



**TENDENCIAS DE LA
CALIDAD DEL AIRE EN
ESPAÑA
2001-2021**

El informe de **Tendencias de la Calidad del Aire en España 2001 - 2021** ha sido elaborado por la Subdirección General de Aire Limpio y Sostenibilidad Industrial 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
2023

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 realización del informe.

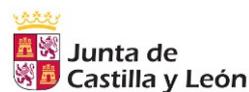


Foto portada

Fuente: Alfons Puertas. Observatorio Fabra de Barcelona.

TENDENCIAS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ESPAÑA 2001-2021

INDICE

1.	ANTECEDENTES	1
2.	DESCRIPCION DEL DOCUMENTO	2
3.	ACRÓNIMOS UTILIZADOS	5
4.	DIÓXIDO DE AZUFRE.....	6
4.1.1	Evolución 2001-2021 del SO ₂	6
4.1.2	Niveles de SO ₂ en 2021.....	8
4.1.3	Distribución regional de SO ₂ en 2021.....	9
5.	ÓXIDOS DE NITRÓGENO	10
5.1.1	Evolución 2001-2021 del NO ₂	10
5.1.2	Niveles de NO ₂ en 2021.....	14
5.1.3	Distribución regional de NO ₂ en 2021	16
6.	PARTÍCULAS PM10.....	18
6.1.1	Evolución 2001-2021 de las partículas PM10.....	18
6.1.2	Niveles de PM10 en 2021.....	22
6.1.3	Distribución regional de PM10 en 2021	23
7.	PARTÍCULAS PM2,5.....	27
7.1.1	Evolución 2008-2021 de las partículas PM2,5.....	27
7.1.2	Niveles de PM2,5 en 2021.....	30
7.1.3	Distribución regional de PM2,5 en 2021	31
8.	OZONO.....	32
8.1.1	Evolución 2004-2021 del O ₃	32
8.1.2	Niveles del O ₃ en 2021	35
8.1.3	Distribución regional de O ₃ en 2021	36
9.	MONÓXIDO DE CARBONO.....	37
9.1.1	Evolución 2003-2021 del monóxido de carbono (CO)	37
9.1.2	Niveles de CO en 2021.....	38
10.	BENCENO.....	40
10.1.1	Evolución 2003-2021 del benceno (C ₆ H ₆).....	40
10.1.2	Niveles de C ₆ H ₆ en 2021	41
11.	BENZO(A)PIRENO.....	43
11.1.1	Evolución 2008-2021 del benzo(a)pireno (BaP).....	43
11.1.2	Niveles del B(a)P en 2021.....	44
12.	PLOMO	46
12.1.1	Evolución 2001-2021 del plomo (Pb)	46
12.1.2	Niveles del Pb en 2021	47
13.	ARSÉNICO	49
13.1.1	Evolución 2008-2021 del arsénico (As)	49
13.1.2	Niveles del As en 2021.....	50
14.	CADMIO.....	52
14.1.1	Evolución 2008-2021 del cadmio (Cd).....	52
14.1.2	Niveles del Cd en 2021	53
15.	NÍQUEL	55
15.1.1	Evolución 2008-2021 del níquel (Ni)	55
15.1.2	Niveles del Ni en 2021.....	56
16.	CONCLUSIONES	58

1. ANTECEDENTES

La legislación vigente 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 toda España², la última de las cuales corresponde al año 2021 ("*Informe de la evaluación de la calidad del aire 2021*"³). Se trata de un conjunto de informes que 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. Estos informes proporcionan información sobre las zonas de evaluación definidas, los métodos de evaluación de la calidad del aire 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 un amplio 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 Aire Limpio y Sostenibilidad Ambiental quiere retomar la publicación de este análisis de la calidad del aire, al resultar de utilidad la divulgación de información de las tendencias seguidas en las concentraciones en el aire ambiente de los contaminantes regulados en el Real Decreto 102/2011.

Por este motivo, el presente informe tiene por objeto mostrar las **tendencias** desde el principio de la evaluación de cada contaminante hasta 2021 de los contaminantes con valor legislado para la protección de la salud y la vegetación, lo que permite dar una visión de la evolución de los niveles de los contaminantes en los últimos 20 años. A diferencia del informe anual de evaluación, este informe 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.aspx

³ https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/informeevaluacioncalidadaireespana2021_tcm30-545170.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. DESCRIPCIÓN 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 (PM2,5)
- 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 su evolución desde el inicio de la evaluación de cada contaminante hasta el año 2021 como la situación concreta en la que se sitúa España en la actualidad, correspondientes al año 2021, últimos datos oficiales comunicados a la Comisión Europea.

La **evolución hasta 2021** 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). Posteriormente, para los contaminantes en los que los valores registrados han mostrado valores elevados en los últimos años (NO₂, PM10, PM2,5 y O₃), se añade una representación mediante mapas de la distribución y evolución de los niveles legislados entre 2016 y 2021 a nivel de estación.

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: las 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 aquellas 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 2021** 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.

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 PM2,5, 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 2021, 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 en este informe 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 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 con un apartado específico dedicado a cómo se distribuyen regionalmente 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 2021. Se justifica la ausencia de estaciones rurales en las redes correspondientes a los Ayuntamientos de Madrid y Zaragoza por tratarse de dos aglomeraciones, y de estaciones suburbanas en La Rioja. Ceuta sólo dispone de una estación urbana. Los acrónimos utilizados para las redes de calidad del aire son los siguientes:

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

3. ACRÓNIMOS UTILIZADOS

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 a esta región atlántica y estudiar sus efectos sobre el medio marino.
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.
MdT	Margen de tolerancia: Porcentaje del valor límite o cantidad en que éste puede sobrepasarse con arreglo a las condiciones establecidas.
MITECO	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.
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.
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.
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).

4. DIÓXIDO DE AZUFRE

4.1.1 Evolución 2001-2021 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 significativa la reducción que se produjo en 2008, año de implementación de directivas europeas que afectan a la reducción de emisiones y regularon el contenido en azufre de los combustibles, además de la crisis económica. Los máximos registrados en los últimos cuatro años indican globalmente cierta estabilización estando por debajo del nivel crítico. 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.

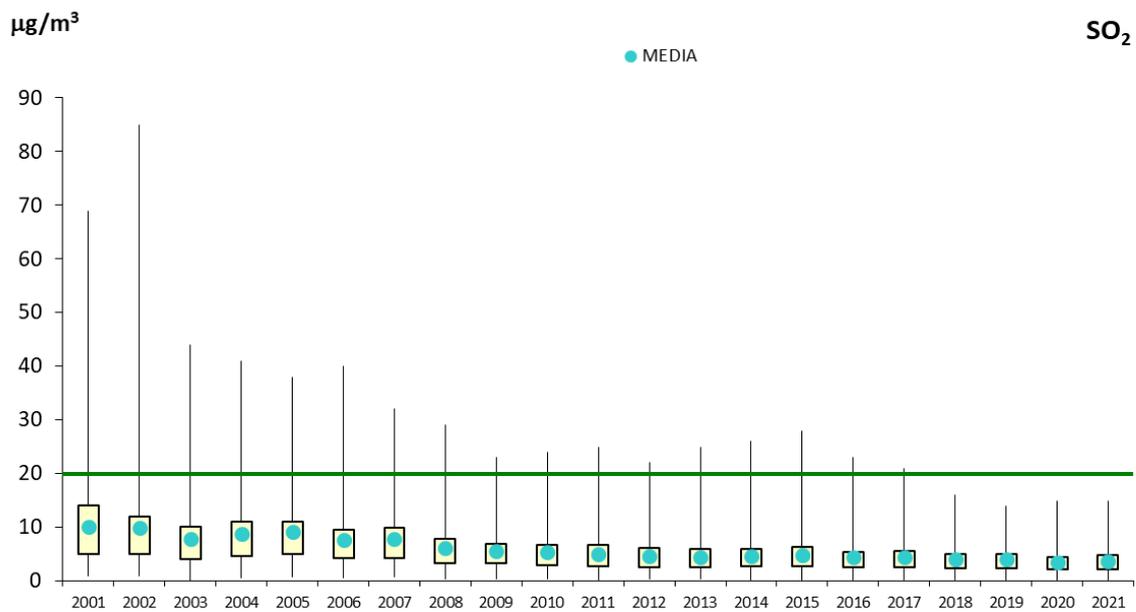


Figura 1. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de SO₂ 2001-2021

En la Figura 2. Evolución de las medias anuales de SO₂ (2001-2021) por tipo de área se pone en evidencia la estabilización observada en la Figura 1 anterior en los últimos cuatro años, principalmente en las medias de las estaciones ubicadas en medio rural, si bien, las cifras del último año 2021 respecto a las de 2020 señalan un leve repunte generalizado.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

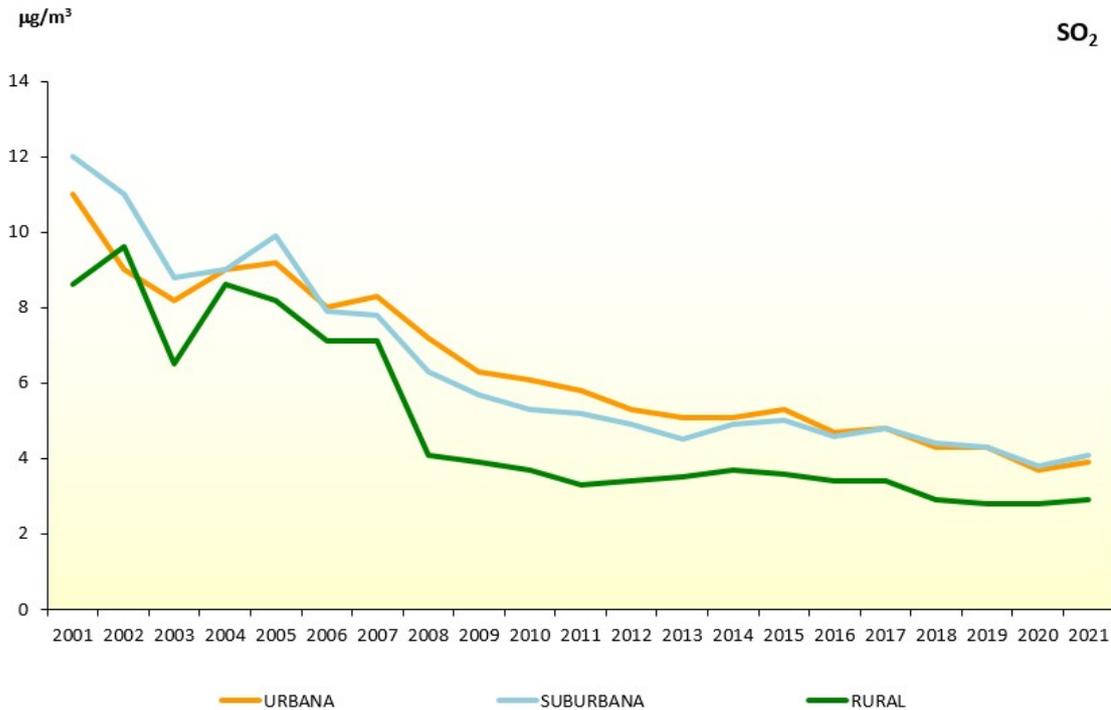


Figura 2. Evolución de las medias anuales de SO₂ (2001-2021) por tipo de área

La Figura 3. Evolución de las medias anuales de SO₂ (2001-2021) 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 centrales térmicas, refinerías y emisiones difusas en puertos y aeropuertos.

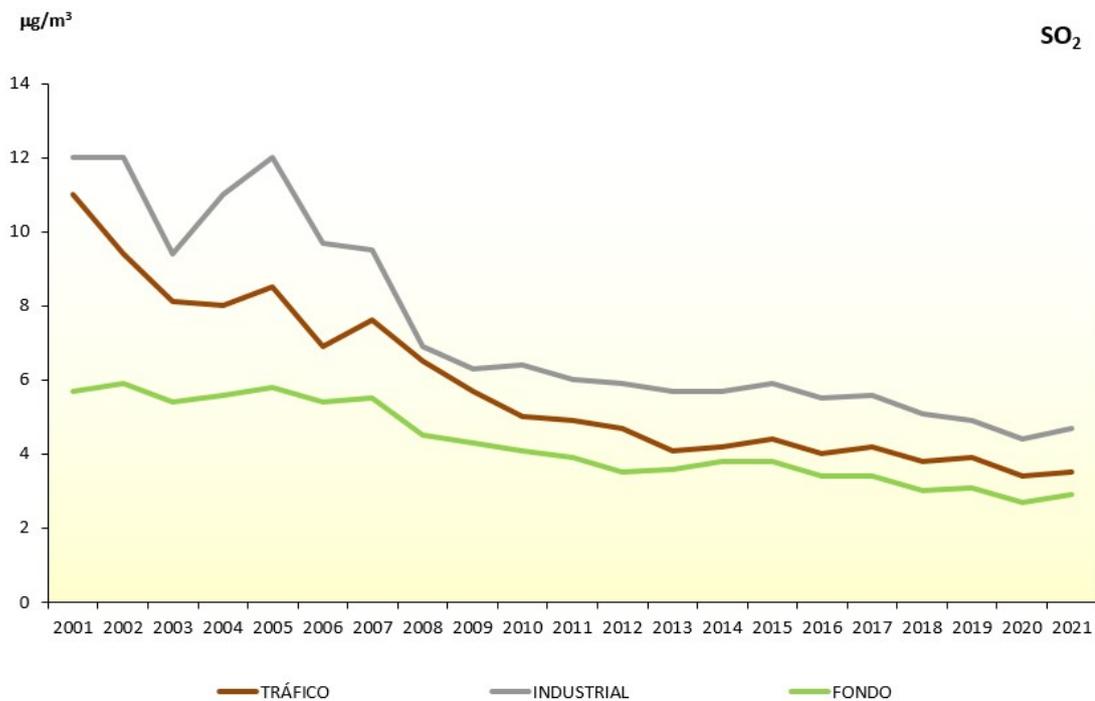


Figura 3. Evolución de las medias anuales de SO₂ (2001-2021) por tipo de estación

4.1.2 Niveles de SO₂ en 2021

Respecto a los niveles de este contaminante en 2021 distribuidos a lo largo del año se observan valores que apenas fluctúan en $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre los distintos meses del año en el caso de las estaciones suburbanas e incluso menos en las otras tipologías de estaciones.

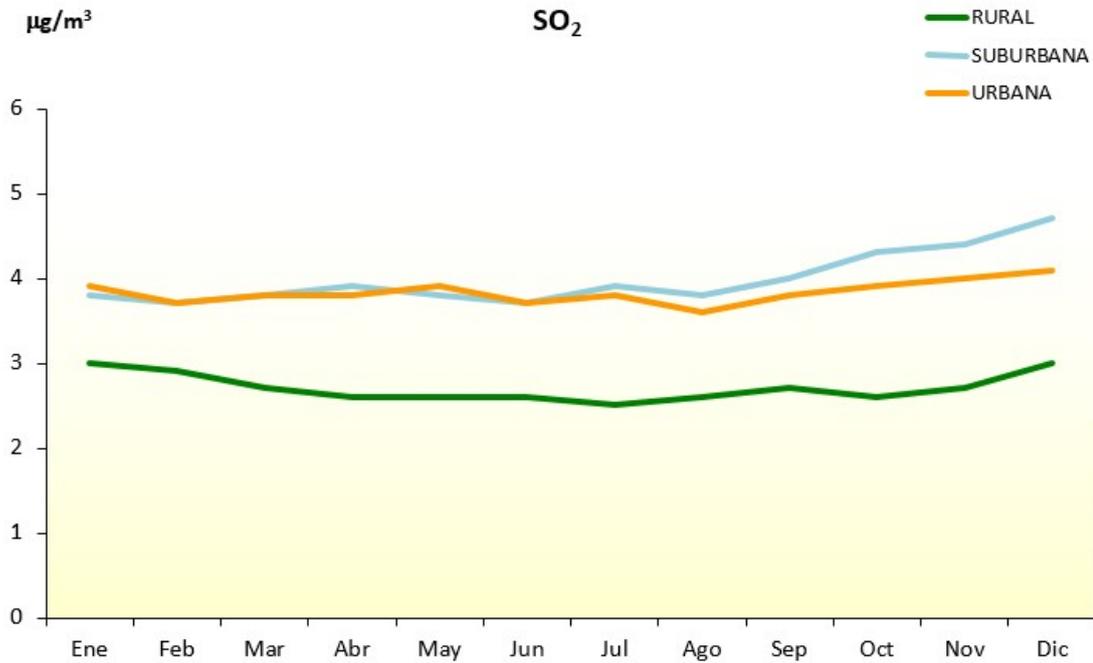


Figura 4. Evolución de las medias mensuales de SO₂ en 2021 por tipo de área

Por tipo de estación ocurre lo mismo, el comportamiento es homogéneo a lo largo del año, con niveles ligeramente más elevados en las estaciones industriales en temporada invernal.

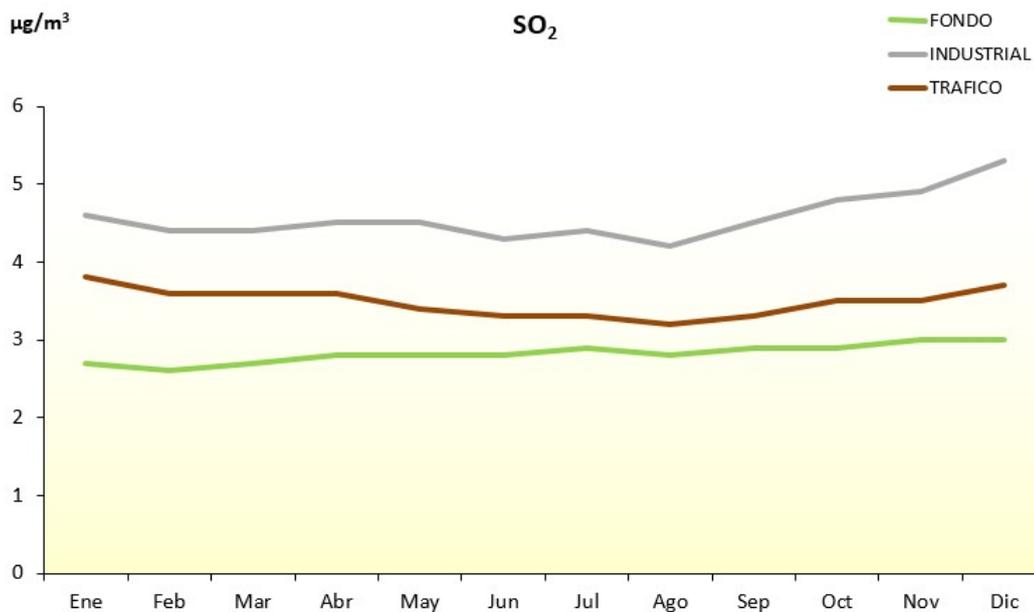


Figura 5. Evolución de las medidas mensuales de SO₂ en 2021 por tipo de estación

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

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

que de las 432 estaciones que se emplearon para evaluar SO₂ en 2021, apenas alguna supera el Umbral Inferior de Evaluación (UEI) y ninguna supera el Umbral Superior de Evaluación (UES). Las estaciones de tipo industrial son aquellas que registraron en el año 2021 mayores valores del Percentil 99,2.

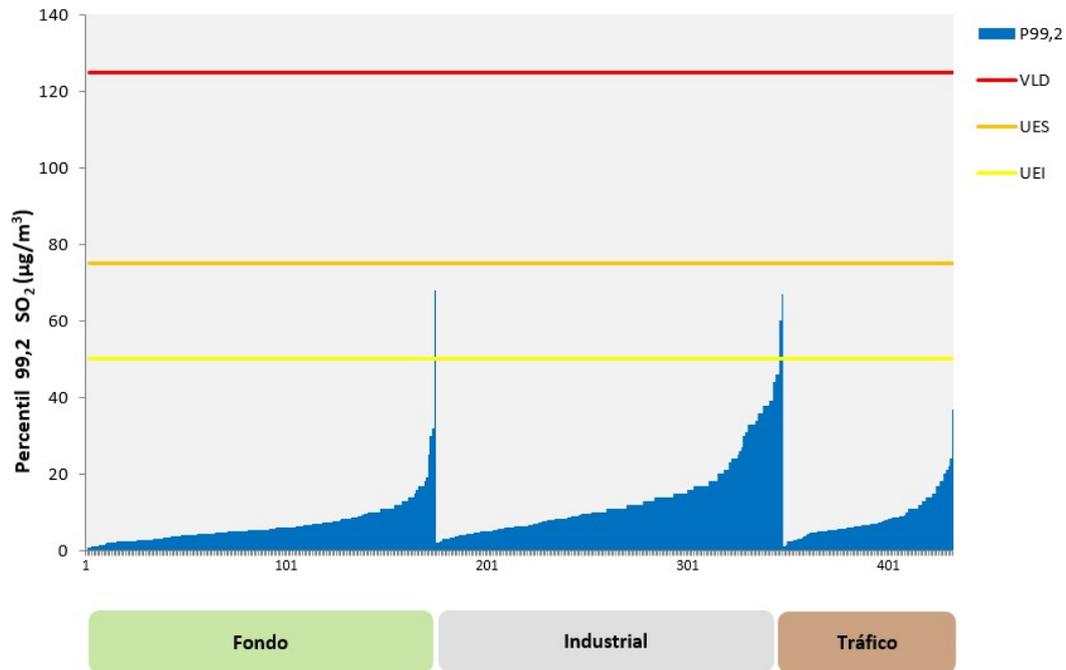


Figura 6. Distribución del P99,2 de SO₂ por tipología de estación en 2021

4.1.3 Distribución regional de SO₂ en 2021

La Figura 7 muestra el promedio mensual de los valores medios diarios registrados en las estaciones que han participado en la evaluación para SO₂.

Destacan la red del Ayuntamiento de Madrid, cuyos valores más acusados se dan en estaciones de fondo, la red del Murcia, en estaciones industriales, y la red de Ceuta, en su única estación tipificada como de fondo y ubicada en el puerto.

Red	2021											
	Mes 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AND	3,9	3,8	3,8	4,2	4,6	4,4	4,4	4,1	4,3	4,4	4,2	4,2
ARAG	2	2,3	2,3	2,2	2	2	2	2	1,9	2,3	2,6	2,7
A.ZGZA	3,7	3,9	3,9	3,9	3,7	3,6	3,9	3,5	3,7	4,2	4,3	4,4
AST	5,1	4,1	4,5	4,7	5	4,6	4,6	3,7	4	4,6	4,8	6,5
I.BAL	2,7	2,8	2,7	2,2	2,2	2,3	2,4	2,9	2,2	2,5	2,7	2
I.CAN	4,4	4,6	4,3	4,6	4,5	4,5	5,1	4,9	5,1	5,6	6,8	6,3
CANT	0,7	0,5	0,4	0,7	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4	0,8	0,6	1,1
CLM	3,3	3,4	3,2	3	2,8	3,1	3,6	4,2	4,5	3,3	3,7	4,7
CYL	4,6	3,9	4	3,7	3,1	2,8	2,5	2,6	2,5	3	3,6	3,5
CAT	1,8	1,8	1,7	1,6	1,9	1,9	2	1,9	1,8	2	1,9	2
C.VAL	3,7	3,7	3,7	3,5	3,7	3,7	3,6	3,3	3,7	3,8	3,8	3,9
EXT	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	1,1	0,9	1,1	0,8	0,8	0,5	0,5
GAL	3,1	3,2	3,1	2,8	2,5	2,5	2,5	2,6	3,1	3,1	2,8	3,6
C.MAD	1,4	1,6	1,6	1,6	1,8	1,7	1,7	1,8	1,8	2	1,9	2
A.MAD	5,1	6,3	7,3	7,1	6,2	5,8	5,9	6,9	6,9	2,1	3	4
MUR	8,3	6,4	5,9	6,1	6,6	6	6,8	6,2	6,5	6,5	6,5	8
NAV	3,2	3,3	3,6	3,7	3	2,3	2,5	2,9	2,8	2,7	2,6	3,1
PV	3,8	3,5	4,2	4,4	4,4	3,7	3,9	3,6	3,9	4,2	3,8	4
LR	2,7	2,5	2,7	2,9	2,7	3	3,1	3	3	3,1	3	3
CEU	7,3	5,2	2,3	4,3	6,4	4	3,1	3	3,2	3,4	11	6,9

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

5. ÓXIDOS DE NITRÓGENO

5.1.1 Evolución 2001-2021 del NO₂

La evolución de los niveles de NO₂ (Figura 8) indica una tendencia hacia la disminución de los niveles muy evidente en el caso de los máximos horarios y del percentil 75, que también se manifiesta en los valores medios. Destaca, en primer lugar, la bajada en los valores medios desde 2008 debido, como se indicaba para el SO₂, a la implementación de Directivas europeas sobre las emisiones y a la fuerte crisis económica, valores que se han mantenido hasta 10 años después. En segundo lugar, destaca la bajada drástica en los años 2020 y 2021 y influenciada por las medidas adoptadas como consecuencia de la pandemia de la COVID-19.

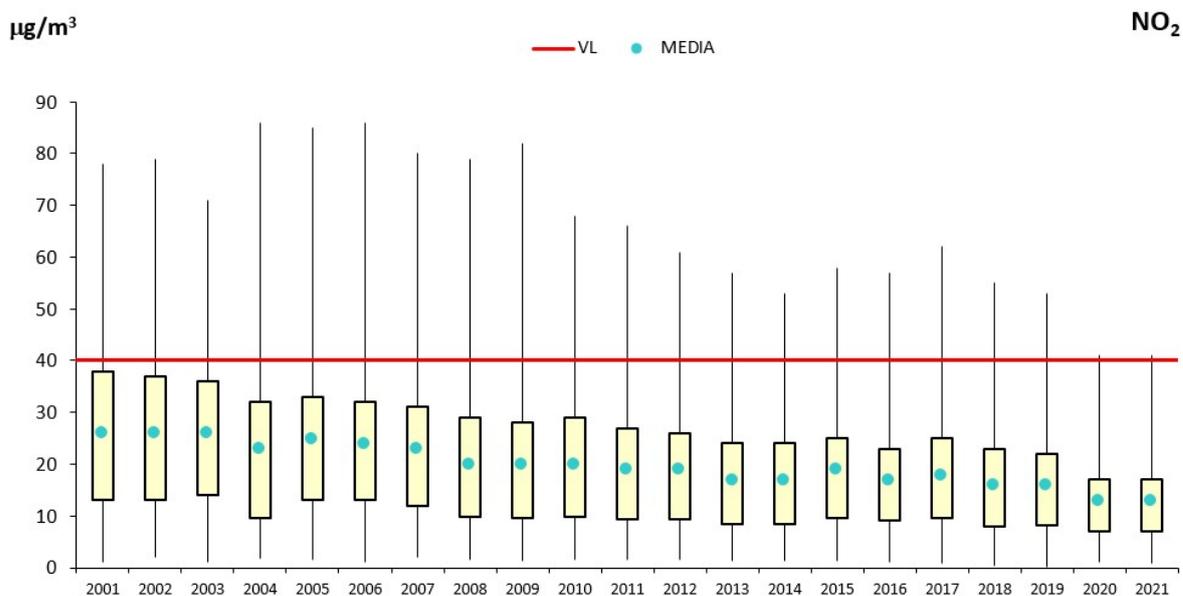
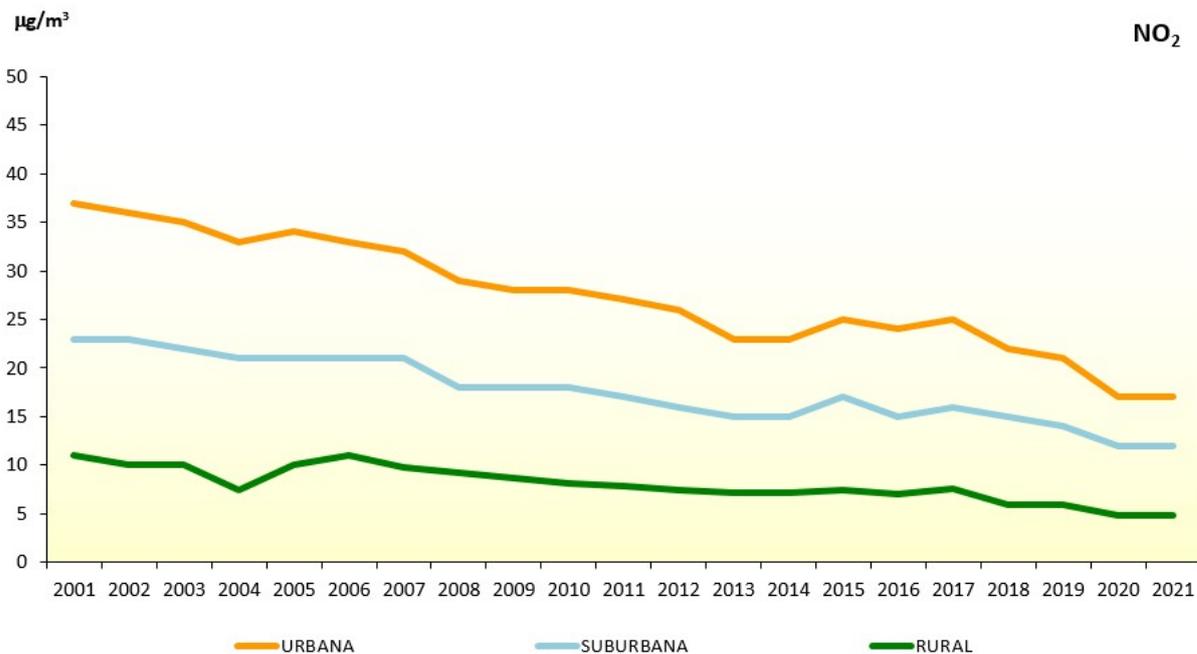
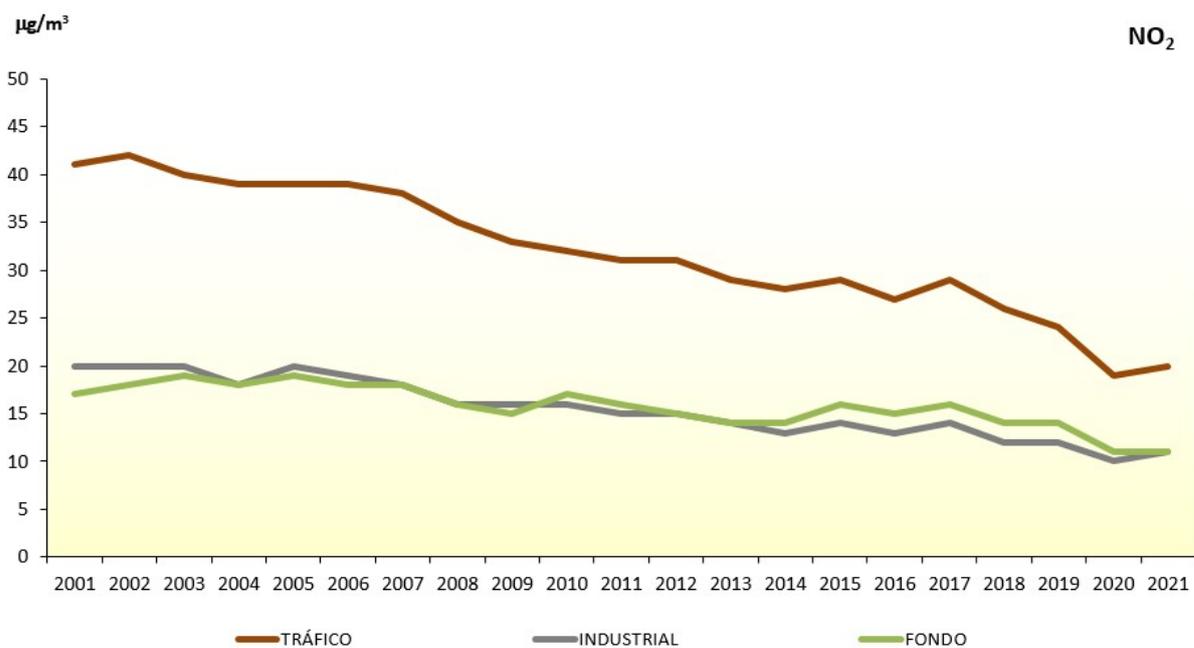


Figura 8. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de NO₂ 2001-2021

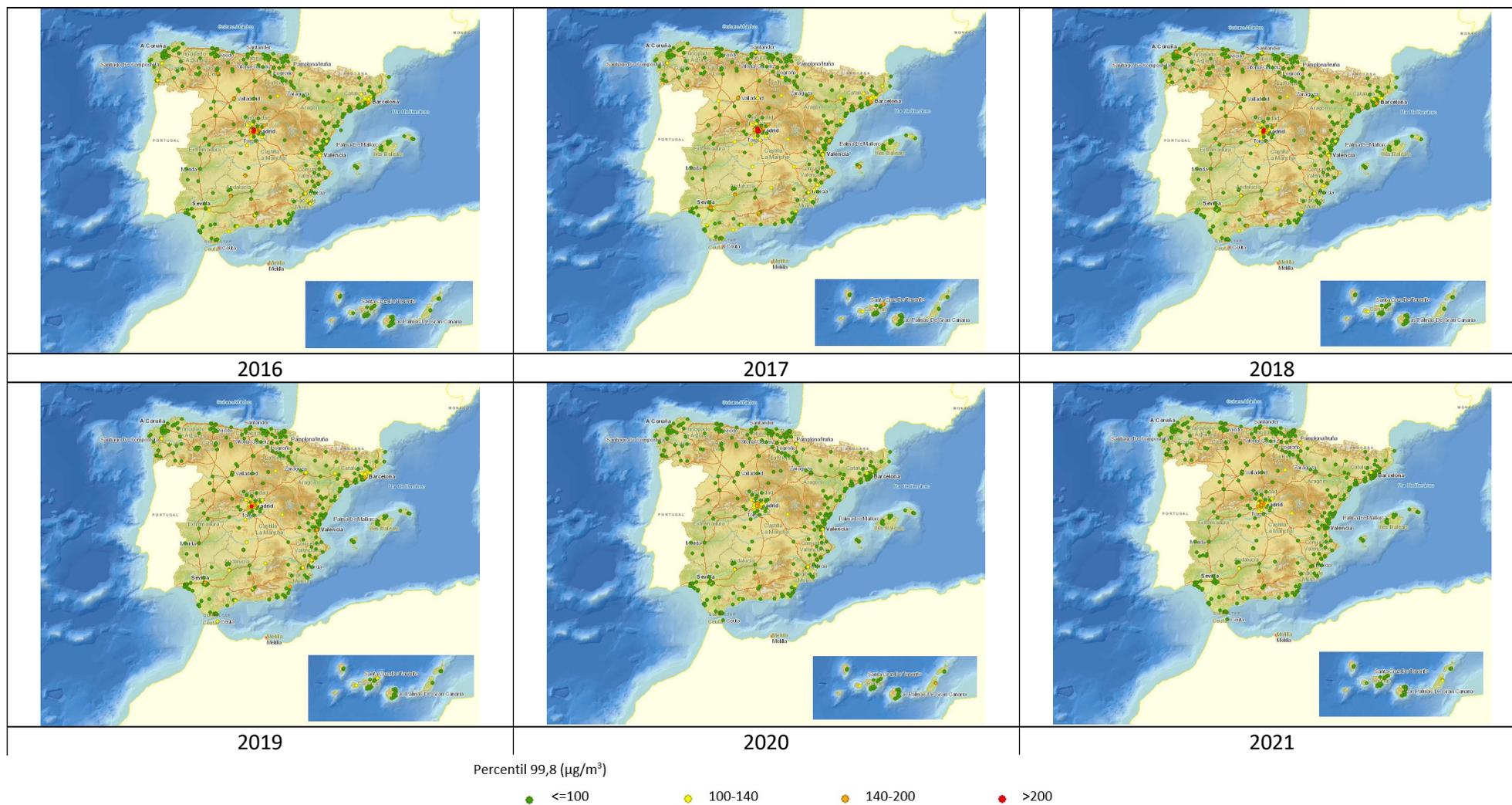
En la Figura 9 y Figura 10 se observa, al diferenciar por tipologías, cómo la disminución de los niveles se manifiesta sobre todo en estaciones urbanas y de tráfico, más acusado en los años recientes por las consecuencias en los cambios en el modelo de movilidad derivados tanto de la pandemia COVID en 2020 y 2021 como de 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).

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

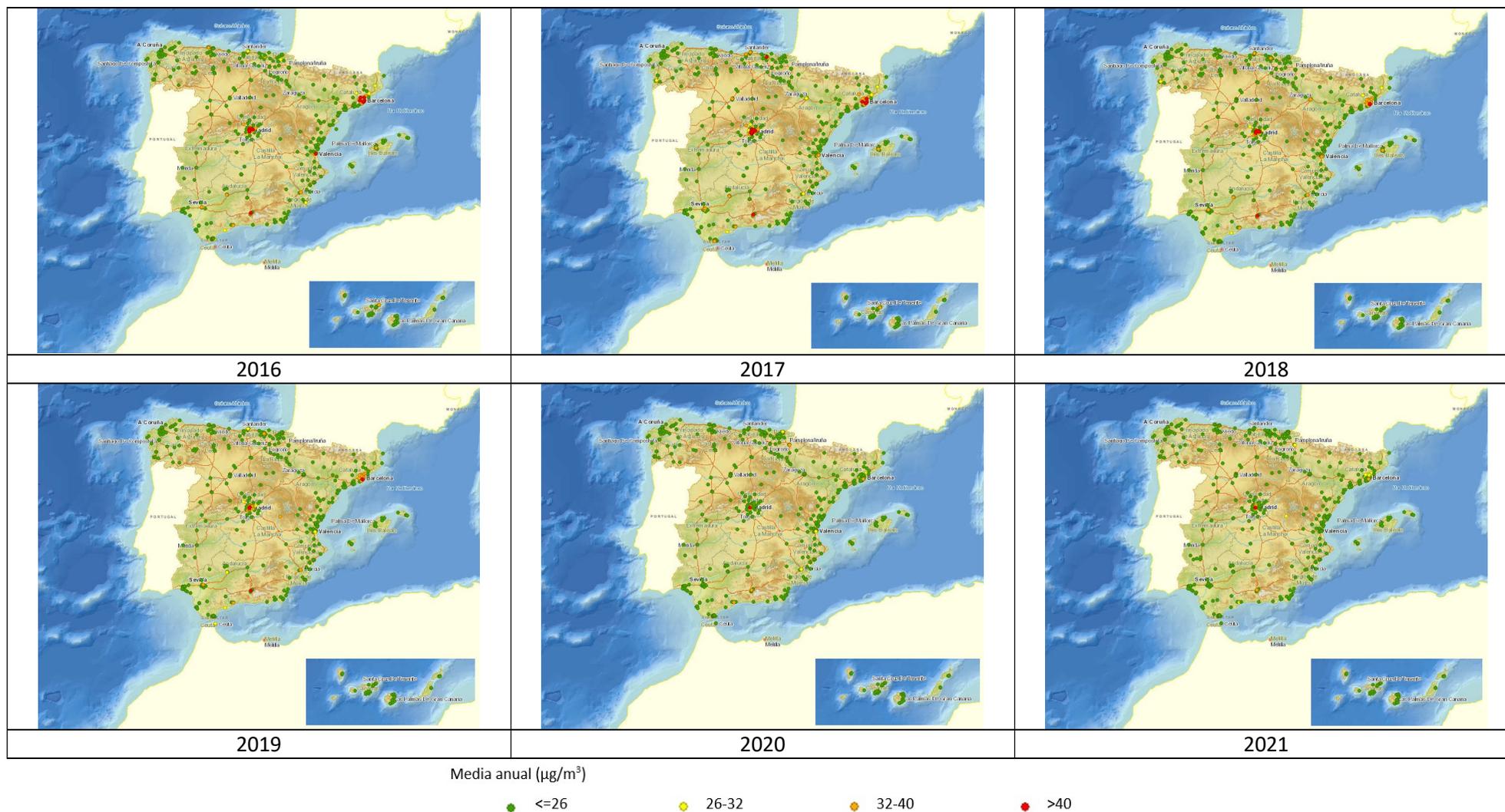
Figura 9. Evolución de las medias anuales de NO₂ (2001-2021) por tipo de áreaFigura 10. Evolución de las medias anuales de NO₂ (2001-2021) por tipo de estación

Otra forma de apreciar esta mejora es mediante la representación de las estaciones distribuidas por el territorio español en relación con los valores horarios (Figura 11) y con la media anual (Figura 12) desde 2016 a 2021 y en que se observa una reducción del número de estaciones con mayores concentraciones.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

Figura 11 Evolución de los niveles de NO₂ respecto al VLH a lo largo del periodo 2016-2021

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

Figura 12 Evolución de los niveles de NO₂ respecto al VLA a lo largo del periodo 2016-2021

5.1.2 Niveles de NO₂ en 2021

Las Figura 13 y Figura 14 muestran que el patrón de distribución del NO₂ a lo largo del año presenta valores más altos 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 8, este perfil es inverso al mostrado por el O₃ ya que los óxidos de nitrógeno son precursores de este contaminante en presencia de radiación solar. 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.

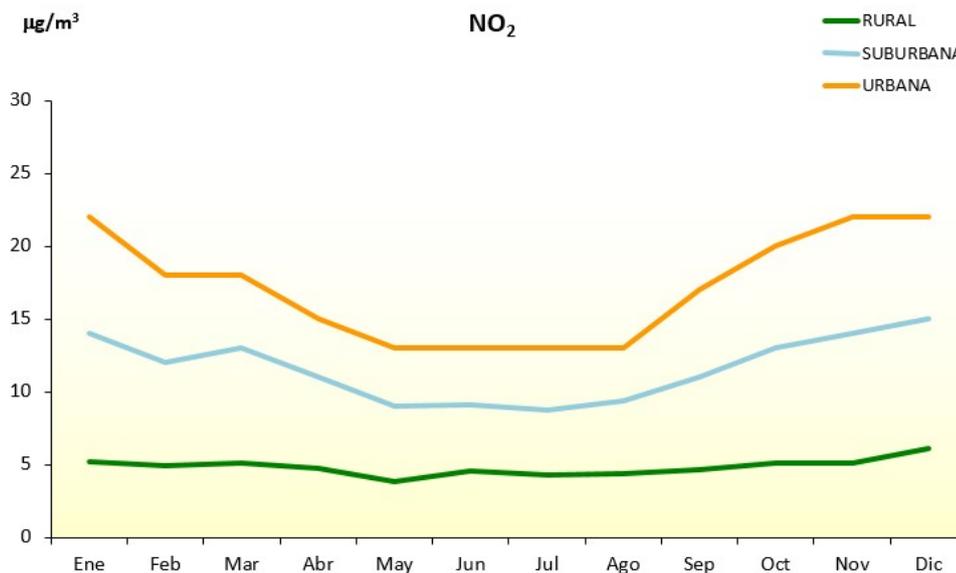


Figura 13. Evolución de las medias mensuales de NO₂ en 2021 por tipo de área

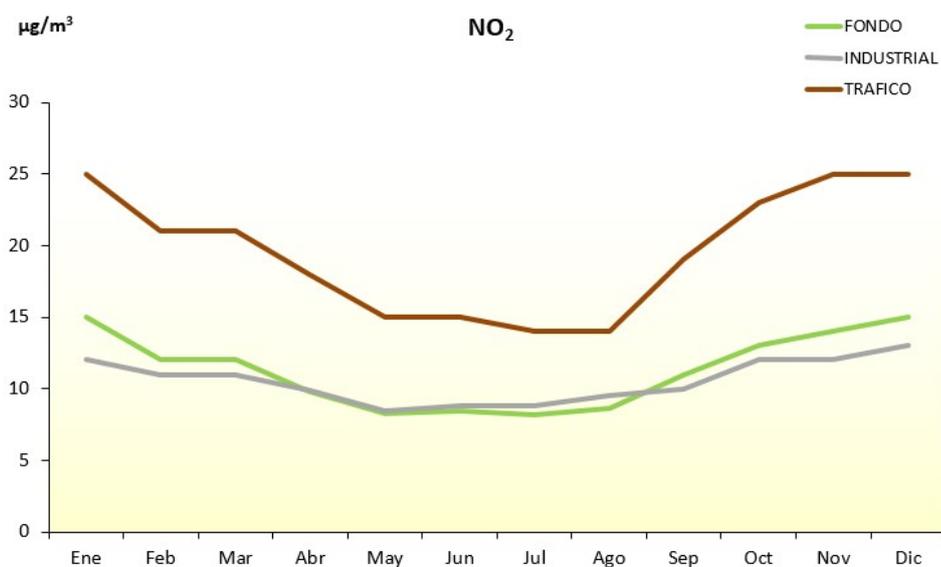
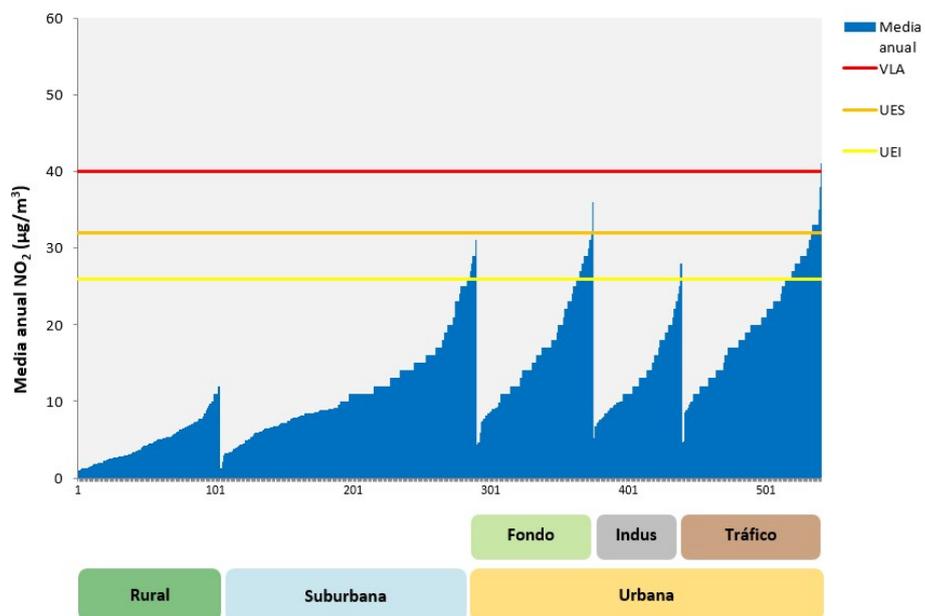
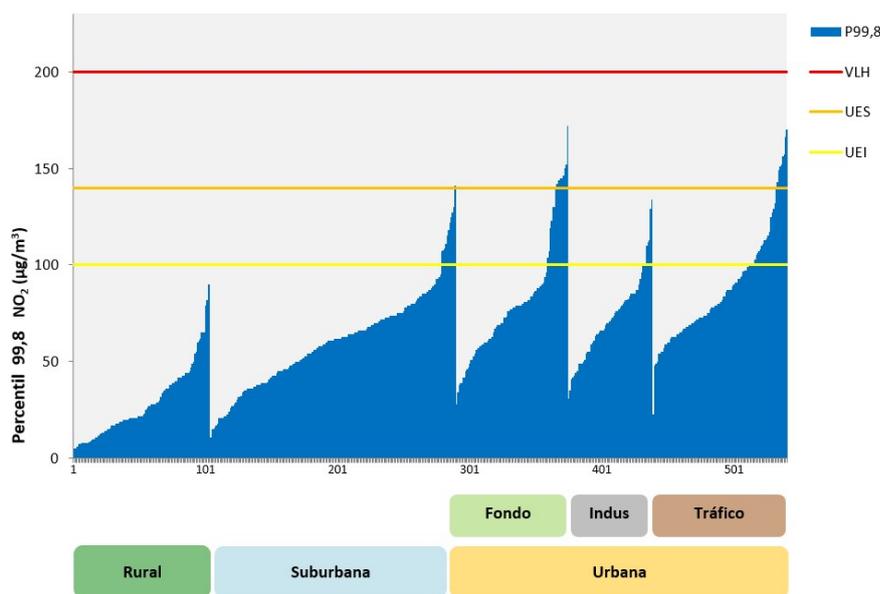


Figura 14. Evolución de las medias mensuales de NO₂ en 2021 por tipo de estación

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

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 2021. Los datos confirman que son las estaciones urbanas las que presentan los valores medios anuales más elevados y en concreto las estaciones de tráfico, seguidas de las de fondo. De las 541 estaciones que se emplearon para evaluar NO₂ en 2021, tan sólo una estación, de tipo urbana de tráfico, superó el VLA.

Figura 15. Distribución de la media anual de NO₂ (2021)Figura 16. Distribución del Percentil 99,8 de NO₂ (2021)

5.1.3 [Distribución regional de NO₂ en 2021](#)

La Figura 17 muestra el promedio mensual de los valores medios diarios registrados en las estaciones que han participado en la evaluación para NO₂ clasificadas por tipo de área. En ella se recoge 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 2001-2021

Urbana - 2021												
Mes Red	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AND	17	16	16	13	14	13	14	15	17	19	20	20
ARAG	15	14	11	9,5	7,8	6,7	5,5	6,4	7,6	10	13	9,7
A.ZGZA	25	25	22	18	16	17	15	14	20	22	20	23
AST	21	19	18	16	12	11	9,7	8,5	15	17	20	24
I.BAL	14	12	12	9,8	9,1	12	12	15	14	21	17	17
I.CAN	15	12	11	10	8	9,6	9,6	11	11	13	14	16
CANT	15	12	12	12	8,9	7,7	6,7	7,9	11	11	11	10
CLM	24	16	15	10	6,9	8,4	8,9	8,9	11	18	23	24
CYL	20	15	15	13	9,6	9,7	9,6	11	13	17	18	19
CAT	27	27	26	21	19	20	18	18	21	27	29	31
C.VAL	18	15	16	13	11	11	10	10	13	18	19	22
EXT	7,7	6,1	9,2	6,3	5,1	7	6,5	6,2	7,9	9,5	10	10
GAL	20	13	20	15	11	11	10	12	16	20	22	20
C.MAD	37	24	25	18	14	15	17	18	24	33	32	33
A.MAD	46	32	30	24	20	21	23	22	29	40	39	41
MUR		35	12	8,8	11	9	6,8	7,3	8,9	10	7,6	18
NAV	25	23	19	17	14	14	10	11	18	22	22	29
PV	23	16	19	16	15	13	12	11	17	20	21	20
LR	23	19	15	11	8,7	5,9	5,3	4,9	9,2	16	18	15
CEU	22	17	16	18	22	23	18	21	21	14	26	19

Suburbana - 2021												
Mes Red	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AND	10	8,8	10	8,6	8,9	8,3	8,8	9,8	9,9	10	11	11
ARAG	17	16	17	15	14	15	12	9,9	15	15	20	17
A.ZGZA	19	23	20	20	18	19	17	17	24	27	23	24
AST	16	15	15	13	9,7	8,1	7,3	7,9	13	13	13	16
I.BAL	6,3	5,7	6	5,5	4,7	5,3	5,8	6,6	5,4	6,3	6,2	6,9
I.CAN	7,5	7,8	7,4	7,6	6,4	6,6	7,6	7,6	7,3	7,4	7	8,4
CANT	11	8,4	10	11	12	13	9,4	9,2	14	15	16	15
CLM	22	15	14	12	10	9,2	8,2	9,3	12	16	18	18
CYL	12	8,2	9,2	7,8	5,3	5,6	6	7	8,1	10	11	13
CAT	21	21	21	17	13	14	12	14	17	20	23	24
C.VAL	11	10	10	8,6	8	7,6	7,3	7,7	7,3	9,6	9,7	12
EXT	4,5	3,7	4,5	3,7	2,8	3,7	3,2	4,4	5,6	4,8	5,1	4,1
GAL	9,2	5,3	7,4	6,1	4,5	5,1	5,1	5,7	7,4	8,9	9,5	9
C.MAD	31	20	19	14	11	11	13	13	17	24	24	24
A.MAD	28	20	18	14	11	12	13	13	18	24	23	24
MUR	19	17	15	12	12	11	10	9,3	12	13	14	17
NAV	8,4	7,1	7,4	7,3	7,4	7,2	6,8	5,6	6,7	8,5	8,6	9,4
PV	15	10	12	10	9,8	8,9	8,1	7,4	11	12	13	12
LR												
CEU												

Rural - 2021												
Mes Red	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AND	4,6	5,3	4,9	4,7	4,7	4,6	5,6	5,2	4,9	4,5	4,5	4,2
ARAG	3,2	3,9	3,7	3,8	3,3	4,4	3,6	3,4	4,3	4,3	4,9	4,9
A.ZGZA												
AST	2,4	2,3	3,4	1,9	1,6	1,6	2	1,6	1,6	1,9	1,8	3,6
I.BAL	5,3	5,5	5,1	4,2	4,1	4,2	4,5	4,6	4,1	4,5	4,2	7,3
I.CAN	4,8	5,1	4,3	4	1,6	3,1	1,6	2,9	4	3,4	5,8	7,4
CANT	0,27	1	1,2	1,6	0,92	0,83	0,61	1,1	0,79	0,95	0,51	0,22
CLM	1,2	1,2	1,5	1,5	1,1	1,4	1,4	1,3	1,5	1,6	1,3	1,3
CYL	5	4,1	4,6	4,4	3,9	3,6	3,2	3,1	3	3,9	4,3	3,8
CAT	6	6,2	6,9	5,7	4,3	4,2	4	4,4	4,9	5,9	5,8	8,3
C.VAL	4,2	4,9	4,1	4,5	3,8	4,4	4,2	4	4,2	4,8	4,7	5,9
EXT	2,4	1,6	2,1	2	1,7	2,8	2,7	3	3,5	2,7	1,6	2,5
GAL	5,4	4,3	5,4	5,4	3,7	5,7	4,9	5,3	5,8	6,6	6,8	6,1
C.MAD	8,6	5,4	5,1	4,4	3,4	4	4	4,8	4,6	5,2	5	7,8
A.MAD												
MUR	7,8	7,4	6,3	6,2	5,7	8,4	8,4	7,7	7,4	7,1	6,6	7,2
NAV	6,1	7,4	6,7	5,5	4,1	4,2	3,2	3,2	4,7	6,1	5,6	8,7
PV	3,7	2,8	2,8	2,9	1,7	1,7	1,9	2	2,7	3,1	2,7	3,3
LR	6,4	7,1	6,7	5,9	5	6,6	5,8	4,8	5,9	6,6	6,3	9
CEU												

Figura 17. Distribución por regiones y tipo de área de valores medios mensuales de NO₂ (µg/m³)

6. PARTÍCULAS PM10

6.1.1 Evolución 2001-2021 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 todas las demás en la representación de los datos y gráficos que se muestran en este informe. Existe una metodología para el descuento del aporte atribuido a dichas 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 descuentos se mantiene dicha superación del VL.

En la Figura 18 se observa cómo a pesar de la influencia de fuentes naturales, la tendencia de los niveles ha sido decreciente a lo largo del periodo considerado, hasta alcanzar valores medios en 2021 de aproximadamente la mitad de los registrados en 2001. Los valores máximos también han disminuido con los años, principalmente hasta 2010. Destaca, como para otros contaminantes, una reducción significativa desde 2008 atribuible, a priori, al impacto en la reducción de emisiones causadas por la crisis económica⁶, que se habrían mantenido gracias a las medidas de reducción de emisiones que se han ido adoptando en la última década.

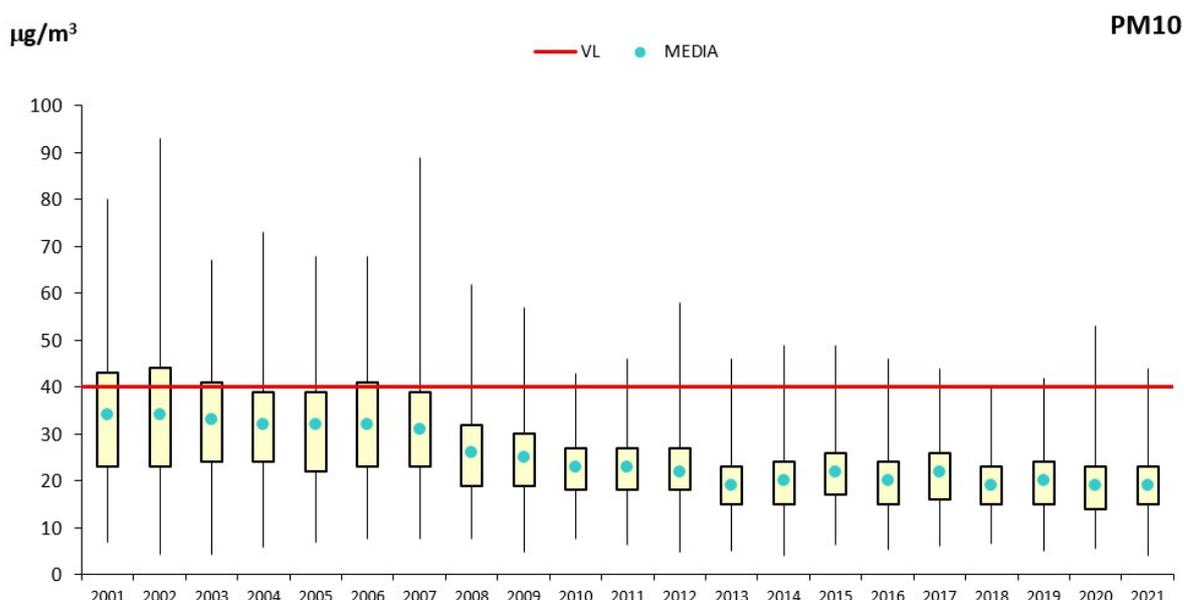


Figura 18 Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de PM10 2001-2021

⁶ Bases científico-técnicas para un Plan Nacional de Mejora de la Calidad del Aire, CSIC, 2012.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

En la Figura 19 y en la Figura 20 se aprecia cómo la disminución es especialmente notable en zonas urbanas y suburbanas y en las estaciones de tráfico seguidas de las industriales.

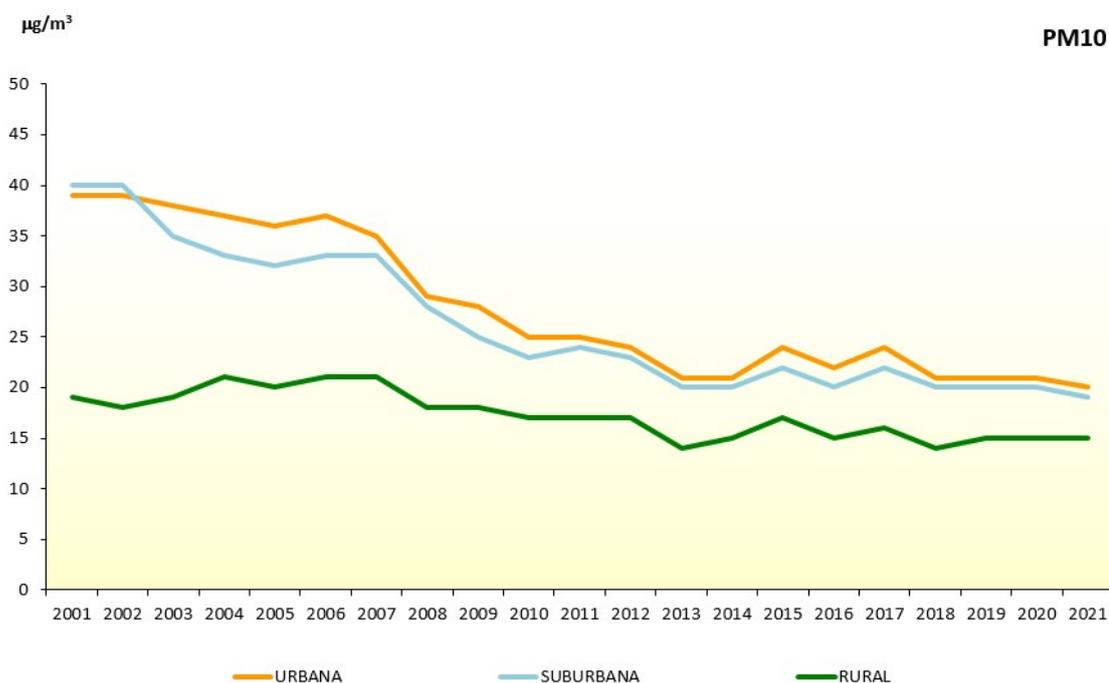


Figura 19 Evolución de las medias anuales de PM10 (2001-2021) por tipo de área

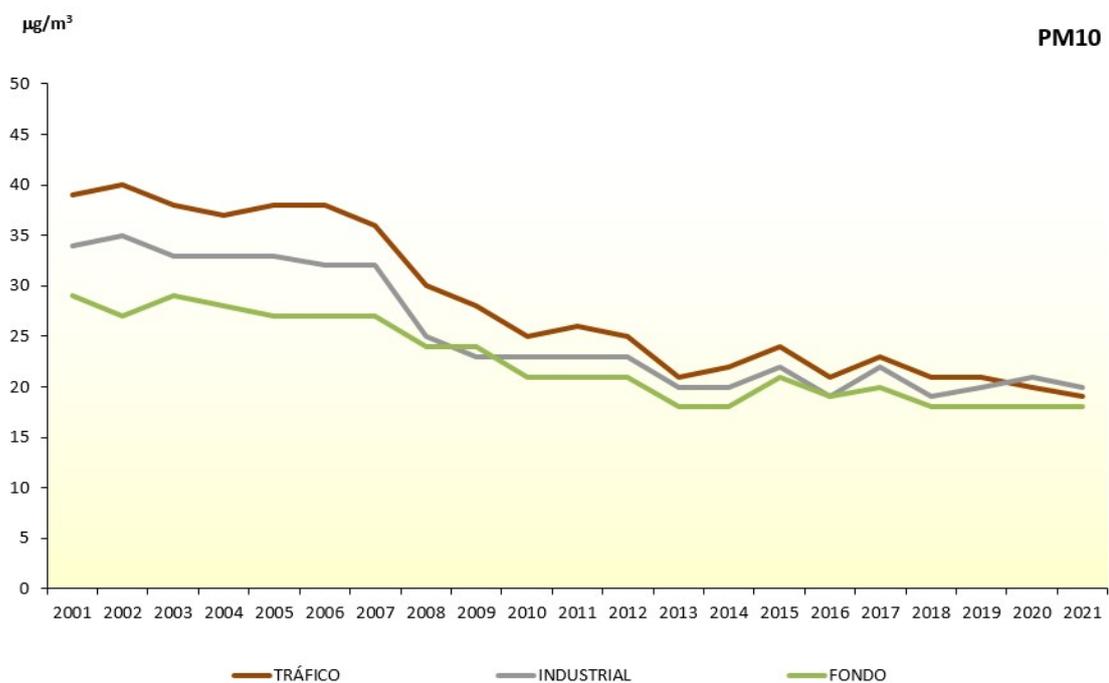


Figura 20 Evolución de las medias anuales de PM10 (2001-2021) por tipo de estación

Dicha disminución se observa también en la representación de mapas de estaciones, tanto en la evolución de 2016 a 2021 de valores diarios (Figura 21) como en los valores medios anuales (Figura 22), en que se observa una reducción de las estaciones con mayores concentraciones. La proximidad del archipiélago canario respecto al continente africano se traduce frecuentemente en altos niveles de partículas por la influencia de episodios de intrusiones saharianas.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

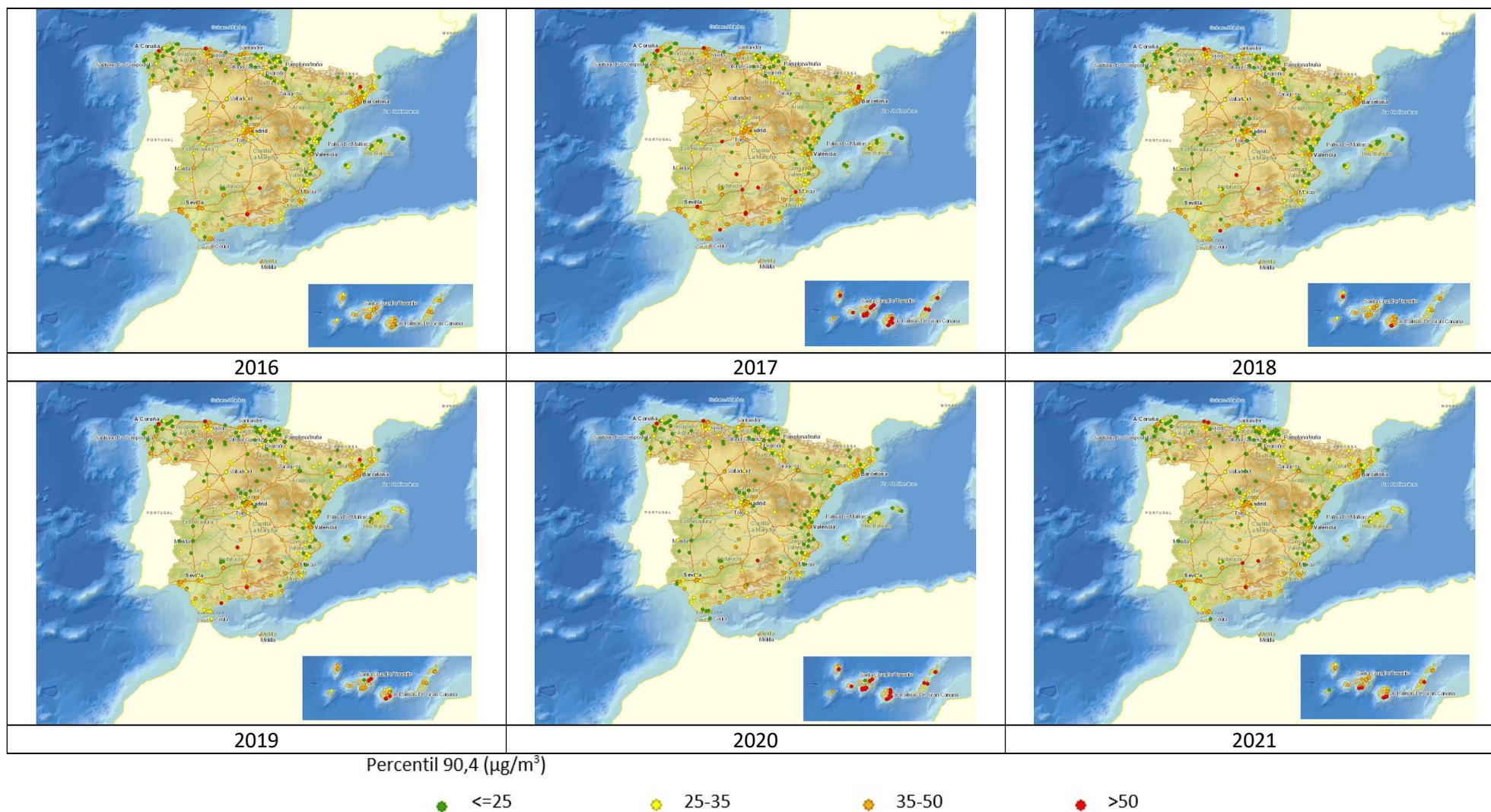


Figura 21 Evolución de los niveles de PM10 respecto al VLD a lo largo del periodo 2016-2021

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

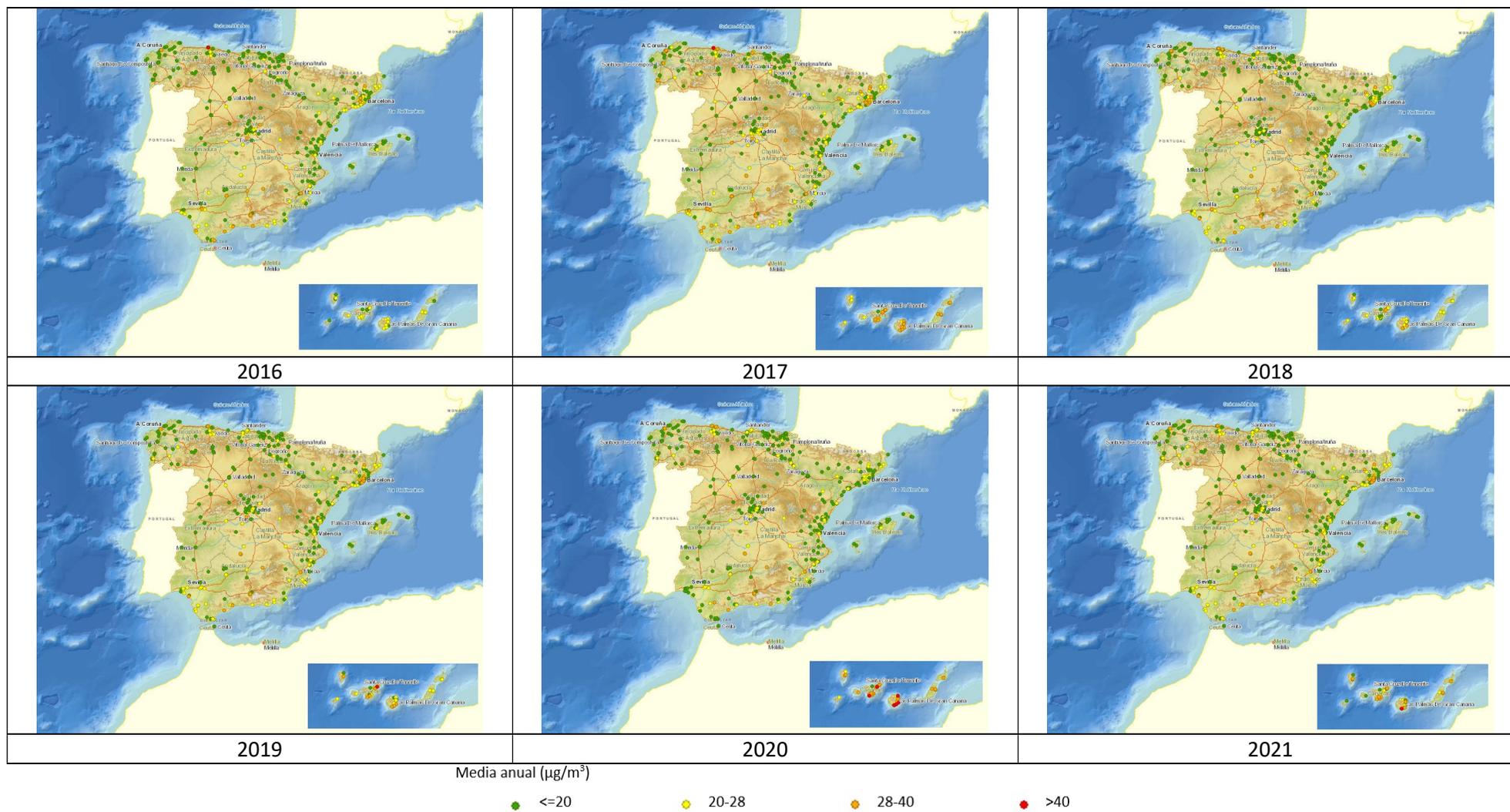


Figura 22 Evolución de los niveles de PM10 respecto al VLA a lo largo del periodo 2016-2021

6.1.2 Niveles de PM10 en 2021

Como se apuntaba al principio de este capítulo dedicado a las partículas, debido a la contribución de las fuentes de origen natural resulta más difícil establecer patrones de evolución a lo largo del año para este contaminante.

Las siguientes figuras muestran la distribución mensual a lo largo del año 2021 y reflejan el mismo comportamiento independientemente de la tipología de área o de estación; esto puede ser reflejo del efecto de los episodios de polvo del Sáhara (la Figura 28 muestra la distribución mensual del número de días con episodios africanos por regiones en 2021) y a su vez permite evidenciar cómo las estaciones suburbanas y urbanas registran cerca de $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ más que las estaciones de fondo, diferencia que puede atribuirse en este caso a una mayor influencia de las fuentes antrópicas en estas áreas.

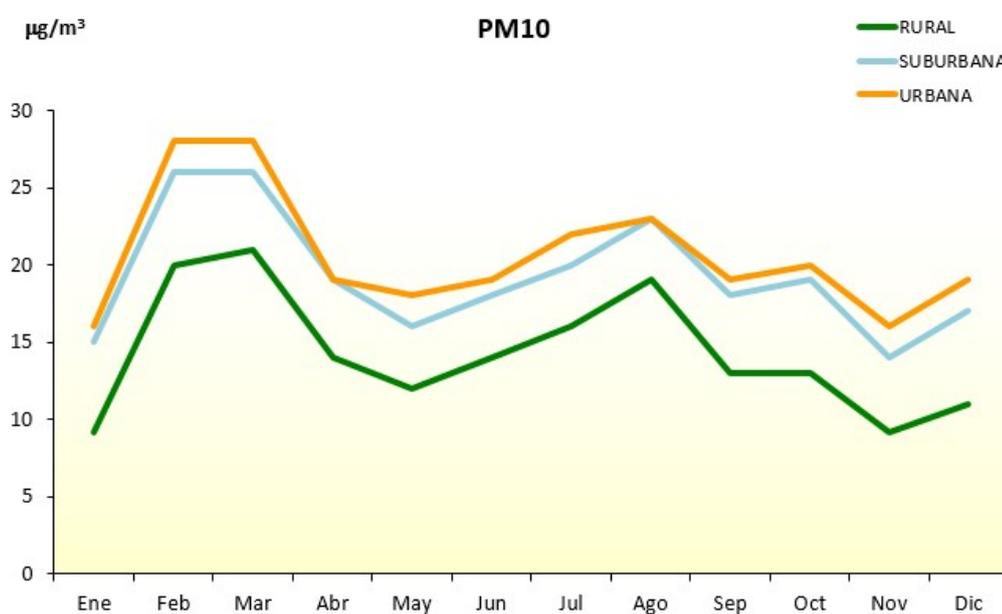


Figura 23 Evolución de las medias mensuales de PM10 en 2021 por tipo de área

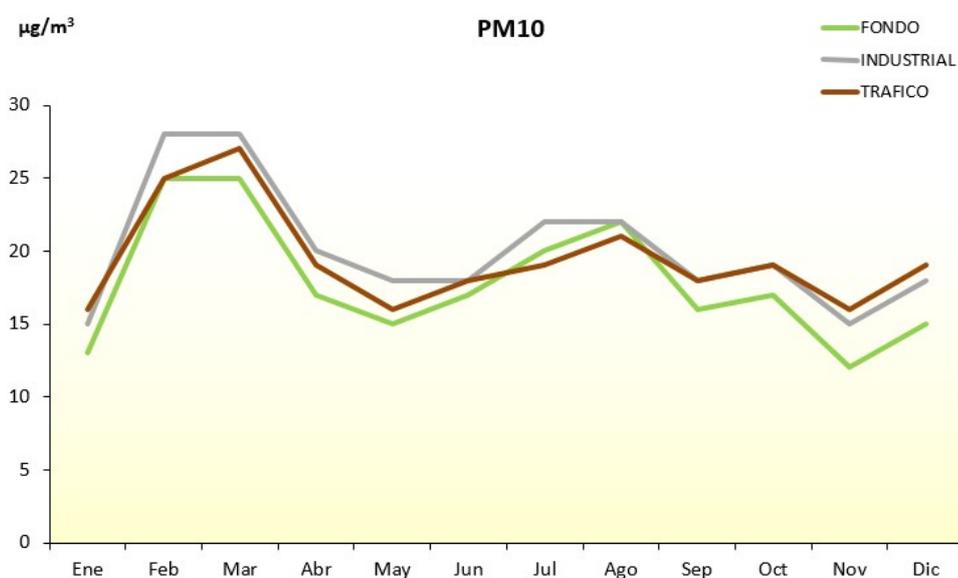


Figura 24 Evolución de las medias mensuales de PM10 en 2021 por tipo de estación

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

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 477 estaciones que se emplearon en 2021 para evaluar PM10, antes de descontar las fuentes naturales de PM10 sólo dos estaciones, una de tipo suburbano y otra de tipo urbano, superaron el VLA, mientras que el VLD lo excedieron 12 estaciones (2 suburbanas y 10 urbanas, conjuntamente el 2,51% del total).

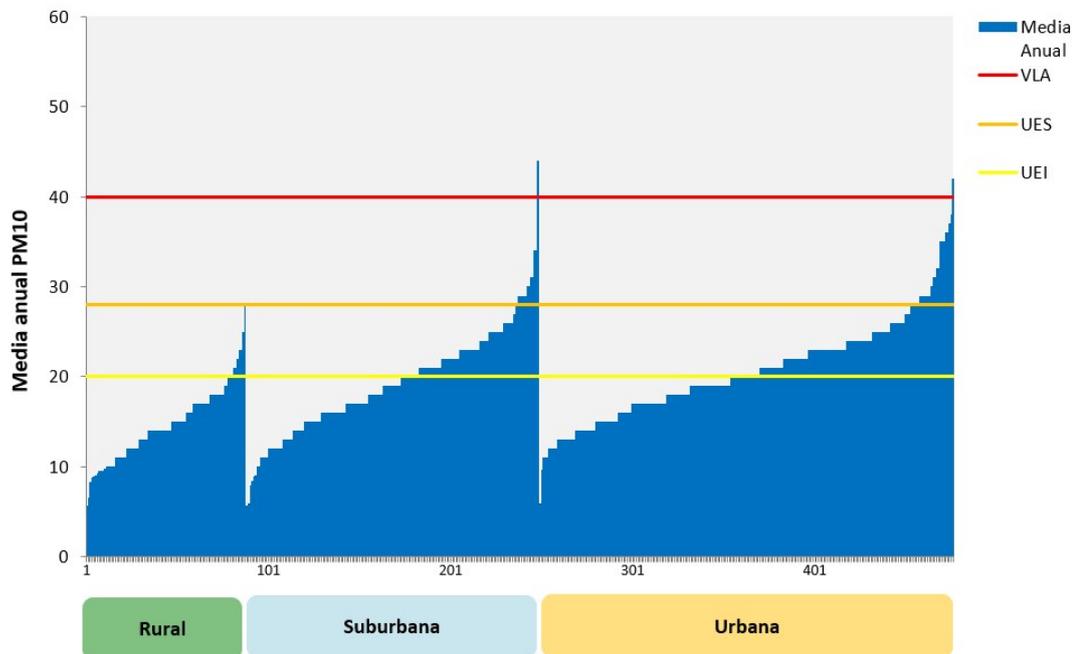


Figura 25 Distribución de la media anual de PM10 (2021)

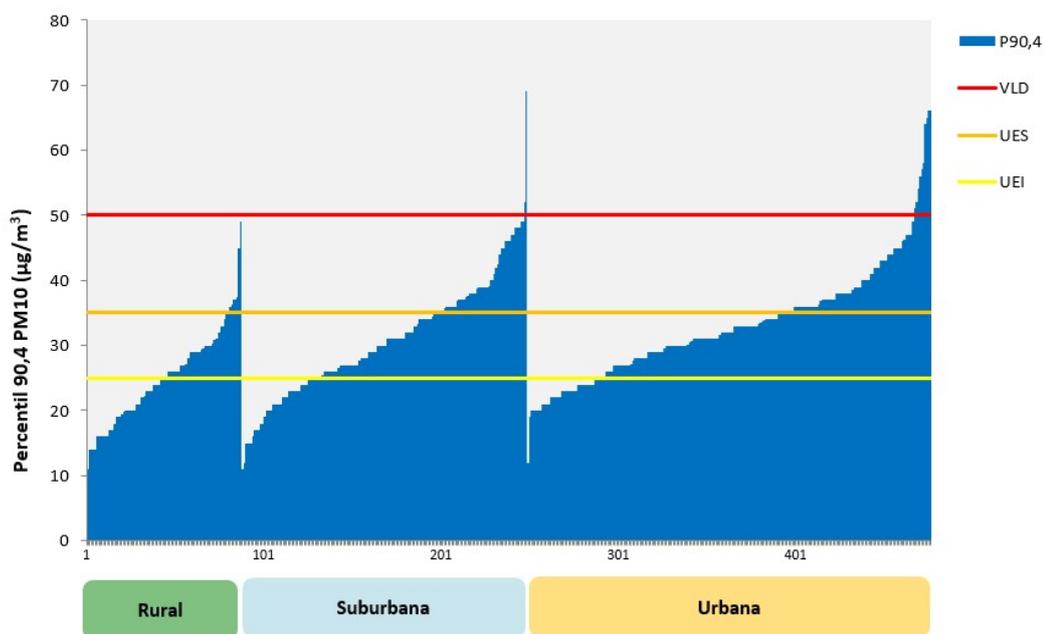


Figura 26 Distribución del Percentil 90,4 de PM10 (2021)

6.1.3 [Distribución regional de PM10 en 2021](#)

La Figura 27 muestra el promedio mensual de los valores medios diarios registrados en las estaciones que han participado en la evaluación de la calidad del aire para PM10. En ella puede observarse

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

como los valores más elevados se dieron, con carácter general, durante los meses de febrero y marzo, especialmente en las Islas Canarias. La Figura 28 muestra la distribución de días con intrusión sahariana durante 2021 y permite apreciar cómo el mayor número de episodios se concentró en febrero y marzo y también fueron significativos el número de días con intrusión de fuentes naturales en el período estival.

		2021											
Red	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	AND		17	24	29	21	18	20	26	32	21	21	17
ARAG		9,8	23	25	15	15	17	19	22	15	18	16	11
A.ZGZA		11	24	25	15	14	16	18	20	16	22	13	13
AST		20	23	29	28	21	21	21	20	22	21	19	25
I.BAL		15	32	22	18	15	18	19	24	22	15	14	17
I.CAN		17	52	38	21	23	21	31	23	20	26	17	28
CANT		13	21	27	23	17	16	15	14	16	17	14	17
CLM		18	29	30	19	20	23	30	38	22	23	15	17
CYL		12	21	23	14	11	12	14	18	13	14	11	11
CAT		17	29	27	19	17	20	20	21	19	20	17	22
C.VAL		9,4	21	19	14	13	14	16	20	15	13	8,6	13
EXT		9,4	16	18	11	9,9	12	15	20	10	12	9,2	7,7
GAL		14	14	24	19	14	16	13	14	14	14	13	15
C.MAD		17	27	26	13	12	16	19	26	15	17	12	16
A.MAD		16	26	24	14	14	18	23	28	16	17	12	14
MUR		16	28	22	19	20	22	30	37	26	19	14	19
NAV		10	24	24	17	13	15	15	16	13	17	11	11
PV		12	20	24	17	15	15	15	13	16	16	13	13
LR		12	26	27	19	16	15	17	18	13	17	13	11
CEU		11	17	20	18	14	15	17	19	16	13	11	11

Figura 27. Distribución por regiones y tipo de área de valores medios mensuales de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

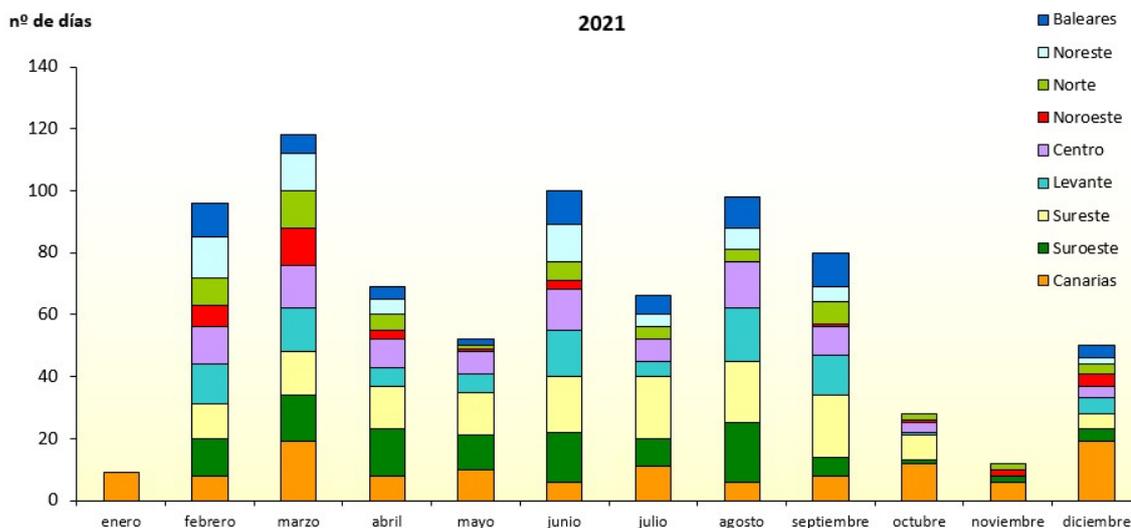


Figura 28 Distribución mensual del número de días con episodios africanos por regiones en 2021⁷

Las regiones mencionadas en la imagen anterior son las que se reflejan gráficamente en la Figura 29.

⁷ Fuente de los datos: "Episodios Naturales de Partículas 2021". Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) / Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD), Subdirección General de Aire Limpio y Sostenibilidad Industrial (Marzo 2022) https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/episodiosnaturales2021_tcm30-540570.pdf



- Canarias
- Suroeste: Andalucía occidental, sur de Extremadura
- Sureste: Andalucía oriental, Murcia
- Levante: Comunidad Valenciana hasta el delta del Ebro
- Centro: Resto de Extremadura, Castilla la Mancha, Comunidad de Madrid, Castilla León
- Noroeste: Galicia, Asturias, noroeste de Castilla y León
- Norte: Cantabria, País Vasco, La Rioja, Navarra
- Noreste: Aragón, Cataluña
- Baleares

Figura 29 Regiones consideradas en relación con los episodios naturales de partículas 2021

FUENTE: CSIC / MITECO

La Figura 30 muestra que la contribución de las fuentes naturales en 2021 ha sido especialmente relevante en Canarias, seguida por Castilla y León, Andalucía, Murcia y Castilla-La Mancha.

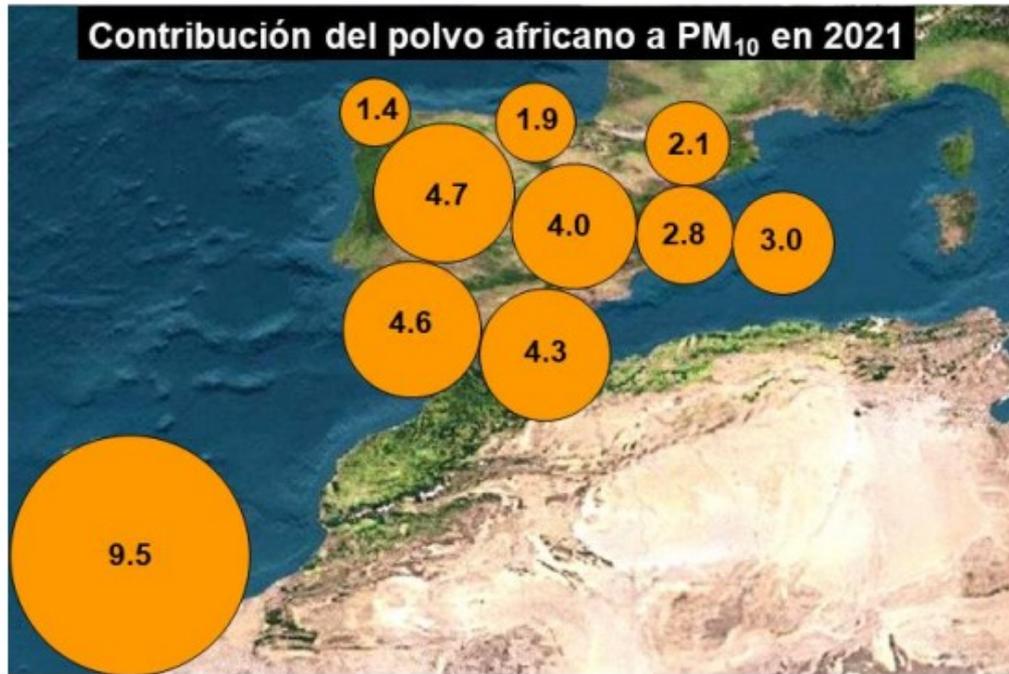


Figura 30 Contribución de polvo africano a PM10 (µg/m³) en el año 2021

FUENTE: CSIC / MITECO

7. PARTÍCULAS PM2,5

7.1.1 Evolución 2008-2021 de las partículas PM2,5

De la Figura 31 se desprende que los niveles medios de PM2,5 han disminuido desde 2008 y especialmente acusada desde 2017. Destaca el año 2021, en el que el percentil 75 es el más bajo de toda la serie.

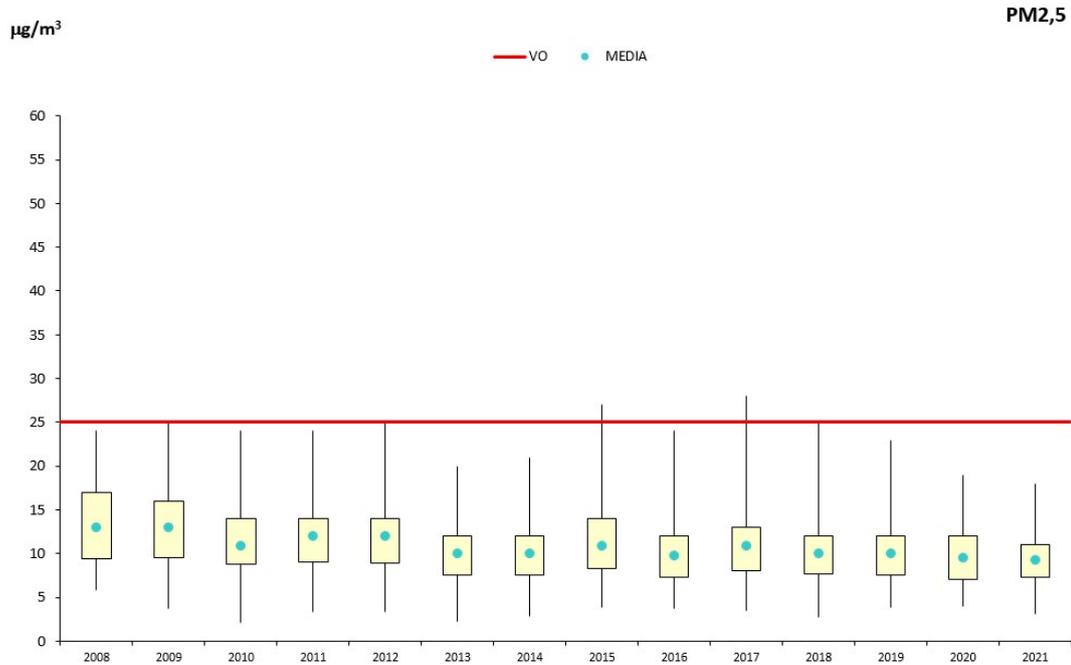


Figura 31 Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de PM2,5 2008-2021

Por tipo de área, la Figura 32 muestra la mayor disminución en las urbanas, siendo la evolución de su perfil similar al de las suburbanas a lo largo del periodo considerado.

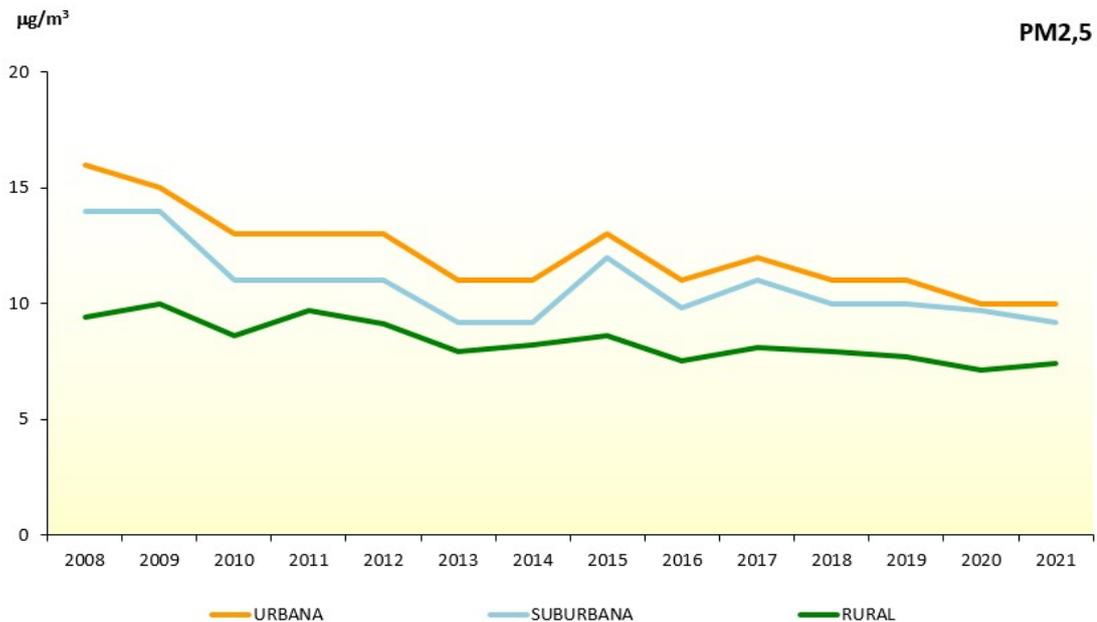


Figura 32 Evolución de las medias anuales de PM2,5 (2008-2021) por tipo de área

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

Si se atiende a la tipología de estación, en la Figura 33 se observa que las reducciones más evidentes se han registrado en las estaciones de tráfico, seguidas de las industriales, siendo el comportamiento de las de fondo el más estable.

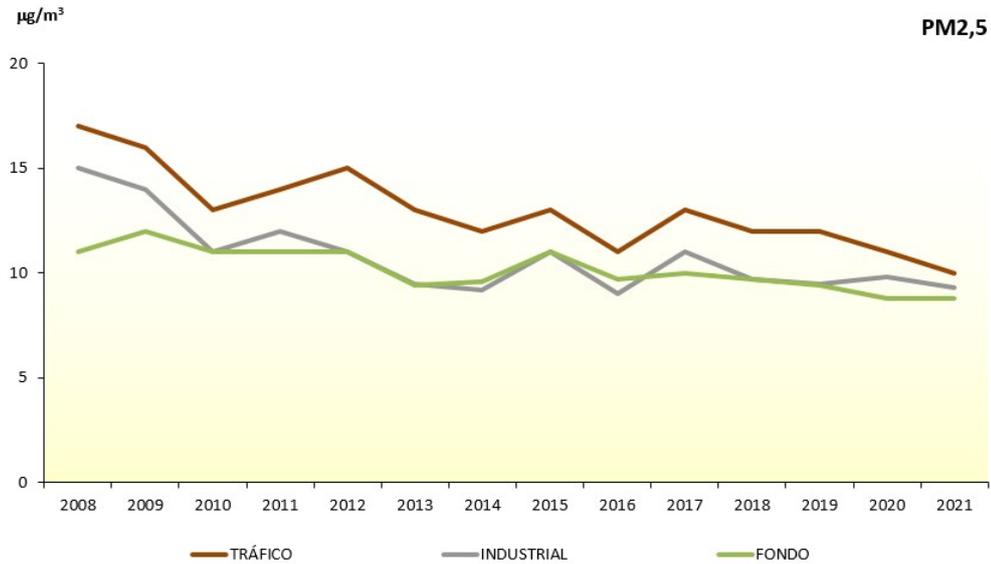


Figura 33 Evolución de las medias anuales de PM2,5 (2008-2021) por tipo de estación

Los mapas de estaciones de valores medios anuales de 2016 a 2021 para las PM2,5 (Figura 34) muestran una reducción del número de estaciones con mayores concentraciones.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

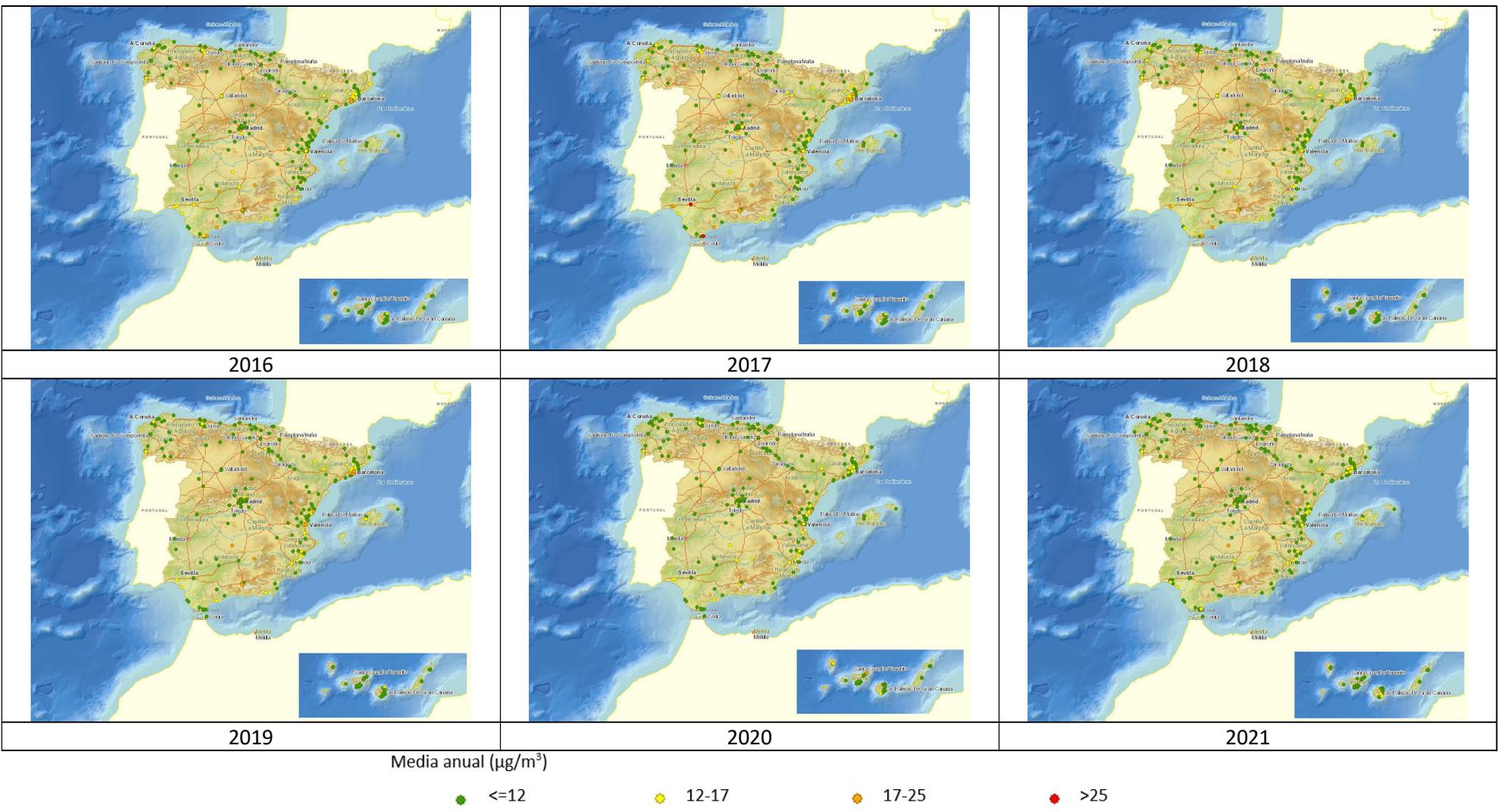


Figura 34 Evolución de los niveles de PM2,5 respecto al VLA a lo largo del periodo 2016-2021

7.1.2 Niveles de PM2,5 en 2021

Si se comparan las figuras a continuación con las de PM10 (Figura 23 y Figura 24), en 2021 se aprecia una correlación entre los valores de ambos contaminantes, con máximos en febrero y marzo y picos estacionales más bajos en agosto, octubre, enero y diciembre, repitiéndose el comportamiento independiente de la tipología de área o estación.

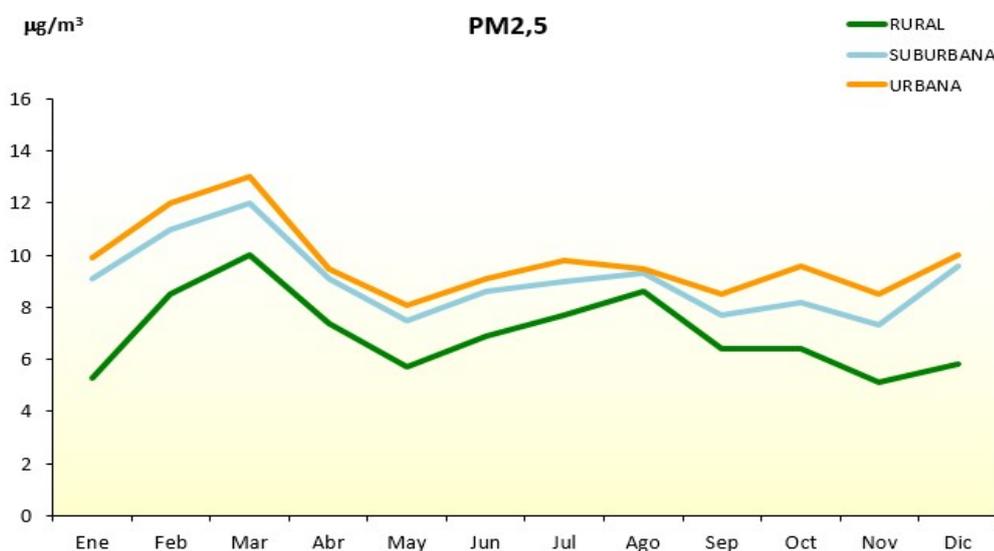


Figura 35 Evolución de las medias mensuales de PM2,5 en 2021 por tipo de área

A diferencia de los gráficos de PM10, por tipología de estación las estaciones de tráfico mantienen los registros más altos para PM2,5 en todo el año (para las PM10, las estaciones industriales muestran los niveles más elevados de enero a septiembre).

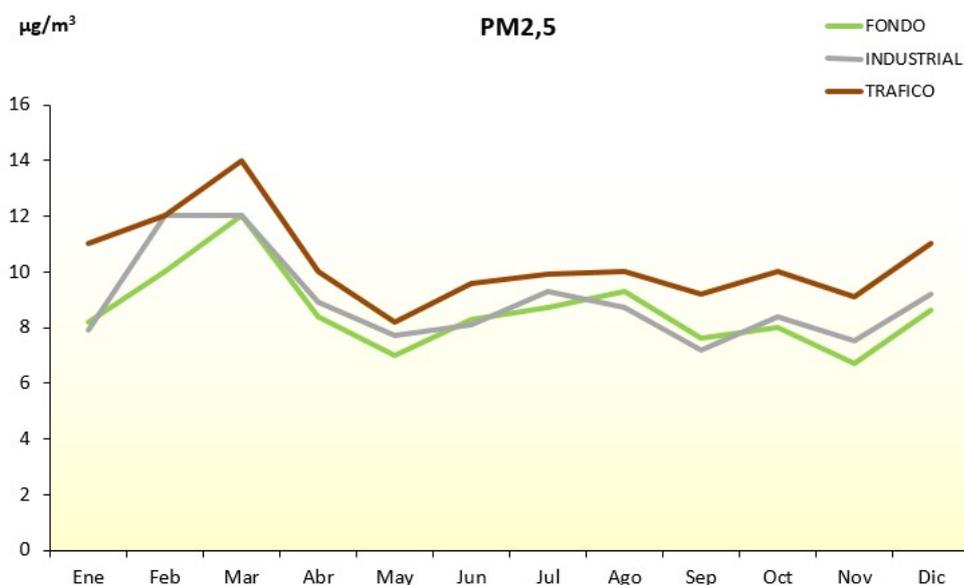


Figura 36 Evolución de las medias mensuales de PM2,5 en 2021 por tipo de estación

La Figura 37 recoge la distribución de las medias anuales de PM2,5 de las estaciones que han participado en la evaluación de este contaminante en 2021, agrupadas por tipo de área. De las 310 estaciones que se emplearon para evaluar PM2,5 ninguna supera el VL y únicamente una de ellas (de tipo suburbano) se sitúa por encima del UES.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

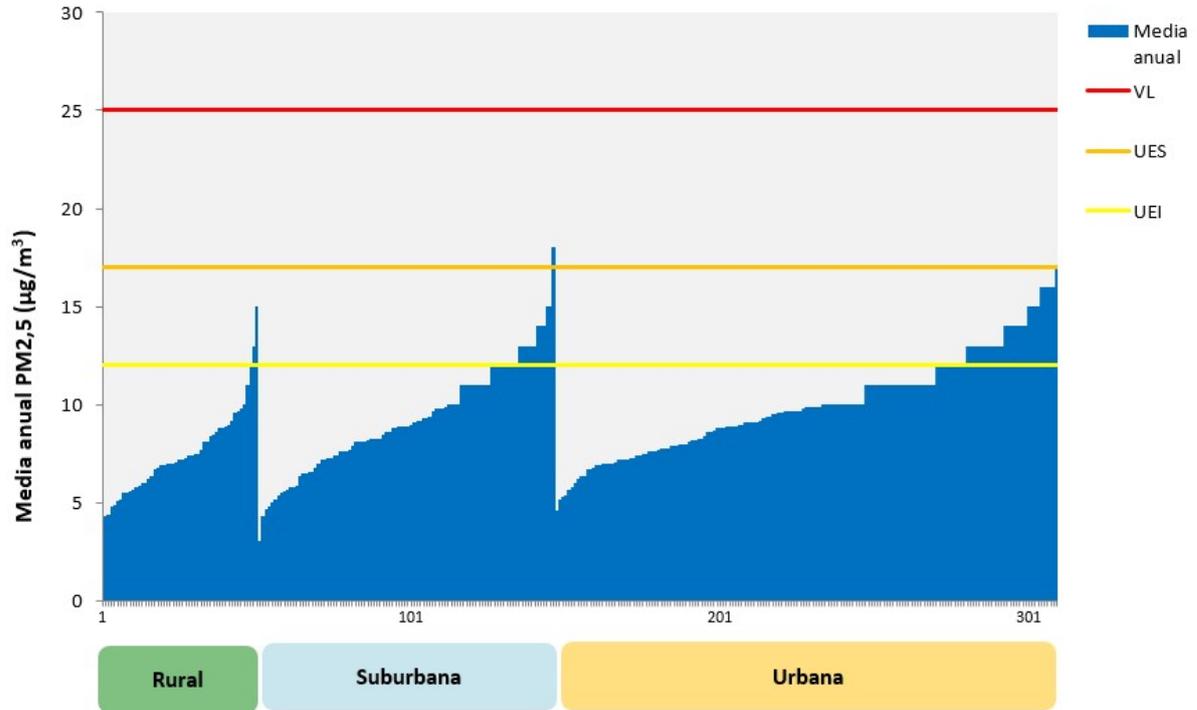


Figura 37 Distribución de las medias anuales PM2,5 (2021)

7.1.3 Distribución regional de PM2,5 en 2021

El promedio mensual de valores medios diarios registrados en 2021 en las estaciones de evaluación de PM2,5 por redes de calidad del aire, recogido en la Figura 38, refleja los picos de los meses de invierno de las Figura 35 y Figura 36, que se han producido de forma generalizada, así como el de los meses de verano, menos intenso.

		2021											
		Mes											
Red	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AND		9	10	12	9	7	8	10	12	9	9	9	9
ARAG		7	12	14	9	8	10	12	12	8	9	8	7
A.ZGZA		7	12	17	11	8	7	11	11	8	9	7	8
AST		10	10	13	11	8	9	8	7	8	9	9	13
I.BAL		4	8	8	5	3	5	6	7	6	4	3	7
I.CAN		7	14	12	8	8	7	10	8	6	9	7	9
CANT			12	15	8	6	6	7			8	10	
CLM		10	10	11	7	8	9	10	12	8	8	6	8
CYL		8	8	11	9	7	8	8	10	6	8	7	7
CAT		10	13	14	9	8	10	10	10	9	10	10	14
C.VAL		6	13	13	9	7	8	9	9	8	8	5	9
EXT		6	9	11	9	8	9	11	14	7	8	6	4
GAL		10	8	13	11	8	9	7	7	7	8	9	10
C.MAD		14	13	13	9	8	10	10	12	8	9	8	10
A.MAD		14	11	11	8	7	10	10	13	9	9	7	9
MUR		14	15	12	9	9	11	12	11	10	8	7	10
NAV		8	13	10	8	7	8	7	8	6	8	6	14
PV		8	10	13	10	8	9	9	8	9	9	8	8
LR		6	11	11	8	6	7	7	7	6	8	6	6
CEU		7	8	10	8	7	8	8	9	9	6	7	6

Figura 38. Distribución por regiones y tipo de área de valores medios mensuales de PM2,5 (µg/m³)

8. OZONO

8.1.1 Evolución 2004-2021 del O₃

En la Figura 39 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 8h) de O₃ en torno a los 100 µg/m³, si bien en los últimos años 2020 y 2021 se observa una mejoría en todos los estadísticos.

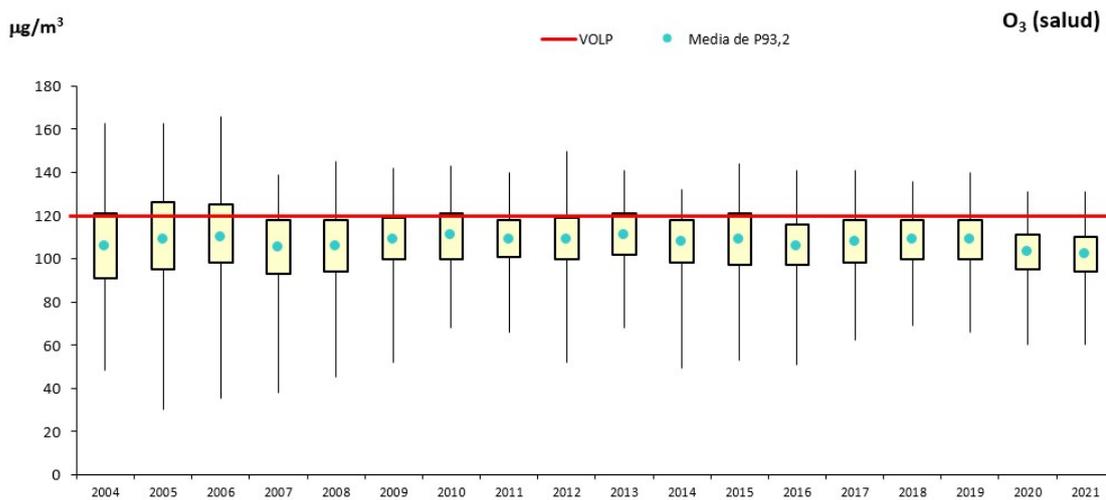


Figura 39 Diagrama de caja y bigotes del percentil 93,2 (de los máx. diarios 8h) de O₃ 2004-2021

En la evolución de las medias anuales de los percentiles 93,2 de O₃ desde 2004 que se muestra en la Figura 40 (por tipo de área) y en la Figura 41 (por tipo de estación) se observa para todas las tipologías de estación una disminución drástica del año 2019 al 2020, que se mantiene en 2021. De ambas figuras también se aprecia un decrecimiento en los niveles de las estaciones rurales y de fondo, y un incremento en las de tráfico. De ello se infiere una tendencia global a la baja en los niveles medios en las zonas rurales y un ascenso en las urbanas.

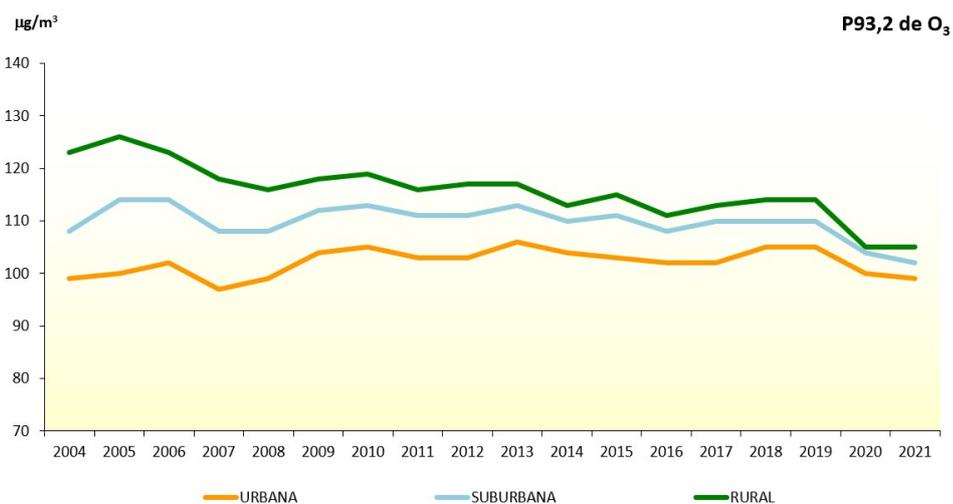


Figura 40 Evolución de las medias anuales de los percentiles 93,2 de O₃ (2004-2021) por tipo de área

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

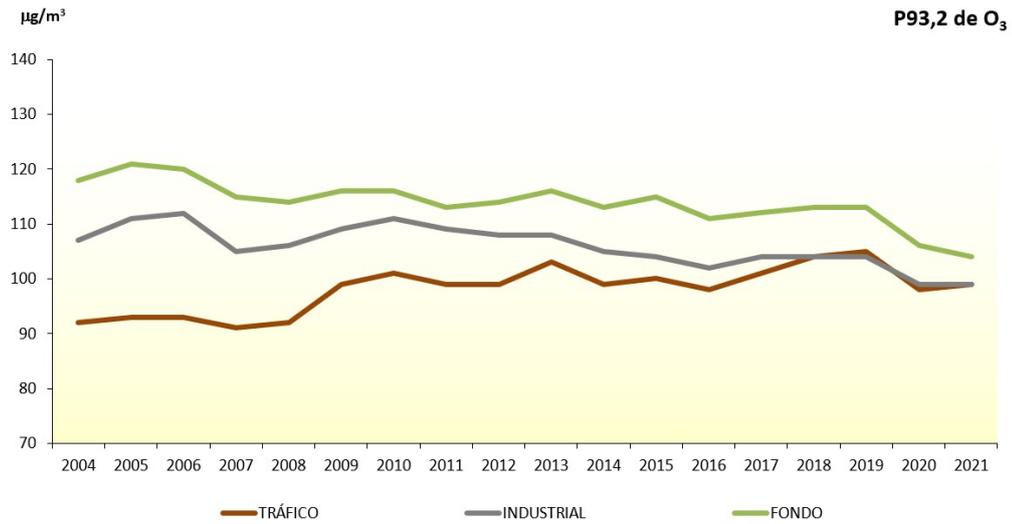


Figura 41 Evolución de las medias anuales de los percentiles 93,2 de O₃ (2004-2021) por tipo de estación

Al representar los mapas de estaciones de valores del percentil 93,2 de O₃ entre 2016 y 2021 (Figura 42), se observa la mejoría indicada en los párrafos anteriores. En todo caso, España es un país que se enfrenta, con carácter general, a unos niveles elevados de ozono.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

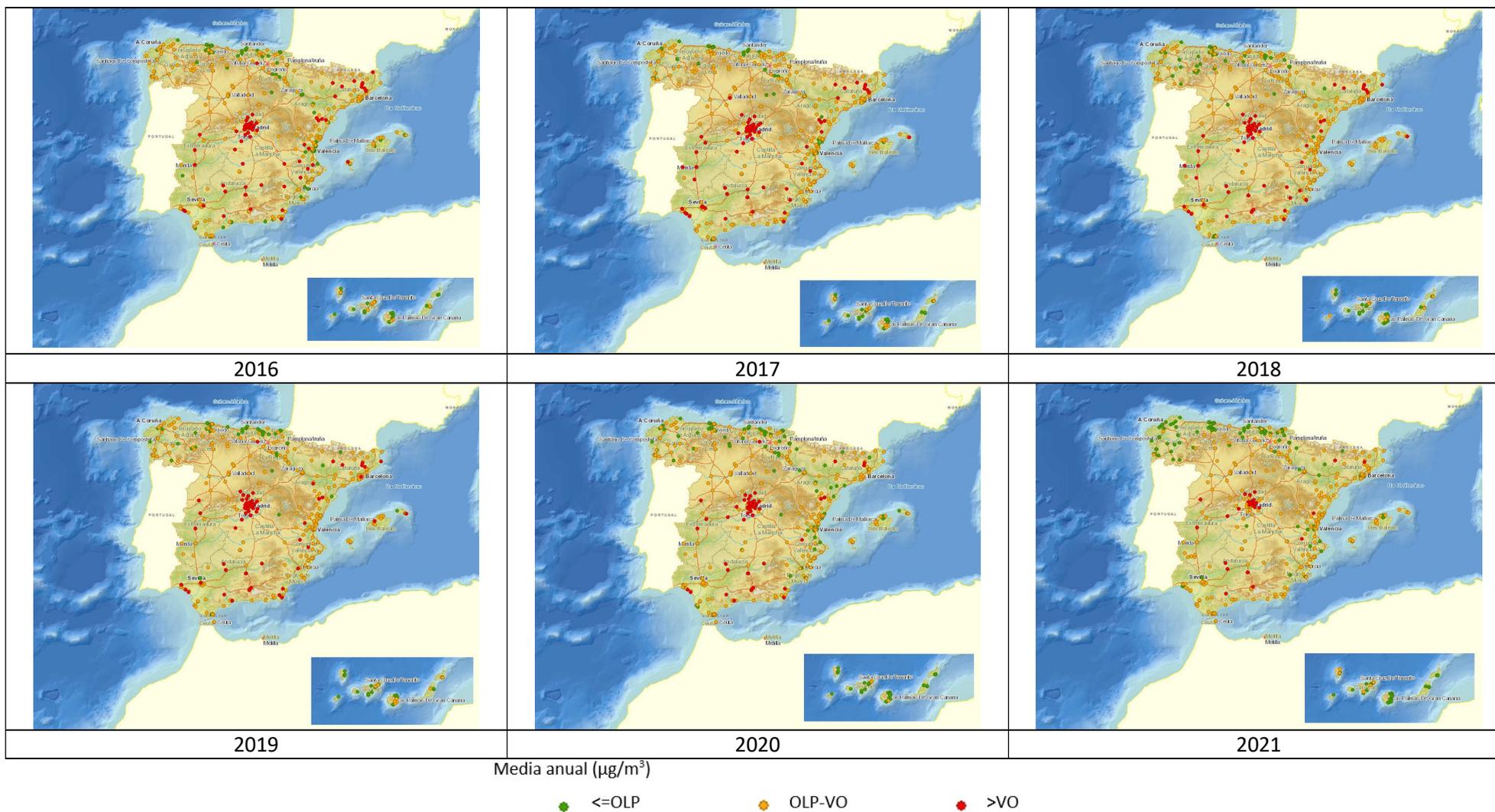


Figura 42 . Evolución de los niveles de O₃ respecto al VO a lo largo del periodo 2016-2021

8.1.2 Niveles del O₃ en 2021

En las Figura 43 y Figura 44 se observa cómo aparece la característica geometría convexa, con valores estivales altos, lo que resulta coherente dado que, como se indicó en el Capítulo 5, la radiación solar es determinante en la formación de este contaminante a partir de sus precursores.

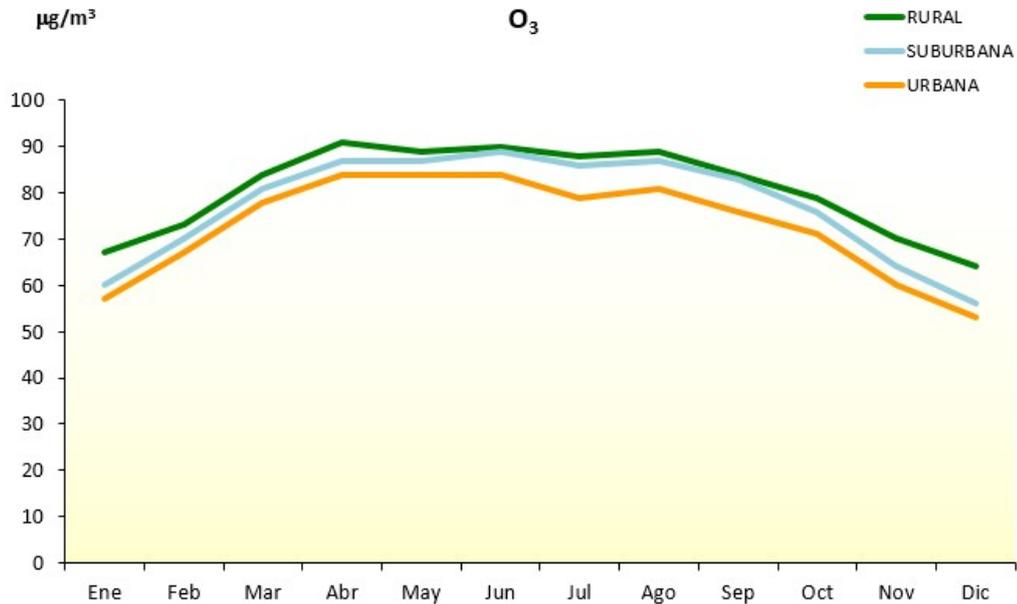


Figura 43 Evolución de las medias mensuales de máximos diarios octohorarios de O₃ en 2021 por tipo de área

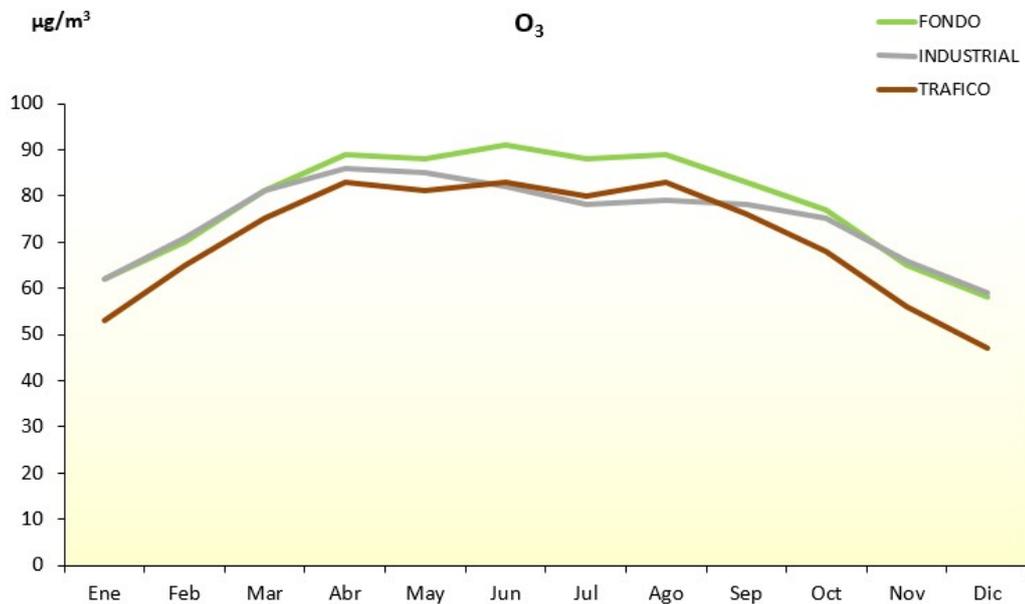


Figura 44 Evolución de las medias mensuales de máximos diarios octohorarios de O₃ en 2021 por tipo de estación

Finalmente, en la Figura 45 se analiza la distribución de los percentiles 93,2 de las estaciones que han participado en la evaluación del O₃ en el año 2021, agrupadas por tipo de área. En ella se puede observar que la línea que marca el OLP de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se supera en algunas estaciones.

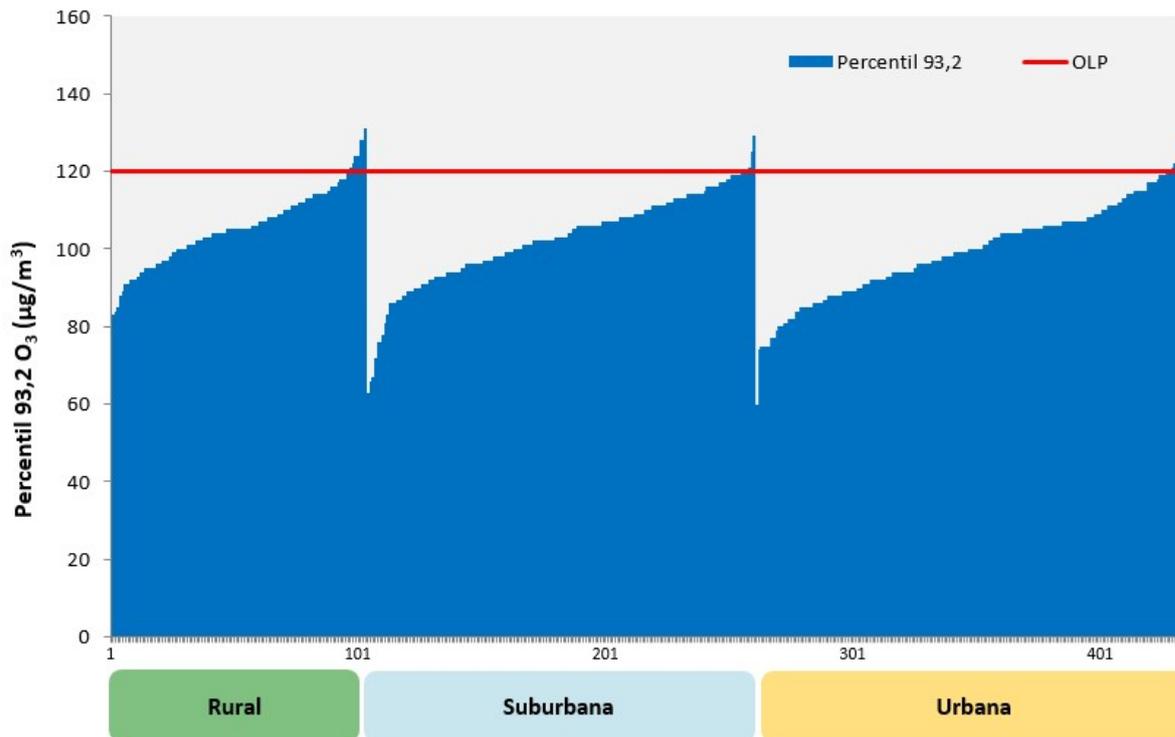


Figura 45 Distribución del Percentil 93.2 de O₃ (2021)

8.1.3 Distribución regional de O₃ en 2021

Al igual que para el NO₂, la Figura 46 recoge, para las diferentes redes de calidad del aire, el promedio mensual de los valores medios diarios registrados en 2021 en las estaciones de evaluación, en este caso para el O₃, clasificadas 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.

Rural -2021													Suburbana - 2021													Urbana - 2021															
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	61	68	73	75	78	74	73	71	72	59	57	AND		52	62	70	76	77	79	73	71	70	70	57	52	AND		44	55	63	72	73	75	68	67	63	60	47	44
ARAG		56	54	69	76	75	76	77	73	63	64	59	49	ARAG		36	37	52	61	52	48	57	57	43	41	40	23	ARAG		42	45	60	73	67	66	67	62	49	44	43	32
A.ZGZA		65	76	76	82	77	68	63	67	74	71	72	77	A.ZGZA		40	37	56	69	64	68	67	67	50	43	44	27	A.ZGZA		38	38	56	70	65	71	70	67	51	43	44	25
AST		57	59	73	84	78	74	71	67	70	65	64	58	AST		37	46	46	58	51	47	41	48	34	30	30	27	AST		37	45	47	62	54	53	48	55	42	36	35	31
I.BAL		71	67	79	71	79	63	51	54	59	68	66	60	I.BAL		57	63	74	81	80	79	73	71	73	69	63	57	I.BAL		50	53	65	78	70	72	62	60	62	55	49	45
I.CAN		67	63	67	74	62	62	56	57	65	64	70	74	I.CAN		65	67	80	69	75	65	54	54	62	64	67	65	I.CAN		59	62	75	64	71	58	49	50	55	61	63	56
CANT		70	71	76	82	83	86	91	92	79	75	69	67	CANT		26	31	30	36	28	26	27	41	40	38	41	41	CANT		37	46	49	59	51	54	44	46	47	42	40	39
CLM		57	62	67	73	70	72	70	73	62	55	56	50	CLM		38	43	53	59	64	74	75	71	57	47	42	38	CLM		37	42	58	65	73	79	80	78	63	57	39	34
CYL		51	52	66	77	70	74	76	71	64	58	51	44	CYL		45	54	59	67	68	70	68	70	53	46	43	40	CYL		45	52	58	66	67	68	69	70	56	46	42	38
CAT		58	58	66	69	68	70	70	67	62	58	57	51	CAT		38	43	54	69	64	67	67	62	56	48	37	30	CAT		37	43	53	69	64	68	64	58	55	43	34	29
C.VAL		47	54	61	64	72	78	77	77	62	56	48	46	C.VAL		50	54	59	68	66	66	64	66	62	53	51	44	C.VAL		44	53	59	70	65	66	63	66	63	53	45	39
EXT		53	65	64	69	64	60	50	56	57	52	52	50	EXT		47	65	60	64	61	59	49	54	51	46	46	47	EXT		41	47	47	60	68	77	75	77	61	50	40	42
GAL		60	62	73	77	82	85	90	92	73	70	66	56	GAL		38	45	56	63	69	75	76	77	60	51	44	37	GAL		34	42	52	62	70	74	76	76	55	45	40	32
C.MAD		87	89	72	68	65	66	57	57	46	47	44	39	C.MAD		33	37	47	54	68	76	78	76	52	43	37	32	C.MAD		31	38	48	56	65	73	74	72	51	41	35	28
A.MAD		43	51	58	68	62	66	63	66	61	54	45	32	A.MAD		43	51	58	68	62	66	63	66	61	54	45	32	A.MAD		33	44	53	58	55	56	57	59	53	41	35	31
MUR		47	50	64	72	59	58	57	59	52	52	52	37	MUR		49	58	66	75	62	61	53	54	55	50	49	46	MUR		40	43	59	71	62	61	58	60	50	44	42	23
NAV		66	69	78	88	74	71	64	66	70	67	64	62	NAV		39	54	61	71	58	58	49	48	48	41	38	43	NAV		39	54	61	71	58	58	49	48	48	41	38	43
PV		54	53	67	77	70	66	66	71	60	57	58	38	LR		38	39	52	61	57	60	54	63	55	46	43	26	LR		38	39	52	61	57	60	54	63	55	46	43	26
LR		58	76	89	89	81	75	69	63	66	83	64	67	CEU		58	76	89	89	81	75	69	63	66	83	64	67	CEU		58	76	89	89	81	75	69	63	66	83	64	67

Figura 46. Distribución por regiones y tipo de área de valores medios mensuales de O₃ (µg/m³)

9. MONÓXIDO DE CARBONO

9.1.1 Evolución 2003-2021 del monóxido de carbono (CO)

Históricamente los niveles de calidad del aire de CO han sido bajos. De hecho, en la Figura 47 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.⁸

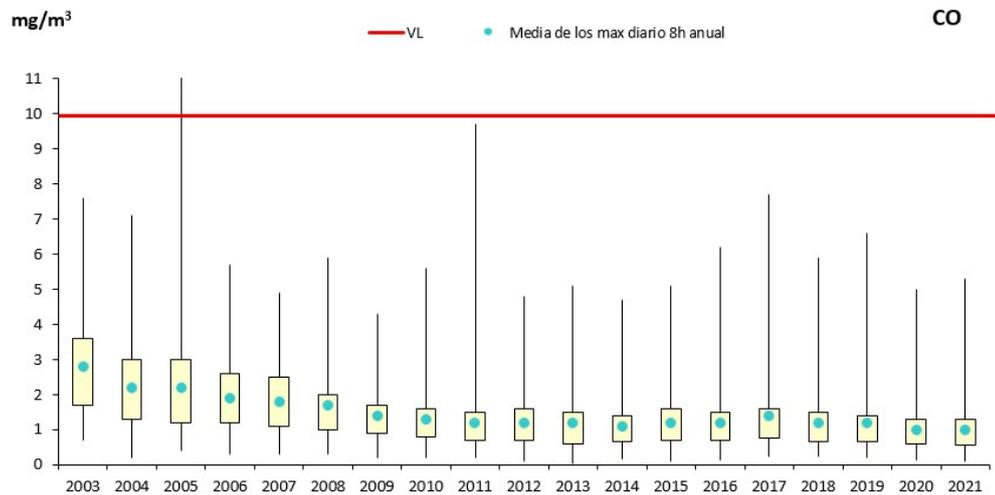


Figura 47. Diagrama de caja y bigotes de la media anual de los max. diarios 8h de CO 2003-2021

En la Figura 48 y en la Figura 49 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.

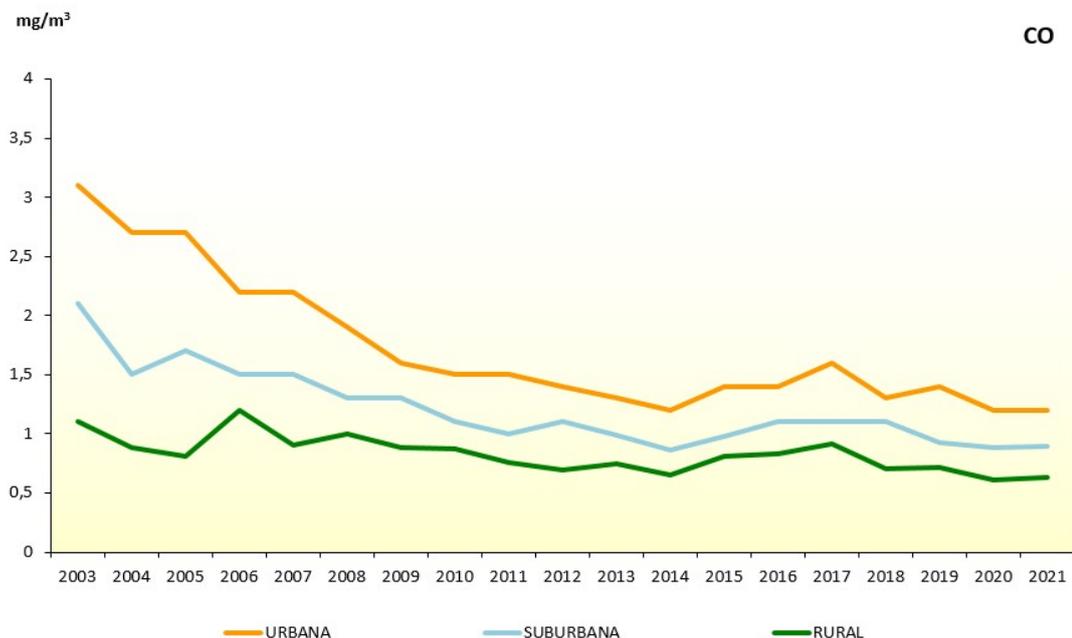


Figura 48. Evolución de las medias anuales de CO (2003-2021) por tipo de área

⁸ “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 2001-2021

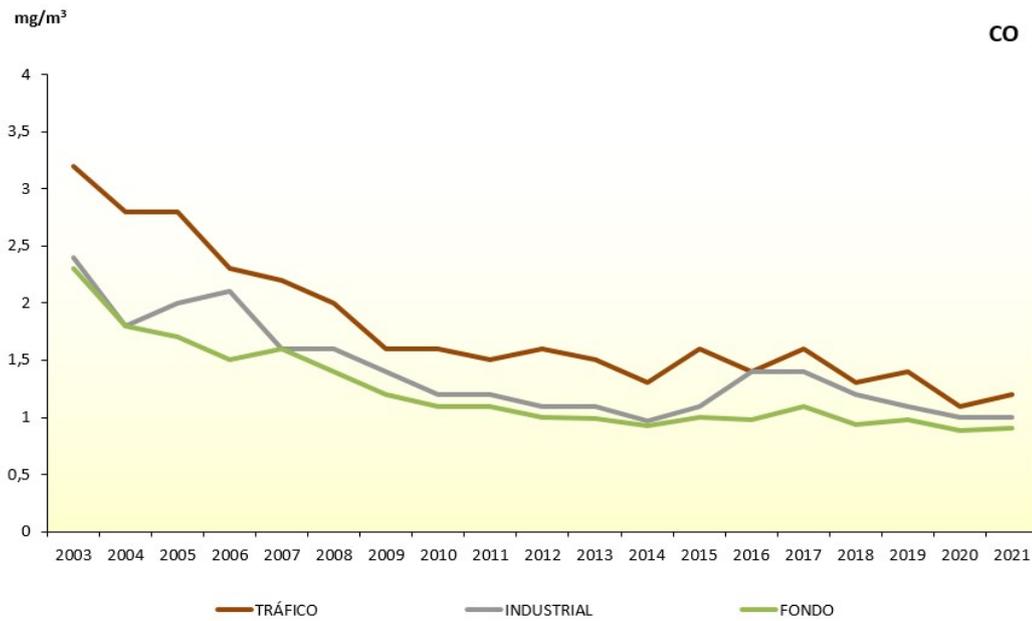


Figura 49. Evolución de las medias anuales de CO (2003-2021) por tipo de estación

9.1.2 Niveles de CO en 2021

El patrón de distribución del CO a lo largo del año presenta valores ligeramente más altos en invierno (enero, diciembre) respecto al verano, con un margen de variación de apenas 0,2 mg/m³. Además, de la Figura 50 y Figura 51 puede inferirse que los mayores niveles se registran en las estaciones urbanas y de tráfico, respectivamente.

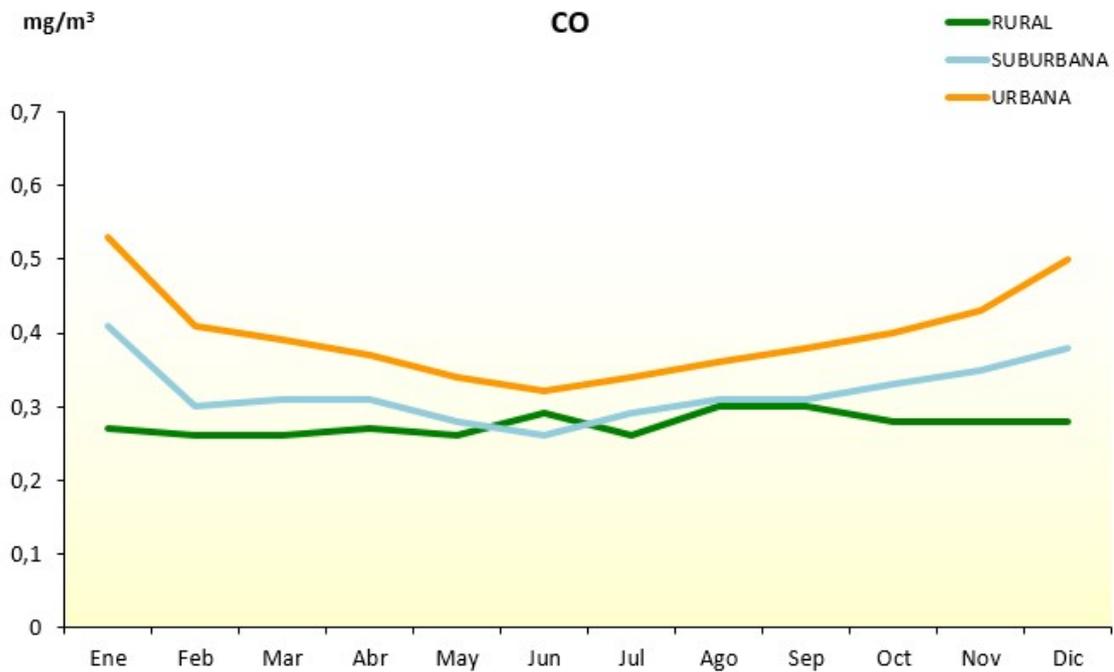


Figura 50. Evolución de las medidas mensuales de CO en 2021 por tipo de área

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

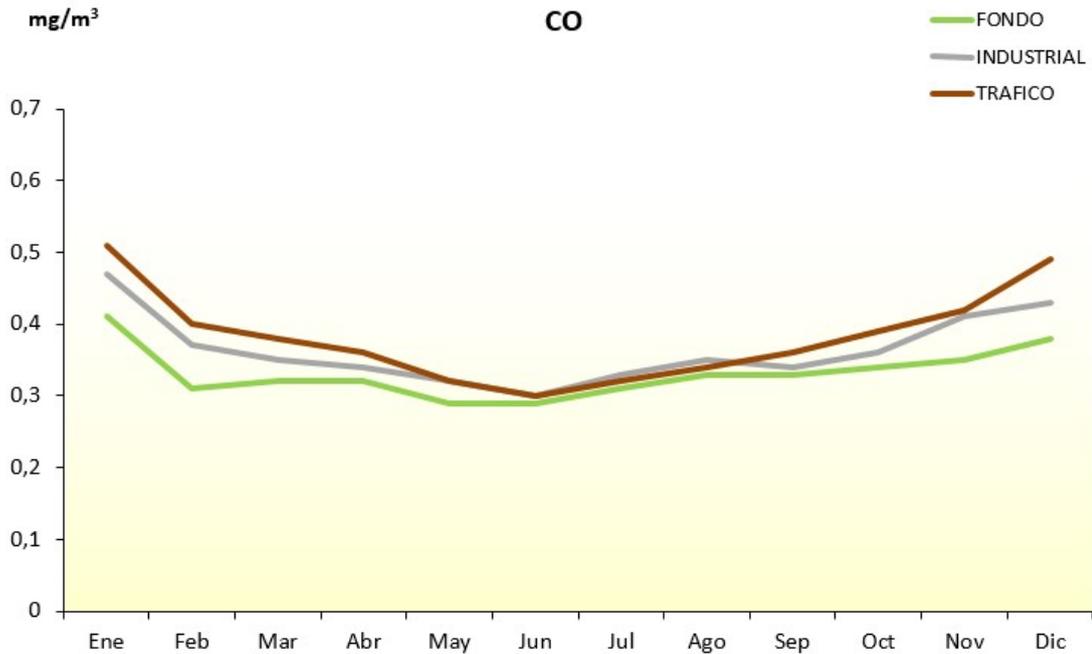


Figura 51. Evolución de las medidas mensuales de CO en 2021 por tipo de estación

Por otra parte, la Figura 52 reitera, para las estaciones que participan en la evaluación del CO en 2021, la distancia con el valor legislado y refleja que prácticamente todas las estaciones se sitúan por debajo del UEI, excepto una rural y otra urbana, si bien ambas alejadas del UES.

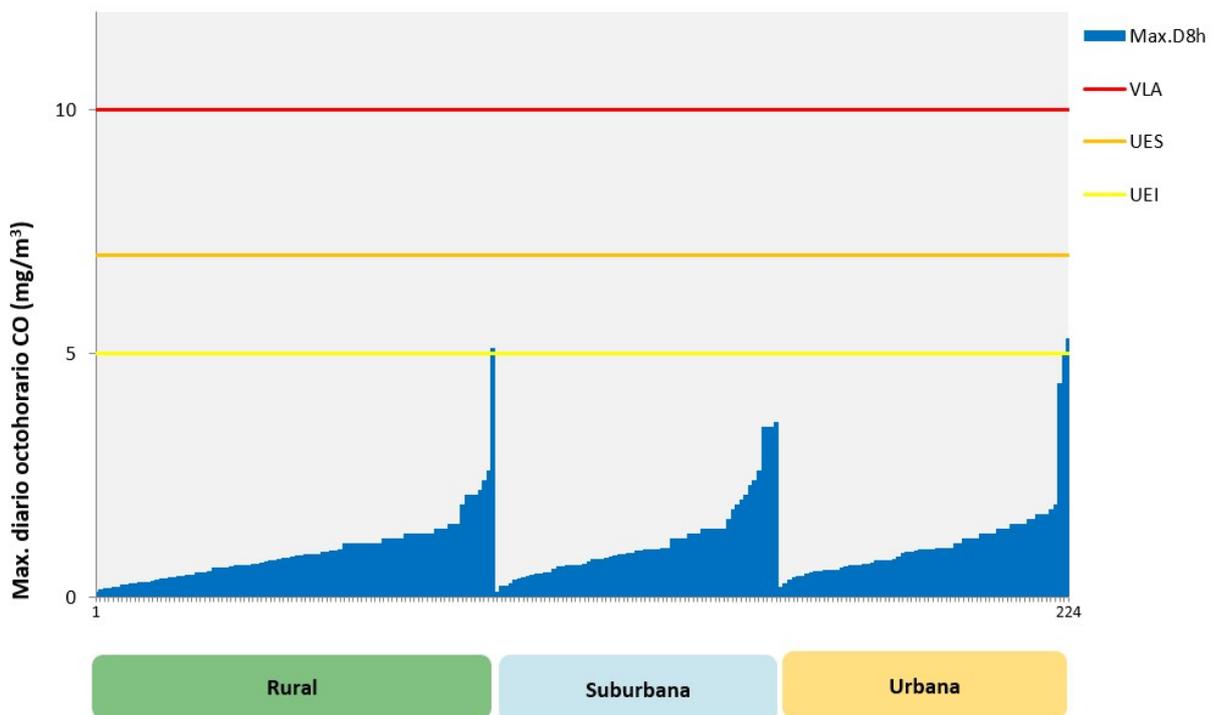


Figura 52. Distribución de los máximos diarios octohorarios de CO (2021)

10. BENCENO

10.1.1 Evolución 2003-2021 del benceno (C₆H₆)

En la Figura 53 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 prácticamente estabilizadas. En cuanto a los valores máximos, se observan fluctuaciones interanuales y una reducción mantenida desde 2017.

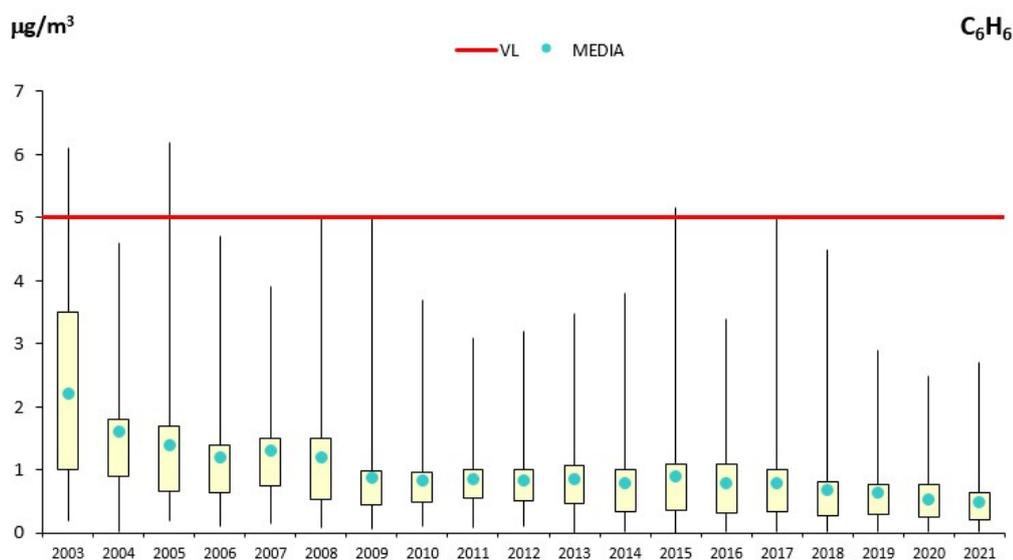


Figura 53. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de C₆H₆ 2003-2021

Si se atiende a la clasificación de las estaciones según el tipo de área donde se ubica (Figura 54) y según la tipología de la principal fuente de emisión influyente (Figura 55), la tendencia global desde 2003 muestra una clara reducción de los niveles en las estaciones de tráfico y urbanas.

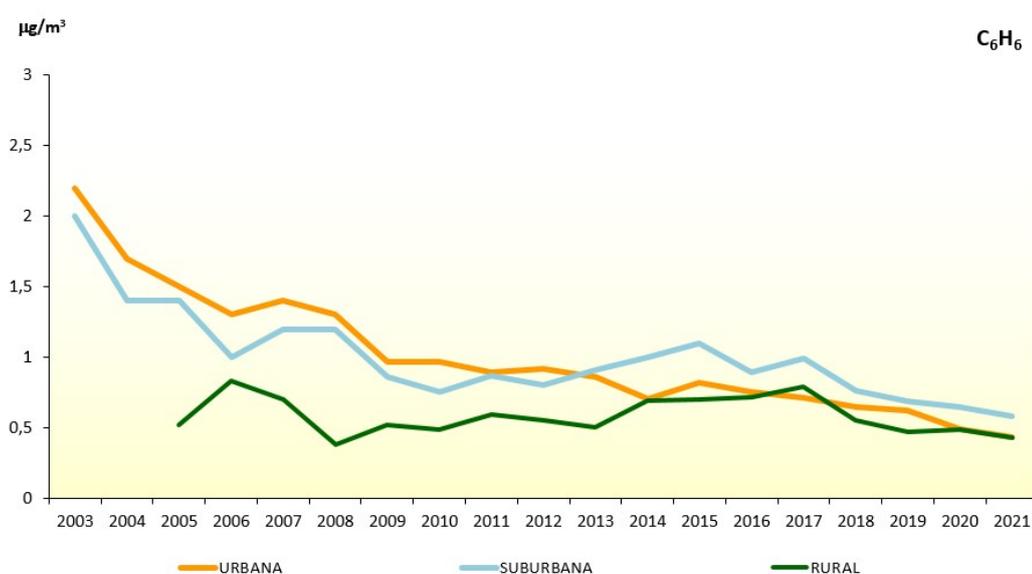


Figura 54. Evolución de las medias anuales de C₆H₆ (2003-2021) por tipo de área

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

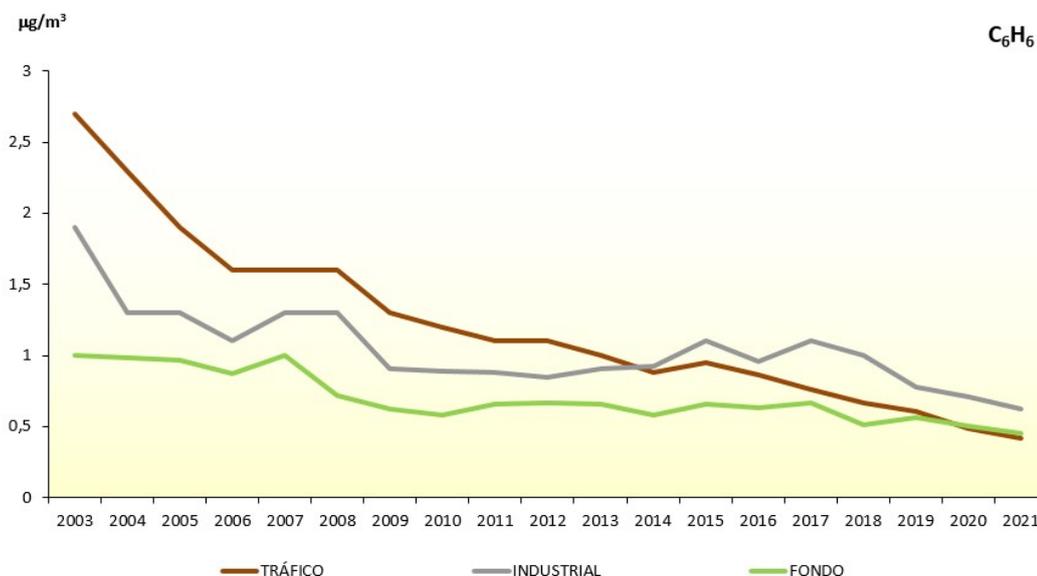


Figura 55 Evolución de las medias anuales de C₆H₆ (2003-2021) por tipo de estación

10.1.2 Niveles de C₆H₆ en 2021

El patrón de distribución anual de las medidas mensuales de los valores registrados en las estaciones utilizadas para evaluar C₆H₆ en 2021 Figura 56 (clasificadas por tipo de área) y Figura 57 (por tipo de estación) presenta los valores más altos en invierno. Según su tipología, el perfil más alto se registra en las estaciones suburbanas y en las industriales, siendo el margen de variación de los niveles registrados inferior a 1 µg/m³.

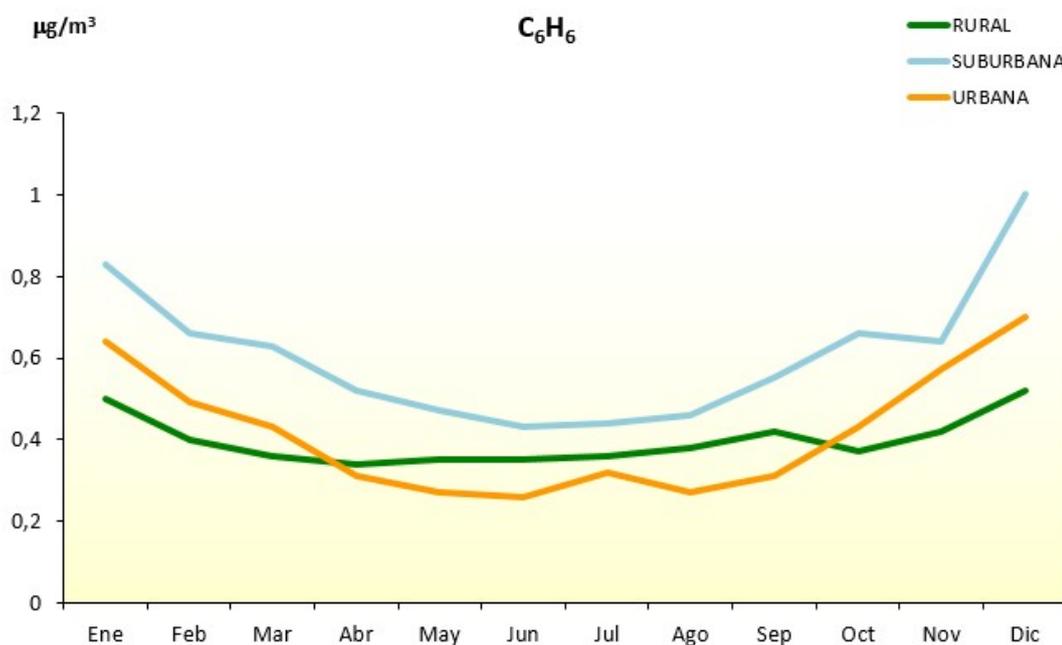


Figura 56. Evolución de las medidas mensuales de C₆H₆ en 2021 por tipo de área

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

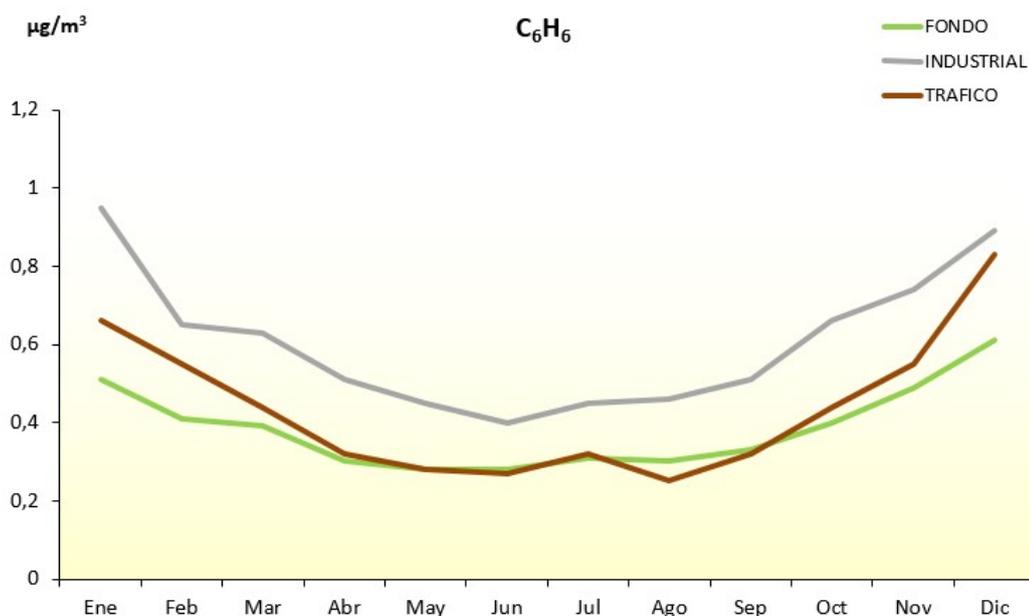


Figura 57. Evolución de las medidas mensuales de C₆H₆ en 2021 por tipo de estación

Si lo que se representa es la distribución de esas mismas estaciones respecto a los umbrales establecidos legalmente, agrupadas según el tipo de área (Figura 58), se observa una vez más que la mayor parte de ellas se sitúan además por debajo del UEI, excepto una de tipo industrial, cuyos niveles alcanzan la franja entre el UEI y el UES.

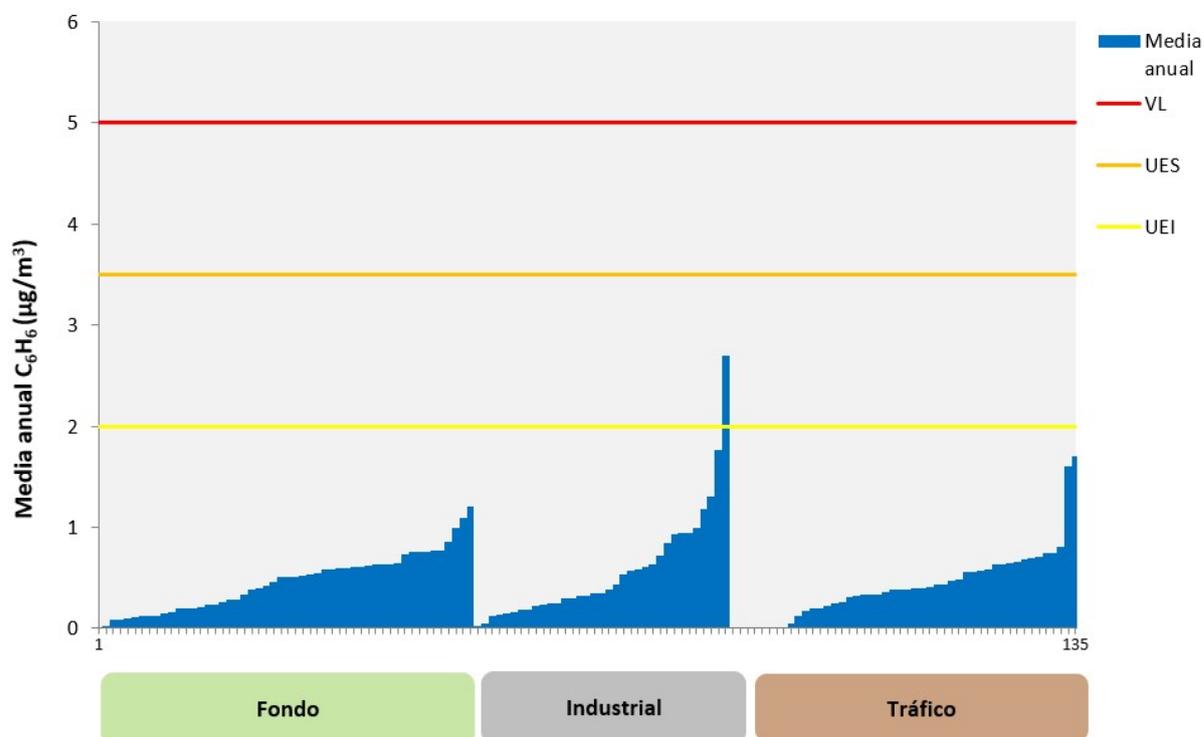


Figura 58. Distribución de las medias anuales de C₆H₆ (2021)

11. BENZO(A)PIRENO

11.1.1 Evolución 2008-2021 del benzo(a)pireno (BaP)

La Figura 59 muestra cómo 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 cómo, 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 en algunas estaciones que se acercan al valor objetivo.

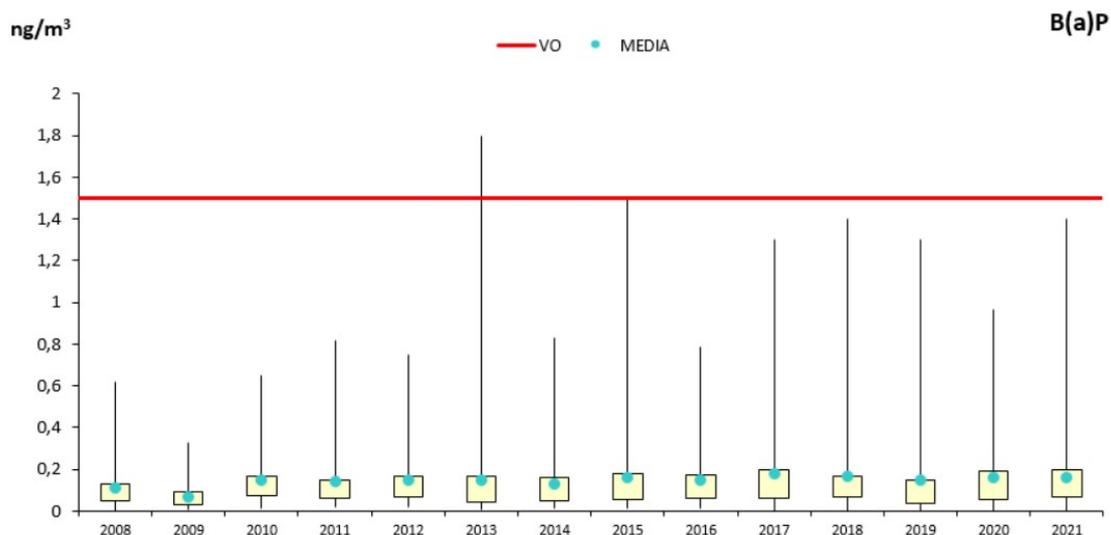


Figura 59. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de B(a)P 2008-2021

Por tipo del área donde se ubican las estaciones (Figura 60) 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.

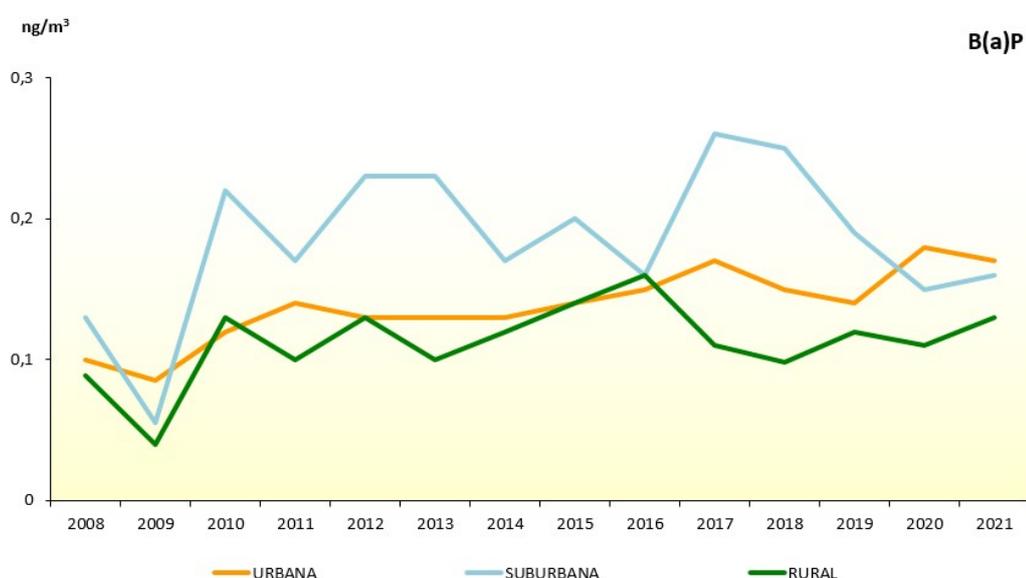


Figura 60. Evolución de las medias anuales de B(a)P (2008-2021) por tipo de área

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

Algo similar ocurre si lo que se considera es la tipología de estación (Figura 61), donde aparentemente se aprecia una ligera tendencia ascendente según el tipo de estación, teniendo en cuenta en todo caso las bajas concentraciones que se representan.

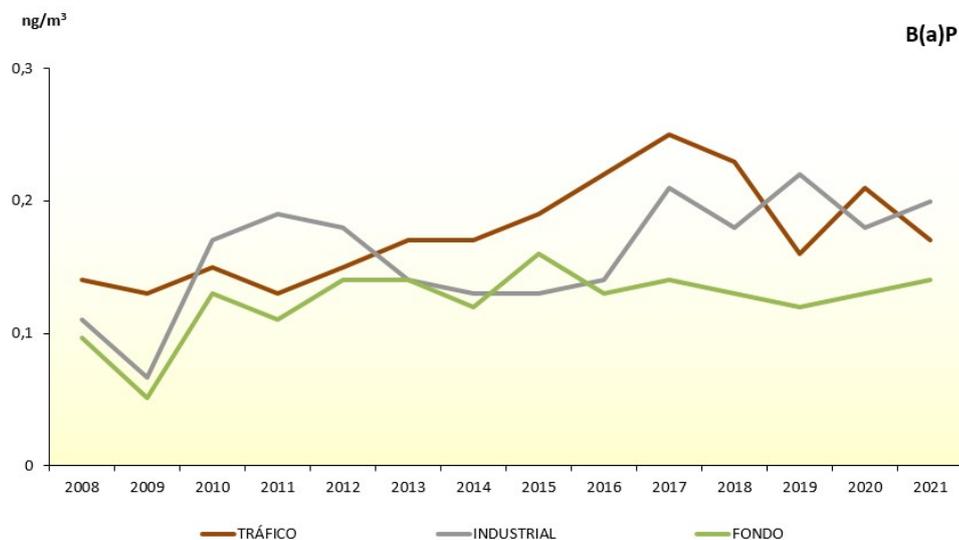


Figura 61. Evolución de las medias anuales de B(a)P (2008-2021) por tipo de estación

11.1.2 Niveles del B(a)P en 2021

La Figura 62 y la Figura 63 muestran claramente que el patrón de distribución del B(a)P a lo largo del año presenta valores más altos en otoño-invierno que en primavera-verano, independientemente de la tipología de estación, lo que vendría a ser reflejo del efecto de la combustión estacional en las emisiones de B(a)P.

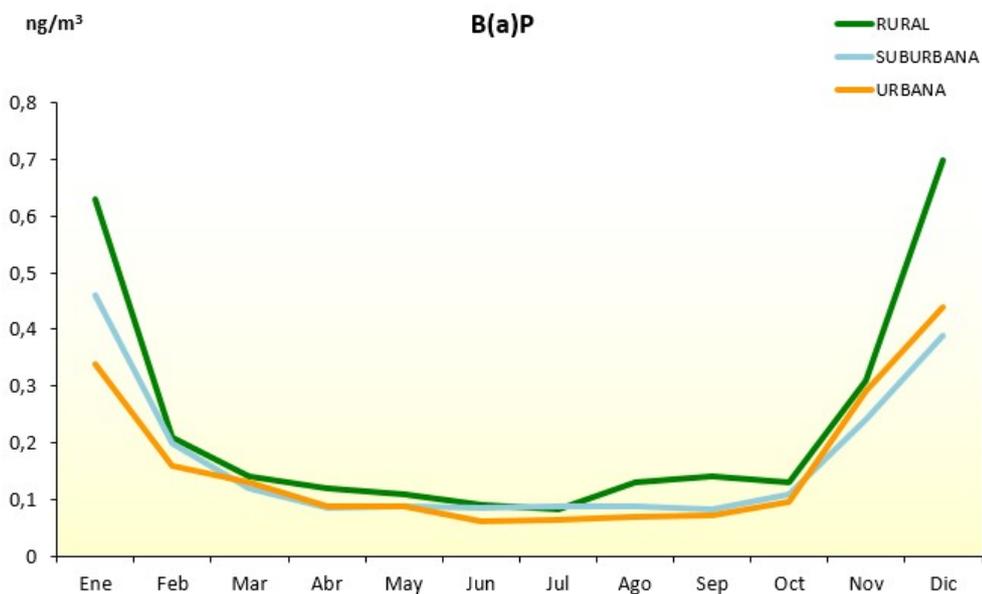


Figura 62. Evolución de las medidas mensuales de B(a)P en 2021 por tipo de área

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

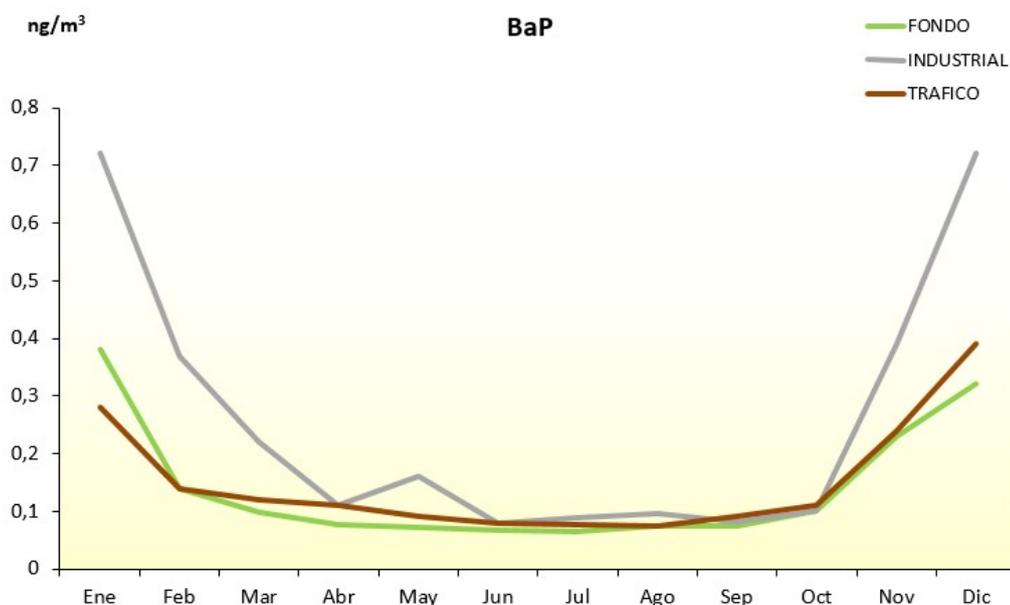


Figura 63. Evolución de las medidas mensuales de B(a)P en 2021 por tipo de estación

La Figura 64 representa la distribución de las medias anuales de las estaciones que han participado en la evaluación de B(a)P en 2021 respecto a los umbrales establecidos, agrupadas por tipo de área y desagregadas las áreas suburbanas y urbanas por tipo de estación. En ella se observa que los niveles de la mayor parte de éstas se sitúan por debajo del UEI. Tan solo los niveles de una estación, situada en zona urbana industrial, se encuentran próximos a la línea que marca el valor objetivo, como ya se indicó al comentar la Figura 59.

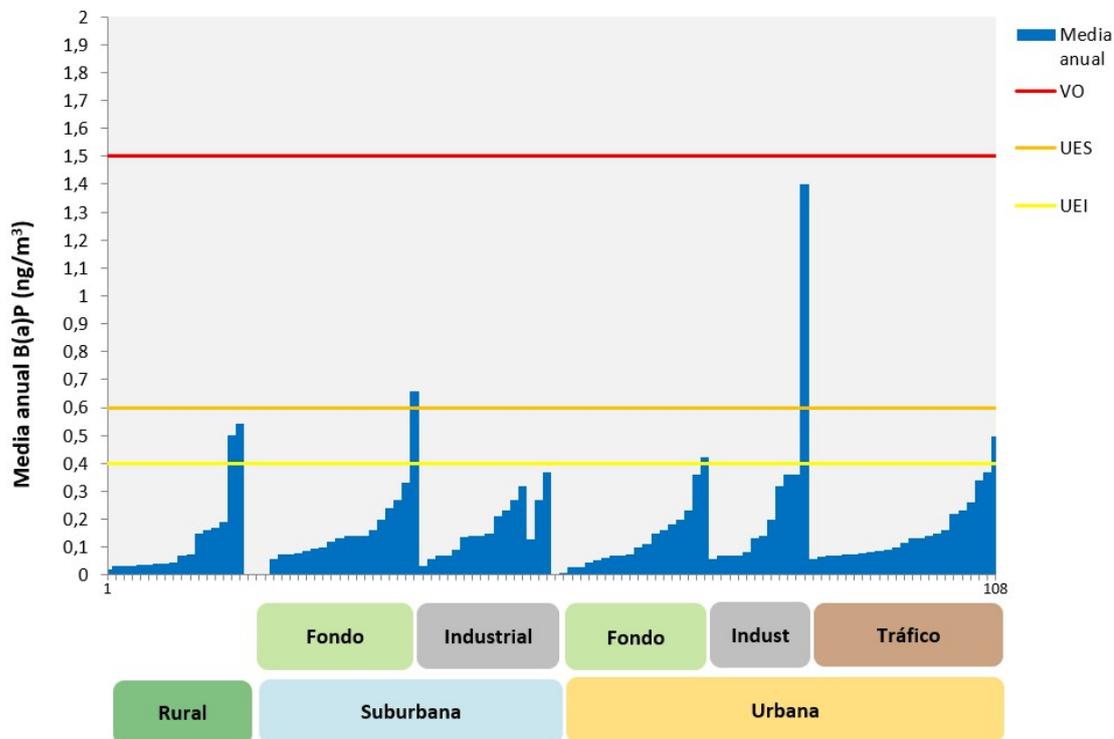


Figura 64. Distribución de las medias anuales de B(a)P (2021)

12. PLOMO

12.1.1 Evolución 2001-2021 del plomo (Pb)

En la Figura 65 queda patente el descenso producido por las restricciones del plomo en los carburantes desde 2005, 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.

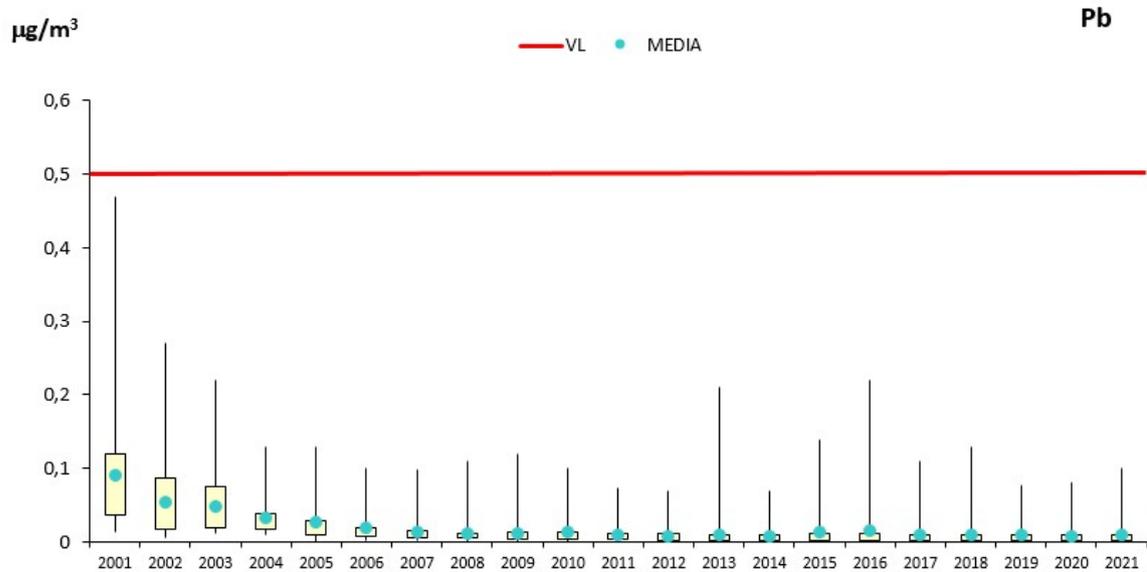


Figura 65. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de Pb 2001-2021

Si se considera el área donde están ubicadas (Figura 66) o el tipo de fuente influyente (Figura 67) 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.

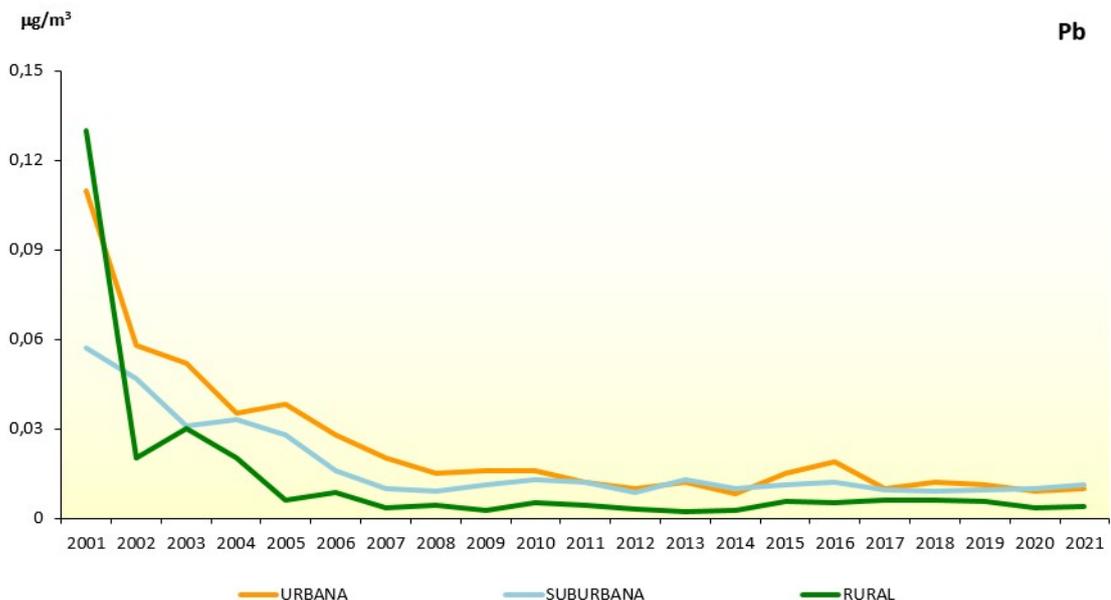


Figura 66. Evolución de las medias anuales de Pb (2001-2021) por tipo de área

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

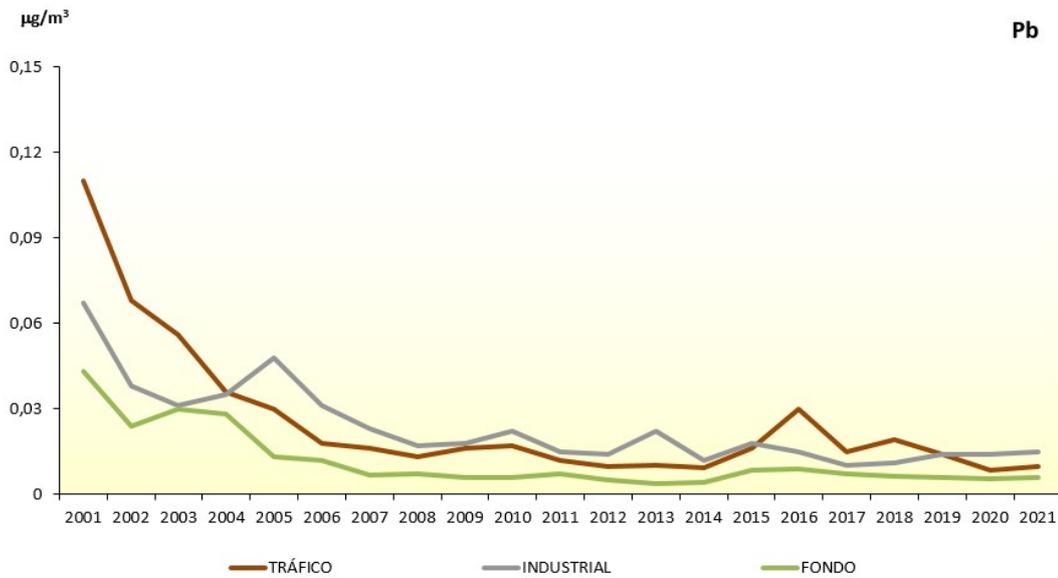


Figura 67. Evolución de las medias anuales de Pb (2001-2021) por tipo de estación

12.1.2 Niveles del Pb en 2021

En la Figura 68, dado el nivel de detalle de la escala y los niveles tan bajos registrados para plomo en 2021, se observa que el patrón de distribución es bastante homogéneo para todo el año si bien presenta algunos picos.

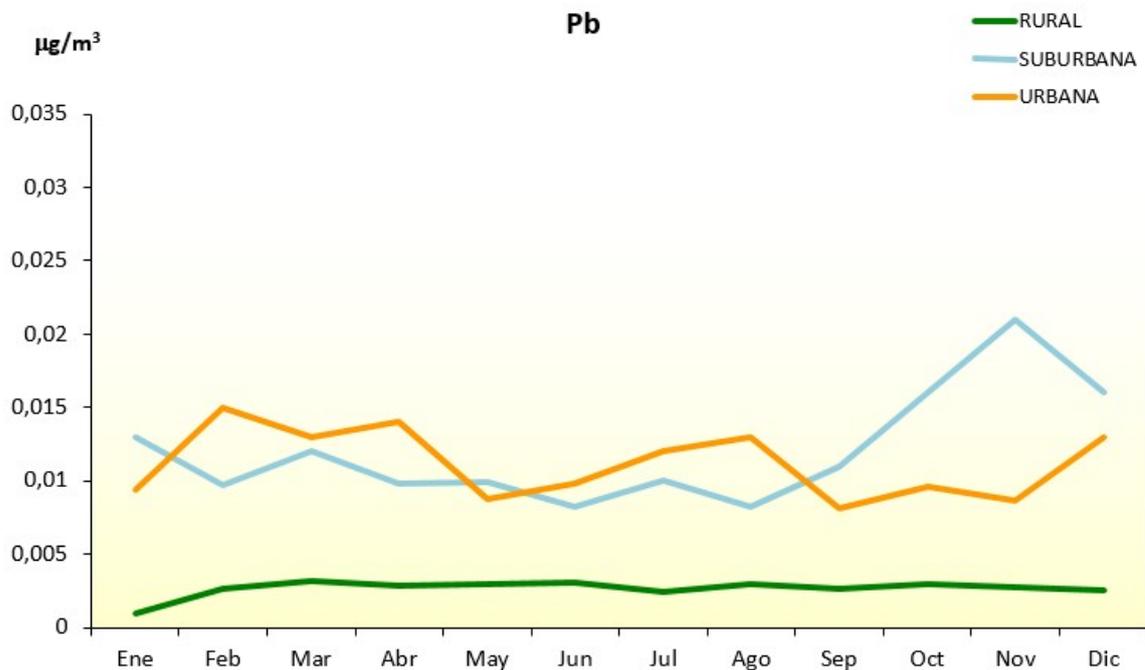


Figura 68. Evolución de las medidas mensuales de Pb en 2021 por tipo de área

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

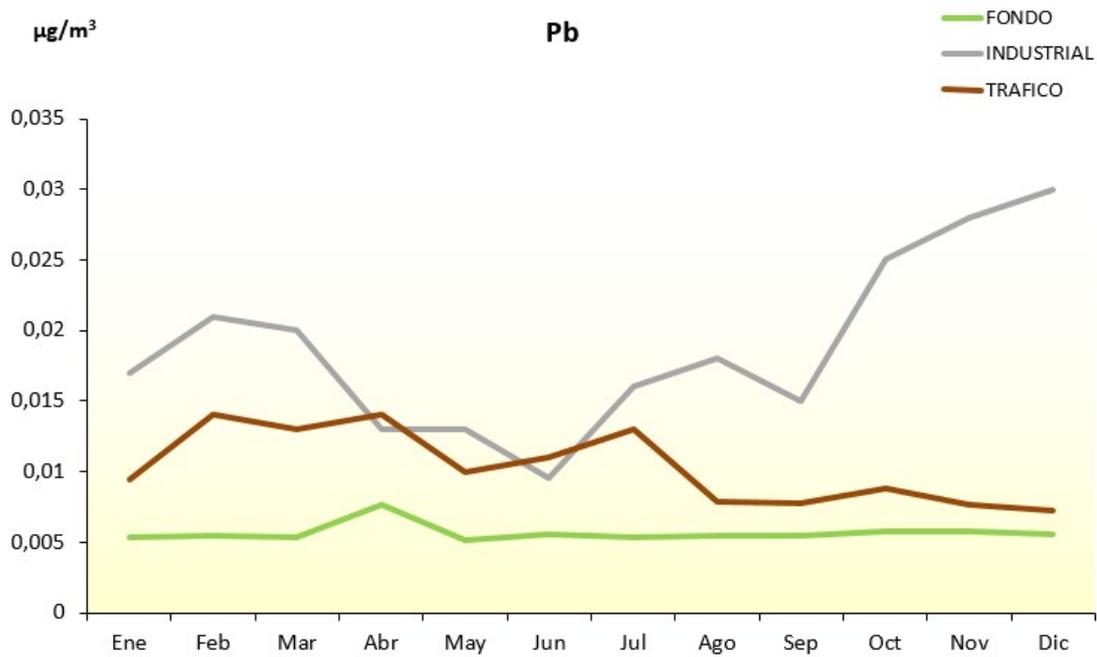


Figura 69. Evolución de las medidas mensuales de Pb en 2021 por tipo de estación

Al representar la distribución de las medias anuales de las estaciones que han participado en la evaluación del Pb en 2021 (Figura 70), 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, al encontrarse los valores alejados no ya del valor límite, sino incluso del UEI.

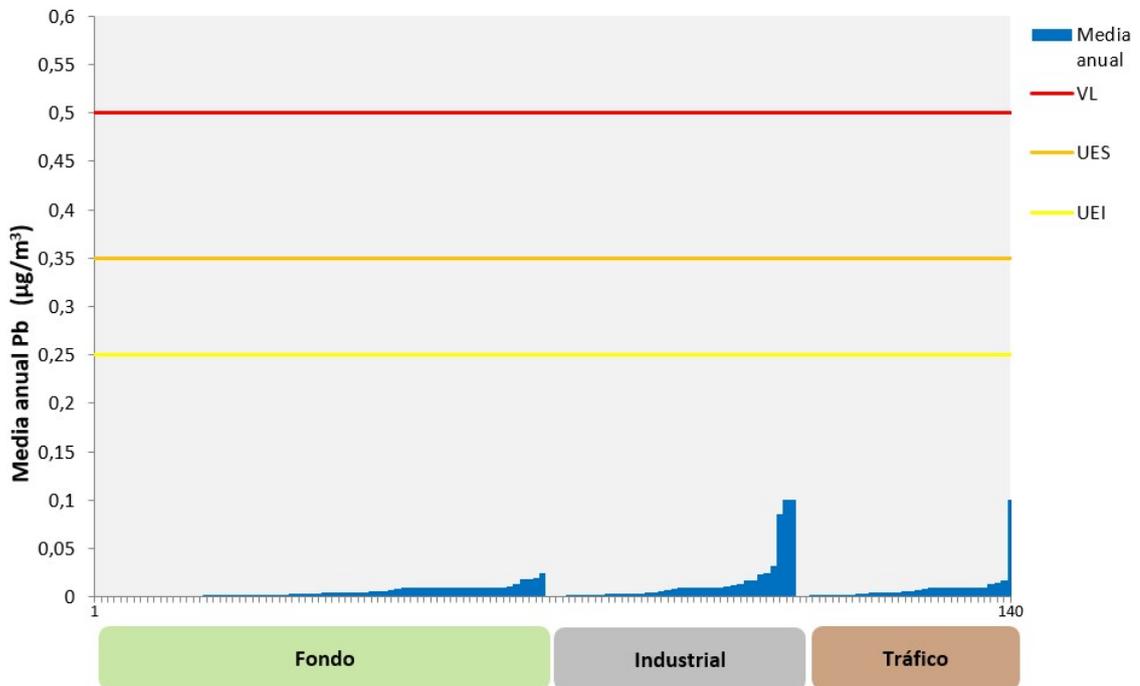


Figura 70. Distribución de las medias anuales de Pb (2021)

13. ARSÉNICO

13.1.1 Evolución 2008-2021 del arsénico (As)

La Figura 71 muestra cómo 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 se superó el valor objetivo de este contaminante. Las líneas de las cajas correspondientes con el percentil 75 indican cómo, en la mayoría de las estaciones, los valores están muy próximos a los valores medios y lejos del valor objetivo.

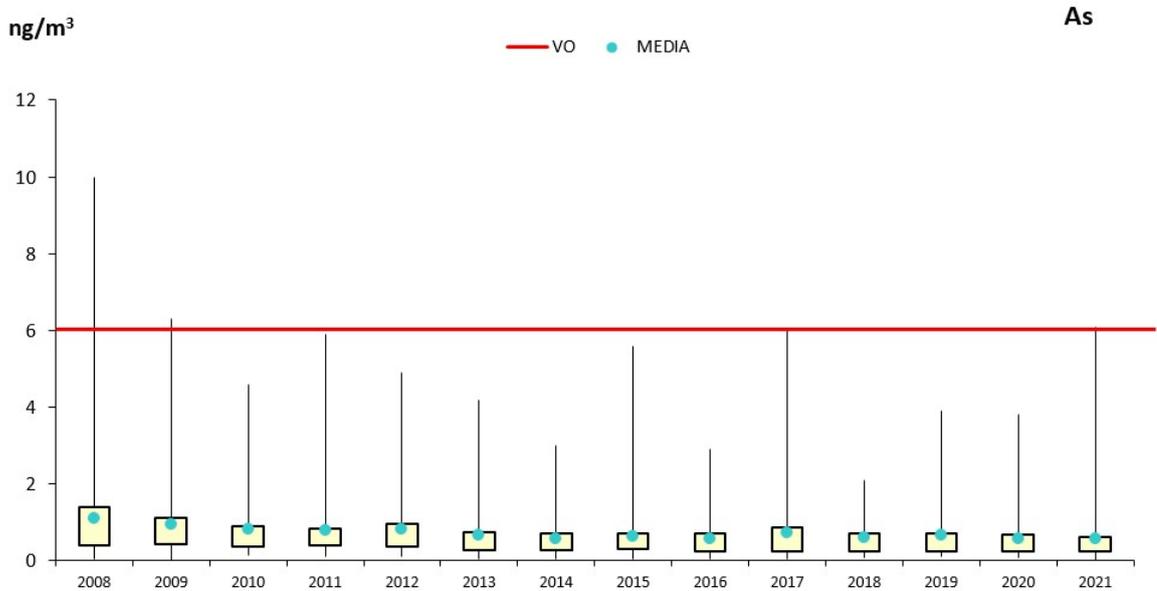


Figura 71. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de As 2008-2021

En la Figura 72 y en la Figura 73 parece que se apunta a un ligero descenso de las medias anuales para todas las tipologías de estación. No obstante, cabe destacar que los niveles son muy bajos y las variaciones interanuales pequeñas.

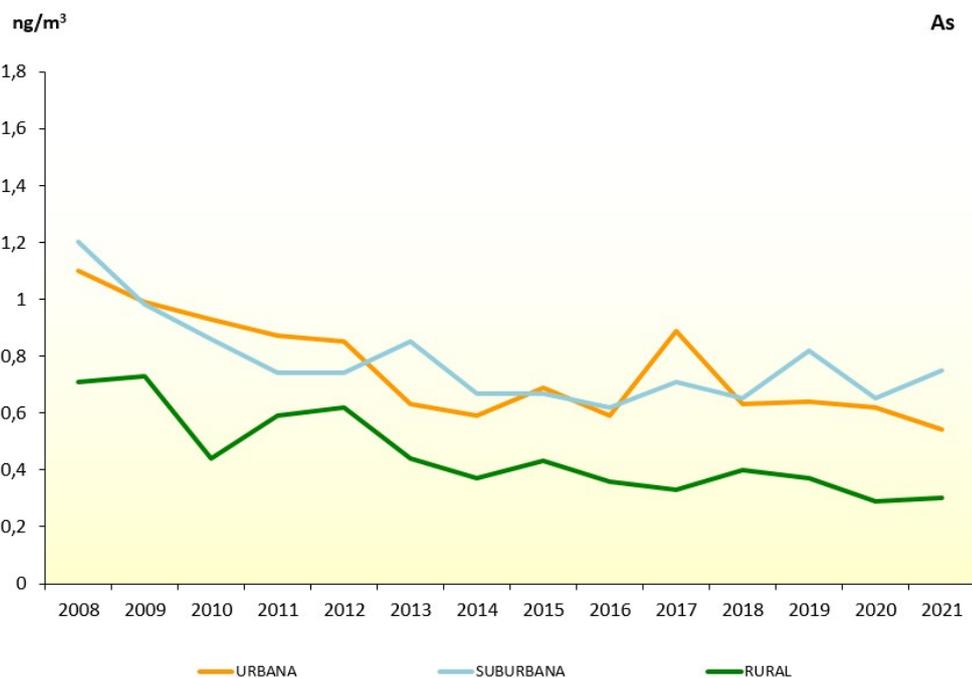


Figura 72. Evolución de las medias anuales de As (2008-2021) por tipo de área

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

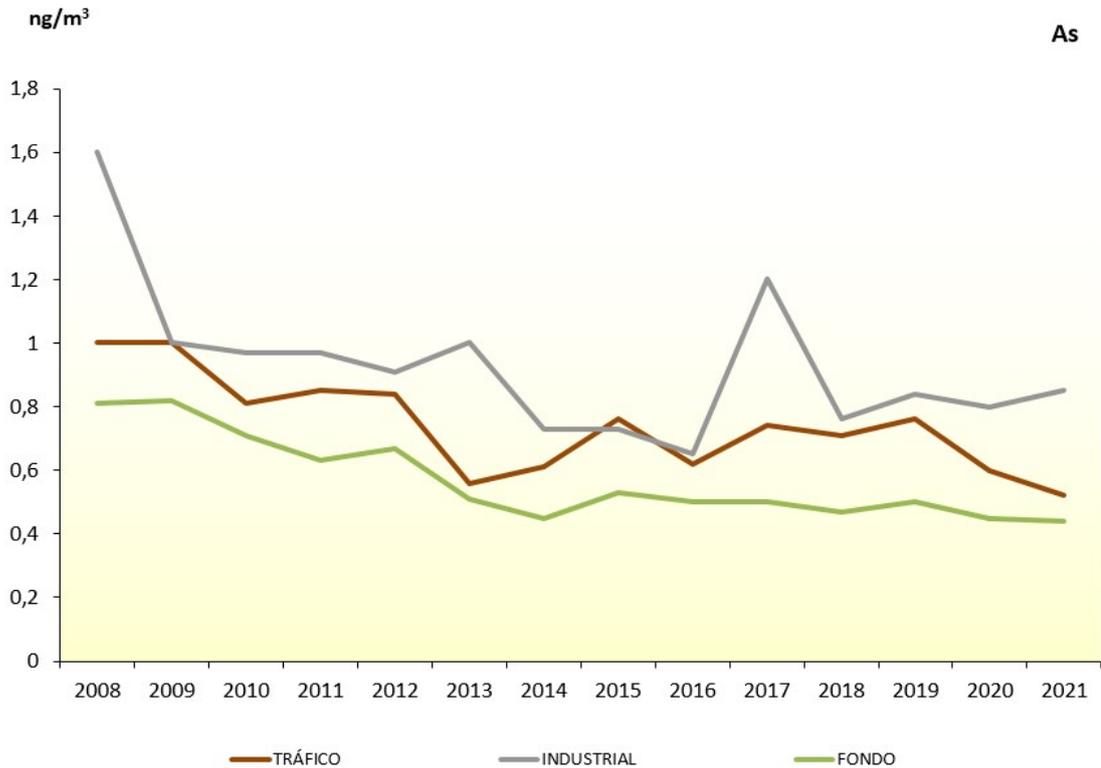


Figura 73. Evolución de las medias anuales de As (2008-2021) por tipo de estación

13.1.2 Niveles del As en 2021

En la Figura 74 se observa el patrón anual de distribución del arsénico, más estable en las áreas rurales respecto a las zonas urbanas y suburbanas. En 2021 se han apreciado variaciones mensuales, con los valores más altos en los meses de agosto (urbanas) y septiembre (suburbanas).

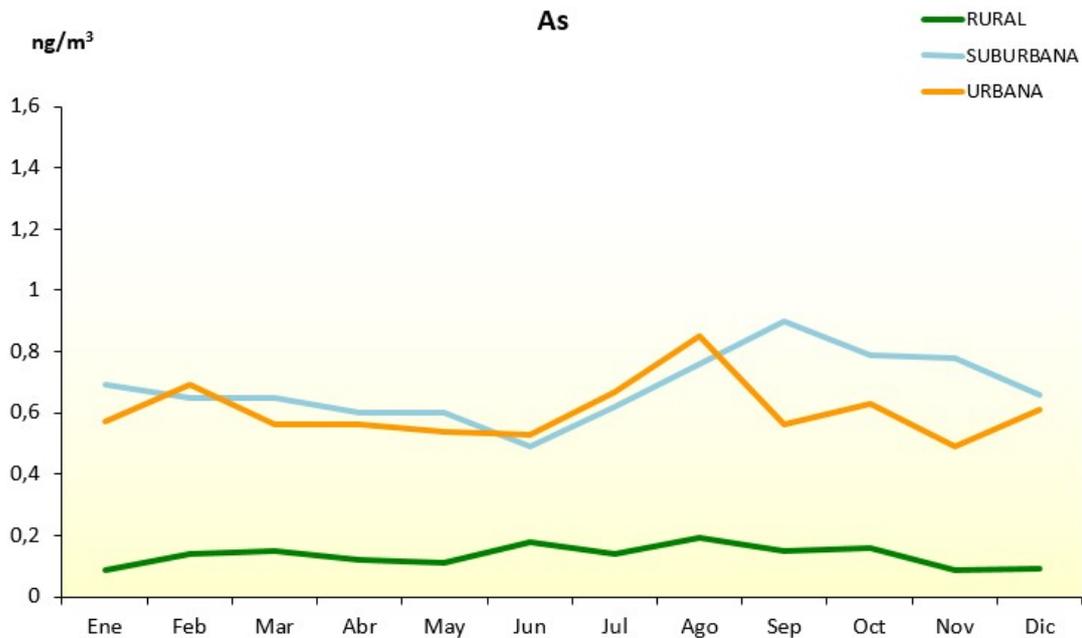


Figura 74. Evolución de las medidas mensuales de As en 2021 por tipo de área

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

Si lo que se considera es el tipo de estación (Figura 75) se observa cómo los niveles de las de tipo industrial se encuentran por encima de los de las demás tipologías a lo largo del año y sus valores presentan mayor fluctuación.

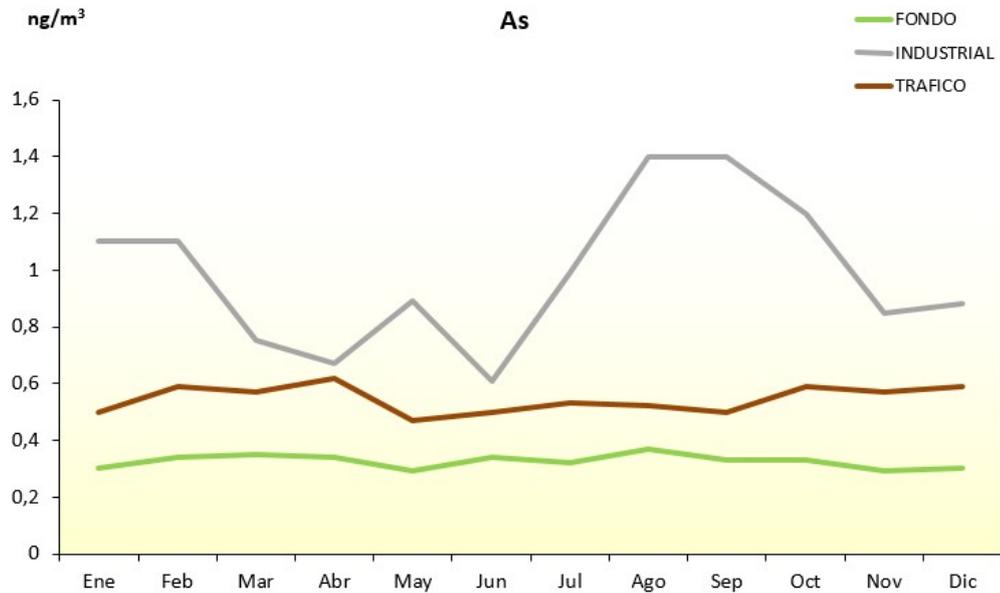


Figura 75. Evolución de las medidas mensuales de As en 2021 por tipo de estación

La Figura 76 recoge la distribución de las medias anuales de las estaciones de evaluación del As en 2021 agrupadas por tipo de estación. Esta representación confirma que los valores registrados se han encontrado por debajo del valor legislado (ya que, tras el redondeo que se debe aplicar de acuerdo con las normas de agregación recogidas en la Decisión 2011/850/EU⁹ no se excede el valor objetivo), y que los niveles más altos se alcanzan en estaciones de tipo industrial.

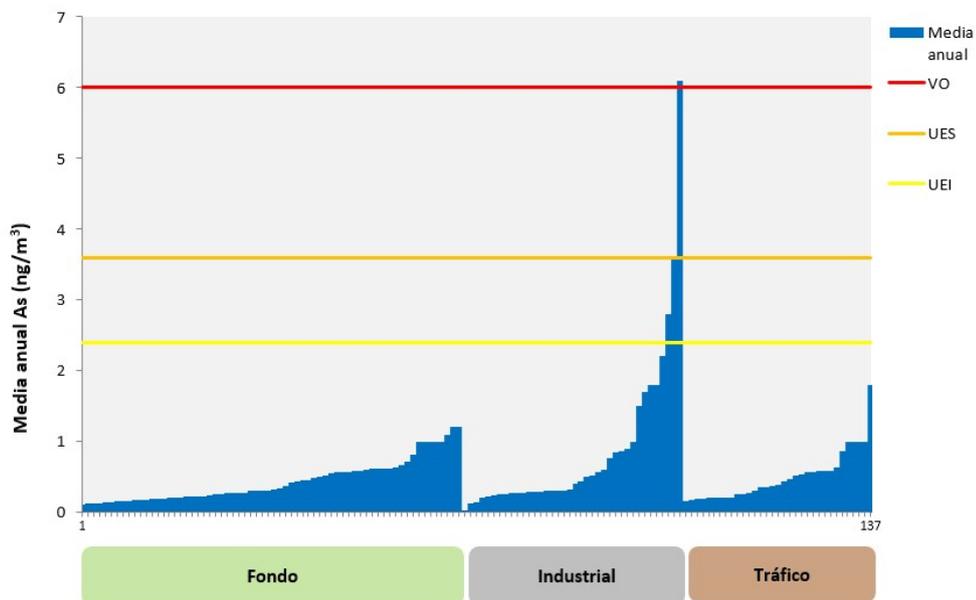


Figura 76. Distribución de las medias anuales de As (2021)

⁹ Documento de entendimiento común de los Estados miembros y la Comisión Europea sobre la Decisión de Ejecución de la Comisión por la que se establecen disposiciones de aplicación de las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que se refiere al intercambio recíproco de información y a la elaboración de informes sobre el aire ambiente.

14. CADMIO

14.1.1 Evolución 2008-2021 del cadmio (Cd)

La Figura 77 muestra cómo 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 indica que en los años 2010 y 2015 se superó el valor objetivo. Las líneas de las cajas correspondientes con el percentil 75 indican cómo, en la mayoría de las estaciones, los valores están muy próximos a los valores medios y lejos del valor objetivo.

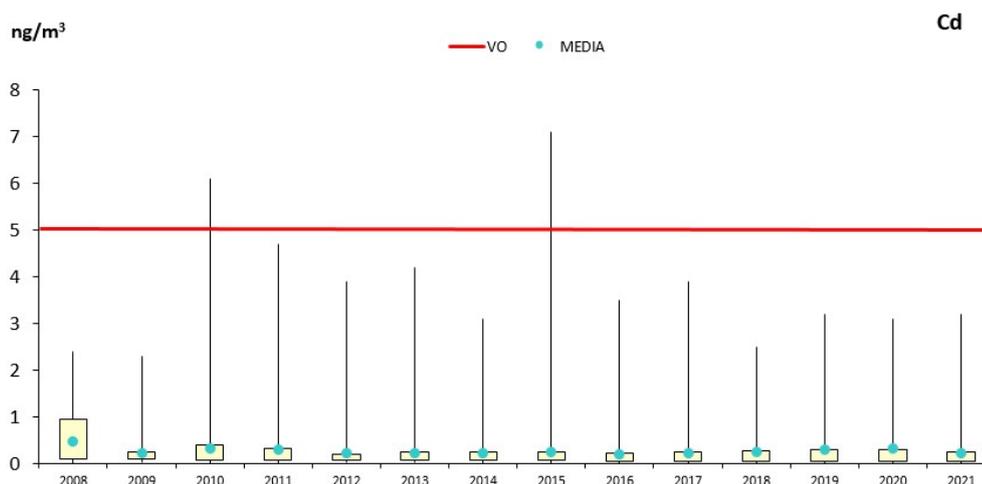


Figura 77. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de Cd 2008-2021

Atendiendo a la tipología de área (Figura 78), las zonas suburbanas registran en general los mayores niveles; tan solo en 2009 y 2019 fueron superadas por los valores de las estaciones urbanas.

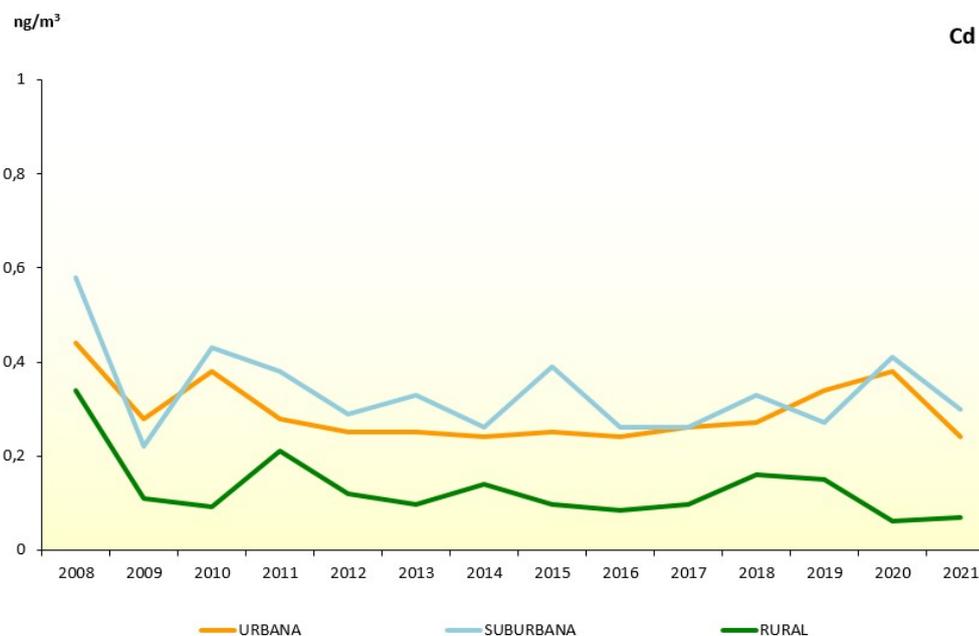


Figura 78. Evolución de las medias anuales de Cd (2008-2021) por tipo de área

La Figura 79 indica para cada tipo de estación cómo las estaciones industriales que 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 $0,02 \text{ ng/m}^3$.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

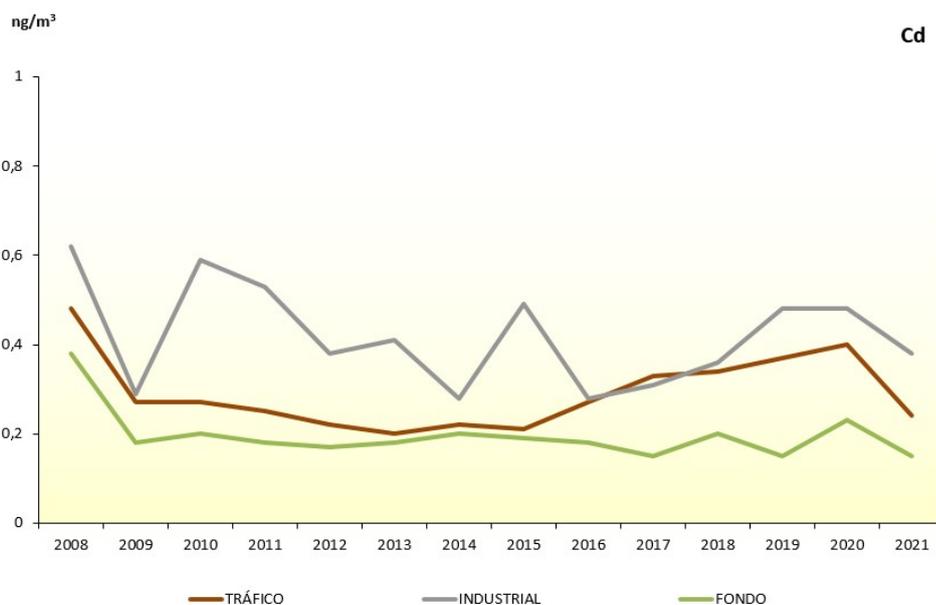


Figura 79. Evolución de las medias anuales de Cd (2008-2021) por tipo de estación

14.1.2 Niveles del Cd en 2021

La Figura 80 muestra que el patrón de distribución del cadmio no es estacional en las áreas rurales ni urbanas, en las que el comportamiento es homogéneo para todo el año. En las zonas urbanas se aprecia un perfil en dientes de sierra más acusado, pero las diferencias estacionales son pequeñas y poco concluyentes (en torno a 0,4 ng/m³ como máximo), al igual que en otros casos ya comentados.

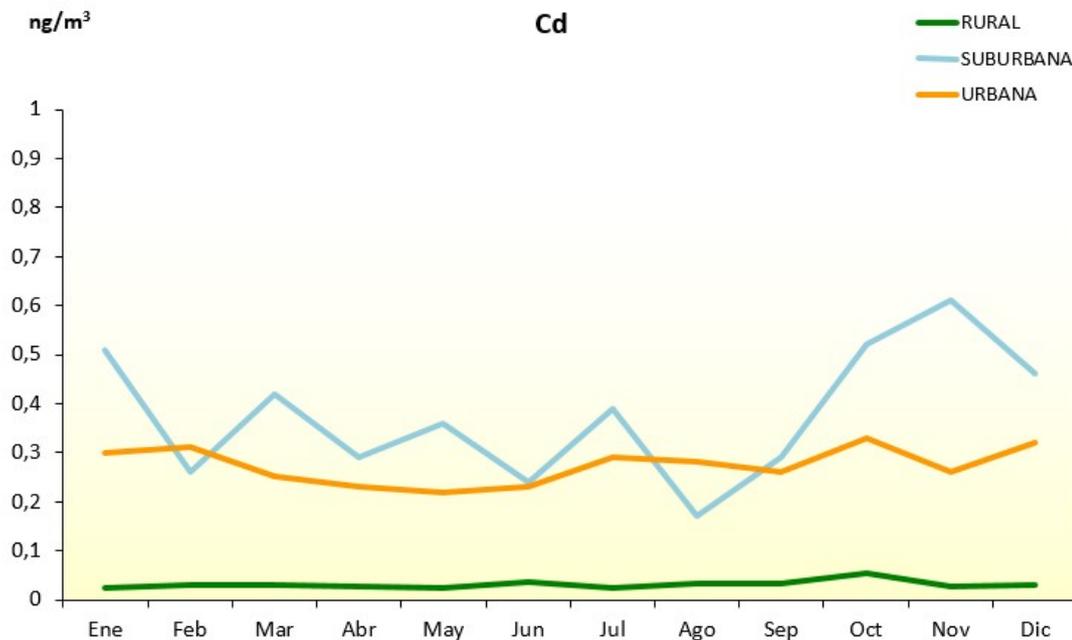


Figura 80. Evolución de las medidas mensuales de Cd en 2021 por tipo de área

Si lo que se tiene en cuenta es la fuente principal que influye en la estación (Figura 81), los registros más altos corresponden a las industriales, como ya se indicó anteriormente, que muestran picos más acusados en los meses de otoño-invierno, con valores máximos en octubre y enero. El resto de las tipologías muestran un comportamiento regular a lo largo del año.

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

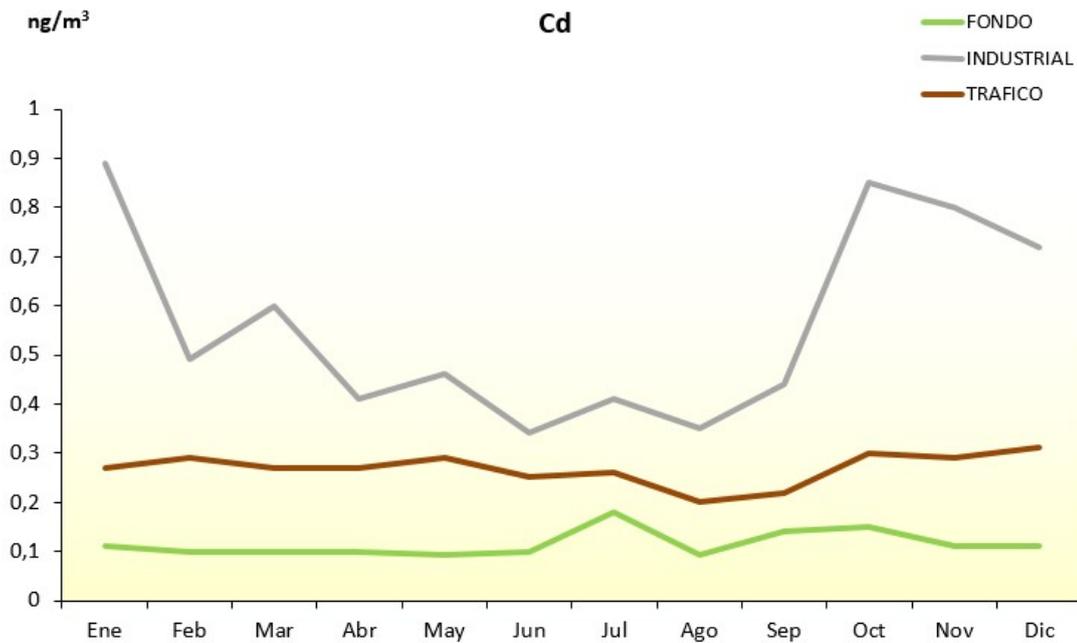


Figura 81. Evolución de las medidas mensuales de Cd en 2021 por tipo de estación

La Figura 82 resulta coherente con todo lo expresado con anterioridad para este contaminante. En ella se aprecia cómo la distribución de las medias anuales de las estaciones que participan en la evaluación del Cd en 2021 evidencia los bajos niveles registrados, dado que la práctica totalidad de las mismas se sitúa por debajo del UEI, y cómo los mayores valores corresponden a las estaciones de tipo industrial, la única tipología que supera el UES.

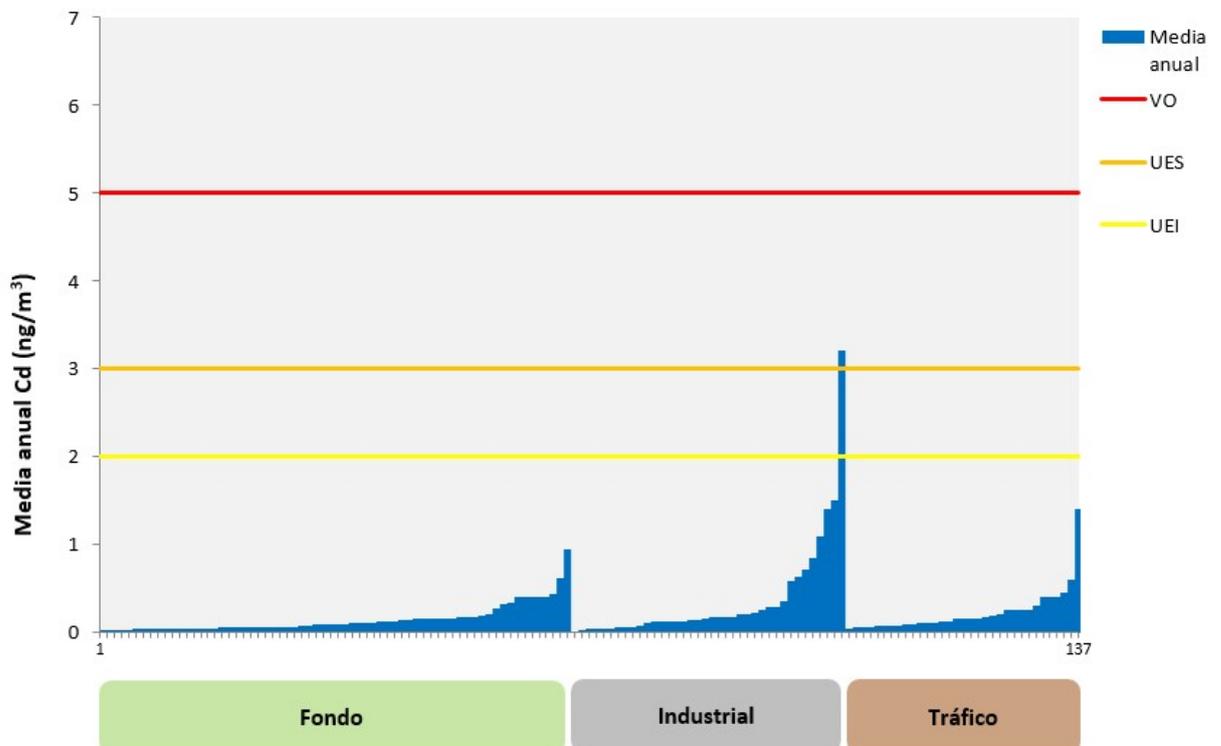


Figura 82. Distribución de las medias anuales de Cd (2021)

15. NÍQUEL

15.1.1 Evolución 2008-2021 del níquel (Ni)

Según se desprende de Figura 83, 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.

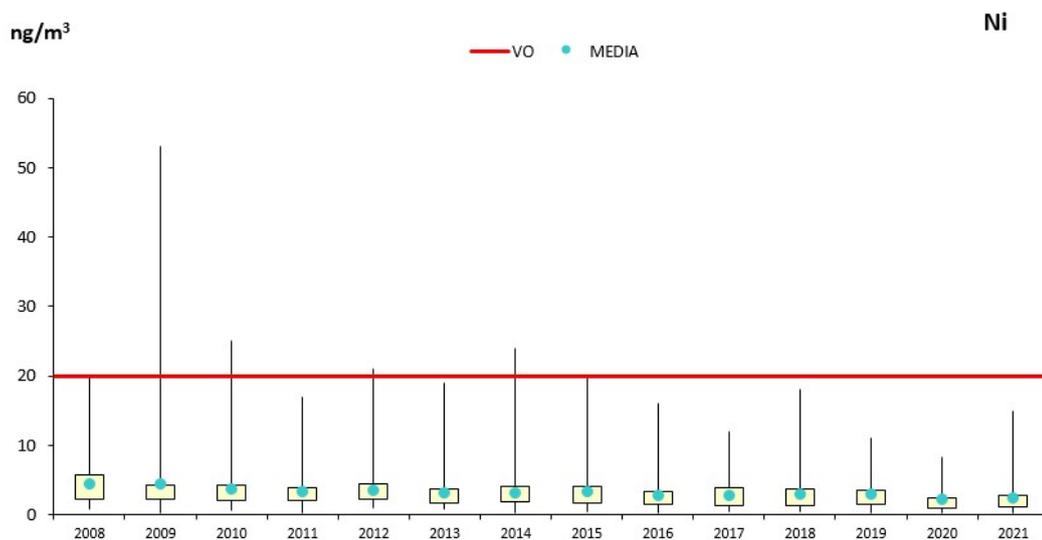


Figura 83. Diagrama de caja y bigotes de las medias anuales de Ni 2008-2021

Si se atiende a la clasificación en función del área (Figura 84), 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 0,1 ng/m³ a la de las estaciones urbanas.

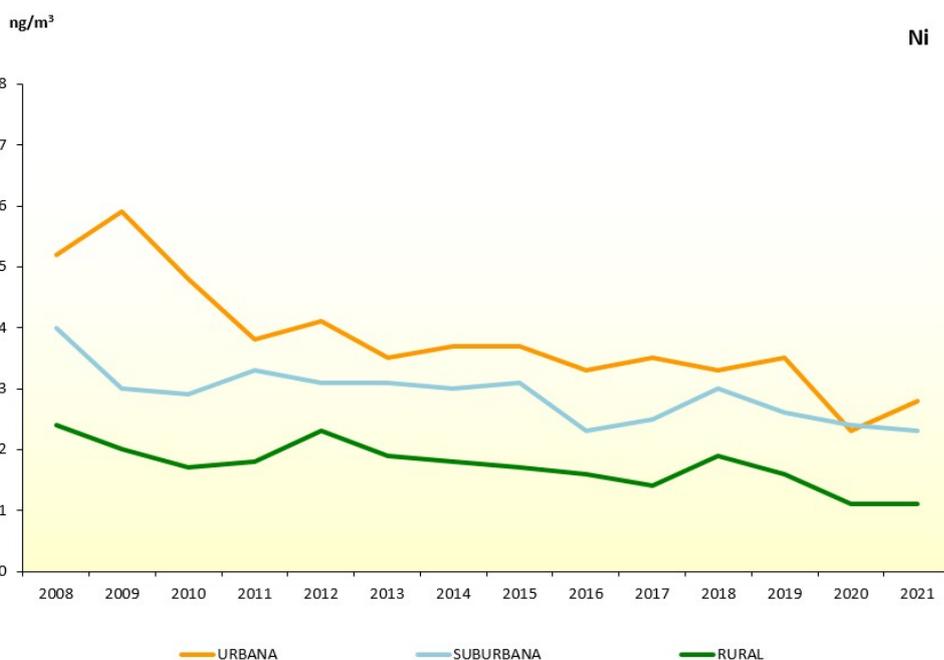


Figura 84. Evolución de las medias anuales de Ni (2008-2021) por tipo de área

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

La representación por tipo de estación (Figura 85) muestra, de igual forma que para el resto de los metales, cómo 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/m^3 .

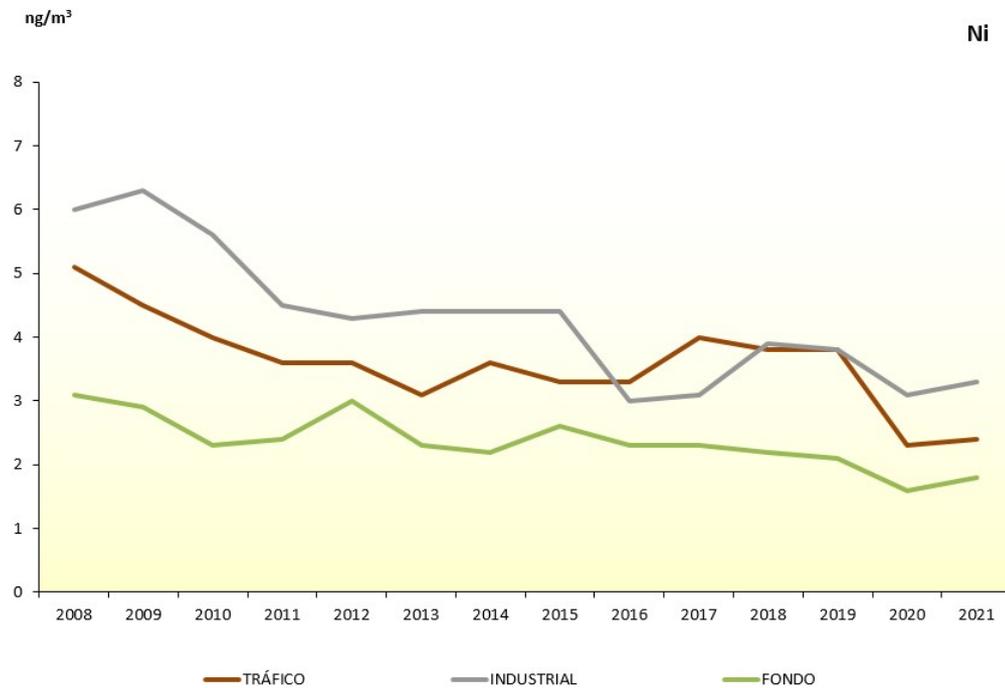


Figura 85. Evolución de las medias anuales de Ni (2008-2021) por tipo de estación

15.1.2 Niveles del Ni en 2021

En Figura 86 se observa una homogeneidad en la distribución anual de las medidas mensuales del níquel en 2021 dentro de cada tipo de área.

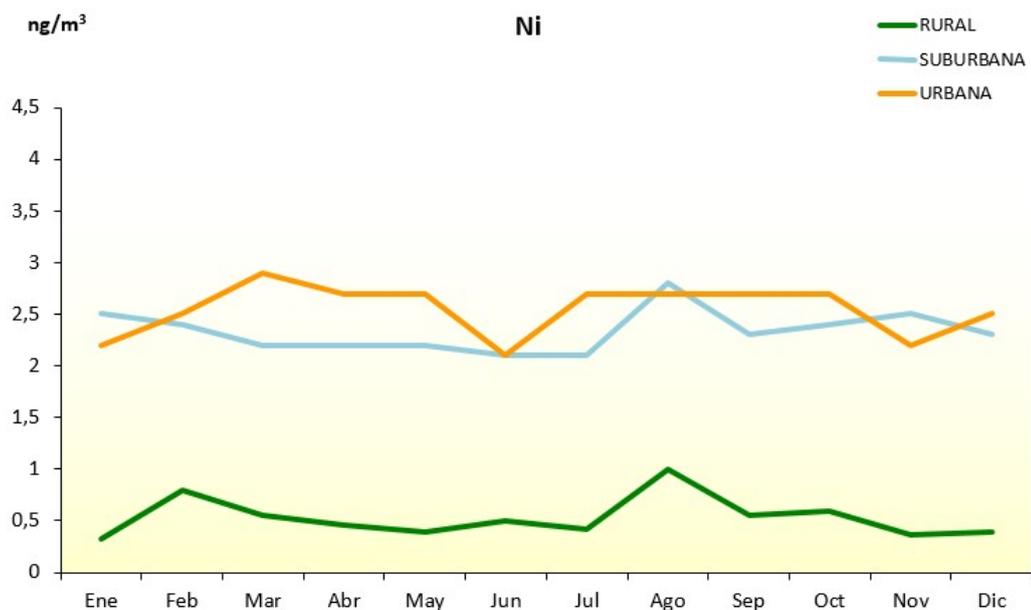


Figura 86. Evolución de las medidas mensuales de Ni en 2021 por tipo de área

Tendencias de la calidad del aire en España 2001-2021

Si la agrupación se realiza por tipo de estación (Figura 87), se aprecian variaciones mensuales y picos que, como mucho, alcanzan los 2 ng/m³.

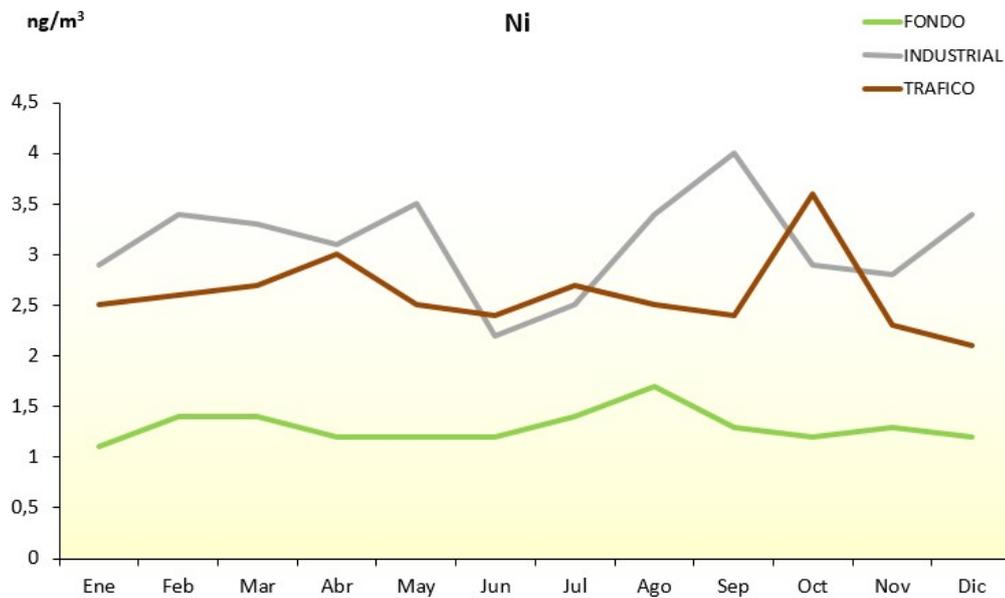


Figura 87. Evolución de las medidas mensuales de Ni en 2021 por tipo de estación

Al analizar la distribución de las medidas anuales de las estaciones que participan en la evaluación del Ni, agrupadas por tipo de estación (Figura 88), se observa que la mayor parte de las estaciones sitúan sus valores por debajo del UEI, indicativo de los bajos niveles de este contaminante, y los registros más altos corresponden a estaciones de tipo industrial, la única tipología que excede el UES, sin alcanzar el VO.

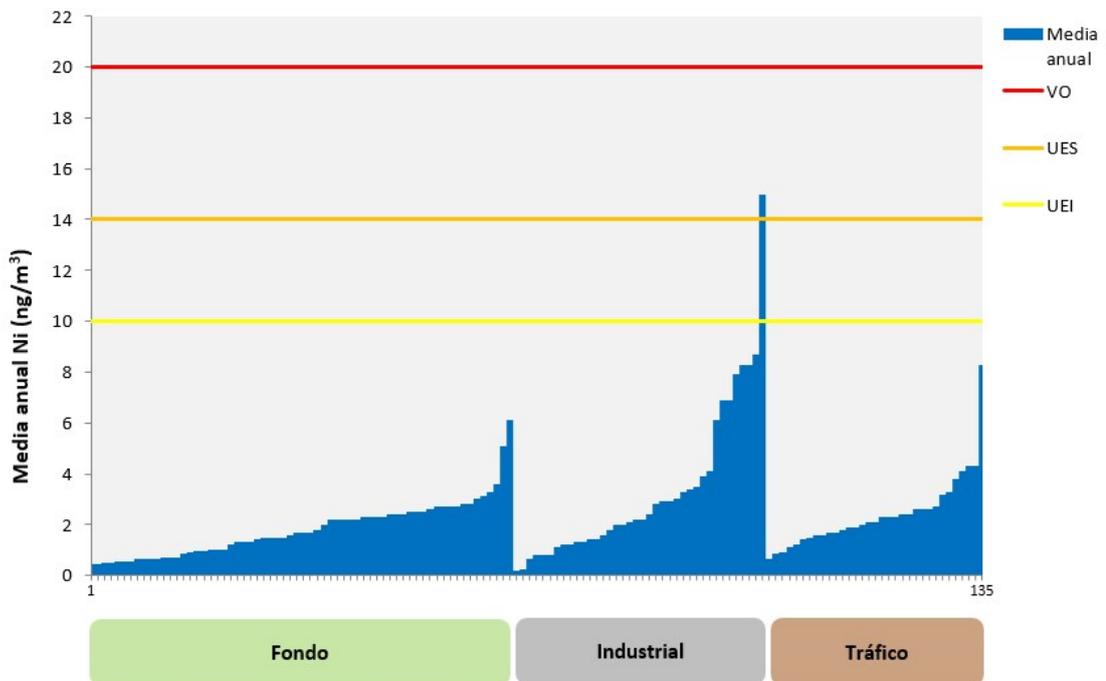


Figura 88. Distribución de las medias anuales de Ni (2021)

16. CONCLUSIONES

- **Dióxido de Azufre (SO₂):** La evolución de sus niveles entre 2001 y 2021 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 del Plan Nacional de Reducción de Emisiones de Grandes Instalaciones de Combustión. En 2021 respecto a 2020 se aprecia un leve repunte generalizado. Los niveles más altos se registran en las estaciones industriales ya que está fuertemente vinculado a las emisiones de centrales térmicas, refinerías, puertos y aeropuertos.
- **Dióxido de Nitrógeno (NO₂):** Su evolución también muestra una disposición a la reducción de sus niveles, en la que destaca la bajada drástica tras las medidas adoptadas como consecuencia de la pandemia de la COVID-19 en los últimos dos años, 2020 y 2021. Esta disminución se acusa sobre todo en estaciones urbanas y de tráfico por las consecuencias en los cambios el modelo de movilidad derivados tanto de la pandemia como de 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).
- **Partículas inferiores a 10 micras (PM₁₀):** Hay que tener en cuenta que este contaminante se encuentra altamente influido por fuentes de origen natural, como son los episodios de polvo del Sáhara y aerosoles marinos, además de por fuentes antrópicas. A pesar de la influencia de fuentes naturales, se puede apreciar que la tendencia de los niveles ha sido decreciente a lo largo del periodo considerado, hasta alcanzar valores medios en 2021 de aproximadamente la mitad de los registrados en 2001. Los valores máximos también han disminuido con los años, principalmente hasta 2010. Destaca, como para otros contaminantes, una reducción significativa desde 2008 que puede ser atribuible al gran impacto en la reducción de emisiones causadas por la crisis económica y también a las medidas de reducción de emisiones que se han ido adoptando en la última década. La reducción es 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 por fuentes naturales además de por las emisiones antrópicas; e igualmente, bajo determinadas condiciones, se puede favorecer la formación de partículas de tipo secundario, cuya potencial peligrosidad es superior a las PM₁₀ ya que debido a su inferior tamaño pueden llegar a alcanzar los alveolos pulmonares. Los datos de este informe muestran que sus niveles medios han disminuido en el período considerado y destaca el año 2021 por tener el percentil 75 más bajo de toda la serie. 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.
- **Ozono (O₃):** En el periodo considerado se aprecian dos circunstancias: los elevados niveles de este contaminante y una mejoría en los últimos años 2020-2021 respecto al año 2019. A lo largo del periodo 2004-2021 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.
- **Monóxido de Carbono (CO):** Sus niveles históricamente han sido bajos y desde 2003 se han mantenido lejos de incumplir el objetivo de calidad legal establecido para la protección de la salud. Desde 2003 los perfiles de todas las estaciones siguen una tendencia a la baja, especialmente en el caso de las urbanas y de tráfico.

- **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 de 2009, momento a partir del cual las medias se estabilizan. No obstante, a partir de 2010 los máximos han aumentado ligeramente de forma progresiva, para posteriormente volver a disminuir en los últimos 3 años. La tendencia global muestra una reducción de los niveles en las estaciones de tráfico y urbanas.
- **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 reportada para este contaminante. En la mayoría de las estaciones los niveles están muy lejos de incumplir el valor legal establecido; no obstante, algunas estaciones han registrado valores que se acercan al valor objetivo. 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 de tráfico e industriales.
- **Plomo (Pb):** Desde el año 2004 queda patente el descenso producido en este metal, vinculado a las reducciones de este metal en los carburantes, si bien de forma excepcional se aprecian picos en 2013, 2016 y 2015. Los valores medios de toda serie anual, en cualquier caso, están muy alejados del valor límite. Por tipologías, en el origen del periodo, los valores más altos se registraban en estaciones de tráfico.
- **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 se superó el valor objetivo de este contaminante. Desde 2019 se apunta un aparente ligero descenso de las medias anuales para todas las tipologías de estación, salvo en las de tipo industrial y en las suburbanas, tipo al que pertenece la estación que ha registrado los valores más altos.
- **Cadmio (Cd):** el promedio de las medias anuales de cadmio a lo largo del periodo considerado se sitúa muy por debajo del valor legislado y 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, como para todos los demás metales, los niveles más altos se registran en las estaciones de tipo industrial, de forma más evidente hasta 2015.