



**TENDENCIAS DE LA
CALIDAD DEL AIRE EN
ESPAÑA
2001-2023**

El informe de **Tendencias de la Calidad del Aire en España 2001 - 2023** ha sido elaborado por la Subdirección General de Prevención de la Contaminación del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones
2024

Lengua/s: Español

NIPO: 665230281

Gratuita / Unitaria / En línea / pdf

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a todos los **gestores de las diferentes Redes de Calidad del Aire** de España que han participado con sus datos para la realización del informe.



Foto portada

Fuente: M.J. Cornide.

TENDENCIAS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ESPAÑA 2001-2023

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	0
ACRÓNIMOS UTILIZADOS.....	1
1. ANTECEDENTES	3
2. DESCRIPCION DEL DOCUMENTO.....	4
3. DIÓXIDO DE AZUFRE.....	7
3.1. Evolución 2001-2023 del SO ₂	7
3.2. Niveles de SO ₂ en 2023	11
4. ÓXIDOS DE NITRÓGENO	12
4.1. Evolución 2001-2023 del NO ₂	12
4.2. Niveles de NO ₂ en 2023	17
5. PARTÍCULAS PM ₁₀	20
5.1. Evolución 2001-2023 de las partículas PM ₁₀	20
5.2. Niveles de PM ₁₀ en 2023.....	25
6. PARTÍCULAS PM _{2,5}	29
6.1. Evolución 2008-2023 de las partículas PM _{2,5}	29
6.2. Niveles de PM _{2,5} en 2023	32
7. OZONO.....	34
7.1. Evolución 2004-2023 del O ₃	34
7.2. Niveles del O ₃ en 2023	38
8. MONÓXIDO DE CARBONO.....	40
8.1. Evolución 2003-2023 del monóxido de carbono (CO)	40
8.2. Niveles de CO en 2023	43
9. BENCENO	44
9.1. Evolución 2003-2023 del benceno (C ₆ H ₆)	44
9.2. Niveles de C ₆ H ₆ en 2023.....	47
10. BENZO(A)PIRENO.....	48
10.1. Evolución 2008-2023 del benzo(a)pireno (BaP)	48
10.2. Niveles del B(a)P en 2023	51
11. PLOMO	52
11.1. Evolución 2001-2023 del plomo (Pb).....	52
11.2. Niveles del Pb en 2023.....	53
12. ARSÉNICO	56
12.1. Evolución 2008-2023 del arsénico (As).....	56

12.2. Niveles del As en 2023	58
13. CADMIO	60
13.1. Evolución 2008-2023 del cadmio (Cd)	60
13.2. Niveles del Cd en 2023	62
14. NÍQUEL	64
14.1. Evolución 2008-2023 del níquel (Ni)	64
14.2. Niveles del Ni en 2023	66
15. CONCLUSIONES	68
ANEXO I: LISTADO DE FIGURAS	70

ACRÓNIMOS UTILIZADOS

Tabla 1. Tabla de acrónimos utilizados

AEMET	Agencia Estatal de Meteorología.
CAMP	Programa Integral de Control Atmosférico: Es fruto del convenio Oslo-París para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Nordeste. Tiene por objeto conocer los aportes atmosféricos de esta región atlántica y estudiar sus efectos sobre el medio marino.
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
EMEP	Programa Concertado de Vigilancia y Evaluación del Transporte a Larga Distancia de los Contaminantes Atmosféricos en Europa: Impulsado por el Convenio de Ginebra sobre contaminación transfronteriza, para proporcionar a los países información sobre la concentración y depósito de contaminantes atmosféricos, así como del transporte de estos y de los flujos a través de las fronteras nacionales.
IDAEA	Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua.
ISCI	Instituto de Salud Carlos III.
MdT	Margen de tolerancia: Porcentaje del valor límite o cantidad en que éste puede sobrepasarse con arreglo a las condiciones establecidas.
MITERD	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
NC	Nivel crítico: Nivel fijado con arreglo a conocimientos científicos por encima del cual pueden producirse efectos nocivos para algunos receptores como las plantas, árboles o ecosistemas naturales, pero no para el hombre.
OLP	Objetivo a largo plazo: Nivel de un contaminante que debe alcanzarse a largo plazo, salvo cuando ello no sea posible con el uso de medidas proporcionadas, con el objetivo de proteger eficazmente la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.
UA	Umbral de alerta: Nivel a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana que afecta al conjunto de la población y requiere la adopción de medidas inmediatas por parte de las Administraciones competentes.
UEI	Umbral inferior de evaluación: Nivel por debajo del cual es posible limitarse al empleo de técnicas de modelización para evaluar la calidad del aire ambiente.
UES	Umbral superior de evaluación: Nivel por debajo del cual puede utilizarse una combinación de mediciones fijas y técnicas de modelización y/o mediciones indicativas para evaluar la calidad del aire ambiente.
UI	Umbral de información: Nivel de un contaminante a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana de los grupos de población especialmente vulnerables y las Administraciones competentes deben suministrar una información inmediata y apropiada.
VAG	Programa de Vigilancia Atmosférica Global: Instituido para comprender los cambios naturales y antropogénicos de la atmósfera, conocer las interacciones entre la atmósfera, el océano y la biosfera y facilitar información científicamente fiable para el desarrollo de políticas medioambientales nacionales e internacionales. Se encuentra dentro del PIAMA (Programa de Investigación de la Atmósfera y el Medio Ambiente – AREP).
VL	Valor límite: Nivel fijado basándose en conocimientos científicos, con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana, para el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza que debe alcanzarse en un período determinado y no superarse una vez alcanzado.
VLA	Valor límite anual.
VLD	Valor límite diario.
VLH	Valor límite horario.

Tabla 1. Tabla de acrónimos utilizados

VO	Valor objetivo: Nivel de un contaminante que deberá alcanzarse, en la medida de lo posible, en un momento determinado para evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.
VOLP	Valor objetivo a largo plazo: nivel de un contaminante que debe alcanzarse a largo plazo, salvo cuando ello no sea posible con el uso de medidas proporcionadas, con el objetivo de proteger eficazmente la salud humana, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza.
VOS	Valor objetivo para la protección de la salud.
VOV	Valor objetivo para la protección de la vegetación.
ZBE	Zona de Bajas Emisiones.

1. ANTECEDENTES

La legislación vigente nacional sobre calidad del aire (*Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire*¹) tiene por objeto regular la evaluación, el mantenimiento y la mejora de esta en relación con diferentes sustancias contaminantes, a través del establecimiento de métodos y criterios comunes que permiten medir, calcular, predecir o estimar las concentraciones de un contaminante en el aire ambiente o su depósito en superficies en un momento determinado. Ello permite obtener información comparable sobre la situación de la calidad del aire en todo el territorio nacional, información que es puesta a disposición del público y trasladada a la Comisión Europea.

En la página web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico anualmente se publican los resultados de la evaluación de calidad del aire llevada a cabo en España², la última de las cuales corresponde al año 2023 ("**Informe de la evaluación de la calidad del aire 2023**"³). Estos informes anuales reflejan la situación en la que se encuentran cada año las diferentes redes oficiales de calidad del aire respecto a los valores legislados en el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire para un conjunto de contaminantes, y proporcionan información sobre las zonas de evaluación definidas, los métodos de evaluación y los planes de calidad del aire que dichas redes han puesto en marcha para reducir o mantener los niveles de calidad del aire medidos en su territorio. También se elabora un informe anual específico sobre los datos de contaminación atmosférica en zonas rurales remotas, obtenidos en la Red EMEP/VAG/CAMP.

Por otra parte, en diciembre de 2013, y a partir del Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera 2013-2016, entre cuyos objetivos se encontraba el de fomentar la concienciación de la ciudadanía y la mejora de la divulgación de la información disponible sobre calidad del aire, la entonces denominada Subdirección General de Calidad del Aire y Medio Ambiente publicó el informe "**Análisis de la Calidad del Aire en España. Evolución 2001-2012**"⁴, un estudio detallado que contó con el respaldo de diversos organismos científicos (IDAEA-CSIC, CIEMAT, AEMET, ISCIII), así como con la colaboración de las redes de calidad del aire españolas, en el que, además de presentar información general acerca de cómo se realiza la evaluación de la calidad del aire en España de acuerdo de la legislación vigente, se analizaba la evolución de los resultados de dicha evaluación entre los años 2001 y 2012. Este informe fue actualizado hasta 2016 con los resultados de los años 2013, 2014 y 2015.

La actual Subdirección General de Prevención de la Contaminación ha retomado la publicación de este análisis de la calidad del aire, al resultar de utilidad la divulgación de la evolución de las concentraciones de los contaminantes regulados en el Real Decreto 102/2011 a lo largo del tiempo. Por este motivo, el presente informe tiene por objeto mostrar las **tendencias** desde el principio de la evaluación de estos contaminantes con valor legislado para la protección de la salud y la vegetación hasta 2023, lo que ofrece una visión de la evolución de los niveles de los contaminantes en los últimos 22 años. A diferencia del informe anual de evaluación, este documento no pretende recoger información relativa al cumplimiento de la normativa de calidad del aire, sino mostrar y servir de análisis de las tendencias registradas.

¹ <https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/01/28/102/con>

² https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/evaluacion-datos/datos/historico_calidad_aire.html

³ <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/sqalsi/atmosfera-y-calidad-del-aire/evaluación-2023/Informe%20evaluación%20calidad%20aire%20España%202023.pdf>

⁴ <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/documentacion-oficial/Analisis-CA.aspx>

2. DESCRIPCION DEL DOCUMENTO

El informe se estructura por apartados para cada uno de los siguientes contaminantes que cuentan con valor legislado:

- Dióxido de azufre (SO₂)
- Dióxido de nitrógeno (NO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Partículas de diámetro inferior a 10 micras (PM₁₀)
- Partículas de diámetro inferior a 2,5 micras (PM_{2,5})
- Ozono (O₃)
- Monóxido de carbono (CO)
- Benceno (C₆H₆)
- Benzo(a)pireno (B(a)P)
- Plomo (Pb)
- Arsénico (As)
- Cadmio (Cd)
- Níquel (Ni)

Dentro de cada apartado se analiza tanto la evolución desde el inicio de la evaluación de cada contaminante como la situación concreta en la que se sitúa España en 2023, año al que corresponde la última evaluación comunicada a la Comisión Europea. Los datos representados son aquellos medidos en las estaciones que, para cada año, participaron en su evaluación oficial.

La **evolución hasta 2023** se aborda mediante la consideración de varias gráficas. En primer lugar, se representa un diagrama de cajas y bigotes, que muestra la distribución de las medias anuales de los valores registrados en las estaciones participantes en la evaluación de cada contaminante a lo largo del periodo considerado, donde las cajas vienen definidas por los percentiles 75 y 25, los bigotes marcan el máximo y mínimo, y el punto azul, el valor medio de las medias anuales. Se incorpora una línea con el valor legislado como referencia.

A continuación, se analiza la **evolución de las medias anuales** de las estaciones de calidad del aire, agrupadas por tipo de estación, lo cual indica la principal fuente de emisión que las influye (estaciones de fondo, industrial o de tráfico) o por la tipología de área en la que se ubica (estaciones urbana, suburbana o rural). En los casos de aquellos contaminantes que presente una clara pauta estacional, se ha incluido la representación de la **evolución de las medias mensuales**.

Posteriormente, para los contaminantes con valores registrados elevados en los últimos años (NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} y O₃), se añaden mapas que muestran la distribución geográfica de las estaciones entre 2018 y 2023.

La terminología empleada procede de la normativa vigente y hace alusión a:

- La tipología de la principal fuente de emisión influyente:
 - Estación de fondo: Estaciones en las que no se manifiesta ninguna fuente de emisión como predominante.
 - Estación industrial: Estaciones en las que su nivel de contaminación se debe fundamentalmente a la contribución de fuentes industriales.
 - Estación de tráfico: Estaciones en las que su nivel de contaminación está determinado principalmente por las emisiones procedentes de los vehículos de una calle o carretera próxima.

- El tipo de zona:
 - Estación urbana: las ubicadas en zonas edificadas de forma continua.
 - Estación suburbana: aquellas que se encuentran en zonas con presencia continuada de edificios, separadas por zonas no urbanizadas (pequeños lagos, bosques, tierras agrícolas...).
 - Estación rural: entendidas como las situadas en zonas que no satisfacen los criterios de las dos categorías anteriores.

Del mismo modo, los términos “zona” y “estación” se definen de la siguiente forma:

- Zona: porción de territorio delimitada por la Administración competente en cada caso, utilizada para evaluación y gestión de la calidad del aire.
- Estación: instalación o cabina individual, dotada de equipos y sensores para la adecuada medición de la calidad del aire.

La **situación en 2023** se analiza en primer lugar a través de la representación de la evolución de las **medias mensuales** de todas las estaciones que han participado en la evaluación de cada contaminante, clasificadas por tipo de área y tipo de estación para aquellos contaminantes que no presentan una estacionalidad clara.

A continuación, se realiza un análisis particularizado por contaminante, al no tener todos ellos las mismas fuentes de emisión, ni las mismas influencias (episodios de intrusión de polvo sahariano, como en el caso de las partículas PM₁₀ y PM_{2,5}, cuyos niveles siempre se indican en el informe sin aplicar la metodología de descuentos de fuentes naturales⁵) ni los mismos procesos de generación (caso de los contaminantes de tipo secundario, como el ozono). En concreto, para cada contaminante se considera la distribución de diversos estadísticos correspondientes a las estaciones que han participado en su evaluación en el año 2023, ordenados de menor a mayor por tipo de estación o tipo de área según sus características, respecto a los umbrales superior e inferior de evaluación (UES, UEI), y el valor objetivo o límite establecido por la legislación. En determinados casos, como por ejemplo ocurre con el NO₂, el tipo de área aparece desagregado a su vez por tipo de estación como información adicional.

Generalmente, el estadístico utilizado en este análisis es la media anual. Conviene indicar que, puesto que este informe no busca analizar el cumplimiento legal sino mostrar tendencias en la calidad del aire en España, se han utilizado también estadísticos que no se ajustan exactamente a los objetivos de calidad legislados, como es el caso de los percentiles. El **percentil X-ésimo** identifica un dato de una serie ordenada de menor a mayor que deja por debajo suyo el X % de los datos de la serie. Es decir, cuando no se dispone del 100 % de la serie anual de una estación, el percentil X-ésimo permite conocer cómo de cerca o de lejos está la misma de alcanzar el valor legislado de que se trate.

El valor del percentil se calcula según el contaminante, teniendo en cuenta los valores legislados. Por ejemplo, el valor límite horario de NO₂ de 200 µg/m³ no podrá superarse en más de 18 horas al año, de modo que se calcula el valor del percentil de la siguiente manera:

Si un año tiene 8.760 horas, menos 18 horas son 8.742, $8742/8760 = 99,8$

⁵ Cuando las superaciones de los valores límite de un contaminante sean atribuibles a fuentes naturales, no se considerarán superaciones a los efectos de cumplimiento de la normativa y no originarán obligación de ejecutar planes de actuación. Existe una metodología para identificar dichos episodios, calcular sus aportes y sustraerlas de las superaciones atribuibles a fuentes naturales, admitida por la Comisión Europea. Más información en:

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

Otro ejemplo es el valor límite diario de PM₁₀ de 50 µg/m³ que no podrá superarse en más de 35 ocasiones al año, en este caso el valor del percentil se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Si un año tiene 365 días, menos 35 días son } 365-35=330, 330/365 = \mathbf{90,4}$$

Además, algunos contaminantes, como el SO₂, el NO₂ o el O₃, presentan niveles especiales establecidos en el Real Decreto 102/2011 a partir de los cuales el riesgo de exposición supone un riesgo añadido, y dichos niveles (umbrales) también se han tenido en cuenta en el análisis particularizado; en concreto se trata de los siguientes:

- Umbral de información: Nivel de un contaminante a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana de los grupos de población especialmente vulnerables y las Administraciones competentes deben suministrar una información inmediata y apropiada.
- Umbral de alerta: Nivel a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana que afecta al conjunto de la población y requiere la adopción de medidas inmediatas por parte de las Administraciones competentes.

El tratamiento de cada contaminante finaliza, si procede, con un apartado específico dedicado a la distribución regional de sus niveles a lo largo del año (promedio mensual de los valores medios diarios de las estaciones de cada región). Para ello se realizan mapas de calor, en los que se muestra un gradiente de colores entre el verde y el naranja , según los niveles de concentración del contaminante de que se trate sean menores o mayores.

En este análisis, las regiones se corresponden con las redes oficiales de control de la calidad del aire operativas en el año 2023. Se justifica la ausencia de estaciones rurales en las redes correspondientes a los Ayuntamientos de Madrid y Zaragoza por tratarse de aglomeraciones; tampoco hay estaciones calificadas como suburbanas en La Rioja. Ceuta sólo dispone de una estación urbana, y Melilla se incorpora como novedad a la evaluación de 2023 con una única estación suburbana de fondo. Los acrónimos utilizados para las redes de calidad del aire son los siguientes:

Tabla 2. Redes de calidad del aire (2023)

AND	Andalucía	C.VAL	Comunidad Valenciana
ARAG	Aragón	EXT	Extremadura
A.ZGZA	Ayto. Zaragoza	GAL	Galicia
AST	Principado de Asturias	C.MAD	Comunidad de Madrid
I.BAL	Islas Baleares	A.MAD	Ayto. de Madrid
I.CAN	Islas Canarias	MUR	Región de Murcia
CANT	Cantabria	NAV	Comunidad Foral de Navarra
CLM	Castilla-La Mancha	PV	País Vasco
CYL	Castilla y León	LR	La Rioja
CAT	Cataluña	CEU	Ciudad autónoma de Ceuta
MEL	Ciudad autónoma de Melilla		

3. DIÓXIDO DE AZUFRE

3.1. Evolución 2001-2023 del SO₂

La evolución de los niveles de SO₂ (Figura 1) indica una tendencia hacia la disminución de los valores medios a lo largo del tiempo, siendo especialmente significativas las reducciones que se produjeron a partir de 2003 y posteriormente a partir de 2008, año de crisis económica y de implementación de la Directiva europea que reguló el contenido en azufre de los combustibles. Los máximos registrados en los últimos años indican una estabilización desde el año 2018. Cabe aclarar que, al no estar definido actualmente en la legislación un valor para la protección de la salud con periodo de promedio anual que pueda ser comparable con los datos representados, se ha establecido, a efectos ilustrativos, el valor de 20 µg/m³, correspondiente al nivel crítico para la protección de la vegetación (periodo de promedio anual e invierno).

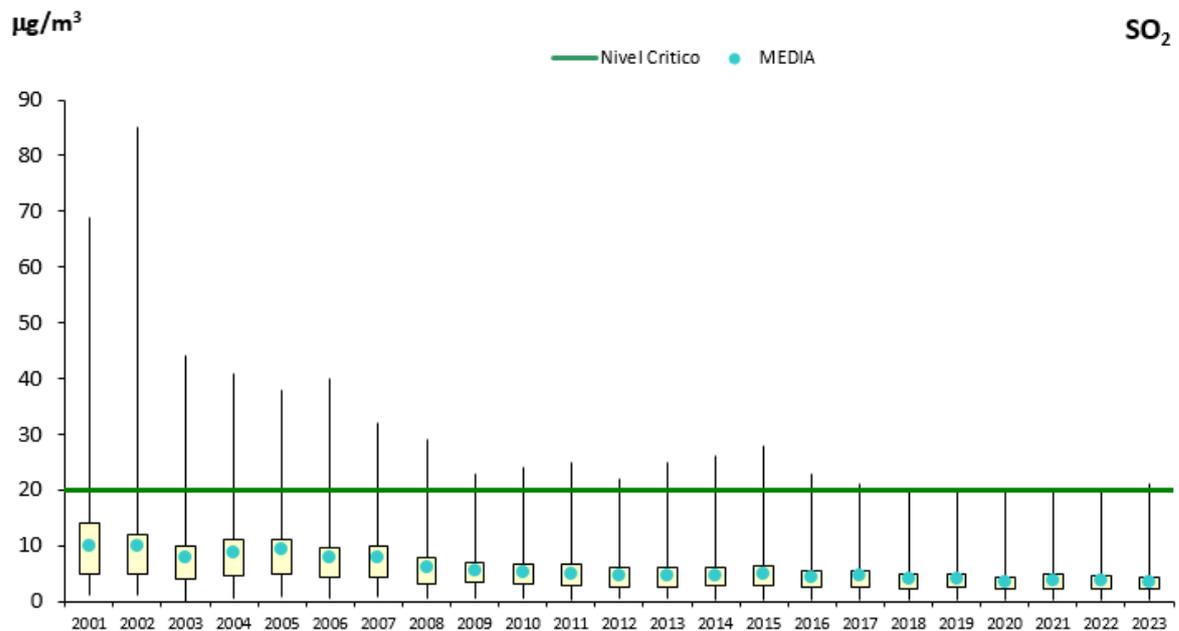


Figura 1. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de SO₂ 2001-2023

En la Figura 2. Evolución de las medias anuales de SO₂ (2001-2023) por tipo de área se pone en evidencia esa estabilización observada en la Figura 1, principalmente en las medias de las estaciones ubicadas en medio rural.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

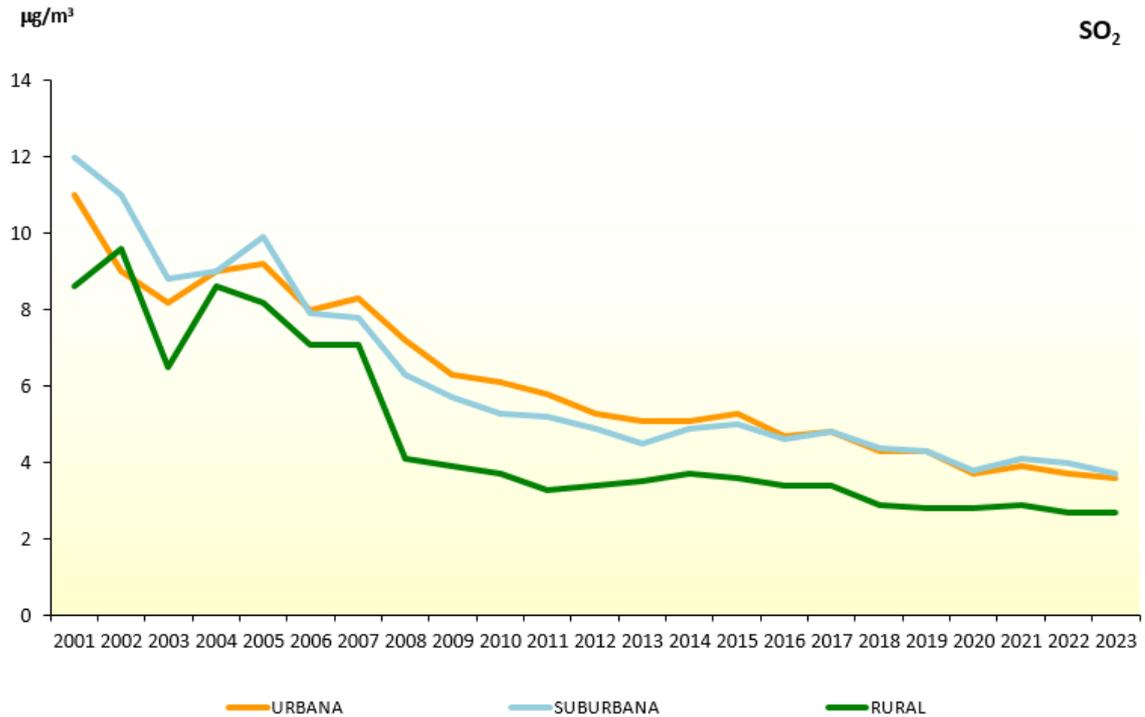


Figura 2. Evolución de las medias anuales de SO₂ (2001-2023) por tipo de área

La Figura 3. Evolución de las medias anuales de SO₂ (2001-2023) por tipo de estación, apunta a que los niveles más altos se registran en las estaciones industriales ya que este contaminante está altamente vinculado con las emisiones de focos puntuales de combustión y con las emisiones fugitivas y, en menor medida, con las procedentes de determinados procesos industriales (refinerías, etc...), la generación eléctrica y la navegación.

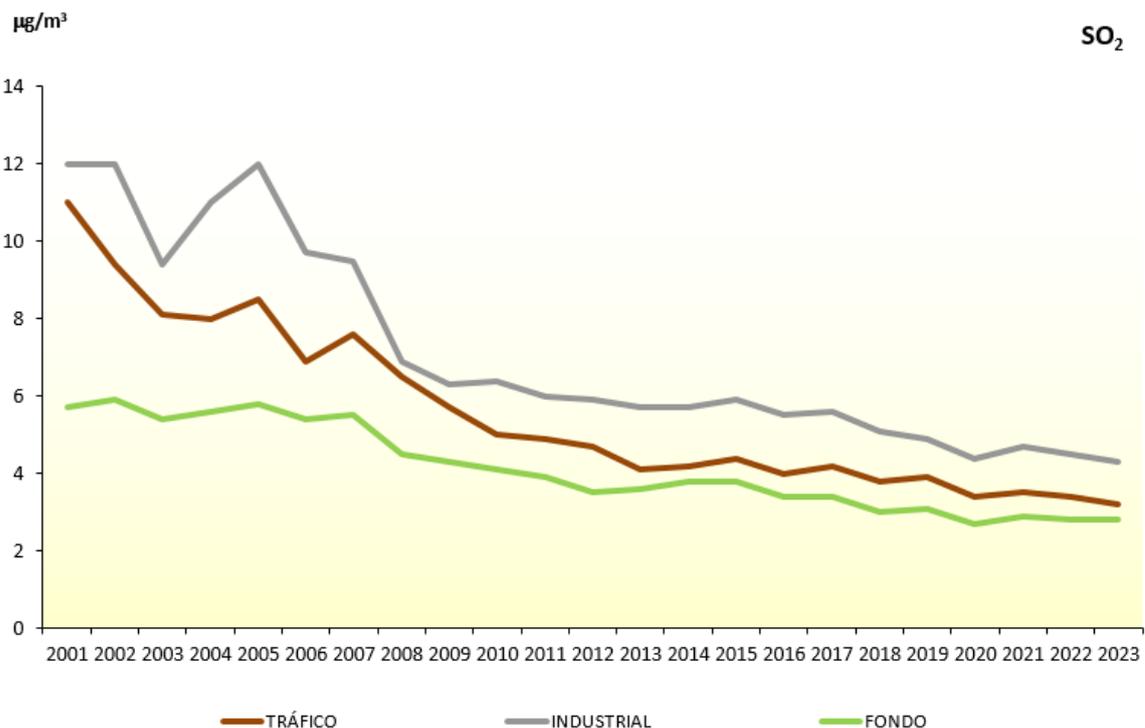


Figura 3. Evolución de las medias anuales de SO₂ (2001-2023) por tipo de estación

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

En la Figura 4 se representan las medias mensuales de todo el periodo 2001-2023, atendiendo a la tipología del área donde se ubican las estaciones. Se observa cómo la disminución del año 2008 fue especialmente marcada en las estaciones de tipo rural:

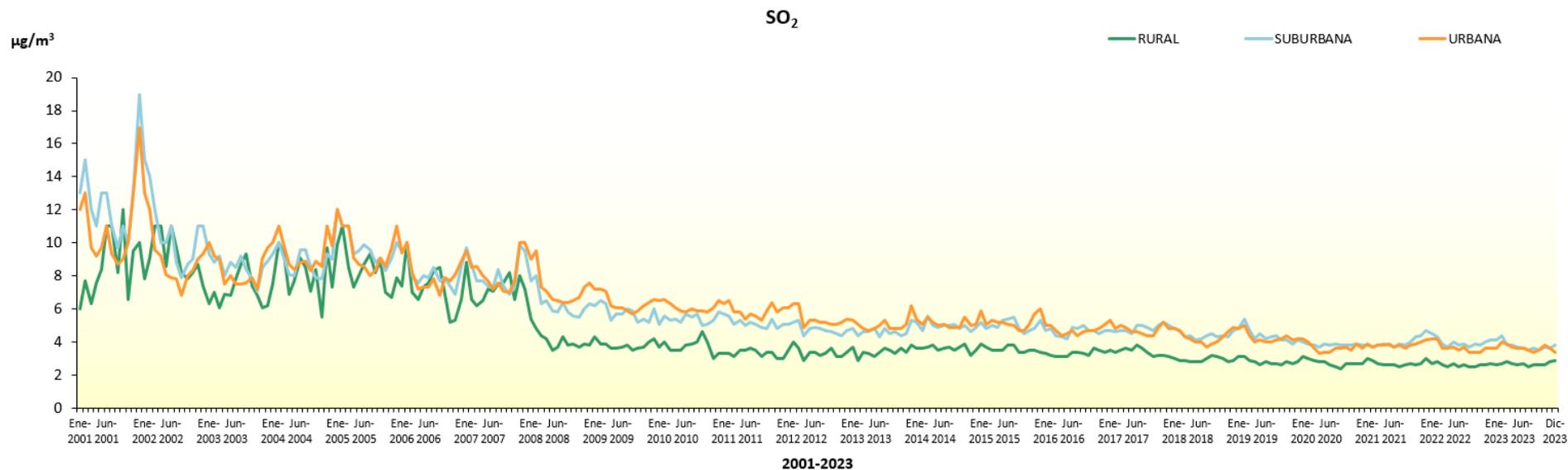


Figura 4. Evolución de las medias mensuales de SO₂ de 2001 a 2023 por tipo de área

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

La Figura 5 muestra una pauta estacional clara con mínimos en el periodo vacacional estival, especialmente marcado en las estaciones de tráfico del 2001 al 2008, año en el que se limitó el contenido de azufre máximo para gasolinas y gasóleo de automoción⁶. Esta pauta continúa hasta el año 2019 aunque con valores mucho menores. También se aprecia la bajada en marzo de 2020 en las estaciones de tráfico debido a las medidas adoptadas por la pandemia del COVID-19.

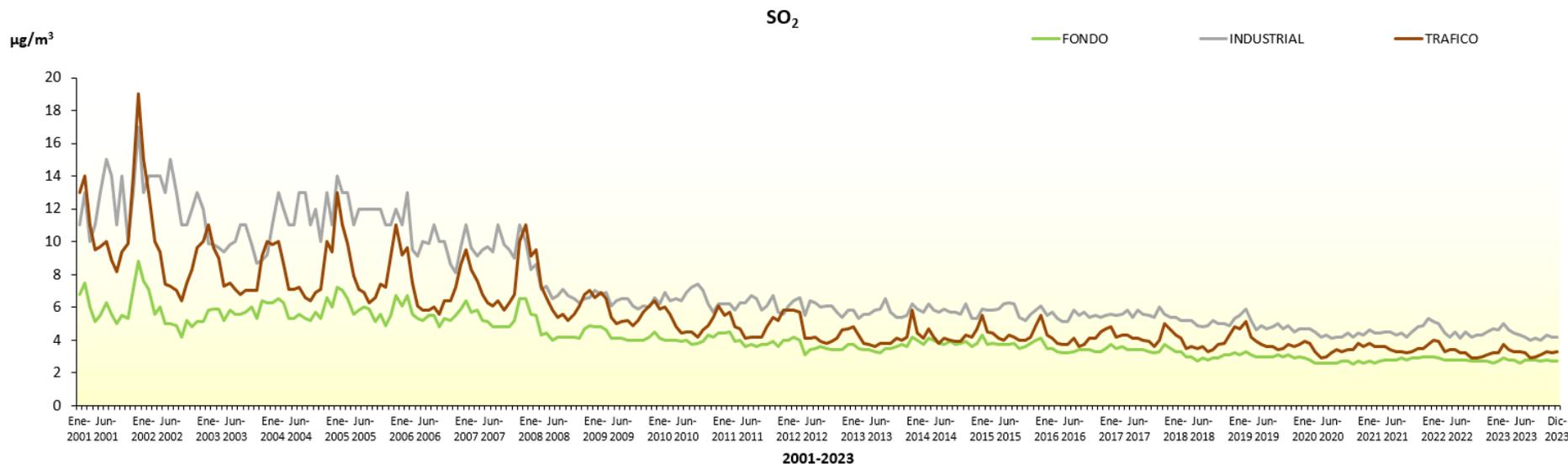


Figura 5. Evolución de las medidas mensuales de SO₂ de 2001 a 2023 por tipo de estación

⁶ Real Decreto 1700/2003, de 15 de diciembre, por el que se fijan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo, y el uso de biocarburantes.
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-23589>

3.2. Niveles de SO₂ en 2023

En la Figura 6 se muestra la distribución del percentil 99,2 por tipología de estación. Este estadístico se emplea como aproximación al VLD de SO₂. Los datos confirman los bajos niveles comentados, ya que de las 417 estaciones que se emplearon para evaluar SO₂ en 2023, tan solo tres superan el Umbral Inferior de Evaluación (UEI), las tres de tipo industrial, y de ellas dos superan además el Umbral Superior de Evaluación (UES). En general, las estaciones de tipo industrial son aquellas que registraron en el año 2023 mayores valores del Percentil 99,2.

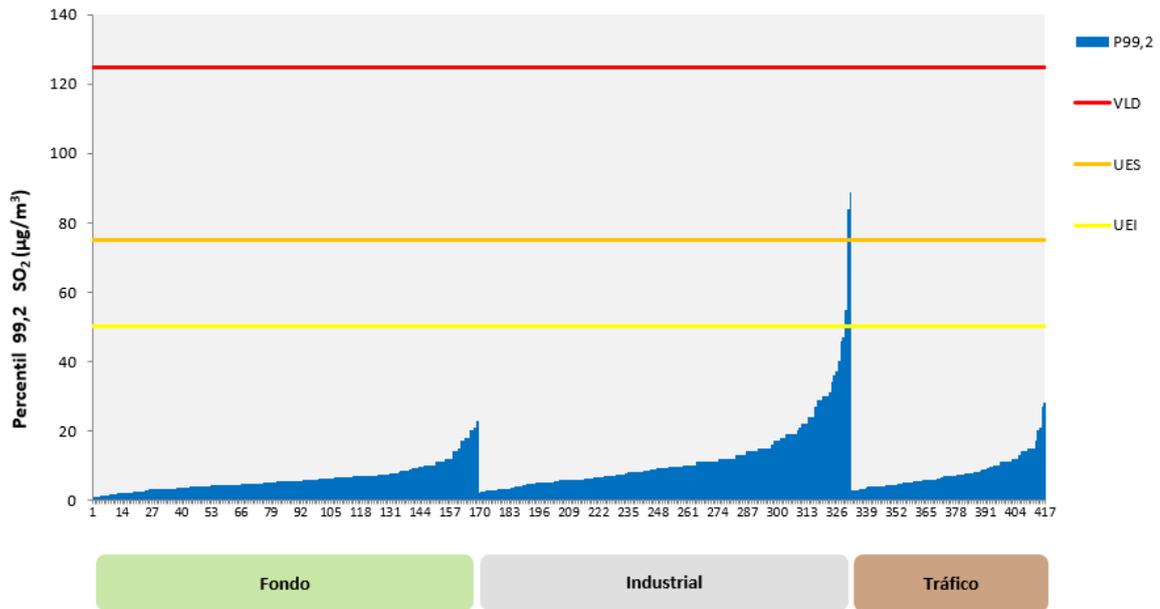


Figura 6. Distribución del P99,2 de SO₂ por tipología de estación en 2023

Para considerar la distribución regional, se ha elaborado la Figura 7, que muestra el promedio mensual de los valores medios diarios por red de calidad del aire para SO₂ en 2023.

En 2023, la red que registra los valores más acusados es la de Ceuta (que ya fue la segunda Red con los niveles más altos en 2022), en su única estación de fondo ubicada en el puerto.

Red	Mes	2023											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AND		4	4,2	3,9	4,3	4,1	4,1	4,3	4,8	4,4	4,5	4,3	3,7
ARAG		2,3	2,9	2,3	2,1	1,4	1,6	1,6	1,8	2	2	2,3	2,5
A.ZGZA		6,4	7,4	5,4	2,7	2,6	2,4	2,5	2,8	3,3	3,6	4,1	4,6
AST		4,8	5,9	4,6	3,9	4,6	4,4	4,4	3,9	3,8	4,4	3,8	4,3
I.BAL		2,1	2,3	2,5	2,4	2,1	2,2	2,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,5
I.CAN		3,9	4,1	4,3	4,2	4,2	4,4	4,3	3,8	3,3	3,7	3,3	3,4
CANT		0,38	0,69	0,97	0,81	0,89	1,7	1,5	0,96	1,5	1,4	0,92	0,88
CLM		2,5	2,8	3	2,8	3,3	4,1	3,8	3,7	3	3,6	3,5	3,8
CYL		3,3	3,9	3	3	2,7	2,3	2,1	2,2	2	2,1	2,5	3
CAT		2,5	2,5	2,2	2	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	2	2,1	2,4
C.VAL		3,8	4,4	4,1	3,9	3,6	3,6	3,3	3,4	3,5	3,7	4	3,7
EXT		0,55	0,81	0,8	1,1	1,2	1,1	0,81	1,1	1,1	0,91	0,91	0,79
GAL		3,3	3,2	3,5	2,9	3	3,3	2,5	2,6	3,3	3,2	3,3	3,7
C.MAD		2,3	2,6	2,3	2,5	2,5	2,3	2,4	2,5	2,4	2,4	2,3	2,6
A.MAD		3,2	3,7	2,9	2,8	2,7	1,5	1,7	1,5	1,3	1,4	3	3,4
MUR		4	4,8	5,8	6,2	3,3	3,8	3,2	3,4	3,1	3,8	3,4	4
NAV		2,7	2,5	3,2	3,5	2,6	2,2	2,4	2,8	2,8	3,3	2,8	3,2
PV		4,3	5,5	5	5,2	5,5	4,5	5,2	4,6	4,7	5,2	4,3	4
LR		2,8	2,8	2,6	2,7	2,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6	2,4	2,2
CEU		6,4	4,6	5,9	5,9	4,9	4,7	6,3	6,1	5,8	6,6	8,9	7,4
MEL		2,2	1,6	2,4	2,9	1,6	2,2	3,2	1,5	2	2,6	3,1	2,2

Figura 7. Distribución por regiones de valores medios mensuales de SO₂ (µg/m³) 2023

4. ÓXIDOS DE NITRÓGENO

4.1. Evolución 2001-2023 del NO₂

En la evolución de los niveles de NO₂ (Figura 8) destaca, en primer lugar, una bajada progresiva en los valores medios a partir de 2011, que se han estabilizado en los 13 µg/m³ desde 2020. En segundo lugar, destaca la bajada drástica desde el año 2020 que se mantienen hasta 2023.

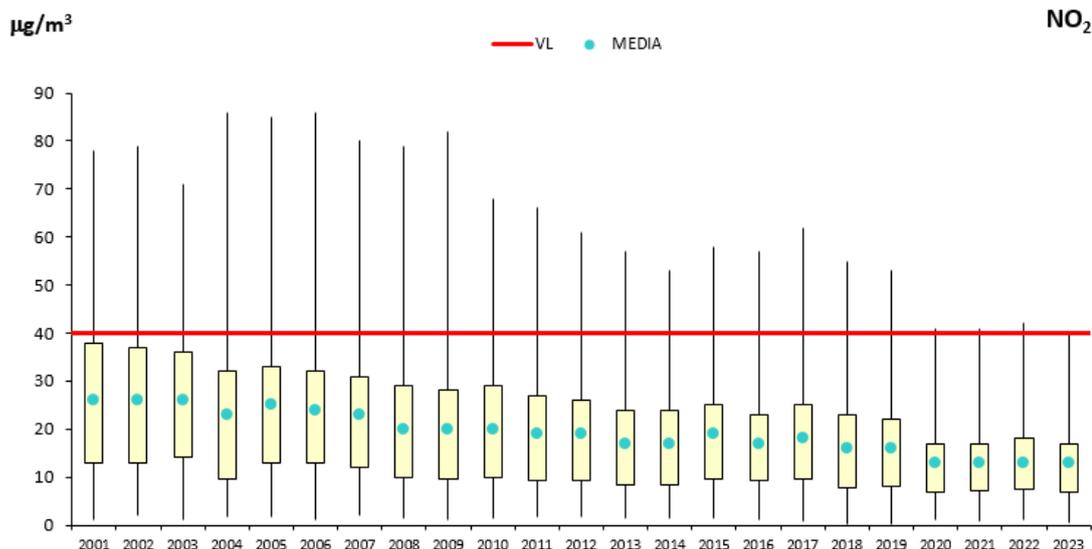


Figura 8. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de NO₂ 2001-2023

En la Figura 9 y Figura 10 se observa, al diferenciar por tipologías, cómo la disminución de los niveles se manifiesta sobre todo en estaciones urbanas y de tráfico, en lo que han podido jugar un papel importante los cambios en el modelo de movilidad, la aplicación de las medidas de diversos planes de mejora de calidad del aire en las principales ciudades, así como la creación de las Zonas de Bajas Emisiones (ZBE). En 2023 se produce un ligero descenso generalizado en los niveles de todas las tipologías de estaciones.

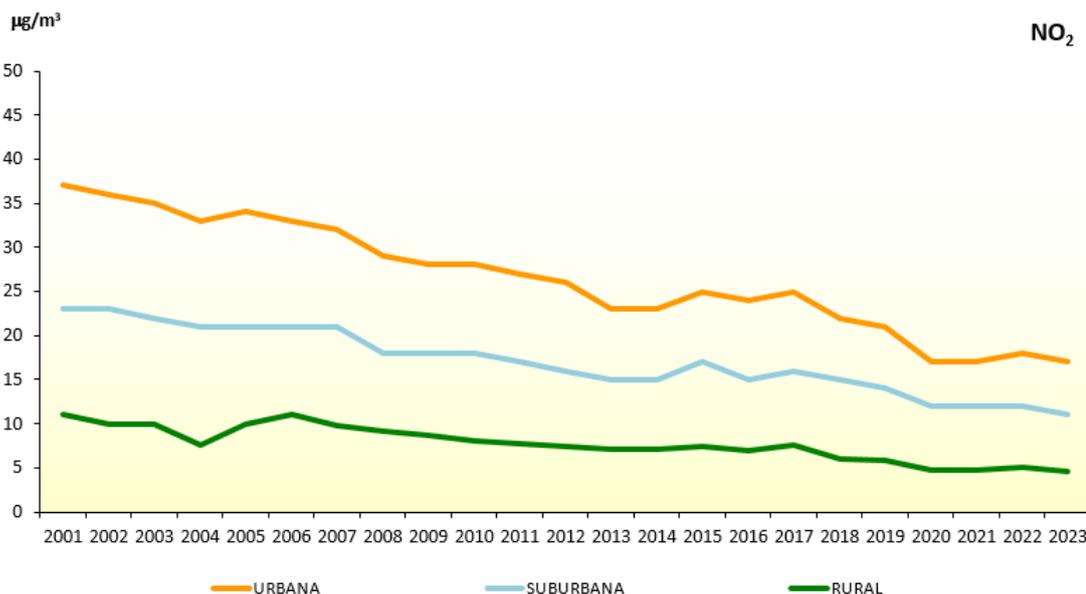


Figura 9. Evolución de las medias anuales de NO₂ (2001-2023) por tipo de área

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

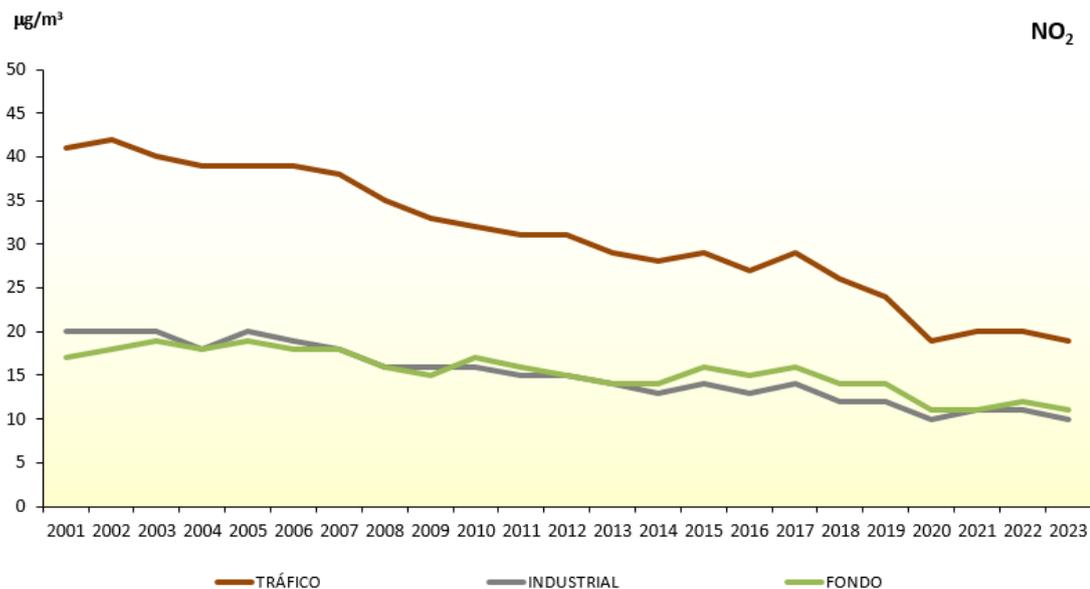


Figura 10. Evolución de las medias anuales de NO₂ (2001-2023) por tipo de estación

La Figura 11 muestra una evidente pauta estacional de este contaminante para todas las tipologías de estaciones, con valores más elevados en otoño-invierno que en primavera-verano, siendo esta tendencia especialmente acusada en las zonas urbanas y en estaciones de tráfico.

Como se verá en el capítulo 7, este perfil es inverso al mostrado por el O₃. De ahí la correlación entre el descenso de los niveles de NO₂ (especialmente en estaciones de tráfico y en zonas urbanas) en primavera y verano y el incremento de los de O₃ en dichos meses.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

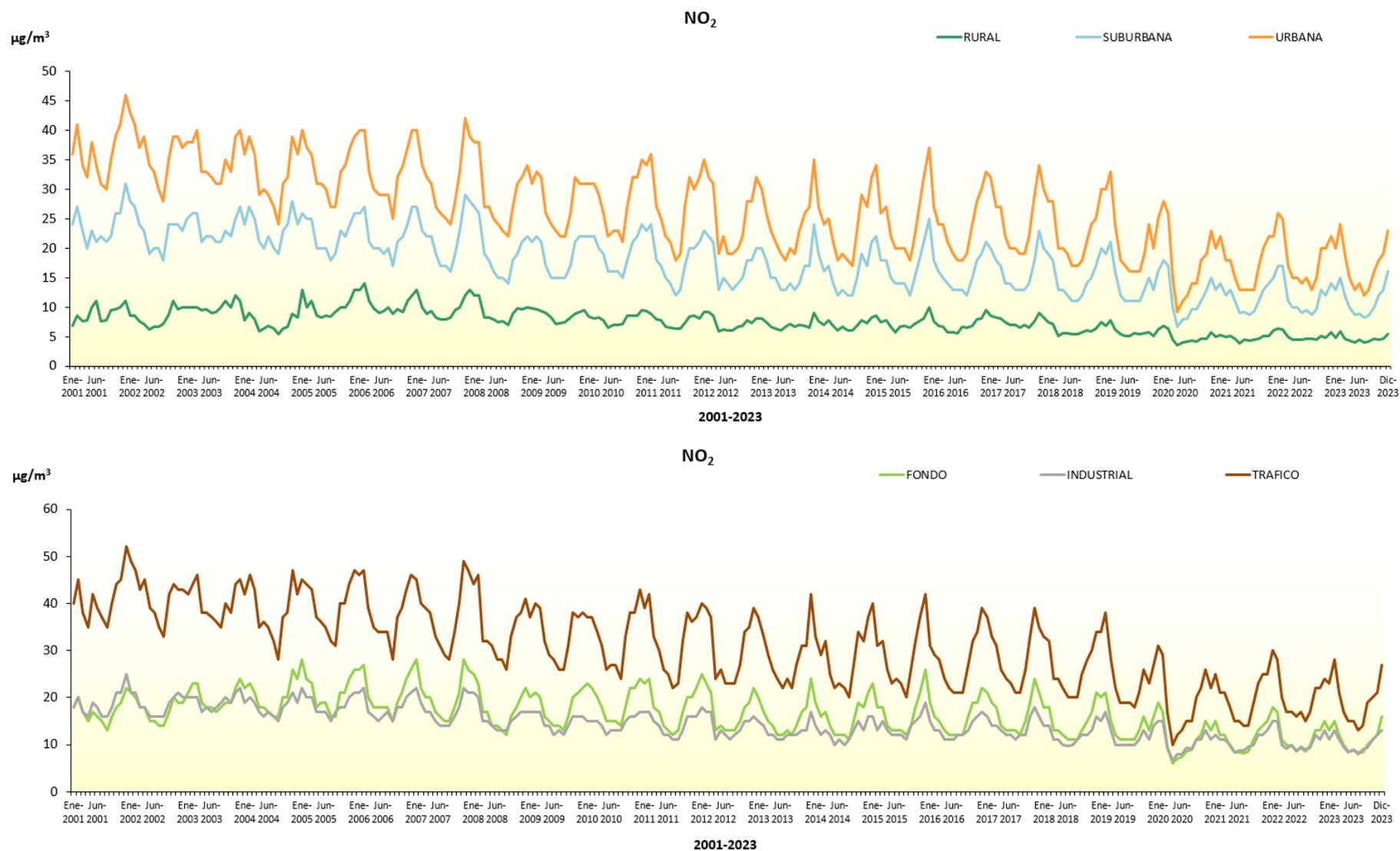


Figura 11. Evolución de las medias mensuales NO₂ de 2001 a 2023 por tipo de área (arriba) y estación (abajo)

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

Otra forma de apreciar la mejora de los valores de NO₂ en los últimos años se refleja en la representación geográfica de las estaciones en el territorio español en relación tanto con el valor límite horario (Figura 12) como con la media anual (Figura 13) desde 2018 a 2023. En estos mapas se observa desde 2020 una reducción del número de estaciones con mayores concentraciones.

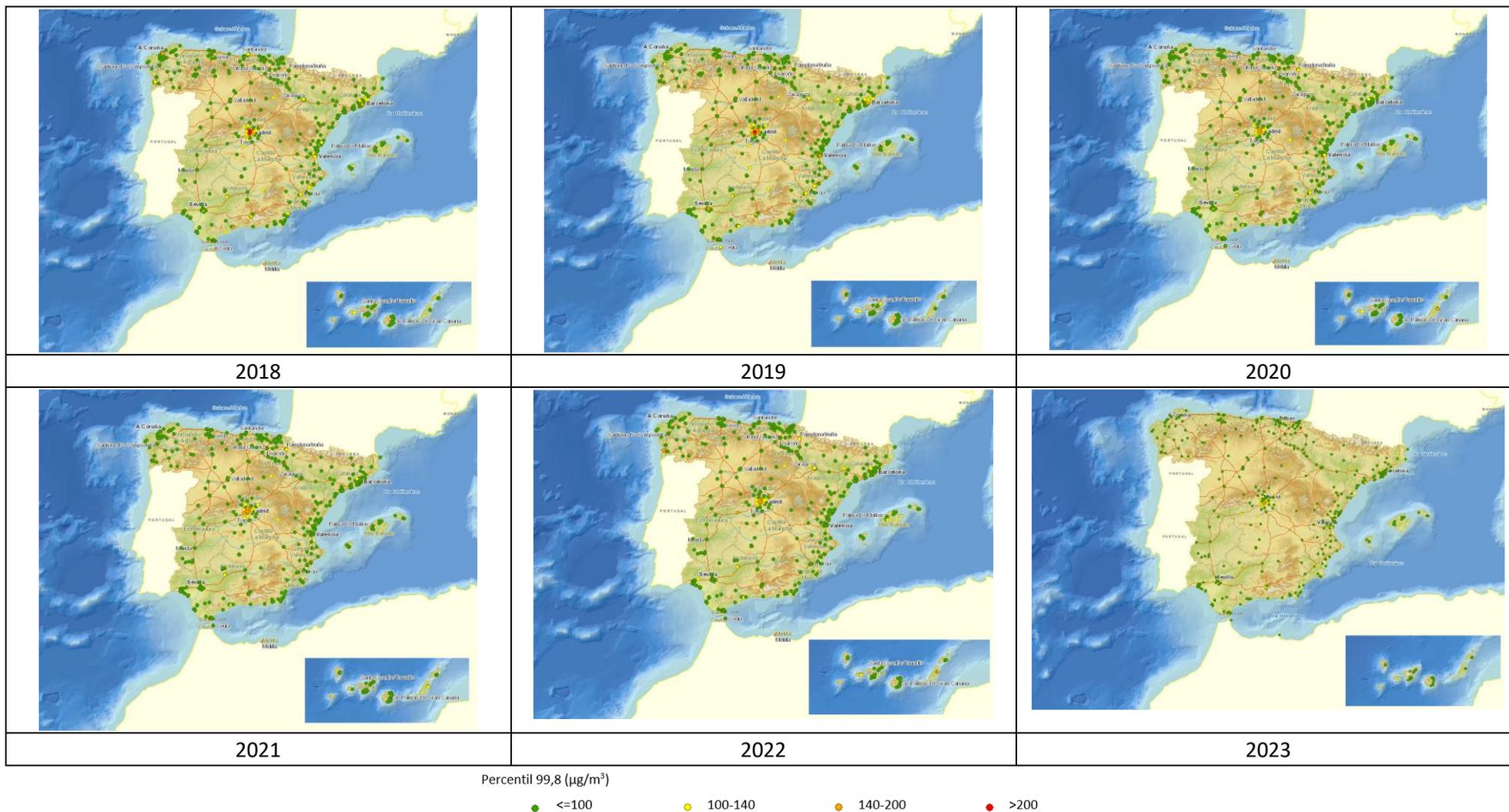
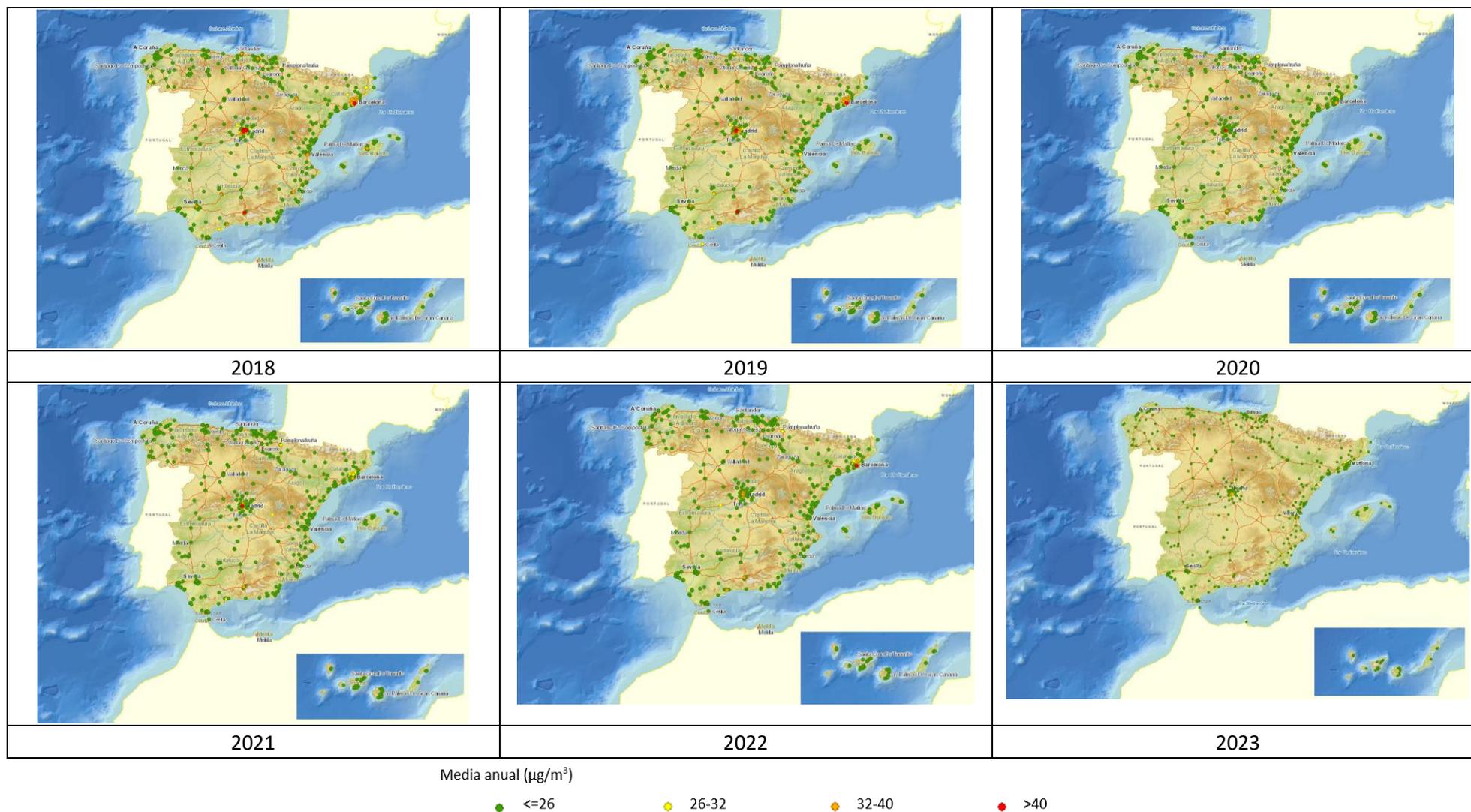


Figura 12 Evolución de los niveles de NO₂ respecto al VLH a lo largo del periodo 2018-2023

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

Figura 13 Evolución de los niveles de NO₂ respecto al VLA a lo largo del periodo 2018-2023

4.2. Niveles de NO₂ en 2023

A continuación, se muestra la distribución de las medias anuales y la del percentil 99,8 de las estaciones que han participado en la evaluación, agrupadas por tipo de área y, en el caso de las estaciones urbanas, desagregadas por la fuente de emisión predominante (tráfico, industrial y fondo) para el año 2023. Los datos confirman que son las estaciones urbanas las que presentan los valores medios anuales más elevados, en concreto las estaciones de tráfico, seguidas de las de fondo. De las 535 estaciones que se emplearon para evaluar NO₂ en 2023, ninguna estación registró niveles por encima ni del VLA ni del VLH.

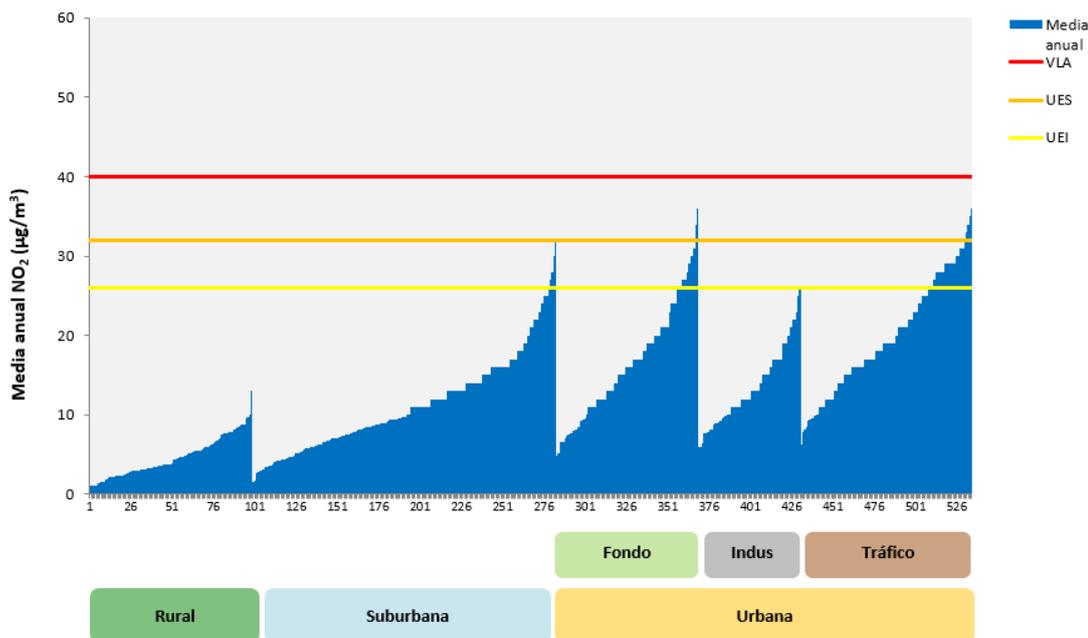


Figura 14. Distribución de la media anual de NO₂ (2023)

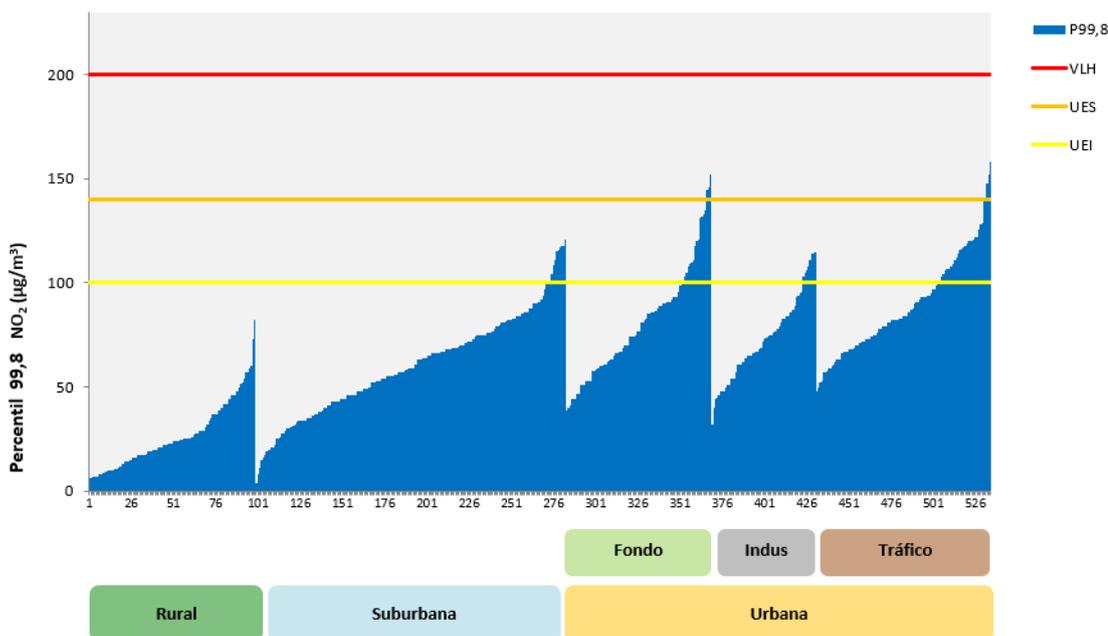


Figura 15. Distribución del Percentil 99,8 de NO₂ (2023)

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

En cuanto a la distribución regional, la Figura 16 muestra el promedio mensual de los valores medios diarios distribuidos por red de calidad del aire para NO₂ clasificadas por tipo de área, para el año 2023. En ella se aprecia la incidencia de niveles más bajos en los meses de primavera y verano. Por otro lado, la distribución territorial muestra que el patrón de distribución a lo largo de los meses del año es más acusado en unas zonas respecto a otras.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

Urbana - 2023													
Red	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AND		17	18	17	16	13	14	14	16	14	16	19	21
ARAG		15	15	11	8	8,8	5,8	5,5	7,4	12	12	12	19
A.ZGZA		21	30	21	15	13	14	12	13	19	21	21	20
AST		20	22	18	11	11	10	7,3	8,1	13	17	17	22
I.BAL		17	17	13	13	13	15	14	15	16	15	14	16
I.CAN		12	12	14	9,9	8,7	9,9	7,7	10	8,6	16	15	15
CANT		15	19	16	12	10	11	9,4	10	13	14	13	12
CLM		22	22	19	16	14	16	17	16	15	14	16	26
CYL		17	21	13	12	9,1	10	9,1	10	13	15	13	17
CAT		29	34	25	20	21	19	16	16	20	21	26	32
C.VAL		18	23	18	13	12	11	8,8	10	12	14	17	24
EXT		9	9,7	9,1	8,9	6,9	9,4	8,3	8,6	13	11	7,2	12
GAL		18	28	15	15	11	13	9,4	10	14	16	16	19
C.MAD		30	36	24	20	16	18	17	17	25	26	24	36
A.MAD		36	40	29	24	17	23	22	20	31	32	33	43
MUR		28	25	27	18	11	10	14	13	14	24	32	30
NAV		25	32	25	16	14	14	10	12	19	20	22	27
PV		20	26	20	15	13	13	11	10	17	17	16	18
LR		23	25	23	14	12	12	8,1	11	14	20	21	25
CEU		21	10	23	23	20	19	29	27	13	15	26	24
MEL													

Suburbana - 2023													
Red	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AND		9,2	9,2	9,7	9,3	8,3	8	9,2	9,9	8,8	9,5	12	13
ARAG		13	19	16	13	11	12	8	9,3	9,4	11	16	17
A.ZGZA		16	24	17	13	14	15	14	12	20	23	21	19
AST		13	16	14	9,1	8,4	8,3	6,4	7	10	12	11	16
I.BAL		5,2	7,8	5,7	5,5	5,8	7,1	6,5	7	6,6	5,5	7,7	8,6
I.CAN		5,6	7,1	8	7,4	6,6	7,6	6,3	7,4	6,2	11	8,5	8
CANT		16	18	15	10	9,5	9,7	8	8,8	10	11	12	14
CLM		16	17	13	10	7,6	9,1	8,9	9,4	12	12	13	18
CYL		7,6	11	6,6	5	4,1	4	3,6	4	6	6,1	5,7	9,8
CAT		22	26	19	15	15	13	12	12	15	16	20	24
C.VAL		9,5	13	10	8,5	7,5	7,4	6,4	7,1	7,3	7,6	11	13
EXT		4,1	5,4	4,3	7,1	4,2	4,3	3,7	3,6	6,9	4,7	4,6	5
GAL		7,2	13	6,2	6,3	5	5,2	3,8	4,1	6,7	7	6,1	8,3
C.MAD		22	24	18	15	10	12	13	13	18	19	19	28
A.MAD		21	24	17	13	9,5	13	12	12	18	18	19	28
MUR		19	20	19	14	12	13	11	12	13	17	23	24
NAV		9,8	13	11	6,5	5,7	5,8	4,8	4,9	7,3	7,7	8,7	11
PV		13	16	13	11	9,3	10	10	8	11	12	11	11
LR													
CEU													
MEL		5,7	5,7	7,6	8,2	6,6	6,9	7,4	6,7	4,2	12	5,3	7,2

Rural - 2023													
Red	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AND		4,4	4,9	5,3	5,2	5	5,5	4,9	4,6	5	5,7	6,3	5,5
ARAG		4,4	5,4	4	3,3	3,2	3,7	3,1	3,2	3,8	3,6	4,2	5
A.ZGZA													
AST		2,5	2,9	2,2	1,7	1,2	1,4	1,6	2,3	2,4	2,6	2,3	2,2
I.BAL		7	6,7	5,8	5	4	5,3	5,5	5,8	4,6	5	5,1	6,5
I.CAN		9,4	7,6	10	10	13	8,5	8,3	4,3	3,3	4,8	5,9	8,3
CANT		0,03	0,39	0,96	0,68	0,17	0,25	0,24	0,81	0,83	0,6	0,33	0,13
CLM		1,8	1,3	1,7	1,8	2,1	1,8	1,4	1,4	2	1,2	1,4	1,4
CYL		1,7	3,3	3,4	3,3	3,1	4,2	4,3	4,6	5,7	5	3,8	5
CAT		6	7,6	5,9	4,6	4,5	4,4	3,8	3,6	4,4	4,3	5,4	6,7
C.VAL		3,8	4,9	4,4	3,8	3,6	4	4	4,3	4,3	4,3	5,2	4,3
EXT		1,8	3	1,5	1,6	2	5	2,7	3,8	5,8	3,8	1,3	3
GAL		4,7	6,3	3,5	4	4,1	4,3	3,3	3,6	3,9	4	3,8	4,3
C.MAD		6,1	7	4,3	3,6	3,8	4,7	4,9	4,8	7,1	4,5	5,6	7,8
A.MAD													
MUR		9,3	8	7,1	6,3	5,1	5,3	5,5	5,2	5,2	3,7	3,5	4,4
NAV		5,9	8	5,2	3,5	3,3	4,2	3,3	3,2	4,6	4,8	4,6	7,5
PV		3,6	4,3	2,7	2,3	1,9	1,5	1,7	1,4	2,5	3,3	2,9	3,2
LR		8,2	9,8	9	7,9	6,4	5,7	4,9	4,9	6	6	6,1	8
CEU													
MEL													

Figura 16. Distribución por regiones y tipo de área de valores medios mensuales de NO₂ (µg/m³) (2023)

5. PARTÍCULAS PM₁₀

5.1. Evolución 2001-2023 de las partículas PM₁₀

Las concentraciones de partículas se determinan con independencia de su origen, por lo que las debidas a fuentes naturales se incluyen de forma indiferenciada junto con las ocasionadas por fuentes antropogénicas en la representación de los datos y gráficos que se muestran en este informe.

Existe una metodología para el descuento del aporte atribuido a las fuentes naturales, que se aplica en el caso de que se observe una superación de los valores legislados en el proceso de la evaluación anual de la calidad del aire, como marca la legislación vigente, y que establecerá la necesidad de desarrollar o no planes de calidad del aire si, tras los descuentos de las fuentes naturales, se mantiene la superación del VL.

En la Figura 17 se observa cómo a pesar de la influencia de fuentes naturales, la tendencia de los niveles medios ha sido decreciente a lo largo del periodo considerado, aunque algunos años han sido especialmente intensos en lo que a eventos de calimas se refiere, como ocurrió en 2022⁷ ⁸. Los valores máximos también han disminuido con los años; destaca, como para otros contaminantes, una reducción importante desde 2008.

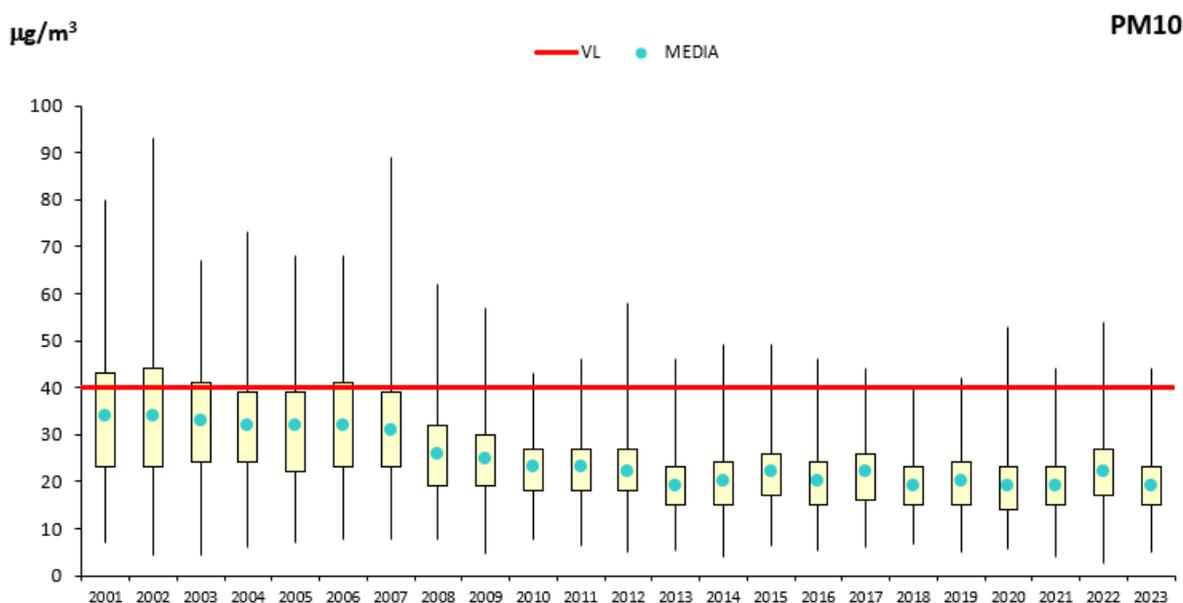


Figura 17 Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de PM₁₀ 2001-2023

⁷ https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/sqalsi/atm%C3%B3sfera-y-calidad-del-aire/sqalsi_intrusiones/sqalsi_intrusiones-2022/episodios%20naturales%202022.pdf

⁸ https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/sqalsi/atm%C3%B3sfera-y-calidad-del-aire/evaluaci%C3%B3n-2022/Informe%20evaluaci%C3%B3n%20calidad%20aire%20Espa%C3%B1a%202022_02112023.pdf; Capítulo 9, "Situaciones excepcionales en calidad del aire 2022: Supercalimas de polvo desértico sahariano", pág. 267.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

En la Figura 18 y en la Figura 19 se aprecia cómo la disminución ha sido especialmente notable en zonas urbanas y suburbanas y en las estaciones de tráfico, seguidas de las industriales, todo ello pese a que los datos de 2022 (año especialmente complicado en lo que a calimas se refiere, como se ha indicado anteriormente) supusieron un nuevo ascenso hasta alcanzar niveles similares a los de 2017. En 2023 se ha vuelto a recuperar la tendencia a la baja para todas las tipologías de estaciones.

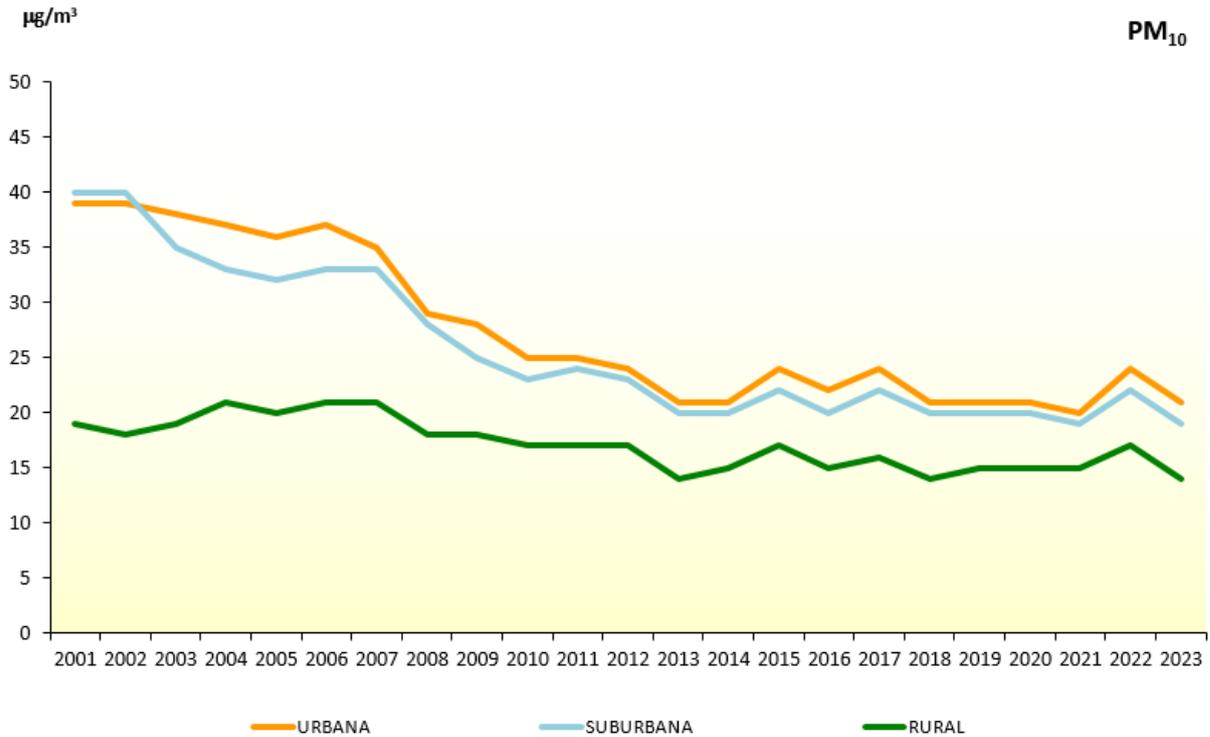


Figura 18 Evolución de las medias anuales de PM₁₀ (2001-2023) por tipo de área

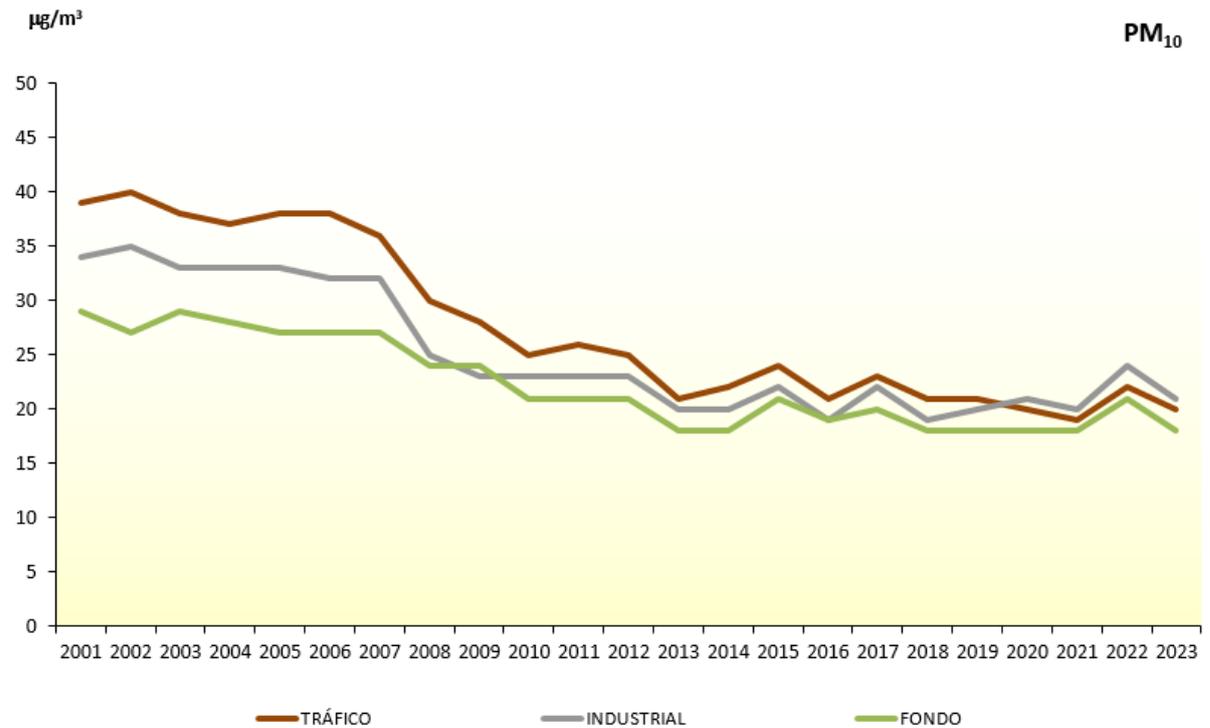
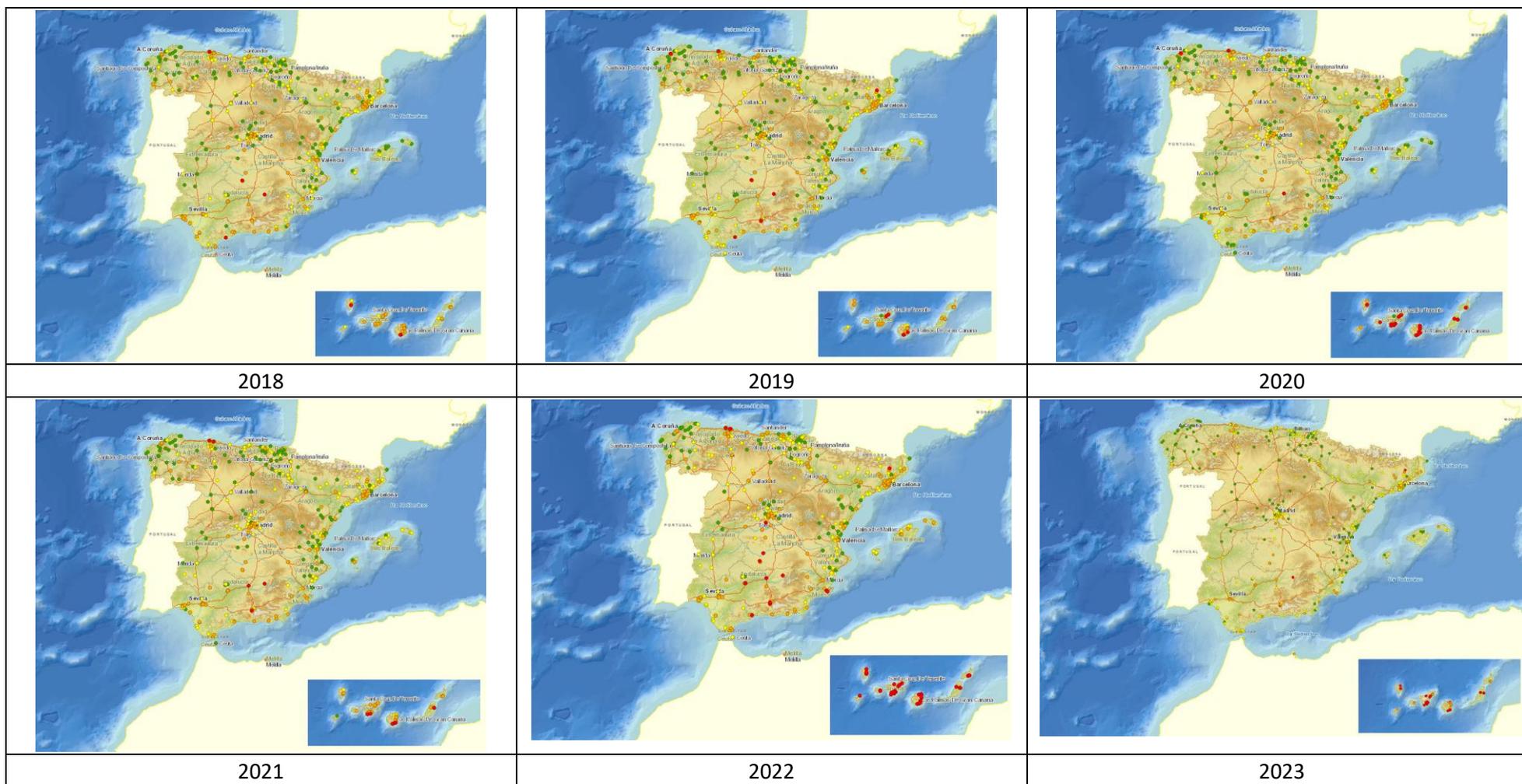


Figura 19 Evolución de las medias anuales de PM₁₀ (2001-2023) por tipo de estación

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

Todo ello se refleja también en la representación geográfica de las estaciones, tanto en la evolución de 2018 a 2023 de valores diarios (Figura 20) como en los valores medios anuales (Figura 21), en cuyos mapas se observa una reducción de las estaciones con mayores concentraciones hasta 2021, seguida de un incremento en 2022, especialmente evidente en el archipiélago canario, próximo al continente africano y por lo tanto muy influenciado por los episodios de intrusiones saharianas, y una posterior mejora en 2023.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

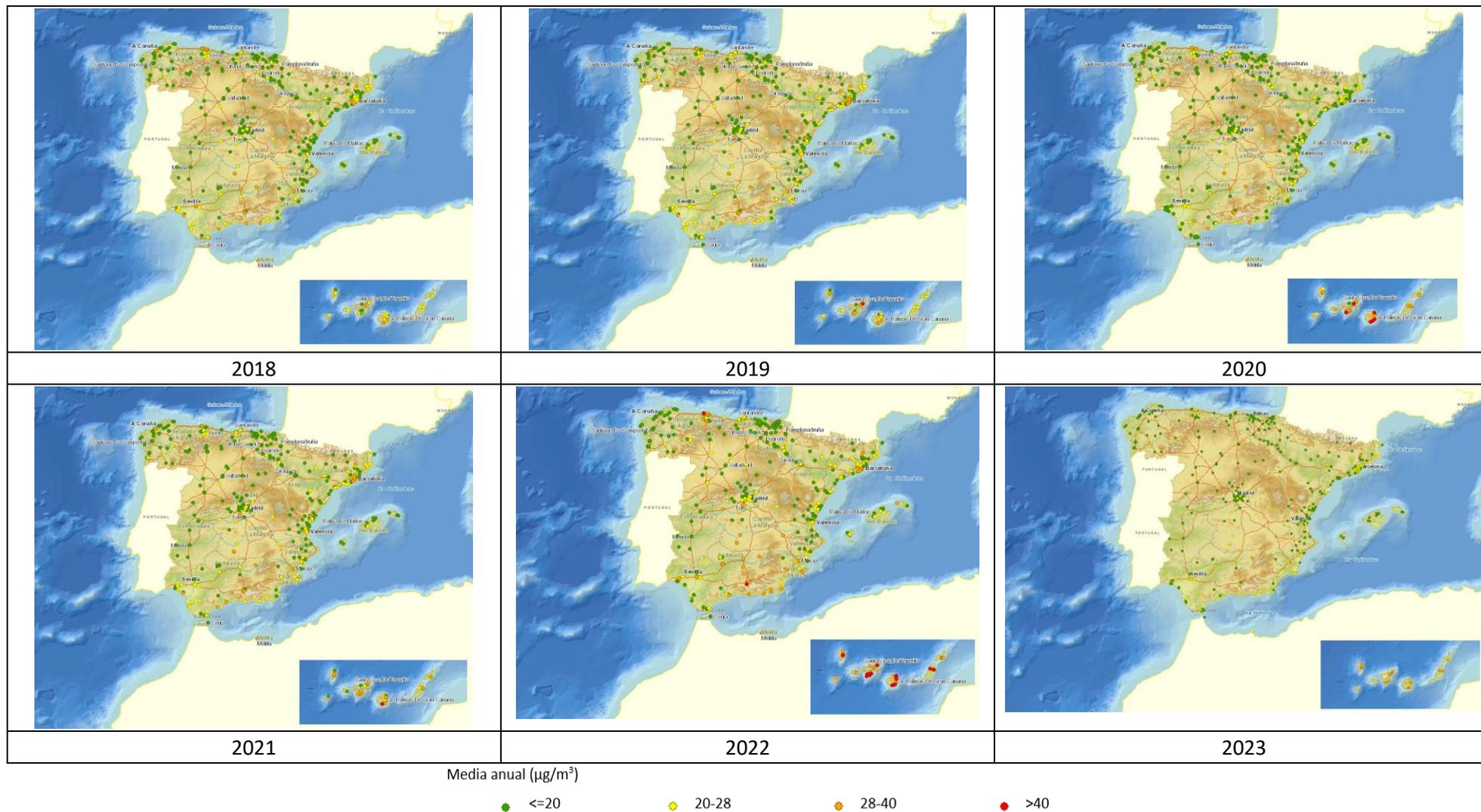


Percentil 90,4 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

- ≤ 25
- 25-35
- 35-50
- > 50

Figura 20 Evolución de los niveles de PM₁₀ respecto al VLD a lo largo del periodo 2018-2023

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

Figura 21 Evolución de los niveles de PM₁₀ respecto al VLA a lo largo del periodo 2018-2023

5.2. Niveles de PM₁₀ en 2023

Como consecuencia de la contribución de las fuentes de origen natural, resulta más difícil establecer patrones de evolución a lo largo del año para este contaminante.

Las figuras 22 y 23 muestran la distribución mensual a lo largo del año 2023. Se aprecia el mismo comportamiento independientemente de la tipología de área o de estación (lo que puede ser reflejo del efecto de los episodios de polvo del Sáhara; la Figura 27 muestra la distribución mensual del número de días con episodios africanos por regiones en 2023), salvo en lo que a las rurales se refiere, que en el último mes del año mantuvieron sus niveles respecto a noviembre. A su vez, permite evidenciar cómo las estaciones suburbanas y urbanas registran aproximadamente de media a lo largo del año en torno a 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentración de PM₁₀, respectivamente, más que las estaciones rurales, diferencia que puede atribuirse, en este caso, a una mayor influencia de las fuentes antrópicas en estas áreas.

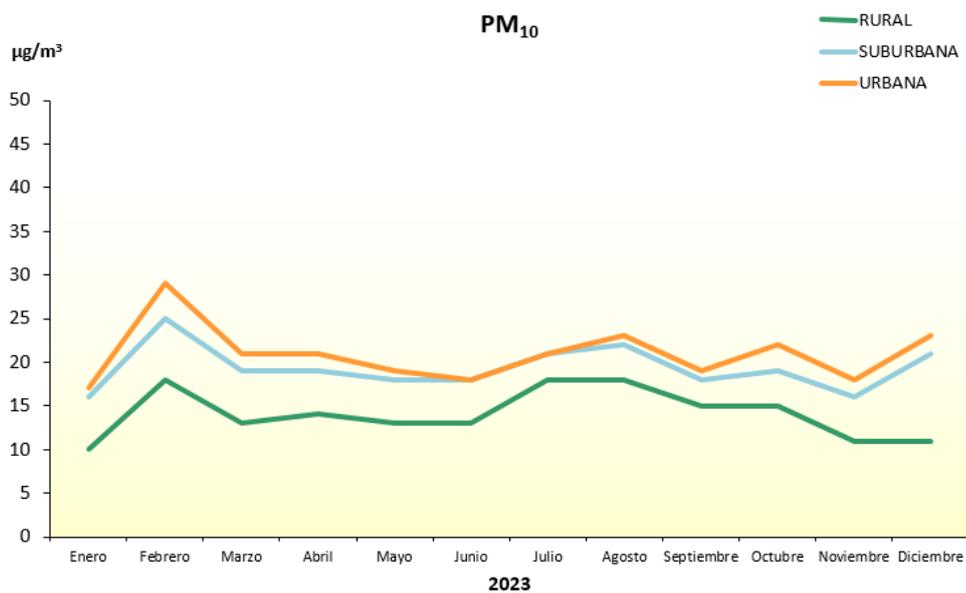


Figura 22 Evolución de las medias mensuales de PM₁₀ en 2023 por tipo de área

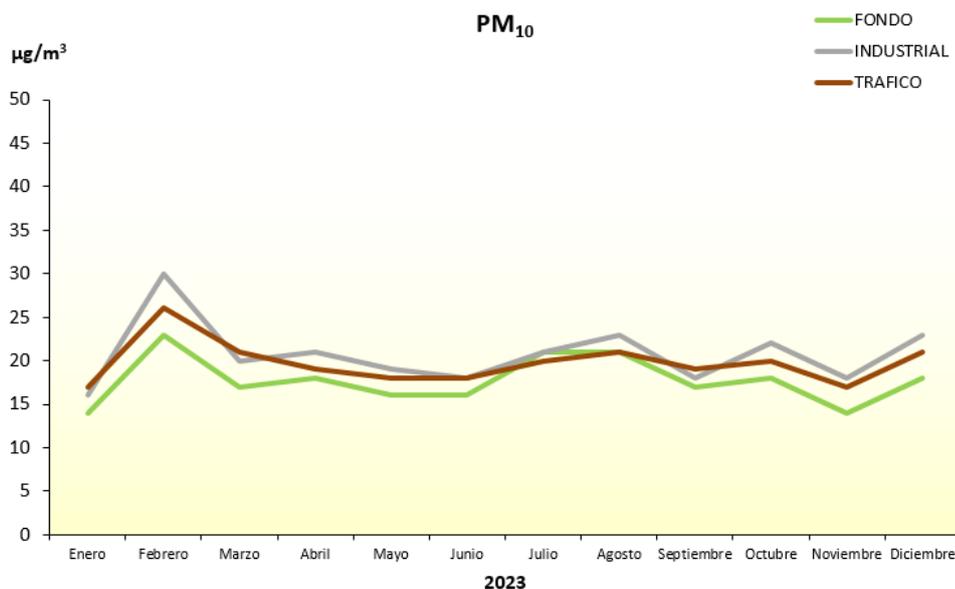


Figura 23 Evolución de las medias mensuales de PM₁₀ en 2023 por tipo de estación

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

En las figuras recogidas a continuación se muestra la distribución de las medias anuales y la distribución del Percentil 90,4 de PM₁₀ de las estaciones que han participado en la evaluación, agrupadas por tipo de área. En ellas se observa que de las 490 estaciones que se emplearon en 2023 para evaluar PM₁₀, antes de descontar las fuentes naturales de PM₁₀, tan sólo una supera el VLA (el 0,2 % del total), de tipo suburbano industrial. El VLD lo excedieron 28 estaciones (el 5,7 % del total), de las cuales 16 eran urbanas, 9 suburbanas y las 3 restantes, rurales.

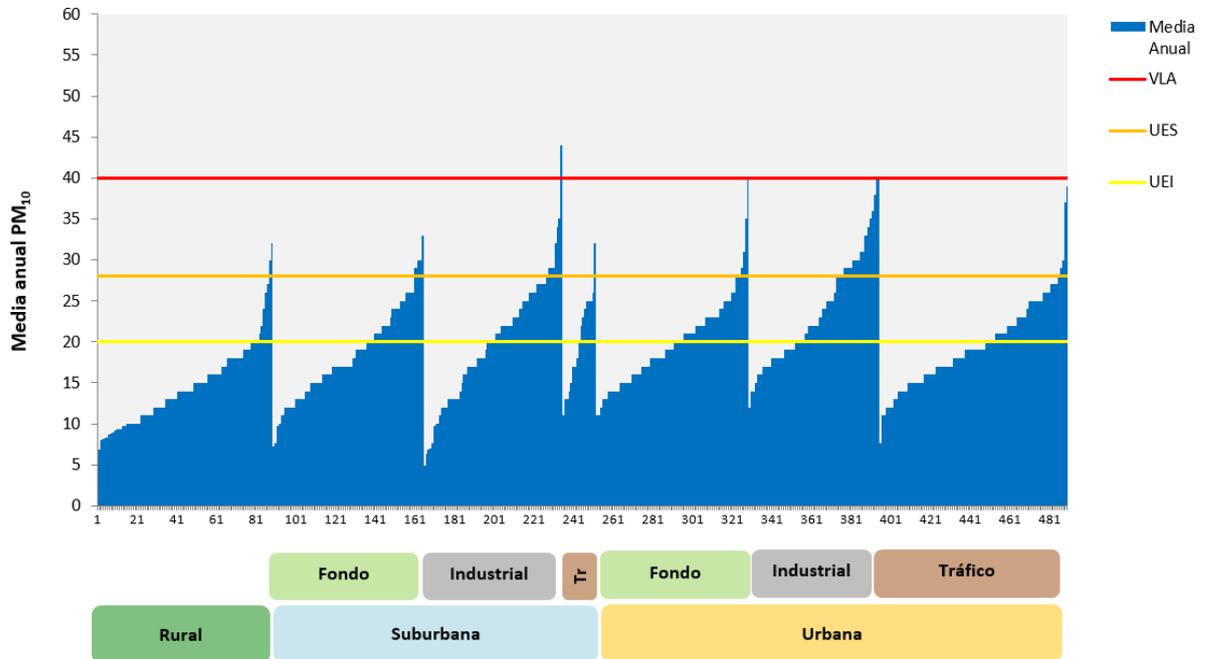


Figura 24 Distribución de la media anual de PM₁₀ (2023)

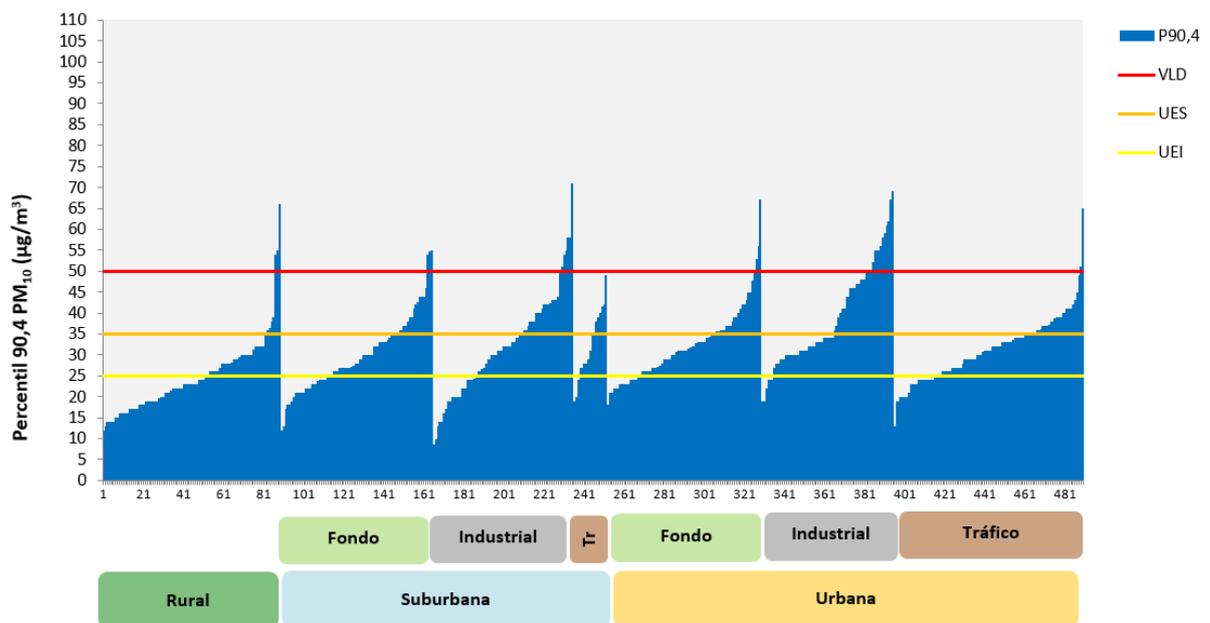


Figura 25 Distribución del Percentil 90,4 de PM₁₀ (2023)

En cuanto a la distribución regional, la Figura 26 muestra el promedio mensual de los valores medios diarios para PM₁₀ en 2023. En ella puede observarse como los valores más elevados se dieron, con carácter general, durante los meses de febrero y marzo, aunque también fueron significativos en el mes de octubre y de diciembre, y afectaron especialmente a las Islas Canarias, Región de Murcia, Melilla, Asturias y Andalucía.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

Red	2023												
	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AND	17	27	19	23	19	20	28	29	22	21	19	21	
ARAG	11	21	18	16	16	15	22	24	20	18	13	13	
A.ZGZA	13	27	21	19	21	18	21	25	25	24	14	14	
AST	20	30	29	23	24	21	19	19	20	22	19	22	
I.BAL	17	17	16	15	15	19	25	19	19	17	16	15	
I.CAN	23	59	24	33	23	20	23	34	15	37	23	47	
CANT	14	24	21	17	18	15	12	13	16	16	13	14	
CLM	15	26	17	24	17	19	29	30	23	20	17	20	
CYL	10	21	13	15	14	13	16	19	15	16	11	11	
CAT	19	25	23	19	17	19	23	22	19	19	19	22	
C.VAL	12	17	16	15	14	14	20	16	15	13	13	13	
EXT	6,4	15	10	14	13	13	18	20	12	16	11	8,8	
GAL	12	20	15	13	15	14	11	13	11	16	14	14	
C.MAD	12	19	12	14	11	13	19	20	18	16	12	15	
A.MAD	16	22	16	17	14	17	23	24	21	19	17	20	
MUR	21	21	19	23	17	21	35	30	36	26	26	26	
NAV	11	20	16	13	15	13	15	16	18	17	9,8	11	
PV	12	22	18	14	17	16	14	15	20	16	11	10	
LR	12	24	21	17	18	15	16	19	19	18	9,7	11	
CEU	12	20	15	22	14	16	25	19	14	17	13	16	
MEL	14	28	19	30	20	18	32	26	17	23	18	18	

Figura 26. Distribución por regiones y tipo de área de valores medios mensuales de PM₁₀ (µg/m³) (2023)

La Figura 27 muestra la distribución de días con intrusión sahariana durante 2023. En ella se observa que en la Península Ibérica y las islas Baleares la mayor frecuencia de episodios africanos se produjo entre los meses de abril y octubre, afectando más al sur, centro, Levante y Baleares, mientras que en Canarias estuvieron más distribuidos a lo largo del año, con mayor frecuencia en los meses de febrero, agosto y de octubre a diciembre. Destacan los eventos del mes de febrero, principios de abril, meses de verano y principios de octubre, en los que se alcanzaron concentraciones altas de PM₁₀ en casi todas las zonas consideradas de la Península y las islas Baleares. En las islas Canarias las intrusiones de polvo registradas este año han sido también más intensas que los últimos años y las superaciones registradas han estado relacionadas con episodios de calima en casi todas las estaciones.

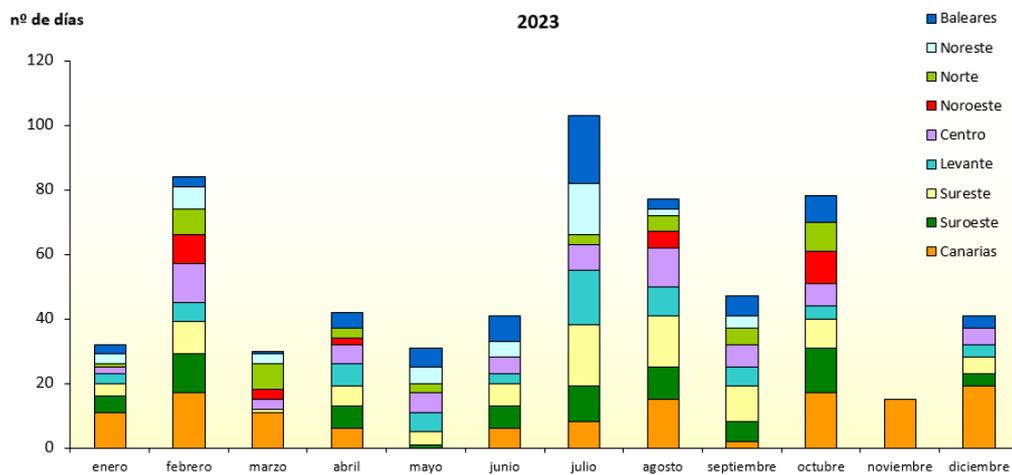


Figura 27 Distribución mensual del número de días con episodios africanos por regiones en 2023⁹

Las regiones mencionadas en la imagen anterior son las que se reflejan gráficamente en la Figura 28:

⁹ Fuente de los datos: "Episodios Naturales de Partículas 2023". Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) / Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD), Subdirección General de Aire Limpio y Sostenibilidad Industrial (Mayo 2024). <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/sqalsi/atm%20c3%b3sfera-y-calidad-del-aire/informes/Episodios%20Naturales%202023.pdf>

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023



Figura 28 Regiones consideradas en relación con los episodios naturales de partículas 2023

Fuente: CSIC (PÉREZ, QUEROL, & CÁCERES, 2024)⁹

La Figura 29 muestra que la contribución de las fuentes naturales en 2023 ha sido especialmente relevante en Canarias, seguida por el sur y sureste (Andalucía, Murcia), Baleares, suroeste (Andalucía, Extremadura) y centro peninsular.

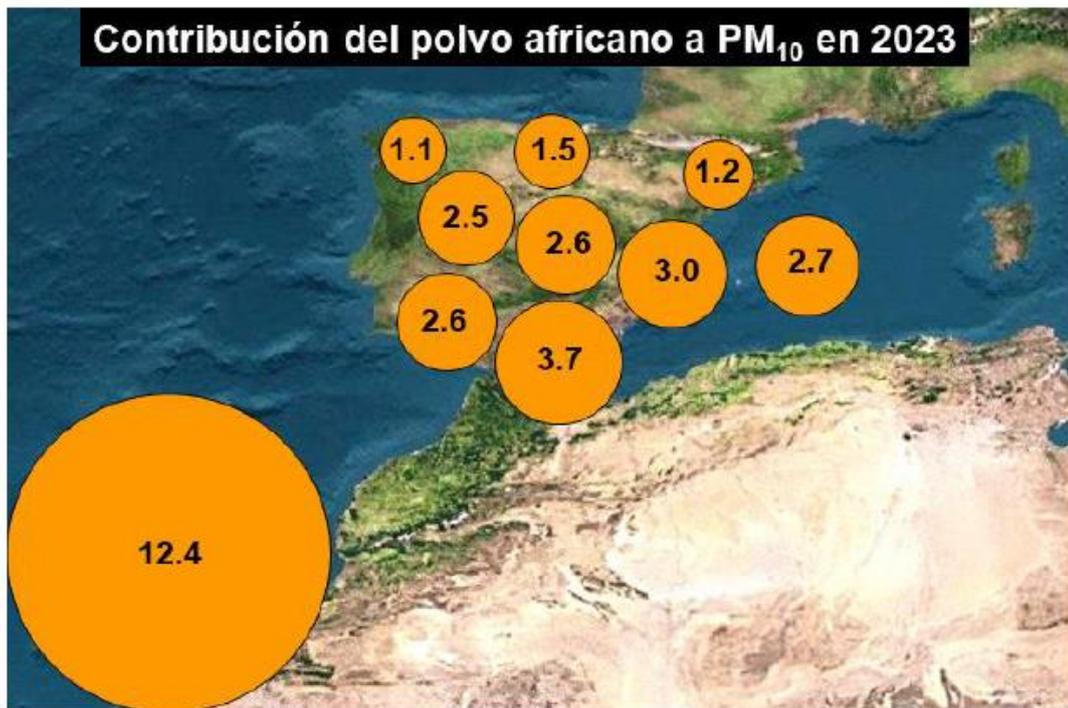


Figura 29 Contribución de polvo africano a PM₁₀ (µg/m³) en el año 2023

Fuente: CSIC (PÉREZ, QUEROL, & CÁCERES, 2024)⁹

6. PARTÍCULAS PM_{2,5}

6.1. Evolución 2008-2023 de las partículas PM_{2,5}

De la Figura 30 se desprende que los niveles medios de PM_{2,5} han disminuido desde 2008. En el periodo que comprende los 10 últimos años, el valor medio se sitúa en la horquilla de 9,3 y 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mientras que los percentiles 75, en 7 de los 10 últimos años, se corresponde con el valor de 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El percentil 75 más bajo de toda la serie (11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) corresponde con los años 2021 y 2023.

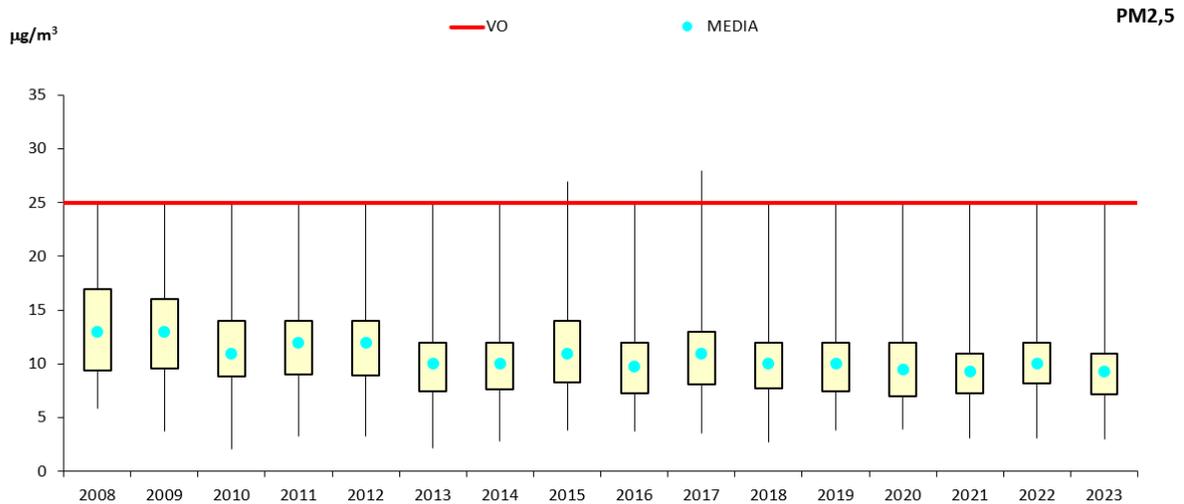


Figura 30 Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de PM_{2,5} 2008-2023

Por tipo de área, la Figura 31 muestra una mayor disminución en las urbanas, incluso teniendo en cuenta los resultados de las calimas de 2022, siendo la evolución de su perfil similar al de las suburbanas a lo largo del periodo considerado.

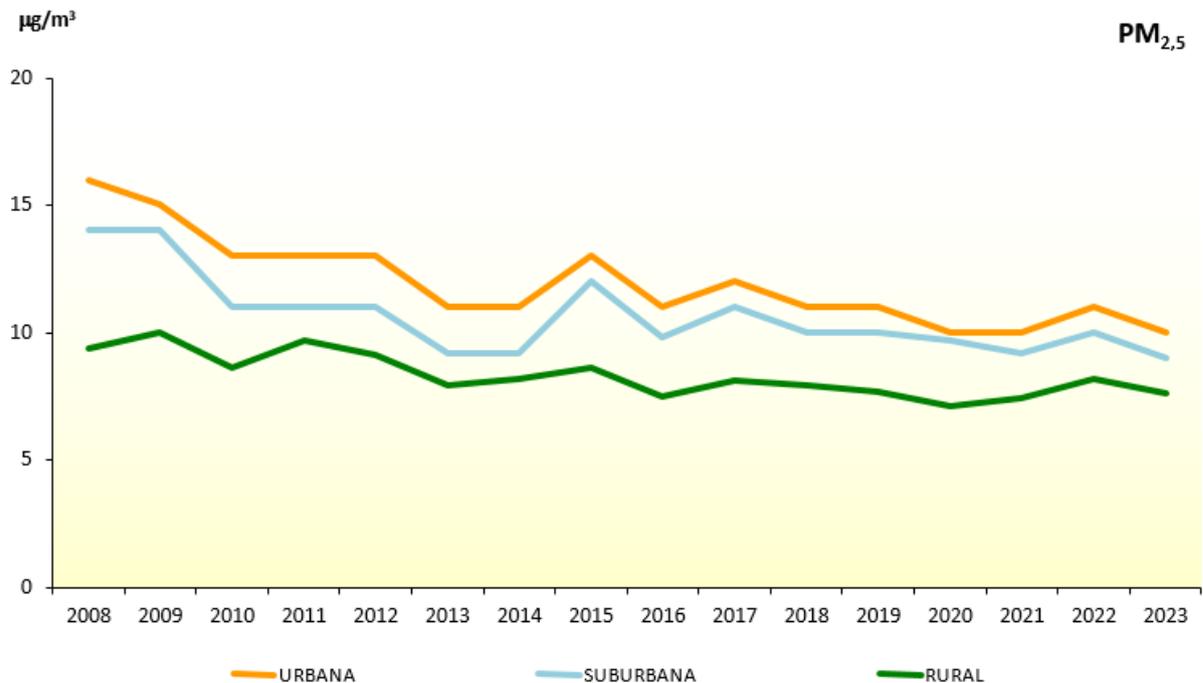


Figura 31 Evolución de las medias anuales de PM_{2,5} (2008-2023) por tipo de área

Si se atiende a la tipología de estación, en la Figura 32 se observa que las reducciones más evidentes se han registrado en las estaciones de tráfico, seguidas de las industriales; el comportamiento de las

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

de fondo es el más estable. En todas ellas se aprecia el incremento ya comentado de 2022, en el que se registró una fuerte influencia de las intrusiones de polvo sahariano, que se ha revertido en 2023.

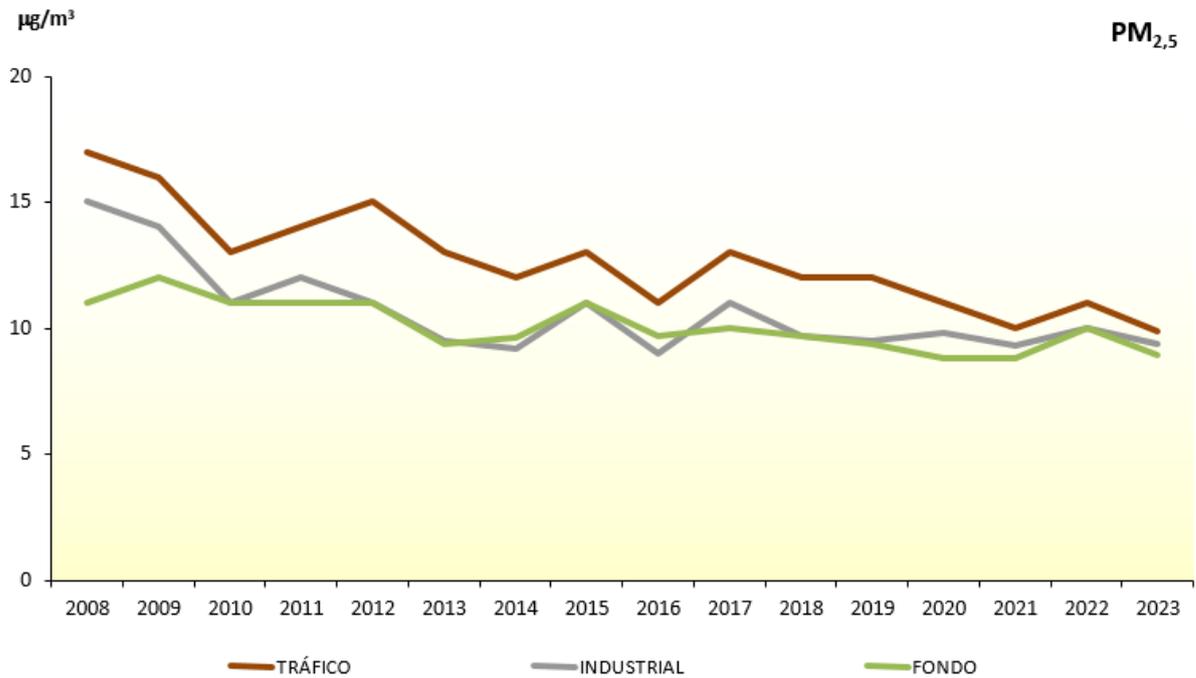


Figura 32 Evolución de las medias anuales de PM_{2,5} (2008-2023) por tipo de estación

Los mapas de representación geográfica de las estaciones para los valores medios anuales de 2018 a 2023 para las PM_{2,5} (Figura 33) muestran una reducción del número de estaciones con mayores concentraciones hasta 2021, su ligero aumento en 2022 y su nueva disminución en 2023:

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

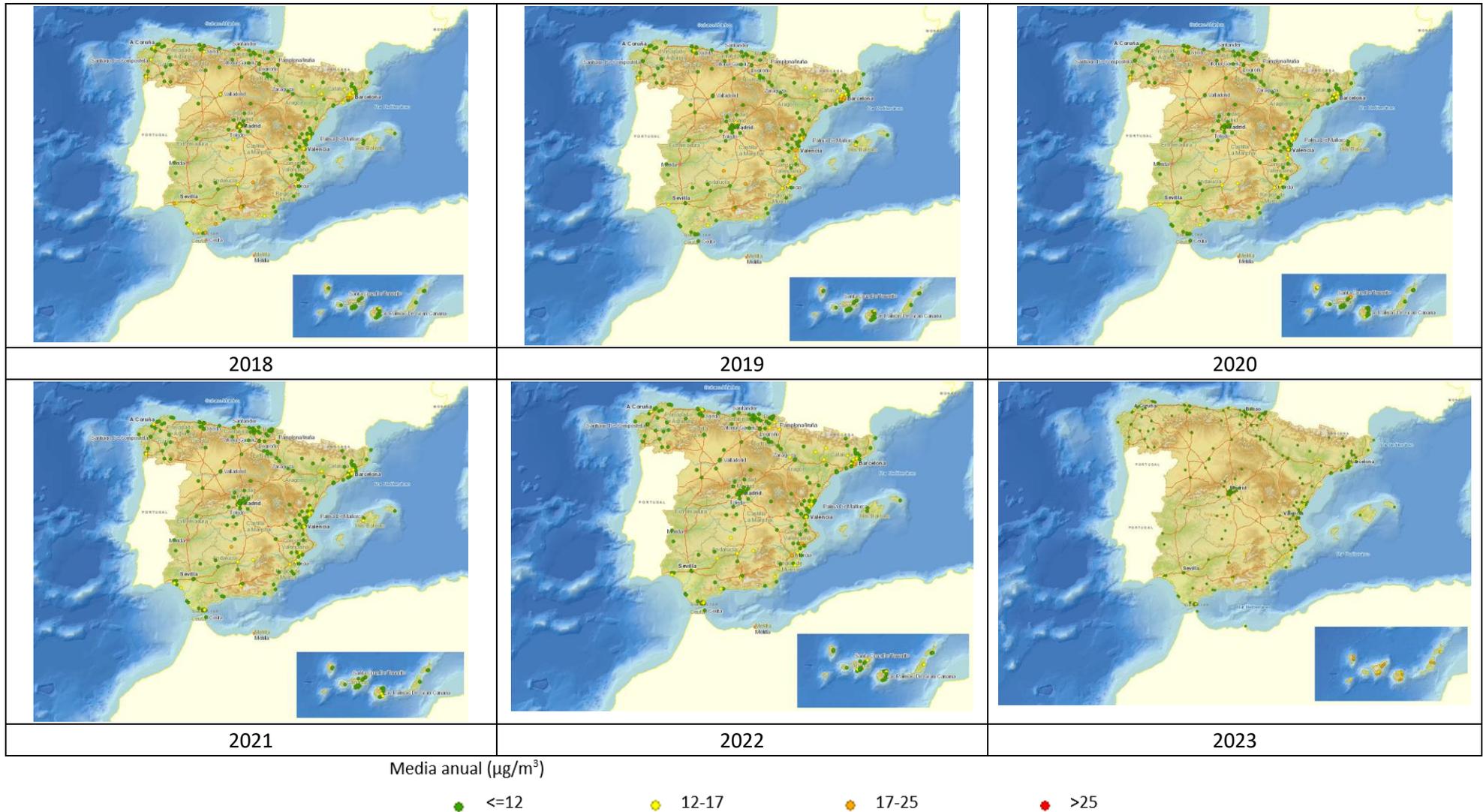


Figura 33 Evolución de los niveles de PM_{2,5} respecto al VLA a lo largo del periodo 2018-2023

6.2. Niveles de PM_{2,5} en 2023

Si se comparan las figuras a continuación con las de PM₁₀ (Figura 22 y Figura 23), en 2023 por tipo de área se aprecia una cierta correlación entre ambos contaminantes, con valores más altos en febrero, agosto, octubre y diciembre, con un comportamiento más similar entre urbanas y suburbanas.

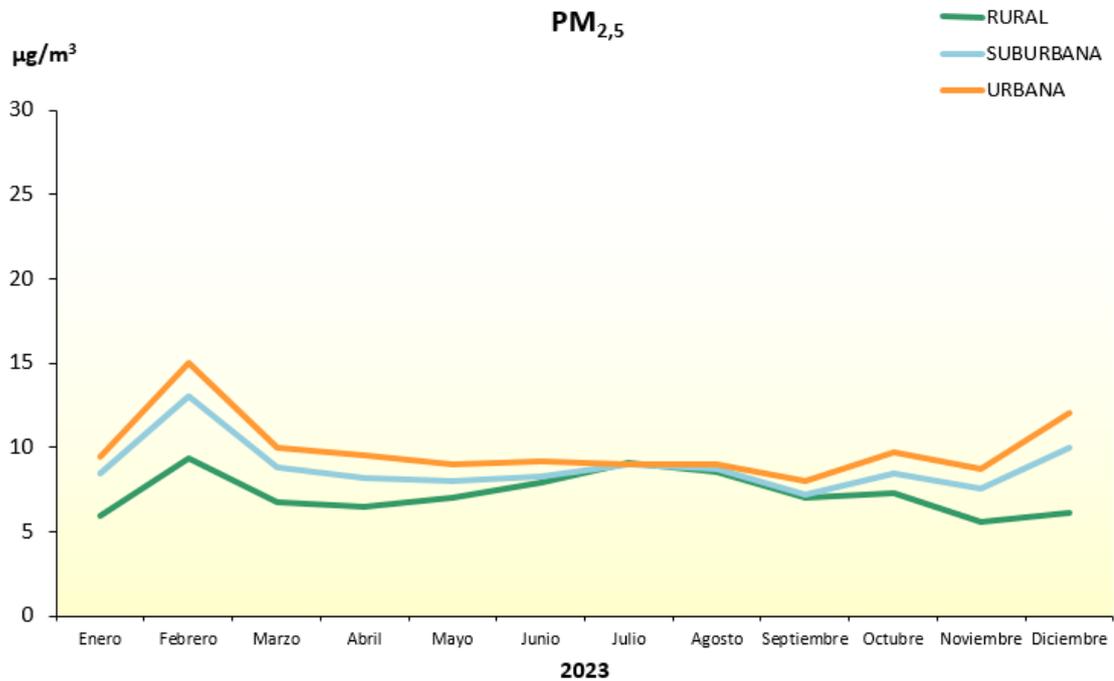


Figura 34 Evolución de las medias mensuales de PM_{2,5} en 2023 por tipo de área

A diferencia de los gráficos de PM₁₀, por tipología de estación las estaciones de tráfico mantienen los registros más altos para PM_{2,5} en todo el año mientras que, para las PM₁₀, las estaciones industriales son las que muestran niveles más elevados en la mayoría de los meses. Los máximos se registran sobre todo en los meses de febrero y diciembre:

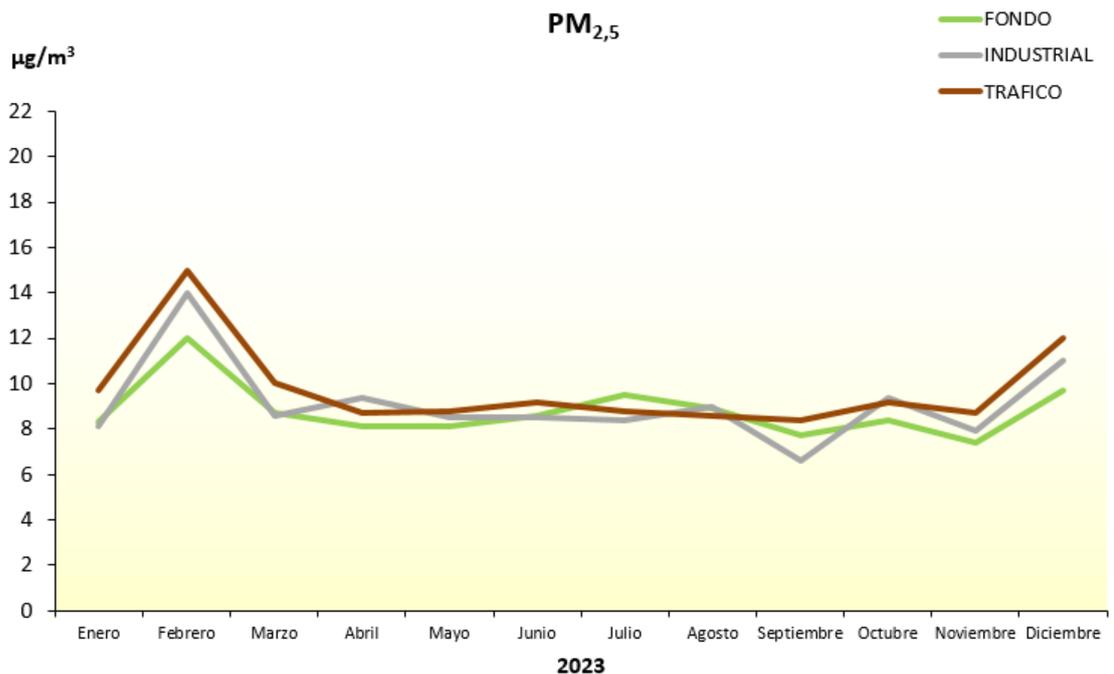


Figura 35 Evolución de las medias mensuales de PM_{2,5} en 2023 por tipo de estación

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

La Figura 36 recoge la distribución de las medias anuales de PM_{2,5} de las estaciones que han participado en la evaluación de este contaminante en 2023, agrupadas por tipo de área. De las 322 estaciones que se emplearon para evaluar PM_{2,5} en dicho año, ninguna supera el VL y únicamente una, urbana, se sitúa por encima del UES.

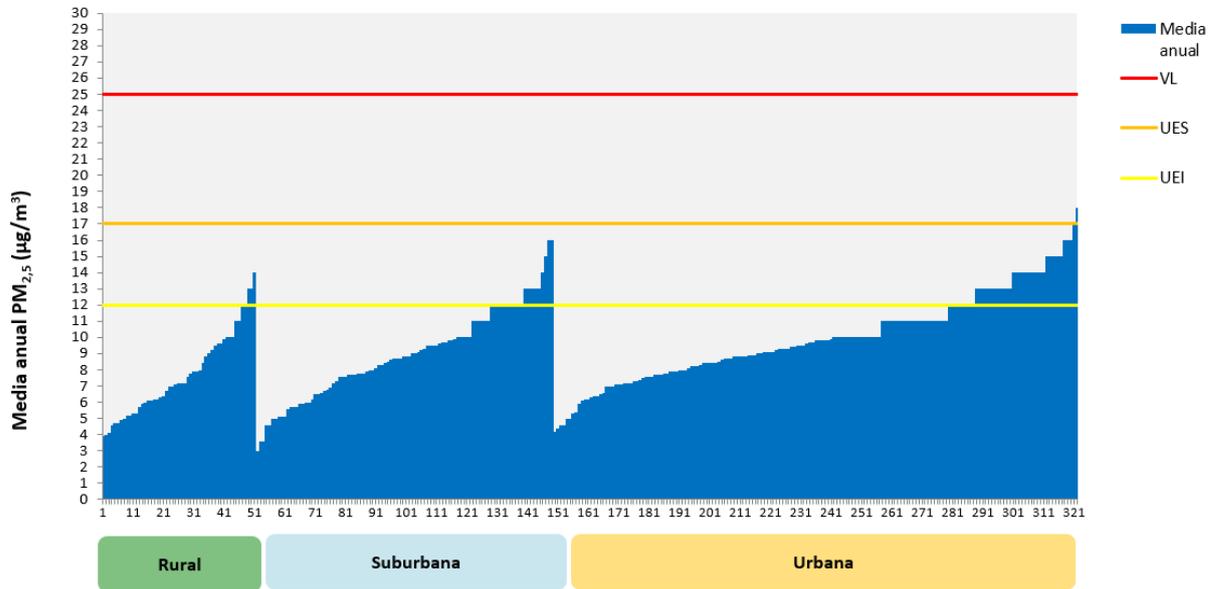


Figura 36 Distribución de las medias anuales PM_{2,5} (2023)

En cuanto a la distribución regional, el promedio mensual de valores medios diarios en 2023 de PM_{2,5} por redes de calidad del aire, recogido en la Figura 37, refleja máximos generalizados durante los meses invernales (de diciembre a marzo), en época de funcionamiento de las calefacciones, así como picos puntuales en otros meses, como julio, agosto y octubre, coincidiendo con los eventos de intrusión sahariana.

		2023											
Red	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AND		10	11	8,5	8,9	8,9	9,5	12	11	8,6	9,4	9,7	12
ARAG		7,3	13	11	8,3	8,2	8,7	11	11	9,6	9,9	7,8	8,7
A.ZGZA		5,5	14	9,3	9,2	12	9,5	10	11	9,1	8,3	6,1	9
AST		10	16	13	9,6	9,8	8,1	6	6,5	7,3	8,6	7,5	11
I.BAL		6	10	7,9	7,8	8,4	10	12	8,3	8,7	7,2	6,5	8
I.CAN		7,5	18	8	11	8,6	7,9	7,4	11	5,3	11	8,3	14
CANT			14	12			6	5,6	5,2	6,4	13	5,8	6,7
CLM		7,5	9,9	6,3	6,5	6,6	8,4	11	10	9,2	8,7	8,1	10
CYL		6,5	11	6,5	6,4	7,3	6,2	6,1	6,3	6,4	7,5	5,7	7,7
CAT		12	16	13	9,4	8,9	10	10	10	8,5	9,2	9,8	13
C.VAL		7,7	11	8,7	7,5	7,1	8	10	7,7	6,8	7	6,8	7,3
EXT		4,6	9,6	6,4	14	13	11	12	17	8,4	13	5,8	5
GAL		7,2	13	8,3	7,2	8,2	7,5	5,2	5,3	4,9	7,4	7,4	8,7
C.MAD		8,8	11	7,2	7,7	7,2	9,5	11	10	9,8	9,2	8,5	12
A.MAD		8,8	10	7,5	7,6	7,7	11	11	9,8	11	9,2	9,3	13
MUR		12	11	7,9	11	9,6	12	20	18	13	12	11	20
NAV		9,6	15	9,5	8,5	6,8	6,7	8,9	8,4	8,6	8,6	7,2	10
PV		8	14	10	7,8	10	10	7,8	7,4	9,8	8,7	5,9	6,4
LR		6,3	12	9,3	7,4	7,3	6,5	6,4	6,6	6,6	6,2	4,1	6
CEU		6,5	8	6,7	9,1	7,7	8,6	11	9,5	7,3	8,2	8,6	7,6
MEL		4,5	11	9,1	11	8,4	9,1	14	10	5,2	5,1	5,3	6,7

Figura 37. Distribución por regiones y tipo de área de valores medios mensuales de PM_{2,5} (µg/m³) (2023)

7. OZONO

7.1. Evolución 2004-2023 del O₃

En la Figura 38 se aprecian dos circunstancias a lo largo del periodo considerado: la presencia reiterada de máximos por encima del VOLP establecido para la salud y el estancamiento de las medias del percentil 93,2 (de los máximos diarios octohorarios) de O₃ entre los 100-110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Si bien en los años 2020 y 2021 se produce una mejoría en ambos estadísticos, se observa un ligero ascenso en 2022, mantenido en 2023 sin alcanzar los valores de 2018-2019.

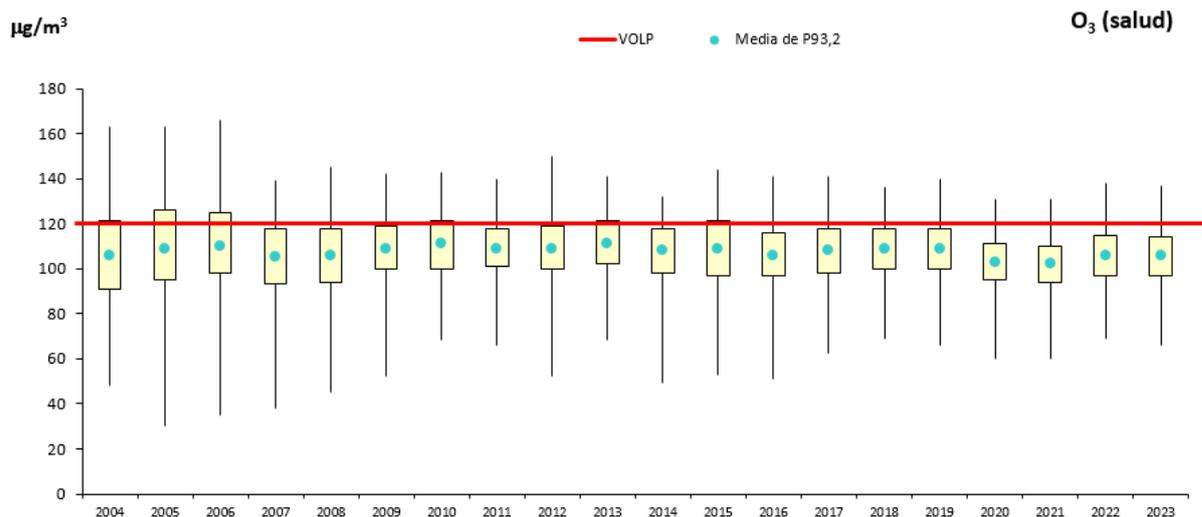


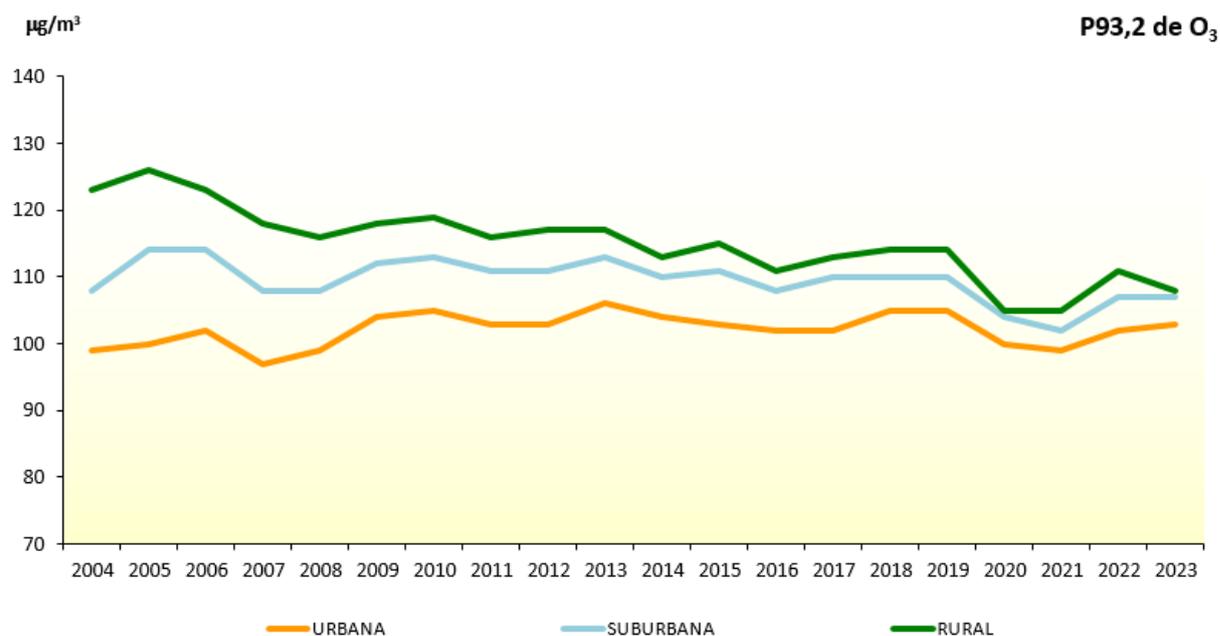
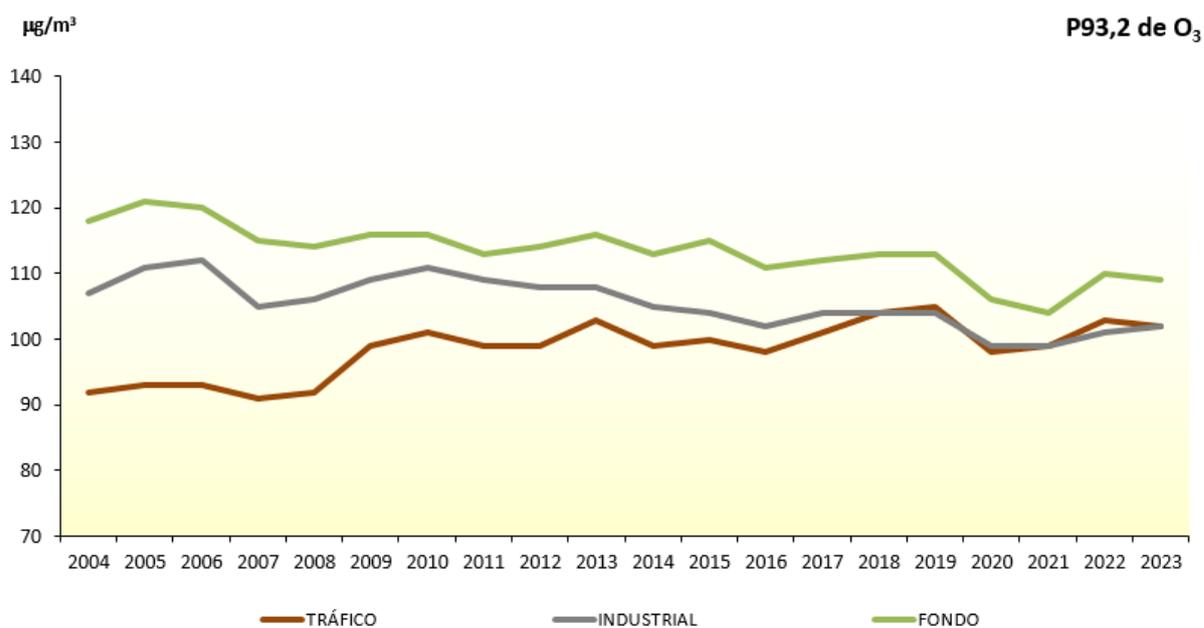
Figura 38 Diagrama de caja y bigotes del percentil 93,2 de máximos diarios octohorarios de O₃ 2004-2023

En la evolución de las medias anuales de los percentiles 93,2 de O₃ desde 2004 que se muestra en la Figura 39 (por tipo de área) y en la Figura 40 (por tipo de estación) se observa que las estaciones rurales y estaciones de fondo son las que presentan valores más elevados.

Además, para todas las tipologías de estación se produce una disminución drástica del año 2019 al 2020, que se mantiene en 2021 y que después se revierte en 2022, aunque sin llegar a alcanzar los valores de 2019. En 2023 se aprecia un nuevo descenso de los niveles registrados en las estaciones de áreas rurales, pero no así en las situadas en zonas urbanas y suburbanas, que se mantiene o aumentan ligeramente.

Por tipología de estación, es también un hecho destacable que a partir de 2016 los niveles de las estaciones de tráfico tienden a aumentar respecto a los de las industriales a cuyos registros igualan e incluso superan puntualmente. En 2023 apenas se produce un leve decrecimiento de los niveles en las estaciones de tráfico y fondo, mientras que en las industriales dichos niveles se incrementan en la misma medida.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

Figura 39 Evolución de las medias anuales de los percentiles 93,2 de O₃ (2004-2023) por tipo de áreaFigura 40 Evolución de las medias anuales de los percentiles 93,2 de O₃ (2004-2023) por tipo de estación

En la Figura 41 se observa la pauta estacional característica de este contaminante secundario para todas las tipologías de estaciones y áreas, con valores estivales altos, lo que resulta coherente dado que, como se indicó en el Capítulo 4, la radiación solar es determinante en la formación de este contaminante a partir de sus precursores.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

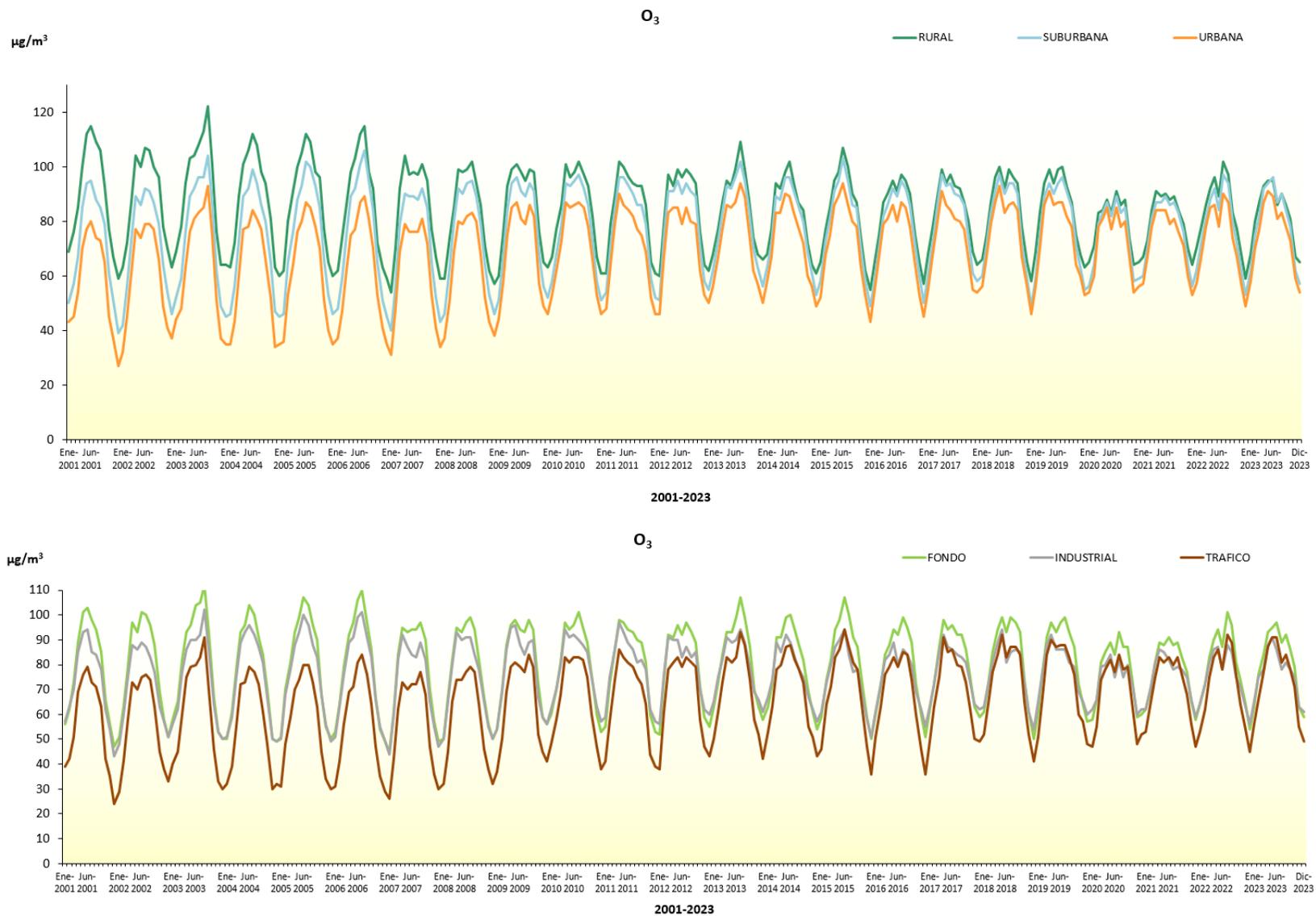


Figura 41 Evolución de las medias mensuales de máximos diarios octohorarios de O₃ de 2001 a 2023 por tipo de área (arriba) y estación (abajo)

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

Al representar geográficamente las estaciones que miden O₃ para el valor objetivo de este contaminante entre 2018 y 2023 (Figura 42), se observa como en 2022 hay una mayor predominancia de punto verdes que en 2021, con un leve incremento posterior en 2023. Hay que tener en cuenta que el valor objetivo se define como el promedio trianual del número de superaciones del valor máximo diario octohorario de 120 µg/m³ que no debe superarse en más de 25 ocasiones.

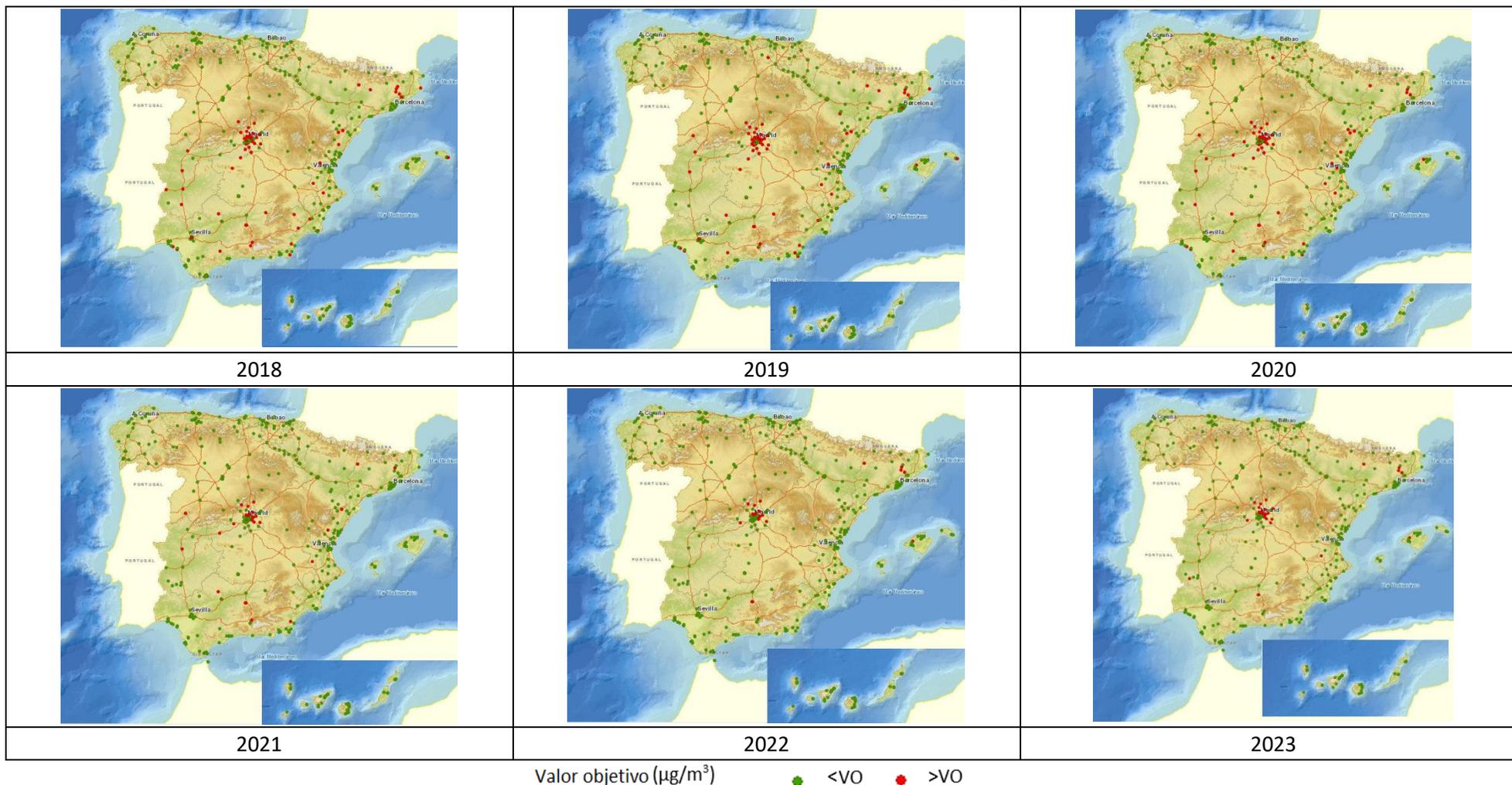


Figura 42 . Evolución de los niveles de O₃ respecto al VO a lo largo del periodo 2018-2023

7.2. Niveles del O₃ en 2023

En la Figura 43 se analiza la distribución de los percentiles 93,2 de las estaciones que han participado en la evaluación del O₃ en el año 2023, agrupadas por tipo de área. En ella se puede observar que la línea que marca el OLP de 120 µg/m³ se supera en algunas estaciones, concretamente en 46 de las 432 estaciones utilizadas para evaluar (un 10,7%).

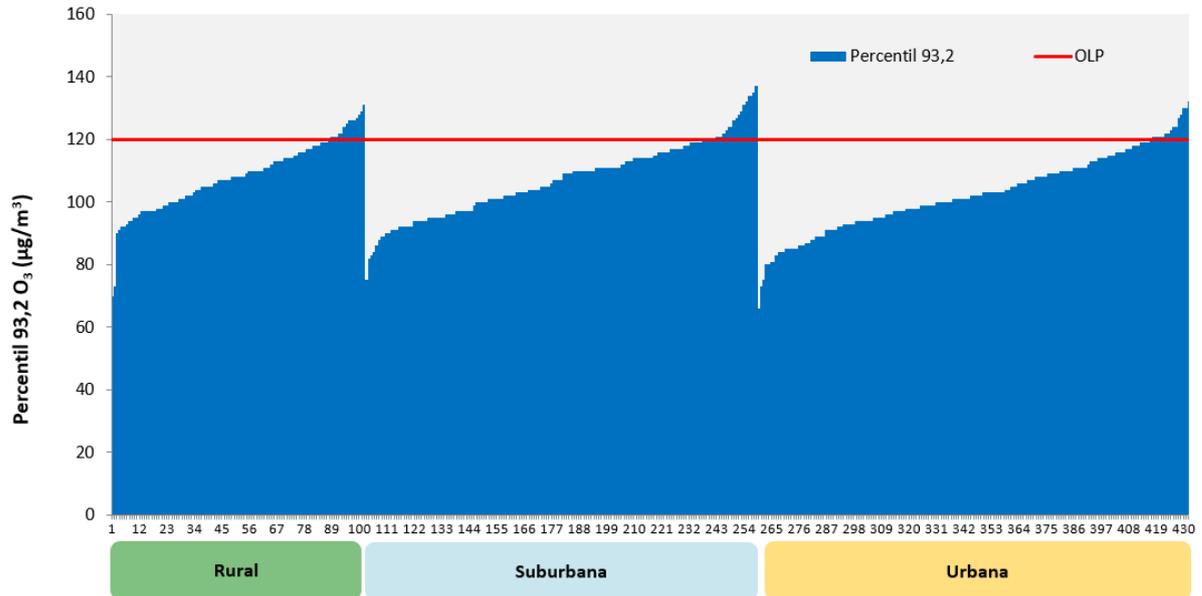


Figura 43 Distribución del Percentil 93.2 de O₃ (2023)

Finalmente, la Figura 44 muestra, para las diferentes redes de calidad del aire, el promedio mensual de los valores medios diarios registrados en 2023 para el O₃ por tipo de área. En ella se confirma cómo los valores son más elevados en las zonas rurales durante los meses de primavera-verano, con diferencias geográficas de unas regiones respecto a otras.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

Rural -2023													Suburbana - 2023												Urbana - 2023																
Red	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Red	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Red	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AND		54	68	69	80	81	82	80	79	66	64	51	47	AND		51	69	67	80	83	85	77	78	71	69	53	49	AND		43	61	59	72	76	78	75	72	65	60	43	35
ARAG		53	59	74	83	86	81	73	79	67	64	54	48	ARAG		40	45	57	66	82	78	60	69	53	45	39	32	ARAG		39	39	56	70	80	75	66	70	59	53	41	33
A.ZGZA														A.ZGZA		37	35	56	69	76	70	61	67	50	41	34	30	A.ZGZA		38	38	59	70	78	74	62	68	53	43	35	31
AST		75	85	88	85	85	53	60	69	73	78	73	76	AST		36	35	44	55	59	50	47	49	41	39	38	30	AST		40	41	50	59	66	56	49	53	51	46	41	34
I.BAL		58	65	71	79	79	77	63	65	65	61	58	57	I.BAL		61	64	72	79	78	79	63	67	66	65	64	59	I.BAL		50	58	62	69	68	69	55	57	56	61	58	55
I.CAN		66	68	63	71	66	56	57	61	57	64	69	76	I.CAN		71	72	63	74	75	58	60	60	57	59	63	65	I.CAN		62	65	57	72	72	55	56	54	54	53	57	59
CANT		65	73	72	73	77	63	49	67	73	73	66	72	CANT		43	45	53	58	63	51	44	51	53	47	43	41	CANT		44	46	53	57	65	53	45	51	48	45	38	37
CLM		65	68	79	88	82	86	88	86	79	77	63	64	CLM		43	53	61	72	77	78	81	75	62	56	42	32	CLM		41	53	61	78	86	87	88	81	59	49	34	32
CYL		57	63	70	74	79	70	67	69	62	61	51	46	CYL		47	49	59	67	76	72	69	69	58	54	45	35	CYL		46	46	58	67	75	70	66	67	57	54	46	37
CAT		52	62	70	80	79	83	72	79	72	66	55	51	CAT		38	48	60	71	69	76	64	68	63	53	40	32	CAT		36	45	59	69	67	77	63	68	62	53	41	33
C.VAL		52	57	65	73	75	76	64	72	62	61	53	52	C.VAL		45	51	60	70	70	71	57	63	56	56	49	46	C.VAL		41	49	61	75	75	74	63	66	60	56	46	39
EXT		44	59	63	74	80	80	80	77	65	64	46	37	EXT		55	70	74	80	85	87	84	79	70	73	53	50	EXT		40	49	56	67	73	75	73	70	58	54	39	28
GAL		58	65	68	65	74	59	48	56	57	63	55	53	GAL		53	50	62	59	71	53	43	48	46	52	49	44	GAL		40	36	52	50	63	47	39	43	38	43	39	34
C.MAD		60	71	77	89	91	90	92	92	76	72	54	52	C.MAD		42	53	60	75	82	84	83	80	60	53	37	26	C.MAD		38	45	59	73	80	81	81	78	57	51	37	26
A.MAD														A.MAD		36	45	57	72	81	82	82	80	59	57	39	26	A.MAD		32	41	52	67	76	78	77	74	55	49	34	23
MUR		59	67	72	76	63	70	79	75	66	66	61	65	MUR		48	60	66	82	74	78	72	73	63	53	42	40	MUR		38	57	56	75	73	74	69	72	62	43	32	27
NAV		57	63	75	83	89	85	72	79	74	68	57	49	NAV		44	50	57	61	68	61	54	59	54	47	42	38	NAV		31	41	52	64	71	66	55	58	49	43	36	27
PV		69	79	82	83	88	77	61	68	70	72	62	64	PV		53	57	65	66	73	65	51	59	58	57	49	49	PV		41	44	56	58	68	58	44	52	48	50	43	44
LR		51	58	64	70	71	58	48	57	48	40	40	38	LR														LR		40	48	53	67	75	63	46	49	37	32	28	24
CEU														CEU														CEU		65	94	70	66	80	77	58	62	69	70	52	59
MEL														MEL		72	80	80	83	82	81	84	82	85	77	70	64	MEL													

Figura 44. Distribución por regiones y tipo de área de valores medios mensuales de O₃ (µg/m³) (2023)

8. MONÓXIDO DE CARBONO

8.1. Evolución 2003-2023 del monóxido de carbono (CO)

Históricamente los niveles de calidad del aire de CO han sido bajos. De hecho, en la Figura 45 se observa cómo los valores medios registrados desde 2003 se encuentran muy lejos del incumplimiento del objetivo de calidad legal establecido para la protección de la salud.¹⁰

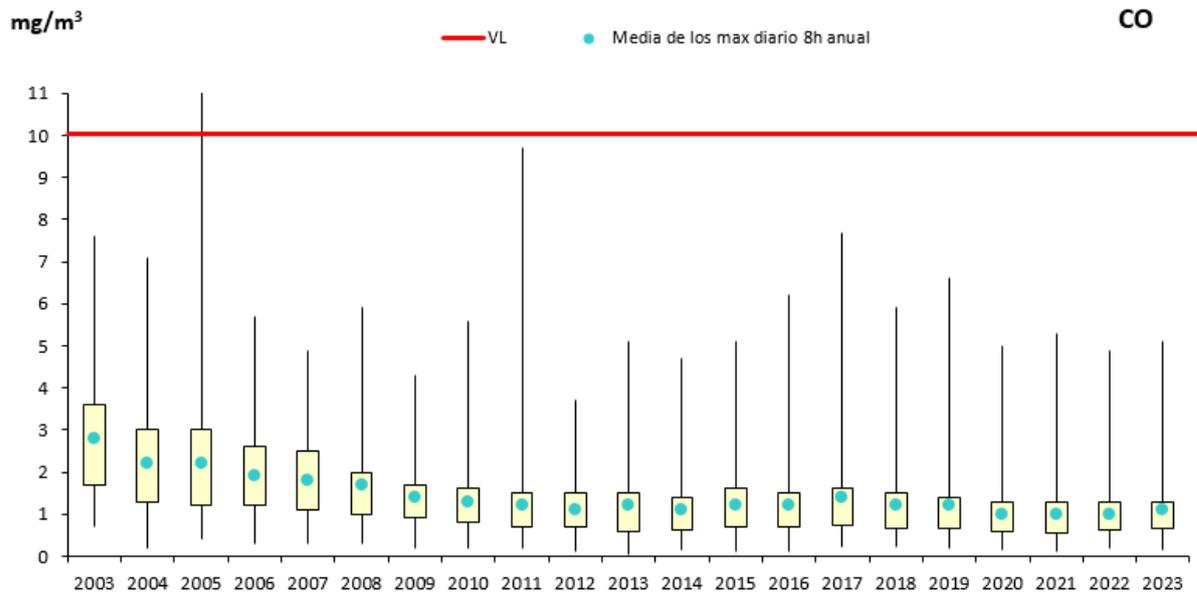


Figura 45. Diagrama de caja y bigotes de la media anual del valor máximo de los máximos diarios octohorarios de CO 2003-2023

En la Figura 46 y en la Figura 47 se refuerza esta observación y, en líneas generales desde 2003, los perfiles de todas las estaciones siguen una tendencia a la baja, especialmente en el caso de las urbanas y de tráfico, para mantenerse más o menos estables desde 2020 hasta llegar a 2023, año en el que se aprecia cómo los niveles en las estaciones de fondo y en las rurales aumentan ligeramente.

¹⁰ "Es importante el efecto de los estándares EURO 4 y 5 en la disminución de las emisiones de PM y CO de los vehículos, ya que se requiere del uso de filtros para los nuevos coches diésel desde el 2005" Fuente: Medidas para Mejorar la calidad del Aire Urbano (AIRUSE), CSIC, 2018.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

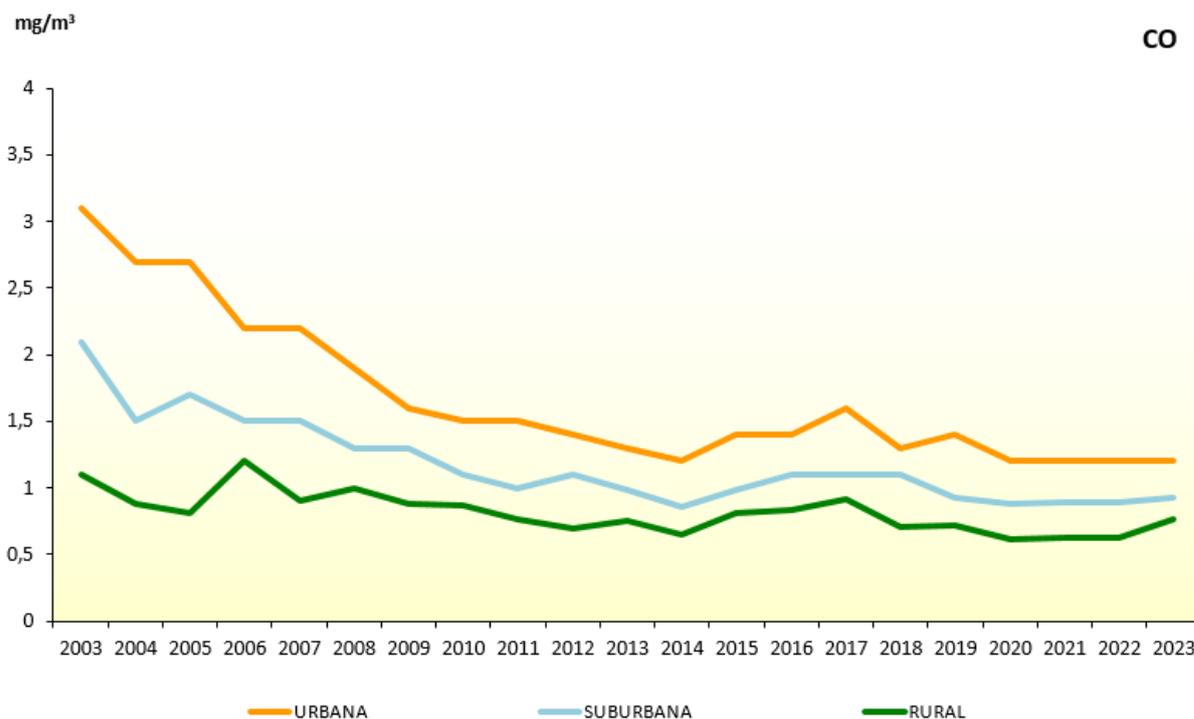


Figura 46. Evolución de la media anual del valor máximo de los máximos diarios octohorarios de CO (2003-2023) por tipo de área

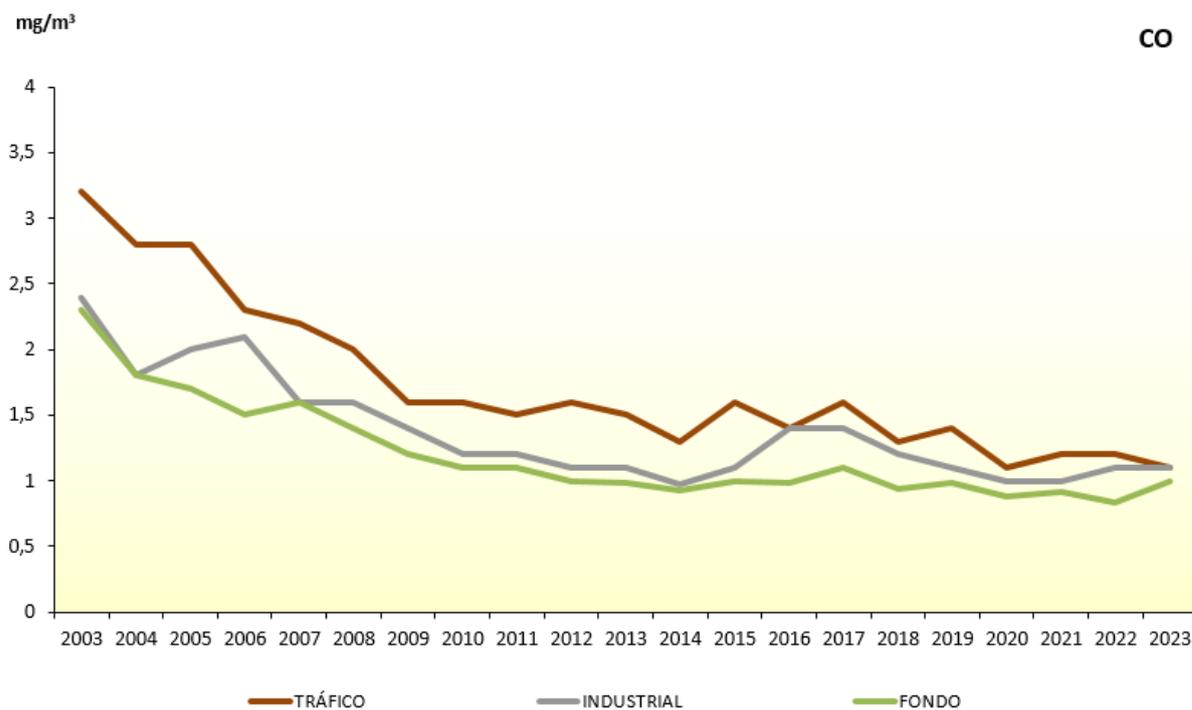


Figura 47. Evolución de la media anual del valor máximo de los máximos diarios octohorarios de CO (2003-2023) por tipo de estación

Como se puede observar en la Figura 48, los valores mensuales de valores máximos diarios octohorarios de CO siguen una pauta estacional a lo largo del año, más marcada en estaciones ubicadas en áreas urbanas y suburbanas y para cualquiera que sea su fuente de emisión, de forma que presenta valores más altos en invierno (enero, diciembre) respecto al verano, con un margen de variación de en torno a $0,2 \text{ mg/m}^3$ - $0,3 \text{ mg/m}^3$ desde el año 2009.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

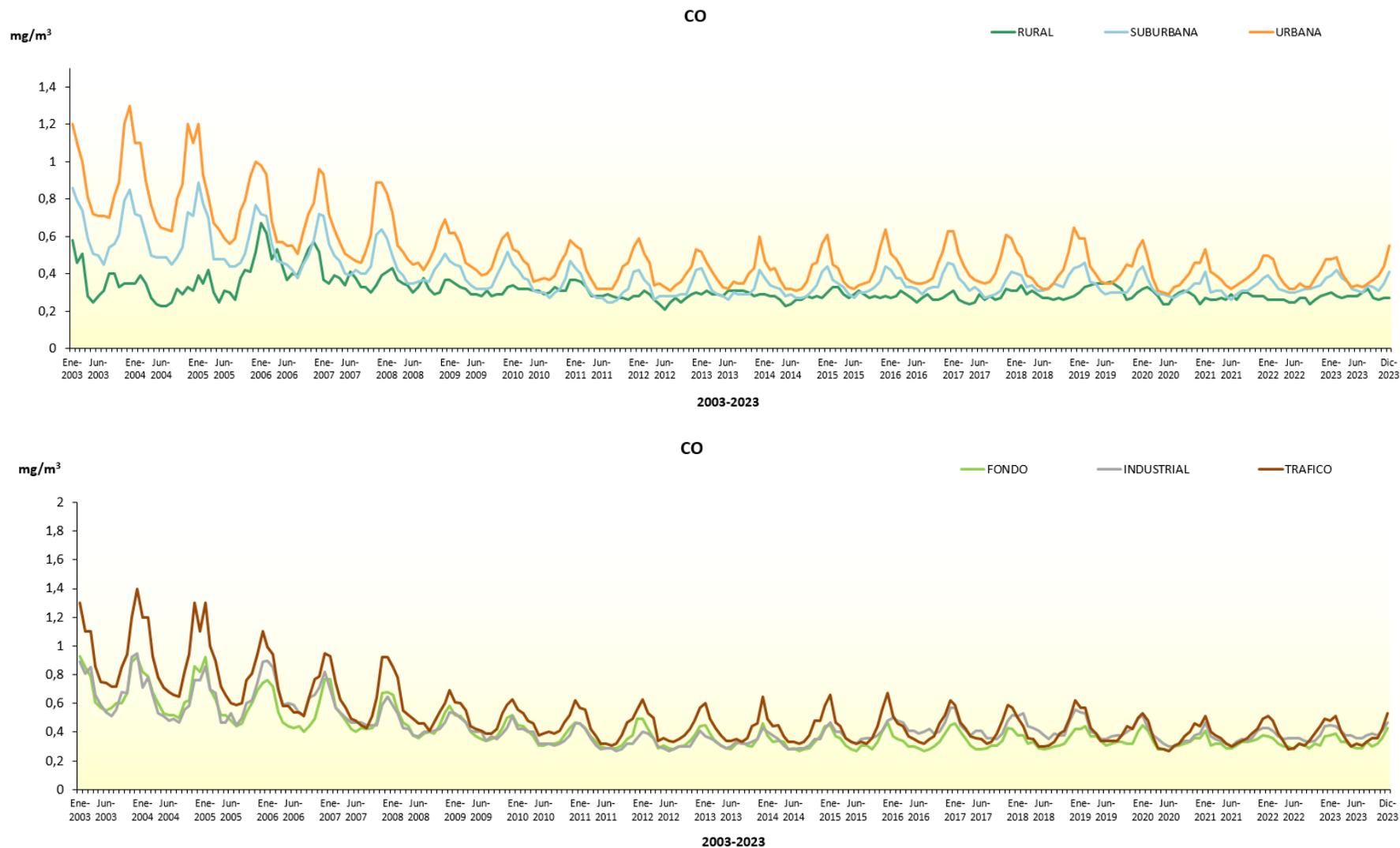


Figura 48. Evolución de las medidas mensuales de máximos diarios octohorarios de CO de 2003 a 2023 por tipo de área (arriba) y estación (abajo)

8.2. Niveles de CO en 2023

La Figura 49 muestra para las estaciones que participan en la evaluación del CO en 2023 la distancia con el valor legislado, y refleja que, en dicho año, de las 225 estaciones utilizadas para evaluar en dicho año tan solo una (de tipo urbana, de fondo) se sitúa por encima del UEI (el 0,4 %).

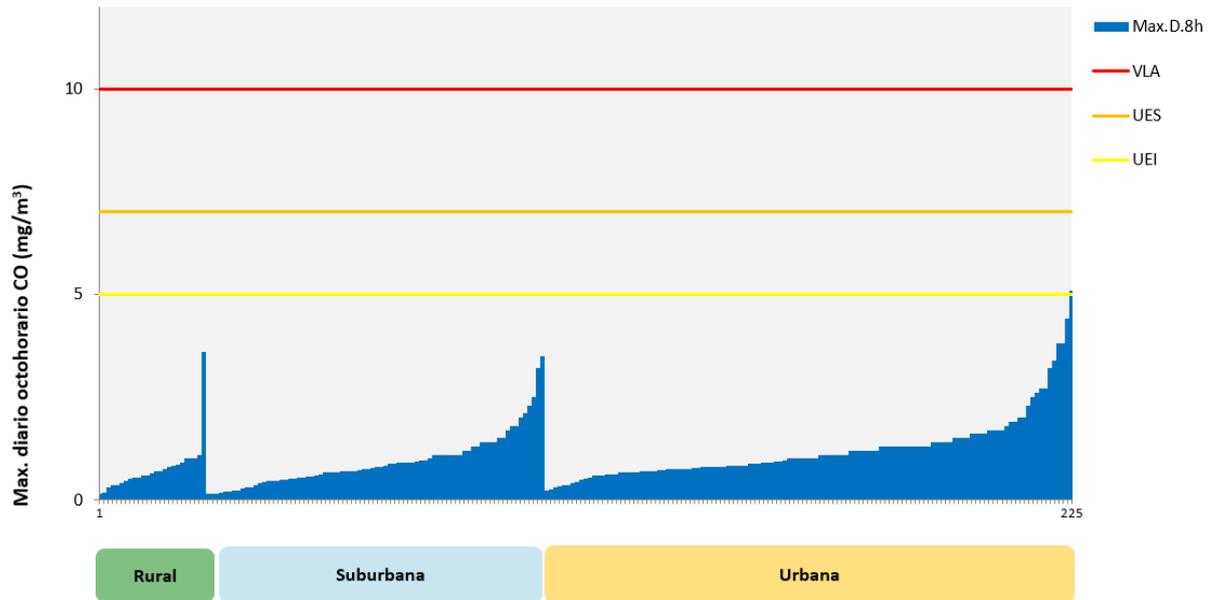


Figura 49. Distribución de los máximos diarios octohorarios de CO (2023)

9. BENCENO

9.1. Evolución 2003-2023 del benceno (C₆H₆)

En la Figura 50 se observa cómo las medias anuales se mantienen muy por debajo del límite legislado año tras año a lo largo del periodo considerado, y cómo ha seguido una tendencia descendente hasta apreciarse una caída del valor en 2009, momento a partir del cual las medias se encuentran más estabilizadas. En cuanto a los valores máximos, se observan fluctuaciones interanuales y una escasa variación desde 2019.

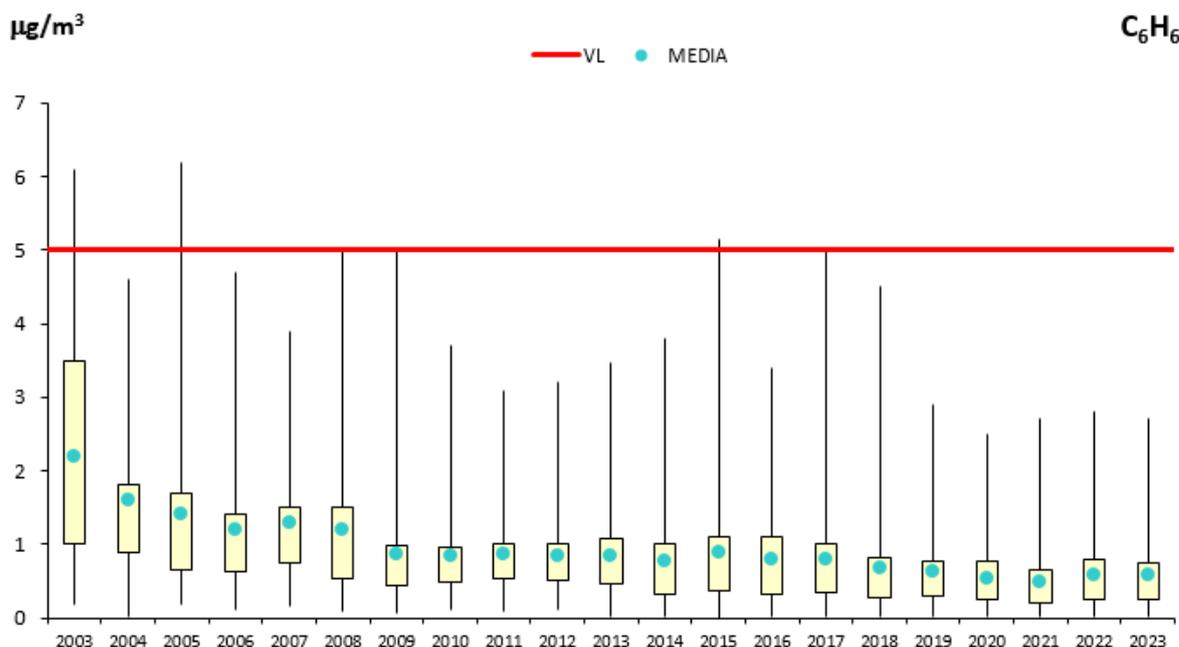


Figura 50. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de C₆H₆ 2003-2023

Si se atiende a la clasificación de las estaciones según el tipo de área donde se ubica (Figura 51) y según la tipología de la principal fuente de emisión influyente (Figura 52), la tendencia global muestra una clara reducción de los niveles en las estaciones urbanas y de tráfico. A partir de 2014, se registran valores inferiores a los registrados en estaciones suburbanas y estaciones industriales, respectivamente. Desde 2020, se equiparan a los niveles registrados en estaciones de fondo y rurales. Además, se observa un leve repunte en 2022 en todas las tipologías, tras el cual, en 2023 tan sólo siguen subiendo (escasamente) los niveles de las estaciones rurales y de tráfico.

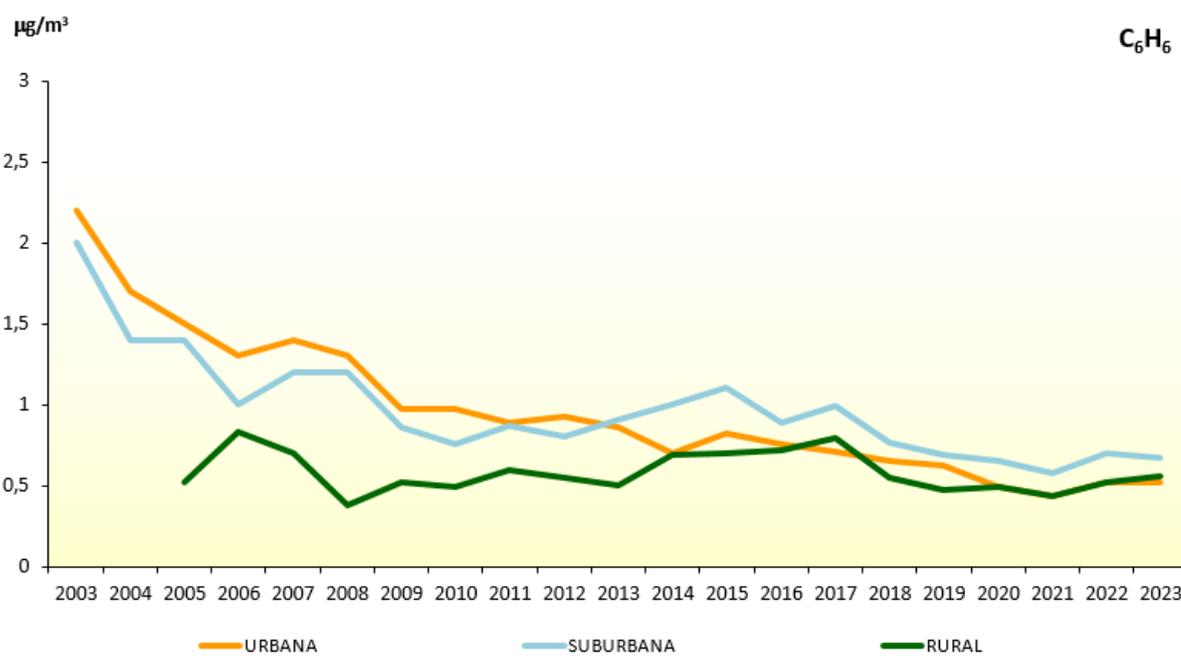


Figura 51. Evolución de las medias anuales de C₆H₆ (2003-2023) por tipo de área

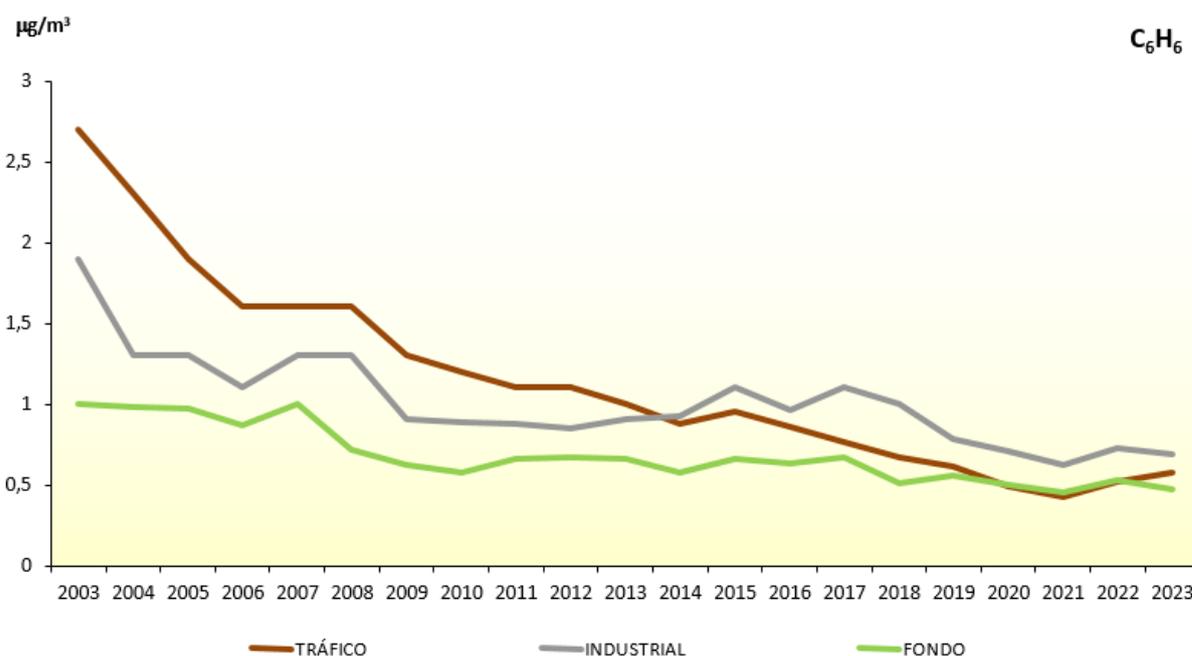


Figura 52. Evolución de las medias anuales de C₆H₆ (2003-2023) por tipo de estación

Como se puede observar en la Figura 53 los valores mensuales de valores medios diarios de benceno siguen una pauta estacional a lo largo del año, de forma que dichas líneas presentan valores más altos en invierno que en verano. Esta pauta es atribuible a las condiciones de peor dispersión de contaminantes durante los meses de invierno, y al efecto durante los meses más cálidos de dilución del benceno por reacción con el ozono, que da lugar a la formación de partículas secundarias.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

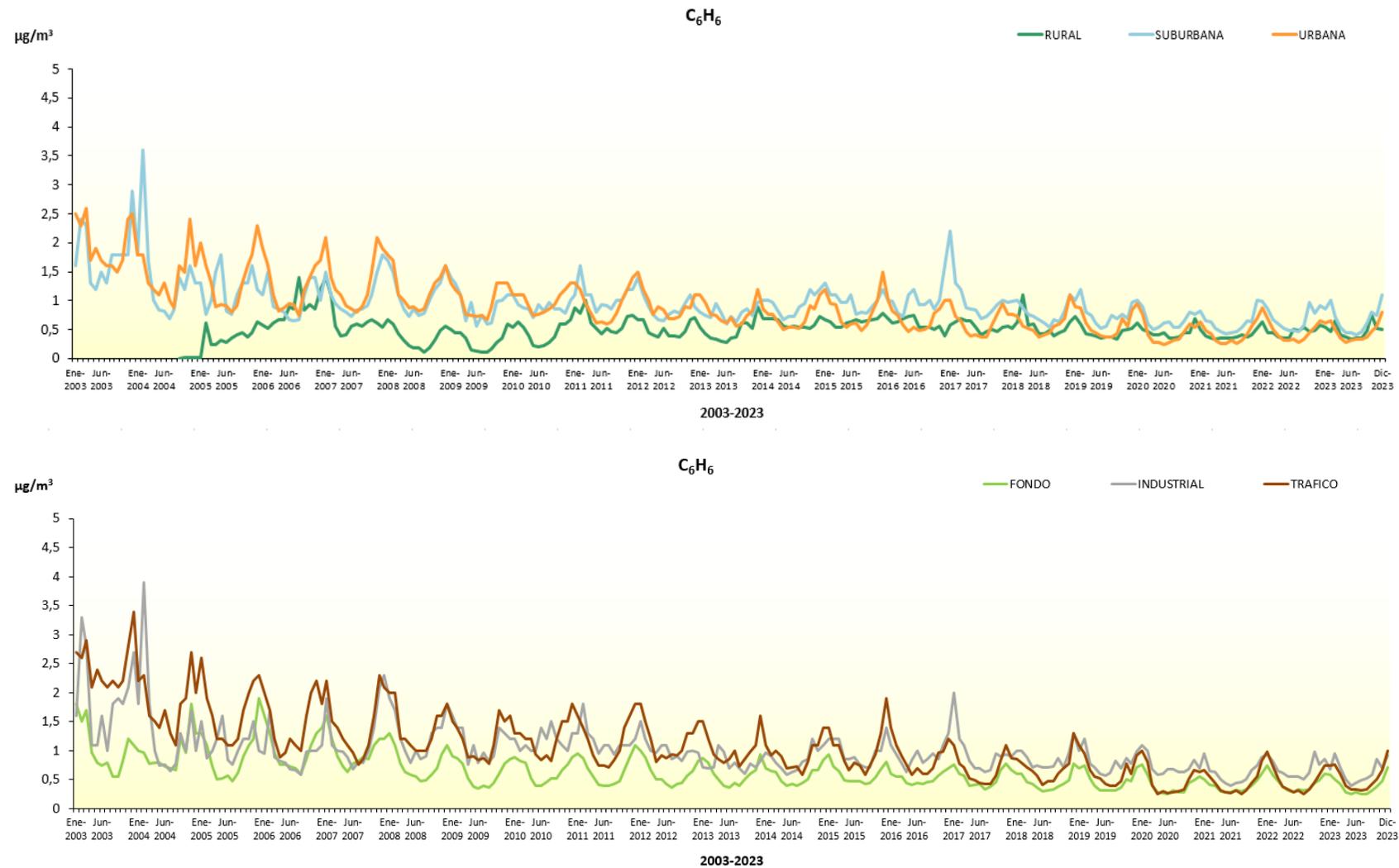


Figura 53. Evolución de las medidas mensuales de C₆H₆ de 2003 a 2023 por tipo de área (arriba) y estación (abajo)

9.2. Niveles de C₆H₆ en 2023

Al representar la distribución de esas mismas estaciones respecto a los umbrales establecidos legalmente, agrupadas según el tipo de área (Figura 54), se observa, una vez más, que la mayor parte de ellas se sitúan por debajo del UEI, excepto dos (de un total de 125; un 1,6 %), ambas de tipo industrial, cuyos niveles alcanzan la franja entre el UEI y el UES.

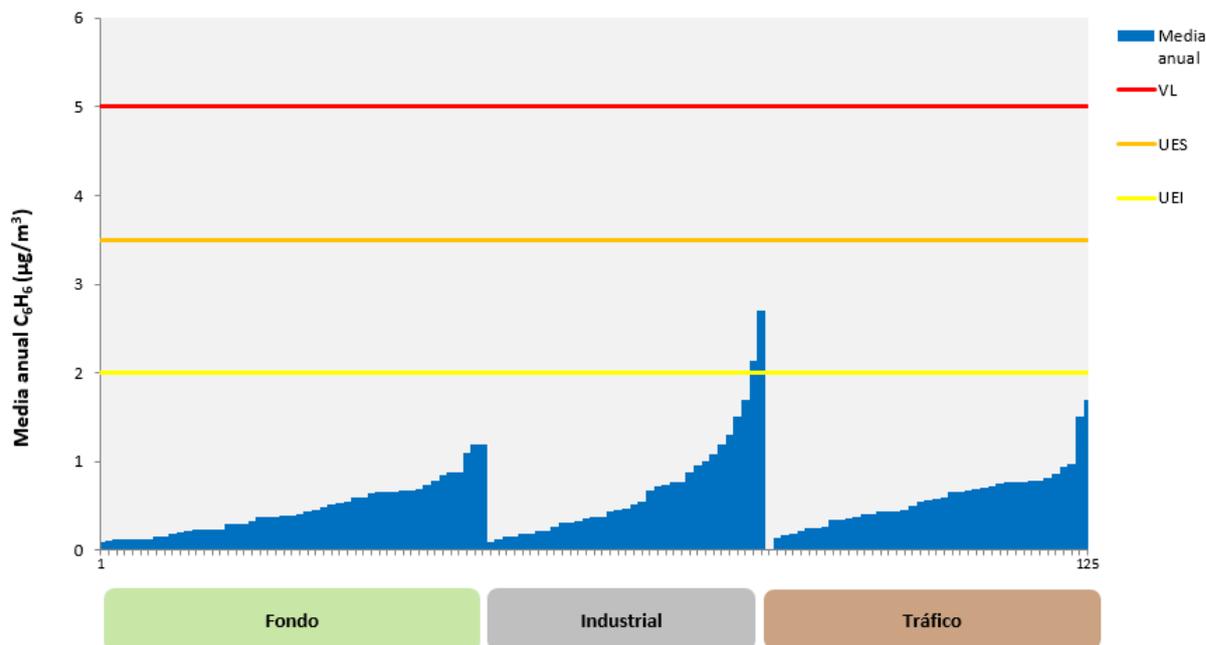


Figura 54. Distribución de las medias anuales de C₆H₆ (2023)

10. BENZO(A)PIRENO

10.1. Evolución 2008-2023 del benzo(a)pireno (BaP)

La Figura 55 muestra que el promedio de las medias anuales de B(a)P a lo largo del periodo considerado se sitúa muy por debajo del valor legislado. El valor máximo de la serie se registró en 2013, año de la única superación del valor objetivo de este contaminante. Las líneas del percentil 75 indican que, en la mayoría de las estaciones, los valores están muy próximos a los valores medios y lejos de incumplimientos. No obstante, se han dado valores medios en algunas estaciones que se acercan al valor objetivo.

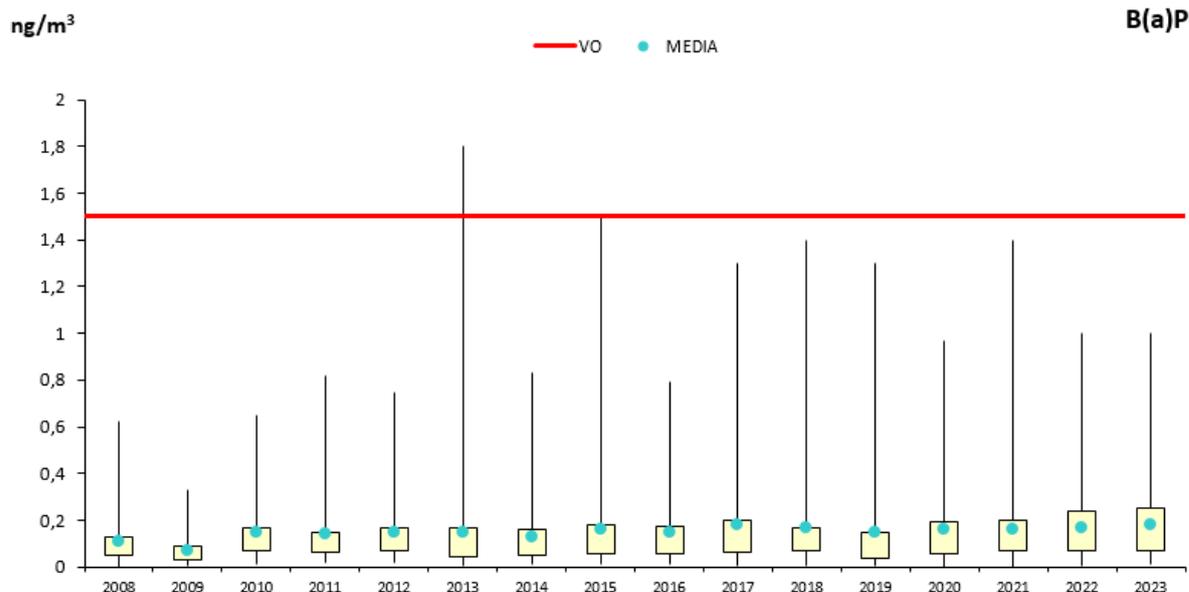


Figura 55. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de B(a)P 2008-2023

Por tipo del área donde se ubican las estaciones (Figura 56) se aprecia que los altibajos (con apenas 0,1 ng/m³ de diferencia interanual) son comunes a lo largo de todo el periodo analizado, si bien las concentraciones más altas, en general, corresponden a las de tipo suburbano.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

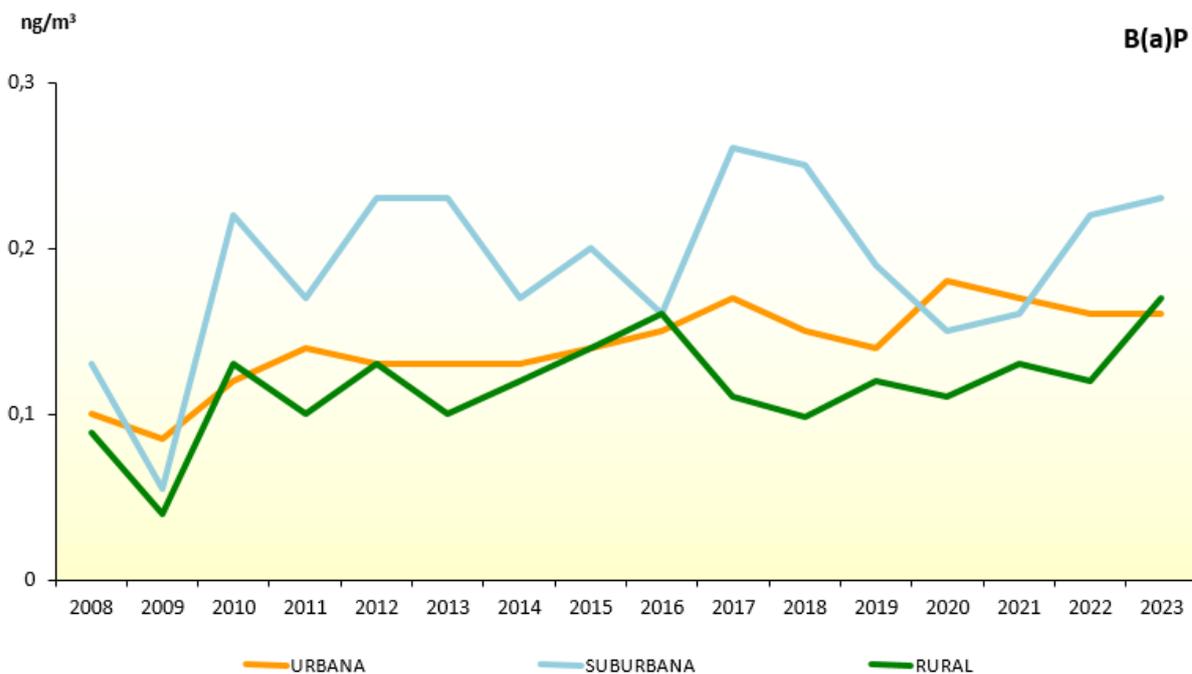


Figura 56. Evolución de las medias anuales de B(a)P (2008-2023) por tipo de área

Algo similar ocurre por tipología de estación (Figura 57), donde aparentemente se aprecia una ligera tendencia ascendente en las industriales, que desde 2021 llegan a superar a las de tráfico (estaciones que habitualmente presentaban niveles más altos), teniendo en cuenta en todo caso las bajas concentraciones que se representan.

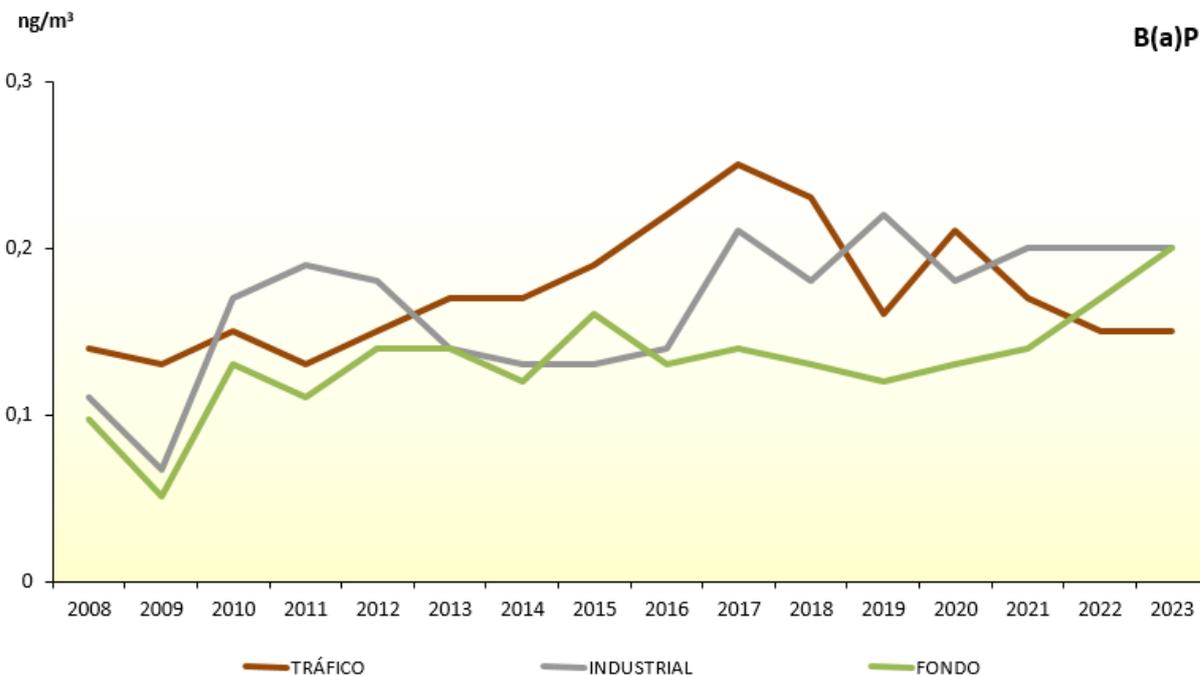


Figura 57. Evolución de las medias anuales de B(a)P (2008-2023) por tipo de estación

Como se puede observar en la Figura 58 los valores mensuales de valores medios diarios de Benzo(a)pireno siguen una pauta estacional a lo largo del año con los valores más elevados principalmente centrados en los meses de diciembre y enero para todas las tipologías de estaciones. Esta pauta es atribuible al comportamiento de un contaminante cuya influencia principal proviene de la combustión de biomasa.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

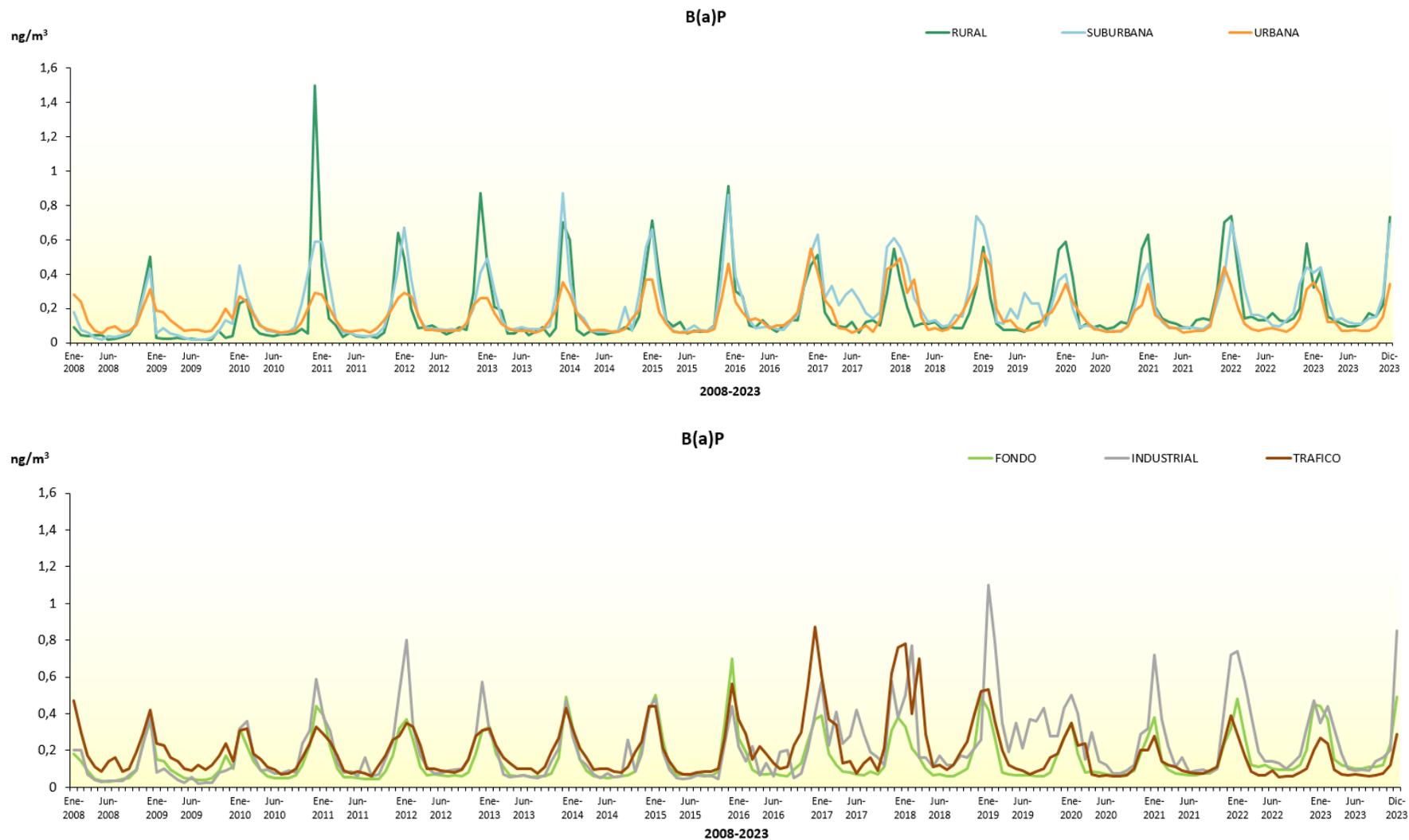


Figura 58. Evolución de las medidas mensuales de B(a)P de 2008 a 2023 por tipo de área (arriba) y estación (abajo)

10.2. Niveles del B(a)P en 2023

La Figura 59 representa la distribución de las medias anuales de las estaciones que han participado en la evaluación de B(a)P en 2023 respecto a los umbrales establecidos, agrupadas por tipo de área y desagregadas las áreas suburbanas y urbanas por tipo de estación. Se observa que los niveles de la mayoría de éstas se sitúan mayoritariamente por debajo del UEI. De las 111 estaciones utilizadas para evaluar este contaminante en 2023, entre el UEI y el UES se encuentran 4 estaciones (un 3,6 %), y por encima del UES, aunque sin llegar a superar el VO, otras 6 (el 5,4 %), todas ellas de variada tipología.

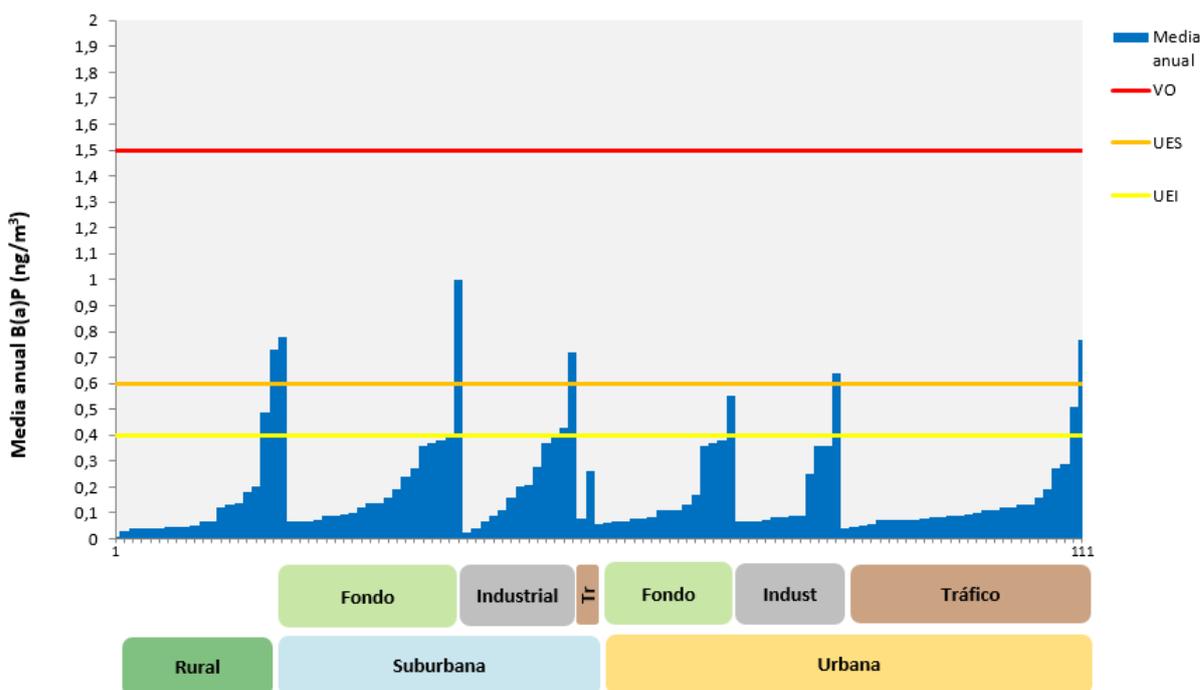


Figura 59. Distribución de las medias anuales de B(a)P (2023)

11. PLOMO

11.1. Evolución 2001-2023 del plomo (Pb)

En la Figura 60 queda patente el descenso producido por las restricciones del plomo en los carburantes desde mediados de 2001¹¹, si bien de forma excepcional se aprecian máximos discordantes, en 2013 y 2016. Los valores medios de toda la serie, en cualquier caso, están muy alejados del valor límite.

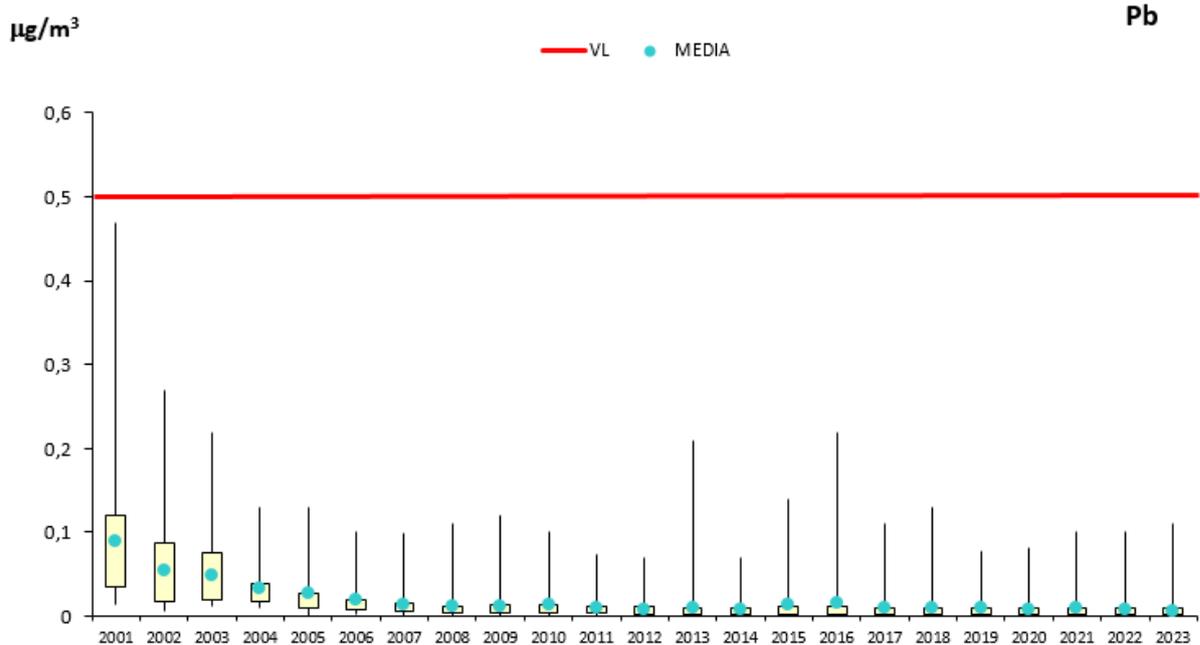


Figura 60. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de Pb 2001-2023

Si se considera el área donde están ubicadas (Figura 61) o el tipo de fuente influyente (Figura 62) se observa que, en el origen, los valores más altos se registraban en estaciones rurales y urbanas, por un lado, y de tráfico por otro. Los niveles desde 2005 son tan bajos que se pueden considerar estables desde entonces hasta la actualidad.

¹¹ Real Decreto 785/2001, de 6 de julio, por el que se adelanta la prohibición de comercialización de las gasolinas con plomo y se establecen las especificaciones de las gasolinas que sustituirán a aquellas.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

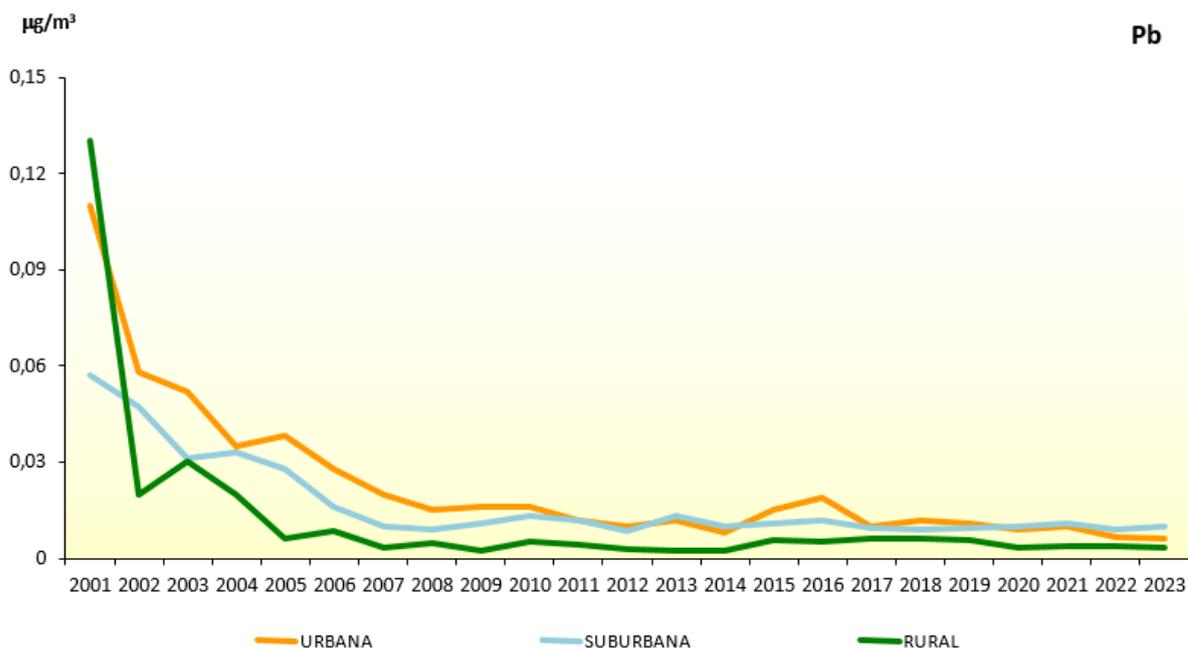


Figura 61. Evolución de las medias anuales de Pb (2001-2023) por tipo de área

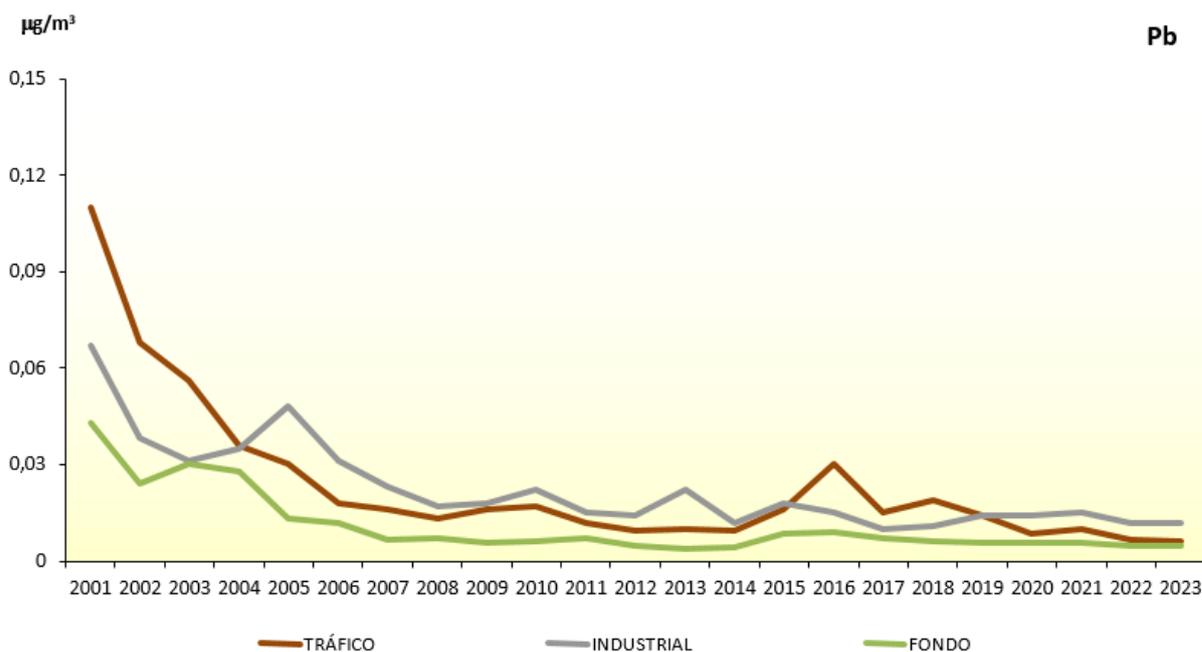


Figura 62. Evolución de las medias anuales de Pb (2001-2023) por tipo de estación

11.2. Niveles del Pb en 2023

En la Figura 63, dado el nivel de detalle de la escala y los niveles tan bajos registrados para plomo en 2022, se observa que la distribución es bastante homogénea para todo el año.

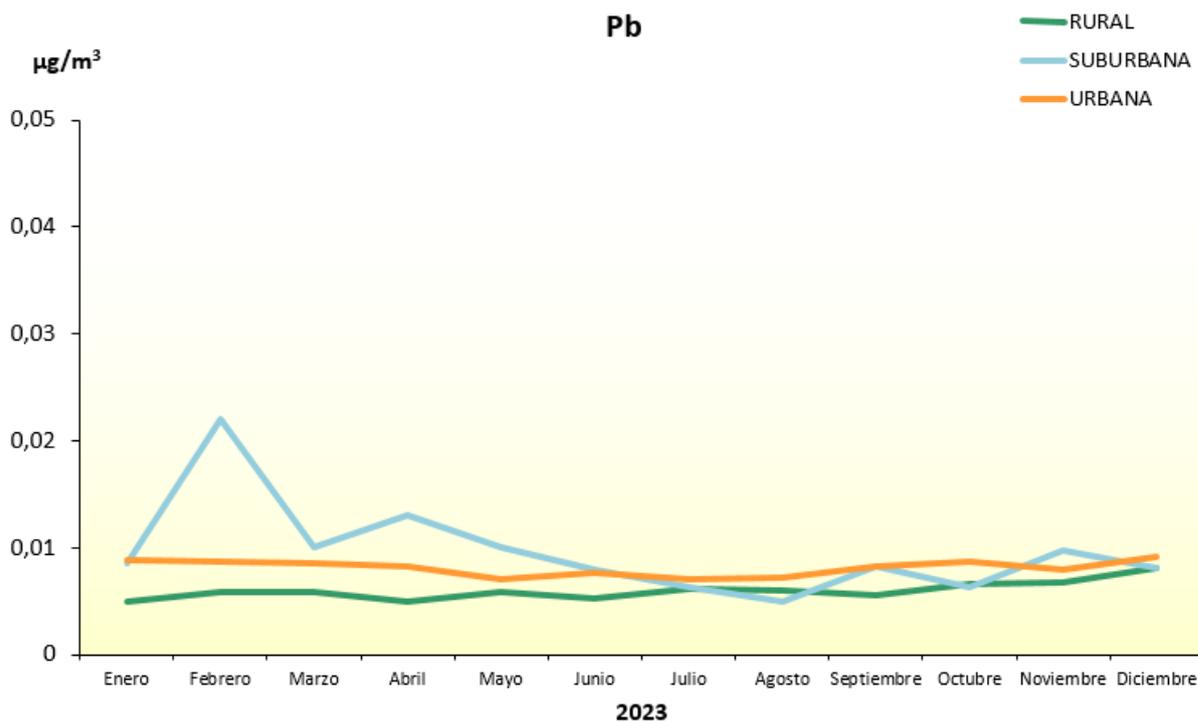


Figura 63. Evolución de las medidas mensuales de Pb en 2023 por tipo de área

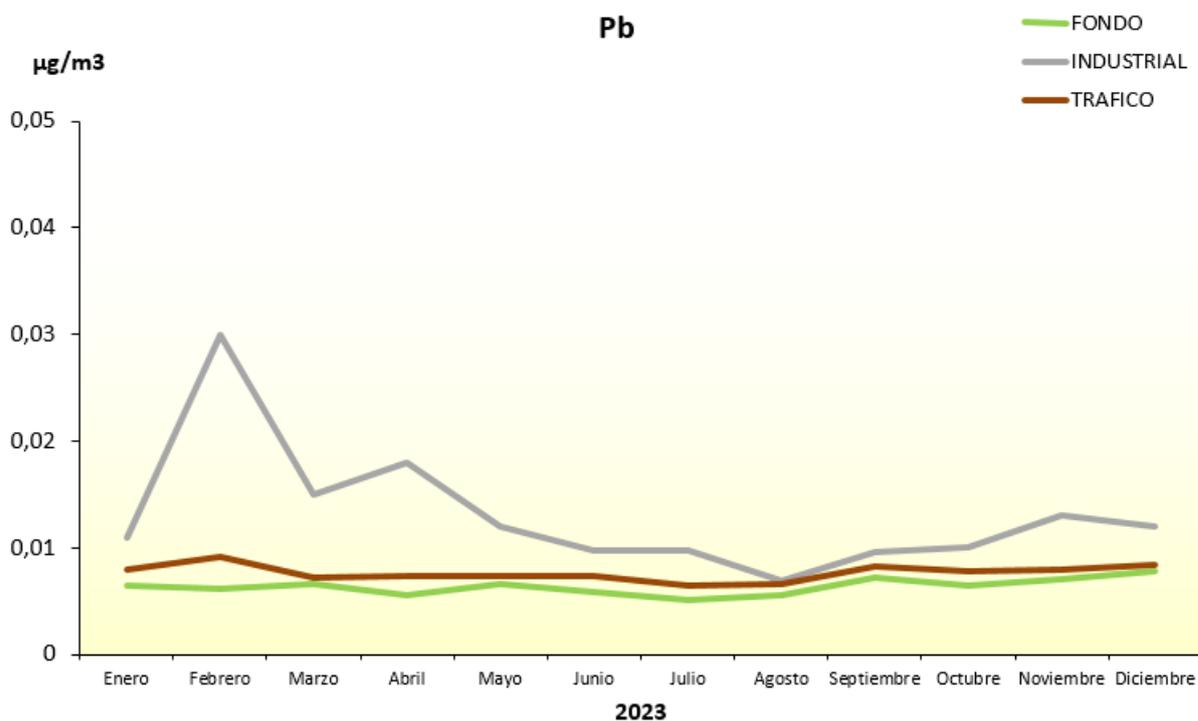


Figura 64. Evolución de las medidas mensuales de Pb en 2023 por tipo de estación

Al representar la distribución de las medias anuales de las estaciones que han participado en la evaluación del Pb en 2022 (Figura 65), agrupadas en esta ocasión según el tipo de fuente de emisión más influyente en la estación, resultan muy evidentes los bajos niveles registrados para este contaminante en las 137 estaciones utilizadas para evaluar este contaminante en 2023, al encontrarse los valores alejados no ya del valor límite, sino incluso del UEI.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

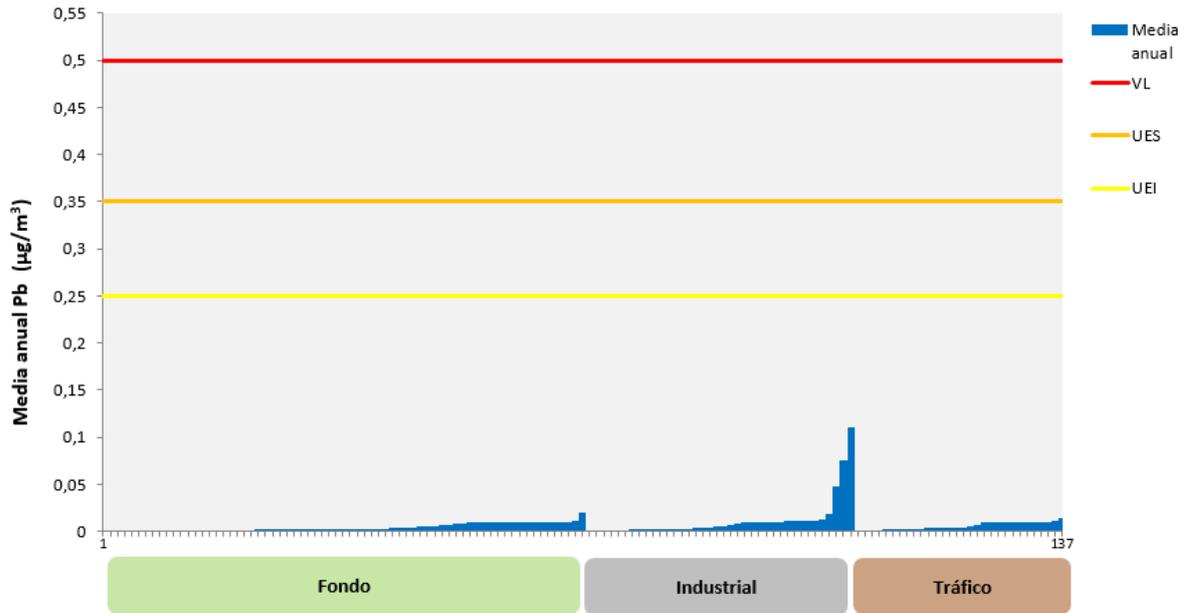


Figura 65. Distribución de las medias anuales de Pb (2023)

12. ARSÉNICO

12.1. Evolución 2008-2023 del arsénico (As)

La Figura 66 muestra que el promedio de las medias anuales de arsénico a lo largo del periodo considerado se sitúa muy por debajo del valor legislado. El valor máximo de la serie se registró en 2008, si bien también en 2009 y 2023 se ha superado el valor objetivo de este contaminante en una estación. Las líneas de las cajas correspondientes con el percentil 75 indican que, en la mayoría de las estaciones, los valores están muy próximos a los valores medios y lejos del valor objetivo.

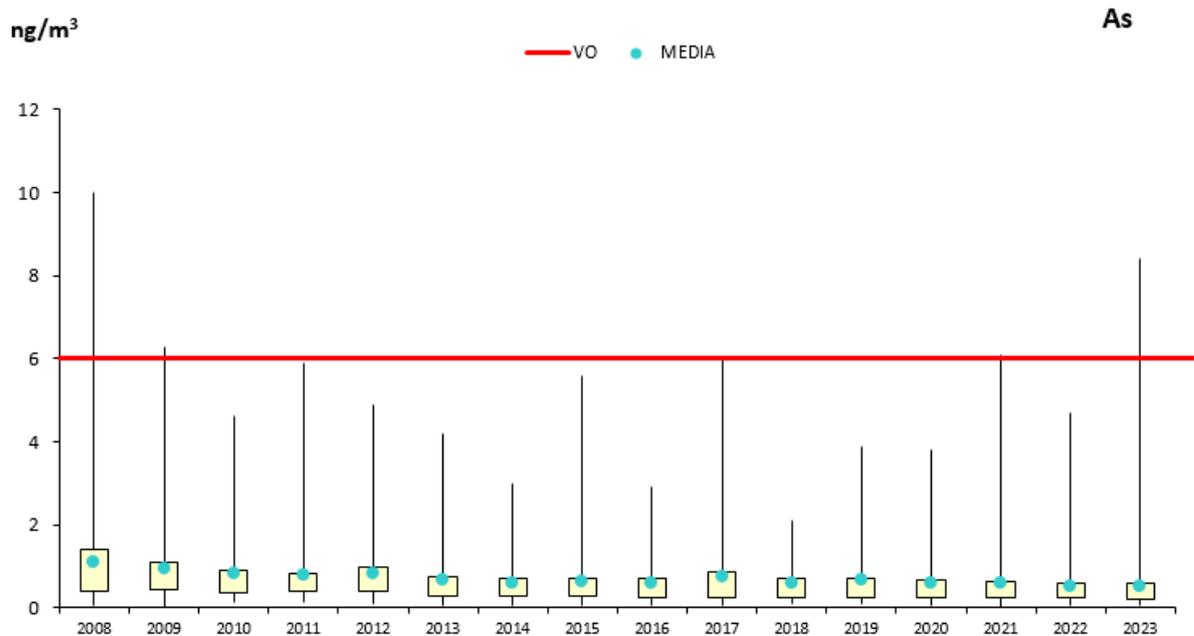


Figura 66. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de As 2008-2023

En la Figura 67 y en la Figura 68 se apunta a un descenso de las medias anuales para todas las tipologías de estación desde 2008. En todo caso, cabe destacar que los niveles son en general muy bajos y las variaciones interanuales, pequeñas.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

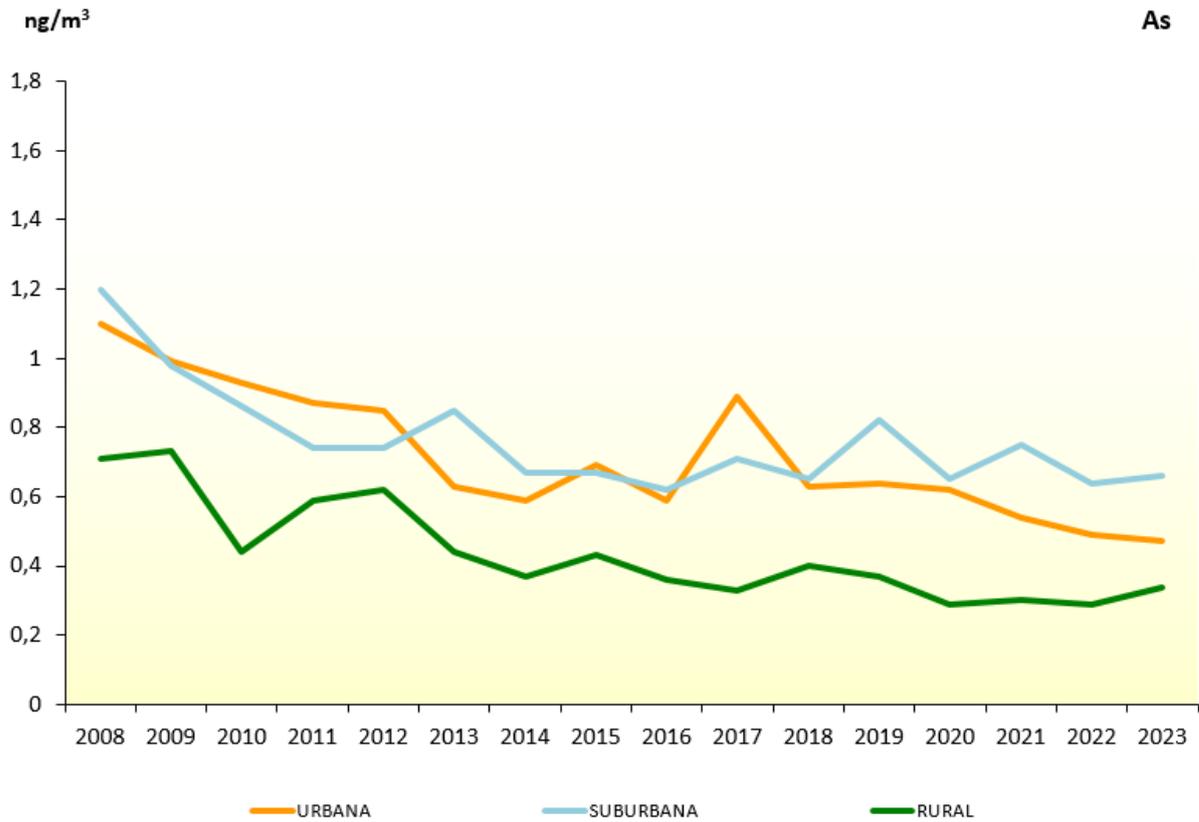


Figura 67. Evolución de las medias anuales de As (2008-2023) por tipo de área

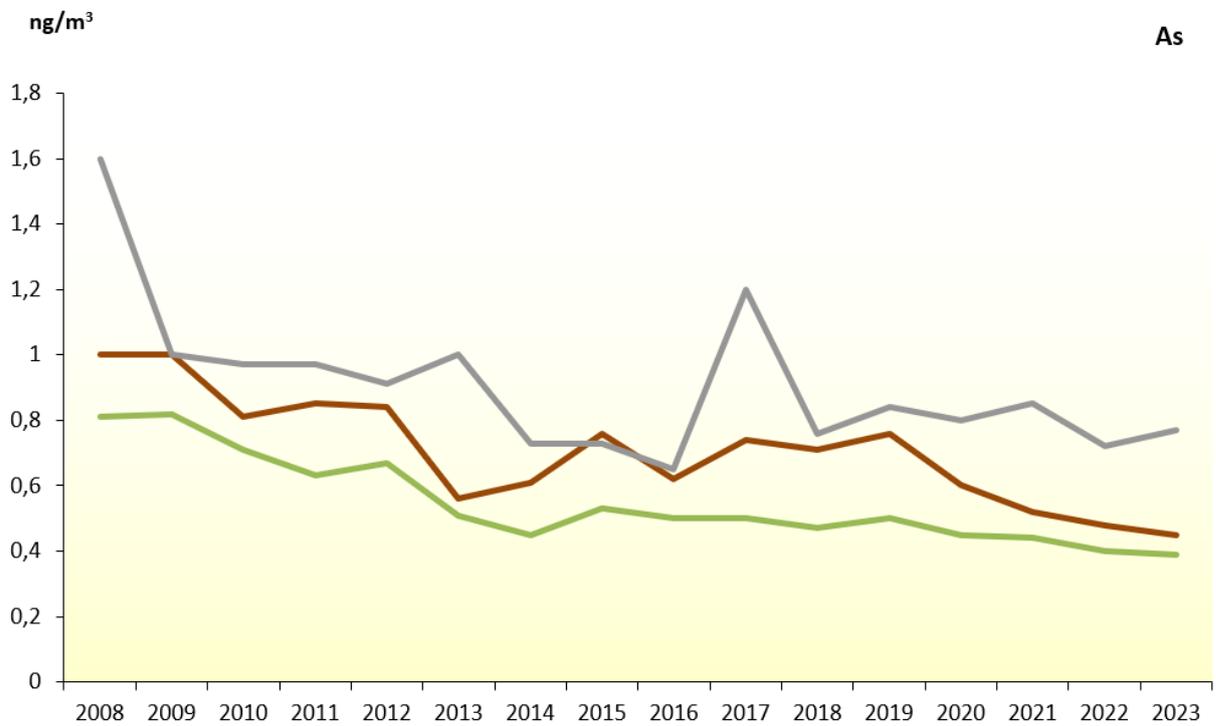


Figura 68. Evolución de las medias anuales de As (2008-2023) por tipo de estación

12.2. Niveles del As en 2023

En la Figura 69 se observa la distribución anual en 2023 del arsénico, se trata de una distribución bastante homogénea para todo el año.

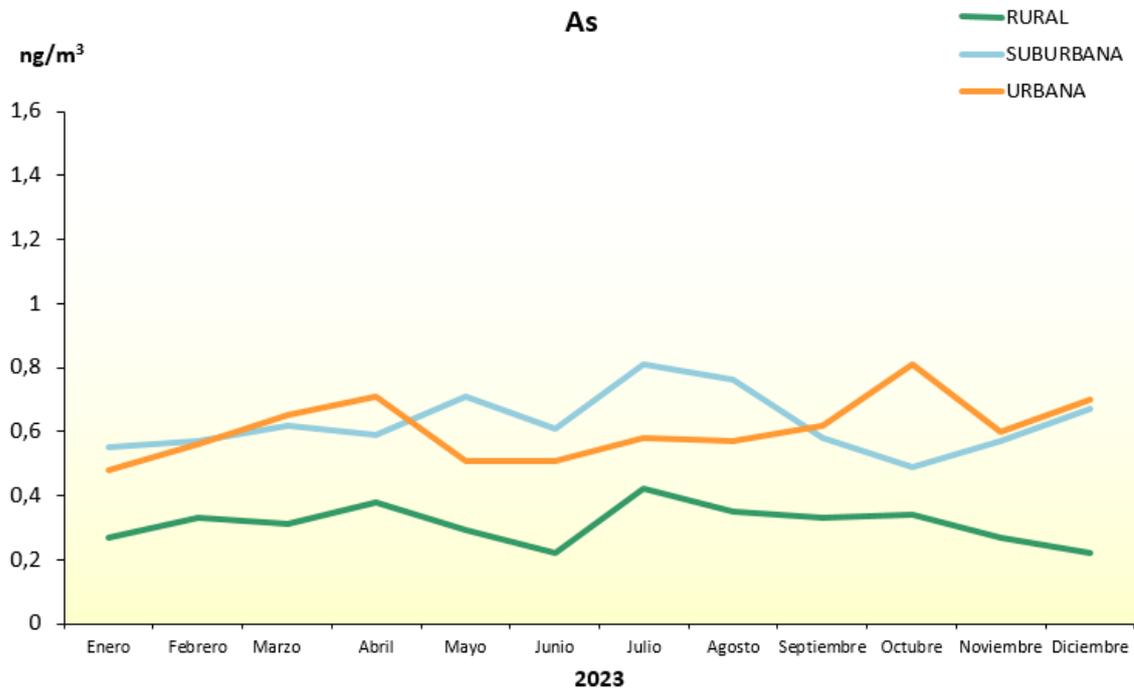


Figura 69. Evolución de las medidas mensuales de As en 2023 por tipo de área

Si lo que se considera es el tipo de estación (Figura 70) se observa que los niveles de las de tipo industrial se encuentran por encima de los de las demás tipologías a lo largo del año, sus valores además presentan una mayor fluctuación.

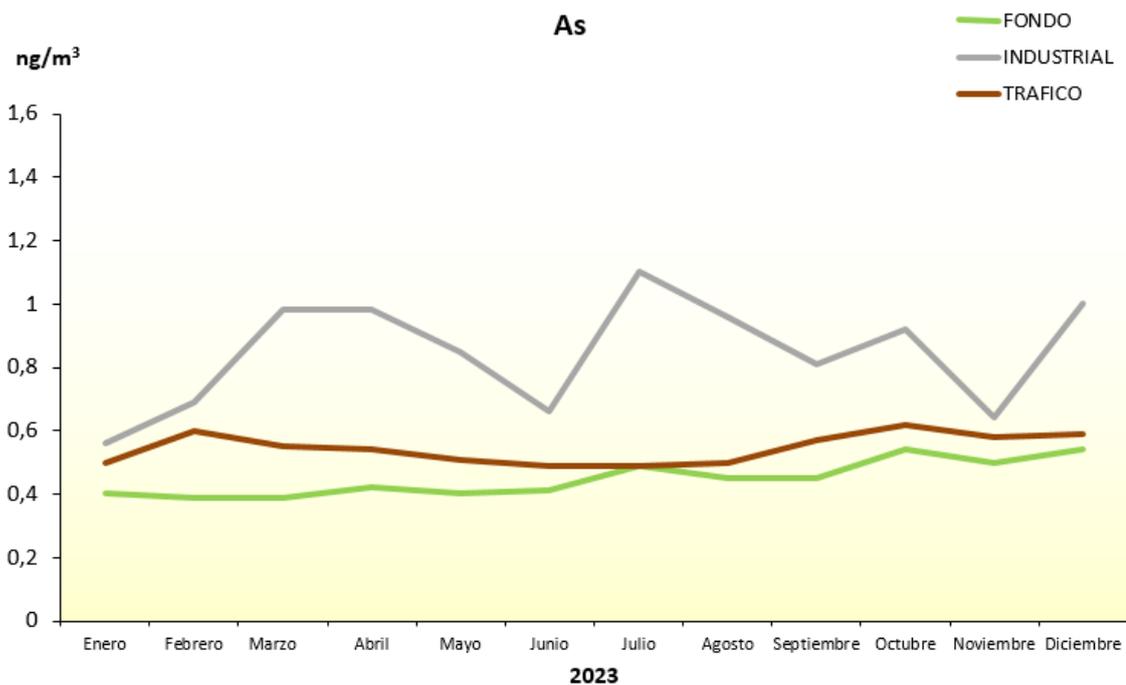


Figura 70. Evolución de las medidas mensuales de As en 2023 por tipo de estación

La Figura 71 recoge la distribución de las medias anuales del As en 2023 agrupadas por tipología de estación. En ella se observa que, de las 134 estaciones utilizadas para evaluar este contaminante en el año considerado, tan solo una, de tipo industrial, supera el VO (el 0,8 %), mientras que otras dos, también industriales, superan el UEI (el 1,5 %); todas las demás quedan bajo éste.

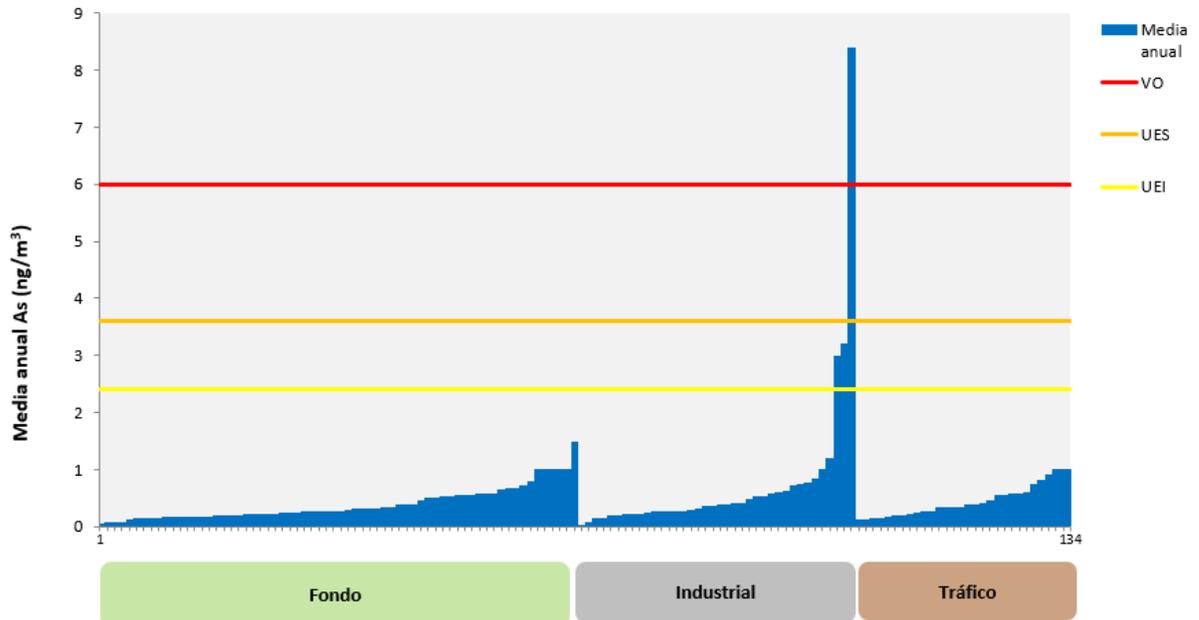


Figura 71. Distribución de las medias anuales de As (2023)

13. CADMIO

13.1. Evolución 2008-2023 del cadmio (Cd)

La Figura 72 muestra que el promedio de las medias anuales de cadmio a lo largo del periodo considerado se sitúa muy por debajo del valor legislado. Respecto al valor máximo, la gráfica recoge que en los años 2010 y 2015 se superó el valor objetivo. Las líneas de las cajas correspondientes con el percentil 75 indican que, en la mayoría de las estaciones, los valores están muy próximos a los valores medios y lejos del valor objetivo.

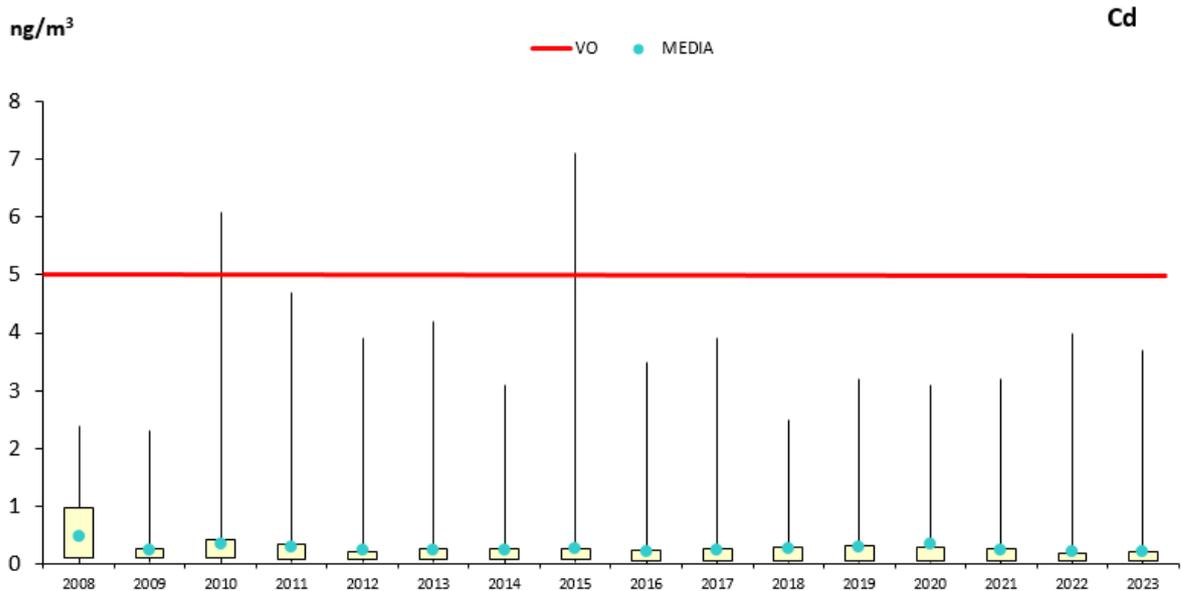


Figura 72. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de Cd 2008-2023

Atendiendo a la tipología de área (Figura 73), las zonas suburbanas registran en general los mayores niveles; tan solo en 2009 y 2019 fueron superadas por los valores de las estaciones urbanas.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

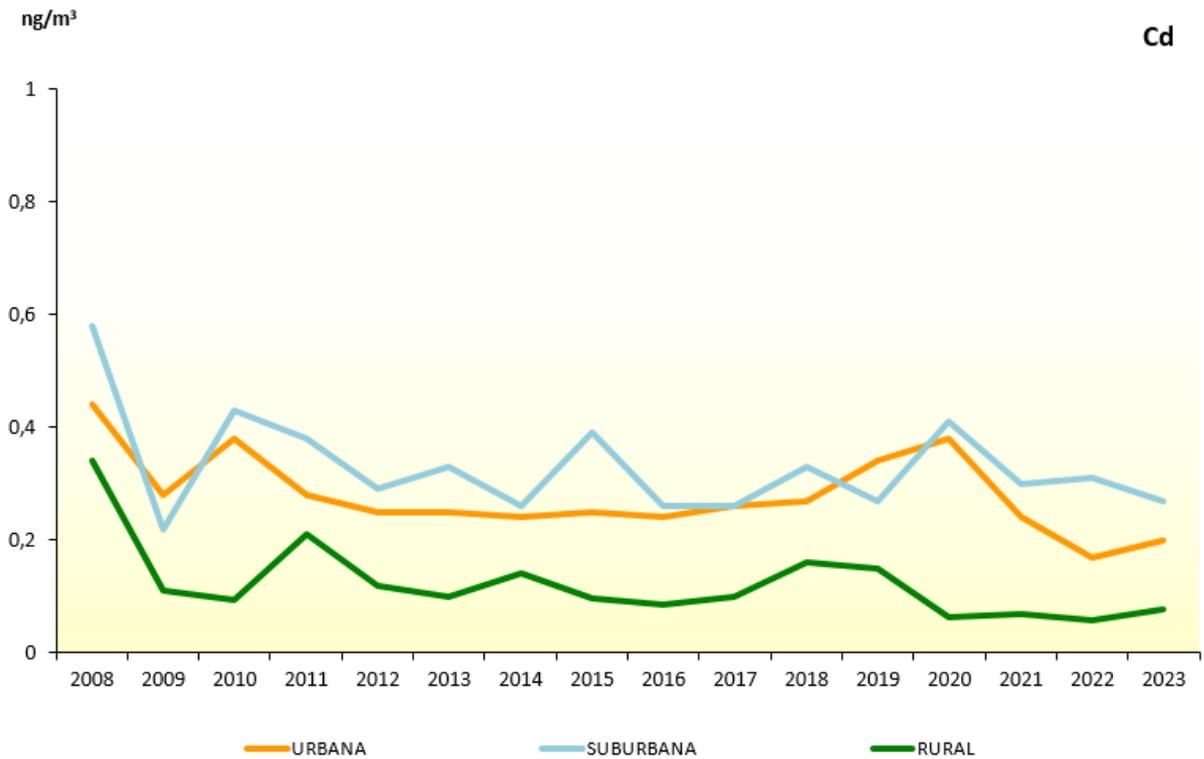


Figura 73. Evolución de las medias anuales de Cd (2008-2023) por tipo de área

La Figura 74 indica para cada tipo de estación que las estaciones industriales registran, por lo general, los valores más altos en el periodo estudiado, excepto en el año 2017, en que fueron superados por las estaciones de tráfico por 0,02 ng/m³.

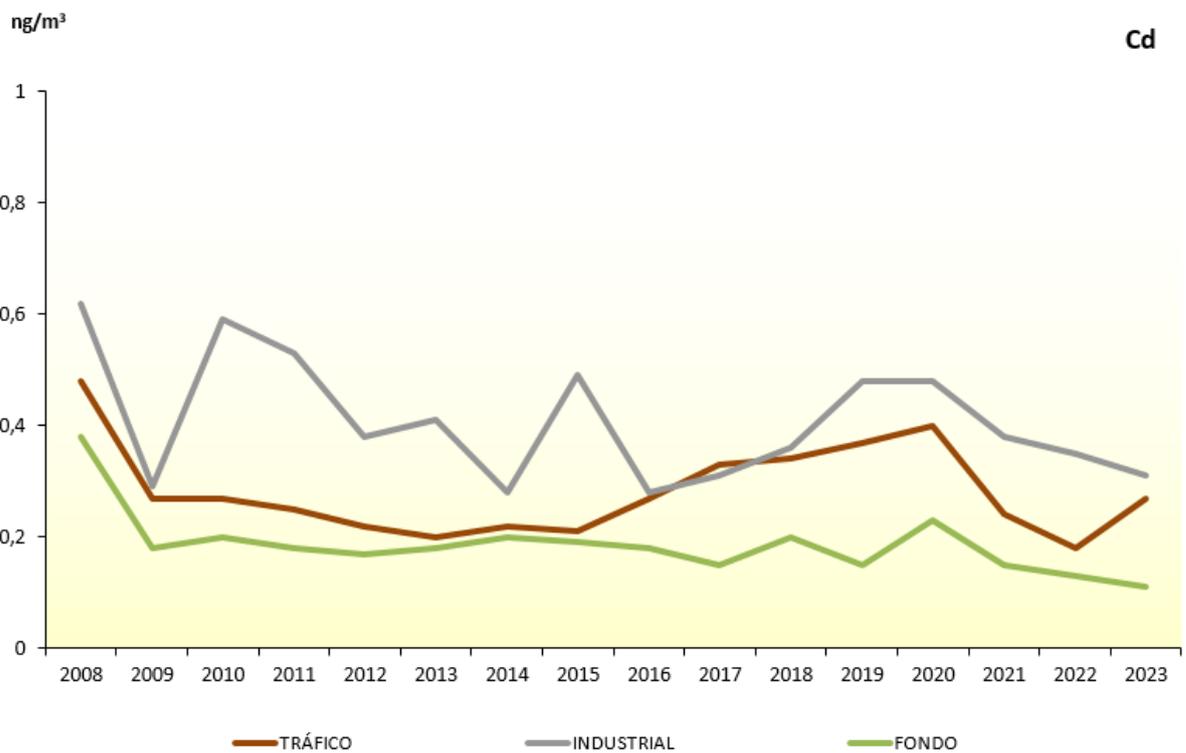


Figura 74. Evolución de las medias anuales de Cd (2008-2023) por tipo de estación

13.2. Niveles del Cd en 2023

En la Figura 75 no se observa una distribución del cadmio estacional en las áreas rurales ni urbanas, en las que el comportamiento es homogéneo para todo el año. En las zonas suburbanas se aprecia un perfil más acusado, pero las diferencias estacionales son pequeñas y poco concluyentes (en torno a $0,4 \text{ ng/m}^3$ como máximo), al igual que para el resto de metales.

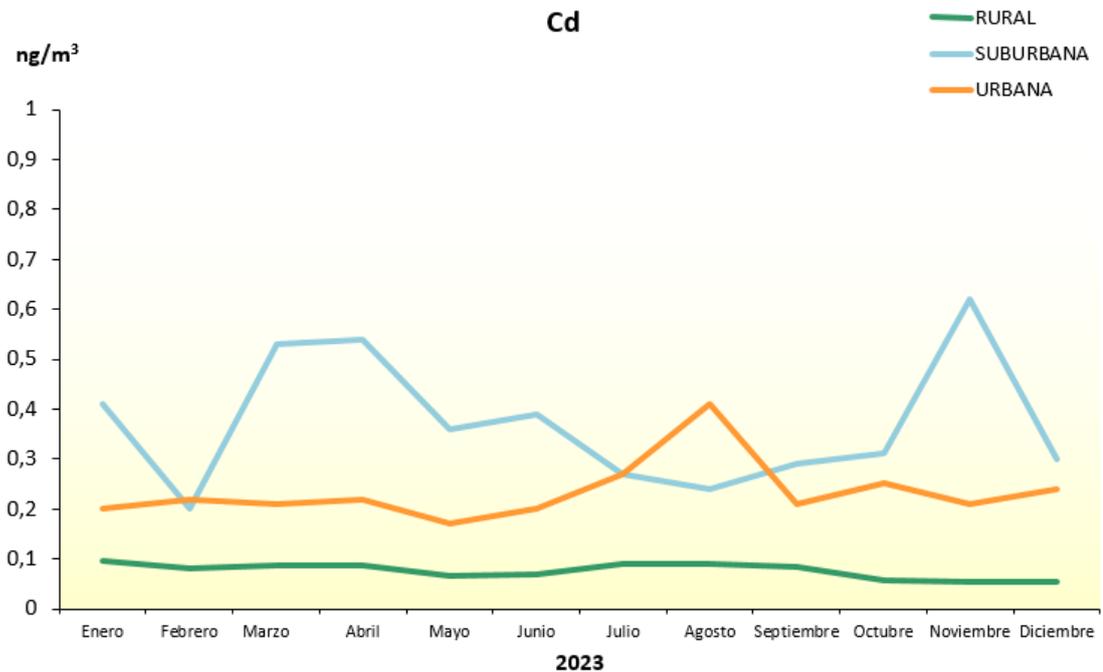


Figura 75. Evolución de las medidas mensuales de Cd en 2023 por tipo de área

Atendiendo a la fuente principal que influye en la estación (Figura 76), los registros más altos corresponden a las industriales y a las de tráfico, que muestran picos más acusados. Las estaciones de fondo se comportan más regularmente a lo largo del año.

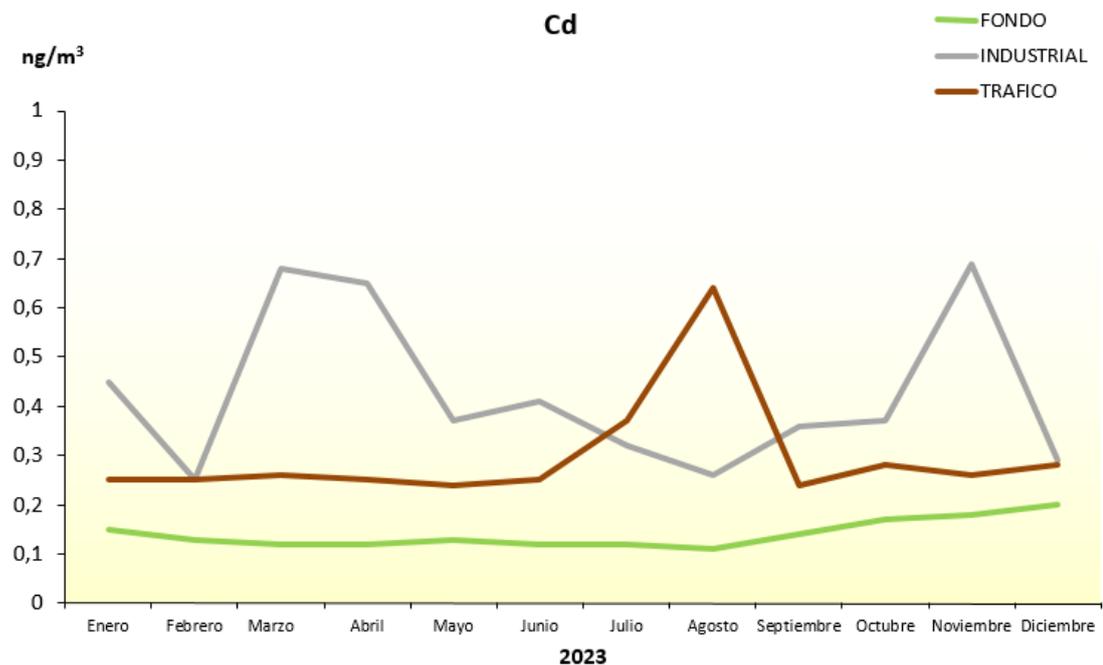


Figura 76. Evolución de las medidas mensuales de Cd en 2023 por tipo de estación

La Figura 77 resulta coherente con todo lo expresado con anterioridad para este contaminante. En ella se aprecia que la distribución de las medias anuales de las 134 estaciones que participan en la evaluación del Cd en 2023 evidencia bajos niveles registrados, dado que la práctica totalidad de las mismas se sitúa por debajo del UEI. Además se manifiesta que los mayores valores corresponden a las estaciones de tipo industrial, tipología a la que pertenece la única estación que supera el UES este año, seguidas por las de tráfico.

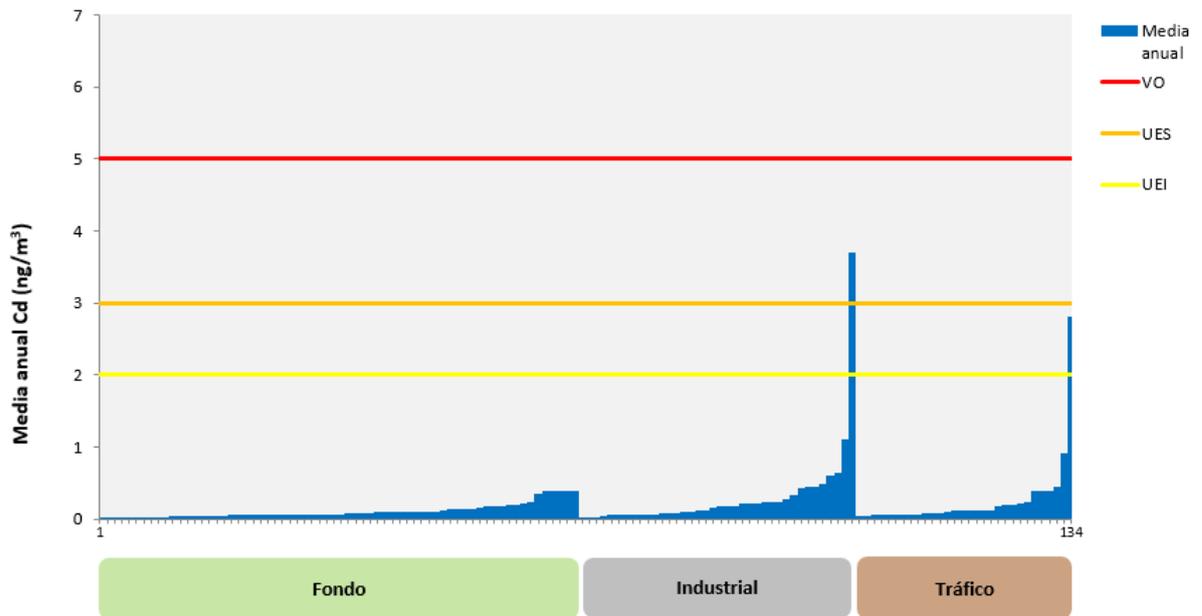


Figura 77. Distribución de las medias anuales de Cd (2023)

14. NÍQUEL

14.1. Evolución 2008-2023 del níquel (Ni)

Según se desprende de Figura 78, desde 2014 no se han producido superaciones del valor objetivo de níquel y los niveles registrados son, como en el caso de otros metales, muy inferiores respecto a los valores legislados, puesto que las medias y los valores del percentil 75 se mantienen muy alejados del valor objetivo anual.

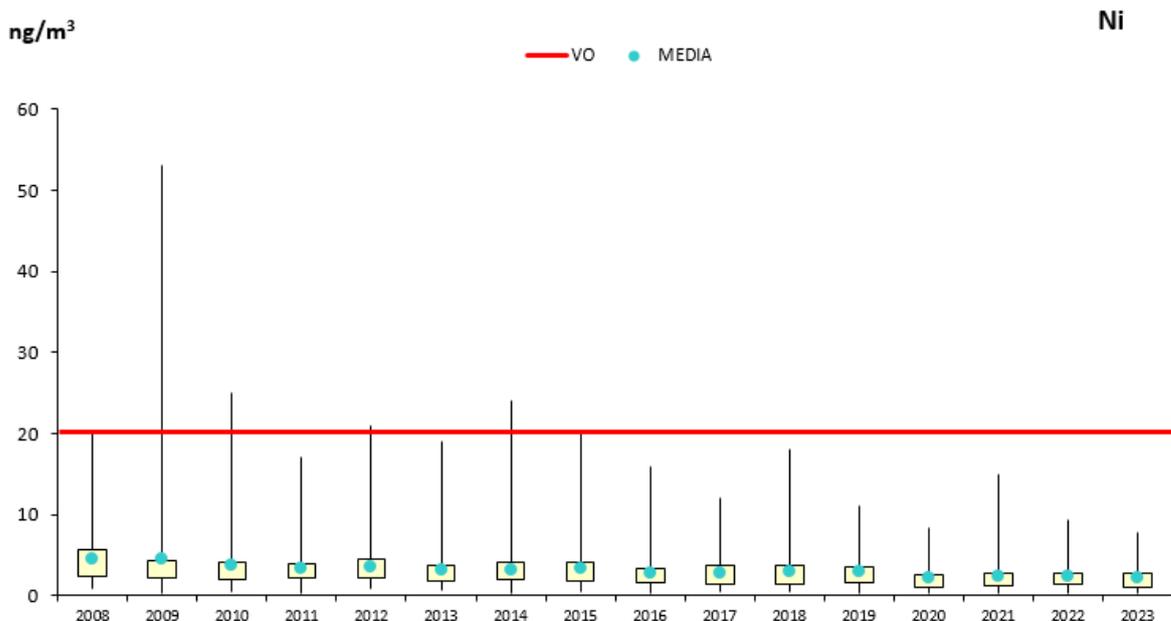


Figura 78. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de Ni 2008-2023

Si se atiende a la clasificación en función del área (Figura 79), en este caso los niveles más elevados corresponden a las estaciones situadas en zonas urbanas, salvo en 2020, año en el que la media correspondiente a las estaciones suburbanas superó por apenas $0,1 \text{ ng/m}^3$ a la de las estaciones urbanas, y en 2022, cuando lo hizo por $0,2 \text{ ng/m}^3$ (en 2023, ambas medias se igualaron).

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

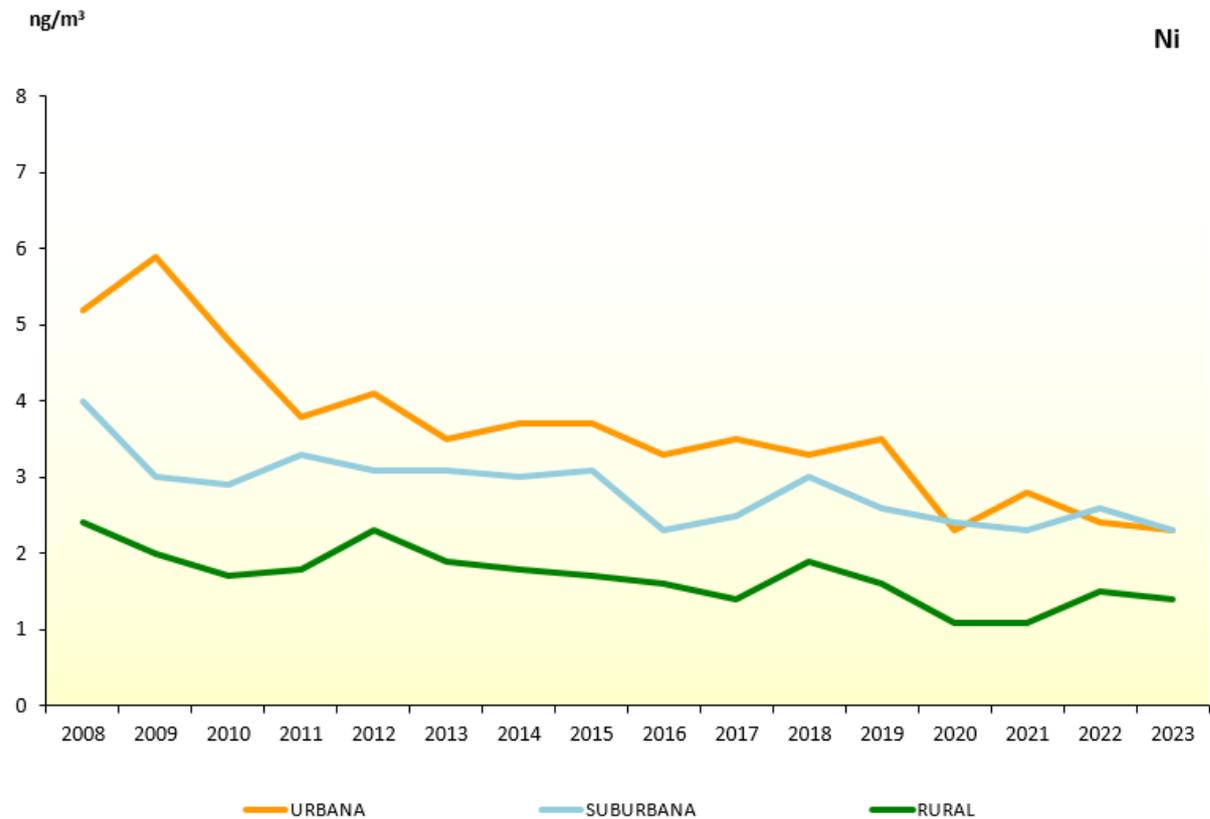


Figura 79. Evolución de las medias anuales de Ni (2008-2023) por tipo de área

La representación por tipo de estación (Figura 80) muestra, de igual forma que para el resto de los metales, que los niveles más altos corresponden a las estaciones de tipo industrial, de forma evidente hasta 2015. A partir de dicho año, fueron superados puntualmente (años 2016 y 2017) por los registrados en las estaciones de tráfico, por diferencias inferiores a 1 ng/m³. En 2023, ambas medias (estaciones de tráfico e industriales) se igualaron.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

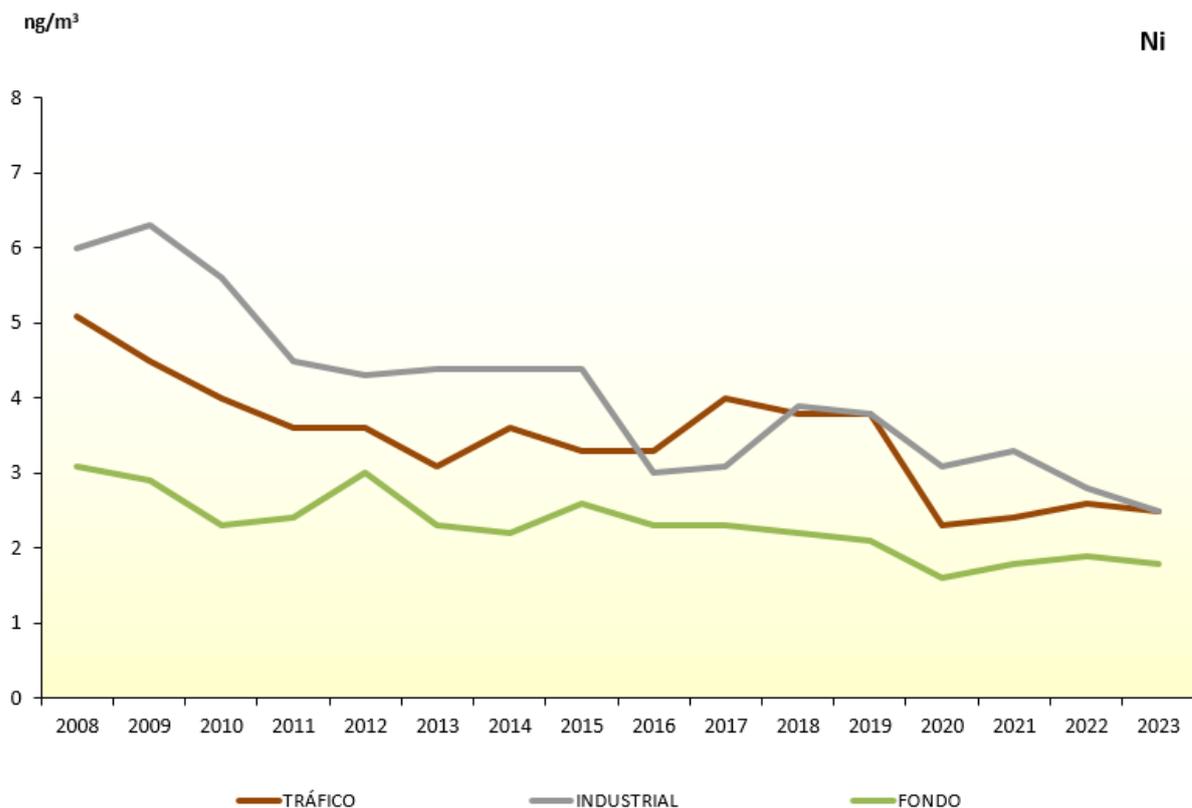


Figura 80. Evolución de las medias anuales de Ni (2008-2023) por tipo de estación

14.2. Niveles del Ni en 2023

En la Figura 81 se observa que, por lo general, las concentraciones más altas se aprecian en las áreas urbanas, con leves altibajos a lo largo del año. Pese a ello, las áreas suburbanas superan puntualmente en algunos meses a las áreas urbanas. En todo caso, las diferencias estacionales son pequeñas y las variaciones poco determinantes.

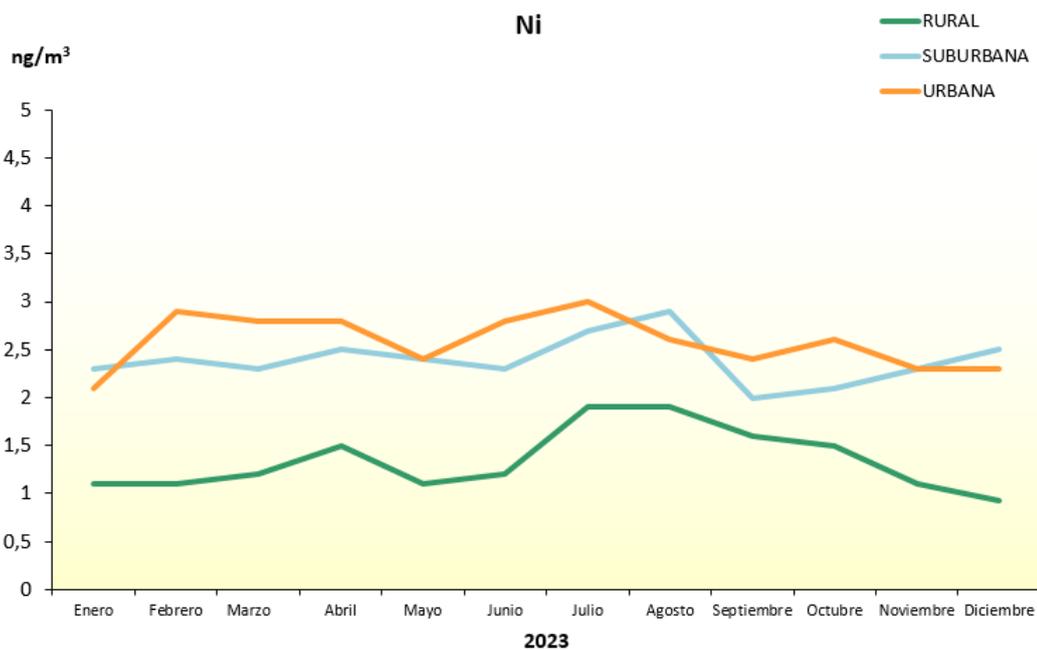


Figura 81. Evolución de las medidas mensuales de Ni en 2023 por tipo de área

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2023

Si la agrupación se realiza por tipo de estación (Figura 82), se aprecian variaciones mensuales y picos que no llegan a alcanzar los 2 ng/m³ en estaciones industriales y de tráfico.

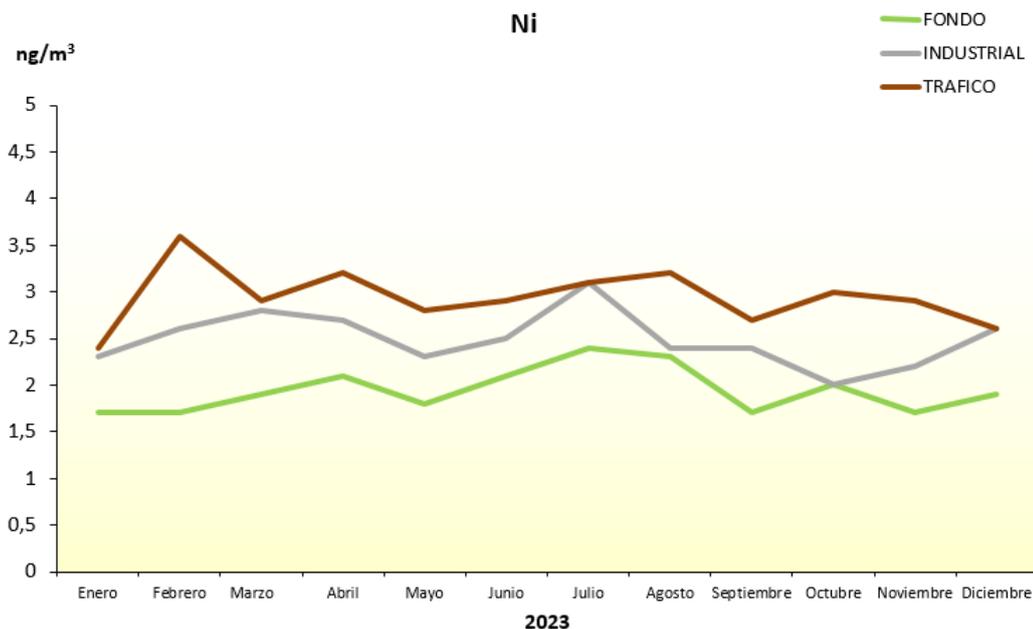


Figura 82. Evolución de las medidas mensuales de Ni en 2023 por tipo de estación

Al analizar la distribución de las medias anuales de las estaciones que participan en la evaluación del Ni, agrupadas por tipo de estación (Figura 83), se observa que en 2023 las 134 estaciones utilizadas para evaluar sitúan sus valores por debajo del UEI, indicativo de los bajos niveles de este contaminante. Los registros más altos corresponden a estaciones de tipo industrial.

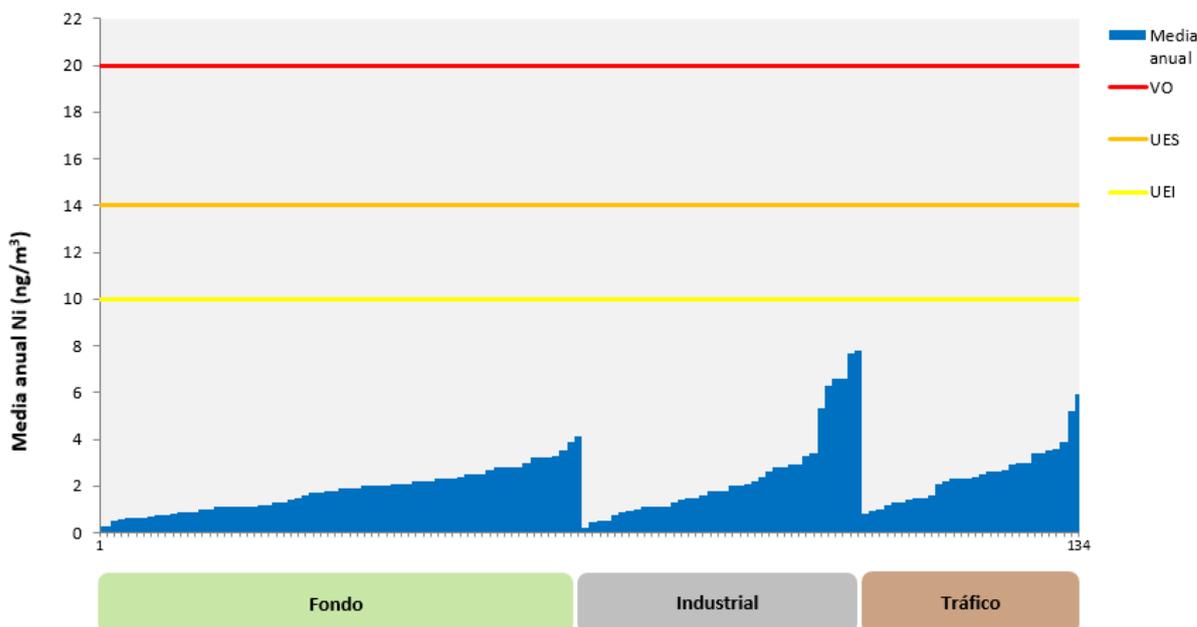


Figura 83. Distribución de las medias anuales de Ni (2023)

15. CONCLUSIONES

- **Dióxido de Azufre (SO₂):** La evolución de sus niveles entre 2001 y 2023 indica una tendencia hacia la disminución de los valores medios, siendo especialmente significativa la reducción que se produjo en 2008, a raíz de la entrada en vigor de directivas europeas que regularon el contenido en azufre de los combustibles. Este contaminante muestra una pauta estacional en las estaciones de tráfico, con mínimos en el periodo vacacional estival, muy marcado del 2001 al 2008, año en el que se limitó el contenido de azufre máximo para gasolinas y gasóleo de automoción. Esta pauta continúa hasta el año 2019 aunque de forma mucho menos acusada. Se aprecia la bajada drástica en marzo de 2020 debido a las medidas adoptadas por la pandemia del COVID-19. Los niveles más altos se registran en las estaciones de tipo industrial, ya que actualmente este contaminante está fuertemente vinculado a las emisiones ligadas a procesos de combustión y a emisiones fugitivas, y en menor medida, a las relacionadas con determinados procesos de producción (refinerías, productos químicos...), la generación eléctrica y la navegación.
- **Dióxido de Nitrógeno (NO₂):** La disminución de los niveles se manifiesta sobre todo en estaciones urbanas y de tráfico, más acusado por los cambios en el modelo de movilidad, la aplicación de las medidas de diversos planes de mejora de calidad del aire, así como la creación de las Zonas de Bajas Emisiones (ZBE). En 2023 se produce un ligero descenso generalizado en los niveles, independientemente del tipo de estación que se considere. La evolución de las medias mensuales muestra una pauta estacional para todas las tipologías de estaciones con valores más elevados en otoño-invierno que en primavera-verano, siendo esta tendencia especialmente acusada en las zonas urbanas y en estaciones de tráfico.
- **Partículas inferiores a 10 micras (PM₁₀):** Este contaminante se encuentra altamente influido por fuentes de origen natural, como los episodios de polvo del Sáhara y aerosoles marinos, además de por fuentes antrópicas. A pesar de la influencia de fuentes naturales, y de los resultados del año 2022 (especialmente intenso en dichos episodios), la tendencia general de los niveles ha sido decreciente a lo largo del periodo considerado. Destaca, como para otros contaminantes, una reducción significativa desde 2008 que resulta especialmente notable en zonas urbanas y suburbanas y en las estaciones de tráfico, seguidas de las industriales.
- **Partículas inferiores a 2,5 micras (PM_{2,5}):** Constituyen una fracción inferior de partículas, y por tanto también se encuentran influidas, aunque en menor medida, por las fuentes naturales, además de por las emisiones antrópicas; e igualmente, bajo determinadas condiciones, pueden favorecer la formación de otras partículas de tipo secundario. Los datos de este informe muestran que sus niveles medios han disminuido desde 2008. Los once últimos años (2013-2023) presentan valores medios bastante estables, con menos de un 2 µg/m³ de diferencia entre ellos. Las reducciones más evidentes se aprecian en las estaciones urbanas, si bien dicha reducción también es apreciable en las suburbanas y en las de tráfico, seguidas por las industriales. En 2023 se revierte el incremento registrado en 2022 debido a la fuerte influencia de las intrusiones de polvo sahariano, ya mencionado en las PM₁₀.
- **Ozono (O₃):** En los niveles de este contaminante se observa una mejoría en los años 2020 y 2021, y en 2022 un ligero ascenso, mantenido en 2023, que, sin embargo, no llega a alcanzar los valores de 2018-2019. Globalmente, a lo largo del periodo 2004-2023 se aprecia un decrecimiento en los niveles de las estaciones rurales y de fondo y un incremento en los de tráfico. De ello se infiere una tendencia global a la baja en los niveles en las zonas rurales y un ascenso en las urbanas. La representación de las medias mensuales de los máximos diarios octohorarios muestra la pauta estacional característica de este contaminante secundario para todas las tipologías de estaciones y tipos de área, con valores estivales altos debido a una mayor insolación.

- **Monóxido de Carbono (CO):** Sus niveles históricamente han sido bajos y se han mantenido lejos de incumplir el objetivo de calidad legal establecido para la protección de la salud. Los perfiles de todas las estaciones siguen una tendencia a la baja, especialmente en el caso de las urbanas y de tráfico. El CO muestra una pauta estacional con valores más elevados en invierno, más marcada en estaciones ubicadas en áreas urbanas y suburbanas y para cualquiera que sea su tipología de fuente de emisión.
- **Benceno (C₆H₆):** Sus medias anuales se mantienen muy por debajo del límite legislado desde 2003. La tendencia ha sido descendente, y especialmente visible a partir del año 2009, a partir del cual las medias se estabilizan. La tendencia global muestra una reducción de los niveles en las estaciones urbanas y de tráfico, que a partir de 2014 pasan a registrar valores inferiores a los registrados en las estaciones suburbanas e industriales respectivamente. Desde 2020 se equiparan a los niveles en estaciones de fondo y rurales. Se observa un leve repunte en 2022 en todas las tipologías, tras el cual, en 2023 tan sólo siguen subiendo (escasamente) los niveles de las estaciones rurales y de tráfico. La representación de valores mensuales muestra una pauta estacional de este contaminante a lo largo del año, de forma que presenta valores más altos en invierno que en verano.
- **Benzo(a)pireno (B(a)P):** el promedio de las medias anuales de B(a)P a lo largo del periodo considerado se sitúa muy por debajo del valor legislado, salvo en 2013, año de la única superación para este contaminante. En la mayoría de las estaciones los niveles están lejos de incumplir el valor legal establecido. La evolución observada muestra que las concentraciones más altas, por tipo de área, en general corresponden a las de tipo suburbano; por tipología de estación, aparentemente se aprecia una leve tendencia ascendente en las estaciones industriales. Los valores mensuales correspondientes a los valores medios diarios, muestran una pauta estacional de este contaminante con los valores más elevados principalmente centrados en los meses de diciembre y enero.
- **Plomo (Pb):** Desde el año 2001 queda patente el descenso producido en sus niveles, vinculado a las reducciones de este metal en los carburantes, aunque de forma excepcional se aprecian picos en 2013 y 2016. Los valores medios de toda serie anual, en cualquier caso, están muy alejados del valor límite.
- **Arsénico (As):** el promedio de las medias anuales de arsénico a lo largo del periodo considerado se sitúa muy por debajo del valor legislado. El valor máximo de la serie se registró en 2008, si bien también en 2009 y 2023 se ha superado el valor objetivo de este contaminante en una estación. En general, los niveles son muy bajos y las variaciones interanuales, pequeñas
- **Cadmio (Cd):** el promedio de las medias anuales de cadmio a lo largo del periodo considerado se sitúa muy por debajo del valor legislado; el valor objetivo tan sólo se superó en los años 2010 y 2015. Por tipología de área, las zonas suburbanas son las que registran en general los mayores niveles de este contaminante en el periodo estudiado, mientras que por tipología de estación los mayores niveles corresponden a las estaciones industriales.
- **Níquel (Ni):** Desde 2014 no se registran superaciones del valor objetivo de este contaminante y los niveles registrados son, como en el caso de otros metales, muy bajos. Si se atiende a la clasificación en función del área, los niveles más elevados corresponden por lo general a las estaciones situadas en zonas urbanas; por tipo de estación los niveles más altos atendiendo a valores medios anuales se registran en las estaciones de tipo industrial, de forma evidente hasta 2015.

ANEXO I: LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de SO ₂ 2001-2023	7
Figura 2. Evolución de las medias anuales de SO ₂ (2001-2023) por tipo de área	8
Figura 3. Evolución de las medias anuales de SO ₂ (2001-2023) por tipo de estación	8
Figura 4. Evolución de las medias mensuales de SO ₂ de 2001 a 2023 por tipo de área	9
Figura 5. Evolución de las medidas mensuales de SO ₂ de 2001 a 2023 por tipo de estación	10
Figura 6. Distribución del P99,2 de SO ₂ por tipología de estación en 2023	11
Figura 7. Distribución por regiones de valores medios mensuales de SO ₂ (µg/m ³) 2023	11
Figura 8. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de NO ₂ 2001-2023	12
Figura 9. Evolución de las medias anuales de NO ₂ (2001-2023) por tipo de área	12
Figura 10. Evolución de las medias anuales de NO ₂ (2001-2023) por tipo de estación	13
Figura 11. Evolución de las medias mensuales NO ₂ de 2001 a 2023 por tipo de área (arriba) y estación (abajo)	14
Figura 12 Evolución de los niveles de NO ₂ respecto al VLH a lo largo del periodo 2018-2023	15
Figura 13 Evolución de los niveles de NO ₂ respecto al VLA a lo largo del periodo 2018-2023	16
Figura 14. Distribución de la media anual de NO ₂ (2023)	17
Figura 15. Distribución del Percentil 99,8 de NO ₂ (2023)	17
Figura 16. Distribución por regiones y tipo de área de valores medios mensuales de NO ₂ (µg/m ³) (2023)	19
Figura 17 Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de PM ₁₀ 2001-2023	20
Figura 18 Evolución de las medias anuales de PM ₁₀ (2001-2023) por tipo de área	21
Figura 19 Evolución de las medias anuales de PM ₁₀ (2001-2023) por tipo de estación	21
Figura 20 Evolución de los niveles de PM ₁₀ respecto al VLD a lo largo del periodo 2018-2023	23
Figura 21 Evolución de los niveles de PM ₁₀ respecto al VLA a lo largo del periodo 2018-2023	24
Figura 22 Evolución de las medias mensuales de PM ₁₀ en 2023 por tipo de área	25
Figura 23 Evolución de las medias mensuales de PM ₁₀ en 2023 por tipo de estación	25
Figura 24 Distribución de la media anual de PM ₁₀ (2023)	26
Figura 25 Distribución del Percentil 90,4 de PM ₁₀ (2023)	26
Figura 26. Distribución por regiones y tipo de área de valores medios mensuales de PM ₁₀ (µg/m ³) (2023)	27
Figura 27 Distribución mensual del número de días con episodios africanos por regiones en 2023 ...	27
Figura 28 Regiones consideradas en relación con los episodios naturales de partículas 2023	28
Figura 29 Contribución de polvo africano a PM ₁₀ (µg/m ³) en el año 2023	28
Figura 30 Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de PM _{2,5} 2008-2023	29
Figura 31 Evolución de las medias anuales de PM _{2,5} (2008-2023) por tipo de área	29
Figura 32 Evolución de las medias anuales de PM _{2,5} (2008-2023) por tipo de estación	30

Figura 33 Evolución de los niveles de PM _{2,5} respecto al VLA a lo largo del periodo 2018-2023.....	31
Figura 34 Evolución de las medias mensuales de PM _{2,5} en 2023 por tipo de área.....	32
Figura 35 Evolución de las medias mensuales de PM _{2,5} en 2023 por tipo de estación	32
Figura 36 Distribución de las medias anuales PM _{2,5} (2023)	33
Figura 37. Distribución por regiones y tipo de área de valores medios mensuales de PM _{2,5} (µg/m ³) (2023)	33
Figura 38 Diagrama de caja y bigotes del percentil 93,2 de máximos diarios octohorarios de O ₃ 2004-2023.....	34
Figura 39 Evolución de las medias anuales de los percentiles 93,2 de O ₃ (2004-2023) por tipo de área	35
Figura 40 Evolución de las medias anuales de los percentiles 93,2 de O ₃ (2004-2023) por tipo de estación	35
Figura 41 Evolución de las medias mensuales de máximos diarios octohorarios de O ₃ de 2001 a 2023 por tipo de área (arriba) y estación (abajo)	36
Figura 42 . Evolución de los niveles de O ₃ respecto al VO a lo largo del periodo 2018-2023.....	37
Figura 43 Distribución del Percentil 93.2 de O ₃ (2023).....	38
Figura 44. Distribución por regiones y tipo de área de valores medios mensuales de O ₃ (µg/m ³) (2023)	39
Figura 45. Diagrama de caja y bigotes de la media anual del valor máximo de los máximos diarios octohorarios de CO 2003-2023	40
Figura 46. Evolución de la media anual del valor máximo de los máximos diarios octohorarios de CO (2003-2023) por tipo de área	41
Figura 47. Evolución de la media anual del valor máximo de los máximos diarios octohorarios de CO (2003-2023) por tipo de estación.....	41
Figura 48. Evolución de las medidas mensuales de máximos diarios octohorarios de CO de 2003 a 2023 por tipo de área (arriba) y estación (abajo)	42
Figura 49. Distribución de los máximos diarios octohorarios de CO (2023).....	43
Figura 50. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de C ₆ H ₆ 2003-2023.....	44
Figura 51. Evolución de las medias anuales de C ₆ H ₆ (2003-2023) por tipo de área	45
Figura 52. Evolución de las medias anuales de C ₆ H ₆ (2003-2023) por tipo de estación	45
Figura 53. Evolución de las medidas mensuales de C ₆ H ₆ de 2003 a 2023 por tipo de área (arriba) y estación (abajo).....	46
Figura 54. Distribución de las medias anuales de C ₆ H ₆ (2023).....	47
Figura 55. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de B(a)P 2008-2023.....	48
Figura 56. Evolución de las medias anuales de B(a)P (2008-2023) por tipo de área.....	49
Figura 57. Evolución de las medias anuales de B(a)P (2008-2023) por tipo de estación.....	49
Figura 58. Evolución de las medidas mensuales de B(a)P de 2008 a 2023 por tipo de área (arriba) y estación (abajo).....	50
Figura 59. Distribución de las medias anuales de B(a)P (2023)	51
Figura 60. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de Pb 2001-2023	52

Figura 61. Evolución de las medias anuales de Pb (2001-2023) por tipo de área	53
Figura 62. Evolución de las medias anuales de Pb (2001-2023) por tipo de estación	53
Figura 63. Evolución de las medidas mensuales de Pb en 2023 por tipo de área	54
Figura 64. Evolución de las medidas mensuales de Pb en 2023 por tipo de estación	54
Figura 65. Distribución de las medias anuales de Pb (2023)	55
Figura 66. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de As 2008-2023	56
Figura 67. Evolución de las medias anuales de As (2008-2023) por tipo de área	57
Figura 68. Evolución de las medias anuales de As (2008-2023) por tipo de estación	57
Figura 69. Evolución de las medidas mensuales de As en 2023 por tipo de área	58
Figura 70. Evolución de las medidas mensuales de As en 2023 por tipo de estación	58
Figura 71. Distribución de las medias anuales de As (2023)	59
Figura 72. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de Cd 2008-2023	60
Figura 73. Evolución de las medias anuales de Cd (2008-2023) por tipo de área	61
Figura 74. Evolución de las medias anuales de Cd (2008-2023) por tipo de estación	61
Figura 75. Evolución de las medidas mensuales de Cd en 2023 por tipo de área	62
Figura 76. Evolución de las medidas mensuales de Cd en 2023 por tipo de estación	62
Figura 77. Distribución de las medias anuales de Cd (2023)	63
Figura 78. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de Ni 2008-2023	64
Figura 79. Evolución de las medias anuales de Ni (2008-2023) por tipo de área	65
Figura 80. Evolución de las medias anuales de Ni (2008-2023) por tipo de estación	66
Figura 81. Evolución de las medidas mensuales de Ni en 2023 por tipo de área	66
Figura 82. Evolución de las medidas mensuales de Ni en 2023 por tipo de estación	67
Figura 83. Distribución de las medias anuales de Ni (2023)	67