

INFORME DE EVALUACIÓN DEL LDR.

Laboratorio de Despliegue Rápido

SERVICIO DE MEDIO AMBIENTE
Red de Control de Contaminación Atmosférica
del Ayuntamiento de Valladolid

Informe de evaluación
VIII campaña de medición del Laboratorio de Despliegue Rápido

1 INTRODUCCIÓN 3

2 OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA 4

3 METODOLOGÍA 4

4 UBICACIÓN DEL LABORATORIO DE DESPLIEGUE RÁPIDO 5

4.1 Criterios de Macroimplantación 7

4.2 Criterios de Microimplantación 8

5 DATOS METEOROLÓGICOS DURANTE LA CAMPAÑA 8

6 RESULTADO DE LAS MEDICIONES 9

6.1 Material particulado PM_{10} 10

6.2 Material particulado $PM_{2,5}$ 13

6.3 Dióxido de azufre (SO_2) 15

6.4 Amoniaco 15

6.5 Black Carbon (BC) 16

6.6 Dióxido de nitrógeno (NO_2) 17

6.7 Ozono (O_3) 20

6.8 Benceno 23

6.9 Benzo(a)pireno 24

6.10 Metales pesados 24

7 OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AIRE PARA 2030 Y 2026 DIRECTIVA 2024/2881 26

7.1 Dióxido de azufre (SO_2) 26

7.2 Material particulado PM_{10} 26

7.3 Material Particulado $PM_{2,5}$ 27

7.4 Dióxido de nitrógeno (NO_2) 28

7.5 Ozono (O_3) 28

7.6 Benceno 29

7.7 Benzo(a)pireno 29

7.8 Metales pesados 29

8 CONCLUSIONES 30

Índice de gráficos

GRÁFICO 1: EVOLUCIÓN DE LAS MEDIAS DIARIAS DE PM_{10} ($\mu G/M^3$) MEDIDOS CON EL ANALIZADOR AUTOMÁTICO Y EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO SIN DESCUENTOS. 11

GRÁFICO 2: EVOLUCIÓN DE LAS MEDIAS DIARIAS DE PM_{10} ($\mu G/M^3$) EN LAS ESTACIONES LDR Y VEGA SICILIA SIN DESCUENTOS. 12

GRÁFICO 3: EVOLUCIÓN DE LAS MEDIAS DIARIAS DE $PM_{2,5}$ ($\mu G/M^3$) EN LAS ESTACIONES LDR Y VEGA SICILIA SIN DESCUENTOS. 14

GRÁFICO 4: DISTRIBUCIÓN POR HORAS Y POR MESES DEL ORIGEN DEL BC DEL LDR. 16

GRÁFICO 5: EVOLUCIÓN DE LOS VALORES PROMEDIOS HORARIOS DE NO_2 ($\mu G/M^3$) EN LA ESTACIÓN DEL LDR, DE LOS MARTES Y DOMINGOS DEL AÑO 2025. 17

GRÁFICO 6: EVOLUCIÓN DE LOS VALORES PROMEDIOS HORARIOS DE NO_2 ($\mu G/M^3$) EN LA ESTACIÓN DEL LDR DE LOS MARTES DEL MES DE OCTUBRE Y EL MES DE JULIO. 18

GRÁFICO 7: EVOLUCIÓN DE LOS VALORES DIARIOS DE NO_2 ($\mu G/M^3$) EN LAS ESTACIONES DE LDR Y VEGA SICILIA 18

GRÁFICO 8: EVOLUCIÓN DE LOS VALORES DIARIOS DE NO_2 ($\mu G/M^3$) EN LAS ESTACIONES DE LDR MICHELIN 1. 19

GRÁFICO 9: EVOLUCIÓN DE LOS VALORES MÁXIMOS DIARIOS DE NO_2 ($\mu G/M^3$) EN LAS ESTACIONES DE LDR Y VEGA SICILIA .. 20

GRÁFICO 10: EVOLUCIÓN DE LOS VALORES MÁXIMOS DIARIOS DE NO_2 ($\mu G/M^3$) EN LAS ESTACIONES DE LDR Y MICHELIN 1. 20

GRÁFICO 11: EVOLUCIÓN DE LOS VALORES MEDIOS DIARIOS DE O_3 EN EL LDR Y LAS ESTACIONES DE VEGA SICILIA Y MICHELÍN1. 22

GRÁFICO 12: CORRELACIÓN DE LOS VALORES HORARIOS DE OZONO DE LA ESTACIÓN DE MICHELÍN 1 Y EL LDR 22

GRÁFICO 13: CORRELACIÓN DE LOS VALORES HORARIOS DE OZONO DE LA ESTACIÓN DE VEGA SICILIA Y EL LDR. 23

1 INTRODUCCIÓN

La Red de Control de la Contaminación Atmosférica de Valladolid (RCCAVA) dispone en la actualidad de 5 estaciones de medida fijas instaladas a lo largo de la ciudad. Surge la necesidad de medir en otras zonas de la ciudad en las que no están instaladas esas estaciones para evaluar la representatividad de las mismas.

Para ello el Ayuntamiento de Valladolid inició el proyecto de adquisición e implementación de una nueva estación con características móviles, denominada (**L**aboratorio de **D**espliegue **R**ápido) LDR que alberga todo tipo de equipos para poder abarcar todos los contaminantes presentes en la atmósfera.

Se trata de un laboratorio móvil dotado de un aislamiento térmico y acústico que garantiza una mayor eficiencia energética y una menor huella de carbono. Integra además equipos específicos que no se encuentran en el resto de las estaciones de la RCCAVA para poder conocer y evaluar el estado de la atmósfera y la contaminación en aquellas zonas del término municipal de Valladolid en las que no hay una presencia física de una estación.

Hay que recordar que, conforme a la legislación vigente, y en función del número de habitantes, en Valladolid sólo es necesario la colocación de 2 estaciones de medida (1 de ozono y otra para el resto de los contaminantes), por lo que, aunque la dotación existente es muy superior, se considera adecuado realizar este tipo de mediciones y confirmar las evaluaciones que se realizan con las estaciones existentes y siguen siendo representativas de la calidad del aire de la ciudad.

Para este informe se ha incluido el análisis de los datos comparando los valores con la nueva Directiva (UE) 2024/2881 del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2024 sobre la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. En este Directiva se indican valores límite para la protección de la salud humana que deberán cumplirse, a más tardar, el 1 de enero de 2030 y otros valores, a más tardar, el 11 de diciembre de 2026. Se ha realizado una extrapolación, para ver el grado de cumplimiento de esos valores objetivo a 2030 y 2026, con los datos de 2025.

Además, cabe recordar que desde el año 2023 la estación LDR está acreditada ENAC bajo la norma UNE EN ISO/IEC 17025:2017, para los contaminantes de NO/NO_2, SO_2 y O_3, incluyéndose este punto de muestreo en el alcance de acreditación nº 627/LE870. Este año se ha adquirido un analizador de CO, el cual fue instalado en el mes de noviembre. No se han incluido datos en el presente informe ya que el número de datos obtenidos no ha sido representativo.

2 OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA

El objetivo de la campaña es caracterizar la calidad del aire del barrio de Pajarillos y la influencia en esta del tráfico, así como contrastar los valores con las estaciones de calidad del aire fijas. Además, la estación se ha ubicado en el patio de un colegio teniendo en cuenta los objetivos de la nueva Directiva europea en la cual se hace hincapié en la necesidad de protección de la población sensible y los grupos vulnerables.

El barrio de Pajarillos Bajos se ubica al este de la ciudad de Valladolid. Las principales vías de acceso son Paseo Juan Carlos I y Paseo de San Isidro.

El barrio se formó en la década de los 60 y principios de los 70 como respuesta a la intensa industrialización de la ciudad. Esto responde al rápido desarrollo del barrio y su estructura compleja y diversa en cuanto a tipología de viviendas.

Esta estación se ubicó en la calle Cigüeña, calle que ejerce un papel importante como eje de referencia del barrio ya que agrupa cuatro dotaciones docentes, concentra mucha actividad y atraviesa el barrio por la mitad.

3 METODOLOGÍA

El equipamiento del LDR se muestra en la siguiente tabla, así como las técnicas de medida.

CONTAMINANTE	TÉCNICA ANALÍTICA Y NORMA UNE-EN
SO_2	Fluorescencia de ultravioleta UNE EN 14212:2013
$PM_{10}/PM_{2,5}$	Atenuación de la absorción ß UNE EN 16450:2017
NO/NO_2	Quimioluminiscencia UNE EN 14211:2013
CO	Espectroscopía infrarroja no dispersiva UNE EN 14626:2013
O_3	Fotometría Ultravioleta UNE EN 14625:2013
O_3	Quimioluminiscencia
Black Carbon	Absorción óptica múltiple de longitud de onda
Amoniaco	Quimioluminiscencia
BTX	Cromatografía de gases - PID UNE EN 14662-3:2016
B(a)P	Método normalizado para la medición de la concentración de benzo(a)pireno en el aire ambiente. UNE-EN 15549:2008.
Metales Pesados	Espectrometría de Absorción Atómica. UNE-EN 14902:2006- Laboratorio Regional de Calidad Ambiental (LARECA)

Todos los métodos se han utilizado conforme al Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

La ubicación precisa del laboratorio se ha realizado teniendo en cuenta las facilidades eléctricas y los criterios de macro y micro implantación detallados a continuación.

4 UBICACIÓN DEL LABORATORIO DE DESPLIEGUE RÁPIDO

Se situó el laboratorio en el término municipal de Valladolid, en calle Cigüeña, en el CEIP miguel Hernández, entre los días 14 de enero de 2025 hasta el 7 de enero de 2026.

Se quiere aprovechar este párrafo para agradecer al CEIP Miguel Hernández, y en especial a su Director, por las facilidades mostradas en la colocación y posterior acceso para el mantenimiento de este dispositivo.

Las coordenadas de esta ubicación son 41° 39' 01.6" N, 4°42' 26.2"W.



En esta ubicación, las emisiones provienen de dos fuentes:

- Emisiones de los sistemas de calefacción y agua caliente de los edificios. Sobre todo en invierno. Se trata de una zona residencial y los sistemas son de gas natural, mayoritariamente.
- Emisiones del tráfico. Se trata de una vía que, dada la configuración del barrio, es muy utilizada ya que ejerce un papel importante como eje de referencia del barrio.

Los criterios de macro y micro implantación están recogidos en el RD 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, en el anexo III, apartado II. Macroimplantación de los puntos de muestreo y III. Microimplantación de los puntos de medición y para el ozono el anexo IX, criterios para clasificar y ubicar los puntos de medición para la evaluación de las concentraciones de ozono.

4.1 Criterios de Macroimplantación

Nº	CRITERIOS DE MACROIMPLANTACIÓN	
1	Se encuentra situada de tal manera que se evita la medición de microambientes muy pequeños en sus proximidades.	SI
2	El punto de muestreo es representativo del tipo de estación: URBANA DE TRÁFICO	SI
3	Evita que se midan microambientes muy pequeños en su proximidad, lo que significa que la ubicación del punto de muestreo es representativo de la calidad del aire de un segmento de calle no inferior a 100 m de longitud, para emplazamientos de tráfico y de al menos 250m x 250m en los emplazamientos industriales.	SI
4	Si es estación de fondo urbano se encuentra ubicada de forma que su nivel de contaminación refleje la contribución procedente de todas las fuentes situadas a barlovento de la estación con respecto a los vientos dominantes.	-
5	Si es estación de fondo urbano, no está dominada por una sola fuente salvo en el caso de que tal situación sea característica de una zona urbana más amplia.	-
6	Si es estación de fondo urbano, es representativa de varios kilómetros cuadrados.	--
7	Si el punto de muestreo evalúa fuentes industriales, éste está situado a sotavento de la fuente con respecto a la dirección o direcciones predominantes del viento en la zona residencial más cercana.	SI
8	El punto de muestreo es representativo de ubicaciones similares que no estén situadas en su proximidad inmediata.	SI
CRITERIOS DE MACROIMPLANTACIÓN PARA EL OZONO		
9	Lejos de la influencia de las emisiones locales debidas al tráfico, las gasolineras, etc; localizaciones ventiladas donde puedan medirse una mezcla adecuada de sustancias. Ubicaciones como zonas residenciales y comerciales urbanas, parques lejos de los árboles, grandes calles o plazas de tráfico escaso o nulo, espacios abiertos característicos de las instalaciones educativas, deportivas o recreativas.	No

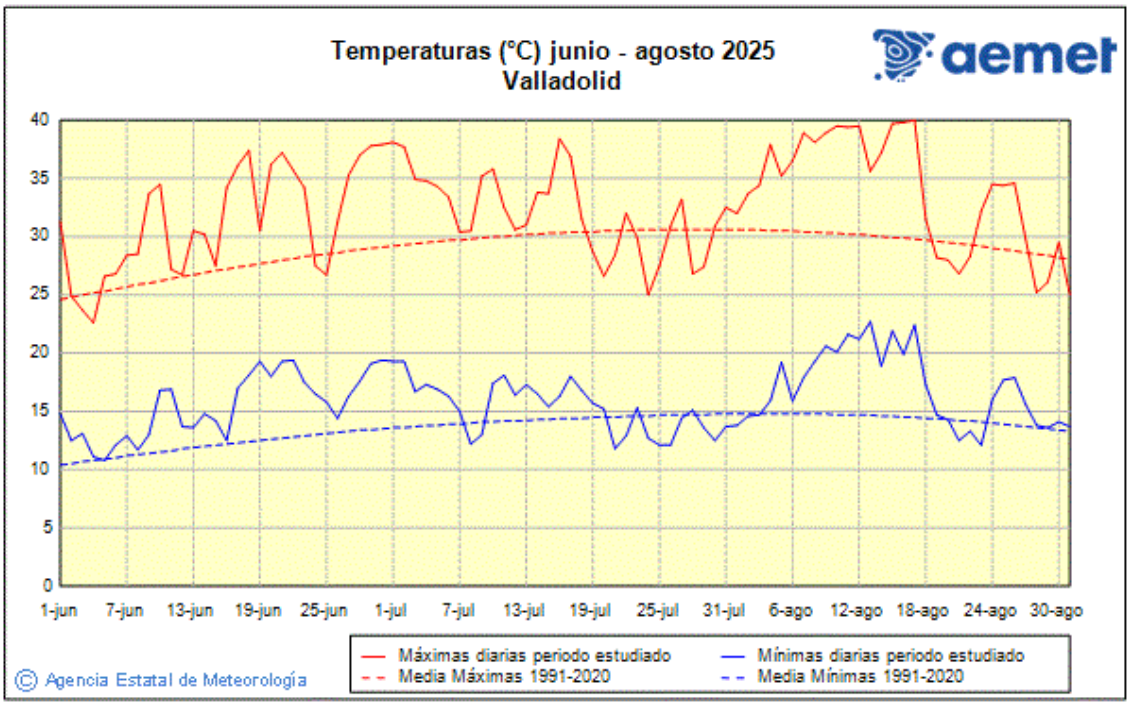
4.2 Criterios de Microimplantación

Nº	CRITERIOS DE MICROIMPLANTACIÓN	
10	No existe restricciones al flujo de aire alrededor del punto de entrada del sistema, ni obstáculos que afecten al flujo de aire en la vecindad del equipo de medición/captación (en general, libre en un arco de al menos 270° o de 180° en el caso de los puntos de medición de la línea de edificios.	SI
11	El punto de entrada de la toma de muestra está a varios metros de edificios, balcones, árboles y otros obstáculos y, como mínimo, a 0,5 m del edificio más próximo en el caso de puntos de medición representativos de la calidad del aire en la línea de edificios.	SI
12	El punto de entrada de la toma de muestra está situado entre 1,5 m, que equivale a la zona de respiración, y 4 m sobre el nivel del suelo.	SI
13	El punto de entrada de la toma de muestra no está situado en las proximidades de fuentes de emisión para evitar la entrada directa de emisiones sin mezclar con el aire ambiente.	SI
14	La salida del punto de medición está colocada de tal forma que se evita la recirculación del aire saliente hacia la entrada del sistema.	SI
15	En emplazamientos de tráfico el punto de medición está, al menos, a 25 m del borde de cruces principales y a una distancia no superior a 10 m del borde exterior de la acera.	SI
16	No existen interferencias con otras fuentes.	SI
CRITERIOS DE MICROIMPLANTACIÓN PARA EL OZONO		
17	La entrada del sistema de captación se debe situar alejada de fuentes de emisiones tales como chimeneas de hornos e instalaciones de incineración y a más de 10 m de la carretera más cerca, y tanto más alejada cuanto mayor sea la intensidad del tráfico	SI

5 DATOS METEOROLÓGICOS DURANTE LA CAMPAÑA

Durante la campaña la temperatura ha oscilado entre -5,1°C de mínima horaria y 39,4°C como temperatura máxima horaria. La humedad relativa entre el 7 y 100%. Este año se ha caracterizado por un verano especialmente caluroso.

Los valores se reflejan en el gráfico siguiente:



Como se puede observar, las máximas (línea roja) se mantuvieron durante buena parte del mes de julio y todo agosto por encima del valor medio de los últimos 30 años. Es más llamativo incluso el efecto en las temperaturas mínimas, que se mantuvieron superiores en todo el periodo a la temperatura mínima media. Hay que indicar que las altas temperaturas son un catalizador para la reacción de formación de ozono troposférico.

La presión ha oscilado entre 912 y 951 mbar.

La velocidad de viento ha oscilado entre 1 m/s y 12,8 m/s con una velocidad media de 4,1 m/s.

6 RESULTADO DE LAS MEDICIONES

Todos los datos están expresados en µg/m^3. El volumen ha de ser referido a una temperatura de 293 K (20ºC) y 101,3 kPa (1 atmósfera).

Los datos de material particulado PM_{10}, $PM_{2,5}$ y el B(a)P se expresan en condiciones ambientales y con descuentos por los aportes de material de origen sahariano. Se ha aplicado un fator de correlación igual a 1, a los equipos automáticos de partículas, como se ha hecho con los equipos de las estaciones fijas de la Red.

6.1 Material particulado PM_{10}

6.1.1 Valores límites legales

	Periodo de promedio	Valor
Valor límite diario.	24 horas	50 µg/m^3 que no podrá superarse en más de 35 ocasiones por año.
Valor límite anual	1 año civil	40 µg/m^3

6.1.2 Resultados de la campaña

Los resultados que se muestran a continuación son valores sin los descuentos de aportes de material particulado por intrusiones de polvo sahariano.

Año	Media SIN DESCUENTOS	Media CON DESCUENTOS	Máximo diario SIN DESCUENTOS	Máximo diario CON DESCUENTOS	% datos válidos
2025	15 µg/m^3	12 µg/m^3	80 µg/m^3	59 µg/m^3	74,52 %

Los datos del **Captador de Alto Volumen** corresponden a un periodo de integración de 24 horas y se procesan una vez por semana. Los valores de dicho contaminante están expresados en µg/m^3.

	Media	Máximo diario	Nº de filtros
2025	14 µg/m^3	73 µg/m^3	323

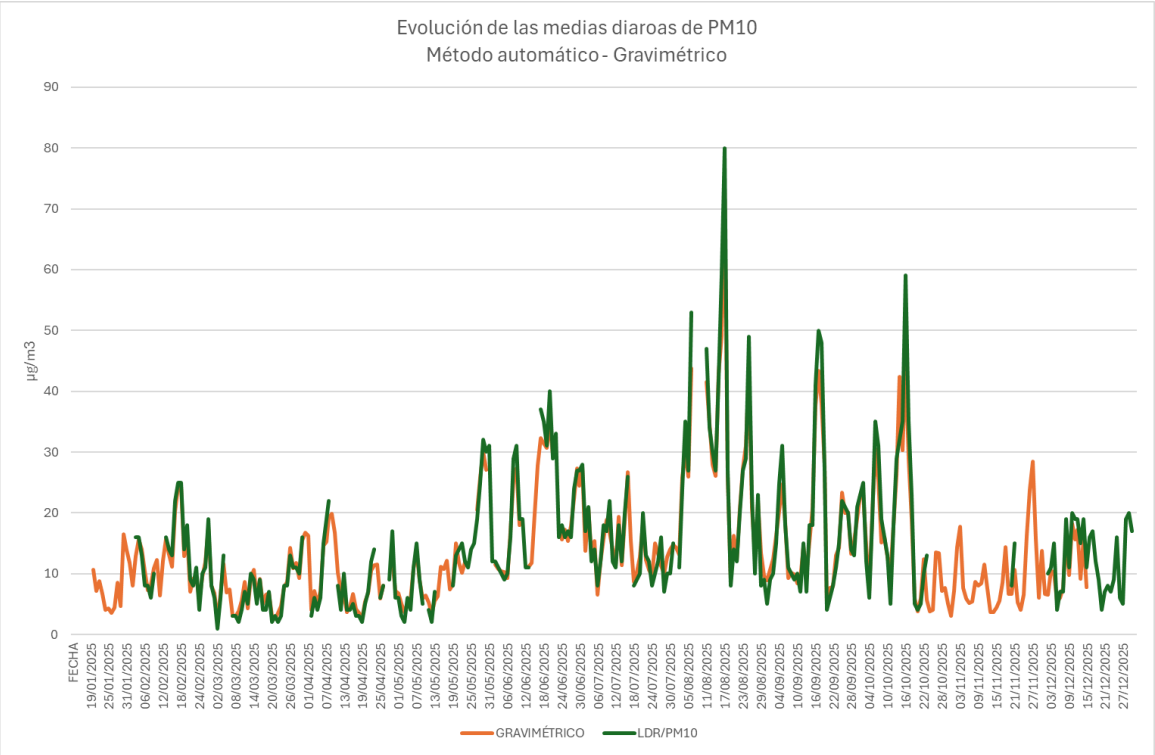


Gráfico 1: Evolución de las medias diarias de PM_{10} ($\mu g/m^3$) medidos con el analizador automático y el método gravimétrico SIN DESCUENTOS.

6.1.3 Cumplimiento de los valores límite legales

	2025
Nº de veces que se ha superado el valor DIARIO 50 $\mu g/m^3$ CON DESCUENTOS	1
LDR (gravimétrico)	1

6.1.4 Gráficas

A continuación, se muestra la evolución diaria de las partículas PM_{10} en las estaciones LDR y Vega Sicilia.

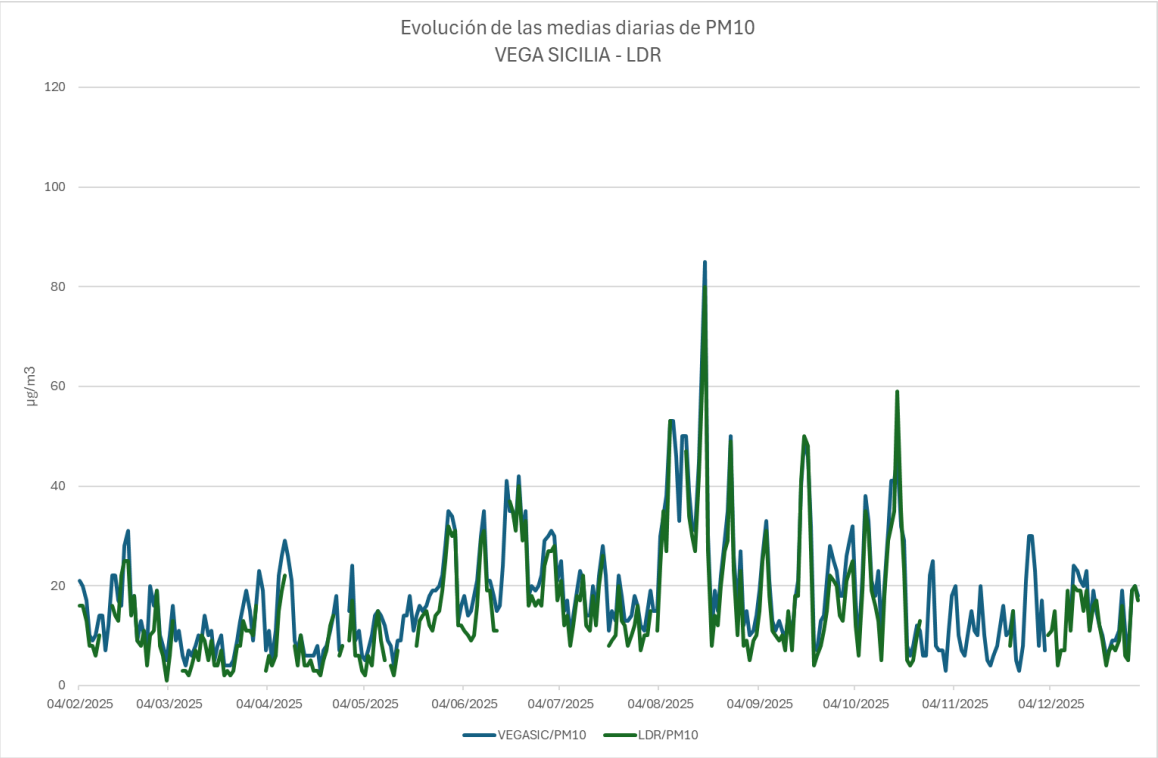


Gráfico 2: Evolución de las medias diarias de PM_{10} ($\mu g/m^3$) en las estaciones LDR y Vega Sicilia SIN DESCUENTOS.

Como se muestra en la gráfica la evolución diaria de los datos es similar a la evolución en la estación de Puente Poniente y Vega Sicilia.

En el siguiente cuadro se muestra el cálculo de R^2 entre los resultados de la estación de LDR con la estación de Vega Sicilia. Este coeficiente evalúa la relación lineal entre dos variables. Se trata de un valor entre 0,0 y 1,0. Un valor de 1,0 indica un ajuste perfecto entre las variables.

	R^2
Vega Sicilia	0,9472

6.2 Material particulado $PM_{2,5}$

6.2.1 Valores límites legales

	Periodo de promedio	Valor
Valor objetivo anual	1 año civil	25 µg/m^3

6.2.2 Resultados

Los resultados que se muestran a continuación son valores sin los descuentos de aportes de material particulado por intrusiones de polvo sahariano.

	Media SIN DESCUENTOS	Media CON DESCUENTOS	Máximo diario SIN DESCUENTOS	Máximo diario CON DESCUENTOS	% datos válidos
2025	9 µg/m^3	8 µg/m^3	61 µg/m^3	22 µg/m^3	86,03 %

6.2.3 Cumplimiento de los valores límite legales

	2025
Nº de veces que se ha superado el valor DIARIO 25 µg/m^3 SIN DESCUENTOS	2
Nº de veces que se ha superado el valor DIARIO 25 µg/m^3 CON DESCUENTOS	0

6.2.4 Gráficas

A continuación, se muestra la evolución diaria de las partículas $PM_{2,5}$ en las estaciones de LDR, y Vega Sicilia.

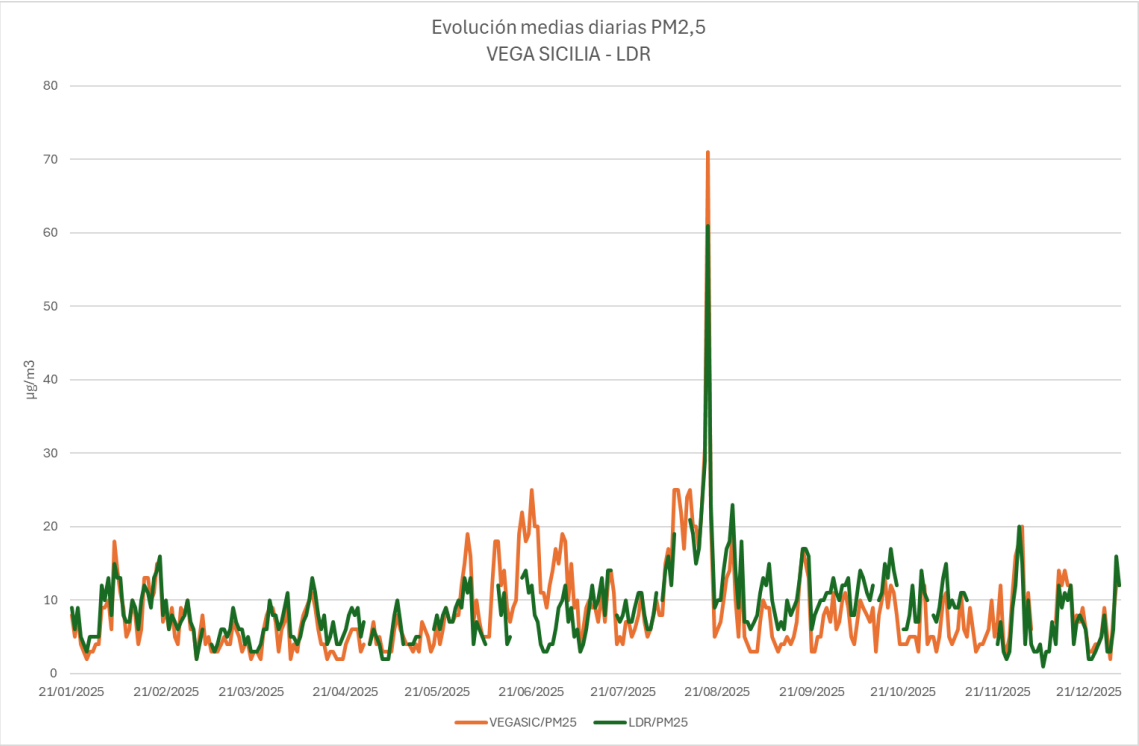


Gráfico 3: Evolución de las medias diarias de $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) en las estaciones LDR y Vega Sicilia SIN DESCUENTOS.

Como se muestra en la gráfica los datos diarios de la estación de Vega Sicilia siguen la misma evolución que los datos del LDR.

De la misma manera que para el material particulado PM10, en el siguiente cuadro se muestra el cálculo de R^2 entre los resultados de la estación de LDR con la estación de Vega Sicilia.

	R^2
Vega Sicilia	0,7091

6.3 Dióxido de azufre (SO_2)

6.3.1 Valores límites legales y recomendaciones

	Periodo de promedio	Valor
Valor límite horario	1 hora	350 µg/m^3, valor que no podrá superarse en más de 24 ocasiones por año civil
Valor límite diario	24 horas	125 µg/m^3 valor que no podrá superarse en más de 3 ocasiones por año civil

6.3.2 Resultados

	Media	Máximo Horario	% datos válidos
2025	4 µg/m^3	20 µg/m^3	92,58 %

6.3.3 Cumplimiento de los valores límite legales

No se ha superado ningún valor legal.

6.4 Amoniaco

6.4.1 Valores límites legales y recomendaciones

No existe legislación aplicable en calidad del aire. En legislación comparada se han encontrado referencias en documentos de la US-EPA (Toxicological Review of Ammonia (Noncancer Inhalation): Executive Summary (epa.gov), en el que reportan un valor límite de exposición durante 8h de 4.900µg/m3, en el que por debajo NO se observan efectos.

6.4.2 Resultados

	Media	Máximo Horario	% datos válidos
2025	16,4 µg/m^3	800 µg/m^3	71,83 %

6.5 Black Carbon (BC)

El equipo utilizado es un Aethalómetro (Met One, modelo BC-1054), con un cabezal de 2.5nm, en el que se registra la absorción a diferentes longitudes de onda, cuando el aire pasa a través de un filtro. La diferencia se señales permite distinguir el BC de fuentes fósiles del BC de fuentes de biomasa.

Las relaciones entre las atenuaciones a 370nm, 470nm y 880nm, permiten estimar el origen de esas partículas. Estas relaciones se estiman a través del coeficiente AAE (Exponente de absorción de Angström) y se identifican de la siguiente forma:

- AAE < 2, fuerte presencia de BC de origen de combustión
- AAE >3 y menor que 15, presencia de partículas procedentes de la combustión de biomasa (pellets, leña, etc,)
- AAE>15, presencia de partículas minerales

6.5.1 Valores límites legales y recomendaciones

No existe legislación aplicable en calidad del aire.

6.5.2 Resultados

Analizadas las 10 señales a 370, 430, 470, 525, 565, 590, 660, 700, 880 y 950nm, se obtienen los siguientes datos del valor AAE

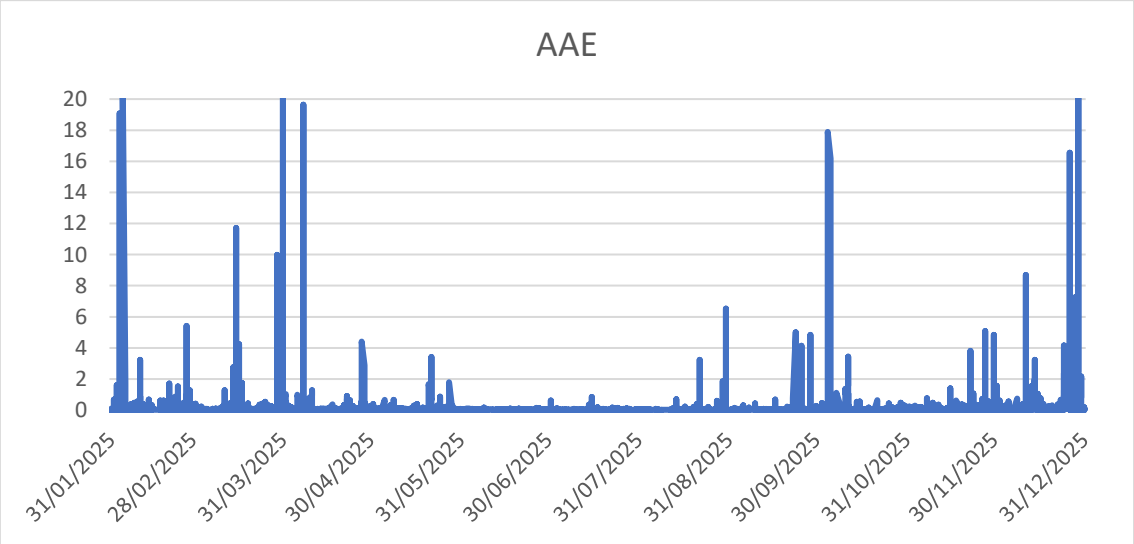


Gráfico 4: Distribución por horas y por meses del origen del BC del LDR.

6.6 Dióxido de nitrógeno (NO_2)

6.6.1 Valores límites legales y recomendaciones de NO_2

	Periodo de promedio	Valor límite
Valor límite horario	1 hora	200 µg/m^3 valor que no podrá superarse en más de 18 ocasiones por año civil.
Valor límite anual	1 año civil	40 µg/m^3 de NO_2

6.6.2 Resultados

	Máximo horario	Media horaria	% datos válidos
2025	105 µg/m^3	16 µg/m^3	90,35 %

Se ha procedido a analizar la evolución durante los días de la semana. Al comparar los registros obtenidos durante los martes y los domingos a lo largo del año, se nota la diferencia sobre todo en las primeras horas del día.

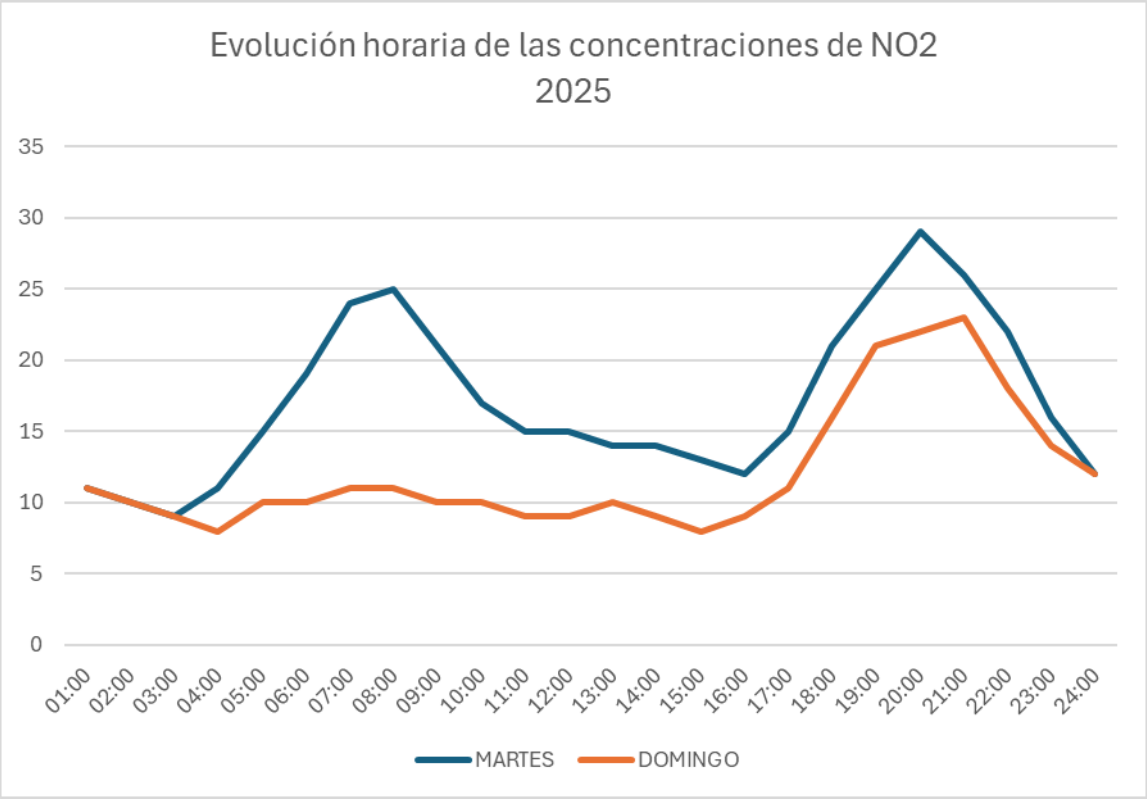


Gráfico 5: Evolución de los valores promedios horarios de NO_2 (µg/m^3) en la estación del LDR, de los martes y domingos del año 2025.

Se han comparado también los resultados de las medias de los martes en los meses de octubre y del mes de julio, para comprobar la influencia del curso lectivo en las concentraciones de NO2.

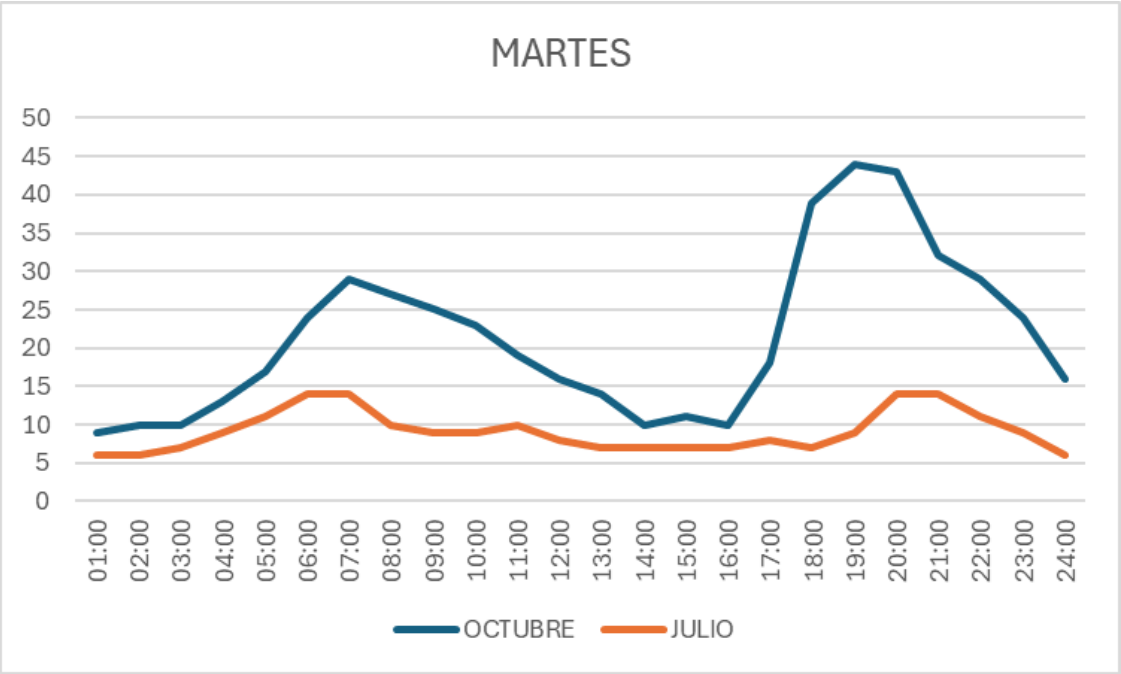


Gráfico 6: Evolución de los valores promedios horarios de NO_2 ($\mu g/m^3$) en la estación del LDR de los martes del mes de octubre y el mes de julio.

6.6.3 Cumplimiento de los valores límite legales

	2025
Nº De veces que se ha superado el valor horario 200 $\mu g/m^3$	0
Valor promedio 24 horas-año civil	16 $\mu g/m^3$

6.6.4 Gráficas

A continuación, se muestran la evolución de los valores diarios de NO_2 en las estaciones de Vega Sicilia y el LDR y la estación de Michelín 1 y LDR.

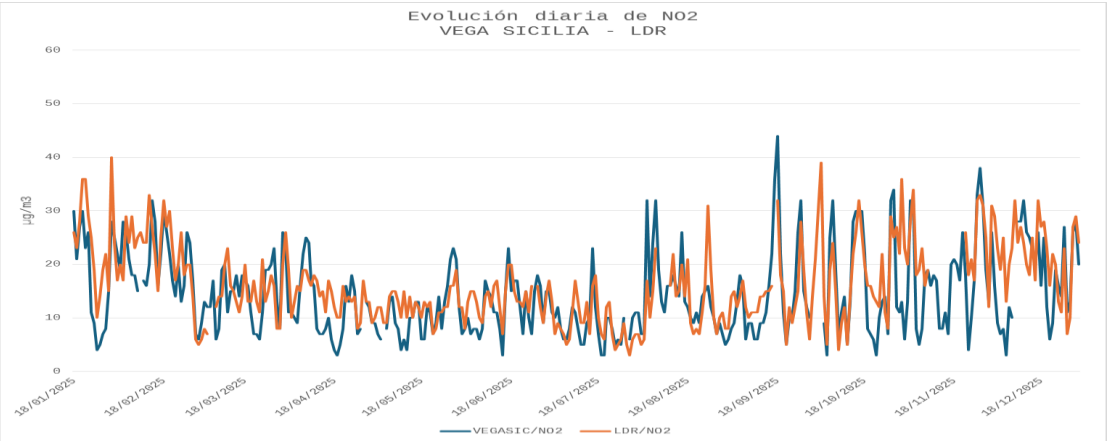


Gráfico 7: Evolución de los valores diarios de NO_2 ($\mu g/m^3$) en las estaciones de LDR y Vega Sicilia

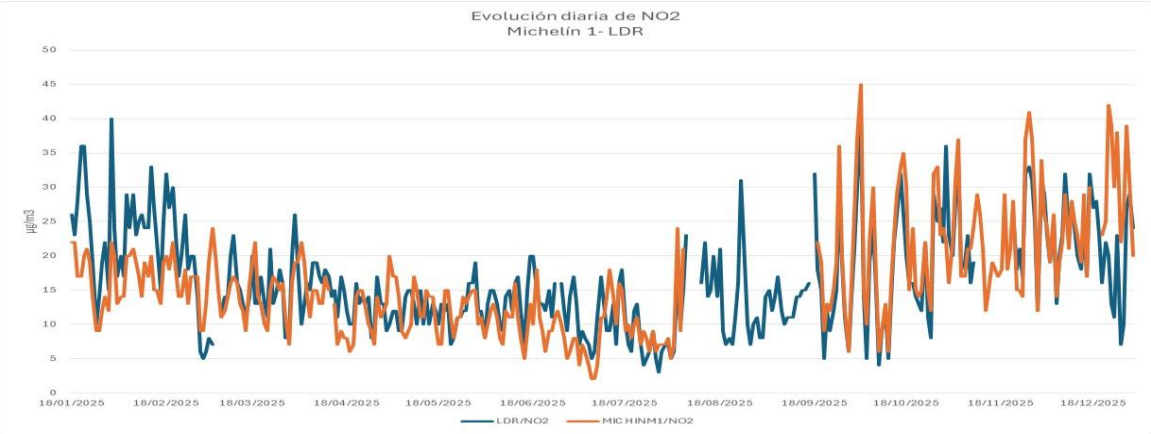


Gráfico 8: Evolución de los valores diarios de NO_2 (µg/m³) en las estaciones de LDR Michelin 1.

Como puede verse en las gráficas no parece que exista una buena correlación entre la evolución de cualquiera de las estaciones.

Si comparamos con el resto de las estaciones de la ciudad, tenemos:

ESTACIÓN		
ARCO LADRILLO	$y = 1{,}0782x + 2{,}4592$	$R^2 = 0{,}6755$
RUBIA	$y = 1{,}0115x + 1{,}2555$	$R^2 = 0{,}716$
VEGA SICILIA	$y = 0{,}7764x + 1{,}8067$	$R^2 = 0{,}5011$
PUENTE PONIENTE	$y = 0{,}9491x + 0{,}0843$	$R^2 = 0{,}7658$
VALLADOLID SUR	$y = 0{,}9465x + 6{,}991$	$R^2 = 0{,}6013$
MICHELÍN 1	$y = 0{,}7716x + 3{,}2569$	$R^2 = 0{,}5249$
MICHELÍN 2	$y = 0{,}5866x - 1{,}704$	$R^2 = 0{,}6505$

A la vista de los resultados las estaciones de Puente Poniente y la Rubia son las que mejores coeficientes de correlación presentan (>0.7), y se analizamos las pendientes, Arco de Ladrillo y La Rubia, presentan una pendiente >1, y el resto <1.

En el siguiente gráfico se muestra la evolución de los valores máximos horarios de NO_2 en las estaciones de Puente Poniente y el LDR y Michelín 1 y LDR.

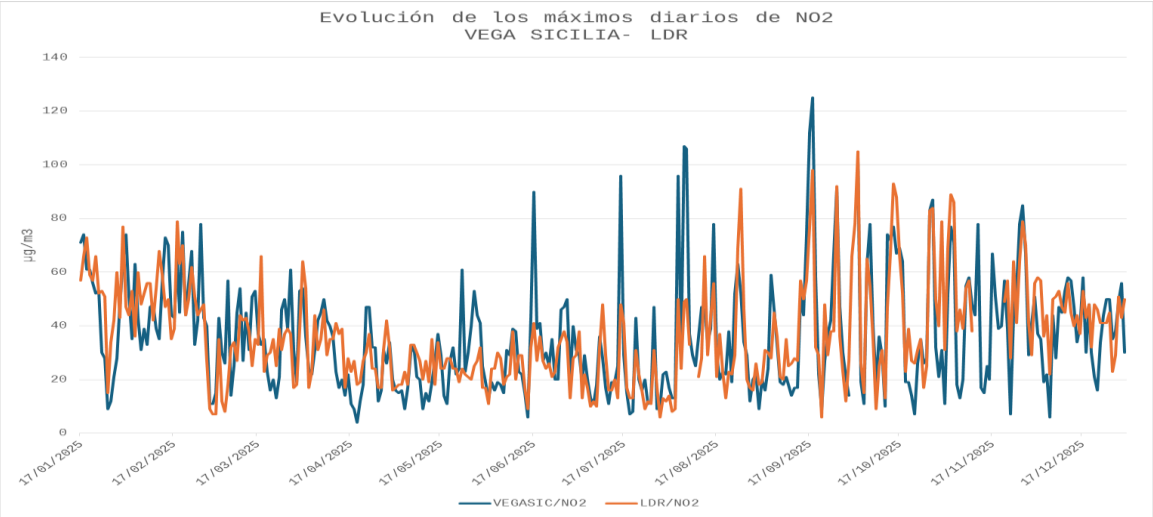


Gráfico 9: Evolución de los valores máximos diarios de NO_2 ($\mu g/m^3$) en las estaciones de LDR y Vega Sicilia.

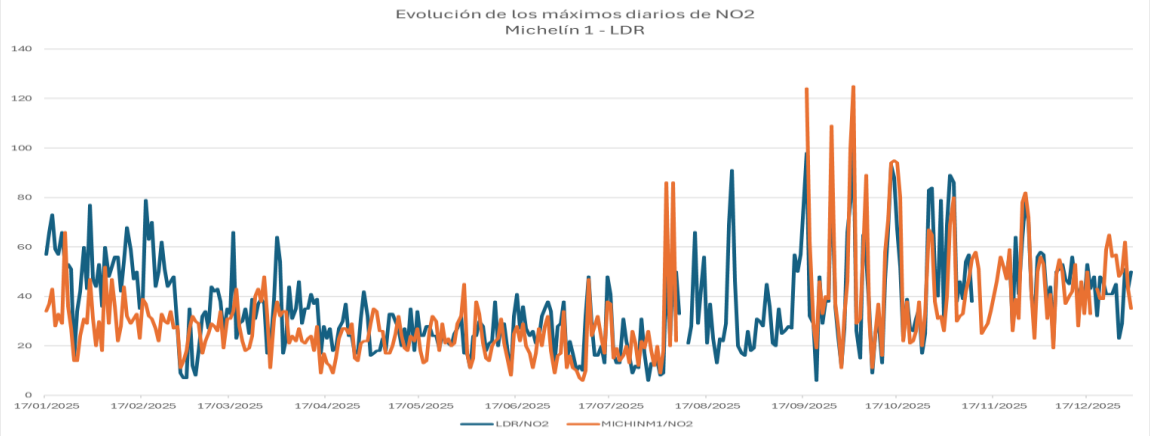


Gráfico 10: Evolución de los valores máximos diarios de NO_2 ($\mu g/m^3$) en las estaciones de LDR y Michelin 1.

6.7 Ozono (O_3)

6.7.1 Valores límites legales

Objetivo	Parámetro	Valor
Objetivo a largo plazo para la protección de la salud humana	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias en un año civil.	120 µg/m^3

	PARÁMETRO	UMBRAL
Umbral de información	Promedio horario	180 µg/m^3
Umbral de alerta	Promedio horario	240 µg/m^3

	2025
SOMO35	4077 µg/m^3

Se ha incluido también el cálculo SOMO35, un indicador utilizado para la evaluación del impacto del ozono en la salud que se define como la suma anual de valores máximos diarios octohorarios de ozono superiores a 35 ppb, es decir, 70 µg/m^3.

A continuación, se ha añadido una tabla con la valoración de los rangos de este indicador, basada en el Informe publicado por la OMS, *Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution,* del año 2008, acerca de los riesgos para la salud del ozono debido a la contaminación atmosférica transfronteriza. Se precia como los valores registrados se encuentran en el ámbito de bueno.

	Muy bueno	0 – 2.5 mg/m^3/día	0 – 2500 µg/m^3/día
	Bueno	**2.5 – 5 mg/m^3/día**	**2500 - 5000 µg/m^3/día**
	Malo	5 – 10 mg/m^3/día	5000 - 10000 µg/m^3/día
	Muy malo	>10 mg/m^3/día	> 10000 µg/m^3/día

6.7.2 Resultados

Los resultados que se muestran en las tablas siguientes corresponden al analizador de O_3 por quimioluminiscencia

	Valor máximo horario	Valor máximo octohorario
2025	168 µg/m^3	136 µg/m^3

6.7.3 Cumplimiento de los valores límite legales

	2025
Nº de días que se ha superado el valor MÁXIMO DE LAS MEDIAS MÓVILES OCTOHORARIAS 120 µg/m^3	8
Nº De veces que se ha superado el UMBRAL DE INFORMACIÓN COMO PROMEDIO HORARIO 180 µg/m^3	0

6.7.4 Gráficas

A continuación, se muestra la evolución de los valores medios diarios de O_3 en el LDR y las estaciones de Vega Sicilia y Michelín 1, estación de Calidad del Aire de Energy Works (EW) por Absorción Ultravioleta ubicada en Paseo del Cauce.

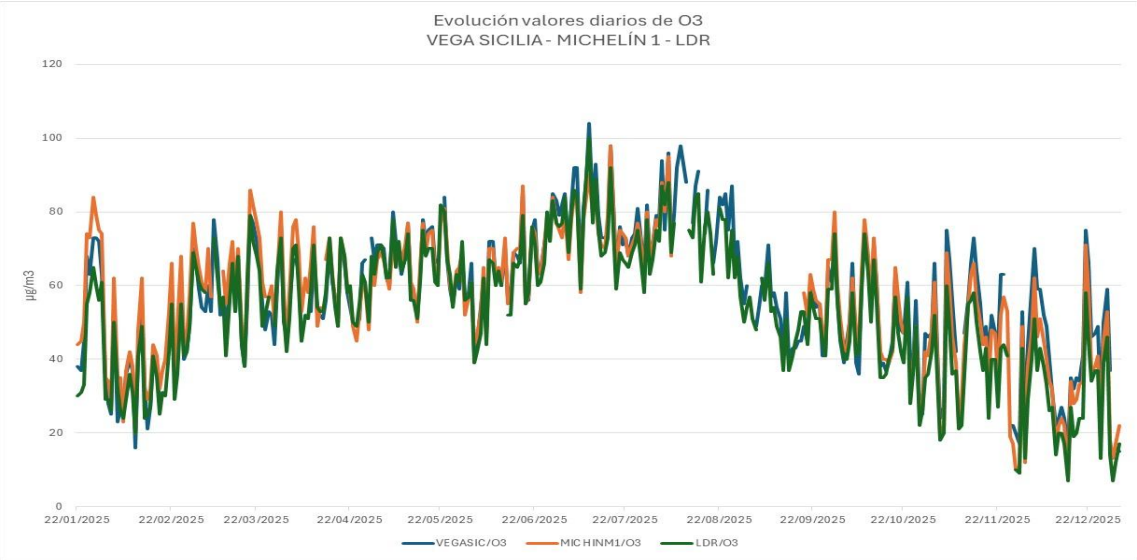


Gráfico 11: Evolución de los valores medios diarios de O_3 en el LDR y las estaciones de Vega Sicilia y Michelín1.

Como se muestra en la primera gráfica la evolución de los valores medios diarios en la estación de Michelín 1 y los datos del LDR son totalmente equivalentes, en un gran número de días.

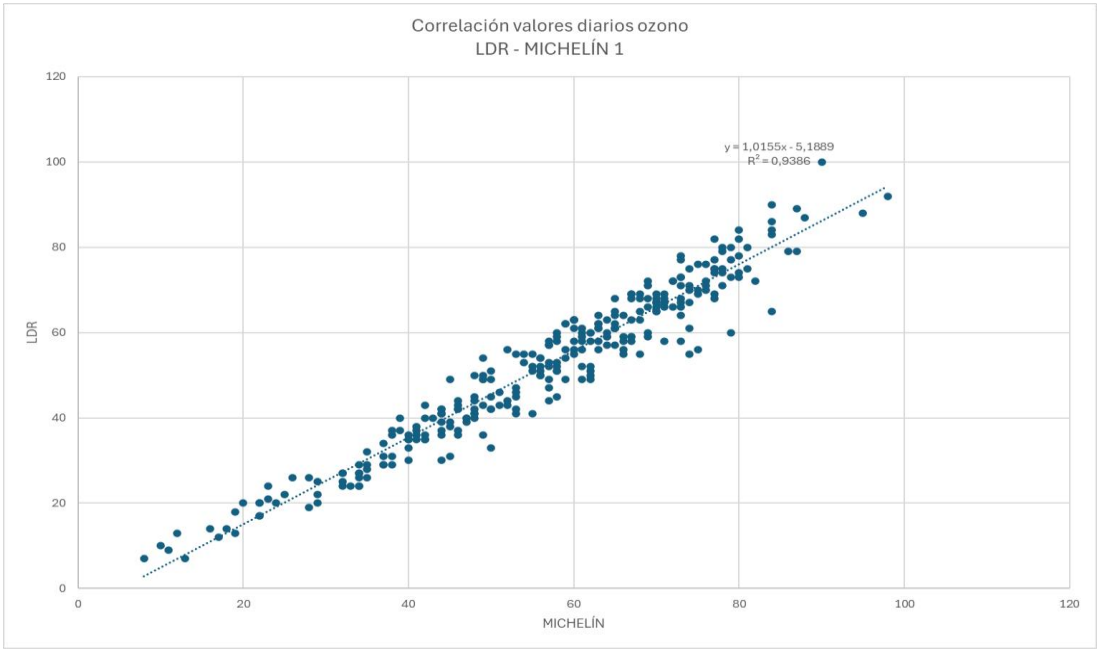


Gráfico 12: Correlación de los valores horarios de ozono de la estación de Michelín 1 y el LDR.

$$y = 1{,}0155x + 5{,}1889 \quad R^2 = 0{,}9386$$

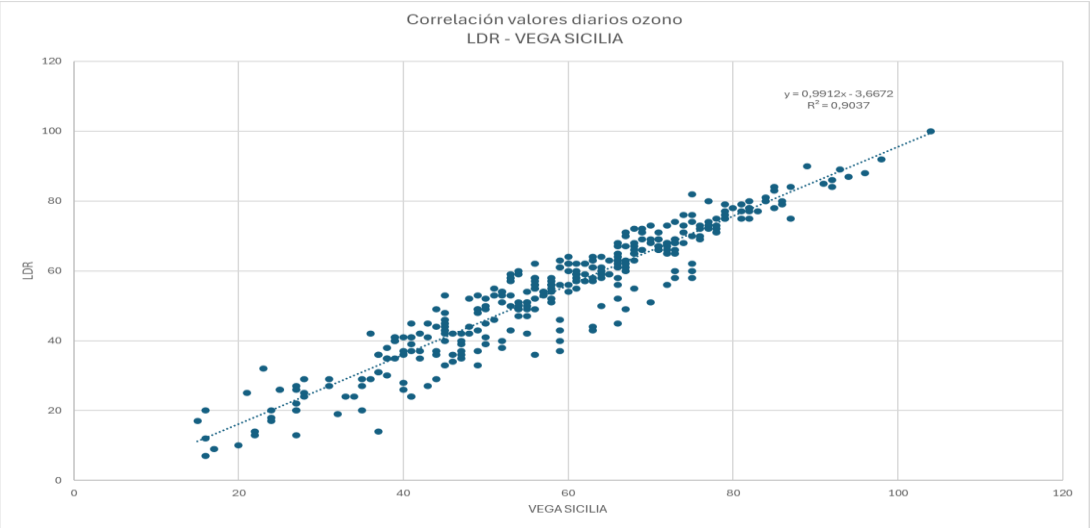


Gráfico 13: Correlación de los valores horarios de ozono de la estación de Vega Sicilia y el LDR.

$$y = 0{,}9912x + 3{,}6672 \quad R^2 = 0{,}9037$$

6.8 Benceno

6.8.1 Valor límite legal

El valor límite se expresará en µg/m^3. El volumen ha de ser referido a una temperatura de 293 K y 101,3 kPa.

	Periodo de promedio	Valor límite
Valor límite	Año civil	5 µg/m^3

6.8.2 Resultados

	Media	Máximo Horario	% datos válidos
2025	1,0 µg/m^3	10,4 µg/m^3	92,03 %

6.9 Benzo(a)pireno

6.9.1 Valor límite legal

El valor objetivo se expresa en condiciones ambientales. Muestra los niveles en aire ambiente en la fracción PM_{10} como promedio durante un año natural.

Contaminante	Periodo de promedio	Valor límite
Benzo(a)pireno (B(a)P)	Año natural	1 ng/m^3

6.9.2 Resultados

Los datos correspondientes a Benzo(a)pireno.

Valor medio	Filtros medidos durante la campaña
0,11 ng/m^3	173

El valor medio está expresado en ng/m^3.

Estación	Valor medio
LDR	0,11 ng/m^3
Arco Ladrillo II	0,10 ng/m^3

6.10 Metales pesados

6.10.1 Valores límites legales

Contaminante	Valor objetivo	Periodo de promedio
Arsénico (As)	6 ng/m^3	Niveles en aire ambiente en la fracción PM_{10} como promedio durante un año natural
Cadmio (Cd)	5 ng/m^3	
Níquel (Ni)	20 ng/m^3	
Plomo (Pb)	0,5 µg/m^3	

6.10.2 Resultados

A continuación, se muestra una tabla con los valores de metales pesados.

Contaminante	Valor medio	Filtros medidos durante la campaña
Arsénico (As)	0,215 ng/m^3	150
Cadmio (Cd)	0,035 ng/m^3	150
Níquel (Ni)	1,007 ng/m^3	150
Plomo (Pb)	0,002 ng/m^3	150

El análisis de estos metales se ha realizado en el Laboratorio Regional de Calidad Ambiental, de la Junta de Castilla y León LARECA.

Contaminante	LDR	Arco Ladrillo II
Arsénico (As)	0,215 ng/m^3	0,195 ng/m^3
Cadmio (Cd)	0,035 ng/m^3	0,037 ng/m^3
Níquel (Ni)	1,007 ng/m^3	1,028 ng/m^3
Plomo (Pb)	0,002 ng/m^3	0,002 ng/m^3

7 Objetivos de calidad del aire para 2030 y 2026 Directiva 2024/2881

7.1 Dióxido de azufre (SO_2)

	Periodo de promedio	Valor		
		2030	2026	LDR 2025
Valor límite horario.	1 hora (valor medio horario)	350 µg/m^3 que no podrá superarse más de 3 veces por año.	350 µg/m^3 que no podrá superarse más de 24 veces por año.	0 superaciones
Valor límite diario	24 horas (valor medio diario)	50 µg/m^3 que no podrá superarse más de 18 veces por año.	125 µg/m^3 que no podrá superarse más de 3 veces por año.	0 superaciones
Valor límite anual	1 año civil	20 µg/m^3		4 µg/m^3 MEDIA ANUAL

No se ha superado ninguno de los valores límite incluidos en la nueva Directiva 2024/2881.

7.2 Material particulado PM_{10}

Para 2026	Periodo de promedio	Valor	LDR 2025
Valor límite diario.	24 horas (valor medio diario)	50 µg/m^3 que no podrá superarse en más de 35 veces por año civil	1 superaciones CON DESCUENTOS
Valor límite anual	1 año civil	40 µg/m^3	12 µg/m^3 MEDIA ANUAL CON DESCUENTOS

No se habrían superado tampoco los valores límite, diario y anual, para el año 2026.

Para 2030	Periodo de promedio	Valor	LDR 2025
Valor límite diario.	24 horas (valor medio diario)	45 µg/m^3 que no podrá superarse en más de 18 veces por año civil	1 superación CON DESCUENTOS
Valor límite anual	1 año civil	20 µg/m^3	12 µg/m^3 MEDIA ANUAL CON DESCUENTOS

En cuanto al valor diario no se habría superado en más de 18 ocasiones el valor límite de 45µg/m^3:

No se habría superado el valor límite anual de 20 µg/m^3.

7.3 Material Particulado $PM_{2,5}$

	Periodo de promedio	Valor	LDR 2025
Valor límite diario.	24 horas (valor medio diario)	25 µg/m^3 que no podrá superarse en más de 18 veces por año.	0 superaciones CON DESCUENTOS
Valor límite anual (2026)	1 año civil	25 µg/m^3	8 µg/m3 MEDIA ANUAL CON DESCUENTOS
Valor límite anual (2030)	1 año civil	10 µg/m^3	8 µg/m3 MEDIA ANUAL CON DESCUENTOS

El valor límite diario de la nueva Directiva no se habría superado ya que la nueva Directiva permite la superación de este valor hasta en 18 ocasiones y en el LDR no se ha superado en ninguna ocasión, teniendo en cuenta los descuentos. Así mismo, tampoco se superan los valores límite anuales para 2026 y 2030.

7.4 Dióxido de nitrógeno (NO_2)

2030	Periodo de promedio	Valor	LDR 2025
Valor límite horario.	1 hora (valor medio horario)	200 µg/m^3 que no podrá superarse más de 3 veces por año civil.	0 superaciones
Valor límite diario	1 día	50 µg/m3 que no podrá superarse más de 18 veces por año civil.	0 superaciones
Valor límite anual	1 año civil	20 µg/m^3	16 µg/m^3 MEDIA ANUAL

Tampoco se habrían superado ninguno de los valores límite indicados en la nueva Directiva para el año 2030.

7.5 Ozono (O_3)

	Periodo de promedio	Valor	LDR 2025
Valor objetivo Protección de la salud humana	Máxima diaria de las medias octohorarias	120 µg/m^3 que no podrá superarse más de 18 días por año civil, promediado en un período de tres años.	8 superaciones[1]
*Valor objetivo **a largo plazo** Protección de la salud humana (para 1 de enero de 2050)*	Máxima diaria de las medias octohorarias dentro de un año civil	100 µg/m^3 que no debe suponer más de 3 días de superación por año civil (percentil 99)	49 superaciones

Sí se habría superado el valor objetivo a largo plazo, superando el valor máximo diario de las medias móviles octohorarios en más de 3 días.

[1] Sólo se ha calculado para un año.

7.6 Benceno

	Valor		
	2030	2026	LDR 2025
Valor límite anual	3,4 µg/m^3	5 µg/m^3	1,0 µg/m^3 MEDIA ANUAL

No se ha superado el valor medio anual que indica la nueva Directiva, ni para el año 2026 ni para el 2030.

7.7 Benzo(a)pireno

	Valor objetivo	LDR 2024
Año civil	1 ng/m^3	0,11 ng/m^3 MEDIA ANUAL

No se habría superado el valor medio anual que indica la nueva Directiva para el 2030.

7.8 Metales pesados

Contaminante	Valor límite	LDR 2025
Arsénico (As)	6,0 ng/m^3	0,215 ng/m^3
Cadmio (Cd)	5,0 ng/m^3	0,035 ng/m^3
Níquel (Ni)	20 ng/m^3	1,007 ng/m^3
Plomo (Pb)	0,5 µg/m^3	0,002 ng/m^3

No se habría superado ninguno de los valores objetivos indicados en la nueva Directiva para el 2030 y 2026

8 CONCLUSIONES

Durante el año de 2025, se ha registrado la evolución de los contaminantes atmosféricos legislados en un punto representativo de la calidad del aire del Barrio de Pajarillos, concretamente en el colegio Miguel Hernández. Ésta, es una campaña de medida más que se realiza en los entornos escolares, con objeto de asegurar que la calidad del aire en los colegios cumple con los valores legislados.

Para las partículas, óxidos de nitrógeno y ozono, se han obtenido porcentajes de datos válidos superiores al 90% en un año, por lo que hay datos suficientes (Anexo V del Real Decreto 102/2011, relativo a la calidad del aire) y se puede afirmar que se confirma la tendencia en la ciudad y en este punto **NO se han superado en 2025, ningún valor límite de protección a la salud**, ni valores objetivo de ozono, recogidos en la legislación vigente. **Tampoco se han superado ninguno de los valores aprobados por la nueva Directiva de calidad, que serán aplicables a 2030.**

Siendo el objetivo principal de la campaña obtener información de la calidad del aire del entorno del Barrio de Pajarillos, **los valores que se han registrado son muy similares al resto de la ciudad**, como veremos en los siguientes apartados.

Los resultados de las partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$, confirman unos valores similares al del resto de la ciudad, que por otro lado, manifiestan su clara dependencia con los fenómenos de intrusión de partículas. Revisando los datos del analizador de Black Carbon, se observa como en determinadas horas y días, la contribución de material desértico y de quema biomasa tiene su importancia en el carbono negro total. En cualquier caso, parece que no hay una influencia zonal en los resultados ya que estos son comparables al del resto de estaciones. Los datos del analizador automático con respecto al gravimétrico muestran que los analizadores automáticos sobreestiman los valores. Esta tendencia también se observa en el analizador gravimétrico instalado también en Arco de Ladrillo.

Relativo a los óxidos de nitrógeno, en concreto el NO_2, los valores obtenidos concuerdan con lo esperado, dada la situación del LDR y el volumen de tráfico que podría afectar a las medidas. Se observa una clara dependencia con los tiempos del colegio, registrando una diferencia entre las horas dependiendo del día de la semana, y por meses también se ve un cambio en los meses de verano. Es clara por tanto la influencia del tráfico de vehículos en esa zona. Cuando se ha comparado con la evolución de otras cabinas no hay buena correlación con ninguna de la ciudad, no obteniendo valores superiores de $r>0.71$. Esto significa una influencia de las emisiones más localizadas. Los valores de evaluación de la calidad del aire (valor anual y numero de

superaciones) son inferiores a las estaciones de Valladolid, de manera que la zona sigue pudiéndose evaluar con las de la ciudad.

En lo que respecta al ozono, y tendiendo en contexto que es una estación de tráfico, los valores registrados son prácticamente iguales a los del resto de estaciones, sin diferencias significativas. Estos valores confirman que el ozono es un contaminante a escala superior a la local, que cuando se origina se registra en cualquier punto de la ciudad y que las medidas de reducción a escala local han de estar suficientemente contrastadas para que surtan efecto.

Los registros de amoniaco son muy bajos, como cabría esperar en una estación alejada de posibles fuentes de emisiones.

El resto de los contaminantes legislados también presentan valores muy por debajo de los valores legales. El SO_2, el benceno, los metales y el B(a)P, se mantienen similares a los valores registrados en otras estaciones de la ciudad, a unos niveles por debajo incluso de los umbrales inferior de evaluación, es decir, que no llegan ni a un 40% del valor límite.

En definitiva, los valores registrados durante la campaña son similares a los obtenidos en el resto de las estaciones de la ciudad, con una gran coincidencia sobre todo con la estación de Vega Sicilia. Dado que para la evaluación de la calidad del aire se utiliza siempre la estación que registra los datos más altos, podemos afirmar que **las estaciones de la Red de Calidad del Aire de Valladolid, son representativas de la calidad del aire del barrio Pajarillos y pueden ser utilizadas para la evaluación de la calidad del mismo.**