

CAMPAÑA CALIDAD DEL AIRE 2021

MELILLA



INDICE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 1.1 OBJETO DEL ESTUDIO..... | 3 |
| 1.2 LEGISLACIÓN..... | 4 |
| 2. CARACTERÍSTICAS DE LA CIUDAD AUTÓNOMA DE MELILLA..... | 7 |
| 3. CAMPAÑA DE CALIDAD DEL AIRE..... | 11 |
| 3.1 DESCRIPCIÓN DE LA CAMPAÑA..... | 11 |
| 3.2 PARÁMETROS ANALIZADOS..... | 14 |
| 3.3 RESULTADOS DE LA CAMPAÑA DE CALIDAD DEL AIRE..... | 20 |
| METEOROLOGÍA..... | 20 |
| PRIMERA UBICACIÓN: PARQUE HERNÁNDEZ..... | 24 |
| SEGUNDA UBICACIÓN: EMBALSE DE ROSTROGORDO..... | 38 |
| TERCERA UBICACIÓN: UNIVERSIDAD DE GRANADA, CAMPUS DE MELILLA..... | 51 |
| 3.4 APORTE DE FUENTES NATURALES. | 63 |
| 3.5 RESUMEN DE LA CAMPAÑA..... | 64 |
| 4. COMPARACIÓN CON CAMPAÑAS ANTERIORES..... | 69 |
| 5. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE..... | 74 |
| 6. CONCLUSIONES..... | 77 |

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 OBJETO DEL ESTUDIO.

En cumplimiento de la obligación legal de evaluar la calidad del aire por parte de las comunidades autónomas y las entidades locales, la ciudad de Melilla realiza periódicamente campañas de medición de los principales contaminantes atmosféricos.

En este informe, se detalla la campaña realizada durante el periodo comprendido entre el 17 de marzo y el 31 de mayo 2021, en tres ubicaciones distintas.

La concentración de los distintos contaminantes depende en gran medida de la relación entre las fuentes contaminantes y las condiciones meteorológicas, que puede favorecer la concentración y dispersión de los mismos. Por ello, durante la campaña realizada, se han medido tanto las concentraciones de los principales contaminantes (dióxido de azufre, partículas PM₁₀ y PM_{2,5}, dióxido de nitrógeno, ozono, monóxido de carbono, benceno, amoniaco y metales), como los parámetros meteorológicos (velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad, presión, radiación solar y precipitación).

El presente estudio muestra los resultados obtenidos en la campaña de medición y realiza un análisis de los mismos, respecto a los valores límite, los umbrales de alerta e información y los valores objetivos, sin olvidar los umbrales de evaluación; todos ellos establecidos en la legislación vigente.

1.2 LEGISLACIÓN.

- **Ley 34/2007**, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección a la atmósfera, cuyo objeto es establecer las bases en materia de prevención, vigilancia y reducción de la contaminación de la atmósfera con el fin de evitar, y cuando esto no sea posible, aminorar los daños que de ésta puedan derivarse para las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza.

El artículo 10 de esta ley establece, que las comunidades autónomas, y en su caso, las entidades locales, evaluarán regularmente la calidad del aire en su correspondiente ámbito territorial.

- **Directiva 2008/50/CE** del parlamento europeo y del consejo de 21 de mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. Cuyo objetivo es definir y establecer objetivos de calidad del aire, evaluar la calidad del aire en los Estados miembro, obtener información sobre la calidad del aire y asegurar que esta se encuentra a disposición de los ciudadanos, mantener la calidad del aire cuando sea buena y mejorarla en los demás casos y, por último, fomentar la cooperación entre los Estados miembro para reducir la contaminación atmosférica.

Esta directiva indica la obligatoriedad de realizar mediciones fijas en las zonas y aglomeraciones donde se rebasen los objetivos a largo plazo para el ozono o los umbrales de evaluación para otros contaminantes.

- **Real Decreto 102/2011**, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, por la que se traspone al ordenamiento jurídico español la anterior directiva.
- **Real Decreto 39/2017**, de 27 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 102/2011 relativo a la mejora de la calidad del aire.

Estas normas establecen unos objetivos de calidad de aire que se concretan en valores límites, valores objetivos, objetivos a largo plazo o umbrales de información y/o alerta a la población, en función del contaminante.

Con el objetivo de facilitar la interpretación, se resumen dichos límites y umbrales en las tablas siguientes:

| Valores límite y objetivos Real Decreto 102/2011 | | | | |
|---|----------------------|---|-----------------------|--|
| Contaminante | Objeto de protección | Período de análisis | Valor | Categoría |
| Dióxido de nitrógeno (NO ₂) | Salud | Media anual | 40 µg/m ³ | Valor límite; En vigor desde 2010 |
| | Salud | Media horaria; no podrán superarse en más de 18 ocasiones por año civil | 200 µg/m ³ | Valor límite; En vigor desde 2010 |
| Partículas PM ₁₀ | Salud | Media anual | 40 µg/m ³ | Valor límite; En vigor desde 2005 |
| | Salud | Media diaria; no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año | 50 µg/m ³ | Valor límite; En vigor desde 2005 |
| Partículas PM _{2,5} | Salud | Media anual (FASE I) | 25 µg/m ³ | Valor objetivo, deberá ser alcanzado en 2010; valor límite entra en vigor en 2015 |
| | Salud | Media anual (FASE II) | 20 µg/m ³ | Valor límite indicativo, deberá ratificarse como valor límite en 2013. Entrada en vigor una vez ratificado, 1 de enero de 2020. Aún no ratificado. |
| Ozono (O ₃) | Salud | Máxima diaria de las medias móviles octohorarias; no podrá superarse en más de 25 días por cada año civil de promedio en un periodo de 3 años | 120 µg/m ³ | Valor objetivo, deberá ser alcanzado en 2010 ⁽³⁾ (media años 2010, 2011, 2012) |
| Dióxido de azufre (SO ₂) | Salud | Media horaria | 350 µg/m ³ | Valor límite; En vigor desde 2005 |
| | Salud | Media diaria | 125 µg/m ³ | Valor límite; En vigor desde 2005 |
| Monóxido de carbono (CO) | Salud | Máxima diaria de las medias móviles octohorarias | 10 mg/m ³ | Valor límite; En vigor desde 2005 |
| Pbomo | Salud | 1 año civil | 0,5 µg/m ³ | Valor límite; En vigor desde el 1 de enero 2005. |
| Benceno | Salud | 1 año civil | 5 µg/m ³ | Valor límite; Debe alcanzarse el 1 de enero de 2010, |
| Arsénico (As) | | En fracción de PM ₁₀ como promedio en un año natural. | 6 ng/m ³ | Valor objetivo: Fecha de cumplimiento 1 de enero de 2013. |
| Cadmio (Cd) | | En fracción de PM ₁₀ como promedio en un año natural. | 5 ng/m ³ | Valor objetivo: Fecha de cumplimiento 1 de enero de 2013. |
| Níquel (Ni) | | En fracción de PM ₁₀ como promedio en un año natural. | 20 ng/m ³ | Valor objetivo: Fecha de cumplimiento 1 de enero de 2013. |

| Umbrales definidos en la legislación sobre calidad del aire | | | |
|---|----------------|-----------------------|---|
| Real Decreto 102/2011 | | | |
| Contaminante | Tipo de umbral | Valor | Periodo de análisis |
| Ozono (O ₃) | Información | 180 µg/m ³ | Media horaria |
| | Alerta | 240 µg/m ³ | Media horaria |
| Dióxido de nitrógeno (NO ₂) | Alerta | 400 µg/m ³ | Media horaria, durante 3 horas consecutivas |
| Dióxido de azufre (SO ₂) | Alerta | 500 µg/m ³ | Media horaria, durante 3 horas consecutivas |

Tabla 1. Valores límites, objetivos y umbrales establecidos por la legislación.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA CIUDAD AUTÓNOMA DE MELILLA.

La Ciudad Autónoma de Melilla se encuentra ubicada en el Norte de África, en la base oriental de la península de Tres Forcas, frente a las costas de Adra (Almería). Se dispone en un semicírculo en torno al puerto. Limita con el Mar Mediterráneo al Este y con la provincia de Nador por tierra, perteneciente a Marruecos. Los pueblos de Beni-Enza, Farhana y Marihuari rodean la ciudad.

Ocupa una superficie total de 12,34 km² y se encuentra dividida en dos partes por el Río de Oro, en las denominadas parte Norte y parte Sur.

En la parte Norte se sitúan las zonas del "Barranco del Nano" y "Aguadú" aceptadas como zonas LIC's (Lugar de Importancia Comunitaria) dentro de la región biogeográfica mediterránea, según la Decisión de la Comisión de 19 de julio de 2006, pasando a formar parte de la "Red Natura 2000". Estos LIC's pasaron a ser ZEC (Zona de Especial Conservación) una vez fueron redactados y aprobados los planes de ordenación (P.O.R.N.G.).

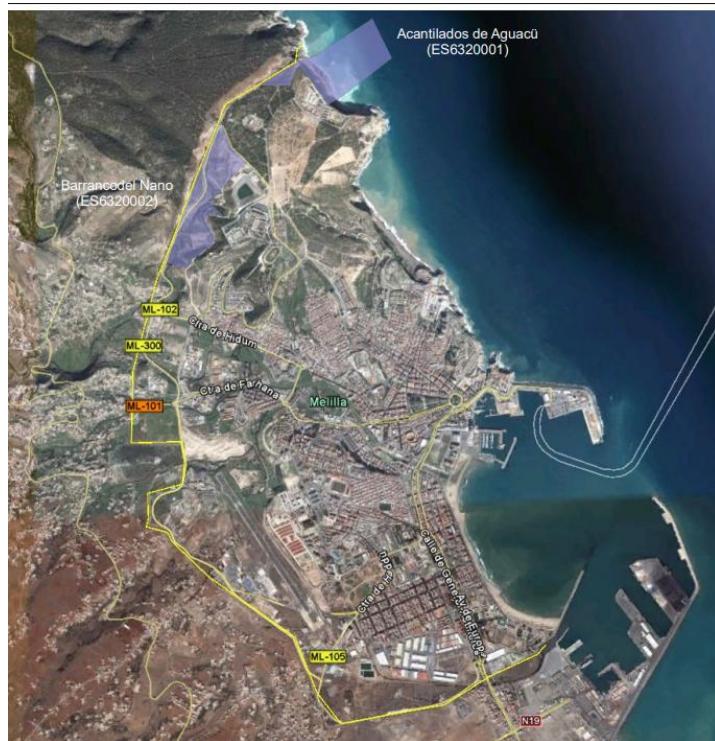


Imagen 1. Detalle Ciudad Autónoma de Melilla. Fuente: Consejería de Coordinación y Medio Ambiente Ciudad Autónoma de Melilla. <http://medioambientemelilla.es>

La densidad de población de Ciudad de Melilla es de 7.024 habitantes por Km² y la población total es de 87.076 habitantes, según el Instituto Nacional de Estadística (INE-2020), de los cuales, 44.162 habitantes son hombres y 42.914 son mujeres.

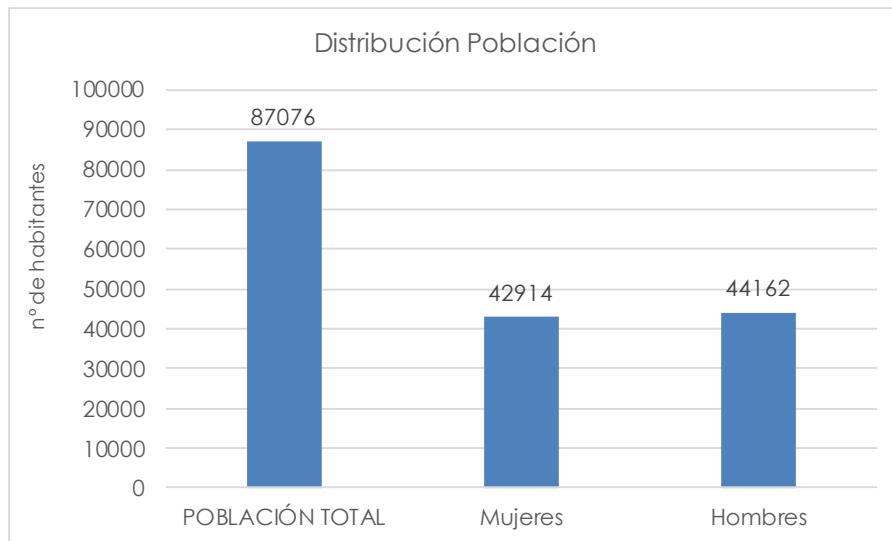


Gráfico 1. Distribución población Ciudad Autónoma Melilla, año 2020. Fuente: INE.

La tasa de natalidad bruta es de 11,14 nacidos por cada mil habitantes, la más alta de España y muy superior a la media nacional, la cual se sitúa en 7,15 nacidos por mil habitantes. La tasa bruta de mortalidad es la más baja de España, con 6,03 defunciones por cada mil habitantes, cuando la media nacional es de 9,19 defunciones por cada mil habitantes.

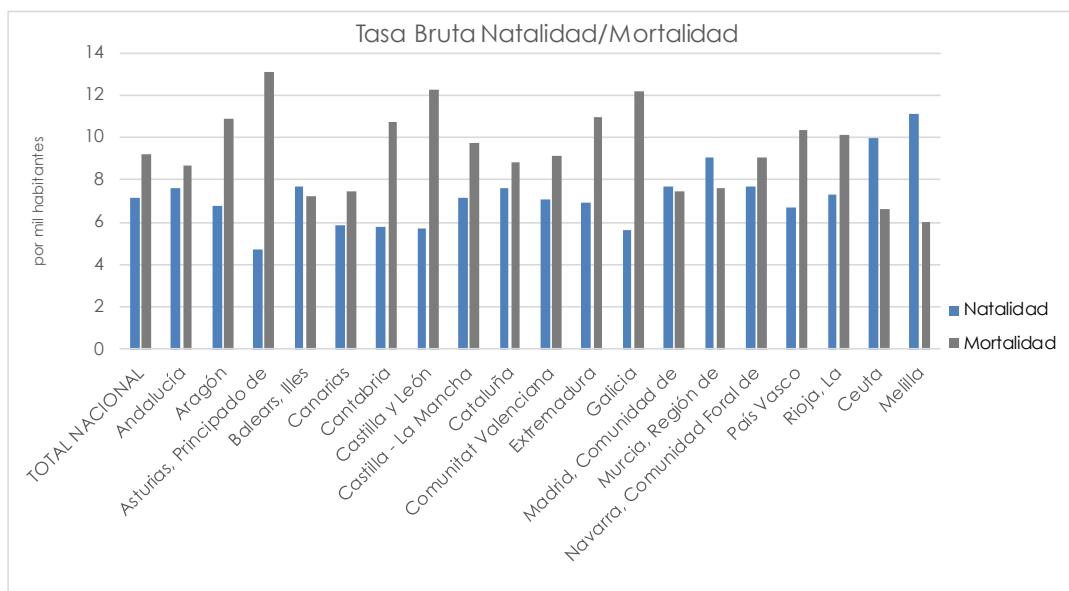


Gráfico 2. Representación de la Tasa Bruta de Natalidad y la Tasa Bruta de Mortalidad por Comunidad Autónoma, año 2020. Fuente: INE.

A su vez, el saldo migratorio con el extranjero obtenido en el año 2020 es de 277 personas y el saldo migratorio interautonómico es de -1.065 personas, en el mismo periodo.

Según la Encuesta de la Población Activa (EPA), en el primer trimestre del año 2021 en Melilla la tasa de población activa es de un 63,24 %. Durante ese mismo trimestre, Melilla presenta un porcentaje de paro del 21,52 %, una tasa superior a la nacional.

Recalcar que, los resultados de las Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla deben tomarse con precaución, ya que pueden estar afectados por errores de muestreo como consecuencia del pequeño tamaño muestral de las entrevistas de la EPA, tras la declaración del estado de alarma motivado por la pandemia.

La distribución porcentual de la población activa en función del sector económico, durante el primer trimestre del año 2021 en Melilla, es la siguiente:

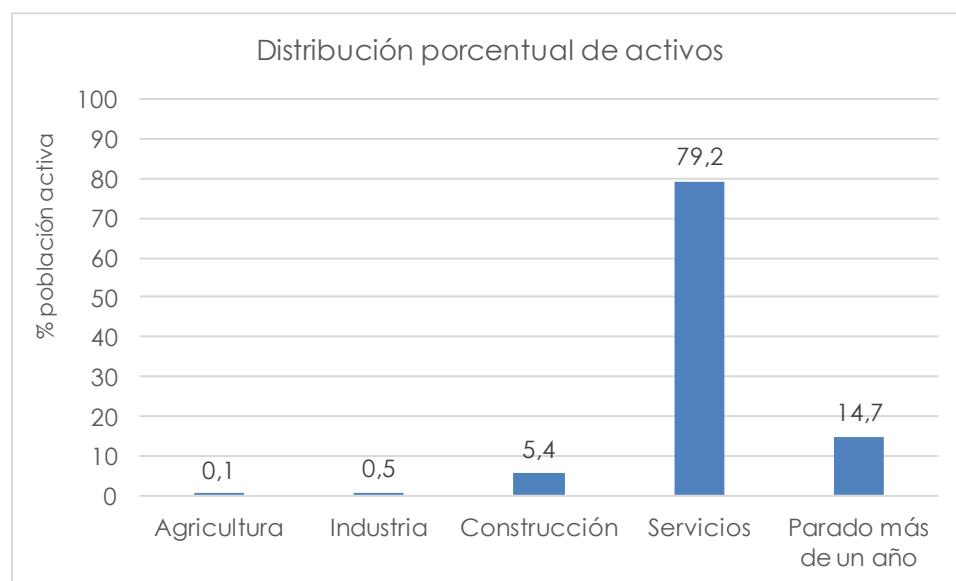


Gráfico 3. Distribución porcentual población activa Ciudad Autónoma Melilla, año 2021 T1. Fuente: INE.

Como puede observarse en el Gráfico 3, la principal actividad desarrollada en la ciudad corresponde al sector servicios, con un 79,2% de la población activa. Destacar que, un 14,7 % de la población activa se encuentra en paro por una duración de más de un año.

Una de las principales características de la ciudad es que la población aumenta durante el día, en el horario de jornada laboral, debido a su ubicación respecto a la

frontera con Marruecos. Muchas personas, principalmente de la provincia de Nador, cruzan la frontera por la mañana para ocupar sus puestos de trabajo y abandonan la ciudad al final de la jornada.

Se ha de tener en cuenta que el año 2021 continúa presentando unas características especiales debido a las restricciones establecidas en las distintas regiones para luchar contra la propagación de la COVID-19.

Se prorrogan las medidas preventivas establecidas por el Real Decreto 926/2020, de 25 de octubre, por el que se declara el estado de alarma y la Resolución de 29 de octubre de 2020 del Congreso de los Diputados, con la que se acuerda la autorización de su prórroga. Estas medidas consisten principalmente en: la limitación de la circulación de las personas en horario nocturno, la posibilidad de limitar la entrada y salida de la Ciudad Autónoma de Melilla, la reducción de aforos de las instalaciones y locales, la limitación de las agrupaciones de personas para el desarrollo de cualquier actividad o evento familiar en espacios públicos y privados, el uso obligatorio de mascarillas, mantener la distancia interpersonal de 1,5 m...

El día 18 de marzo, se publica en el BOME (Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Melilla), un plan de actuaciones para hacer frente a la transmisión de la COVID-19.

El estado de alarma finaliza en todo el territorio nacional, el día 9 de mayo de 2021, fecha a partir de la cual, las Comunidades Autónomas tienen la competencia para establecer las medidas que estimen oportunas para seguir frenando los contagios y mitigar los efectos de la pandemia. Comienza, además, el periodo de vacunación por grupos de edad de forma paulatina en todo el territorio español.

Por tanto, esta situación ha podido afectar a las emisiones generadas a la atmósfera, como consecuencia de la reducción de la movilidad de la población, entre otras.

3. CAMPAÑA DE CALIDAD DEL AIRE.

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA CAMPAÑA.

El presente estudio tiene como objetivo el estudio de la calidad del aire en la Ciudad Autónoma de Melilla. Para ello, se lleva a cabo una campaña de medición con el autobús de Calidad del Aire, el cual se instala en tres ubicaciones distintas representativas de la ciudad.

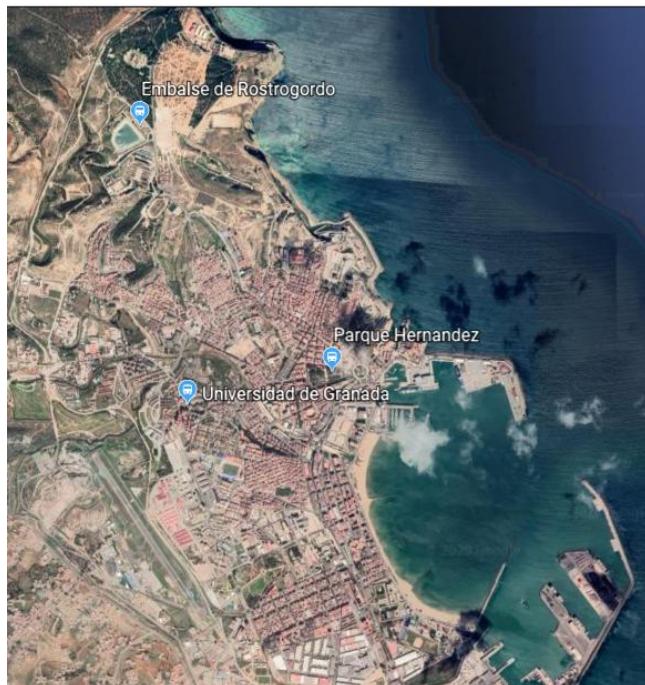


Imagen 2. Ubicaciones de la Unidad Móvil en el año 2021.

La campaña comienza en el recinto de Parque Hernández. En esta ubicación, el autobús permaneció instalado desde el día 17 de marzo hasta el día 11 de abril. El Parque Hernández está ubicado en el ensanche Modernista, en el centro urbano de la ciudad, a unos 3 km de la frontera con Marruecos y próximo al puerto. Además, se encuentra rodeado por edificios de viviendas, tanto al Norte como al Sur y al Oeste. Al Este del parque se encuentra situada la Plaza España, una zona muy concurrida tanto por vehículos como por peatones.

Se ha de destacar, que, a unos 250 metros del punto de medida, se encuentra la Av. Marina española, una de las vías principales de la ciudad y la central Diésel de Melilla propiedad de ENDESA.

Coordenadas de la ubicación:

35°17'32''N

2°56'25''W



Imagen 4. Parque Hernández y su entorno.

El día 12 de abril el autobús se instala en la segunda ubicación seleccionada, el Embalse de Rostrogordo, allí permanece hasta el día 10 de mayo a las 12:00, fecha en la que se mueve a la siguiente ubicación. Tras el cambio de ubicación se realizan trabajos de mantenimiento, calibración y estabilización de los equipos, por ello, se toma como inicio de esta segunda ubicación el día 14 de abril, fecha en la que ya se disponen de medias diarias válidas de los contaminantes. Del mismo modo, se considera finalizada el día 9 de mayo.

El autobús se sitúa en esta segunda ubicación en un recinto cerrado junto al Embalse de Rostrogordo y a unos 100 metros de El Fuerte, el cual forma parte del Parque de Ocio y Deporte El Fuerte y posee estatus de Bien de Interés Cultural.

Al Norte del punto de muestreo se encuentra situada la zona verde más importante de la ciudad, los Pinares de Rostrogordo. Consta de un pinar dividido por una gran explanada.

Es necesario destacar que, próximas al punto de muestreo se encuentran dos zonas ZEC, la zona marítimo terrestre de los acantilados de Aguadú y el Barranco del Nano.

Coordenadas de la ubicación:

35°18'36''N

2°57'26''W

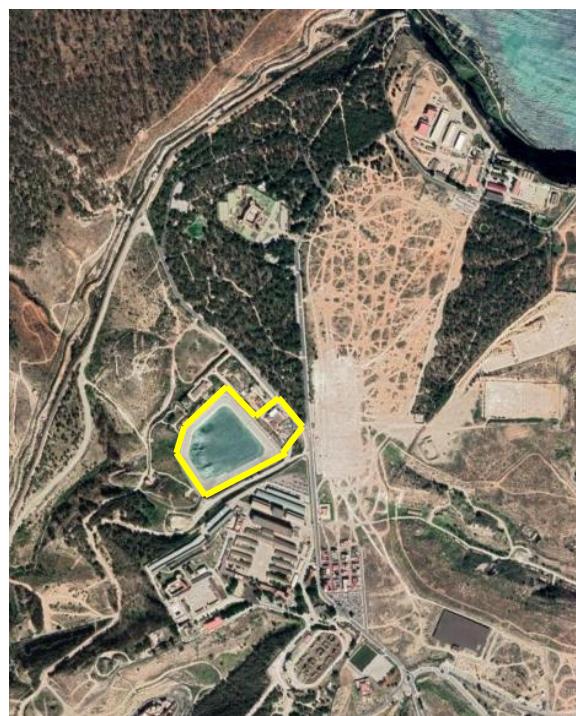


Imagen 5. Embalse de Rostrogordo y su entorno.

El día 10 de mayo, el autobús se instala en la última ubicación del periodo de campaña. Sin embargo, el periodo de muestreo no comienza hasta el día 11 de mayo, día a partir del cual se dispone de medias diarias válidas, debido a los trabajos de mantenimiento, calibración y estabilización llevados a cabo en los equipos desde el día anterior. Del mismo modo, se considera finalizado el día 31 de mayo.

Por tanto, durante la tercera parte de la campaña, entre el 11 y el 31 de mayo, el autobús de Calidad del Aire se encuentra instalado en la Universidad de Granada, en el Campus de Melilla. Esta Universidad se encuentra ubicada en el barrio Virgen de la Victoria, una zona residencial. Al Sur, Este y Oeste, la Universidad se encuentra rodeada por edificios de viviendas, al Norte de la misma se encuentra el CATVFU (Centro Autorizado de Tratamiento de Vehículos Fuera de Uso).

A unos 500 metros en dirección Suroeste se encuentra la base Alfonso XIII y a unos 1.000 metros, en la misma dirección, se encuentra ubicado el aeropuerto de Melilla.

Coordenadas de la ubicación:

35°17'23" N

2°57'10" W



Imagen 6. Universidad de Granada, Campus de Melilla y su entorno.

3.2 PARÁMETROS ANALIZADOS.

Partículas en suspensión inferiores a 2,5 micras (PM_{2,5}). Las partículas PM_{2,5} son las partículas presentes en el aire de tamaño inferior a 2,5 micras. Debido a su tamaño permanecen estables en el aire durante largos periodos de tiempo y pueden transportarse a grandes distancias. Son peligrosas ya que pueden acceder al organismo por el tracto respiratorio y debido a su tamaño reducido pueden acceder a los alveolos.

Están formadas por compuestos orgánicos e inorgánicos y principalmente son de origen antropogénico. Especialmente se forman debido al tráfico urbano.

Las partículas PM_{2,5} se muestrean mediante un analizador en continuo, el método se basa en la absorción parcial de la radiación β.

El aire ambiente es succionado a través de unos cabezales de toma de muestra dotados con filtros que impiden el paso de materia superior a 2,5 micras. La muestra del aire se hace pasar por un filtro de fibra de vidrio en el que quedarán depositadas las partículas en suspensión. Posteriormente, este filtro se coloca en el dispositivo de medida, entre la fuente de radiación y el contador. Se determina la concentración de partículas a partir de la atenuación sufrida por la radiación emitida por la fuente radiactiva al atravesar el filtro donde se han depositado las partículas.

Partículas en suspensión inferiores a 10 micras (PM₁₀). Las partículas PM₁₀ son las partículas presentes en el aire de tamaño inferior a diez micras. Debido a su tamaño permanecen estables en el aire durante largos periodos de tiempo y pueden acceder al organismo a través del tracto respiratorio. Éstas suelen quedar retenidas en los tramos altos del sistema respiratorio provocando irritación en el mismo. La toxicidad de las PM₁₀ está relacionada con su composición.

Su origen se debe principalmente al aporte de partículas asociadas a actividades e instalaciones residenciales, tales como combustión de calefacciones, tráfico, construcción y demolición de edificios, determinadas industrias, etc., o de aporte natural como esporas e intrusiones de polvo sahariano.

Las partículas PM₁₀ se muestrean mediante un analizador en continuo. El método se basa en la absorción parcial de la radiación β.

Metales. También se realiza la captación de metales pesados mediante un captador secuencial manual de bajo volumen, modelo Dust Check DPM16 de AMS ANALITICA con certificado de aprobación de tipo emitido por laboratorio acreditado 17025. A su vez, el cabezal usado cumple con las especificaciones contenidas en la norma UNE-EN 12341:2015.

La muestra de aire que se quiere analizar se hace pasar a través de un filtro tarado previamente, en el que se depositarán las partículas en suspensión. Una vez finalizado el periodo de muestreo (24 horas), el captador transporta el filtro al cargador de filtros muestreados, donde se almacena en condiciones óptimas. Posteriormente un técnico

extrae los filtros muestreados y los envía a un laboratorio acreditado donde se analizan y se determina la concentración media diaria de metales (arsénico, cadmio, níquel y plomo).

El análisis se ha llevado a cabo en el laboratorio de ensayo de Eurofins Envira Ingenieros Asesores, laboratorio acreditado por ENAC para la realización de estos ensayos según la norma UNE-EN 14902:2006.

Óxidos de Nitrógeno (NOx). Los óxidos de nitrógeno más importantes son el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂), emitidos principalmente por el sector transporte, debido a las reacciones de combustión de los vehículos, así como las emisiones de determinadas industrias y la combustión de calderas.

El NO es emitido en mayor cantidad, pero sufre una rápida oxidación a NO₂, siendo éste el que predomina en la atmósfera. Por ello, para conocer la calidad del aire, respecto a los óxidos de nitrógeno, nos centramos en las concentraciones de NO₂ presentes en la atmósfera. Es para este compuesto para el que la legislación ha establecido valores límite y un umbral de alerta.

En altas concentraciones, el NO₂, produce problemas respiratorios sobre la salud humana, problemas de crecimiento y clorosis en la vegetación, y son capaces de corroer tejidos y materiales diversos. Debido a que la principal fuente de NO₂ es el tráfico, para el estudio sobre los efectos de la salud se ha de tener en cuenta que puede ir acompañado de partículas en suspensión, así como de otros contaminantes.

A su vez, los NOx influyen en la formación del smog fotoquímico, el ozono troposférico y la lluvia ácida.

El principio de medida de los NOx presentes en la atmósfera se basa en la reacción del monóxido de nitrógeno (NO), con el ozono (O₃), para formar NO₂. Al reaccionar dos especies para formar un compuesto excitado se produce una quimioluminiscencia que es proporcional a los elementos presentes.

La muestra de aire a analizar se hace pasar por un conducto que se bifurca en 2 partes.

Por la primera pasa el aire a un convertidor catalítico, donde se produce la reducción del NO₂ a NO y posteriormente pasa a la cámara de reacción de NOx. Por la segunda, la muestra de aire tal y como fue captada, se conduce a la cámara de reacción de NO.

En las cámaras de reacción se producirá la combinación del NO existente con el O₃ para formar NO₂*; este último compuesto pasa a su forma estable (NO₂), emitiendo radiación en una banda alta del espectro visible.

En la cámara de NOx se detecta tanto el NO que contiene la muestra original, como el que procede de la conversión del NO₂ en el catalizador. En la cámara de NO se detecta exclusivamente el NO que contiene la muestra original; es por tanto el dato que indica la concentración de NO.

La concentración de NO₂ se determina electrónicamente por diferencia entre las medidas detectadas en las dos cámaras, es decir, entre el NOx y el NO.

Ozono (O₃). El ozono troposférico es un contaminante secundario, procedente de las reacciones fotoquímicas de sus precursores o contaminantes primarios (óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles) en condiciones de altas temperaturas y elevada radiación solar. A su vez estos contaminantes primarios deben su origen al tráfico rodado, determinadas emisiones industriales y calefacciones domésticas.

Los niveles más elevados de ozono se alcanzan durante los meses estivales, comprendidos entre los meses de abril a septiembre, y los máximos diarios se alcanzan durante las primeras horas de la tarde.

El ozono es altamente oxidante por lo que provoca la irritación de los tejidos pulmonares y de las mucosas, especialmente durante la actividad física. Provoca tos, irritación de garganta y dificultad para respirar. A su vez, puede afectar al funcionamiento pulmonar y aumentar la susceptibilidad de los pulmones a otros contaminantes ambientales.

El principio de medida para la determinación en continuo del ozono como contaminante de la baja atmósfera, se basa en la absorción característica de la molécula de ozono cuando es irradiada por radiación ultravioleta.

La muestra de aire a analizar se bifurca en 2 canales; la muestra del primero pasa a través de un catalizador que elimina el ozono contenido en la muestra. Este aire sin ozono se introduce en una celda, llamada de referencia y sirve como patrón de referencia en el analizador; la muestra de aire del segundo canal se introduce directamente en una celda llamada celda de medida.

Una lámpara UV produce la radiación ultravioleta que irradiará las dos celdas. La detección de la radiación que llega después de recorrer cada una de las cámaras se

realiza por tubos fotomultiplicadores, que generan una señal eléctrica proporcional a la absorción producida en cada cámara, pudiendo calcularse la absorción producida por el ozono por la diferencia entre las señales medidas en la celda de medida y en la de referencia.

Dióxido de azufre y sulfuro de hidrógeno (SO_2/SH_2). Es un contaminante primario que se origina principalmente por la combustión de carburantes con presencia de azufre, procedentes de centrales térmicas, procesos industriales, tráfico de vehículos pesados y calefacciones de carbón y fuel.

Casi la mitad del SO_2 vuelve a depositarse en la superficie y el resto puede reaccionar con el agua y dar lugar ácido sulfúrico y depositarse como lluvia ácida.

Los principales efectos sobre la salud humana son la irritación de ojos, mucosas y piel.

La técnica de medida de este contaminante se basa en la absorción de fluorescencia ultravioleta.

La radiación ultravioleta emitida por una lámpara de Xenón (Xe), Cinc (Zn) o similar, pasa a una cámara de reacción donde las moléculas de SO_2 absorben la radiación UV, excitando sus capas de electrones.

Cuando las moléculas regresan a su estado normal, emiten una radiación luminosa característica fluorescente detectada por un tubo fotomultiplicador.

La señal eléctrica que se produce en el detector de fluorescencia se procesa electrónicamente para producir una corriente eléctrica proporcional al número de moléculas de SO_2 excitadas, que a su vez es proporcional a la concentración de SO_2 en la cámara de reacción durante un tiempo determinado.

Monóxido de carbono (CO). Es un contaminante primario que se combina con el oxígeno atmosférico para generar CO_2 . La principal fuente de emisión es el transporte y es el contaminante emitido en mayor cantidad a la atmósfera por causas no naturales.

El principal efecto sobre la salud consiste en que al reaccionar con la hemoglobina de la sangre forma el compuesto llamado carboxihemoglobina, que reduce la capacidad de la sangre de transportar oxígeno, a su vez, como precursor del CO_2 , el CO contribuye al calentamiento global del planeta (efecto invernadero).

La técnica analítica del analizador se basa en la absorción por infrarrojo no dispersivo, un filamento calentado produce la radiación infrarroja que incide de forma alternativa sobre la celda de referencia y la celda de muestra.

La irradiación produce calor de forma proporcional al número de moléculas de CO presentes, lo que origina diferencias de presión que se traducen en señales eléctricas, pudiendo determinarse la concentración de CO en la muestra analizada.

Benceno (C₆H₆) y Amoniaco (NH₃). Para el muestreo de benceno y amoniaco se emplea un captador pasivo tipo Radiello, el cual consta de un cilindro de polietileno microporoso que incorpora unas microfibras químico-adsorbentes en su interior. Este cilindro se coloca en un soporte triangular de policarbonato, el cual, mediante una pinza, se sujet a una carcasa protectora que se coloca en un poste a unos dos metros de altura aproximadamente.

Estos captadores se instalan en las distintas ubicaciones durante el periodo de campaña y posteriormente se envían las muestras al laboratorio para su análisis.

Meteorología. La importancia de las condiciones meteorológicas en los niveles de contaminación atmosférica se reconoce simplemente observando las variaciones de la calidad del aire en un área de unos días a otros, cuando las emisiones permanecen prácticamente constantes pero la meteorología cambia. Por tanto, la concentración de los distintos contaminantes dependerá en gran medida de la relación entre las fuentes contaminantes y las condiciones de autodepuración atmosférica.

El autobús de Calidad del Aire mide la precipitación, temperatura, humedad, radiación solar, presión, y velocidad y dirección del viento para el estudio de las condiciones meteorológicas.

3.3 RESULTADOS DE LA CAMPAÑA DE CALIDAD DEL AIRE.

METEOROLOGÍA.

A continuación, se incluyen las gráficas de los datos de meteorología registrados a lo largo del periodo en estudio, del 17 de marzo, fecha en la cual se instala la Unidad Móvil en la primera ubicación, Parque Hernández, al 31 de mayo, fecha en la cual se da por finalizada la campaña en la Universidad de Granada, tras instalarla en otra ubicación adicional en el Embalse de Rostrogordo.

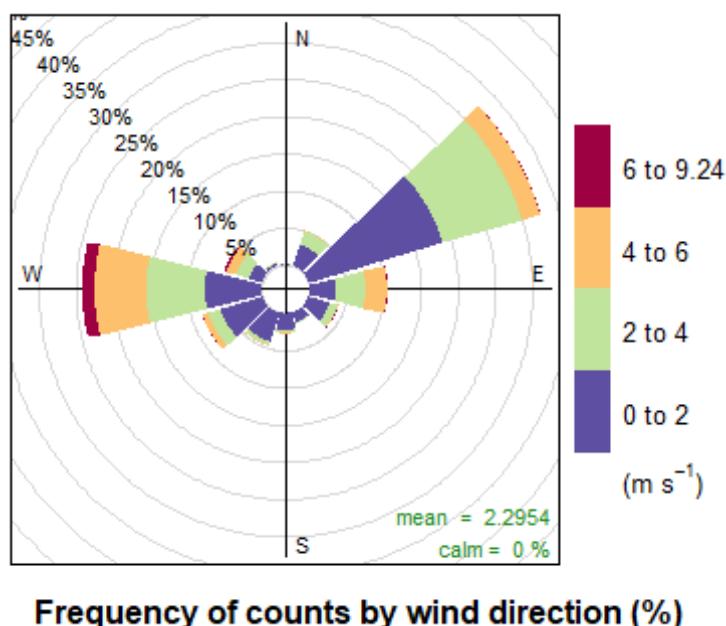
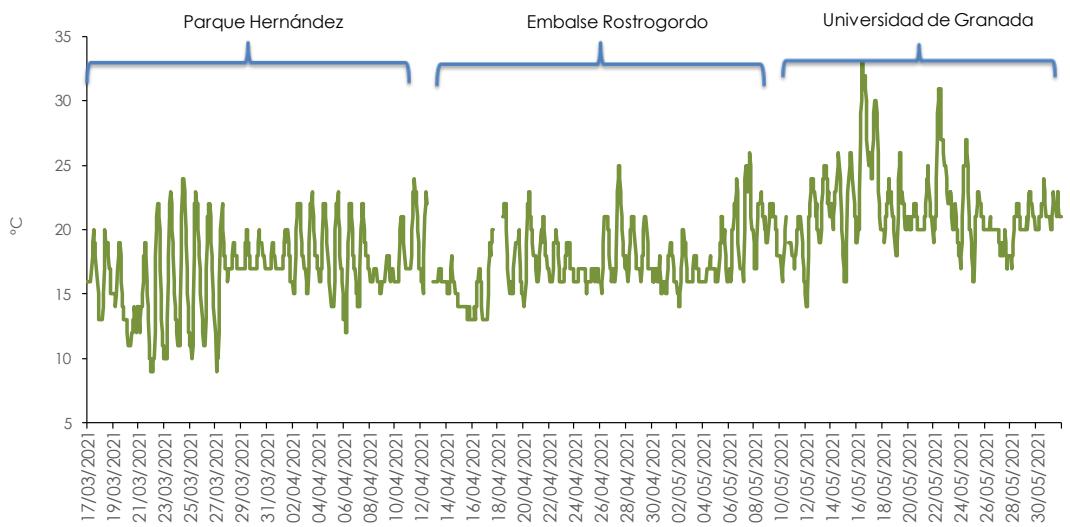
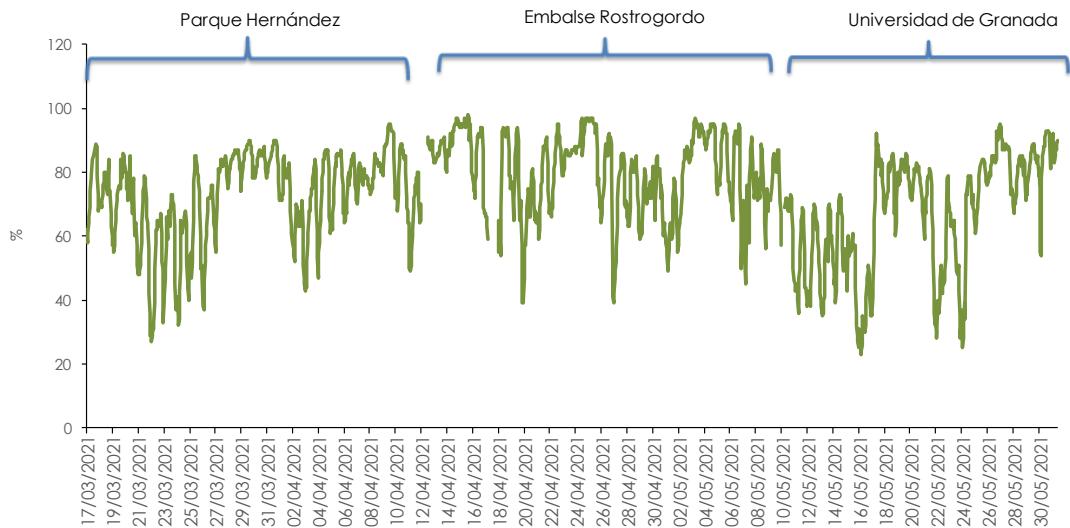


Gráfico 4. Rosa de los vientos.

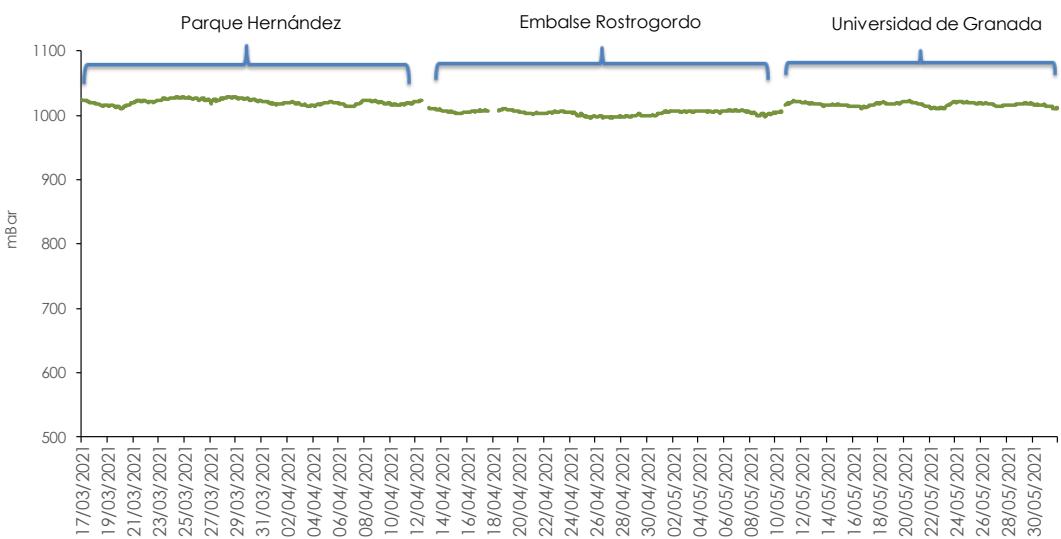
Medias horarias Temperatura



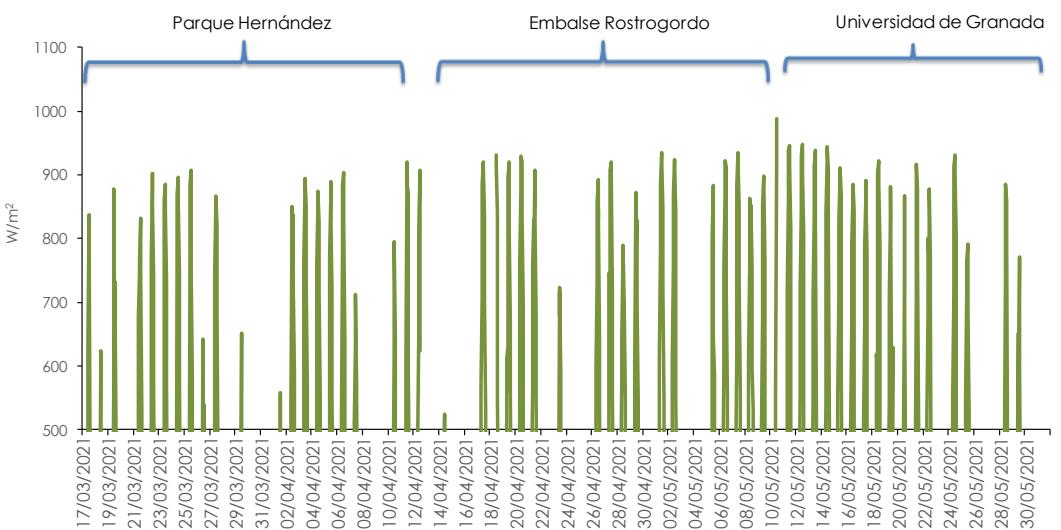
Medias horarias Humedad

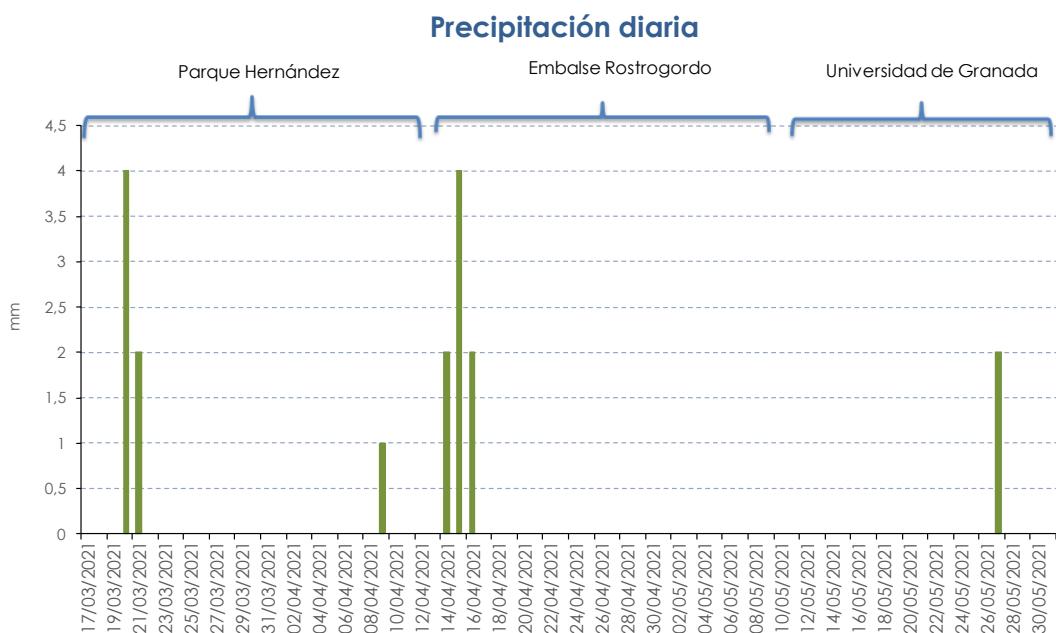


Medias horarias Presión



Medias horarias Radiación





Gráficos 5-9. Medias horarias temperatura, humedad, presión y radiación solar y precipitación diaria.

Durante el periodo de campaña han predominado los vientos de componente Oeste y Noreste, alcanzando valores máximos entre los 6 y 9,24 m/s.

Se ha registrado precipitación los días 20 y 21 de marzo, los días 9, 14, 15 y 16 de abril y el día 27 de mayo. Los máximos se registraron los días 20 de marzo y 15 de abril, con un valor de 4 mm., lo que puede calificarse como precipitación de intensidad moderada.

La temperatura registrada es similar a lo largo de todo el periodo, menos en la última parte de la campaña, en la que se observa un aumento paulatino de los valores. La media obtenida durante estos días es de 19 °C, alcanzando un máximo de 33 °C el día 16 de mayo y un mínimo de 9 °C los días 22 y 27 de marzo.

La humedad se encuentra comprendida entre el 23 y el 98 %, con un valor medio del 74 %. El máximo se registró el día 16 de abril y el mínimo se registró el día 16 de mayo, coincidiendo con la temperatura máxima.

La presión permanece estable durante todo el periodo de campaña, con un valor medio de 1014 mmBar.

En cuanto a la radiación solar, los valores más elevados se han alcanzado durante el periodo en el que la Unidad Móvil se encuentra instalada en la tercera ubicación, Universidad de Granada y los mínimos en la primera ubicación en Parque Hernández. Se ha alcanzado un valor máximo de 989 W/m² el día 10 de mayo.

PRIMERA UBICACIÓN: PARQUE HERNÁNDEZ.

En este apartado se muestran los resultados obtenidos durante la campaña realizada en Melilla con el autobús de Calidad del Aire, entre los días 17 de marzo y 11 de abril de 2021 en la primera ubicación, Parque Hernández.

La duración total de esta ubicación es de 26 días.

Partículas en suspensión PM₁₀ y PM_{2,5}. Las medias diarias tanto de PM₁₀ como de PM_{2,5} obtenidas durante el periodo en estudio se exponen a continuación:

| Fecha | PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | PM2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 17/03/2021 | 51 | 12 |
| 18/03/2021 | 45 | 11 |
| 19/03/2021 | 31 | 8 |
| 20/03/2021 | 30 | 9 |
| 21/03/2021 | 38 | 10 |
| 22/03/2021 | 27 | 10 |
| 23/03/2021 | 34 | 12 |
| 24/03/2021 | 36 | 12 |
| 25/03/2021 | 30 | 11 |
| 26/03/2021 | 33 | 12 |
| 27/03/2021 | 39 | 14 |
| 28/03/2021 | 64 | 14 |
| 29/03/2021 | 81 | 20 |
| 30/03/2021 | 97 | 23 |
| 31/03/2021 | 87 | 21 |
| 01/04/2021 | 83 | 19 |
| 02/04/2021 | 60 | 17 |
| 03/04/2021 | 66 | 19 |
| 04/04/2021 | 62 | 16 |
| 05/04/2021 | 53 | 16 |
| 06/04/2021 | 45 | 12 |
| 07/04/2021 | 60 | 15 |
| 08/04/2021 | 63 | 13 |
| 09/04/2021 | 59 | 7 |
| 10/04/2021 | 49 | 10 |
| 11/04/2021 | 34 | 8 |
| MEDIA | 52 | 14 |
| Valor límite diario | 50 | - |
| Valor límite anual | 40 | 25 (Fase II: 20) |

Tabla 2. Concentraciones diarias PM₁₀ y PM_{2,5}. Parque Hernández.

La concentración media de PM₁₀ registrada en esta ubicación es de 52 µg/m³, superior al valor límite anual de PM₁₀. No obstante, el valor medio de partículas PM_{2,5} obtenido durante el periodo en estudio se encuentra alejado del valor límite anual establecido por la legislación (25 µg/m³) y también se encuentra alejado del valor límite anual de partículas indicado para la fase II (20 µg/m³, valor límite indicativo que se tenía que ratificar como valor límite en 2013 pero que no se ha realizado aún).

Es necesario indicar que estas medias no resultan representativas de las medias anuales, puesto que se precisan, al menos, el 90% de los valores medios diarios en un año para su cálculo. Sin embargo, se incorpora en el informe a título informativo.

Respecto al PM₁₀, del 17 de marzo al 11 de abril se han producido un total de 13 superaciones del valor límite diario de PM₁₀ establecido en 50 µg/m³. Estas superaciones han tenido lugar el día 17 de marzo, del 28 de marzo al 5 de abril y del 7 al 9 de abril.

Se ha de tener en cuenta que se han producido episodios de intrusiones saharianas en la zona Sureste de la Península del 26 al 31 de marzo, del 1 al 6 de abril y el día 8 de abril, que con alta probabilidad, pueden haber afectado a los niveles de partículas medidos en superficie.

La media diaria máxima de PM₁₀ se registró el día 30 de marzo con un valor de 97 µg/m³ mientras que la media diaria máxima de PM_{2,5} se alcanzó el mismo día con un valor de 23 µg/m³.

Con el objetivo de mostrar la evolución de las concentraciones, se expone un gráfico de las medias diarias de partículas PM₁₀ y PM_{2,5}.

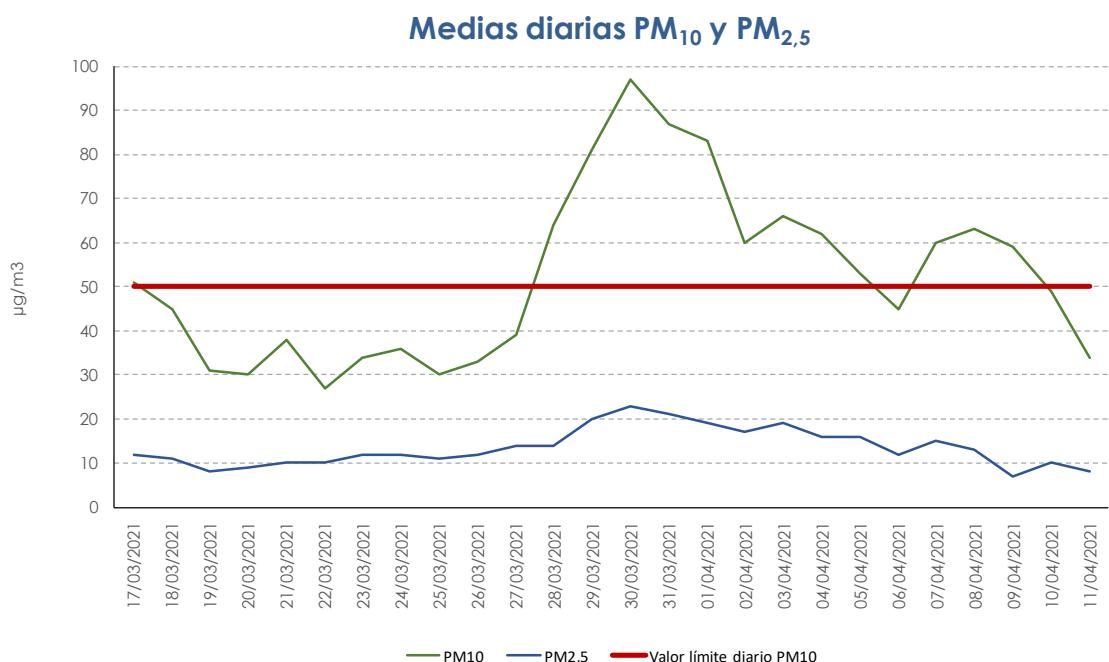


Gráfico 10. Concentraciones medias diarias de PM₁₀ y PM_{2,5}. Parque Hernández.

Óxido de Nitrógeno (NO₂). A continuación, se incluyen los resultados de NO₂ obtenidos en la primera ubicación de la campaña.

La concentración horaria máxima de NO₂ registrada en la primera ubicación es de 35 µg/m³, obtenida el 24 de marzo. Por lo tanto, no se han registrado superaciones del valor límite horario establecido por la legislación (200 µg/m³; este valor no podrá superarse en más de 18 ocasiones durante un año civil), ni del umbral de alerta (400 µg/m³, tres horas consecutivas).

La concentración media de NO₂ en Parque Hernández, es de 5 µg/m³, alejada del valor límite anual.

Medias horarias NO₂

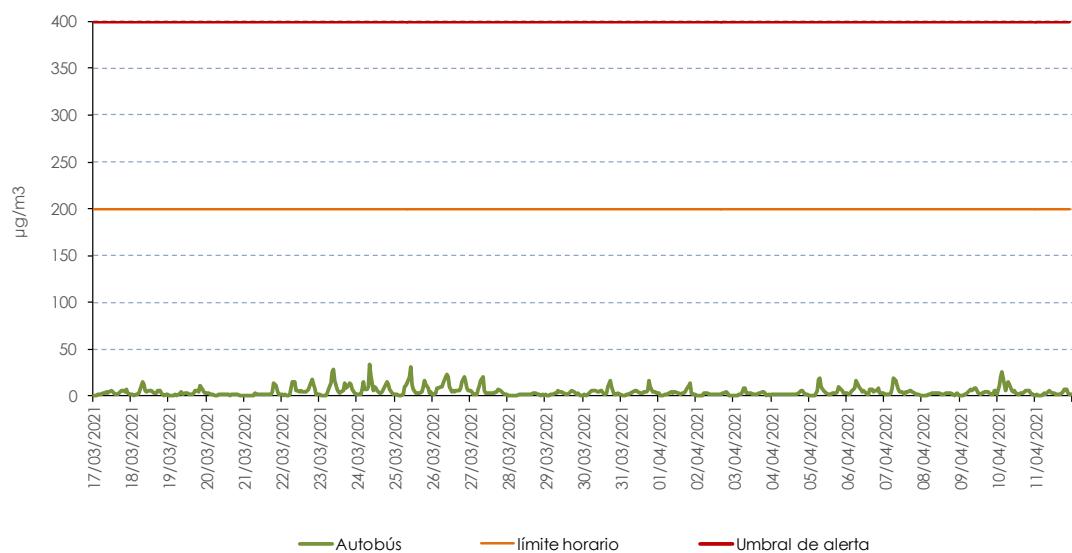


Gráfico 11. Concentraciones medias horarias de NO₂. Parque Hernández.

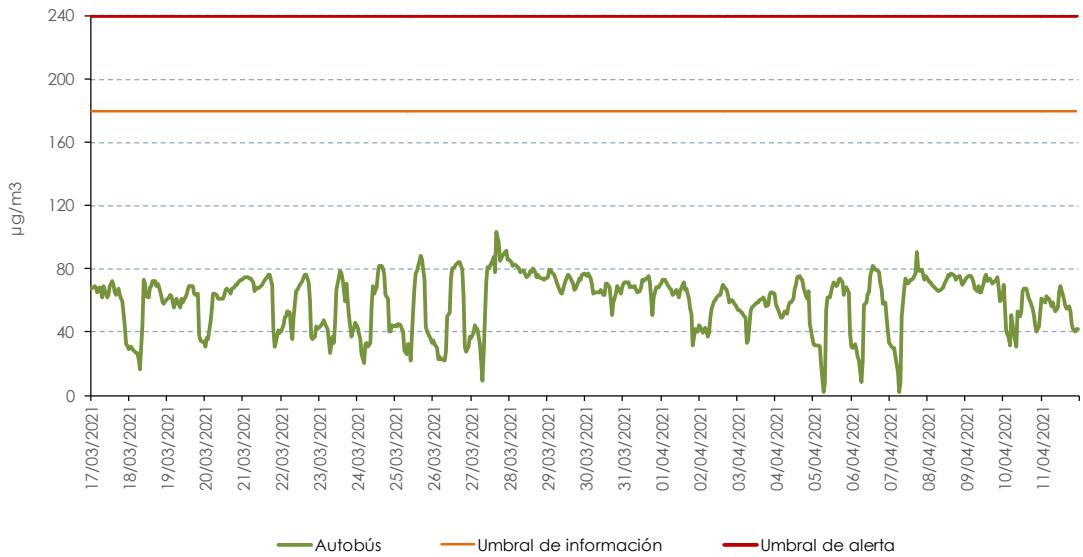
Ozono (O₃). La máxima concentración horaria registrada es de 104 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el día 27 de marzo. Por tanto, no se produce ninguna superación del umbral de información a la población por ozono (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ni del umbral de alerta (240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

La media de las concentraciones horarias en la primera ubicación de la campaña es de 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

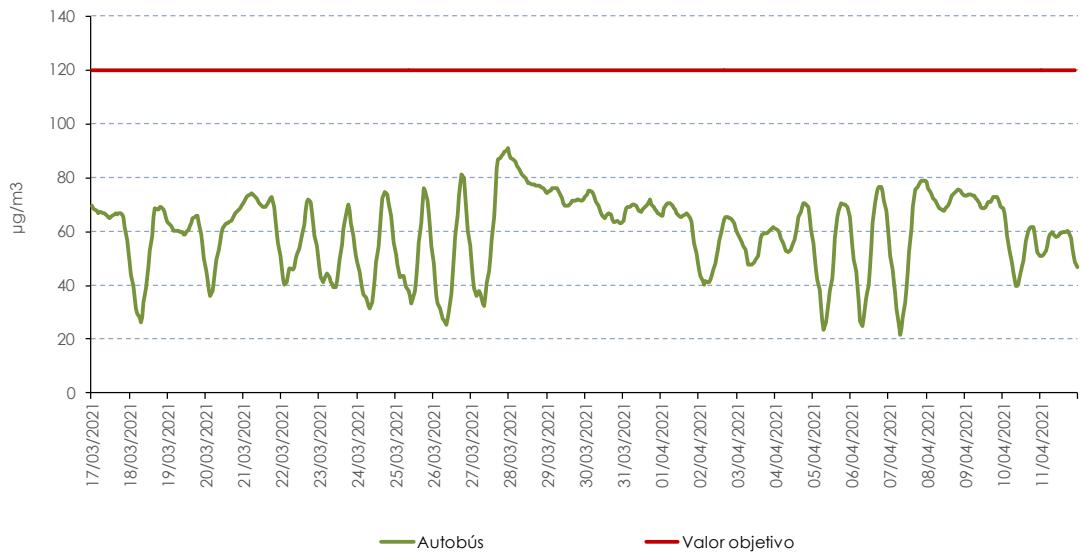
Durante el periodo en estudio, tampoco se ha superado el valor objetivo a largo plazo establecido en 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (máximo de las medias móviles octohorarias). El valor máximo octohorario se registró el día 27 de marzo, con un valor de 91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En los siguientes gráficos se representan las concentraciones medias horarias de O₃ respecto al umbral de información a la población (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y el umbral de alerta (240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y las concentraciones medias octohorarias respecto al valor objetivo para la protección de la salud humana (120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Medias horarias O₃



Medias octohorarias O₃



Dióxido de azufre y sulfuro de hidrógeno ($\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$). Los datos de SO_2 y H_2S registrados se encuentran muy alejados de los valores límites establecidos por la legislación.

No se ha registrado ninguna superación del umbral de alerta ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tres horas consecutivas), del valor límite horario ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ni del valor límite diario ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$) establecidos para el SO_2 . Los datos se encuentran muy alejados de dichos límites.

La máxima concentración horaria de SO_2 del periodo se alcanzó el día 25 de marzo con un valor de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la máxima concentración diaria fue de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, registrada el mismo día, 25 de marzo. El promedio resultante en esta ubicación es de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A continuación, se incluyen unos gráficos donde se representa la evolución de las concentraciones medias horarias y diarias respecto a los límites establecidos por la legislación.

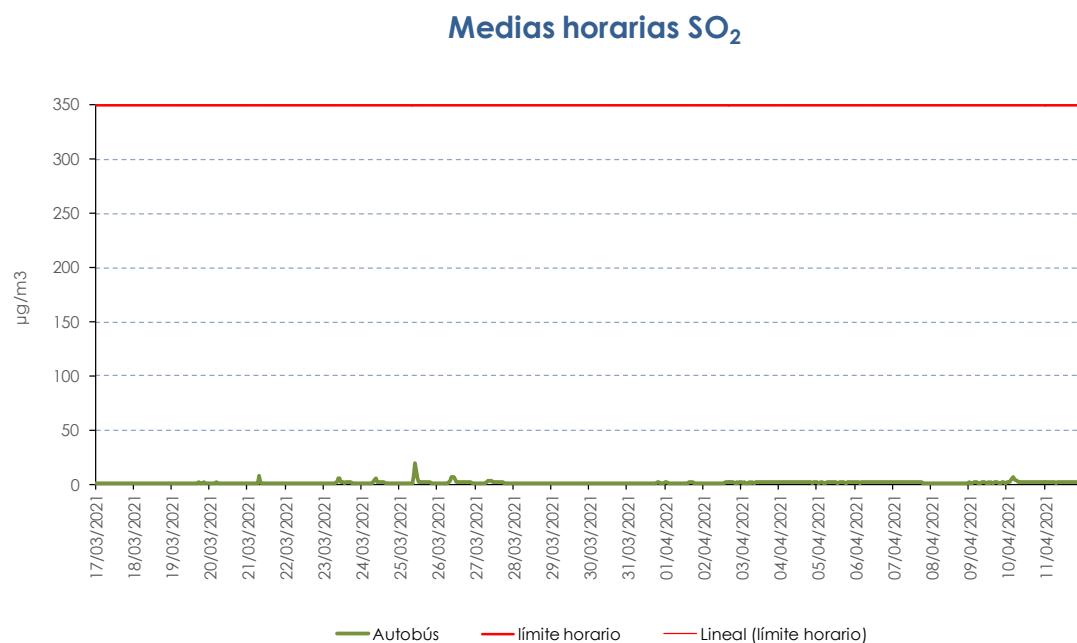


Gráfico 14. Concentraciones medias horarias de SO_2 . Parque Hernández.

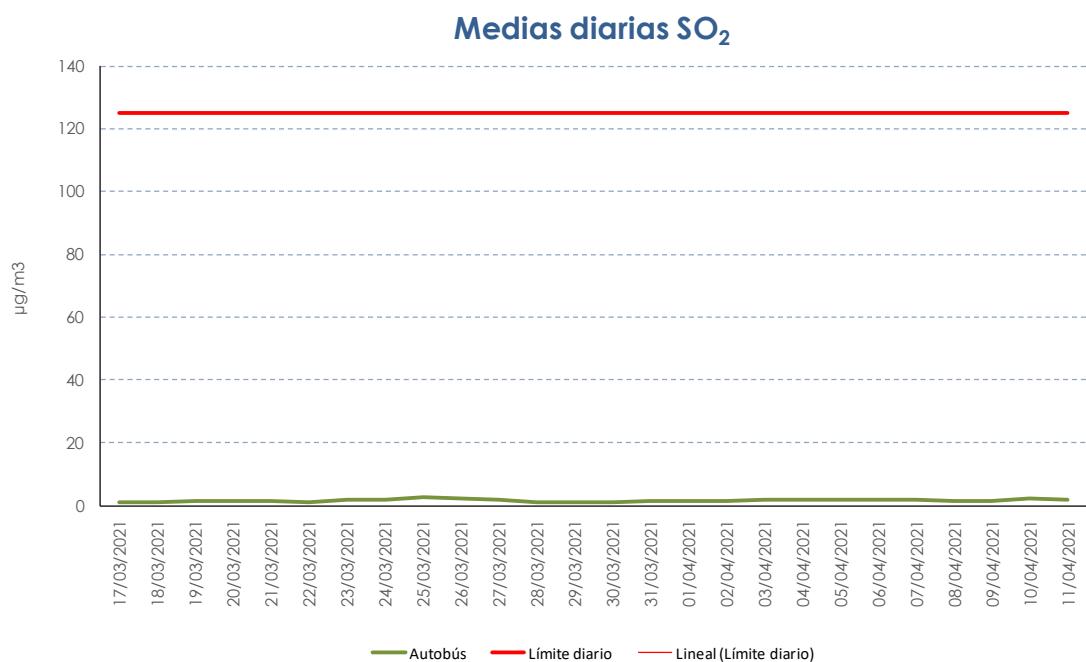


Gráfico 15. Concentraciones medias diarias de SO₂. Parque Hernández.

Durante el periodo en estudio, tampoco se superan los valores objetivos determinados para el H₂S (100 µg/m³ como concentración media en treinta minutos y 40 µg/m³ como concentración media en veinticuatro horas).

La media diaria máxima registrada es de 2 µg/m³ obtenida el día 10 de abril, la media horaria máxima es de 7 µg/m³ registrada el mismo día. El promedio de los valores de H₂S registrados en la primera ubicación es de 1 µg/m³.

Medias diarias H₂S



Gráfico 16. Concentraciones medias diarias de H₂S. Parque Hernández.

Monóxido de carbono (CO). Durante el periodo en estudio, los valores de CO registrados se encuentran alejados del valor límite establecido por la legislación en 10 mg/m³ (máximo de las medias móviles octohorarias). La media octohoraria máxima se alcanzó los días 1, 2, 6, 7, 9, 10 y 11 de abril, con un valor de 0,3 mg/m³.

El promedio de los valores registrados en esta ubicación es de 0,2 mg/m³.

En el siguiente gráfico, se representa la evolución de las medias octohorarias de CO registradas en Parque Hernández respecto al valor límite establecido por la legislación.

Medias octohorarias CO

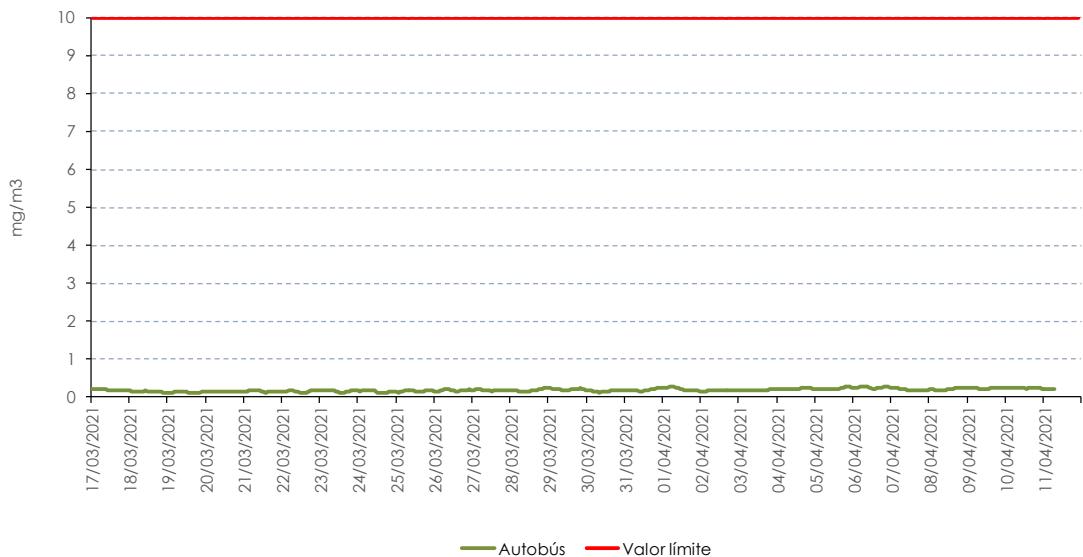


Gráfico 17. Concentraciones medias octohorarias de CO. Parque Hernández.

Metales pesados. Del análisis en el laboratorio de los filtros de PM₁₀ obtenidos mediante un captador secuencial de medio volumen se obtiene la concentración de metales (Plomo, Arsénico, Cadmio y Níquel) presentes en el ambiente.

El R.D.102/2011 de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, establece un valor límite anual para el Plomo (0,5 µg/m³) y unos valores objetivo para el Cadmio (6 ng/m³), el Arsénico (5 ng/m³) y el Níquel (20 ng/m³) de niveles en aire ambiente en la fracción de PM₁₀ como promedio durante un año natural.

A continuación, se muestran los valores obtenidos expresados en µg/m³, para el Plomo y en ng/m³, para el Cadmio, Arsénico y Níquel, según indica el Real Decreto de aplicación.

Las casillas marcadas con en color morado muestran valores inferiores al límite de cuantificación (el laboratorio no puede acreditar concentraciones inferiores a dicho límite).

| Fecha | PLOMO | NÍQUEL | ARSÉNICO | CADMIO |
|--------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 17/03/2021 | 0,004 µg/m ³ N | 1,93 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 18/03/2021 | 0,004 µg/m ³ N | <1,76 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 19/03/2021 | <0,002 µg/m ³ N | <1,76 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 20/03/2021 | <0,002 µg/m ³ N | <1,73 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 21/03/2021 | <0,002 µg/m ³ N | 1,91 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 22/03/2021 | 0,002 µg/m ³ N | <1,74 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 23/03/2021 | 0,007 µg/m ³ N | 2,96 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 24/03/2021 | 0,004 µg/m ³ N | 4,53 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 25/03/2021 | 0,004 µg/m ³ N | 4,70 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 26/03/2021 | 0,005 µg/m ³ N | 8,19 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 27/03/2021 | 0,007 µg/m ³ N | 4,89 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 28/03/2021 | 0,005 µg/m ³ N | 1,92 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 29/03/2021 | 0,006 µg/m ³ N | 2,98 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 30/03/2021 | 0,004 µg/m ³ N | 2,81 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 31/03/2021 | 0,004 µg/m ³ N | 3,34 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 01/04/2021 | 0,008 µg/m ³ N | 3,71 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| MEDIA | 0,005 µg/m³ | 3,66 ng/m³ | < 0,35 ng/m³ | < 0,35 ng/m³ |
| Valor límite anual | 0,5 µg/m ³ | - | - | - |
| Valor objetivo | - | 20 ng/m ³ | 6 ng/m ³ | 5 ng/m ³ |

Tabla 3. Resultados Metales. Parque Hernández.

Los resultados analíticos de los metales analizados (Plomo, Cadmio, Arsénico y Níquel) durante esta ubicación, ofrecen unas concentraciones muy inferiores a los valores objetivos para Cadmio, Arsénico y Níquel, y al valor límite para el Plomo, establecidos en el Real Decreto de aplicación para estos contaminantes.

Benceno y Amoniaco. La concentración de Benceno y Amoniaco se obtiene de un captador pasivo instalado en Parque Hernández del 16 de marzo al 12 de abril.

La concentración de Amoniaco obtenida es de 0,39 µg/día. Esta concentración se encuentra por debajo del valor límite anual establecido por la legislación en 5 µg/m³.

En cuanto al Benceno, su concentración se encuentra por debajo del límite de cuantificación del laboratorio.

| | |
|----------|-------------|
| Benceno | <2,0 µg |
| Amoniaco | 0,39 µg/día |

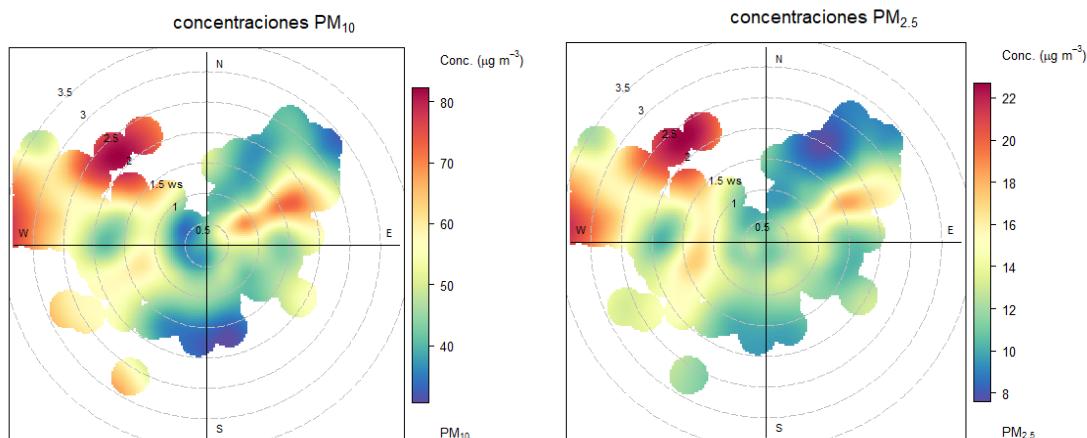
Tabla 4. Resultados Benceno y Amoniaco. Parque Hernández.

Gráficos polares y de evolución temporal.

A través de los gráficos polares se puede observar la relación entre la velocidad y dirección del viento y los principales contaminantes medidos por el autobús de Calidad del Aire. De esta forma se pueden identificar las potenciales fuentes de contaminación en nuestra zona en estudio. Los anillos circulares indican la velocidad del viento (m/s) incrementándose de forma radial, los ejes principales indican cada uno de los puntos cardinales y la escala de colores representa la concentración de los distintos contaminantes analizados.

Con los gráficos de variación temporal se puede analizar la variación que presentan los contaminantes con respecto a los días de la semana y las horas del día, estableciendo de esta forma, patrones de evolución en el comportamiento de dichos contaminantes en la zona en estudio.

A continuación, se presentan los gráficos polares y los gráficos de variación temporal para los principales contaminantes medidos con el autobús de Calidad del Aire del 17 de marzo al 11 de abril de 2021 en Parque Hernández.



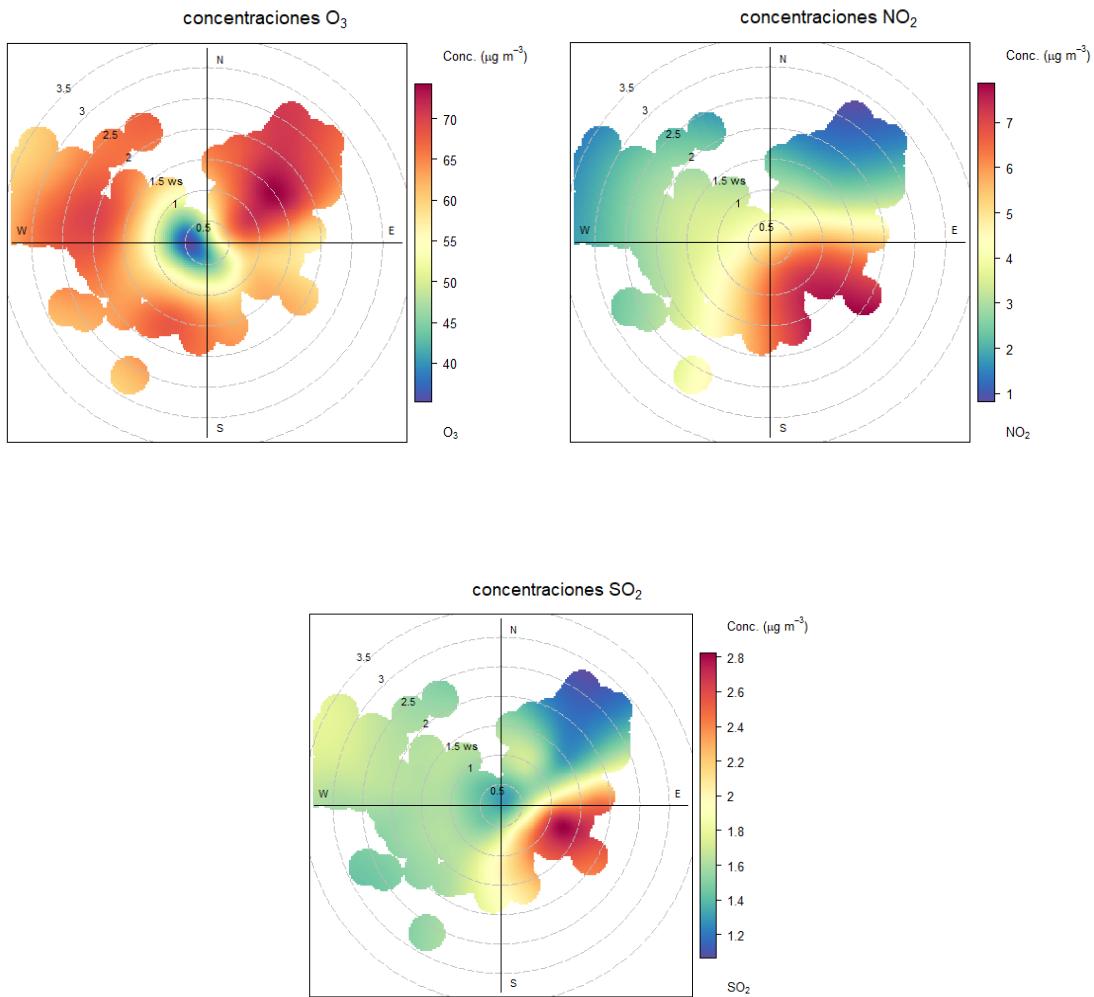


Gráfico 18. Gráficos polares. Parque Hernández.

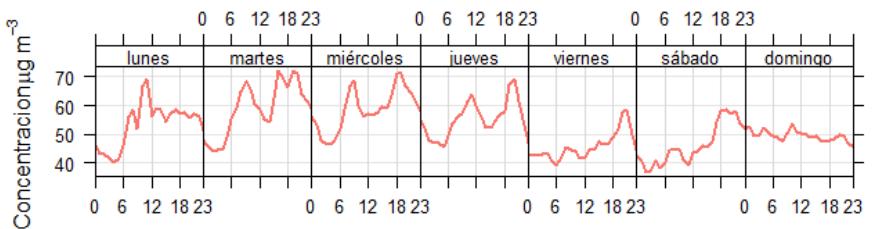
Las concentraciones más altas de partículas de PM₁₀ y PM_{2,5} se obtienen con velocidades del viento comprendidas entre 2 y 2,5 m/s con dirección del viento predominante Noroeste. Durante este periodo, se detectaron diversos episodios de intrusiones saharianas que afectaron al Sureste peninsular.

Las concentraciones más elevadas de NO₂ y SO₂ se obtienen con velocidades del viento bajas entre 1 y 2 m/s con dirección Sureste, por lo que la fuente de contaminación proviene de una zona cercana al punto de muestreo.

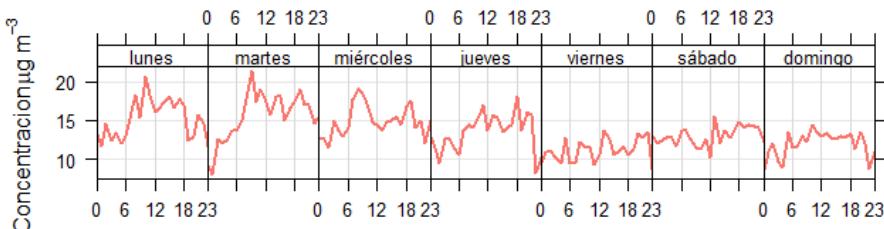
En esta dirección, a unos 250 m. de distancia, se encuentra la Av. Marina Española, una de las principales vías de tráfico de la ciudad, el Puerto y la central diésel de ENDESA.

Con respecto al O₃, las mayores concentraciones se obtienen con velocidades del viento entre 1 y 3,5 m/s con dirección de componente principal Noreste.

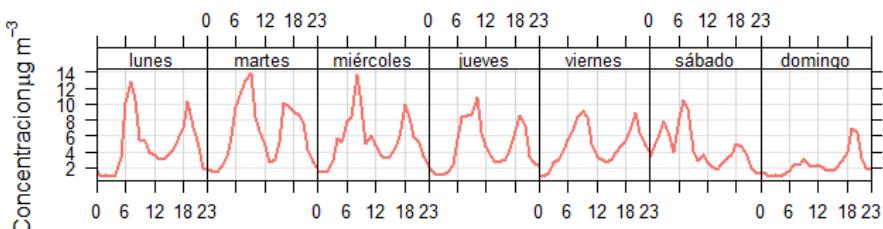
PM₁₀



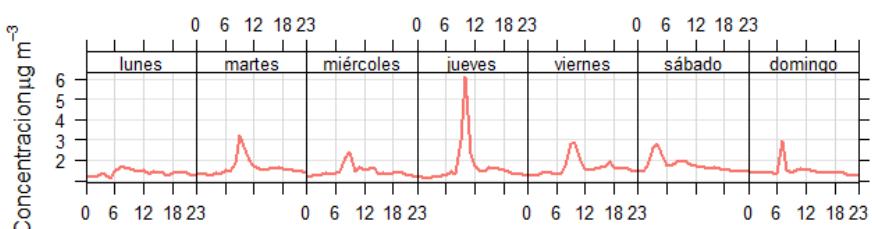
PM_{2,5}



NO₂



SO₂



O₃

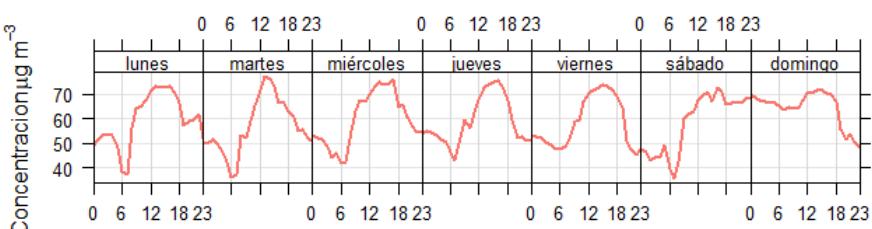


Gráfico 19. Gráficos de evolución temporal Parque Hernández.

En los gráficos anteriores se puede observar la evolución de las concentraciones horarias de los distintos contaminantes, clasificada por los distintos días de la semana.

Tanto las concentraciones de PM₁₀ como las de PM_{2,5}, siguen una evolución similar. No se aprecia un cambio evidente entre las concentraciones registradas los días laborales y los fines de semana del periodo de muestreo, aunque sí se puede observar un ligero descenso de viernes a domingo. En ambos casos, las concentraciones ascienden ligeramente durante las horas punta, principalmente por la mañana, de 6:00 a 12:00 (hora solar), y a partir de las 18:00 (hora solar), de lo cual se podría deducir que el tráfico también influye en las concentraciones registradas.

Se puede observar que las concentraciones más elevadas de NO₂ y SO₂ se registran principalmente en las horas puntas, de 6:00 a 12:00 (hora solar) y a partir de las 18:00 (hora solar), por lo que se podría establecer una influencia del tráfico en las concentraciones de estos contaminantes. Del mismo modo, éstas son las horas de mayor consumo energético, por tanto, las concentraciones se pueden ver afectadas por la actividad de la central diésel. En la evolución del NO₂ sí que es notoria una ligera disminución de la concentración los fines de semana. Mientras que, en la evolución del SO₂ no se observa ningún cambio de tendencia sustancial entre los días laborables y los fines de semana.

Como es habitual, en el comportamiento del O₃, los valores más elevados se registran entre las 12:00 y las 18:00 (hora solar), cuando la radiación solar es superior, ya que es un factor decisivo en la generación de ozono. La evolución de este contaminante es similar tanto los días laborables como los fines de semana, registrando un descenso mayor en torno a las 6:00 (hora solar) los días laborables, cuando las concentraciones de NO₂ son más elevadas.

SEGUNDA UBICACIÓN: EMBALSE DE ROSTROGORDO.

La Unidad Móvil se instala en la segunda ubicación, el recinto del Embalse de Rostrogordo, el día 12 de abril. Tras el cambio de ubicación se realizan trabajos de mantenimiento, calibración y estabilización de los equipos, por ello, la fecha en la que ya se disponen de medias diarias válidas de los contaminantes es el día 14 de abril. Del mismo modo, el periodo de medición en esta ubicación finaliza el día 9 de mayo, a pesar de continuar en el mismo punto hasta el día 10 de mayo.

La duración total de este periodo de muestreo es de 27 días.

Es necesario destacar que, el día 15 de abril desde las 19:00 h. hasta las 20:00 h., se registra en el autobús un corte de tensión causado por tormentas en la zona.

Además, el día 17 de abril se produjo una incidencia en la desalinizadora del centro de aguas, provocando otro corte de tensión en la Unidad Móvil. El día 18 de abril se instaló un generador de forma temporal para dar alimentación a las instalaciones y en consecuencia, al autobús. El día 19 de abril, solventada ya la incidencia en la desalinizadora, se retira el generador y se vuelve a dar conexión a la corriente eléctrica.

Como resultado, los días 17 y 18 de abril no se dispone de datos suficientes para el cálculo estadístico de las medias diarias de los analizadores.

Partículas en suspensión PM₁₀ y PM_{2,5}. Las medias diarias obtenidas en la segunda ubicación son las siguientes:

| Fecha | PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | PM2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 14/04/2021 | 38 | 8 |
| 15/04/2021 | 22 | 5 |
| 16/04/2021 | 31 | 8 |
| 17/04/2021 | | |
| 18/04/2021 | | |
| 19/04/2021 | 36 | 12 |
| 20/04/2021 | 25 | 9 |
| 21/04/2021 | 26 | 6 |
| 22/04/2021 | 27 | 4 |
| 23/04/2021 | 41 | 7 |
| 24/04/2021 | 46 | 9 |
| 25/04/2021 | 70 | 9 |
| 26/04/2021 | 40 | 10 |
| 27/04/2021 | 31 | 8 |
| 28/04/2021 | 27 | 5 |
| 29/04/2021 | 28 | 7 |
| 30/04/2021 | 25 | 8 |
| 01/05/2021 | 22 | 6 |
| 02/05/2021 | 26 | 6 |
| 03/05/2021 | 32 | 7 |
| 04/05/2021 | 36 | 5 |
| 05/05/2021 | 27 | 4 |
| 06/05/2021 | 37 | 10 |
| 07/05/2021 | 35 | 14 |
| 08/05/2021 | 36 | 18 |
| 09/05/2021 | 34 | 6 |
| MEDIA | 33 | 8 |
| Valor límite diario | 50 | - |
| Valor límite anual | 40 | 25 (Fase II: 20) |

Tabla 5. Concentraciones diarias PM₁₀ y PM_{2,5}. Embalse de Rostrogordo.

Los valores medios de partículas PM₁₀ y PM_{2,5} obtenidos en la segunda ubicación son de 33 y 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, alejados de los valores límite anuales establecidos por la legislación en 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para las PM₁₀ y en 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para las PM_{2,5}. También el valor medio de PM_{2,5} se encuentra alejado del valor límite anual de partículas indicado para la fase II, 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valor límite indicativo que se tenía que ratificar como valor límite en 2013 pero que no se ha realizado aún).

Del 14 de abril al 9 de mayo se ha producido un total de 1 superación del valor límite diario de PM10 establecido en 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta superación ha tenido lugar el día 25 de abril, con un valor de 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La media diaria máxima de PM_{2,5} se alcanza el día 8 de mayo con 18 µg/m³.

Durante este periodo, cabe resaltar que también se produjeron intrusiones saharianas en la zona Sureste de la Península del 24 al 26 y el 28 de abril y del 4 al 10 de mayo, que con alta probabilidad pueden haber afectado a los niveles de partículas registrados en superficie.

Con el objetivo de mostrar la evolución de las concentraciones, se expone un gráfico de las medias diarias de partículas PM₁₀ y PM_{2,5}.

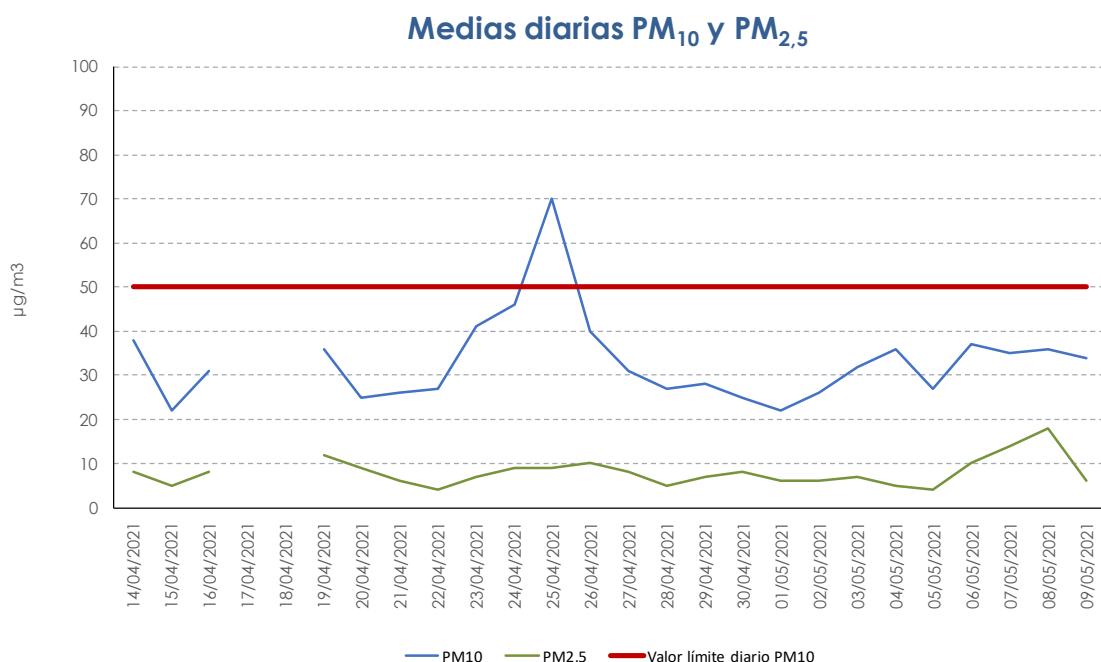


Gráfico 20. Concentraciones medias diarias de PM₁₀ y PM_{2,5}. Embalse de Rostrogordo.

Óxido de Nitrógeno (NO₂). En el periodo en el cual la Unidad Móvil se encuentra instalada en el recinto del Embalse de Rostrogordo, no se han registrado superaciones del valor límite horario (200 µg/m³), ni del umbral de alerta (400 µg/m³, tres horas consecutivas). La concentración máxima horaria se alcanzó el día 7 de mayo con un valor de 38 µg/m³. A su vez, la media de las concentraciones horarias de NO₂ registradas durante este periodo es de 2 µg/m³, muy alejada del valor límite anual establecido por la legislación en 40 µg/m³.

El siguiente gráfico incluye la representación de las concentraciones horarias de NO₂ registradas en esta ubicación.

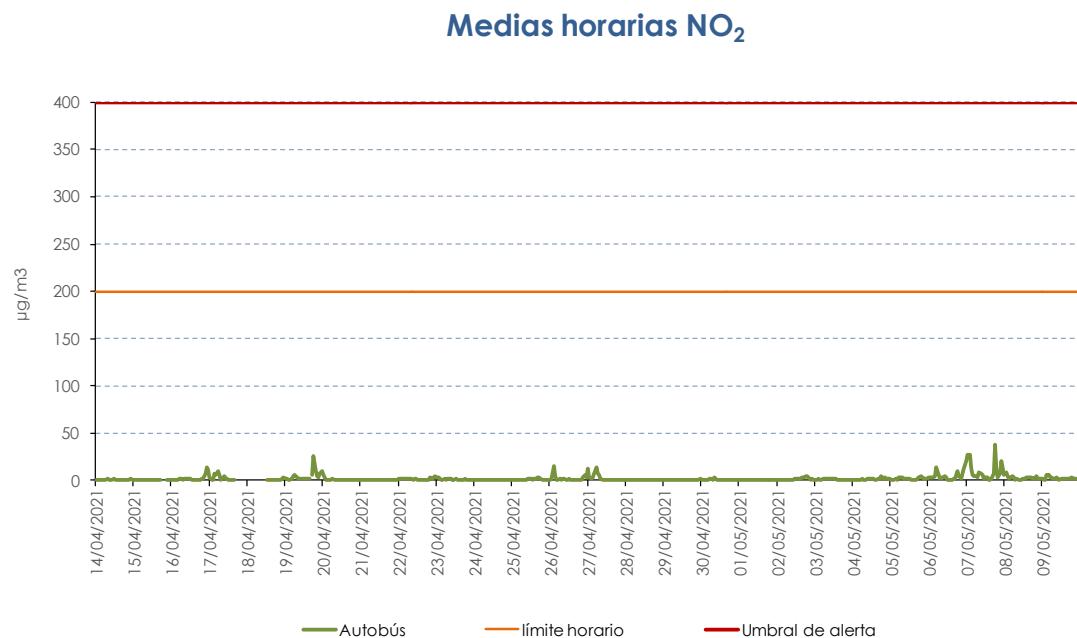


Gráfico 21. Concentraciones medias horarias de NO₂. Embalse de Rostrogordo.

Ozono (O₃). Del 14 de abril al 9 de mayo no se registra ninguna superación del umbral de información (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), del umbral de alerta (240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ni del valor objetivo 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (máximo de las medias móviles octohorarias).

La máxima concentración horaria se registró el día 20 de abril y fue de 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De igual forma, la máxima concentración octohoraria se registró el día 1 de mayo, con un valor de 87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

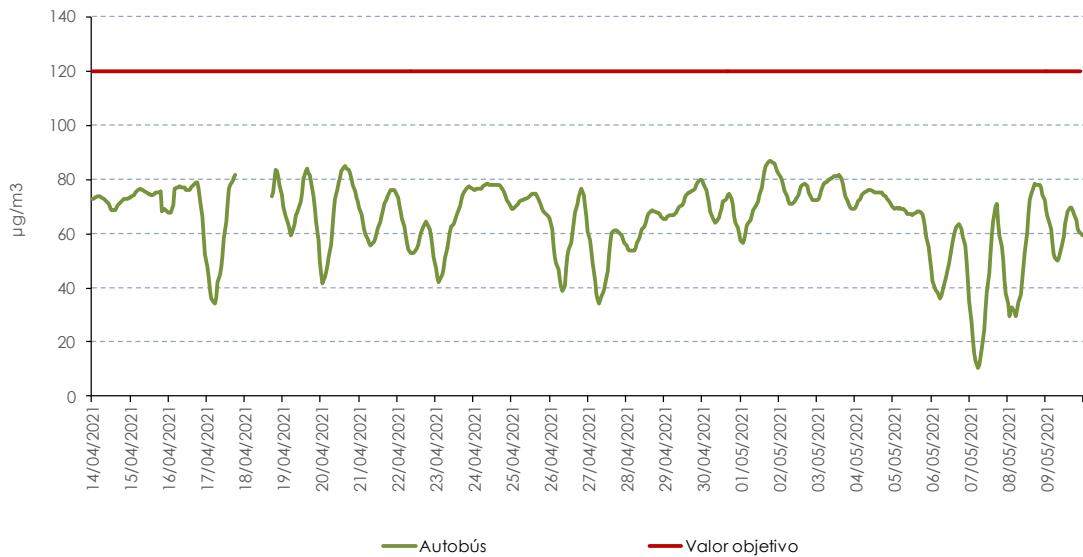
La media de las concentraciones horarias durante este periodo es de 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

A continuación, se representa la evolución de las concentraciones horarias y octohorarias de O₃ respecto a los umbrales de información y alerta y al valor objetivo, establecidos por la legislación.

Medias horarias O₃



Medias octohorarias O₃



Dióxido de azufre y sulfuro de hidrógeno ($\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$). Los datos de SO_2 y H_2S registrados se encuentran muy alejados de los valores límites establecidos por la legislación.

No se ha registrado ninguna superación del umbral de alerta de SO_2 ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tres horas consecutivas), del valor límite horario ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ni del valor límite diario ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Además, los datos se encuentran muy alejados de dichos límites.

El día 7 de mayo se registró la concentración máxima horaria de SO_2 , con un valor de $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La máxima concentración diaria se alcanzó los días 27 de abril, 7 y 9 de mayo, con $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el promedio de este periodo es de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

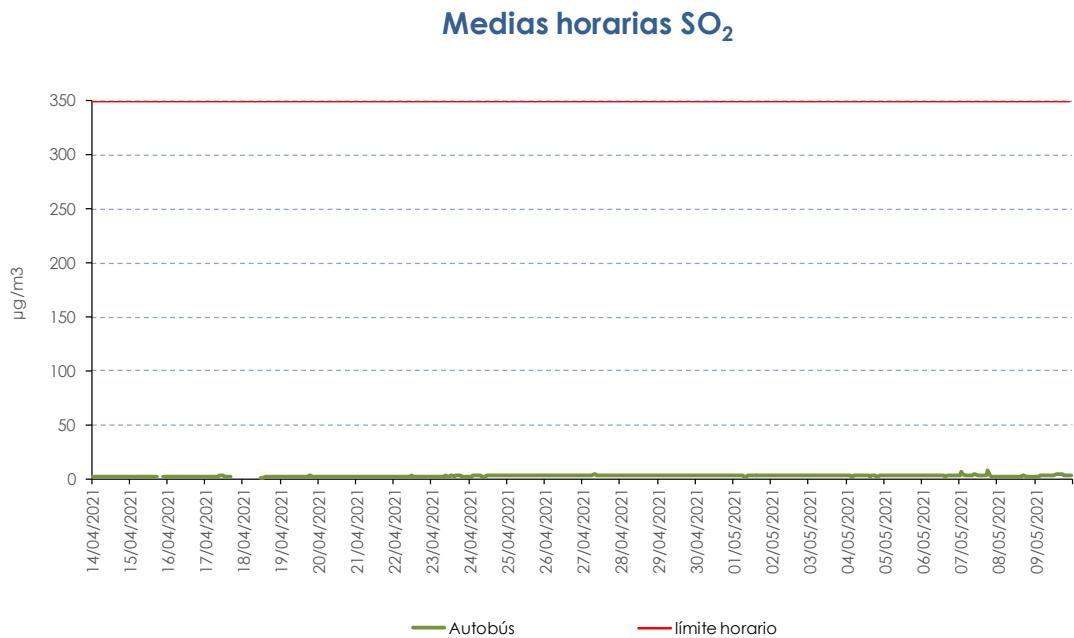


Gráfico 24. Concentraciones medias horarias de SO_2 . Embalse de Rostrogordo.

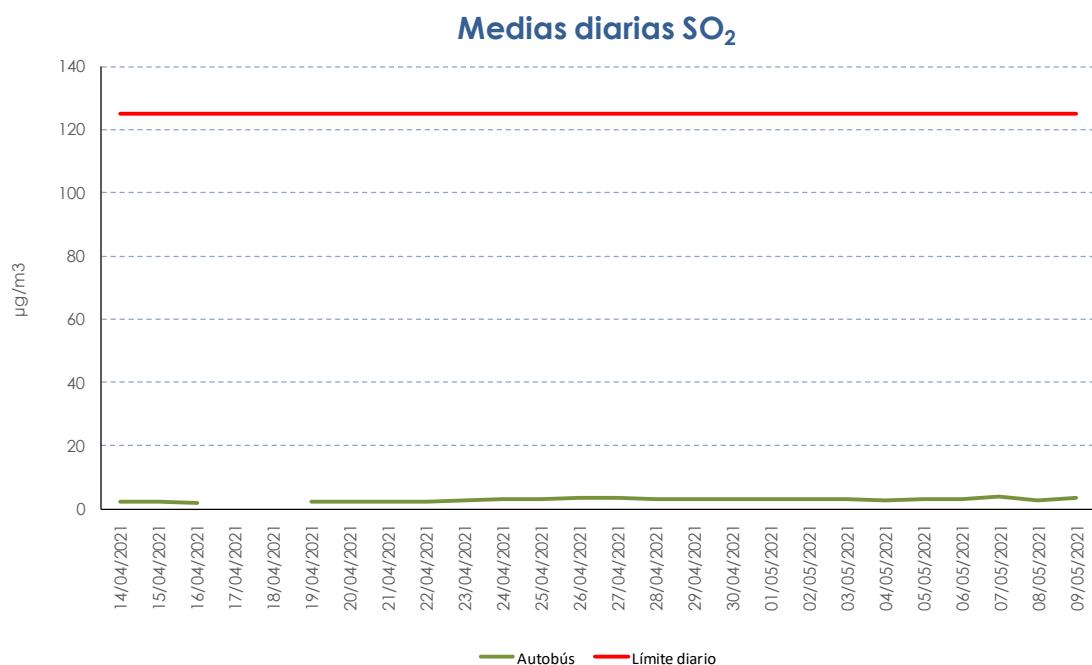


Gráfico 25. Concentraciones medias diarias de SO₂. Embalse de Rostrogordo.

En cuanto a las concentraciones de H₂S, los valores registrados se encuentran muy alejados de los valores objetivos (100 µg/m³ como concentración media en treinta minutos y 40 µg/m³ como concentración media en veinticuatro horas).

La media diaria máxima registrada es de 3 µg/m³ obtenida los días 27 de abril y 7 de mayo. La máxima horaria se registró el día 7 de mayo, con un valor de 6 µg/m³.

El promedio de los valores de H₂S registrados durante este periodo es de 2 µg/m³.

Medias diarias H₂S



Gráfico 26. Concentraciones medias diarias de H₂S. Embalse de Rostrogordo.

Monóxido de carbono (CO). Las medias octohorarias se encuentran muy alejadas del valor límite establecido por la legislación (10 mg/m³), el valor máximo se alcanzó los días 14, 19 y 20 de abril con 0,3 mg/m³.

El promedio de los valores registrados en esta ubicación es de 0,2 mg/m³.

Medias octohorarias CO

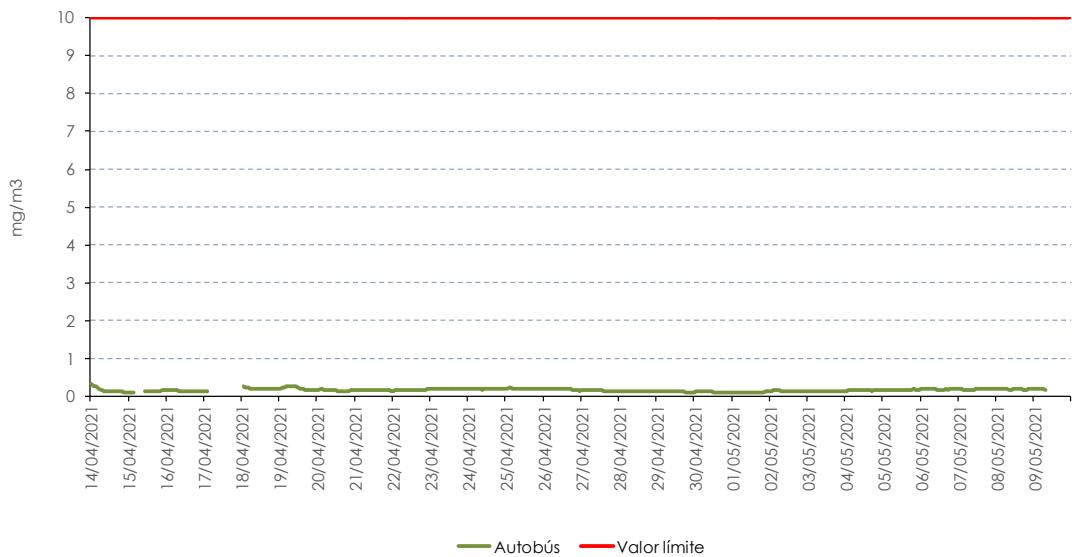


Gráfico 27. Concentraciones medias octohorarias de CO. Embalse de Rostrogordo.

Metales pesados. Los resultados de metales pesados obtenidos del análisis de los filtros de PM₁₀ se muestran en la siguiente tabla.

Las casillas marcadas en color morado muestran valores inferiores al límite de cuantificación (el laboratorio no puede acreditar concentraciones inferiores a dicho límite).

| Fecha | PLOMO | NÍQUEL | ARSÉNICO | CADMIO |
|--------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| 14/04/2021 | <0,002 µg/m ³ N | 1,77 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 15/04/2021 | <0,002 µg/m ³ N | <1,76 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 16/04/2021 | 0,003 µg/m ³ N | 5,12 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 17/04/2021 | 0,002 µg/m ³ N | 2,86 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | 0,82 ng/m ³ N |
| 18/04/2021 | 0,004 µg/m ³ N | 4,98 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | 0,39 ng/m ³ N |
| 19/04/2021 | 0,003 µg/m ³ N | 3,94 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 20/04/2021 | <0,002 µg/m ³ N | 3,41 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 21/04/2021 | <0,002 µg/m ³ N | 4,30 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 22/04/2021 | 0,003 µg/m ³ N | 2,86 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 23/04/2021 | <0,002 µg/m ³ N | 3,93 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 24/04/2021 | <0,002 µg/m ³ N | 2,69 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 25/04/2021 | 0,002 µg/m ³ N | 4,34 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 26/04/2021 | 0,006 µg/m ³ N | 6,54 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 27/04/2021 | <0,002 µg/m ³ N | 4,34 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 28/04/2021 | <0,002 µg/m ³ N | <1,80 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 29/04/2021 | <0,002 µg/m ³ N | 2,51 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| MEDIA | 0,003 µg/m³ | 3,83 ng/m³ | < 0,36 ng/m³ | 0,61 ng/m³ |
| Valor límite anual | 0,5 µg/m ³ | - | - | - |
| Valor objetivo | - | 20 ng/m ³ | 6 ng/m ³ | 5 ng/m ³ |

Tabla 6. Resultados Metales. Embalse de Rostrogordo.

Los resultados analíticos de los metales analizados ofrecen unas concentraciones inferiores a los valores objetivos (para Cadmio, Arsénico y Níquel) y al valor límite (para el Plomo), establecidos en el Real Decreto de aplicación para estos contaminantes.

Benceno y Amoniaco. Las concentraciones de Benceno y Amoniaco obtenidas del captador pasivo instalado del 13 de abril al 10 de mayo en el Embalse de Rostrogordo son las siguientes:

| | |
|----------|-------------|
| Benceno | <2,0 µg |
| Amoniaco | 0,29 µg/día |

Tabla 7. Resultados Benceno y Amoniaco. Embalse de Rostrogordo.

La concentración de Benceno se encuentra por debajo del límite de cuantificación del laboratorio. Respecto al Amoniaco, la concentración es de 0,29 µg/día, siendo inferior al valor límite anual establecido por la legislación en 5 µg/m³.

Gráficos polares y de evolución temporal.

En este apartado se incluyen los gráficos polares y los gráficos de variación temporal para los principales contaminantes medidos con el autobús de Calidad del Aire, en la segunda ubicación, en el recinto del Embalse de Rostrogordo.

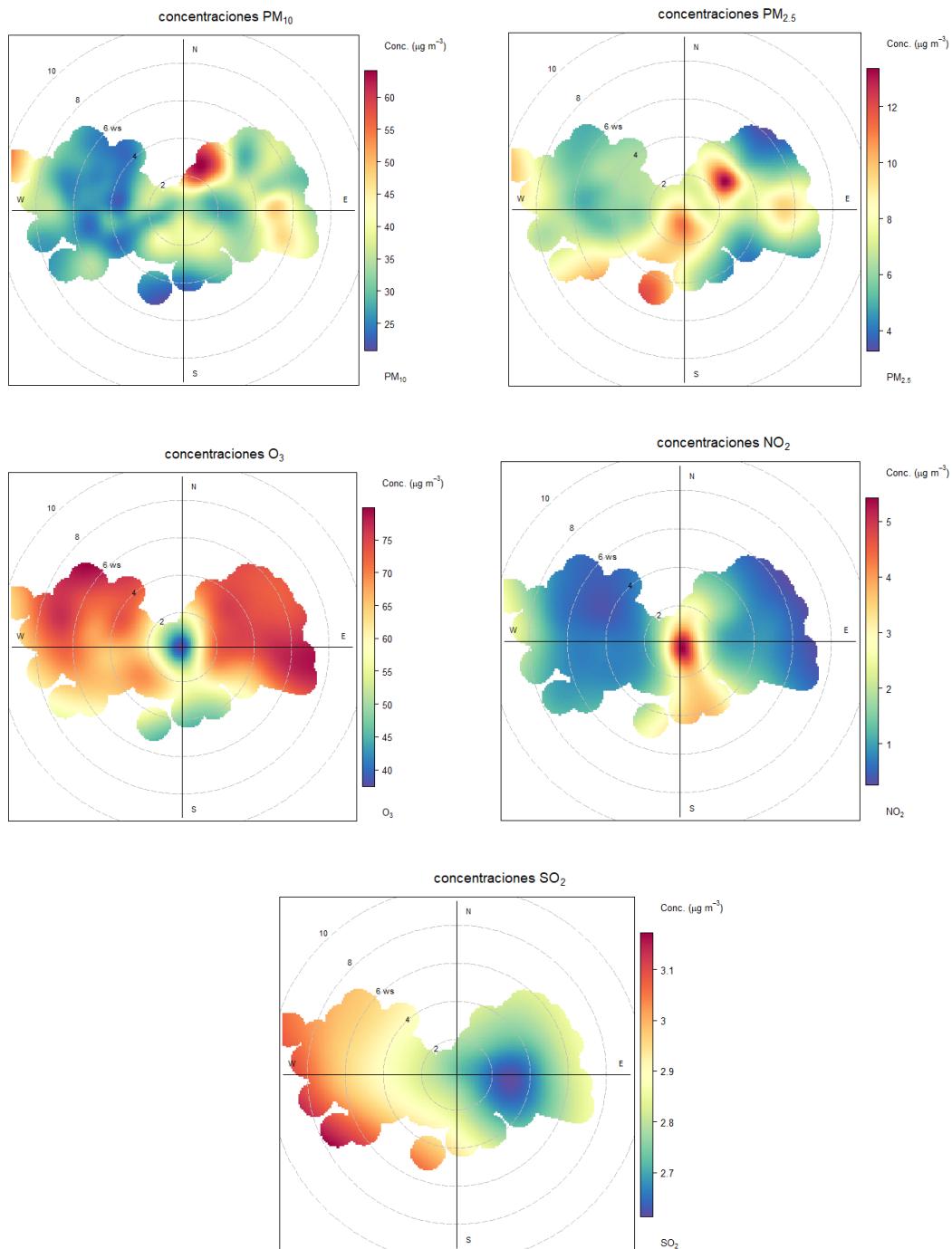
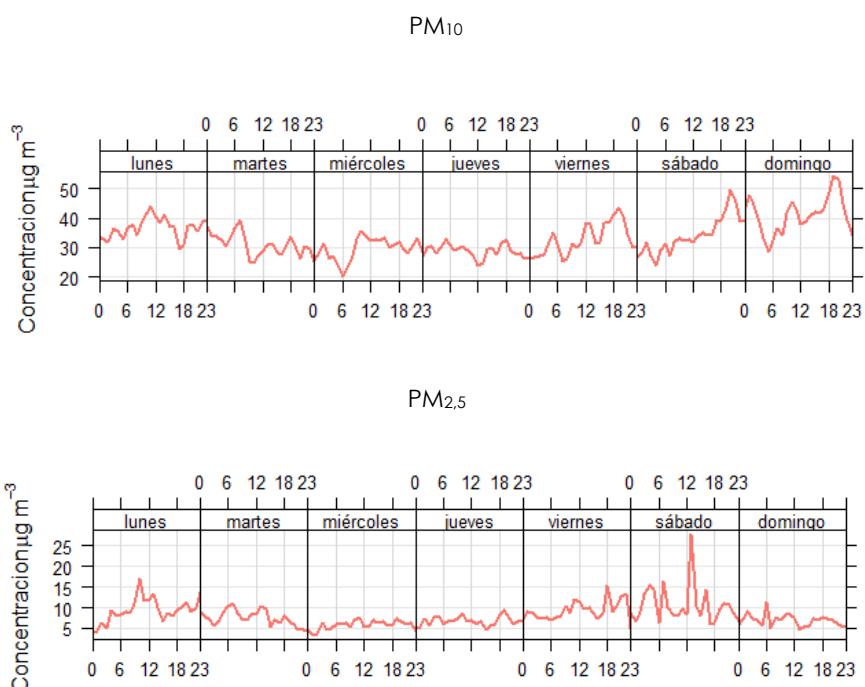


Gráfico 28. Gráficos Polares. Embalse de Rostrogordo.

Las concentraciones más altas de PM₁₀ y PM_{2,5}, se registraron con velocidades del viento comprendidas entre 2 y 4 m/s con dirección del viento Noreste. En esta dirección se encuentra la carretera perimetral ML-300 y un recinto donde se pueden dar movimientos de tierras. Durante este periodo, también se produjeron intrusiones saharianas que afectaron al Sureste peninsular.

Las concentraciones de NO₂ más elevadas se detectan con velocidades bajas del viento entre 1 y 2 m/s con dirección Sureste, por lo que se deduce que la fuente contaminante se encuentra cercana a la Unidad Móvil. En esta posición, se encuentran las instalaciones de la ETAP y un poco más alejado, un aparcamiento. En contraposición, las concentraciones más elevadas de O₃ se obtienen con velocidades más altas entre 2 y 8 m/s y con dirección del viento variable.

Con respecto al SO₂, las concentraciones más elevadas se obtienen con velocidades del viento altas comprendidas entre los 6 y 8 m/s, con una dirección del viento predominante Oeste. Por tanto, la fuente contaminante no se encuentra en el punto de muestreo. En esta dirección se localiza la carretera ML-300 y zonas de vegetación.



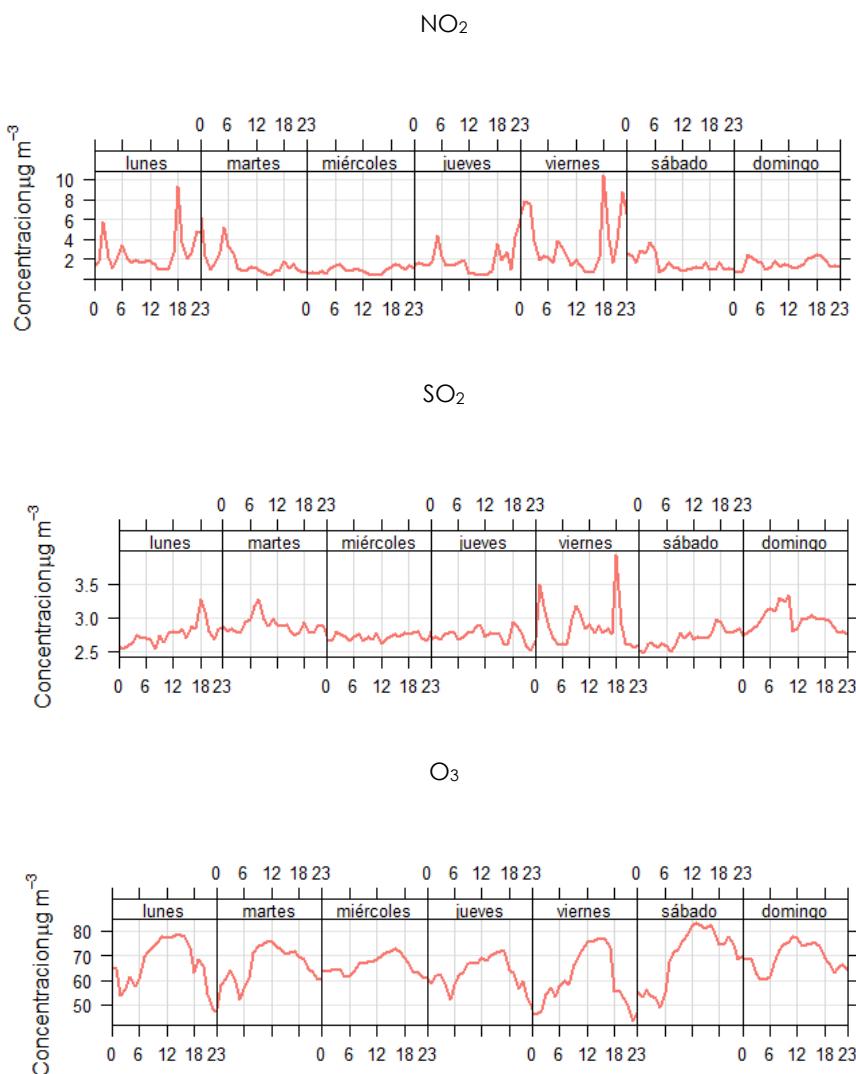


Gráfico 29. Gráficos de evolución temporal. Embalse de Rostrogordo.

En los gráficos de evolución temporal de las concentraciones de PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$ se puede observar una tendencia pareja. Si bien los lunes, viernes, sábados y domingos se aprecia una concentración levemente mayor en ambos parámetros, no se resalta ningún comportamiento relevante.

En cuanto al NO_2 y SO_2 se registran concentraciones más elevadas a primera hora de la mañana entre las 00:00 y las 06:00 (hora solar). Los lunes y los viernes se detectan repuntes más notables desde las 18:00 hasta las 23:00 (hora solar).

Por último, en relación al O_3 , las concentraciones más elevadas corresponden con las horas de mayor radiación solar, como es habitual.

TERCERA UBICACIÓN: UNIVERSIDAD DE GRANADA, CAMPUS DE MELILLA.

Tras finalizar el tiempo de muestreo en la segunda ubicación en el Embalse de Rostrogordo, el día 10 de mayo, el autobús se instala, ese mismo día, en la tercera y última ubicación del periodo de campaña, en el Campus de Melilla de la Universidad de Granada.

La Unidad Móvil ha permanecido en la tercera ubicación y como periodo de campaña, en el Campus de Melilla, de la Universidad de Granada, del 11 al 31 de mayo.

La duración total de medición en esta ubicación es de 21 días.

Partículas en suspensión PM₁₀ y PM_{2,5}. Las medias diarias obtenidas en el Campus de Melilla de la Universidad de Granada, son las siguientes:

| Fecha | PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | PM2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 11/05/2021 | 28 | 7 |
| 12/05/2021 | 36 | 9 |
| 13/05/2021 | 37 | 9 |
| 14/05/2021 | 42 | 11 |
| 15/05/2021 | 42 | 12 |
| 16/05/2021 | 37 | 10 |
| 17/05/2021 | 39 | 9 |
| 18/05/2021 | 51 | 12 |
| 19/05/2021 | 47 | 15 |
| 20/05/2021 | 43 | 9 |
| 21/05/2021 | 41 | 8 |
| 22/05/2021 | 40 | 11 |
| 23/05/2021 | 32 | 9 |
| 24/05/2021 | 26 | 7 |
| 25/05/2021 | 36 | 8 |
| 26/05/2021 | 41 | 8 |
| 27/05/2021 | 27 | 3 |
| 28/05/2021 | 29 | 8 |
| 29/05/2021 | 28 | 6 |
| 30/05/2021 | 34 | 8 |
| 31/05/2021 | 42 | 9 |
| MEDIA | 37 | 9 |
| Valor límite diario | 50 | - |
| Valor límite anual | 40 | 25 (Fase II: 20) |

Tabla 8. Concentraciones diarias PM₁₀ y PM_{2,5} Universidad de Granada.

El valor medio de PM₁₀ registrado en este periodo es de 37 µg/m³, inferior al valor límite anual establecido por la legislación (40 µg/m³). Del día 11 al 31 de mayo se ha producido un total de 1 superación del valor límite diario de PM₁₀ establecido en 50 µg/m³ (este valor no podrá superarse en más de 35 ocasiones por año). Esta superación ha tenido lugar el día 18 de mayo, con un valor de 51 µg/m³.

En cuanto al PM_{2,5}, el valor medio obtenido es de 9 µg/m³, inferior al valor límite anual establecido por la legislación (25 µg/m³). Este valor también se encuentra alejado del valor límite anual indicado para la fase II, 20 µg/m³ (valor límite indicativo que se tenía que ratificar como valor límite en 2013 pero que no se ha realizado aún). La media diaria máxima se alcanza el día 19 de mayo con 15 µg/m³.

Es importante indicar que durante este periodo, se produjeron intrusiones saharianas en el Sureste peninsular del 20 al 24 y del 27 al 31 de mayo que con probabilidad pueden haber afectado a los niveles de partículas registrados en superficie.

Con el objetivo de mostrar la evolución de las concentraciones, se muestra un gráfico de las medias diarias de partículas PM₁₀ y PM_{2,5}.

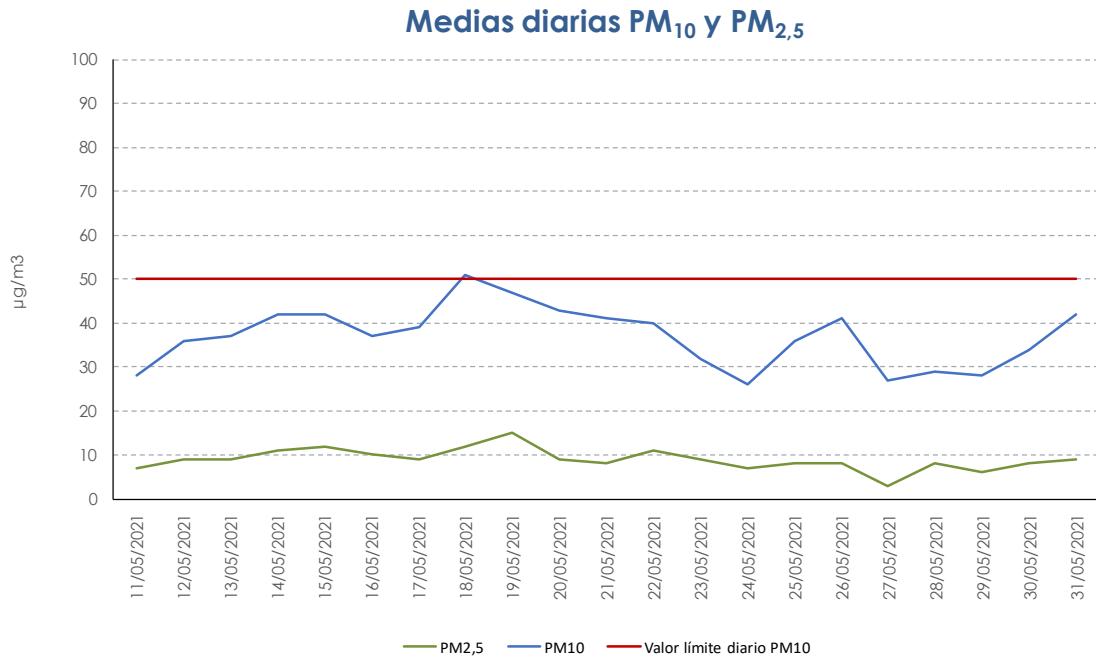


Gráfico 30. Concentraciones medias diarias de PM₁₀ y PM_{2,5}. Universidad de Granada.

Óxido de Nitrógeno (NO_2). En el periodo en el cual la Unidad Móvil se encuentra instalada en el Campus de Melilla de la Universidad de Granada, se ha registrado una máxima horaria de $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el día 15 de mayo. Por tanto, no se superan el valor límite horario ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ni el umbral de alerta ($400 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tres horas consecutivas).

La media obtenida durante este periodo es de $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, muy alejada del valor límite anual ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Medias horarias NO_2

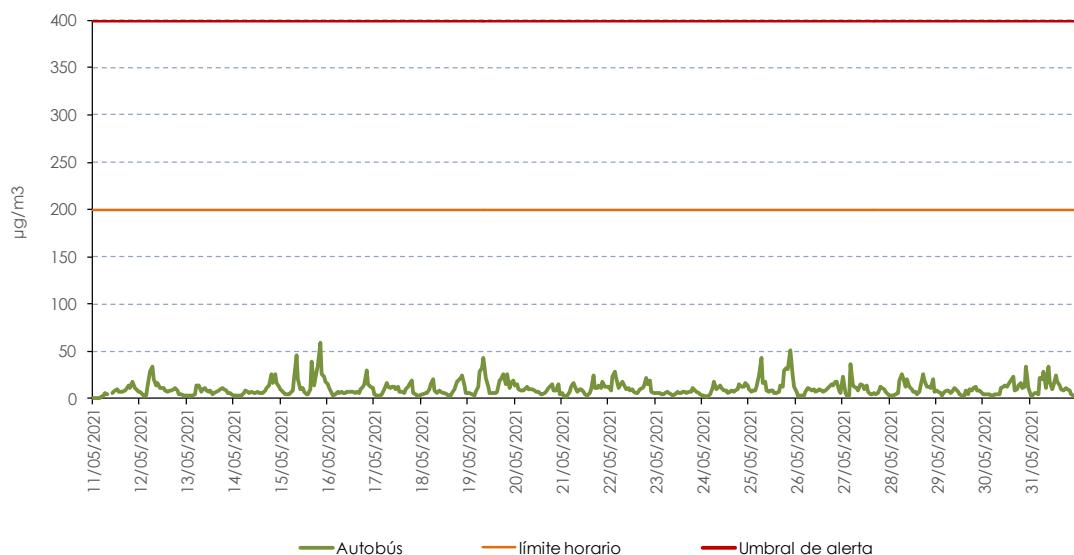


Gráfico 31. Concentraciones medias horarias de NO_2 . Universidad de Granada.

Ozono (O_3). No se registra ninguna superación del umbral de información ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$), del umbral de alerta ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ni del valor objetivo ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, máximo de las medias móviles octohorarias).

La máxima concentración horaria registrada es de $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$, alcanzada el día 16 de mayo. En cuanto a la máxima octohoraria se registró el día 13 de mayo con un valor de $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La media de las concentraciones horarias durante este periodo es de $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A continuación, se representa la evolución de las concentraciones horarias y octohorarias de O₃ respecto a los umbrales de información y alerta y al valor objetivo, establecidos por la legislación.

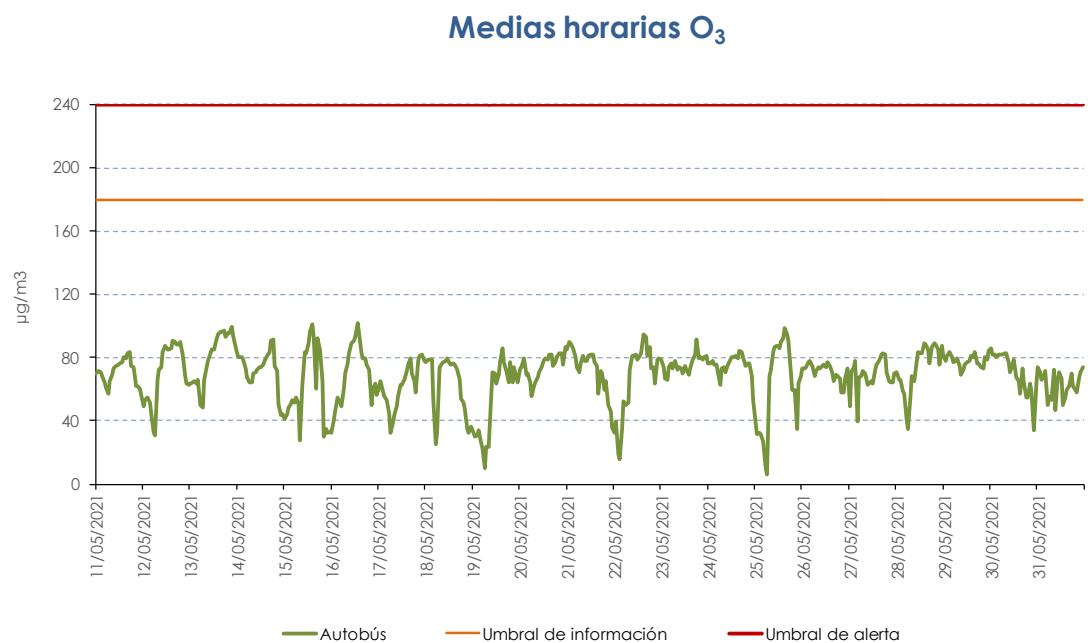


Gráfico 32. Concentraciones medias horarias de O₃. Universidad de Granada.

Medias octohorarias O₃

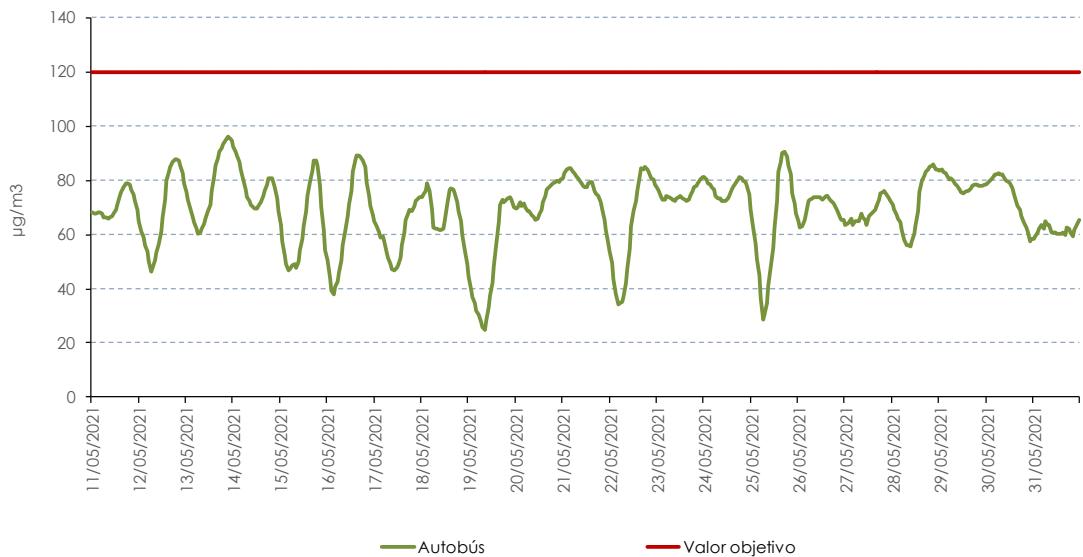


Gráfico 33. Concentraciones medias octohorarias de O₃. Universidad de Granada.

Dióxido de azufre y sulfuro de hidrógeno (SO₂/H₂S). Los datos de SO₂ y H₂S registrados se encuentran muy alejados de los valores límites establecidos por la legislación.

La concentración máxima horaria de SO₂ es de 6 µg/m³ registrada el día 15 de mayo. Ese mismo día, se registró la máxima concentración diaria, de 3 µg/m³.

La media de SO₂ obtenida en esta ubicación es de 3 µg/m³.

No se ha producido ninguna superación del umbral de alerta (500 µg/m³, tres horas consecutivas), del valor límite horario (350 µg/m³), ni del valor límite diario (125 µg/m³). Los datos se encuentran muy alejados de dichos límites.

Medias horarias SO₂

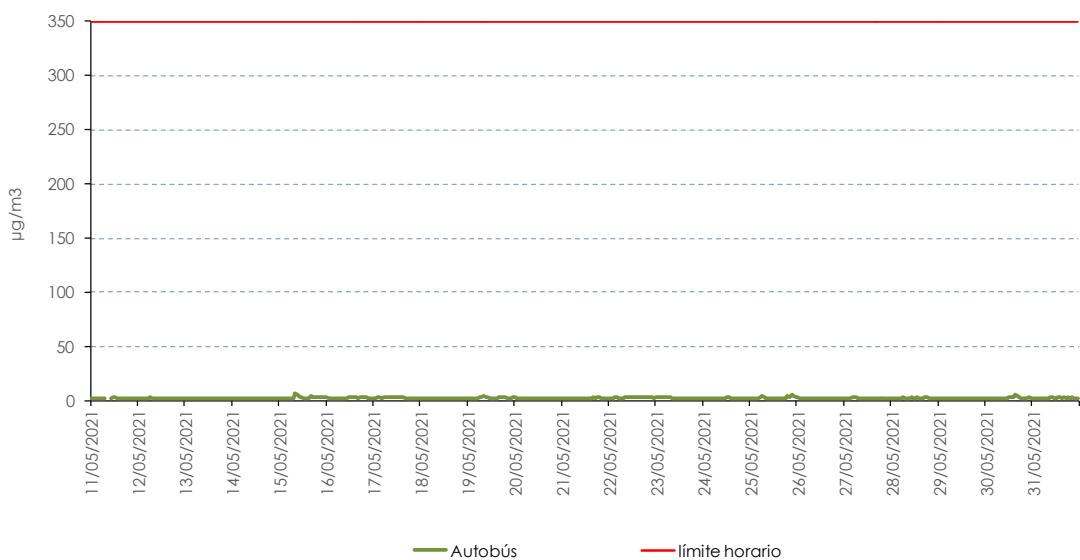


Gráfico 34. Concentraciones medias horarias de SO₂. Universidad de Granada.

Medias diarias SO₂

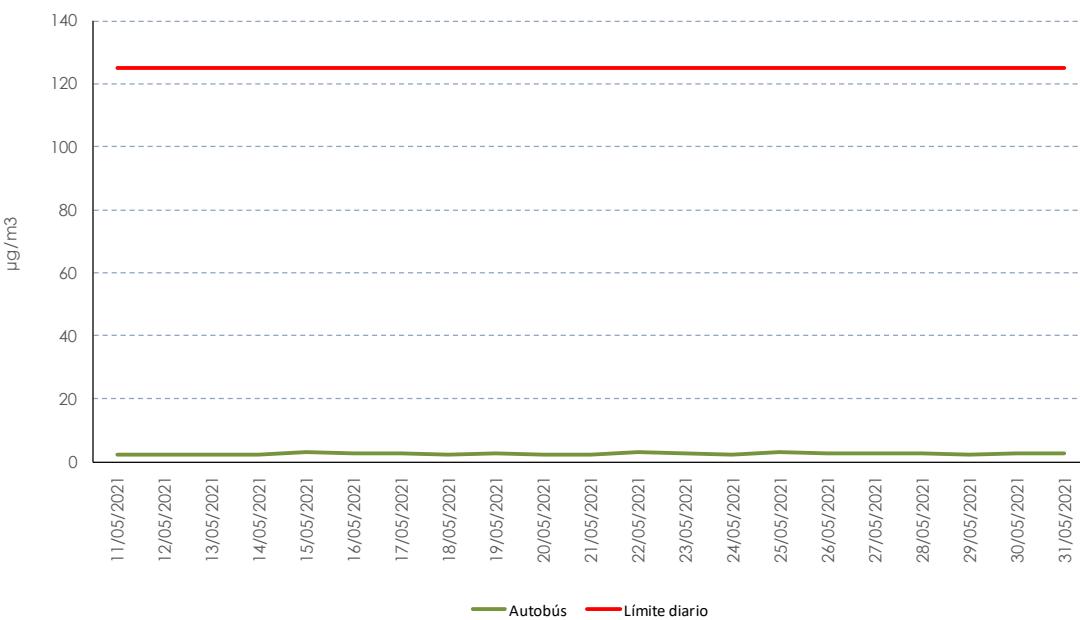


Gráfico 35. Concentraciones medias diarias de SO₂. Universidad de Granada.

Las concentraciones de H₂S registradas también se encuentran alejadas de los valores objetivo establecidos por la legislación (100 µg/m³ como concentración media en treinta minutos y 40 µg/m³ como concentración media en veinticuatro horas).

La media diaria máxima fue 3,5 µg/m³ y se registró el día 22 de mayo. La máxima horaria se registró, ese mismo día, 22 de mayo con un valor de 15,6 µg/m³.

El promedio de los valores de H₂S registrados durante esta ubicación es de 2 µg/m³.

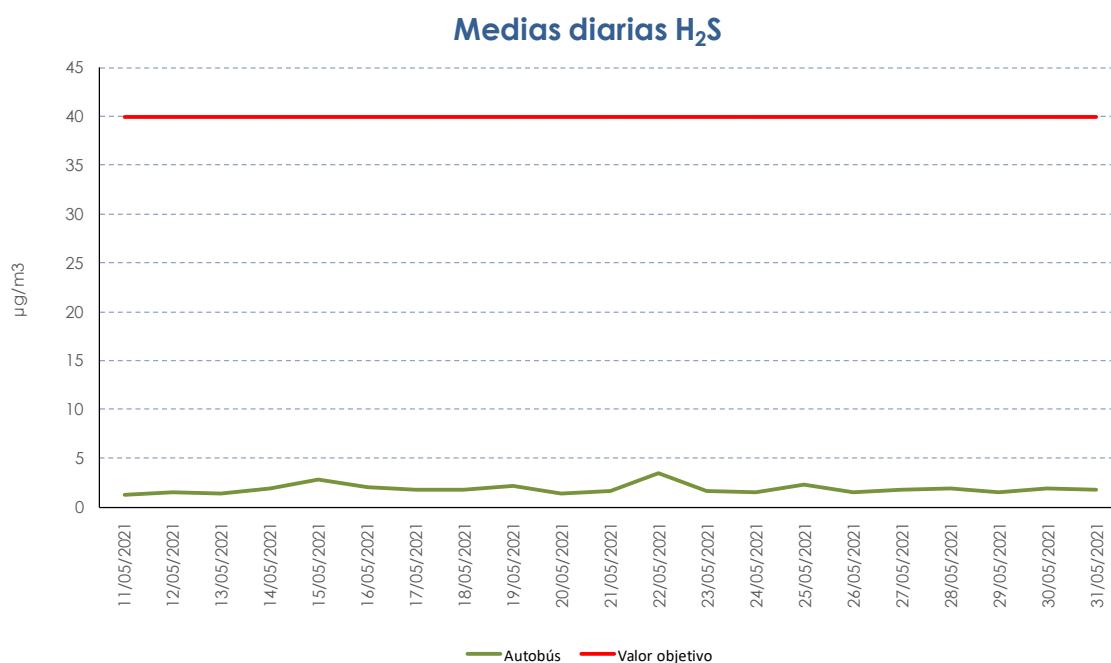


Gráfico 36. Concentraciones medias diarias de H₂S. Universidad de Granada.

Monóxido de carbono (CO). Las concentraciones de CO registradas durante el periodo en estudio se encuentran alejadas del valor límite (10 mg/m³, máximas de las medias móviles octohorarias).

El promedio de los valores registrados en esta ubicación es de 0,2 mg/m³ y la concentración octohoraria máxima se alcanzó puntualmente del día 15 al 31 de mayo, con un valor de 0,3 mg/m³.

Medias octohorarias CO

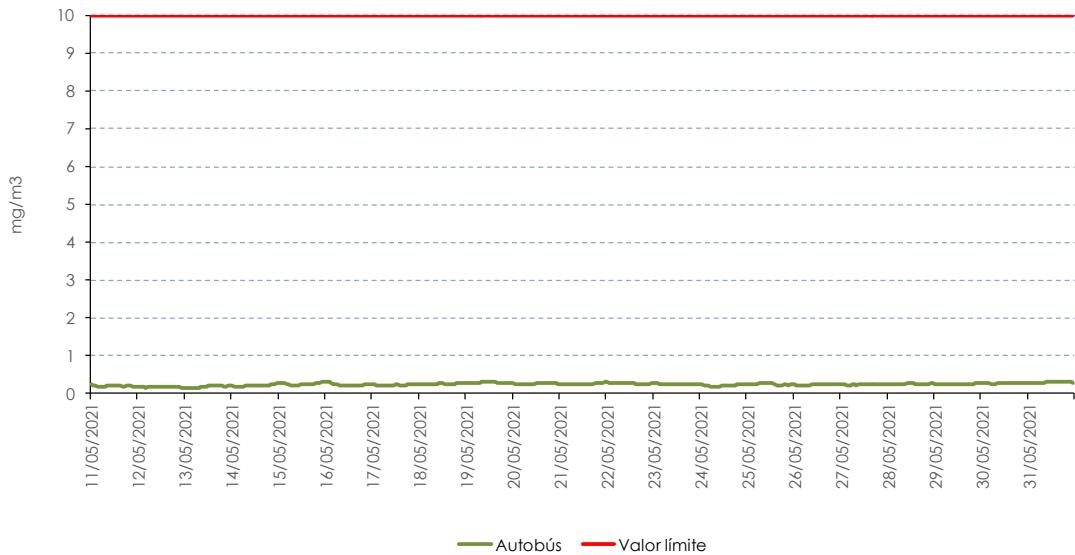


Gráfico 37. Concentraciones medias octohorarias de CO. Universidad de Granada.

Metales pesados. Los resultados de metales pesados obtenidos del análisis de los filtros de PM₁₀ se muestran en la siguiente tabla.

Las casillas marcadas con en color morado muestran valores inferiores al límite de cuantificación (el laboratorio no puede acreditar concentraciones inferiores a dicho límite).

| Fecha | PLOMO | NÍQUEL | ARSÉNICO | CADMIO |
|--------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 11/05/2021 | <0,002 µg/m ³ N | 2,66 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N | <0,35 ng/m ³ N |
| 12/05/2021 | <0,002 µg/m ³ N | 3,20 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 13/05/2021 | <0,002 µg/m ³ N | 3,05 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 14/05/2021 | <0,002 µg/m ³ N | 3,78 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 15/05/2021 | 0,004 µg/m ³ N | 7,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 16/05/2021 | 0,002 µg/m ³ N | 4,02 ng/m ³ N | <0,37 ng/m ³ N | <0,37 ng/m ³ N |
| 17/05/2021 | <0,002 µg/m ³ N | 4,37 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 18/05/2021 | 0,00 µg/m ³ N | 5,72 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 19/05/2021 | 0,003 µg/m ³ N | 10,73 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 20/05/2021 | <0,002 µg/m ³ N | 3,20 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 21/05/2021 | <0,002 µg/m ³ N | 2,69 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 22/05/2021 | 0,004 µg/m ³ N | 2,92 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 23/05/2021 | <0,002 µg/m ³ N | <1,79 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 24/05/2021 | 0,00 µg/m ³ N | <1,79 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 25/05/2021 | 0,00 µg/m ³ N | 7,65 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| 26/05/2021 | <0,002 µg/m ³ N | 3,20 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N | <0,36 ng/m ³ N |
| MEDIA | 0,003 µg/m³ | 4,61 ng/m³ | < 0,36 ng/m³ | < 0,36 ng/m³ |
| Valor límite anual | 0,5 µg/m ³ | - | - | - |
| Valor objetivo | - | 20 ng/m ³ | 6 ng/m ³ | 5 ng/m ³ |

Tabla 9. Resultados Metales. Universidad de Granada.

Los resultados analíticos de los metales analizados ofrecen unas concentraciones inferiores a los valores objetivos (para Cadmio, Arsénico y Níquel) y al valor límite (para el Plomo) establecidos en el Real Decreto de aplicación para estos contaminantes.

Benceno y Amoniaco. Las concentraciones de Benceno y Amoniaco obtenidas del captador pasivo instalado del 10 de mayo al 1 de junio en el Campus de Melilla de la Universidad de Granada, son las siguientes:

| | |
|----------|-------------|
| Benceno | <2,0 µg |
| Amoniaco | 0,40 µg/día |

Tabla 10. Resultados Benceno y Amoniaco. Universidad de Granada.

La concentración de Benceno se encuentra por debajo del límite de cuantificación del laboratorio. Respecto al Amoniaco, la concentración es de 0,40 µg/día, siendo inferior al valor límite anual establecido por la legislación en 5 µg/m³.

Gráficos polares y de evolución temporal.

A continuación, se muestran los gráficos polares y los gráficos de variación temporal para los principales contaminantes medidos con el autobús de Calidad del Aire en la tercera ubicación, Campus de Melilla de la Universidad de Granada.

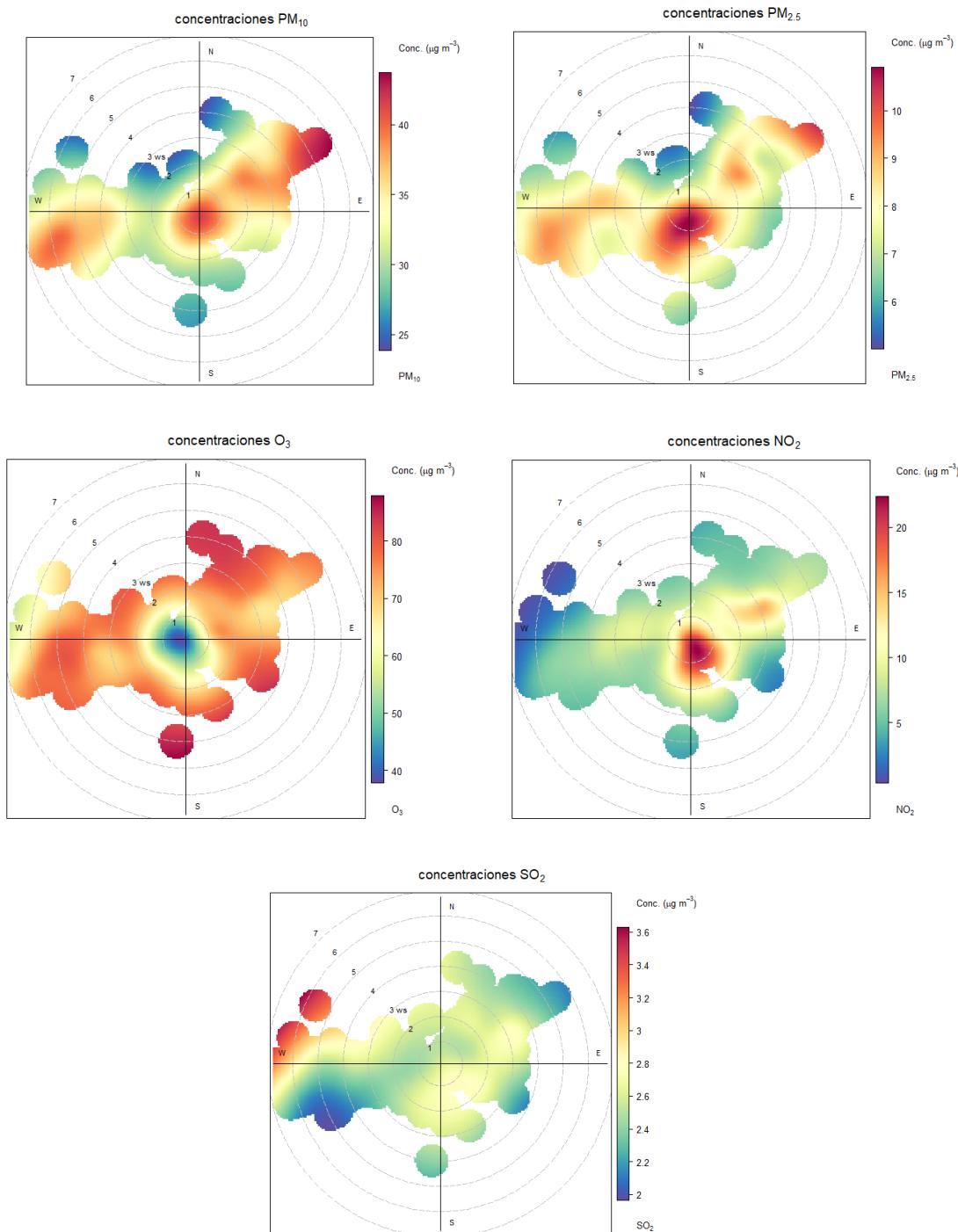
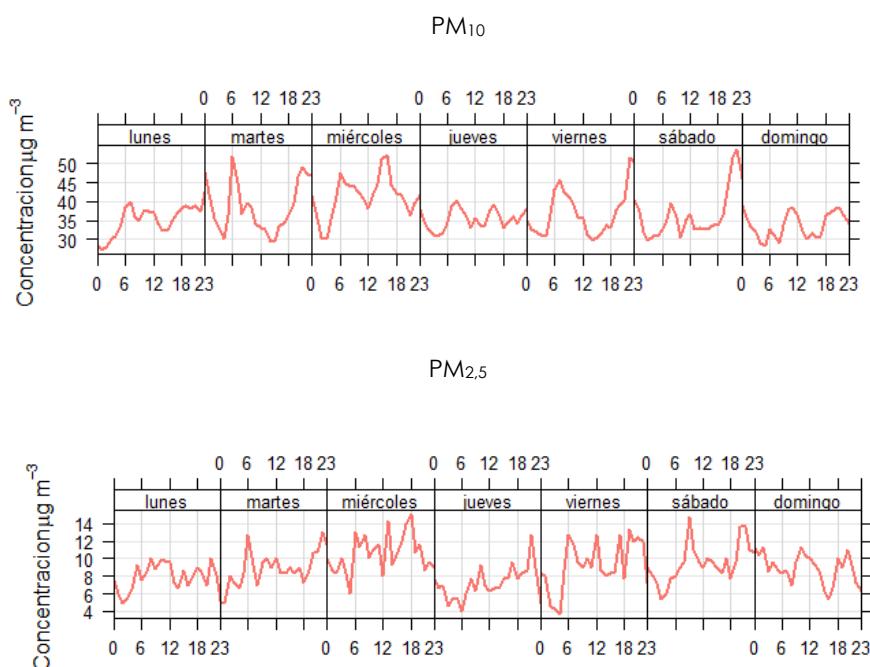


Gráfico 38. Gráficos Polares. Universidad de Granada.

Las concentraciones de PM₁₀, PM_{2,5} y NO₂ más elevadas se registran con velocidades muy bajas del viento comprendidas entre 1 y 2 m/s. Por tanto, se puede deducir que la contaminación se genera en el mismo punto de muestreo. La Unidad Móvil en esta ubicación, se encuentra localizada en el Campus de Melilla de la Universidad de Granada, por lo que los contaminantes pueden proceder de la carretera que da acceso a la Universidad, del parking de las instalaciones universitarias y del tránsito de vehículos por el interior del Campus. Con respecto a las partículas, se observan elevadas concentraciones en un segundo foco con valores de velocidad más elevados entre 5 y 6 m/s de componente Noreste. Esto puede deberse a la actividad de la carretera principal de Alfonso XIII y del CATVFU próximo que cuenta con un recinto de gran extensión con coches estacionados.

Durante el periodo de muestreo, las concentraciones más elevadas de SO₂ se han registrado con velocidades del viento altas, comprendidas entre los 5 y los 6 m/s, con dirección del viento Noroeste. Esto refleja que la contaminación no se origina en el punto de muestreo y puede provenir de la circulación de las carreteras aledañas, principalmente de la carretera Alfonso XIII y de la actividad del campo de golf.

Las concentraciones más elevadas de O₃, se registran con velocidades elevadas entre 3 y 5 m/s con dirección variable. Se puede concluir, al igual que en el resto de ubicaciones, que la generación de O₃ no se produce en el mismo punto donde se localiza la estación.



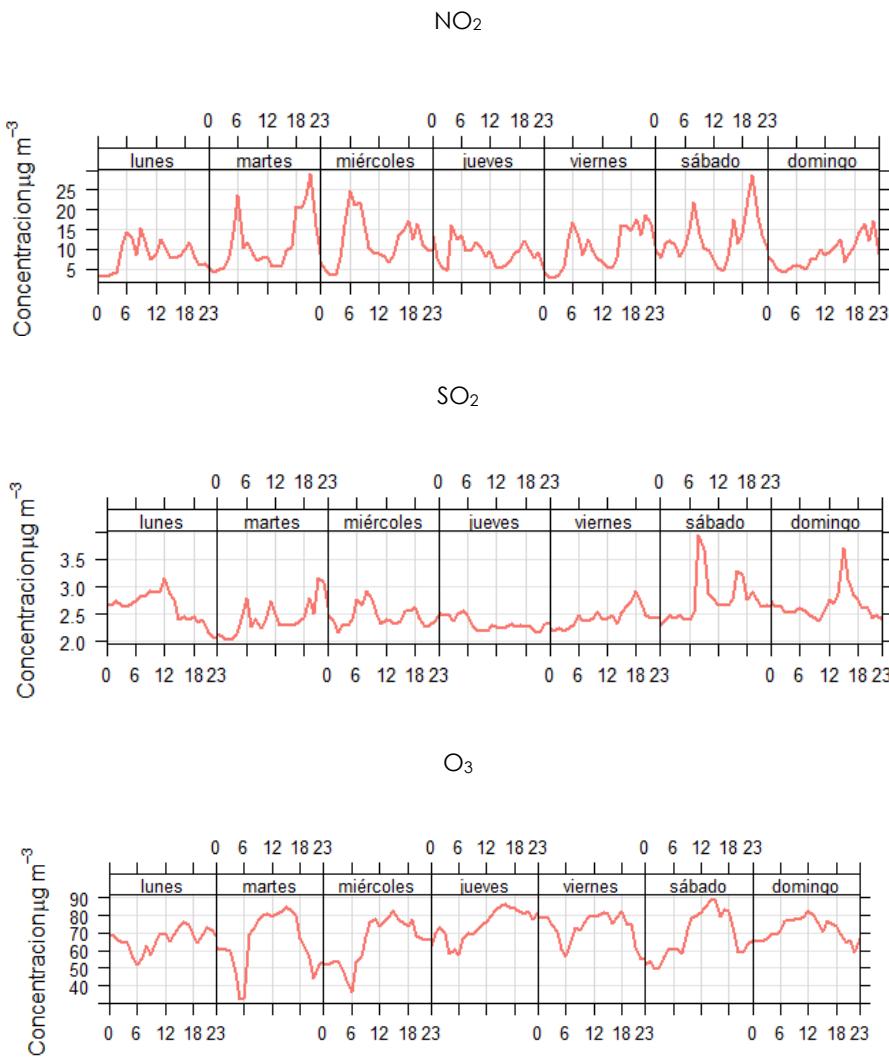


Gráfico 39. Gráficos de variación temporal. Universidad de Granada.

En las dos primeras gráficas, se observan las evoluciones de las partículas de PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$. Se aprecia un comportamiento similar en ambos casos, aumentando las concentraciones los martes, miércoles, viernes y sábados.

En las gráficas de NO_2 y SO_2 se observa cómo se registran las concentraciones más elevadas de contaminación en las horas puntas comprendidas entre las 6:00 y las 12:00 (hora solar) y a partir de las 18:00 (hora solar), este hecho puede deberse a la influencia del tráfico y a la circulación de los coches por el Campus. Además, las concentraciones de ambos contaminantes son más elevadas que las registradas en las ubicaciones anteriores.

En cuanto al O_3 , las concentraciones más elevadas corresponden con las horas de mayor radiación solar, como es habitual.

3.4 APORTE DE FUENTES NATURALES.

La calima, episodios africanos o intrusiones saharianas, son las masas de aire que llegan a España procedentes del continente africano. Este polvo está compuesto por partículas, en su mayoría de origen mineral. Por tanto, los niveles de concentración de las partículas pueden verse afectados por la presencia de intrusiones saharianas.

Igualmente, puede producirse un aporte natural de partículas por influencia del aerosol marino.

En la siguiente tabla, se recogen los días en los cuales se han registrado intrusiones saharianas en el Sureste peninsular: sólo se plasman las predicciones para el periodo completo de campaña de la Unidad Móvil del 17 de marzo al 31 de mayo.

| PREDICCIONES EPISODIOS DE INTRUSIÓN SAHARIANA 2021 | | | |
|--|----------|--------------------------------|-----------------------------|
| Zona Sureste peninsular | MARZO | ABRIL | MAYO |
| | 23 al 31 | 1 al 4, 7 al 12, 24 al 26 y 28 | 4 al 10, 20 al 24, 27 al 31 |

Tabla 11. Predicciones de episodios de intrusiones saharianas 2021. Zona Sureste peninsular.

El modelo SKIRON, del día 30 de marzo, refleja el transporte de masas de aire africano que puede haber afectado a las concentraciones de partículas registradas en la región Sureste peninsular. Por tanto, las concentraciones de partículas registradas durante ese día pueden estar influenciadas por el aporte natural de partículas de origen africano. Se incluye, a continuación, y a modo de ejemplo, el mapa con las concentraciones de polvo (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) predichas por el modelo SKIRON para el día 30 de marzo de 2021 a las 00 UTC y a las 12 UTC.

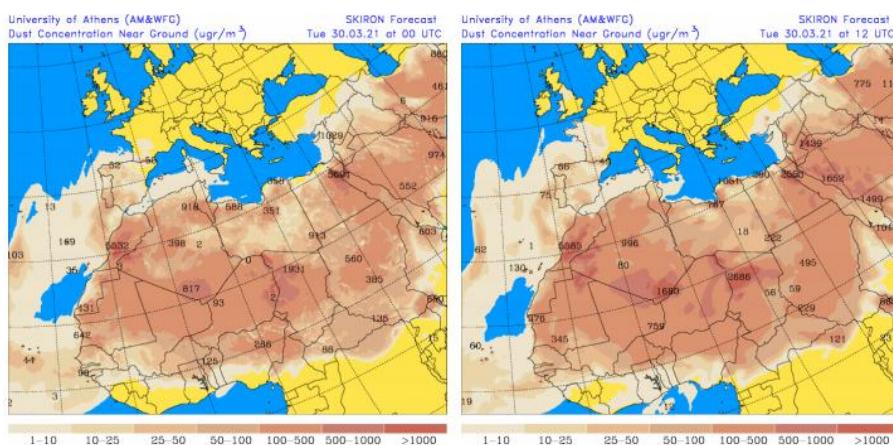


Imagen 7. Concentración de polvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) predicha por el modelo SKIRON para el 30 de marzo de 2021, a las 00 UT y 12 UTC. Universidad de Atenas.

Estos datos pertenecen a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico suministrados en el marco del "Encargo del Ministerio para la Transición Ecológica a la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas para la detección de episodios naturales de aportes transfronterizos de partículas y otras fuentes de contaminación de material particulado, y de formación de ozono troposférico".

Estos datos son provisionales, los datos de episodios validados definitivos de cada año se suministrarán a través del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico una vez transcurridos tres meses desde su finalización. Es decir, los datos definitivos del año serán validados en marzo del siguiente año.

3.5 RESUMEN DE LA CAMPAÑA.

Parque Hernández.

La Unidad Móvil se encuentra instalada en el recinto de Parque Hernández del 17 de marzo al 11 de abril de 2021.

Los primeros días de muestreo, hasta el día 27 de marzo, se registran las temperaturas más bajas de la campaña, alcanzando un mínimo, los días 22 y 27 de marzo, de 9 °C. La temperatura máxima alcanzada es de 24 °C que se registra los días 24 de marzo y 11 de abril. Durante este periodo, se registran temperaturas con mayor amplitud térmica entre el día y la noche. Además, en esta ubicación, se registran los valores de radiación más bajos.

Se registran tres periodos de precipitaciones, los días 20 y 21 de marzo con 4 mm. y 2 mm., respectivamente, y el día 9 de abril con 1 mm. Estos días, como es habitual, se registran valores elevados de humedad. La humedad registra valores comprendidos entre el 27 % y el 95 %.

La velocidad del viento en este periodo es baja, comprendida entre los 0,14 y los 3,31 m/s, con dirección de componente principal Noreste.

En esta ubicación, se han producido un total de 13 superaciones del valor límite diario de PM₁₀ establecido en 50 µg/m³. Estas superaciones han tenido lugar el día 17 de

marzo, del 28 de marzo al 5 de abril y del 7 al 9 de abril. Hay que tener en cuenta, que en este periodo se produjeron diversos episodios de intrusiones saharianas, por lo que con alta probabilidad las concentraciones de partículas se pudieron ver afectadas por este fenómeno.

También se ha superado el valor límite anual de PM₁₀ establecido en 40 µg/m³ con una media de 52 µg/m³. Sin embargo, las medias anuales no resultan representativas ya que se precisa, al menos, el 90% de los valores medios diarios en un año para su cálculo.

Del resto de contaminantes, no se registra ninguna superación de ningún valor límite, umbrales de alerta e información ni valor objetivo establecidos en la legislación. Los valores obtenidos se encuentran por debajo de estos límites.

Cabe resaltar que, las concentraciones más altas de PM₁₀ y PM_{2,5} se obtienen con velocidades del viento bajas (entre 2 y 2,5 m/s) y con una dirección del viento de componente Noroeste. Como se ha indicado anteriormente, durante el periodo en estudio se produjeron múltiples episodios de intrusiones saharianas que afectaron, entre otras zonas, al Sureste peninsular, por lo que la concentración de partículas pudo verse alterada. Con respecto al NO₂ y SO₂, se obtienen las máximas concentraciones con velocidades muy bajas del viento (entre 1 y 2 m/s), dirección Sureste, por lo que la fuente de contaminación proviene de una zona cercana al punto de muestreo. En esta dirección, a unos 250 m., se encuentra la Av. Marina Española, unas de las principales vías de tráfico de la ciudad, el Puerto y la central diésel de ENDESA.

Tanto las partículas como el NO₂ registran un aumento en las concentraciones de lunes a jueves. Además, en el NO₂ se observa cómo aumenta su concentración en las horas punta de los días laborables, que se corresponden con los picos de mayor circulación vial y de mayor consumo energético.

Embalse de Rostrogordo.

La Unidad Móvil ha registrado datos en esta ubicación del 14 de abril al 9 de mayo de 2021.

Es necesario destacar que, el día 15 de abril desde las 19:00 h. hasta las 20:00 h., se registra en el autobús un corte de tensión causado por tormentas en la zona.

Además, el día 17 de abril se produjo una incidencia en la desalinizadora del centro de aguas, provocando otro corte de tensión en la Unidad Móvil. El día 18 de abril se

instaló un generador de forma temporal para dar alimentación a las instalaciones y, en consecuencia, al autobús. El día 19 de abril, solventada ya la incidencia en la desalinizadora, se retira el generador y se vuelve a dar conexión a la corriente eléctrica.

Como resultado, los días 17 y 18 de abril no se dispone de datos suficientes para el cálculo estadístico de las medias diarias de los analizadores.

Durante esta parte de la campaña, se registran temperaturas más estables, registrando un valor mínimo de 13°C y un máximo de 26°C. En los últimos días, las temperaturas experimentan un ligero ascenso.

La radiación solar registrada es similar a lo largo de todo el periodo de muestreo y la humedad registra valores comprendidos entre el 39 % y el 98 %, obteniendo los valores más elevados el día 16 de abril. La humedad mínima se alcanza los días 20 y 27 de abril.

En esta ubicación, se registran valores de presión inferiores al resto de localizaciones.

Se recogen tres periodos de precipitación, los días 14, 15 y 16 de abril, con valores de 2, 4 y 2 mm., respectivamente.

La velocidad del viento, en este periodo, comprende valores entre los 0,14 y 9,24 m/s, alcanzando un máximo superior al de la ubicación anterior. Las direcciones del viento predominantes son Este, Noreste y Oeste.

Durante este periodo se produce una superación del valor límite diario de PM₁₀ (establecido en 50 µg/m³) el día 25 de abril, alcanzando un valor de 70 µg/m³.

Del resto de contaminantes, no se registra ninguna superación de ningún valor límite, umbrales de alerta e información ni valor objetivo establecidos en la legislación. Los valores obtenidos se encuentran por debajo de estos límites.

Las concentraciones más altas de PM₁₀ y PM_{2,5}, se registraron con velocidades del viento comprendidas entre 2 y 4 m/s con dirección del viento Noreste. En esta dirección se encuentra la carretera perimetral ML-300 y un recinto donde se pueden dar movimientos de tierras. Durante este periodo, también se produjeron intrusiones saharianas que afectaron al Sureste peninsular.

Las concentraciones de NO₂ más elevadas se detectan con velocidades muy bajas del viento entre 1 y 2 m/s con dirección Sureste, por lo que se deduce que la fuente contaminante se encuentra cercana a la Unidad Móvil. Tanto el NO₂ como el SO₂

registran concentraciones más elevadas a primera hora de la mañana entre las 00:00 y las 06:00 (hora solar). Los lunes y los viernes se detectan repuntes más notables desde las 18:00 hasta las 23:00 (hora solar). En esta dirección, se encuentran las instalaciones de la ETAP y a una distancia más alejada, un aparcamiento.

Universidad de Granada. Campus de Melilla.

La Unidad Móvil realiza la tercera y última medición de la campaña en esta ubicación desde el 11 de mayo al 31 de mayo de 2021.

Durante este periodo, las temperaturas registran un ligero aumento, alcanzando una temperatura máxima de 33 °C, el día 16 de mayo, y una mínima de 14 °C, el día 12 de mayo. También, la radiación solar refleja valores más elevados en esta ubicación.

La humedad abarca desde el 23 % hasta el 95 %.

Se registra un periodo de precipitación, el día 27 de mayo, de 2 mm.

La velocidad del viento alcanza valores desde los 0,13 hasta los 6,14 m/s con una dirección predominante Noreste y Oeste.

Durante este periodo se produce una superación del valor límite diario de PM₁₀ (establecido en 50 µg/m³) el día 18 de mayo, alcanzando un valor de 51 µg/m³.

Del resto de contaminantes, no se registra ninguna superación de ningún valor límite, umbrales de alerta e información ni valor objetivo establecidos en la legislación. Los valores obtenidos se encuentran por debajo de estos límites.

Las concentraciones de PM₁₀, PM_{2,5} y NO₂ más elevadas se registran con velocidades muy bajas del viento comprendidas entre 1 y 2 m/s. Por tanto, se puede deducir que la contaminación se genera en el mismo punto de muestreo, posiblemente debido a la proximidad de la Unidad Móvil a la carretera que da acceso a la Universidad y al parking de las instalaciones universitarias. Con respecto a las partículas, se observan elevadas concentraciones en un segundo foco con valores de velocidad más elevados entre 5 y 6 m/s de componente Noreste. Esto puede deberse a la actividad de la carretera principal de Alfonso XIII y del CATVFU. Además, durante este periodo se produjeron intrusiones saharianas que afectaron al Sureste peninsular.

En caso del SO₂, las concentraciones más elevadas se han registrado con velocidades del viento altas, comprendidas entre los 5 y los 6 m/s, con dirección del viento Noroeste, por lo que se interpreta que la contaminación no se origina en el punto de

muestreo y puede provenir de la circulación de las carreteras aledañas, principalmente de la carretera Alfonso XIII y de la actividad del campo de golf.

Con respecto al O₃, igual que en las otras ubicaciones, las concentraciones más elevadas se obtienen con velocidades del viento altas. Por tanto, su generación no se produce en el mismo punto de medida.

Una vez expuestos los resultados, se incluye una tabla en la que se comparan las concentraciones medias de los distintos contaminantes obtenidas en las 3 ubicaciones analizadas.

| Ubicación | PM ₁₀ µg/m ³ | PM _{2,5} µg/m ³ | NO ₂ µg/m ³ | O ₃ µg/m ³ | SO ₂ µg/m ³ | H ₂ S µg/m ³ | CO mg/m ³ |
|---------------------|---------------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Parque Hernández | 52 | 14 | 5 | 60 | 2 | 1 | 0,2 |
| Embalse Rostrogordo | 33 | 8 | 2 | 66 | 3 | 2 | 0,2 |
| Universidad Granada | 37 | 9 | 11 | 69 | 3 | 2 | 0,2 |

| Ubicación | Plomo µg/m ³ | Níquel ng/m ³ | Arsénico ng/m ³ | Cadmio µg/m ³ | Benceno µg/m ³ | Amoniaco µg/día |
|---------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------|
| Parque Hernández | 0,005 | 3,66 | < 0,35 | < 0,35 | <2 | 0,39 |
| Embalse Rostrogordo | 0,003 | 3,83 | < 0,36 | 0,61 | <2 | 0,29 |
| Universidad Granada | 0,003 | 4,61 | < 0,36 | < 0,36 | <2 | 0,40 |

Tabla 12. Comparativas concentraciones 3 ubicaciones.

En la tabla anterior puede observarse, con respecto a las concentraciones medias de PM₁₀, que se han registrado concentraciones más elevadas en el primer punto (Parque Hernández) que en las otras dos ubicaciones cuyos valores medios son similares.

En el primer punto se ha superado el valor límite anual establecido en 40 µg/m³ con un valor de 52 µg/m³. Sin embargo, este valor no es representativo puesto que se precisan, al menos, el 90 % de los valores medios diarios en un año para su cálculo. Sin embargo, se añade a título informativo. Además, en la primera ubicación (Parque Hernández) se han producido 13 superaciones del valor límite diario de PM₁₀ establecido en 50 µg/m³, una superación en la segunda ubicación (Embalse de Rostrogordo) y otra superación en la tercera ubicación (Universidad Granada).

En cuanto a las concentraciones medias de PM_{2,5}, al igual que en el caso del PM₁₀, en el primer punto (Parque Hernández) se ha registrado la concentración media más elevada de la campaña. Mientras que, en la segunda y tercera ubicación las concentraciones medias de PM_{2,5} registradas son similares.

En relación a las concentraciones de NO₂, se han obtenido valores bajos en las tres ubicaciones. Cabe destacar que la concentración media del tercer punto (Universidad de Granada) es notablemente superior que las de los otros dos.

Respecto a la concentración media de O₃, se han registrado valores semejantes en los tres puntos, siendo la del tercer punto (Universidad de Granada) más elevada.

Tanto para las concentraciones de SO₂ como para las de H₂S, se recogen valores prácticamente iguales en las tres ubicaciones, en las dos últimas (Embalse de Rostrogordo y Universidad de Granada) se han obtenido las mismas medias para ambos contaminantes, que son ligeramente superiores a las datadas en la primera localización (Parque Hernández).

En el caso de la concentración media de CO, se ha registrado el mismo valor en los tres puntos de muestreo.

Del resto de contaminantes (Plomo, Níquel, Arsénico, Cadmio, Benceno y Amoniaco) se han obtenido valores muy por debajo de los valores límite establecidos por la legislación, incluso del Arsénico y Benceno se han registrado concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del laboratorio en los tres puntos de muestreo; lo mismo sucede con el Cadmio en el primer y último punto. En general, se registran concentraciones similares en todas las ubicaciones seleccionadas.

4. COMPARACIÓN CON CAMPAÑAS ANTERIORES.

En este apartado se comparan los datos obtenidos en esta campaña con los datos registrados en las campañas realizadas con anterioridad en Melilla, de esta forma se puede obtener mayor información de la calidad del aire en la zona y la evolución de la misma a lo largo del tiempo.

Las campañas anteriores se desarrollaron en los años 2005, 2013, 2019 y 2020. A la hora de comparar los datos obtenidos en las campañas anteriores con la realizada en el año 2021, se ha de tener en cuenta lo siguiente:

- Se han realizado en épocas del año distintas, la campaña del año 2005 se llevó a cabo en verano, la del 2019 se ha realizado en invierno, las del 2013 y 2020 se han realizado en otoño y la del 2021 en primavera. Por tanto, las condiciones meteorológicas son diferentes entre las distintas campañas.
- Las ubicaciones de la campaña 2021 son las mismas que las del año pasado, 2020. La única diferencia fue el orden: la primera se realizó en la Universidad de Granada, la segunda en Parque Hernández y la última en el Embalse de Rostrogordo. Mientras que, en el 2021: la primera se llevó a cabo en Parque Hernández, la segunda en el Embalse de Rostrogordo y la tercera en la Universidad.

Otros años, la Unidad Móvil se instaló en el Fuerte de Rostrogordo en lugar de en el Embalse y en el Aeropuerto o en los Almacenes generales en vez de en la Universidad.

- La duración de las campañas no es la misma en todos los casos: en el año 2005 se midió la calidad del aire durante 50 días; en 2013 se realizaron medidas de 15 días en cada emplazamiento siendo un total de 45 días; en 2019 se han medido 15 días en cada ubicación, y una ampliación en la tercera ubicación de 11 días, siendo un total de 57 días. En el año 2020, se ha registrado un total de 56 días, divididos en las tres ubicaciones en 18, 22 y 16 días.

Por último, en el año 2021, se han obtenido datos de tres ubicaciones distintas, 26 días en Parque Hernández, 27 días en el Embalse de Rostrogordo y 21 días en el Campus de Melilla de la Universidad de Granada. En total, se registraron para el periodo de campaña 74 días.

- Los sensores de medida utilizados en cada campaña son distintos.
- Se ha de resaltar que el año 2021, al igual que el 2020, presenta unas características especiales debido a las restricciones establecidas en las distintas regiones para la lucha contra la propagación de la COVID-19.

Por todos los factores mencionados anteriormente, la comparación entre las medidas obtenidas en las distintas campañas no es determinante.

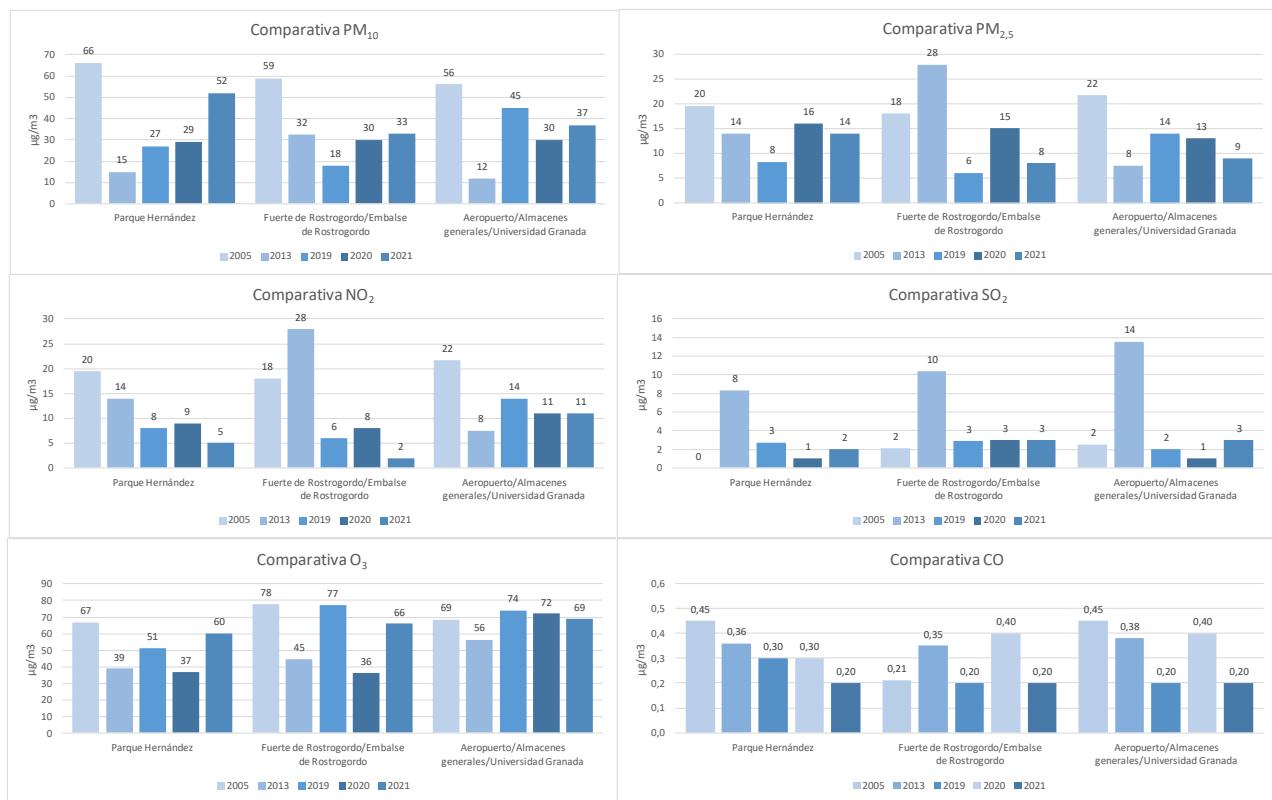


Gráfico 40. Comparativa de las medias registradas en distintos años.

En las gráficas anteriores se puede observar la concentración media de los contaminantes registrados en las distintas campañas realizadas a lo largo de los años, concretamente, de las partículas PM₁₀ y PM_{2,5}, NO₂, SO₂, O₃ y CO de los años 2005, 2013, 2019, 2020 y 2021.

- PM₁₀. Las concentraciones más elevadas se registraron en el año 2005, superando en todos los puntos los 40 µg/m³ (valor límite anual establecido para el PM₁₀). Sin embargo, el valor medio de PM₁₀ obtenido en este periodo no resulta representativo de la media anual, puesto que se precisan, al menos, el 90 % de los valores medios diarios en un año. No obstante, se incorporan a título informativo.

En el resto de campañas, las concentraciones medias de PM₁₀ son inferiores a 40 µg/m³, excepto en el tercer punto del año 2019, donde se alcanza una concentración media de 45 µg/m³ en Almacenes Generales y en la primera ubicación del año 2021, en Parque Hernández, con una concentración media

de 52 µg/m³. Las concentraciones medias más bajas se registran en el año 2013 en el primer y tercer punto de muestreo.

Destacar que, en la campaña realizada en el año 2013 se registran valores medios diarios de PM₁₀ superiores a 50 µg/m³ (valor límite diario) en 2 ocasiones en la primera y segunda ubicación, Parque Hernández y Pinares de Rostrogordo. Este valor no podrá superarse en más de 35 ocasiones por año.

En los años 2019 y 2020, este valor límite se ha superado en una ocasión, en el 2019 en Almacenes generales y en el 2020 en el Embalse de Rostrogordo.

El 2021, es el año con mayor cantidad de superaciones del valor medio diario de PM₁₀, registrándose 13 superaciones en Parque Hernández, una en el Embalse de Rostrogordo y otra en la Universidad de Granada. Por tanto, en esta campaña se registran un total de 15 superaciones del valor medio diario de PM₁₀, sin superar el límite de 35.

- PM_{2,5}. El valor límite anual establecido para este contaminante es de 25 µg/m³. Los valores medios obtenidos en este periodo no resultan representativos de la media anual, puesto que se precisan, al menos, el 90 % de los valores medios diarios en un año. No obstante, se incorporan a título informativo.

El valor de 25 µg/m³ sólo se supera en la ubicación, Fuerte de Rostrogordo, en la campaña del 2013 con un valor de 28 µg/m³. Por el contrario, las concentraciones más bajas se detectan en el año 2019 en el primer y segundo punto.

Destacar que, en el año 2021 las medias de PM_{2,5} han experimentado un notable descenso con respecto al año anterior en los tres puntos de muestreo.

- NO₂. Las concentraciones de NO₂ más elevadas se obtienen en Rostrogordo en el año 2013 con un valor medio de 28 µg/m³, seguida de las concentraciones obtenidas en el año 2005.

En general, las concentraciones más elevadas se han obtenido, en los últimos años, en Almacenes generales/Aeropuerto/Universidad de Granada. Sin embargo, en ningún caso se superan los 40 µg/m³ establecidos por la legislación como valor límite anual.

En el 2021, se han registrado las concentraciones más bajas de todos los años estudiados, excepto en la tercera ubicación, Universidad de Granada, que se ha obtenido la misma media que en el año 2020.

- SO₂. Para este contaminante, las concentraciones más elevadas, en todas las ubicaciones, corresponden a las medidas en el año 2013, con valores muy superiores a los registrados en las demás campañas, destacando la media registrada en el Aeropuerto con un valor de 14 µg/m³.

En los años 2005 y 2020 se registraron los valores más bajos de todo el estudio, además de similares. En los años 2019 y 2021 también se detectaron valores aproximados en todas las ubicaciones.

- O₃. Las concentraciones más elevadas de O₃ se han registrado en Rostrogordo los años 2005 y 2019 con una media de 78 µg/m³ y 77 µg/m³, respectivamente.

En el año 2020 se registraron las concentraciones más bajas de O₃ tanto en Parque Hernández como en Rostrogordo con 37 y 36 µg/m³. En cuanto a las ubicaciones de Aeropuerto, Almacenes Generales y Universidad de Granada, se han obtenido valores similares todos los años, a excepción del año 2013 en el cual se obtiene la concentración más baja con 56 µg/m³.

En relación a las medias obtenidas en el año 2021, cabe resaltar que se han registrado valores más elevados tanto en Parque Hernández como en Rostrogordo con respecto a las del año 2020. Sin embargo, en la Universidad de Granada, se ha obtenido una media ligeramente inferior a la del año pasado.

- CO. Se registran valores muy bajos y similares en todas las campañas realizadas y en todas las ubicaciones estudiadas. Las concentraciones medias oscilan entre los 0,2 mg/m³ y los 0,5 mg/m³.

Las concentraciones más altas se obtienen en Parque Hernández y en Aeropuerto en el año 2005.

En cuanto a la media de CO registrada en 2021, en Parque Hernández se ha obtenido un valor más bajo que el año anterior en la misma ubicación, mientras que, en Rostrogordo y Universidad de Granada se han obtenido medias similares a las del año 2020, representando los años 2020 y 2021 los de menor concentración de dicho contaminante.

5. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE.

El artículo 6 del R.D. 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, indica que las comunidades autónomas y las entidades locales clasificarán cada zona o aglomeración de su territorio en relación a los umbrales de evaluación del anexo II, en el cual se incluyen los umbrales inferiores y superiores de evaluación para el dióxido de azufre, el dióxido de nitrógeno, partículas, plomo, benceno, monóxido de carbono, arsénico, cadmio y níquel, y realizarán la evaluación de la calidad del aire en todas las zonas y aglomeraciones de su territorio.

A su vez, en el artículo 6 se indica lo siguiente:

- La evaluación de la calidad del aire ambiente se realizará, dependiendo del nivel de los contaminantes con respecto a los umbrales a los que se refiere el anexo II, utilizando mediciones fijas, técnicas de modelización, campañas de mediciones representativas, mediciones indicativas o investigaciones, o una combinación de todos o algunos de estos métodos.
- Será obligatorio efectuar mediciones de la calidad del aire en lugares fijos en las zonas y aglomeraciones donde los niveles superen los umbrales superiores de evaluación establecidos en el anexo II. Dichas mediciones fijas podrán complementarse con modelización o mediciones indicativas para obtener información adecuada sobre la distribución espacial de la calidad del aire ambiente.
- Si los niveles, están comprendidos entre los umbrales inferior y superior de evaluación del anexo II podrá utilizarse una combinación de mediciones fijas y técnicas de modelización y/o mediciones indicativas.
- En todas las zonas y aglomeraciones donde el nivel de contaminantes se halle por debajo del umbral inferior de evaluación establecido para esos contaminantes, será suficiente con utilizar técnicas de modelización para la evaluación de la calidad del aire ambiente.

En el caso del ozono, el artículo 10 indica que en aquellas zonas y aglomeraciones en las cuales se hubiese superado un objetivo a largo plazo, serán obligatorias las mediciones fijas continuas.

Estos umbrales se considerarán superados cuando en el transcurso de cinco años se haya superado el umbral numérico en al menos tres años distintos. En el caso de que

los datos disponibles se refieran a un periodo inferior a cinco años, se podrán combinar las campañas de medición de corta duración realizadas durante el periodo del año.

A modo informativo, ya que la campaña se ha desarrollado únicamente durante 74 días, del 17 de marzo al 31 de mayo de 2021, se realiza un análisis de los niveles de contaminación respecto a los umbrales de evaluación superior e inferior establecidos en este Real Decreto.

| | Período de promedio | Umbral superior de evaluación | Umbral inferior de evaluación | 2021 |
|--|-----------------------------------|---|---|--|
| Dióxido de azufre (SO₂) | 24 horas | 75 µg/m ³ no podrán superarse en más de 3 ocasiones por año civil | 50 µg/m ³ no podrán superarse en más de 3 ocasiones por año civil | Superaciones umbral superior 0 Superaciones umbral inferior 0 Media diaria máxima 4 µg/m ³ |
| Dióxido de nitrógeno (NO₂) | 1 hora | 140 µg/m ³ no podrán superarse en más de 18 ocasiones por año civil | 100 µg/m ³ no podrán superarse en más de 18 ocasiones por año civil | Superaciones umbral superior 0 Superaciones umbral inferior 0 Media horaria máxima 59 µg/m ³ |
| | Un año civil | 32 µg/m ³ | 26 µg/m ³ | Superaciones umbral superior 0 Superaciones umbral inferior 0 Media campaña 6 µg/m ³ |
| | 24 horas | 35 µg/m ³ no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año civil | 25 µg/m ³ no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año civil | Superaciones umbral superior 43 Superaciones umbral inferior 69 Media diaria máxima 97 µg/m ³ |
| Partículas PM₁₀ | Un año civil | 28 µg/m ³ | 20 µg/m ³ | Superaciones umbral superior 1 Superaciones umbral inferior 1 Media campaña 41 µg/m ³ |
| | Un año civil | 17 µg/m ³ | 12 µg/m ³ | Superaciones umbral superior 0 Superaciones umbral inferior 0 Media campaña 10 µg/m ³ |
| | Un año civil | 0,35 µg/m ³ | 0,25 µg/m ³ | Superaciones umbral superior 0 Superaciones umbral inferior 0 Media campaña 0,004 µg/m ³ |
| Benceno | Un año civil | 3,5 µg/m ³ | 2 µg/m ³ | Superaciones umbral superior 0 Superaciones umbral inferior 0 Media campaña <2 µg |
| Monóxido de Carbono (CO) | Promedio de periodo de ocho horas | 7 mg/m ³ | 5 mg/m ³ | Superaciones umbral superior 0 Superaciones umbral inferior 0 Máxima octohoraria 0,33 mg/m ³ |
| Arsénico | Un año civil | 3,6 µg/m ³ | 2,4 µg/m ³ | Superaciones umbral superior 0 Superaciones umbral inferior 0 Media campaña <0,36 µg/m ³ |
| Cadmio | Un año civil | 3 ng/m ³ | 2 ng/m ³ | Superaciones umbral superior 0 Superaciones umbral inferior 0 Media campaña 0,61 µg/filtro |
| Níquel | Un año civil | 14 ng/m ³ | 10 ng/m ³ | Superaciones umbral superior 0 Superaciones umbral inferior 0 Media campaña 4 ng/m ³ |

Tabla 13. Umbrales de evaluación.

En la tabla anterior se puede comprobar que las partículas PM₁₀ han superado el umbral inferior de evaluación en 69 ocasiones, y el umbral superior de evaluación en 43 ocasiones. Teniendo en cuenta que el periodo de medida es de 74 días, es previsible que a lo largo del año se superen estos umbrales más de 35 veces; límite establecido por la legislación a partir del cual es obligatorio efectuar mediciones de calidad del aire en lugares fijos.

Además, la media obtenida durante los 74 días de campaña, ha superado el umbral superior de evaluación establecido para la media anual en 28 µg/m³ con un valor de 41 µg/m³. El valor medio obtenido en este periodo no resulta representativo de la media anual, puesto que se precisan, al menos, el 90 % de los valores medios diarios en un año. No obstante, se incorpora a título informativo.

Sin embargo, durante el periodo analizado, el PM_{2,5} no ha superado ningún umbral inferior ni superior de evaluación establecido, al obtenerse una media anual de 10 µg/m³. Este valor no resulta representativo, puesto que se precisan, al menos, el 90 % de los valores medios diarios en un año. No obstante, se incorpora a título informativo.

En el caso del O₃, durante la realización de la campaña de medida, del 17 de marzo al 31 de mayo, no se ha producido ninguna superación del valor objetivo a largo plazo (120 µg/m³, máxima de las medias móviles octohorarias). Se ha de tener en cuenta que este contaminante tiene un carácter estacional y las mayores concentraciones de ozono se registran durante el verano, entendido como el periodo comprendido entre los meses de abril a septiembre (según indica la legislación). Por tanto, debe evaluarse durante este periodo. La mayor parte de esta campaña se ha realizado en verano durante los meses de abril y mayo, aunque también ha abarcado en parte el mes de marzo, correspondiendo al invierno que va de enero a marzo y de octubre a diciembre, como indica la legislación.

El resto de contaminantes se encuentran por debajo del umbral inferior de evaluación.

6. CONCLUSIONES.

- El año 2021 presenta unas características especiales, con motivo de la evolución de la situación epidemiológica derivada de la COVID-19 y para impedir, en la medida de lo posible, la expansión descontrolada y la transmisión comunitaria, continúan en vigor las medidas de prevención y control implantadas desde el año 2020, adaptándolas en cada región en función de la evolución de los brotes coincidiendo con el periodo de evaluación de calidad del aire.

Esta situación ha podido afectar a las emisiones generadas a la atmósfera, como consecuencia, principalmente, de la reducción de la movilidad de la población.

- Durante el periodo en el que se ha llevado a cabo la campaña, se ha superado el valor límite diario de PM_{10} ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en un total de 15 ocasiones: 13 en la primera ubicación en Parque Hernández, 1 en la segunda en el Embalse de Rostrogordo y otra en la última ubicación en la Universidad de Granada.

Además, en la primera ubicación, Parque Hernández, se ha superado el valor límite anual de PM_{10} ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) con un valor de $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo, esta concentración media no resulta representativa de la media anual ya que se precisan, de al menos, el 90 % de los valores medios diarios en un año para su cálculo. No obstante, se añade este dato a título informativo.

Según el modelo SKIRON y teniendo en cuenta el periodo de campaña, en los meses de marzo del 23 al 31, abril del 1 al 4, del 7 al 12, del 24 al 26 y el 28 y mayo del 4 al 10, del 20 al 24 y del 27 al 31 se han producido episodios de transporte de masas de aire africano que con alta probabilidad han podido afectar a las concentraciones de partículas registradas en la región Sureste peninsular. Por tanto, las concentraciones de partículas registradas durante estos días pueden haberse visto influenciadas por el aporte natural de partículas de origen africano.

- Durante el periodo de campaña se ha superado el umbral inferior de evaluación y el umbral superior de evaluación de PM_{10} , tanto la media diaria como la de campaña.

Ester Blanco Pérez

Licenciada en Ciencias Ambientales.

Página.
7

