valor límite diario (VLD) es de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que no deberá superarse en más de 35 ocasiones por año civil. Para zona urbana no ha habido superaciones del VLD, el máximo diario ha sido de  $44,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el percentil 90,14 (correspondiente al valor 36º más alto) fue de  $30,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las intrusiones Saharianas supusieron la superación de 8 días a lo largo del año en la zona de Alfaro, no obstante, descontados estos episodios naturales para zona rural tampoco ha habido superaciones del VLD. El máximo diario ha sido de  $48,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el percentil 90,14 (correspondiente al valor 36º más alto) fue de  $36,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

El valor límite anual (VLA) es de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como media anual. Nos encontramos en una situación buena sin superaciones del VLA tanto en zona urbana como en zona rural, tal como muestra la figura 11.



**Figura 11.** Evolución anual PM<sub>10</sub> para la protección de la salud

Según el Índice Nacional de Calidad de Aire (figura 12) nos encontramos en una situación muy buena (50,9%), buena (44,3%) y regular (4,9%) en la zona urbana. En la zona rural nos encontramos por completo en una situación muy buena (40,8%), buena (48,5%) y regular (10,7%).

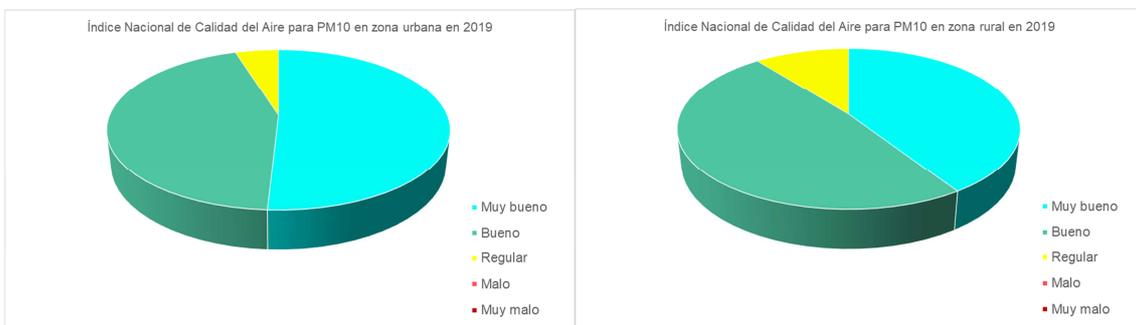
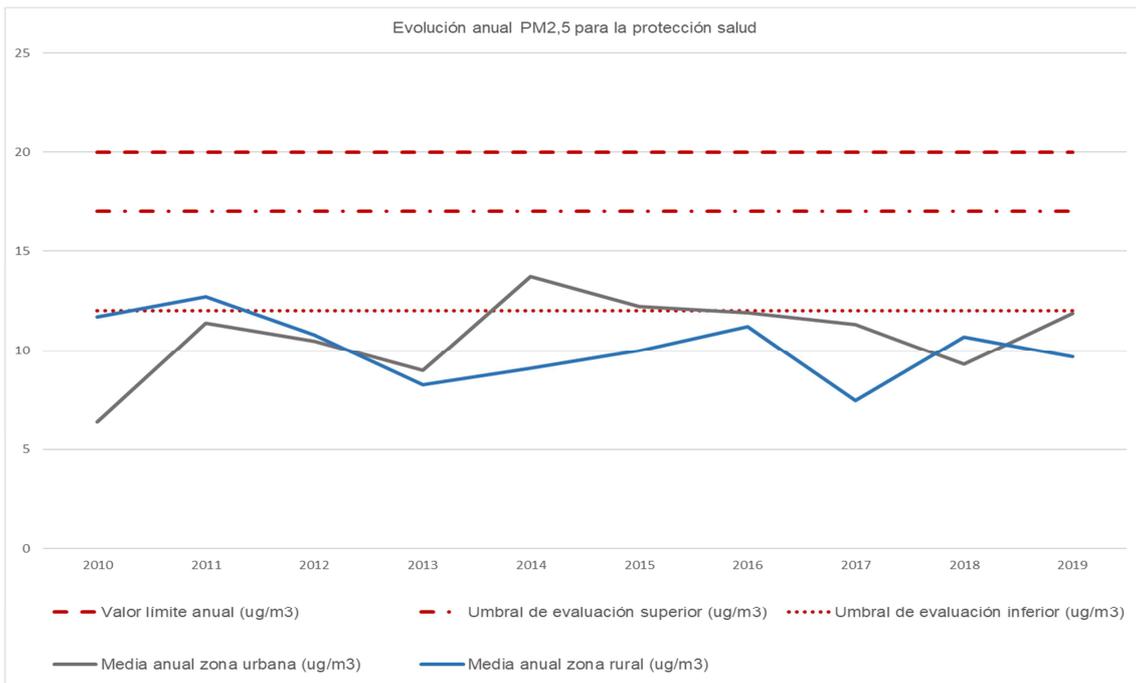


Figura 12. Índice Nacional de Calidad de Aire para PM<sub>10</sub> en 2019

#### 5.4.2 Protección de la salud en partículas PM<sub>2,5</sub>

El valor límite anual (VLA) es de 20 µg/m<sup>3</sup> como media anual. Nos encontramos en una situación buena sin superaciones del VLA tanto en zona urbana como en zona rural, tal como muestra la figura 13.



**Figura 13.** Evolución anual PM<sub>2,5</sub> para la protección de la salud

Según el Índice Nacional de Calidad de Aire (figura 14) nos encontramos en una situación muy buena (41,6%), buena (53,1%), regular (4,4%) y mala (0,9%) en la zona urbana. En la zona rural nos encontramos por completo en una situación muy buena (86,4%), buena (13,6%) y regular (0,3%).

**Figura 14.** Índice Nacional de Calidad de Aire para PM<sub>2,5</sub> en 2019

## 5.5 Ozono

El gas ozono tiene un efecto positivo en la estratosfera (a unos 10-15 km de la superficie terrestre), ya que protege de la radiación ultravioleta. Sin embargo, a cotas inferiores, en la troposfera (la capa de la atmósfera en contacto con la tierra), se convierte en un contaminante que actúa como un potente y agresivo oxidante.

### 5.5.1 Protección de la salud

El valor límite diario (VLD) es de 120 µg/m<sup>3</sup> (máxima diaria de las concentraciones móviles octohorarias<sup>2</sup>), que no deberá superarse en más de 25 ocasiones por año civil de promedio en un período de 3 años. Para zona urbana hubo 1 superación del VLD el día 24 de agosto, el máximo diario ha sido de 123,4 µg/m<sup>3</sup> y el percentil 93,20 (correspondiente al valor 26º más alto) fue de 91,0 µg/m<sup>3</sup>. Para zona rural ha habido 23 superaciones (tabla 4) del VLD, el

<sup>2</sup> 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 periodo, es decir, el primer periodo 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 periodo de cálculo para un día cualquiera será el comprendido entre las 16:00 h. y las 24 h. de dicho día.

máximo diario fue de 118,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y el percentil 93,20 (correspondiente al valor 26º más alto) fue de 119,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se observa una disminución en cuanto al número de días (figura 16) en los que se supera el valor límite diario de 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Según el Índice Nacional de Calidad de Aire (figura 15) nos encontramos en una situación muy buena (91,7%), buena (7,9%) y regular (0,2%) en la zona urbana. En la zona rural nos

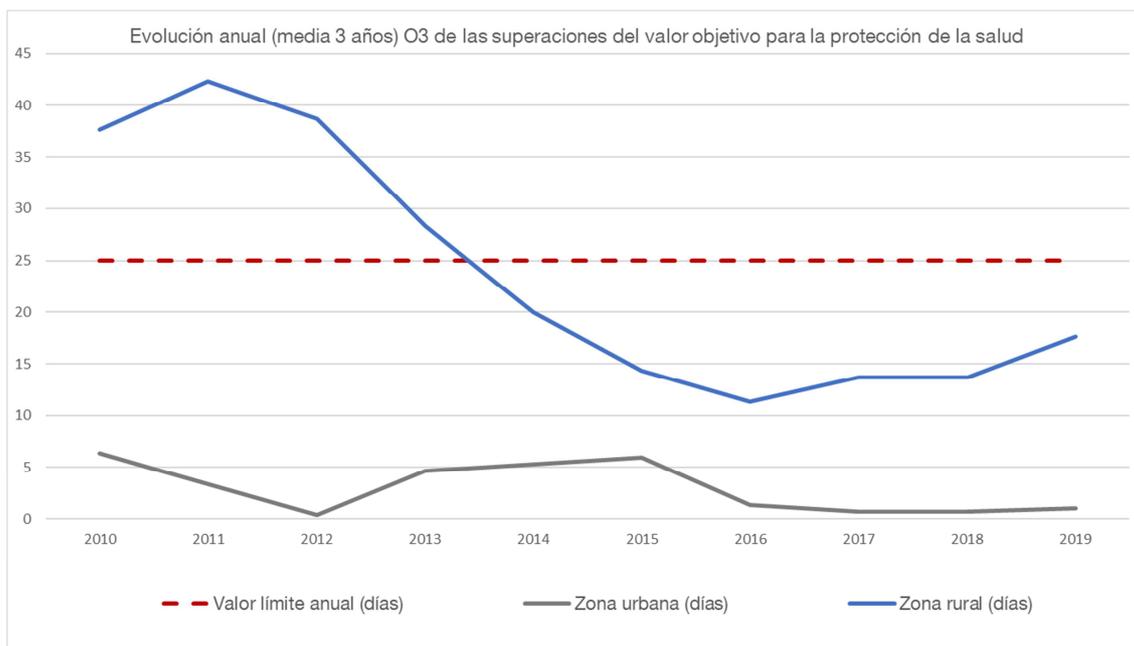


encontramos por completo en una situación muy buena (68,8%), buena (29,4%) y regular (2,2%).

**Figura 15.** Índice Nacional de Calidad de Aire para O<sub>3</sub> en 2019

**Tabla 4.** Superaciones del VLD para el ozono en zona rural

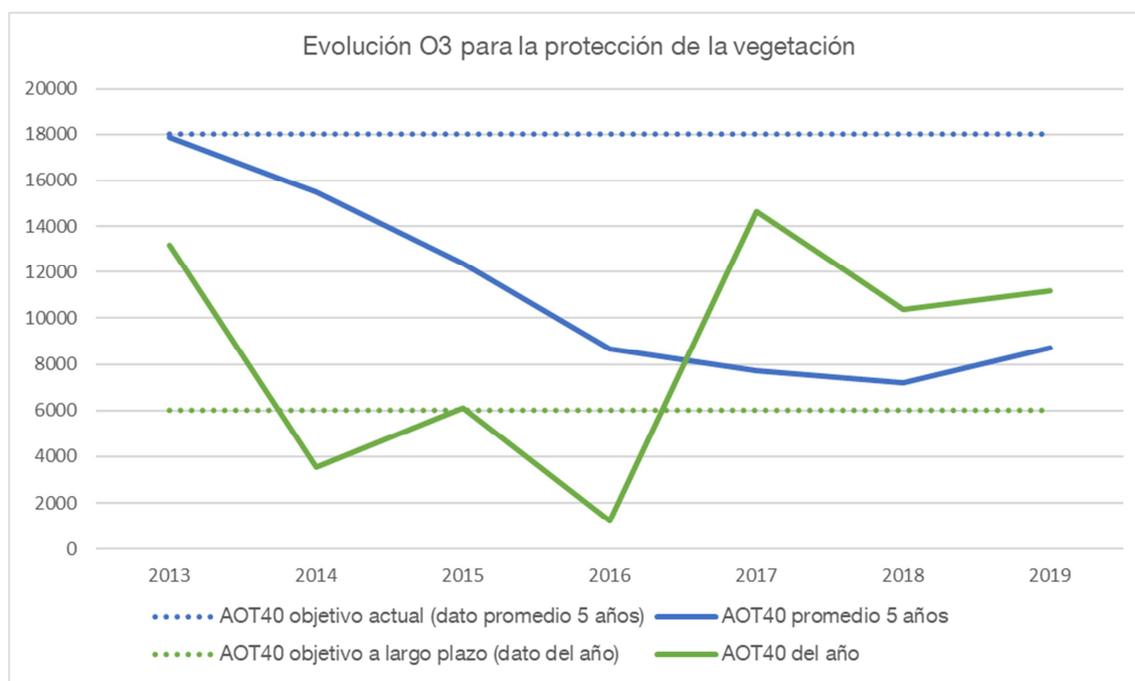
MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
30/03	13/04	14/05	17/06	04/07	23/08
	20/04	16/05	18/06	05/07	24/08
			25/06	06/07	30/08
			26/06	11/07	31/08
			27/06	12/07	
			28/06	16/07	
			29/06	23/07	

**Figura 16.** Evolución anual O<sub>3</sub> de las superaciones para la protección de la salud

### 5.5.2 Protección de la vegetación

Existen dos objetivos del ozono para la protección de la vegetación, el primero es el valor objetivo de un AOT40<sup>3</sup> de 18000 µg/m<sup>3</sup> h, que es un valor acumulado de mayo a julio (la temporada de mayor crecimiento de la vegetación) de promedio en un periodo de 5 años. En la figura 17 se observa que no llegamos a sobrepasar este umbral a lo largo de las medias de cinco años y que además lleva una tendencia descendente. También existe un objetivo a largo plazo de un AOT40 de 6000 µg/m<sup>3</sup> h, calculado únicamente con los datos de mayo a julio del año. Este umbral a largo plazo sí que ha sido superado en los últimos años.

<sup>3</sup>AOT40 (expresado en µg/m<sup>3</sup> h) es la suma de las diferencias entre las concentraciones horarias superiores a los 80 µg/m<sup>3</sup> (40 partes por mil millones) y 80 µg/m<sup>3</sup> 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 17.** Evolución O<sub>3</sub> para la protección de la vegetación

## 5.6 Monóxido de carbono

El CO es un gas sin color ni olor emitido como consecuencia de la combustión incompleta o mala combustión de carburantes fósiles y de biocombustibles. En general, cualquier combustible que contenga carbono (gas, petróleo, carbón, madera...) y que sea quemado sin suficiente oxígeno como para formar CO<sub>2</sub> es una fuente potencial de CO.

### 5.6.1 Protección de la salud

El valor límite es de 10 mg/m<sup>3</sup> como máximo diario octohorario anual. Como muestra la figura 18, nos encontramos en una muy buena situación respecto al CO, no llegando a superar ni el valor límite, ni los umbrales superior o inferior.



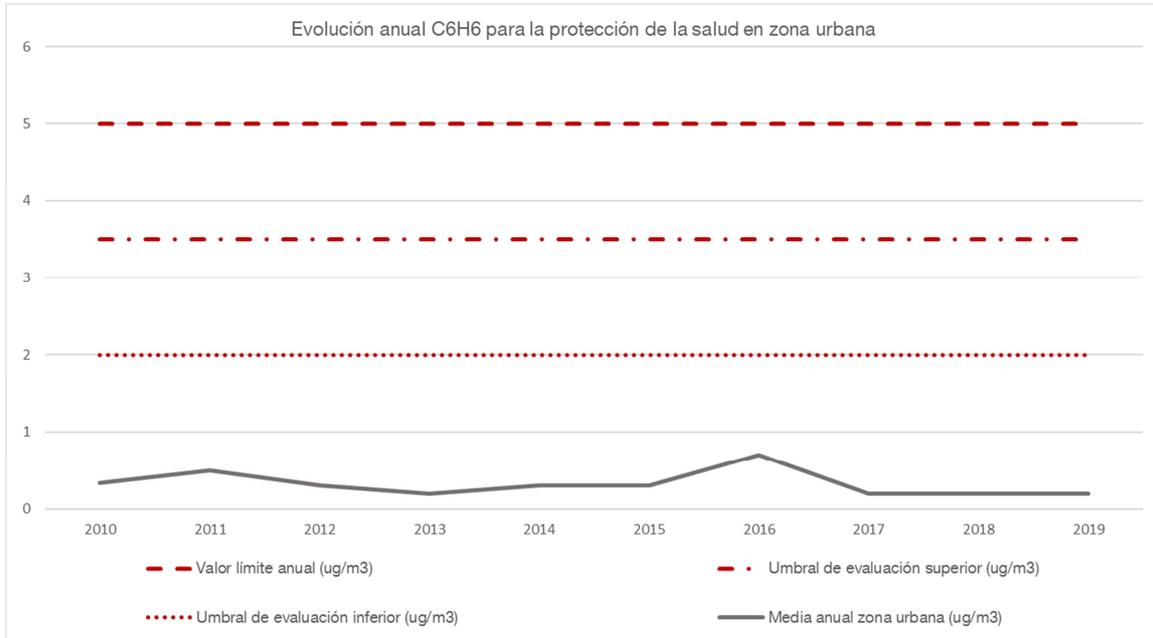
**Figura 18.** Evolución anual CO para la protección de la salud

## 5.7 Benceno

Este contaminante procede sobre todo de fuentes de tipo natural. Se libera básicamente como consecuencia de procesos de combustión incompleta y por evaporación de determinados combustibles.

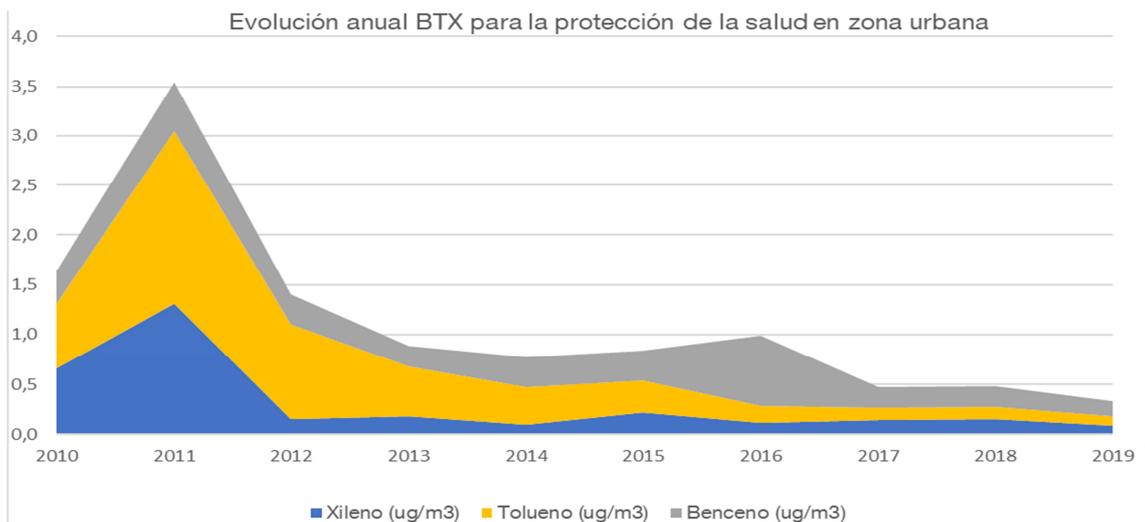
### 5.7.1 Protección de la salud

El valor límite es de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como máximo diario octohorario anual. Como muestra la figura 19, nos encontramos en una muy buena situación respecto al  $\text{C}_6\text{H}_6$ , no llegando a superar ni el valor límite, ni los umbrales superior o inferior.



**Figura 19.** Evolución anual C6H6 para la protección de la salud en zona urbana

En la estación de La Cigüeña, se miden además del benceno, los niveles de tolueno y xileno (BTX), completando de esta manera la evaluación de los compuestos orgánicos volátiles en el aire por el uso de disolventes, pinturas y adhesivos (figura 20). No obstante, hasta el momento, solo el benceno tiene establecido un valor límite de concentración de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Figura 20.** Evolución anual BTX para la protección de la salud en zona urbana

## 6 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

### 6.1 Efectos en la salud

#### 6.1.1 Los óxidos de nitrógeno

Los óxidos de nitrógeno pueden producir inflamación de las vías aéreas, afecciones de órganos, como hígado o bazo, o de sistemas, como el sistema circulatorio o el inmunitario, que proporcionan a su vez afecciones pulmonares e insuficiencias respiratorias. Los estudios experimentales realizados con animales y con personas indican que el NO<sub>2</sub>, en concentraciones de corta duración superiores a 200 µg/m<sup>3</sup>, es un gas tóxico con efectos importantes en 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<sub>2</sub> mediante cualquier efecto tóxico directo. Sin embargo, se han obtenido pruebas que hacen aumentar la preocupación por los efectos en la salud asociados con mezclas de contaminación del aire de espacios abiertos que contienen NO<sub>2</sub>.

#### 6.1.2 Las partículas

Las partículas pueden ser inhaladas y penetrar en el sistema respiratorio, las de menor tamaño pueden alcanzar incluso los alveolos pulmonares. Lo que les permite de este modo llevar sustancias nocivas a zonas muy sensibles y agravar patologías que pueden conducir incluso a una muerte prematura. De este modo, las partículas (en especial las PM<sub>2,5</sub>) pueden estar implicadas en el incremento de la mortalidad y de la morbilidad por causas respiratorias y cardiovasculares. Se ve afectada toda la población, pero la susceptibilidad a la contaminación puede variar con la salud o la edad. El proceso de fijación de normas debe orientarse más bien a alcanzar las concentraciones más bajas posibles teniendo en cuenta las limitaciones, la capacidad y las prioridades en materia de salud pública en el ámbito local.

#### 6.1.3 El ozono troposférico

La exposición a elevados niveles origina problemas respiratorios sobre la salud humana (irritación, inflamación, insuficiencia respiratoria, asma) y puede contribuir a la mortalidad prematura. Los últimos estudios de series cronológicas han demostrado que se producen efectos en la salud con concentraciones de ozono por debajo del valor guía anterior de la OMS de 120 µg/m<sup>3</sup>, 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 ozono, que ilustran bien la reducción de la Guía de Calidad del Aire (GCA) de la OMS para el ozono, pasando del nivel de 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como media máxima diaria de ocho horas. Posteriormente se muestran los valores de la GCA de la OMS y el objetivo intermedio para el ozono en concentraciones a corto plazo de ocho horas.

Niveles altos (240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como media máxima diaria de ocho horas): Efectos significativos en la salud; proporción sustancial de la población vulnerable afectada.

Objetivo intermedio-1 (160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como media máxima diaria de ocho horas): Efectos importantes en 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 en la salud de los niños (basados en diversos estudios de campamentos de verano en los que los niños estuvieron expuestos a niveles ambientales de ozono);
- Aumento estimado de un 3-5% de la mortalidad diaria<sup>2</sup> (basado en los resultados de estudios de series cronológicas diarias).

Guía de calidad del aire (100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como media máxima diaria de ocho horas): Proporciona una protección adecuada de la salud pública, aunque pueden producirse algunos efectos en la salud por debajo de este nivel. La exposición a este nivel de ozono está asociada con:

- Un aumento estimado de un 1-2% de la mortalidad diaria<sup>4</sup> (basado en los resultados de estudios de series cronológicas diarias);
- 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;

---

<sup>4</sup> Muertes atribuibles al ozono. Los estudios de series cronológicas indican un aumento de la mortalidad diaria del orden del 0,3-0,5% por cada incremento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en las concentraciones de ozono durante ocho horas por encima de un nivel de referencia estimada de 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

- La probabilidad de que el ozono ambiental sea un marcador para los oxidantes relacionados con él.

#### 6.1.4 Otros contaminantes:

Los estudios de exposiciones a corto plazo de **óxidos de azufre** realizados con asmáticos que hacían ejercicio indican que algunos de ellos experimentaron cambios en la función pulmonar y los síntomas respiratorios tras periodos de exposición al SO<sub>2</sub> de apenas 10 minutos. Tomando como base estas pruebas, se recomienda que no se supere una concentración de SO<sub>2</sub> de 500 µg/m<sup>3</sup> durante periodos con una duración media de 10 minutos. En cuanto a exposiciones más prolongadas (más de 24 horas) se ha observado que una reducción importante del contenido de azufre de los combustibles durante un periodo muy breve de tiempo, se ha vinculado con una reducción sustancial de los efectos en la salud (por ejemplo, enfermedades respiratorias en la infancia y mortalidad en todas las edades).

Las concentraciones de **monóxido de carbono** (CO) en el medio ambiente son bastantes bajas en comparación con las concentraciones que tienen que ver con los efectos más adversos del CO. Dado que la importancia para la salud del monóxido de carbono presente en el aire ambiente se debe fundamentalmente al hecho de que 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. En estudios de laboratorio no se observó ninguna interacción después de una exposición combinada a monóxido de carbono y contaminantes comunes del aire ambiente, como el dióxido de nitrógeno o el dióxido de azufre. Sin embargo, se observó un efecto aditivo tras la exposición combinada a concentraciones elevadas de monóxido de carbono y óxido nítrico y un efecto sinérgico después de la exposición combinada a monóxido de carbono y ozono. Los valores indicativos de la OMS son: 100 mg/m<sup>3</sup> durante 15 min, 60 mg/m<sup>3</sup> durante 30 min, 30 mg/m<sup>3</sup> (26 ppm) durante una hora y 10 mg/m<sup>3</sup> durante ocho horas.

El **amoníaco** (NH<sub>3</sub>) es un compuesto de nitrógeno gaseoso altamente reactivo, alcalino, con efectos acidificadores y eutrofizadores, que favorece la generación de partículas secundarias PM10 y PM25 (reacciona con el ácido nítrico HNO<sub>3</sub>, gaseoso, y forma nitrato amónico NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, particulado; también con el SO<sub>2</sub>, lo que origina sulfato amónico (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y sus correspondientes efectos para la salud.

El **benceno** es 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 benceno en el aire. El benceno es cancerígeno para los humanos y no se puede recomendar un nivel seguro de exposición. Para orientación general, las concentraciones de benceno en el aire asociadas con un exceso de riesgo de leucemia son de  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  y  $10^{-6}$  son 17, 1,7 y 0,17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente.<sup>5</sup>

Los efectos adversos para la salud también relacionadas con las concentraciones de **metales pesados** en el aire. 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, y que por tanto no sólo contaminan el aire, sino que también pueden depositarse en suelos y aguas y acumularse en ellos (por tanto, en las cadenas alimenticias), con una elevada persistencia. Estos contaminantes pueden producir efectos muy dispares entre sí:

- El **Pb** potencialmente puede afectar a todos los órganos y sistemas del cuerpo, y en especial 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, cardíacos, 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.

---

<sup>5</sup> 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.

- 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** se encuentran también considerados como carcinogénicos. Puede provocar reacciones alérgicas cutáneas y afectar a la defensa inmune y a los sistemas respiratorio y renal, y reducir la fertilidad, con consecuencias similares para humanos y animales.

El **benzo(a)pireno** (B(a)P) pertenece al grupo de los **hidrocarburos aromáticos policíclicos** (HAPs), estos se originan principalmente como consecuencia de las actividades agropecuarias (sobre todo por combustión de compuestos orgánicos, como ocurre durante la quema de rastrojos). La segunda contribución en importancia se corresponde con los procesos industriales con combustión, tanto de combustibles fósiles como no fósiles (acerías, altos hornos, valorización de residuos), con una tendencia mantenida a lo largo de los últimos años. Son nocivos para la salud humana por su efecto bioacumulativo y cancerígeno, de los que constituye un buen trazador. Además de su elevada potencialidad para inducir tumores (sobre todo, de pulmón) también resultan irritantes para las vías aéreas y para los ojos.

## 6.2 Efectos en la vegetación

Los **óxidos de nitrógeno** afectan principalmente a la acidificación y eutrofización de ecosistemas, afecciones metabólicas y limitaciones del crecimiento vegetal.

Las **partículas ultrafinas** (inferiores a 0,1 micras) en suspensión pueden tener efectos muy diversos sobre el medio ambiente y el clima, dependiendo de su tamaño y composición; en líneas generales pueden afectar al crecimiento vegetal, a la fauna (de modo similar a lo ya visto para el caso 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).

El **ozono** puede afectar al crecimiento de cultivos y bosques, reducir la absorción de CO<sub>2</sub> por las plantas, alterar la estructura de los ecosistemas y reducir la biodiversidad. Además, es un gas de efecto invernadero, que contribuye al calentamiento de la atmósfera.

Los **óxidos de azufre** pueden ocasionar daños en la vegetación, sobre la biodiversidad, los suelos y los ecosistemas acuáticos y forestales. Pueden degradar la clorofila, reduciendo la fotosíntesis y 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. Con lo que a través de procesos de acidificación puede dañar gravemente la vegetación

El **monóxido de carbono** posee consecuencias sobre el clima, ya que contribuye a la formación de gases de efecto invernadero: su vida media en la atmósfera es de unos tres meses, lo que permite su lenta oxidación para formar  $\text{CO}_2$ , proceso durante el cual también se genera  $\text{O}_3$ .

Los efectos nocivos del **benceno** se dejan igualmente sentir sobre el medio ambiente, ya que resulta marcadamente tóxico para los organismos acuáticos y, en especial, sobre los invertebrados, en los que puede producir cambios genéticos (problemas reproductivos, malformaciones) y de comportamiento. Afecta también a la vegetación (puede llegar a provocar la muerte de la planta afectada, lo que adquiere además un matiz económico cuando se trata de cultivos), así como al clima, ya que se trata de un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento de la atmósfera y a la formación de  $\text{O}_3$  y de aerosoles orgánicos secundarios.

## 7 FUENTES DE EMISIÓN.

El Sistema Nacional de Inventario regionalizado de emisiones cifra las emisiones de 2017 de La Rioja en 5141 toneladas de óxidos de nitrógeno (NOx), 4821 toneladas de compuestos orgánicos volátiles no metálicos (COVNM), 495 toneladas de óxidos de azufre (SOx), 3146 toneladas de amoníaco (NH<sub>3</sub>) y 866 toneladas de material particulado (PM2.5).

Las **emisiones de NOx** en 2017 registraron un descenso respecto al año anterior (-2%). La principal fuente de emisión sigue siendo el transporte (41%) seguido de las quemas agrícolas y restos forestales (14%) y la combustión en calderas y similares para uso residencial, comercial o sanitario. Las emisiones de la industria son un 10% en tanto que las procedentes de la generación de energía eléctrica como la central de ciclo combinado de Arrúbal suponen el 6% de las emisiones totales. El considerable descenso en emisiones en el transporte (-7%) y en maquinaria móvil (-20) supuso una reducción en este sector de 338 toneladas que compensó la ligera subida de emisiones en otros sectores como el industrial o agrícola.

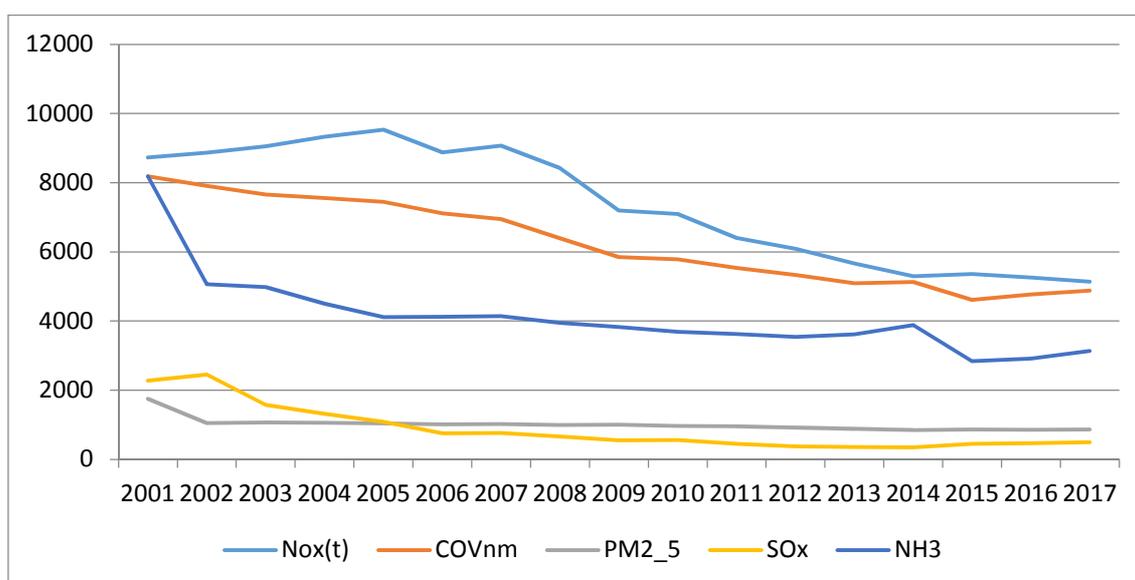
Las **emisiones de COVNM** en 2017 aumentaron un +2,0% a nivel regional. Las emisiones de COVNM están fundamentalmente dominadas por el uso de disolventes (52% del global de las emisiones), donde este grupo de actividades experimentó un aumento de sus emisiones del +2%, en un año con un incremento del PIB del +2,6% a nivel nacional. Además, se estiman subidas de las emisiones debidas al consumo de combustibles en los sectores industriales (+22%) y residencial y comercial (+14%)

Las **emisiones de SOx** en 2017 incrementaron un 7%. Este incremento se debe principalmente al aumento con respecto al año anterior por el consumo de carbón y del resto de combustibles fósiles en el sector industrial y uso residencial o comercial.

Las **emisiones de NH<sub>3</sub>** en 2016 generadas en un 96% por las actividades agrícolas, se incrementaron un 8% a nivel regional respecto al año anterior. Esto se debió fundamentalmente al incremento en las emisiones debidas al uso de fertilizantes nitrogenados

inorgánicos (incluye la fertilización con urea) y sobretodo a la aplicación de purines en el campo. En el resto de actividades se registraron niveles similares a los del año anterior.

Las **emisiones de PM<sub>2,5</sub>** en 2016 se incrementaron ligeramente (en un 1 %), al compensarse las disminuciones registradas en los sectores de la generación eléctrica y el transporte con los aumentos en las emisiones debidas a la combustión en los sectores Residencial, Comercial, Institucional y en las industrias manufactureras y de la construcción, ligados a un aumento en el consumo de biomasa en dichos procesos de combustión.



En cuanto a la evolución temporal de las emisiones (figura 21), desde el año 2001, las emisiones de los principales contaminantes atmosféricos han experimentado notables disminuciones a lo largo de la serie, incluso en el caso del amoníaco (NH<sub>3</sub>) donde tocó techo el año 2005.

**Figura 21.** Evolución relativa de las emisiones de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> COVNM, NH<sub>3</sub> y PM<sub>2,5</sub>.

Tomando como referencia el primer año de la serie (1990 para los primeros y 2000 para PM<sub>2,5</sub>). Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020).

## 8 REFERENCIAS

Consejería de Sostenibilidad y Transición Ecológica de La Rioja. Calidad del Aire y Cambio Climático. Disponible en: <https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/calidad-aire-cambio-climatico>

Organización Mundial de la Salud (2006). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Resumen de evaluación de los riesgos. Disponible en: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_spa.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf?sequence=1)

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2014). Análisis de la calidad del aire en España. Evolución 2001-2012. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/analisisdelcalidaddelaireenespanaevolucion2001-2012web\\_tcm30-185073.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/analisisdelcalidaddelaireenespanaevolucion2001-2012web_tcm30-185073.pdf)

Ministerio Para la Transición Ecológica (2019). Evaluación de la Calidad del Aire en España 2018. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/images/es/informeevaluacioncalidadaireespana2018\\_tcm30-498764.pdf](https://www.miteco.gob.es/images/es/informeevaluacioncalidadaireespana2018_tcm30-498764.pdf)

Ministerio Para la Transición Ecológica (2020). Inventario Nacional de emisiones a la atmósfera. Emisiones de contaminantes atmosféricos serie 1990-2018. Informe resumen. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/resumen-inventario-contaminantes-ed2020\\_tcm30-506236.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/resumen-inventario-contaminantes-ed2020_tcm30-506236.pdf)

World Health Organization (2000). Air Quality Guidelines. Disponible en: [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/74732/E71922.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf)

World Health Organization (2004). Environmental Health Criteria 213 Carbon Monoxide. Disponible en: [https://www.who.int/ipcs/publications/ehc/en/ehc\\_213\\_part\\_1.pdf](https://www.who.int/ipcs/publications/ehc/en/ehc_213_part_1.pdf)

www.larioja.org



Sostenibilidad y  
transición ecológica

Calidad Ambiental y  
Recursos Hídricos

Prado Viejo, 62 bis  
26071-Logroño. La Rioja.  
Teléfono: 941 291 100  
Fax: 941 291 705

World Health Organization (2005). Air Quality Guidelines. Global update. Disponible en:  
[http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/78638/E90038.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf?ua=1)

World Health Organization (2019). Exposure to benzene: A major public health concern. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/329481/WHO-CED-PHE-EPE-19.4.2-eng.pdf?ua=1>