

CAMPAÑA CALIDAD DEL AIRE 2020

MELILLA

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.	3
1.1 OBJETO DEL ESTUDIO.....	3
1.2 LEGISLACIÓN.....	4
2. CARACTERÍSTICAS DE LA CIUDAD AUTÓNOMA DE MELILLA.....	6
3. CAMPAÑA DE CALIDAD DEL AIRE.....	11
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA CAMPAÑA.....	11
3.2 PÁRAMETROS ANALIZADOS.....	14
3.3 RESULTADOS DE LA CAMPAÑA DE CALIDAD DEL AIRE.....	19
METEOROLOGÍA.....	19
PRIMERA UBICACIÓN: UNIVERSIDAD DE GRANADA. CAMPUS MELILLA.....	22
SEGUNDA UBICACIÓN: PARQUE HERNÁNDEZ.....	34
TERCERA UBICACIÓN: EMBALSE DE ROSTROGORDO.....	45
3.4 APORTE DE FUENTES NATURALES.	57
3.5 RESUMEN DE LA CAMPAÑA.....	58
4. COMPARACIÓN CON CAMPAÑAS ANTERIORES.....	62
5. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	65
6. CONCLUSIONES.....	69
7. ANEXO.....	70

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 1 de octubre y el 27 de noviembre de 2020, 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, amoníaco 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.

A su vez, la unidad móvil ha permanecido instalada en la ciudad autónoma de Melilla fuera del periodo de campaña, del 1 de enero al 17 de junio en Almacenes Generales y del 22 de junio al 28 de septiembre en la Universidad de Granada. En estas dos ubicaciones se han obtenido las concentraciones de dióxido de azufre, partículas PM_{2,5}, dióxido de nitrógeno, ozono y monóxido de carbono.

En el Anexo se incluyen las medias obtenidas en estas ubicaciones así como una relación de las superaciones de los valores límite, los umbrales de alerta e información y los valores objetivos.

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 halla 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	25 µg/m ³	Valor objetivo, deberá ser alcanzado en 2010; valor límite entra en vigor en 2015
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 período 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
Plomo	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 12,34km² 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.).

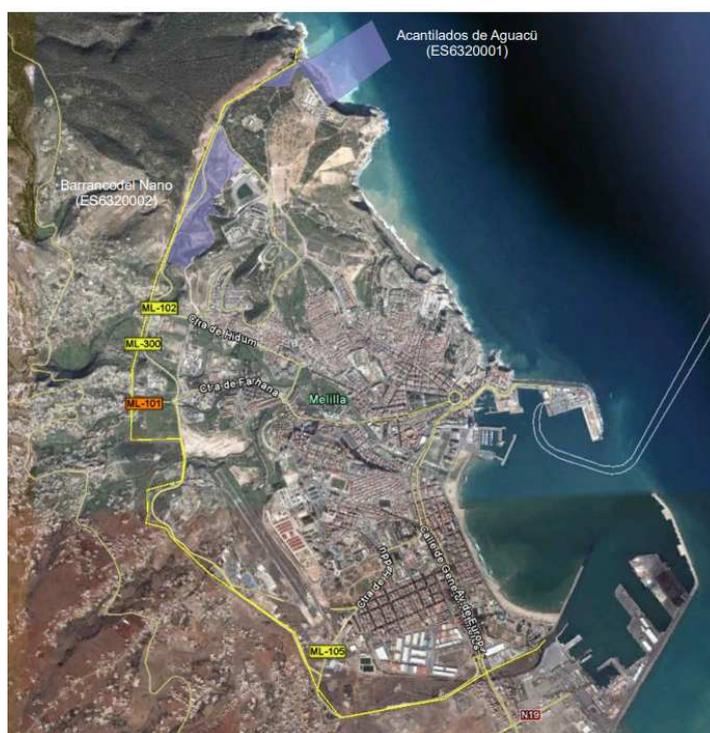


Imagen 1. Detalle Ciudad Autónoma de Melilla. Fuente: Consejería de Coordinación y Medio Ambiente Ciudad Autónoma de Melilla. <http://medioambientemelilla.es>

La densidad de población de Ciudad de Melilla es de 7.024 habitantes por Km² y la población total es de 86.487 habitantes, según el Instituto Nacional de Estadística (INE-2019), de los cuales, 43.894 habitantes son hombres y 42.593 son mujeres.

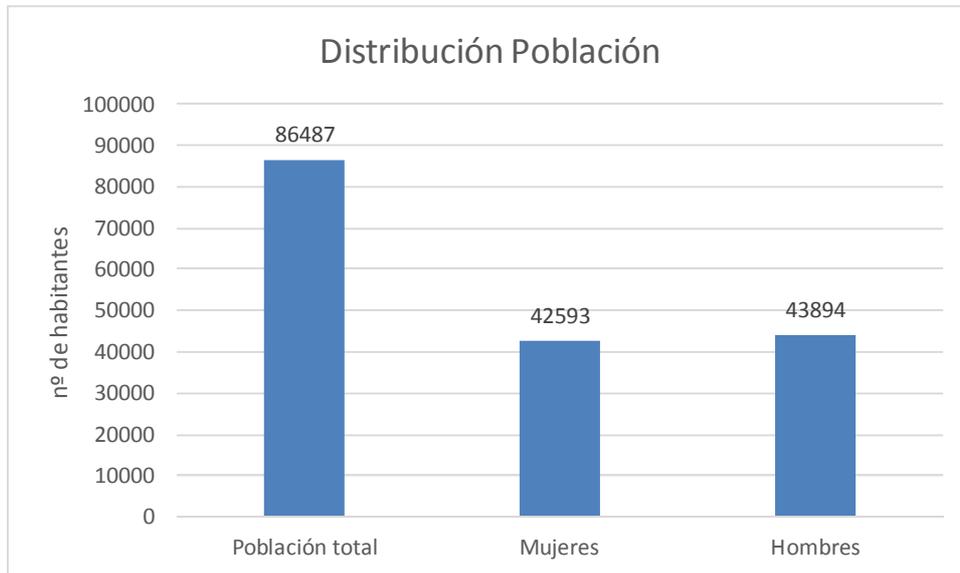


Gráfico 1. Distribución población Ciudad Autónoma Melilla año 2019. Fuente INE.

La tasa de natalidad bruta es de 14,64 nacidos por cada mil habitantes, la más alta de España y muy superior a la media nacional, la cual se sitúa en 7,62 nacidos por mil habitantes. La tasa bruta de mortalidad es la más baja de España, con 5,82 defunciones por cada mil habitantes, cuando la media nacional es de 8,83 defunciones por mil habitantes.

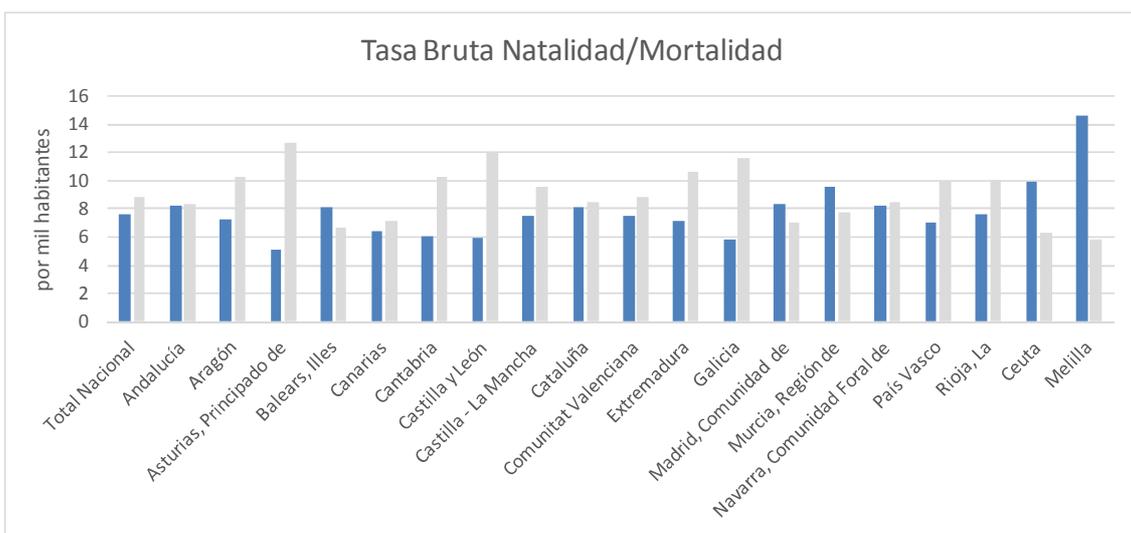


Gráfico 2. Representación de la Tasa Bruta de Natalidad y la Tasa Bruta de Mortalidad por Comunidad Autónoma. Año 2019. Fuente INE.

A su vez, el saldo migratorio con el extranjero obtenido en 2019 es de 745 personas y el saldo migratorio interautonómico es de -1.705 personas, en el mismo periodo.

Según la Encuesta de la Población Activa (EPA), en el cuarto trimestre del año 2020 en Melilla la población activa es de 41.100 personas, correspondiente a 22.900 hombres y 18.200 mujeres, y presenta un porcentaje de paro del 23,83%, una tasa superior a la nacional y superior a las demás Comunidades Autónomas.

En cuanto a la distribución porcentual de la población activa en función del sector económico es la siguiente:

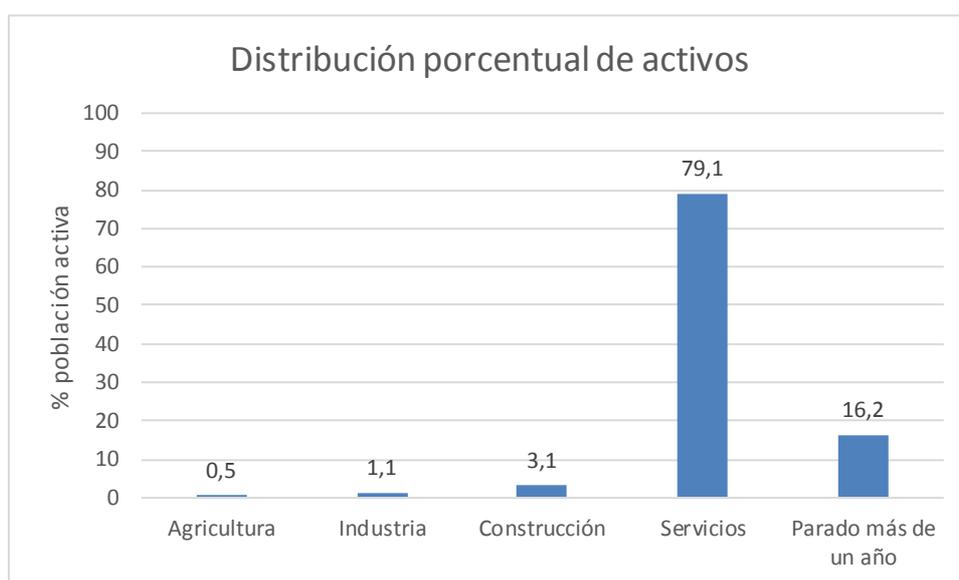


Gráfico 3. Distribución porcentual población activa Ciudad Autónoma Melilla. Año 2020 T4. Fuente INE.

Como puede observarse en el gráfico 3, la principal actividad desarrollada en la ciudad corresponde al sector servicios, con un 79,1% de la población activa. Destacar que un 16,2 % 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 2020 presenta unas características especiales debido a las restricciones establecidas en las distintas regiones para luchar contra la propagación del COVID-19.

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, en la ciudad de Melilla a partir del 1 de octubre se adoptan medidas de prevención y control que permiten la contención de la pandemia, vigentes durante el periodo de campaña.

Estas medidas consisten principalmente en el uso de mascarillas de forma obligatoria, mantener la distancia interpersonal de 1,5 m, reducción de aforos de las instalaciones o locales abiertos al público, limitación de las agrupaciones de personas para el desarrollo de cualquier actividad o evento familiar a un máximo de 10 y cierre de espacios públicos al aire libre como parques infantiles y zonas deportivas o similares. A su vez, se suspende el tránsito rodado y peatonal, salvo práctica deportiva por las siguientes vías:

-Polígono Industrial SEPES en toda su extensión entre las 00:00 y las 6:00 h de los días sábados y domingo y vísperas de festivo.

-Dique Sur- Paseo Playa de la Hípica, desde la rotonda confluyente a las vías de Calle Héroes de Alcántara y Paseo Marítimo Mir Berlanga.

-Paseo de horcas Coloradas, desde la Rotonda confluyente con la Carretera de la Alcazaba.

-Carretera de Cabrerizas, desde la altura del acceso principal al Cuartel de la Legión.

-Se suspende la estancia en los arenales desde las 21:00 a las 6:00h excepto personal de limpieza, seguridad, emergencia y personas que desarrollan actividad o ejercicio físico.

A pesar de las medidas adoptadas desde el 1 de octubre, se detecta un incremento de la incidencia acumulada en la Ciudad de Melilla, así como un incremento de hospitalizaciones. Por ello, se establecen medidas más restrictivas que entran en vigor el 18 de octubre; se reduce la agrupación de personas para el desarrollo de cualquier actividad o evento familiar, tanto en espacios públicos como privados a un máximo de 6 personas, se suspenden todos los eventos sociales, culturales, recreativos y de ocio, se cierran los establecimientos de hostelería y restauración (únicamente se podrá prestar el servicio de restauración a domicilio), el horario de cierre de negocios y establecimientos comerciales no podrá exceder las 20:00h (salvo los destinados a

alimentación cuyo horario se prolonga hasta las 22:00h), se suspenden las salidas de los residentes en los centros de mayores del término municipal de Melilla, se reduce el aforo de los centros deportivos.

Tras la publicación del Real Decreto 926/2020 el 25 de octubre, por el cual se declara el estado de alarma, se limita la libre circulación de las personas en horario nocturno, entre las 22:00 y las 6:00 horas, así como la entrada y salida de personas del territorio de la Ciudad Autónoma de Melilla.

Tras la adopción de tales restricciones se produce una disminución significativa de la incidencia acumulada y las hospitalizaciones. Por tanto, a partir del 20 de noviembre se procede a la atenuación de las medidas impuestas en el sector de la restauración y centros deportivos.

Esta situación ha afectado a las emisiones generadas a la atmósfera, que se han reducido considerablemente en todas las regiones, como consecuencia de la reducción de la movilidad de la población.

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.

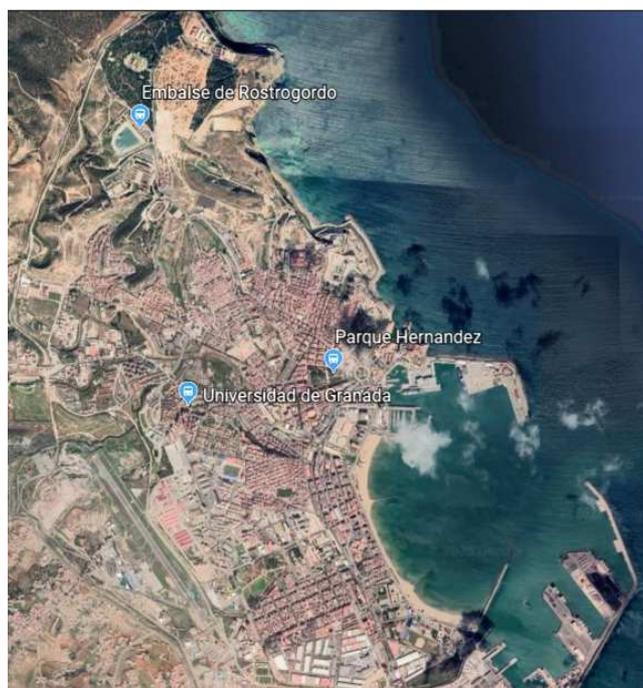


Imagen 2. Ubicaciones de la Unidad Móvil.

Durante los primeros días de campaña, entre el 1 y el 18 de octubre, el Autobús de Calidad del Aire se encuentra instalado en la Universidad de Granada, 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°57'11''W



Imagen 3. Universidad de Granada, Campus de Melilla y su entorno.

Del 20 de octubre al 10 de noviembre el autobús ha estado instalado en el recinto de Parque Hernández, 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. El parque se encuentra rodeado por edificios de viviendas, tanto al Norte como al Sur y al Oeste. Al Este del mismo 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 Diesel de Melilla propiedad de ENDESA.

Coordenadas de la ubicación:

35°17'32''N

2°56'25''W



Imagen 4. Parque Hernández y su entorno.

Del 12 al 27 de noviembre, el Autobús se instaló en la tercera y última ubicación seleccionada, 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.

3.2 PÁRAMETROS 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 principalmente 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) y metales. 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 aire africano.

Para la captación de las partículas PM₁₀ se usa 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 partículas PM₁₀ y metales (arsénico, cadmio, níquel y plomo).

El análisis se ha llevado a cabo en el laboratorio de ensayo de 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 NO_2 se determina electrónicamente por diferencia entre las medidas detectadas en las dos cámaras, es decir, entre el NO_x y el NO .

Ozono (O_3). 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 (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 depositándose 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 pasivos 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 sujeta 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 al laboratorio para su análisis.

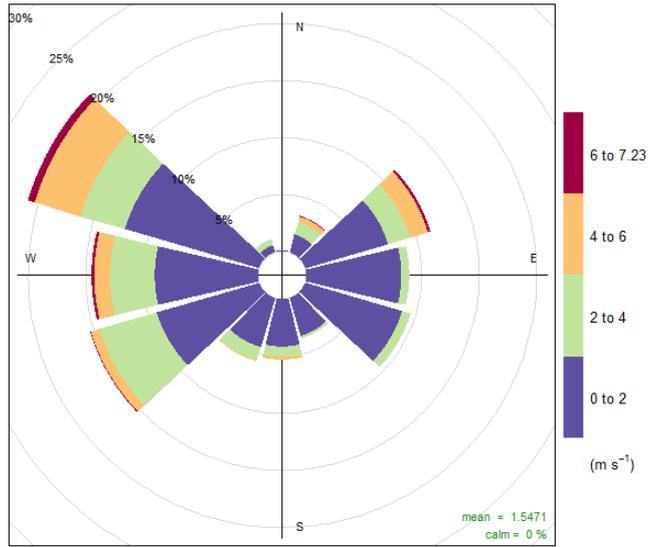
Meteorología. La importancia de las condiciones meteorológicas en los niveles de contaminación atmosférica se reconoce simplemente observando las variaciones de la calidad del aire en un área de unos días a otros, cuando las emisiones permanecen prácticamente constantes pero la meteorología cambia. Por 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.

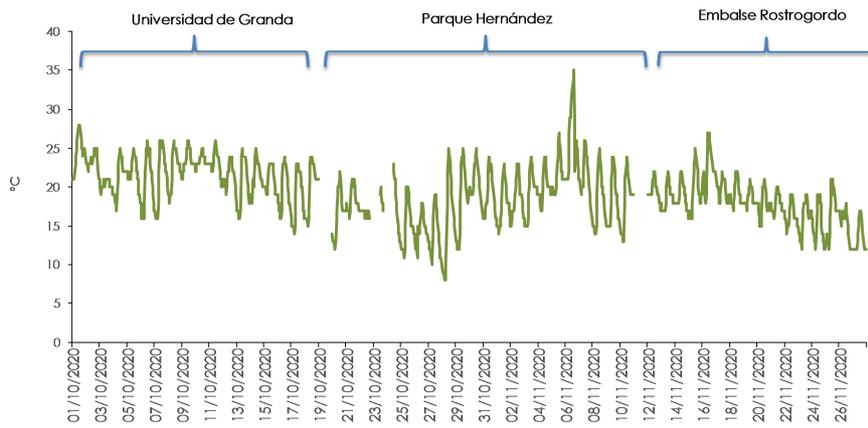
A continuación, se incluyen las gráficas de los datos de meteorología registrados a lo largo del periodo en estudio, del 1 de octubre, fecha en la cual se instala la Unidad Móvil en la primera ubicación, Universidad de Granada, Campus de Melilla, al 27 de noviembre, fecha en la cual se da por finalizada la campaña, tras instalar la Unidad Móvil en dos ubicaciones adicionales, en el Parque Hernández y en Embalse de Rostrogordo.



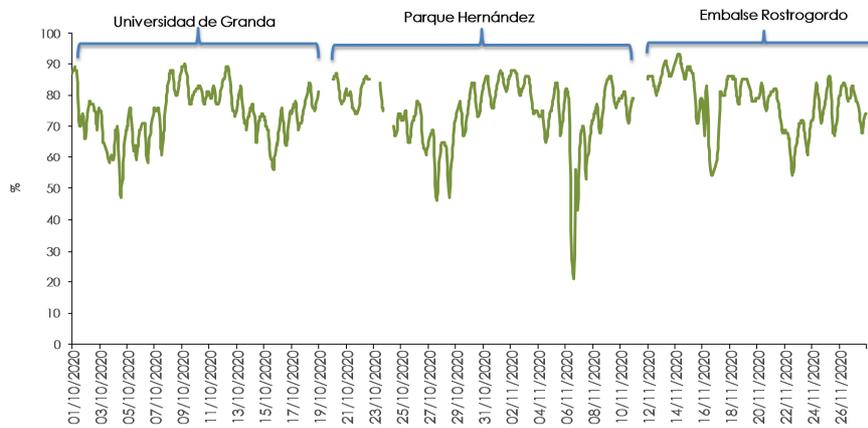
Frequency of counts by wind direction (%)

Gráfico4. Rosa de los vientos.

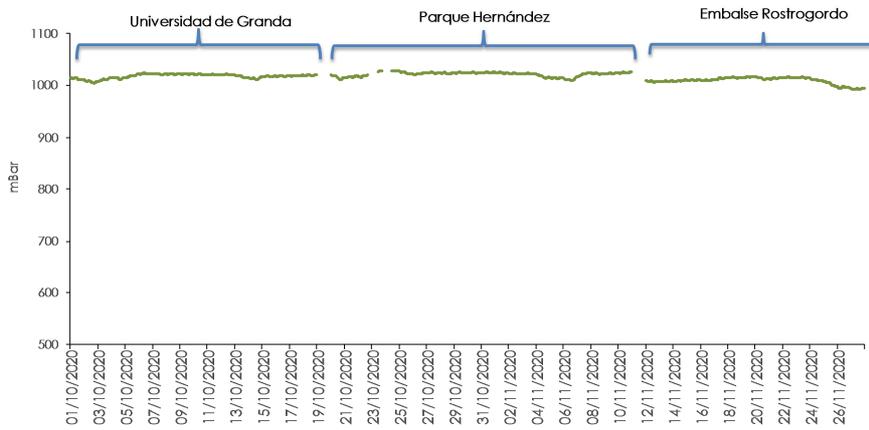
Medias horarias Temperatura



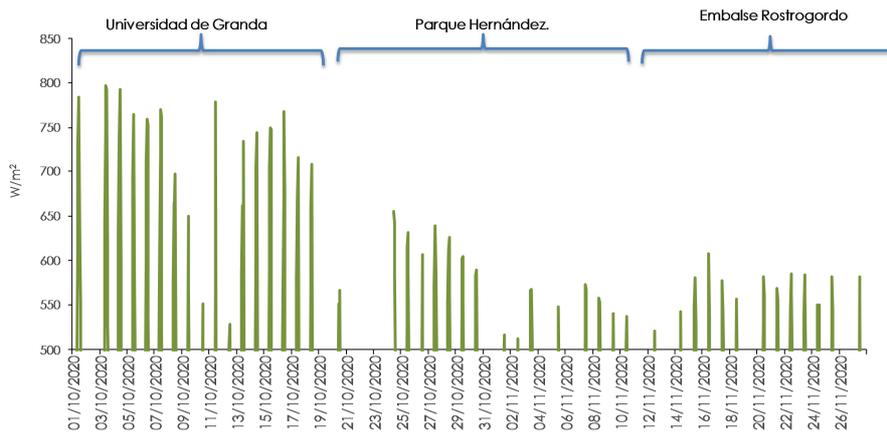
Medias horarias humedad



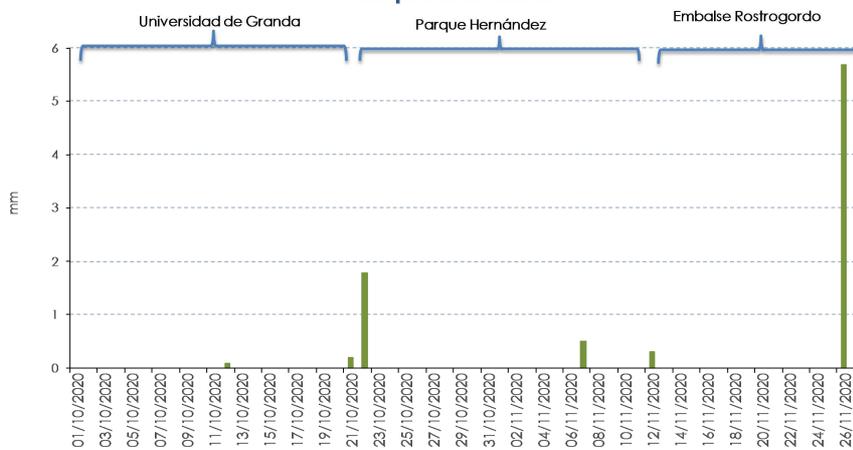
Medias horarias Presión



Medias horarias Radiación



Precipitación diaria



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 Noroeste, alcanzando valores máximos entre los 6 y 7,23 m/s.

Se ha registrado precipitación los días 12, 21 y 22 de octubre y 7, 12 y 26 de noviembre, con un máximo de 5,7mm., lo que puede calificarse como precipitación de intensidad moderada.

La temperatura registrada es similar a lo largo del periodo de campaña. La media obtenida durante estos días es de 19°C, alcanzado un máximo de 35°C el día 6 de noviembre y un mínimo de 8°C el día 28 de octubre.

La humedad se encuentra comprendida entre el 21 y el 93%, con un valor medio del 75%. El máximo se registró el día 14 de noviembre y el mínimo se registró el día 6 de noviembre, coincidiendo con la temperatura máxima.

La presión permanece estable durante todo el periodo de campaña, con un valor medio de 1016mmBar.

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 primera ubicación, Universidad de Granda y los mínimos en la ubicación del Embalse de Rostrogordo. Se ha alcanzado un valor máximo de 797 W/m² el día 3 de octubre.

PRIMERA UBICACIÓN: UNIVERSIDAD DE GRANDA. CAMPUS DE MELILLA.

En este apartado se muestran los resultados obtenidos durante la campaña realizada en Melilla con el Autobús de Calidad del Aire, entre los días 1 y 18 de octubre de 2020 en la primera ubicación, Universidad de Granada, campus de Melilla.

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 µg/m ³	PM2,5 µg/m ³	% DE PM2,5
01/10/2020	33	13	40%
02/10/2020	37	11	30%
03/10/2020	28	12	45%
04/10/2020	25	10	40%
05/10/2020	30	12	40%
06/10/2020	43	13	30%
07/10/2020	29	13	46%
08/10/2020	36	16	44%
09/10/2020	27	13	48%
10/10/2020	22	15	68%
11/10/2020	19	11	57%
12/10/2020	22	12	53%
13/10/2020	29	12	40%
14/10/2020	35	17	49%
15/10/2020	33	15	45%
16/10/2020		15	
17/10/2020		13	
18/10/2020		15	
Media	30	13	45%
Valor límite diario	50	-	
Valor límite anual	40	25	

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

El valor medio de partículas PM₁₀ y PM_{2,5} obtenido durante el periodo en estudio, con valores de 30 µg/m³ y 13 µg/m³ respectivamente, no alcanza el valor límite anual establecido por la legislación en 40 µg/m³ para las PM₁₀ y en 25 µg/m³ para las PM_{2,5}.

A sí mismo, durante el periodo en estudio no se produce ninguna superación del valor límite diario para las partículas PM₁₀, establecido por la legislación en 50 µg/m³.

La media diaria máxima de PM₁₀ se registró el día 6 de octubre con un valor de 43 µg/m³ mientras que la media diaria máxima de PM_{2,5} se alcanzó el día 14 de octubre con 17 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}.

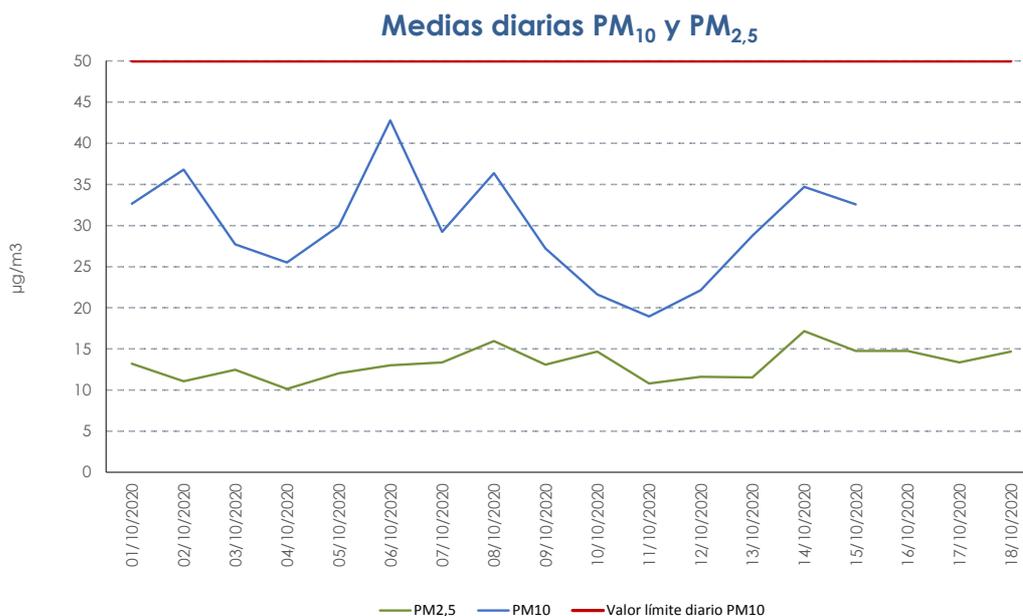


Gráfico 10: Concentraciones medias diarias de PM₁₀ y PM_{2,5}. Universidad de Granada.

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

Del 9 al día 13 de octubre, no se disponen de datos validos de NO₂ debido a una avería en el analizador. Dicha incidencia fue resuelta el día 13 de octubre.

La concentración horaria máxima de NO₂ registrada en la primera ubicación es de 66 µg/m³, obtenida el 8 de octubre. 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 la Universidad de Granda, Campus de Melilla, es de 11 µg/m³, alejada del valor límite anual.

Medias horarias NO₂

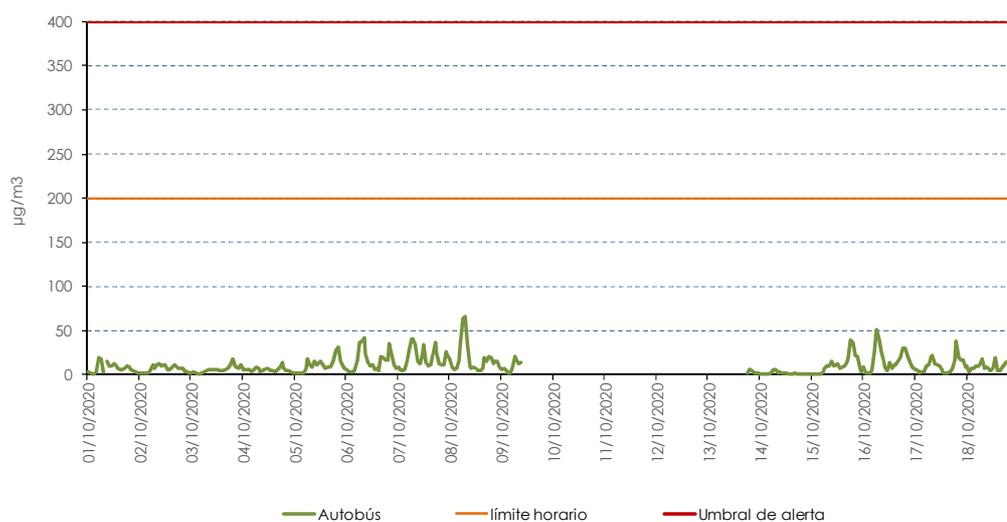


Gráfico 11. Concentraciones medias horarias de NO₂. Universidad de Granada. Campus Melilla.

Ozono (O₃). La máxima concentración horaria registrada es de 123 µg/m³ el día 18 de octubre, por tanto, no se produce ninguna superación del umbral de información a la población por ozono (180 µg/m³) y ni del umbral de alerta (240 µg/m³).

La media de las concentraciones horarias en la primera ubicación de la campaña es de 72 µg/m³.

Durante el periodo en estudio, tampoco se ha superado el valor objetivo a largo plazo establecido en 120 µg/m³ (máximo de las medias móviles octohorarias). El valor máximo octohorario se registró el día 18 de octubre, con un valor de 114 µg/m³.

En los siguientes gráficos se representan las concentraciones medias horarias de O₃ respecto al umbral de información a la población (180 µg/m³) y el umbral de alerta (240 µg/m³) y las concentraciones medias octohorarias respecto al valor objetivo para la protección de la salud humana (120 µg/m³).

Medias horarias O₃

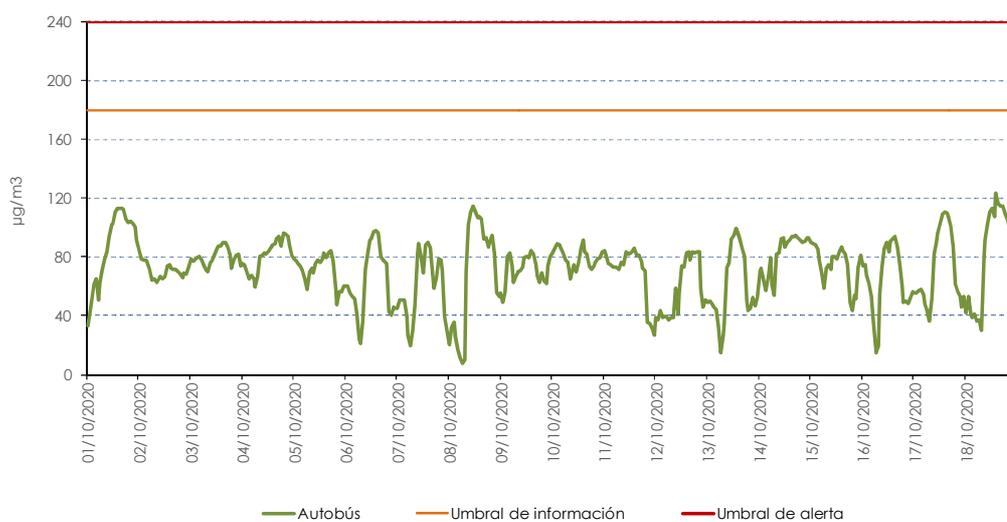


Gráfico 12. Concentraciones medias horarias de O₃. Universidad de Granada. Campus Melilla.

Medias octohorarias O₃

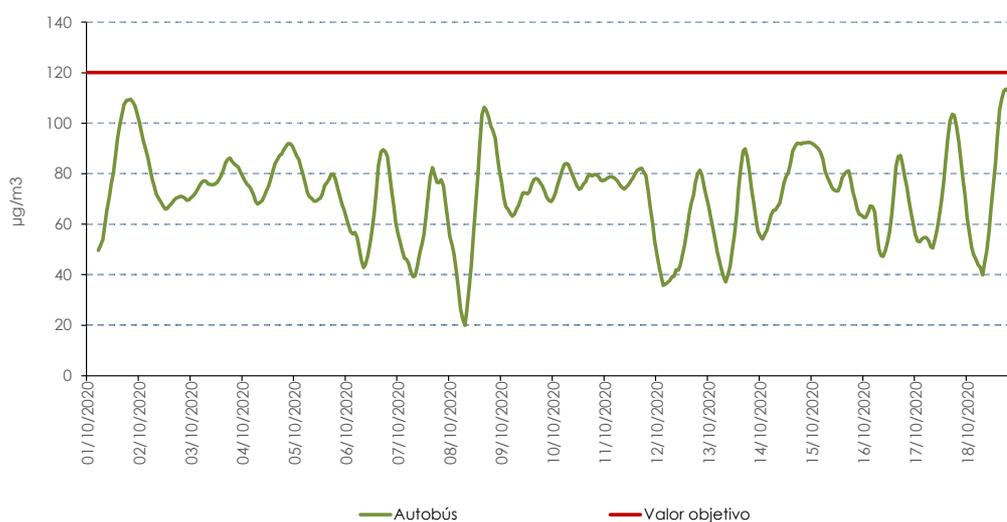


Gráfico 13. Concentraciones medias octohorarias de O₃. Universidad de Granada. Campus Melilla.

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.

No se ha registrado 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) establecidos para el SO₂. Los datos se encuentran muy alejados de dichos límites.

La máxima concentración horaria de SO₂ del periodo se alcanzó el día 8 de octubre con un valor de 9 µg/m³ y la máxima concentración diaria fue de 2 µg/m³, registrada el día 7 de octubre. El promedio resultante de la campaña es de 1 µg/m³.

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

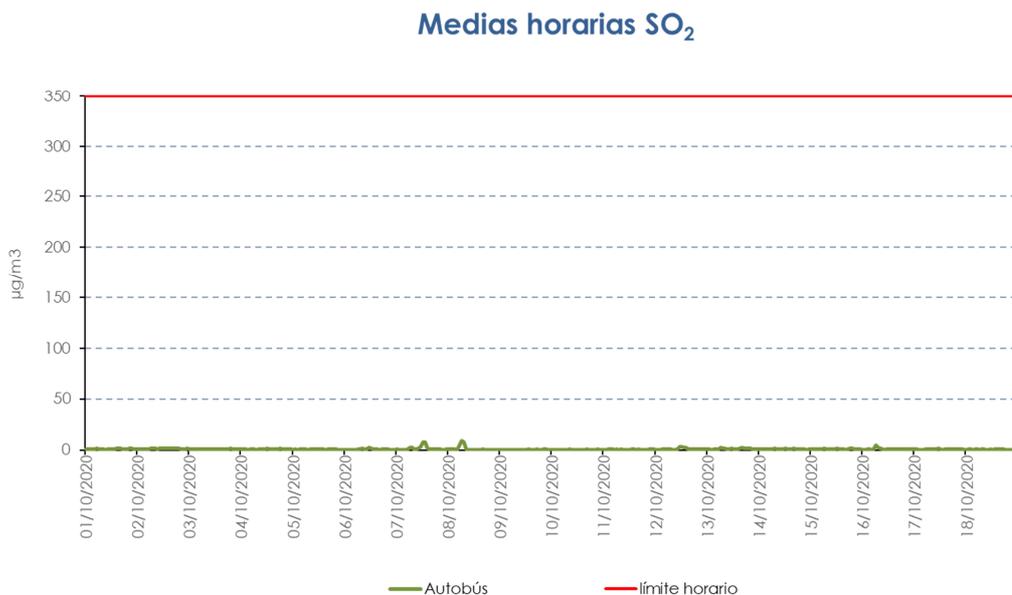


Gráfico 14. Concentraciones medias horarias de SO₂. Universidad de Granada. Campus Melilla.

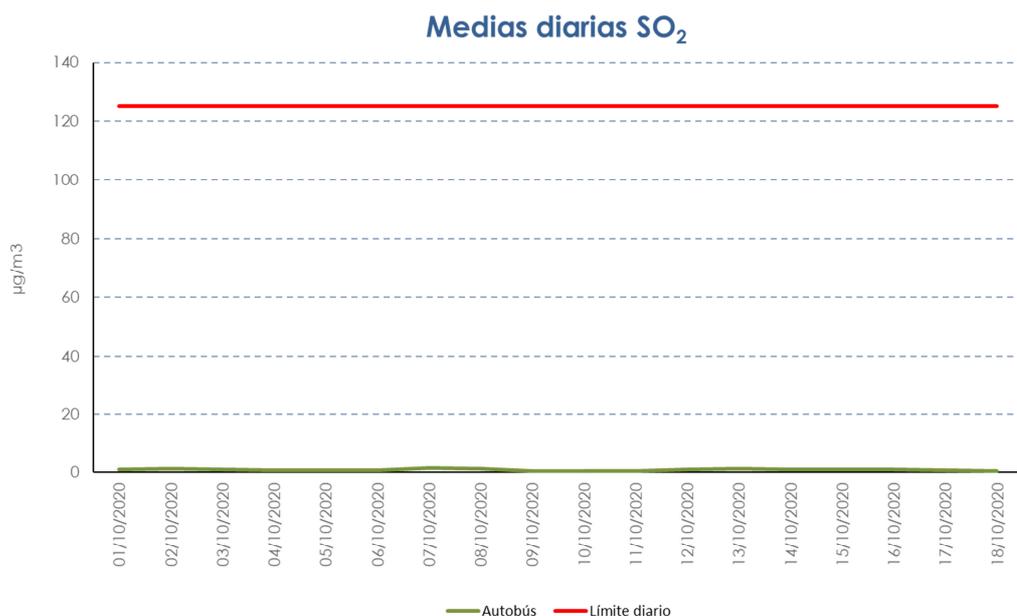


Gráfico 15. Concentraciones medias diarias de SO₂. Universidad de Granada. Campus Melilla.

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 2,3 µg/m³ obtenida el día 8 de octubre, la media horaria máxima es de 10,7 µg/m³ registrada el mismo día. El promedio de los valores de H₂S registrados en la primera ubicación es de 0,9 µg/m³.

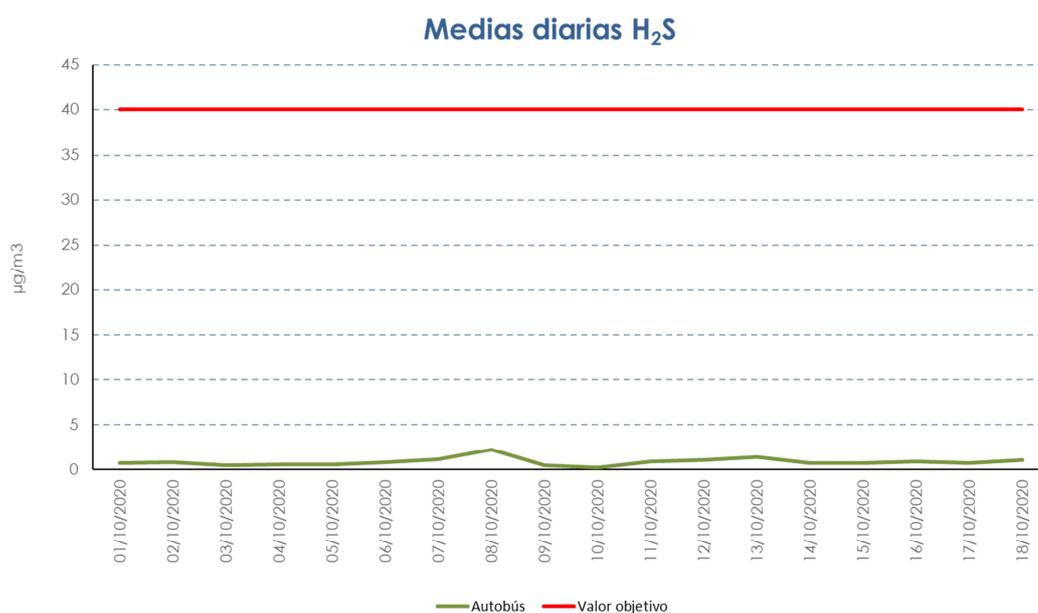


Gráfico 16. Concentraciones medias diarias de H₂S. Universidad de Granada. Campus Melilla.

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 el día 8 de octubre, con un valor de 0,7 mg/m³.

El promedio de los valores registrados durante la campaña es de 0,4 mg/m³.

En el siguiente gráfico se representa la evolución de las medias octohorarias de CO registradas del 1 al 18 de octubre en la Universidad de Granada, campus de Melilla, respecto al valor límite establecido por la legislación.

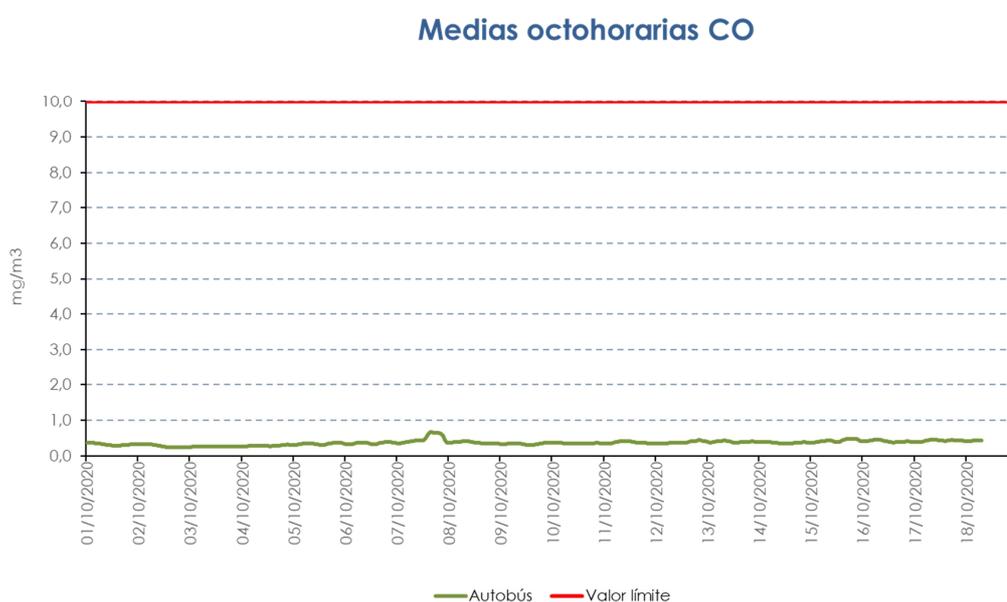


Gráfico 17. Concentraciones medias octohorarias de CO. Universidad de Granada. Campus Melilla.

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.D102/2011 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para el Plomo y en ng/m^3 , 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
01/10/2020	0,0032 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	3,43 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	0,38 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$
02/10/2020	<0,002 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	<1,81 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$
03/10/2020	<0,002 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	<1,78 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$
04/10/2020	<0,002 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	<1,78 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$
05/10/2020	<0,002 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	<1,78 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$
06/10/2020	0,0041 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	3,53 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	0,37 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,35 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$
07/10/2020	0,0051 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	8,15 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,35 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,35 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$
08/10/2020	0,0041 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	3,20 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$
09/10/2020	<0,002 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	3,16 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,35 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,35 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$
10/10/2020	0,0034 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	3,4 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$
11/10/2020	0,0030 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	2,5 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$
12/10/2020	0,0020 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	7,63 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$
13/10/2020	0,0060 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	3,2 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$
14/10/2020	0,0023 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	2,15 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$
15/10/2020	0,0023 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	2,31 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$	<0,36 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$
Media	0,004 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,88 ng/m^3	0,37 ng/m^3	<0,36 ng/m^3
Valor límite anual	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-
Valor objetivo	-	20 ng/m^3	6 ng/m^3	5 ng/m^3

Tabla 3: Resultados Metales. Universidad de Granada. Campus Melilla.

Los resultados analíticos de los metales analizados (Plomo, Cadmio, Arsénico y Níquel) durante la campaña, 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 Amoniacó. La concentración de Benceno y Amoniacó se obtiene de un capador pasivo instalado en la Universidad de Granda, Campus de Melilla del 1 al 19 de octubre.

La concentración de amoniacó obtenida es de 0,64 $\mu\text{g}/\text{día}$, esta concentración se encuentra por debajo del valor límite anual establecido por la legislación en 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En cuanto al benceno, no puede llevarse a cabo el análisis de la muestra, ya que el captador pasivo se cayó al suelo como consecuencia de una racha de viento.

Benceno	-
Amoniaco	0,64 μ g

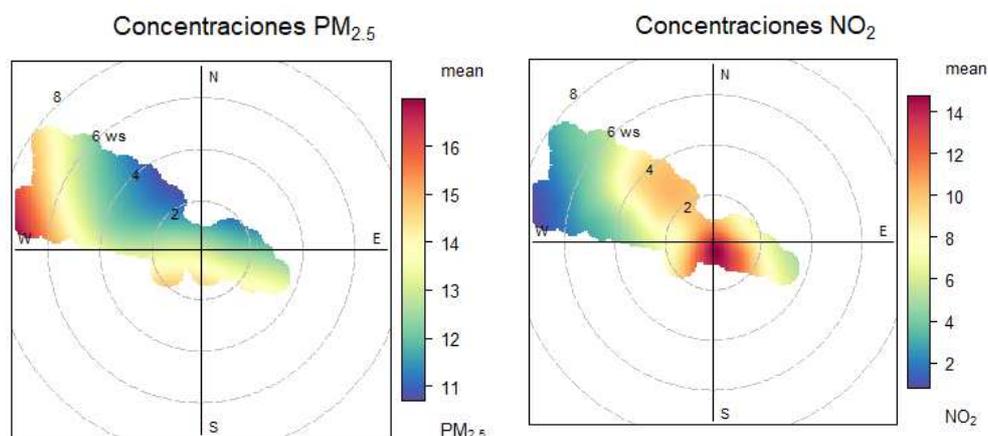
Tabla 4: Resultados Benceno y Amoniaco. Universidad de Granada. Campus Melilla.

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 1 al 18 de octubre de 2020 en la Universidad de Granada, Campus de Melilla.



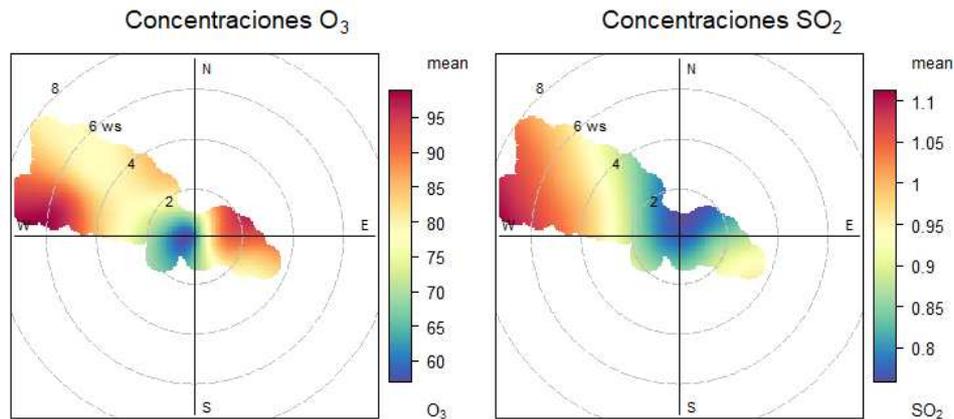


Gráfico 18. Gráficos Polares Universidad de Granada. Campus Melilla.

Las concentraciones de $PM_{2.5}$ y SO_2 más elevadas se registran con velocidades del viento superiores a 6 m/s y de componente principal Noroeste, en cambio, las mayores concentraciones de NO_2 se registran con velocidades del viento bajas (entre 0 y 2 m/s), es decir, en la zona de muestreo.

Esto supondría que las concentraciones más elevadas de $PM_{2.5}$ y SO_2 se originan principalmente al Oeste del punto de muestreo y son transportadas hasta el mismo. En esta dirección se encuentra la carretera de acceso a la Universidad y a su vez, puede observarse la presencia de un solar y el campo de golf de la ciudad, que pueden influir en las medidas de material particulado.

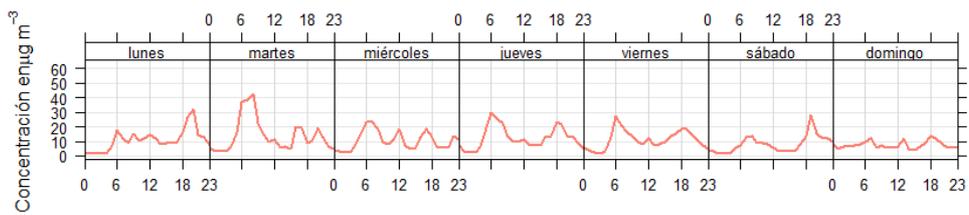
En cuanto al NO_2 , se genera principalmente en el punto de medida. Este contaminante puede proceder de la carretera que da acceso a la Universidad y del movimiento de vehículos en el interior de la misma, a su vez, próximo a la entrada de la Universidad se encuentra ubicado un parking, el cual, puede contribuir al aumento de las concentraciones de NO_2 en la zona.

En cuanto al ozono, las mayores concentraciones horarias se registran con velocidades del viento elevadas (entre 4 y 6 m/s), con una dirección predominante Oeste, y con velocidades del viento más bajas (entre 1 y 3 m/s) con dirección predominante Noroeste. Se puede concluir que la generación de O_3 no se produce en la ubicación de la estación.

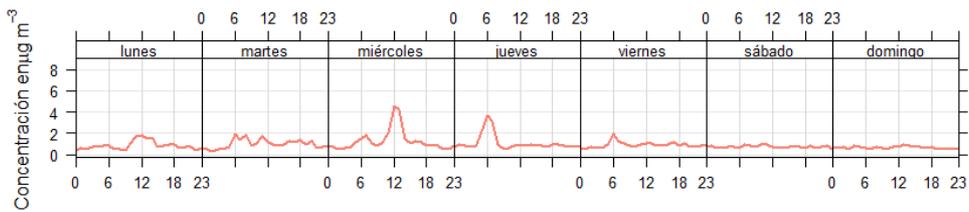
PM_{2.5}



NO₂



SO₂



O₃

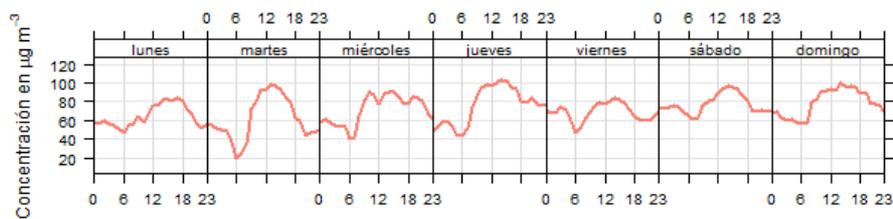


Gráfico 19. Gráficos de evolución temporal Universidad de Granda. Campus Melilla.

Se puede observar que las concentraciones más elevadas de NO₂ y SO₂ se registran en días laborables (de lunes a viernes) y principalmente en las horas punta, de 6:00 a 12:00 (hora solar) y a partir de las 17:00 (hora solar), por lo que se podría establecer una influencia del tráfico en las concentraciones de estos contaminantes.

En el caso de las concentraciones de $PM_{2,5}$, no se aprecia un cambio evidente entre las concentraciones registradas los días laborales y los fines de semana del periodo de muestreo, registrando una tendencia similar a lo largo de la semana. Se puede observar cómo 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 concluir que el tráfico también influye en las concentraciones registradas de $PM_{2,5}$, aunque en menor medida que en el caso de NO_2 y el SO_2 .

Como es habitual en el comportamiento del O_3 , 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 NO_2 son más elevadas.

SEGUNDA UBICACIÓN: PARQUE HERNÁNDEZ

La Unidad Móvil registró datos en la segunda ubicación, el recinto de Parque Hernández, entre los días 20 de octubre y 10 de noviembre. A continuación, se muestran los resultados.

Durante el periodo de campaña, los datos se han podido ver afectados por las obras que han tenido lugar en el recinto, en las proximidades de la Unidad Móvil.

Del 22 al 24 de octubre se produce un fallo de tensión.

Partículas en suspensión PM_{10} y $PM_{2,5}$, las medias diarias obtenidas en la segunda ubicación son las siguientes.

Fecha	PM10 µg/m3	PM2,5 µg/m3	% DE PM2,5
20/10/2020	45	11	25%
21/10/2020	45	21	46%
22/10/2020			
23/10/2020			
24/10/2020	39		
25/10/2020	12	10	80%
26/10/2020	21	15	73%
27/10/2020	31	10	32%
28/10/2020	23	16	69%
29/10/2020	27	13	48%
30/10/2020	25	16	65%
31/10/2020	27	17	63%
01/11/2020	25	23	91%
02/11/2020	27	20	73%
03/11/2020	28	12	44%
04/11/2020	25	15	59%
05/11/2020	31	24	79%
06/11/2020		38	
07/11/2020		16	
08/11/2020		12	
09/11/2020		11	
10/11/2020		13	
Media	29	16	61%
Valor límite diario	50	-	
Valor límite anual	40	25	

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

El valor medio de partículas PM₁₀ y PM_{2,5} obtenido en la segunda ubicación es de 29 y 16 µg/m³, alejado del valor límite anual establecido por la legislación en 40 µg/m³ para las PM₁₀ y en 25 µg/m³ para las PM_{2,5}.

Las concentraciones diarias de PM₁₀ no superan el valor límite diario (50 µg/m³). El valor máximo (45 µg/m³) se registra los días 20 y 21 de octubre, la media diaria máxima de PM_{2,5} se alcanza el día 6 de noviembre con 38 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}.

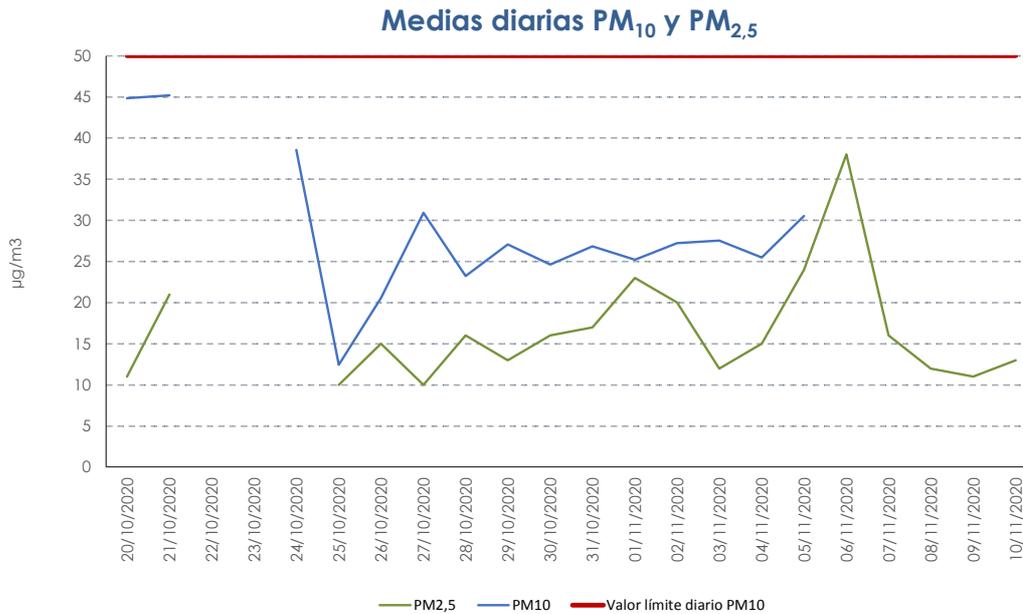


Gráfico 20: Concentraciones medias diarias de PM₁₀ y PM_{2.5}. Parque Hernández.

Óxido de Nitrógeno (NO₂), en el periodo en el cual la Unidad Móvil se encuentra instalada en el recinto de Parque Hernández, 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 los días 21 y 22 de octubre con un valor de 76 µg/m³. A su vez, la media de las concentraciones horarias de NO₂ registradas durante este periodo es de 9 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.

Medias horarias NO₂

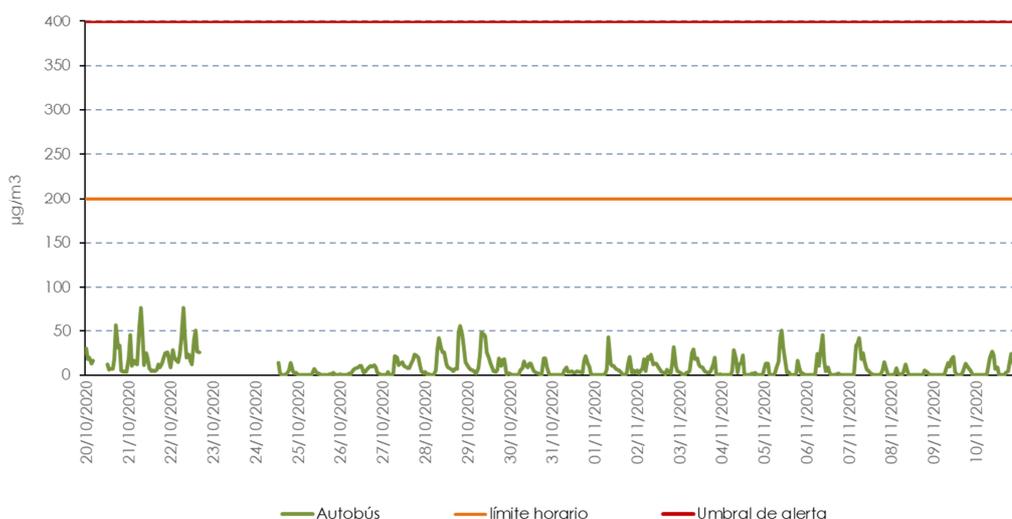


Gráfico 21. Concentraciones medias horarias de NO₂. Parque Hernández.

Ozono (O₃). Del 20 de octubre al 10 de noviembre no se registra ninguna superación del umbral de información (180 µg/m³), del umbral de alerta (240 µg/m³) ni del valor objetivo 120 µg/m³ (máximo de las medias móviles octohorarias).

La máxima concentración horaria se registró el día 20 de octubre y fue de 112 µg/m³. De igual forma, la máxima concentración octohoraria se registró el mismo día, con un valor de 97 µg/m³.

La media de las concentraciones horarias durante este periodo es de 37 µg/m³.

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

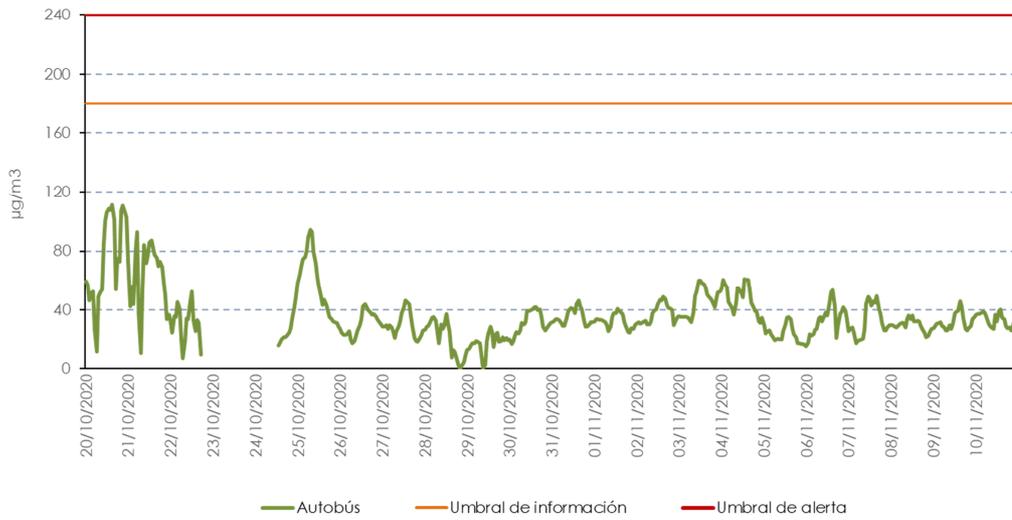


Gráfico 22. Concentraciones medias horarias de O₃. Parque Hernández.

Medias octohorarias O₃

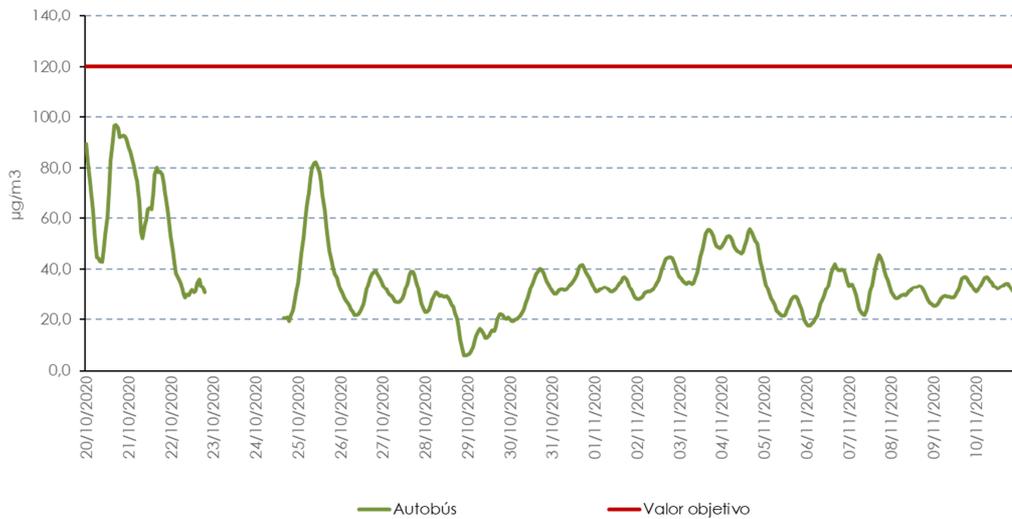


Gráfico 23. Concentraciones medias octohorarias de O₃. Parque Hernández.

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.

No se ha registrado ninguna superación del umbral de alerta de SO₂ (500 µg/m³, tres horas consecutivas), del valor límite horario (350 µg/m³), ni del valor límite diario (125 µg/m³). Además, los datos se encuentran muy alejados de dichos límites.

El día 6 de noviembre se registró la concentración máxima horaria de SO₂, con un valor de 15 µg/m³. La máxima concentración diaria se alcanzó el mismo día, con 3 µg/m³ y el promedio de este periodo es de 1 µg/m³.

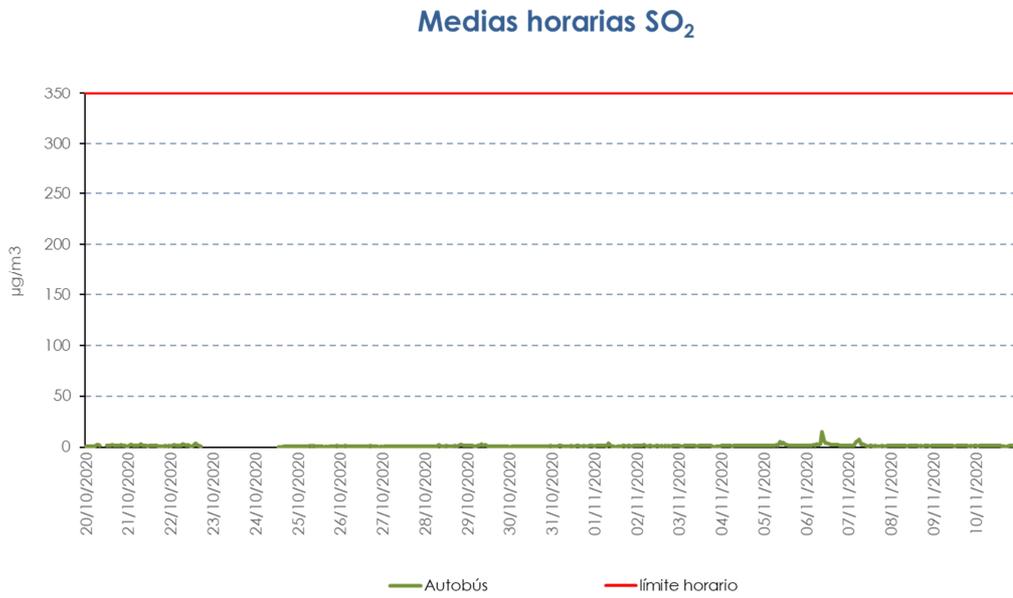


Gráfico 24. Concentraciones medias horarias de SO₂. Parque Hernández.

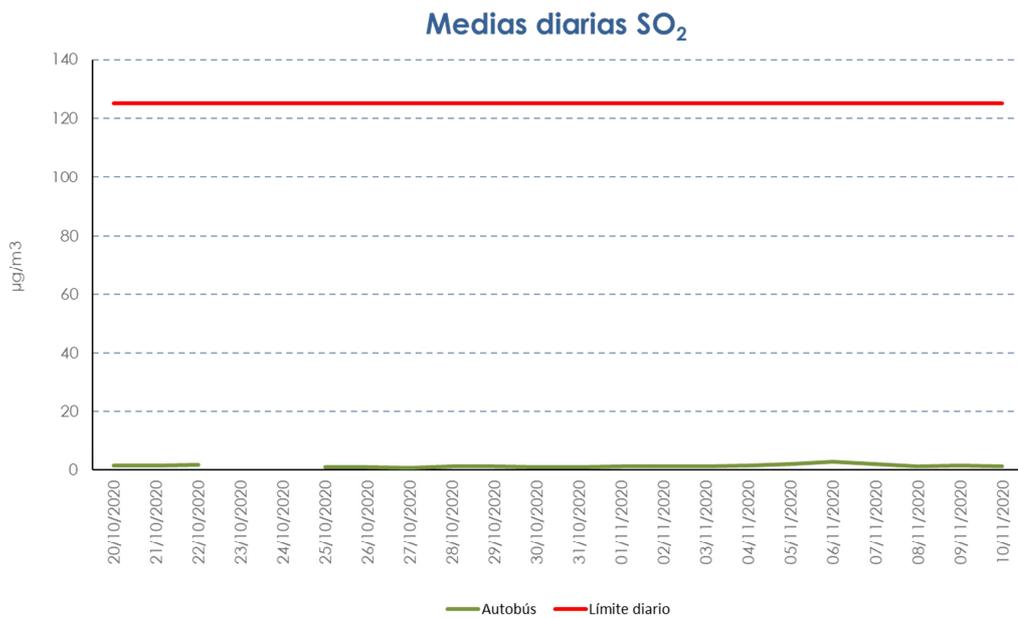


Gráfico 25. Concentraciones medias diarias de SO₂. Parque Hernández.

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 el día 22 de octubre. La máxima horaria se registró el día 6 de noviembre, con un valor de 11 µg/m³.

El promedio de los valores de H₂S registrados durante la campaña es de 1 µg/m³.

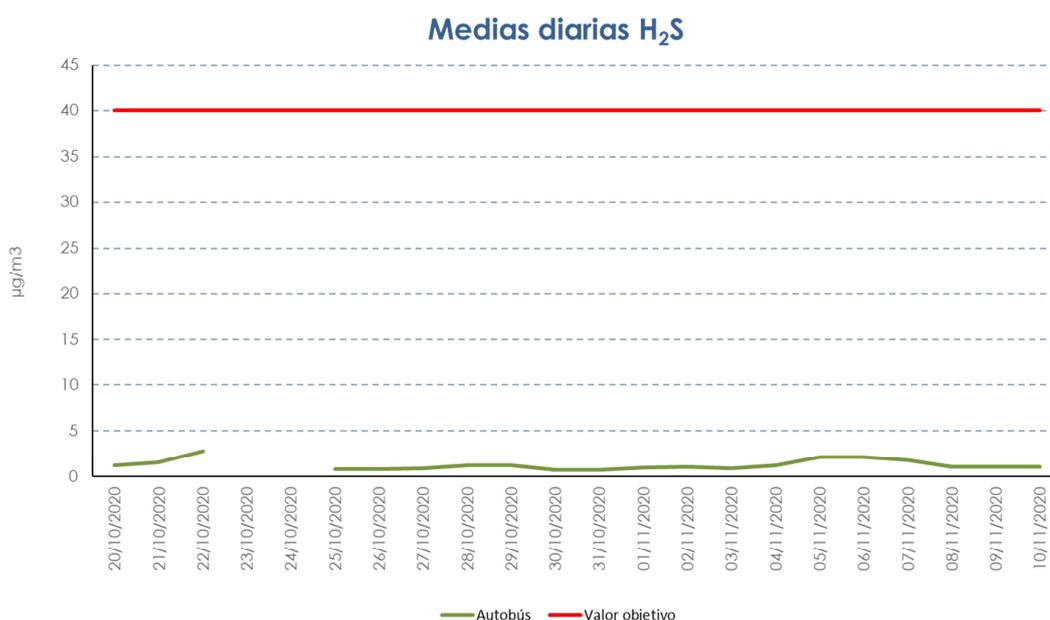


Gráfico 26. Concentraciones medias diarias de H₂S. Parque Hernández.

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 el día 25 de octubre, con 0,8 mg/m³.

El promedio de los valores registrados durante la campaña es de 0,3 mg/m³.

Medias octohorarias CO

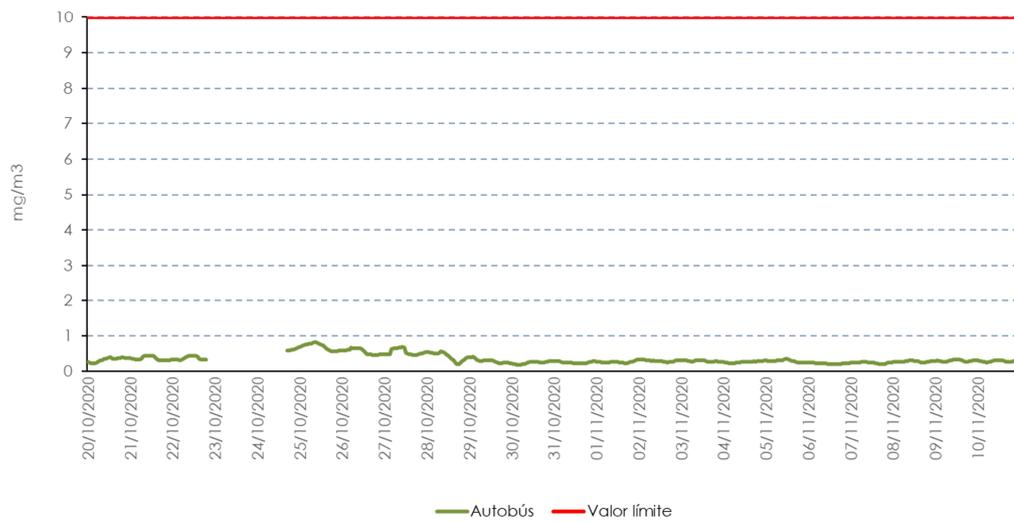


Gráfico 27. Concentraciones medias octohorarias de CO. Parque Hernández.

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
20/10/2020	0,034 µg/m ³ N	21,43 ng/m ³ N	0,61 ng/m ³ N	<0,36 ng/m ³ N
21/10/2020	0,013 µg/m ³ N	8,43 ng/m ³ N	0,65 ng/m ³ N	<0,36 ng/m ³ N
22/10/2020				
23/10/2020				
24/10/2020	0,007 µg/m ³ N	10,20 ng/m ³ N	0,55 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N
25/10/2020	0,008 µg/m ³ N	2,29 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N
26/10/2020	0,004 µg/m ³ N	<1,76 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N
27/10/2020	0,007 µg/m ³ N	2,49 ng/m ³ N	0,43 ng/m ³ N	<0,36 ng/m ³ N
28/10/2020	0,003 µg/m ³ N	2,10 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N
29/10/2020	0,007 µg/m ³ N	8,65 ng/m ³ N	0,46 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N
30/10/2020	0,020 µg/m ³ N	3,22 ng/m ³ N	0,39 ng/m ³ N	<0,36 ng/m ³ N
31/10/2020	0,011 µg/m ³ N	3,15 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N
01/11/2020	0,012 µg/m ³ N	7,02 ng/m ³ N	0,35 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N
02/11/2020	0,017 µg/m ³ N	7,55 ng/m ³ N	0,47 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N
03/11/2020	0,018 µg/m ³ N	5,66 ng/m ³ N	0,44 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N
04/11/2020	0,011 µg/m ³ N	5,17 ng/m ³ N	0,37 ng/m ³ N	<0,36 ng/m ³ N
05/11/2020	0,020 µg/m ³ N	18,01 ng/m ³ N	0,47 ng/m ³ N	<0,36 ng/m ³ N
Media	0,013 µg/m³	7,53 ng/m³	0,47 ng/m³	<0,35 ng/m³
Valor límite diario	0,5 µg/m ³	-	-	-
Valor límite anual	-	20 ng/m ³	6 ng/m ³	5 ng/m ³

Tabla 6: Resultados Metales. Parque Hernández.

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.

Cabe destacar que el día 20 de octubre se registran las concentraciones más altas de Plomo y Níquel, la concentración máxima de Arsénico se registra el día 2 de noviembre, con un valor de 0,99 ng/m³.

Benceno y Amoniaco. Las concentraciones de benceno y amoniaco obtenidas del captador pasivo instalado del 20 de octubre al 11 de noviembre en Parque Hernández son las siguientes.

Benceno	<2,0µg
Amoniaco	0,34 µg/día

Tabla 7: Resultados Benceno y Amoniaco. Parque Hernández.

La concentración de Benceno se encuentra por debajo del límite de cuantificación del laboratorio.

Respecto al amoniaco, la concentración es de 0,34 $\mu\text{g}/\text{día}$. Siendo inferior al valor límite anual establecido por la legislación en 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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, el recinto de Parque Hernández.

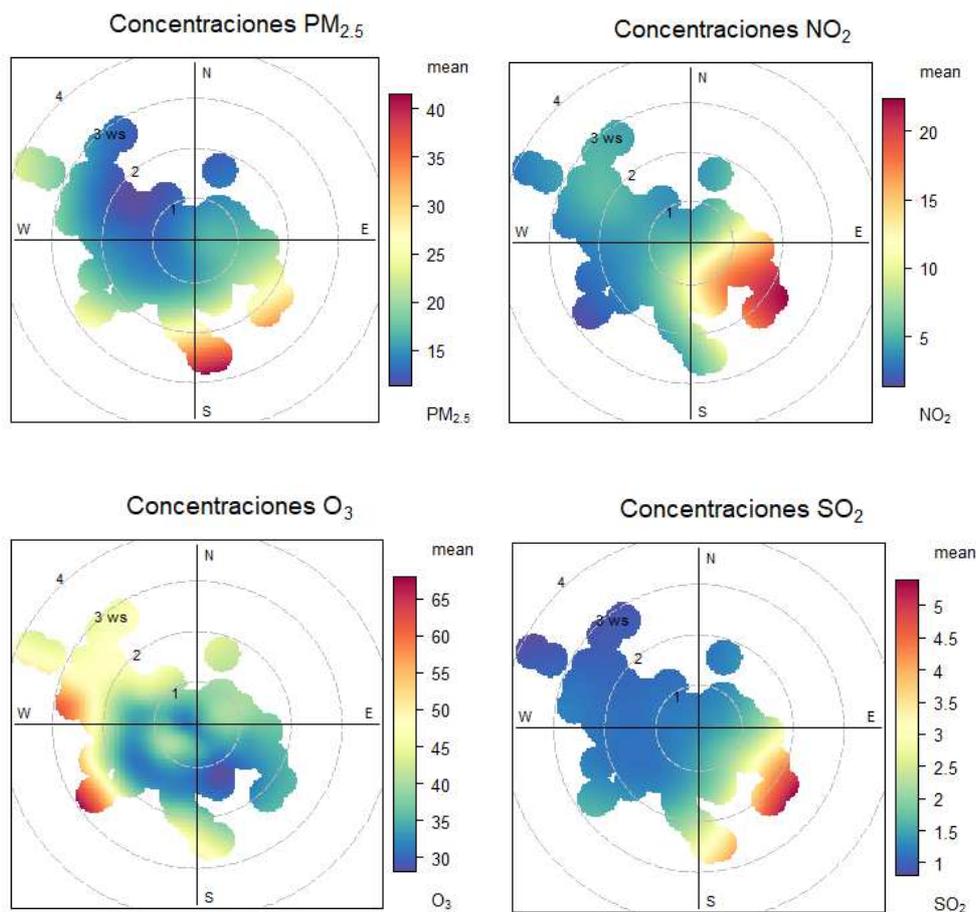


Gráfico 28. Gráficos Polares Parque Hernández.

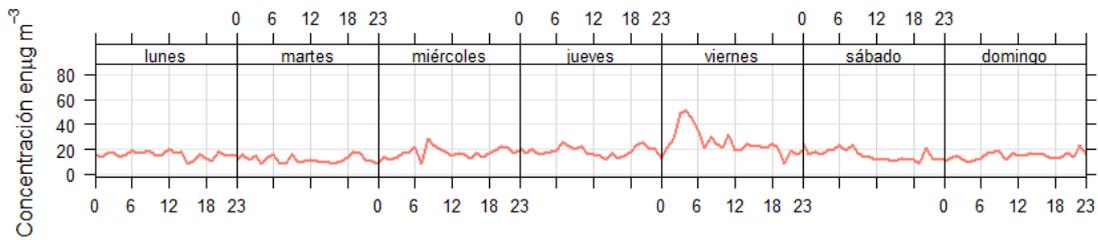
Las concentraciones más altas de $\text{PM}_{2.5}$, NO_2 y SO_2 en este periodo se obtienen con velocidades del viento comprendidas entre 1 y 3 m/s, con una dirección del viento predominante Sur- Sureste.

Esto supondría que las concentraciones más elevadas se generan en el entorno próximo al punto de medida.

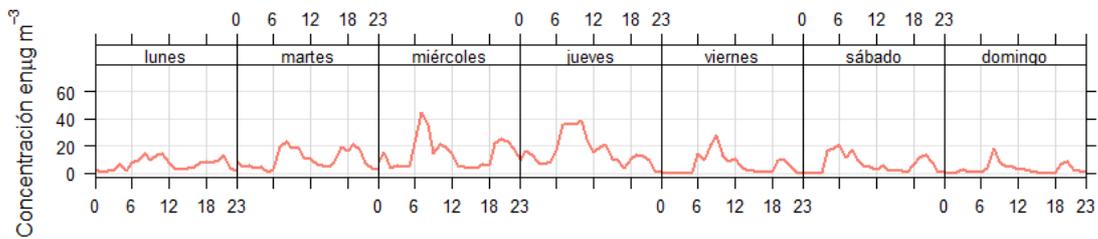
En esta dirección, a unos 250 m, se encuentra la Av. Marina española, una de las principales vías de tráfico de la ciudad, el Puerto y la central diesel de ENDESA.

Las mayores concentraciones horarias de ozono se obtienen con velocidades del viento próximas a 3 m/s y con una dirección predominante oeste-suroeste, por lo que la generación del ozono no se produce en las proximidades de la estación.

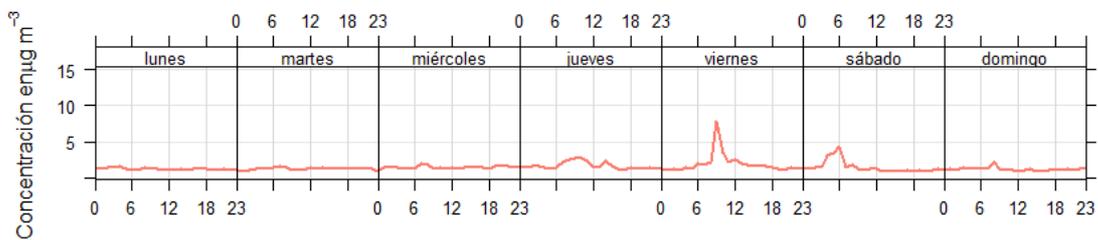
PM_{2,5}



NO₂



SO₂



O₃

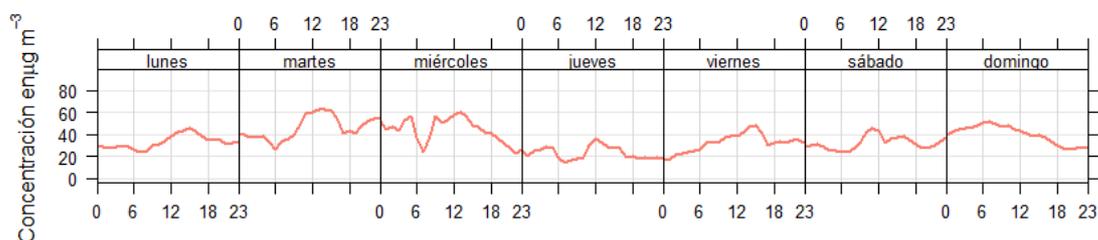


Gráfico 29. Gráficos de evolución temporal. Parque Hernández.

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.

En el caso del PM_{2,5}, no se aprecia una gran variación de las concentraciones los distintos días de la semana, ya sean laborables o festivos, ni las distintas horas del día. Las concentraciones permanecen estables en torno a 10-20 µg/m³, a excepción del viernes, este día entre las 0:00 y las 6:00 (hora solar) se alcanzan las mayores concentraciones de PM_{2,5}.

Las concentraciones más elevadas de NO₂ se registran los días laborables, principalmente miércoles y jueves, y coincidiendo con las horas punta, de 6:00 a 12:00 (hora solar) y a partir de las 18:00 (hora solar), por lo que puede observar la influencia del tráfico en las concentraciones de este contaminante. Del mismo modo, estas son las horas de mayor consumo energético, por lo que los datos pueden estar influenciados también por la actividad de la central diésel de ENDESA.

Las concentraciones medias de SO₂ permanecen en valores inferiores a 5 µg/m³ durante todos los días de la semana, excepto un pequeño repunte que se produce los viernes de 6:00 a 12:00 (hora solar), alcanzando las concentraciones máximas.

Por último, el O₃ registra las máximas concentraciones entre las 12:00 y las 18:00 (hora solar), como es habitual, ya que durante este periodo la radiación solar es superior. No se observa una gran variación entre días laborables y festivos, registrándose los valores más bajos los jueves, coincidiendo con las concentraciones de NO₂ más elevadas.

TERCERA UBICACIÓN: EMBALSE DE ROSTROGORDO.

La Unidad Móvil ha permanecido en la tercera ubicación, Embalse de Rostrogordo, del 12 al 27 de noviembre.

Los datos pueden verse afectados por el movimiento de material en el recinto en el cual se encuentra instalada la Unidad Móvil

Partículas en suspensión PM₁₀ y PM_{2,5}, las medias diarias obtenidas en el embalse de Rostrogordo son las siguientes:

Fecha	PM10 µg/m ³	PM2,5 µg/m ³	% DE PM2,5
12/11/2020	34	12	35%
13/11/2020	27	12	44%
14/11/2020	22	15	65%
15/11/2020	27	20	74%
16/11/2020	19	15	80%
17/11/2020	22	17	74%
18/11/2020	25	14	57%
19/11/2020	23	10	42%
20/11/2020	31	15	47%
21/11/2020	52	13	26%
22/11/2020	29	18	63%
23/11/2020	35	19	55%
24/11/2020	34	15	45%
25/11/2020	45	16	35%
26/11/2020	22	13	58%
27/11/2020		10	
Media	30	15	53%
Valor límite diario	50	-	
Valor límite anual	40	25	

Tabla 8: Concentraciones diarias PM₁₀ y PM_{2,5} Embalse de Rostrogordo.

El valor medio de PM₁₀ registrado en este periodo es de 30 µg/m³, inferior al valor límite anual establecido por la legislación (40 µg/m³).

Se ha de destacar que el día 21 de noviembre el PM₁₀ registra un valor medio diario de 52 µg/m³, por tanto, supera el valor límite diario para la protección de la salud establecido por la legislación en 50 µg/m³, este valor no podrá superarse en más de 35 ocasiones por año.

En cuanto al PM_{2,5}, el valor medio obtenido es de 15 µg/m³, inferior al valor límite anual establecido por la legislación (25 µg/m³). La media diaria máxima se alcanza el día 15 de noviembre con 20 µg/m³.

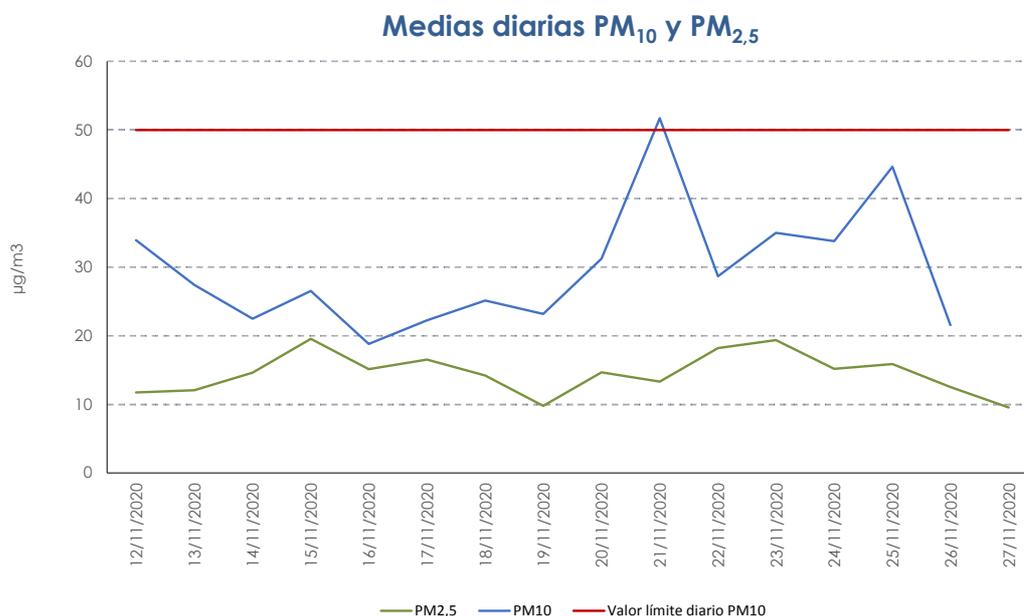


Gráfico 30. Concentraciones medias diarias de PM₁₀ y PM_{2,5} Embalse de Rostrogordo.

Óxido de Nitrógeno (NO₂), en el periodo en el cual la Unidad Móvil se encuentra instalada en el Embalse de Rostrogordo se ha registrado una máxima horaria de 49 µg/m³, el día 25 de noviembre. Por tanto, no se superan el valor límite horario (200 µg/m³) ni el umbral de alerta (400 µg/m³, tres horas consecutivas).

La media obtenida durante este periodo es de 8 µg/m³, muy alejada del valor límite anual (40 µg/m³).

Medias horarias NO₂

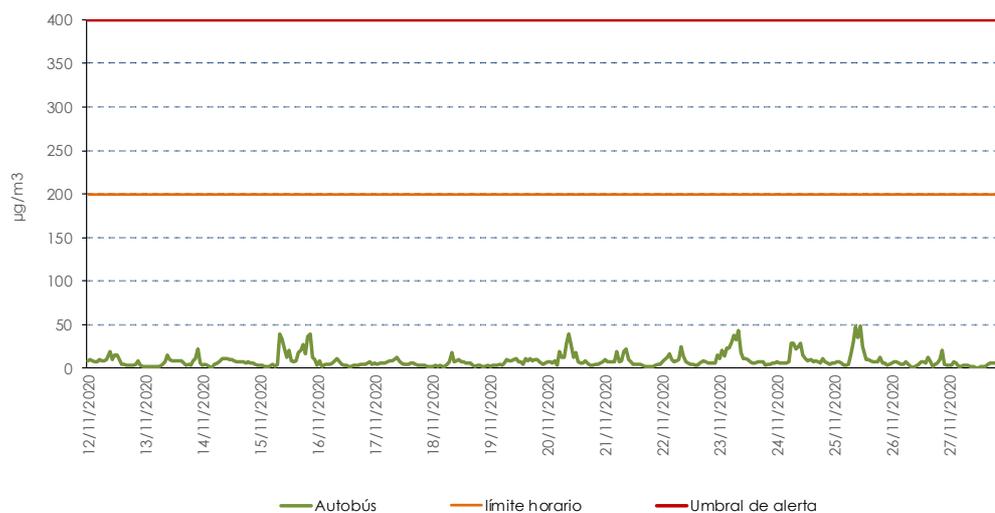


Gráfico 31. Concentraciones medias horarias de NO₂ Embalse Rostrogordo.

Ozono (O₃). No se registra ninguna superación del umbral de información (180 µg/m³), del umbral de alerta (240 µg/m³) ni del valor objetivo (120 µg/m³, máximo de las medias móviles octohorarias).

La máxima concentración horaria registrada es de 73 µg/m³, alcanzada el día 27 de noviembre. En cuanto a la máxima octohoraria se registró el mismo día, con un valor de 67 µg/m³.

La media de las concentraciones horarias es de 36 µg/m³.

Medias horarias O₃



Gráfico 32. Concentraciones medias horarias de O₃ Embalse Rostrogordo.

Medias octohorarias O₃



Gráfico 33. Concentraciones medias octohorarias de O₃. Embalse Rostrogordo.

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 noviembre. El día 27 de noviembre se registró la máxima concentración diaria, con 4 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.

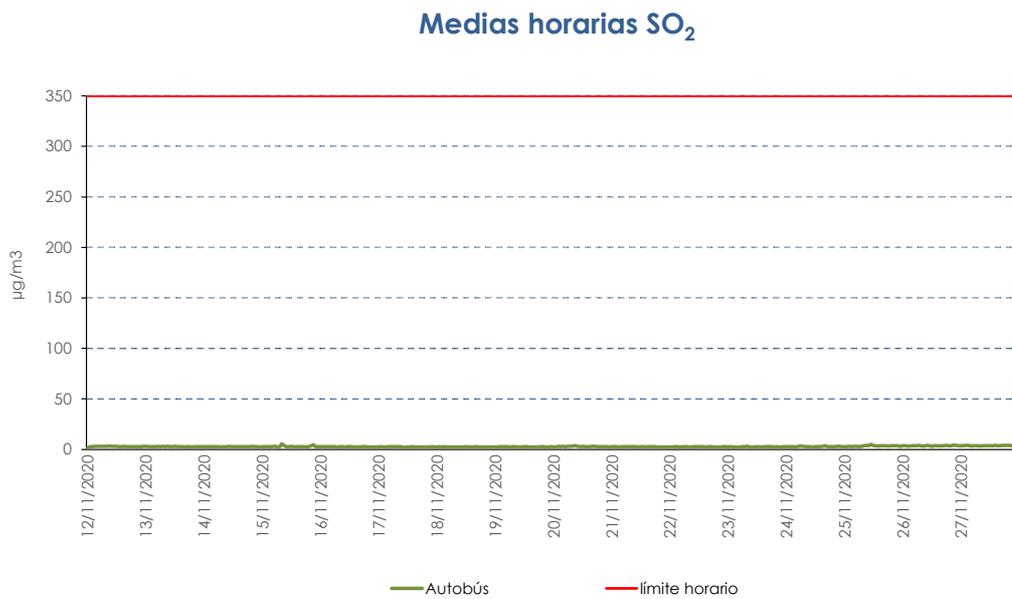


Gráfico 34. Concentraciones medias horarias de SO₂. Embalse Rostrogordo.

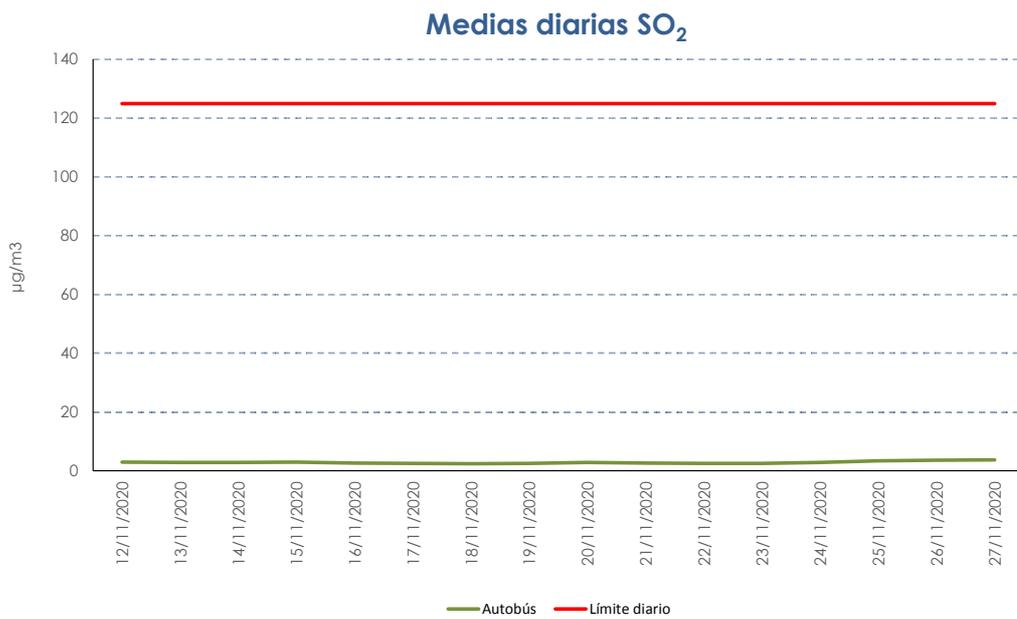


Gráfico 35. Concentraciones medias diarias de SO₂. Embalse Rostrogordo.

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 2,3 µg/m³ y se registró los días 25 y 26 de noviembre. La máxima horaria se registró el día 25 de noviembre con un valor de 4,8 µg/m³.

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

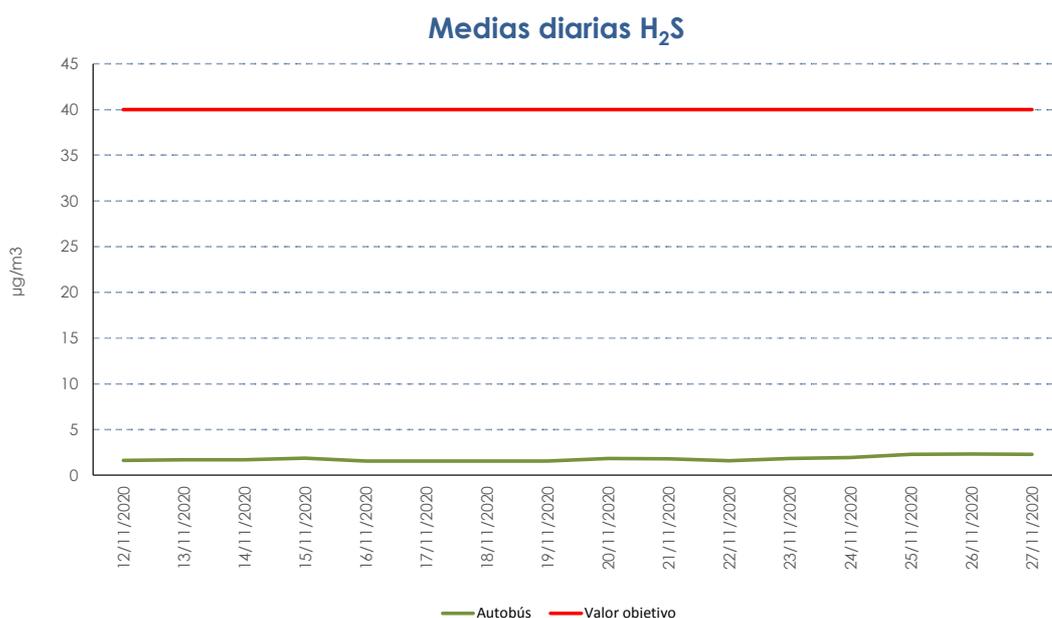


Gráfico 36. Concentraciones medias diarias de H₂S. Embalse Rostrogordo.

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 0,4 mg/m³ y la concentración octohoraria máxima se alcanzó el 14 de noviembre, con un valor de 0,6 mg/m³.

Medias octohorarias CO

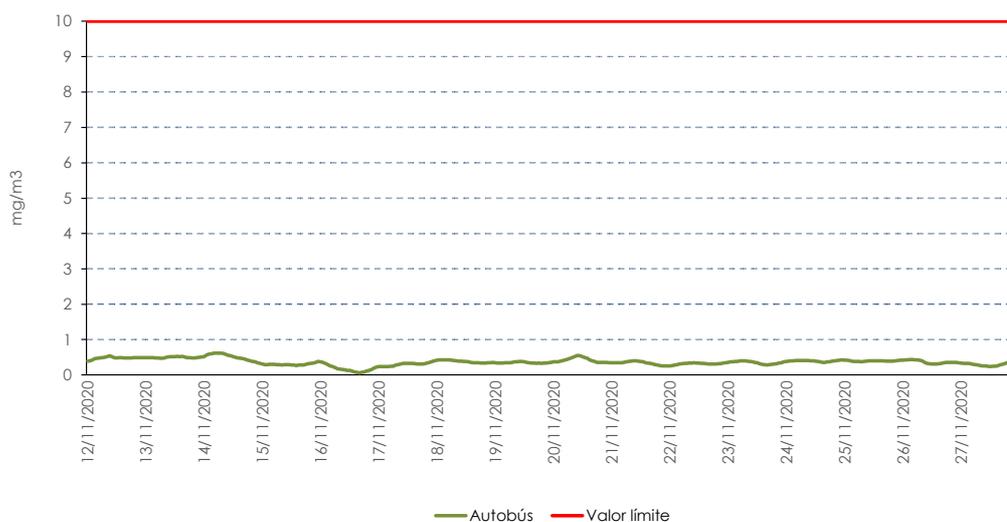


Gráfico 37. Concentraciones medias octohorarias de CO. Embalse Rostrogordo.

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

Las casillas marcadas 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
12/11/2020	0,0063 µg/m ³	3,04 ng/m ³ N	<0,50 µg filtro	<0,36 ng/m ³ N
13/11/2020	0,0073 µg/m ³	3,39 ng/m ³ N	<0,50 µg filtro	<0,36 ng/m ³ N
14/11/2020	0,0034 µg/m ³	3,03 ng/m ³ N	<0,50 µg filtro	<0,36 ng/m ³ N
15/11/2020	0,0125 µg/m ³	14,26 ng/m ³ N	0,50 ng/m ³ N	<0,36 ng/m ³ N
16/11/2020	0,0106 µg/m ³	2,83 ng/m ³ N	<0,49 µg filtro	<0,35 ng/m ³ N
17/11/2020	0,0178 µg/m ³	4,09 ng/m ³ N	<0,50 µg filtro	<0,36 ng/m ³ N
18/11/2020	0,0107 µg/m ³	3,20 ng/m ³ N	<0,50 µg filtro	<0,36 ng/m ³ N
19/11/2020	0,0060 µg/m ³	<1,77 ng/m ³ N	<0,50 µg filtro	<0,35 ng/m ³ N
20/11/2020	0,0126 µg/m ³	<1,80 ng/m ³ N	0,81 ng/m ³ N	<0,36 ng/m ³ N
21/11/2020	0,0124 µg/m ³	3,54 ng/m ³ N	0,88 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N
22/11/2020	0,0040 µg/m ³	2,46 ng/m ³ N	0,88 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N
23/11/2020	0,0070 µg/m ³	6,32 ng/m ³ N	1,05 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N
24/11/2020	0,0141 µg/m ³	5,27 ng/m ³ N	0,88 ng/m ³ N	<0,35 ng/m ³ N
25/11/2020	0,0267 µg/m ³	6,05 ng/m ³ N	0,71 ng/m ³ N	<0,36 ng/m ³ N
26/11/2020	0,0090 µg/m ³	3,41 ng/m ³ N	0,50 ng/m ³ N	<0,36 ng/m ³ N
Media	0,011 µg/m³	4,68 ng/m³	0,78 ng/m³	<0,36 ng/m³
Valor límite diario	0,5 µg/m ³	-	-	-
Valor límite anual	-	20 ng/m ³	6 ng/m ³	5 ng/m ³

Tabla 9: 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.

Se obtienen concentraciones de Arsénico inferiores al límite de cuantificación del laboratorio 8 de los 15 días de análisis. En el caso de del Cadmio, las concentraciones de todos los días de muestreo se encuentran por debajo de dicho límite.

Benceno y Amoniaco. Las concentraciones de benceno y amoniaco obtenidas del captador pasivo instalado del 12 al 26 de noviembre en el Embalse de Rostrogordo son las siguientes:

Benceno	<2,0µg
Amoniaco	< 5 µg

Tabla 10: Resultados Benceno y Amoniaco. Almacenes generales.

Ambas concentraciones se encuentran por debajo del límite de cuantificación del laboratorio.

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, Embalse de Rostrogordo.

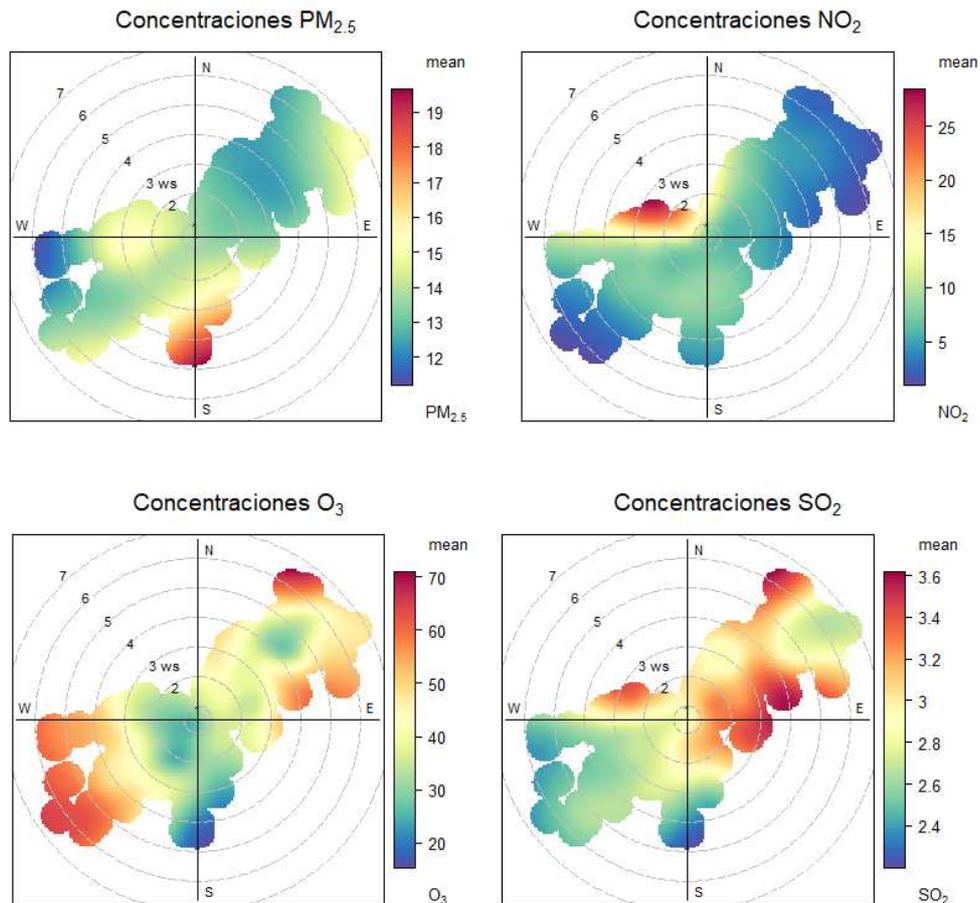


Gráfico 38. Gráficos Polares Embalse de Rostrogordo.

Las concentraciones de PM_{2.5} más elevadas se registran con velocidades del viento comprendidas entre 4 y 5 m/s de componente Sur. En esta dirección se encuentra una zona urbana así como un solar sin vegetación.

En cuanto al NO₂, las concentraciones más elevadas se registran con velocidades del viento bajas (entre 2 y 3 m/s) y dirección Noroeste, lo que significa que la contaminación proviene de un punto cercano al punto de muestreo. Estos valores

pueden estar originados por el movimiento de vehículos en el recinto en el cual se encuentra instalada la Unidad Móvil.

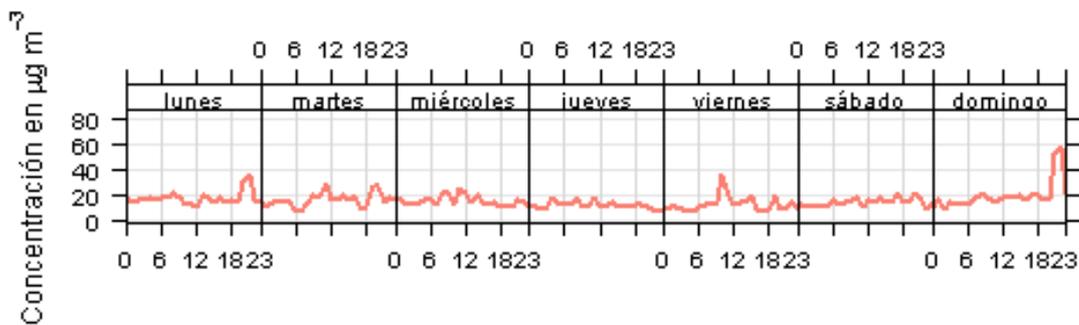
Durante el periodo de muestreo, las concentraciones más elevadas de SO₂ se han registrado con velocidades del viento más elevadas, comprendidas entre los 3 y los 7 m/s, con dirección del viento Noreste, lo que representa que no se origina en el punto de muestreo.

En esta dirección se encuentra ubicada la carretera perimetral ML300 y el Pinar de Rostrogordo, el cual consta de un pinar dividido por una gran explanada.

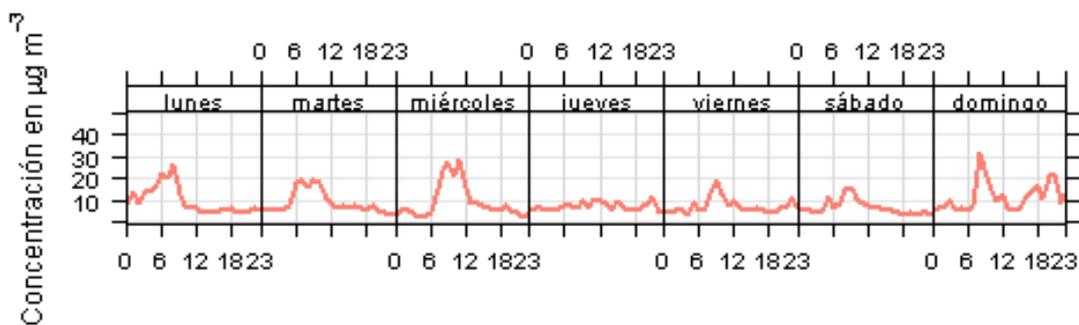
En esta dirección a unos 800 m se encuentra la Planta Desaladora de Agua de Mar de Melilla.

El ozono, como en las ubicaciones anteriores, no se origina en las proximidades de la estación. Se miden las concentraciones más altas con velocidades del viento entre 4 y 7 m/s y con vientos de componente Noreste y Suroeste principalmente.

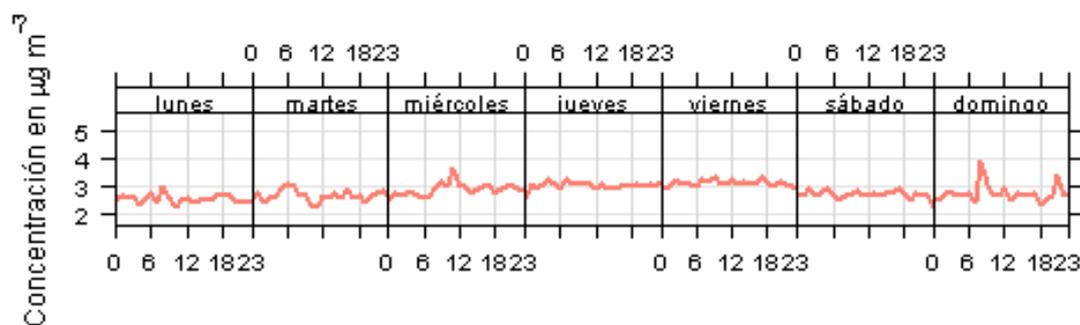
PM_{2.5}



NO₂



SO₂



O₃

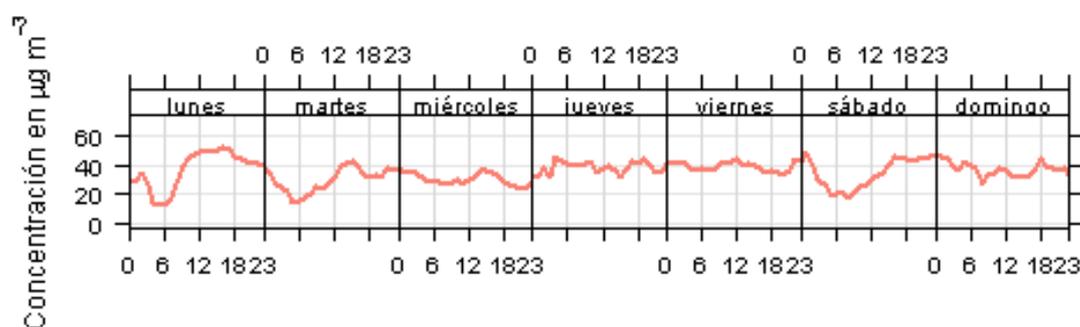


Gráfico 39. Gráficos de variación temporal. Embalse de Rostrogordo.

En el primer gráfico se encuentra representada la evolución temporal de las concentraciones de PM_{2.5} durante el periodo en estudio. Estas concentraciones permanecen estables en torno a 20 µg/m³. Cabe destacar los ascensos registrados las últimas horas los lunes y domingos, así como entre las 6:00 y las 12:00 (hora solar) los viernes.

En las gráficas de NO₂ y SO₂ se observa cómo se registran las concentraciones más elevadas de contaminación las horas comprendidas entre las 6:00 y las 12:00 (hora solar), destacando principalmente los lunes, martes, miércoles y domingo. Esta tendencia se ve con mayor claridad en el caso del NO₂.

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

3.4 APOORTE 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.

Según el modelo SKIRON, del 19 al 22 de octubre y del 5 al 8, el 13, el 16, del 18 al 19 y el 26 de noviembre, el transporte de masas de aire africano puede haber afectado a las concentraciones de partículas registradas en la región Sureste peninsular. Por tanto, las concentraciones de partículas registradas durante estos días pueden estar influenciadas por el aporte natural de partículas de origen africano.

Se incluye un mapa con las concentraciones de polvo (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) predichas por el modelo SKIRON para el día 20 de octubre de 2020 a las 00 UTC y a las 12 UTC.

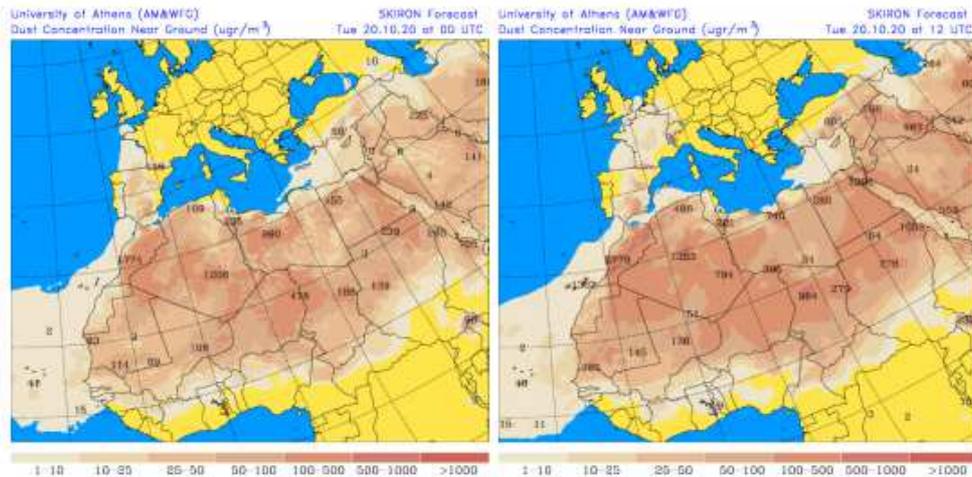


Imagen 7. Concentración de polvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) predicha por el modelo SKIRON para el 20 de octubre de 2020, a las 00UT y 12UTC. Universidad de Atenas.

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

Universidad de Granada. Campus Melilla.

El periodo en el que se llevaron a cabo las medidas en esta ubicación, del 1 al 18 de octubre, se registra un total de 0,1 mm de precipitación el día 12 de octubre, la humedad se encuentra comprendida entre el 47% y el 90% y se registran temperaturas máximas en torno a 24-25°C y mínimas de 14-16°C. La velocidad del viento alcanza los 7,23 m/s con una dirección predominante Noroeste.

Las concentraciones diarias más bajas de partículas PM₁₀ y PM_{2,5} se registran los primeros días de muestreo, así como los días 11 y 12. El día 12 se registra precipitación lo que favorece la dispersión de la contaminación presente en la atmósfera.

Como puede observarse en las gráficas de evolución de los contaminantes, las concentraciones de NO₂, SO₂, H₂S y CO registradas durante la campaña son bajas y alejados de los valores límites y objetivos establecidos por la legislación vigente.

En cuanto al O₃, las concentraciones horarias obtenidas son similares a lo largo del periodo en estudio, e inferiores a 120 µg/m³. Se registran los valores más estables coincidiendo con los días de menor amplitud térmica y en los que la radiación solar es menor, factor determinante para la formación de este contaminante.

En esta ubicación, no se registra la 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.

Los mayores niveles de contaminación de PM_{2,5} y SO₂ se registran con velocidades del viento superiores a 6 m/s y de componente Noreste. En esta dirección se encuentra la carretera de acceso a la Universidad, un solar y el campo de golf.

En el caso del NO₂, las mayores concentraciones se registran con velocidades del viento bajas, es decir, en la zona de muestreo. Estas concentraciones pueden

proceder de la carretera de acceso a la Universidad y del movimiento de vehículos en el interior de la misma, a su vez, próxima a la entrada de la Universidad se encuentra ubicado un parking.

Del mismo modo, las concentraciones más elevadas de NO₂ y SO₂ se registran días laborables (de lunes a viernes) en las horas punta, cuando se producen más desplazamientos en coche y en las horas de mayor consumo energético.

En el caso del PM_{2,5}, no se aprecia un cambio evidente entre las concentraciones registradas los días laborables y los fines de semana, sin embargo, si se observa un ligero repunte de las concentraciones en las horas punta.

Parque Hernández.

La Unidad Móvil se encuentra instalada en el recinto de Parque Hernández del 20 de octubre al 10 de noviembre.

Los primeros días de muestreo, hasta el día 29 de octubre, se registran las temperaturas más bajas de la campaña, alcanzando el mínimo el día 28 de octubre con un valor de 8°C. Sin embargo, se registran los valores de radiación más altos de esta ubicación.

Los días 21 y 22 de octubre se registra 2 mm y el día 7 de noviembre se registra 0,5 mm de precipitación. Estos días, como es habitual, se registran valores elevados de humedad.

Indicar que el día 6 de noviembre se mide la temperatura máxima de la campaña, alcanzando los 35°C, coincidiendo con el mínimo de humedad.

La velocidad del viento en este periodo es baja, comprendida entre los 0 y los 3,72 m/s, con dirección variable.

Las concentraciones de contaminación más elevadas se registran los primeros días de muestreo, excepto para el PM_{2,5} y el SO₂ que alcanzan la concentración máxima el día 6 de noviembre. Estos datos pueden estar influenciados por las obras que tienen lugar en las proximidades de la estación, aun así, no se ha producido ninguna superación de los valores límite, umbrales de alerta e información ni valores objetivo establecidos en la legislación y los valores obtenidos se encuentran alejados de los mismos.

Indicar que las concentraciones más altas de PM_{2,5}, NO₂ y SO₂ se obtienen con velocidades del viento bajas (entre 1 y 3 m/s) y con una dirección del viento de componente Sur-Sureste. Así mismo, destacan las concentraciones registradas los días

laborables y las horas en punto. En esta dirección, a unos 250m, se encuentra la Av. Marina Española, unas de las principales vías de tráfico de la ciudad, el puerto y la central diésel de ENDESA.

Embalse de Rostrogordo.

La Unidad Móvil ha registrado datos en esta ubicación del 12 al 27 de noviembre.

Durante los primeros días del periodo en análisis, se registran los valores más altos de temperatura y con mayor amplitud térmica entre el día y la noche, con máximos de hasta 25°C y mínimos de hasta 16°C. A partir del día 20 de noviembre, tanto las máximas como las mínimas experimentan un ligero descenso, registrando valores comprendidos entre 12 y 19°C.

La radiación solar registrada es similar a lo largo de todo el periodo de muestreo y la humedad registra valores comprendidos entre el 93% y el 54%, obteniendo los valores más elevados del 12 al 15 de noviembre. La humedad mínima se alcanza los días 16 y 22 de noviembre.

Los días 12 y 26 de noviembre se registra precipitación, 0,3 y 5,7 mm respectivamente.

La velocidad del viento obtenida en este periodo alcanza los 6,63 m/s y las direcciones del viento predominantes son Este, Noreste y Suroeste.

Durante este periodo se produce una superación del valor límite diario de PM₁₀ (establecido en 50 µg/m³) el día 21 de noviembre, alcanzando un valor de 52 µg/m³.

Las concentraciones de NO₂ más elevadas se registran con velocidades del viento bajas, entre 2 y 3 m/s, y con componente Noroeste. En las gráficas puede observarse que aumenta a las horas punta, principalmente lunes, martes, miércoles y domingo. La contaminación proviene de un punto cercano al punto de muestreo. Estos datos pueden estar originados por el movimiento de vehículos en el recinto en el cual se encuentra instalada la Unidad Móvil.

En el caso del PM_{2,5} las concentraciones más elevadas se obtienen con velocidades del viento comprendidas entre 4 y 5 m/s. En la gráfica de evolución puede observarse como las concentraciones permanecen estables en torno a 20 µg/m³ con ligeros ascensos de las horas punta los lunes, viernes y domingos.

Las concentraciones de SO₂ más elevadas se obtienen con velocidades del viento comprendidas entre 3 y 7 m/s y con dirección del viento de componente Noroeste. En esta dirección, se encuentra la carretera perimetral ML300 y el Pinar de Rostrogordo.

En este caso, al igual que en el NO₂ se registran repuntes en las horas punta, principalmente de domingo a miércoles.

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
Universidad Granada	30	13	11	72	1	0,9	0,4
Parque Hernández	29	16	9	37	1	1,3	0,3
Embalse Rostrogordo	30	15	8	36	3	2	0,4

Ubicación	Plomo µg/m ³	Niquel ng/m ³	Arsénico ng/m ³	Cadmio µg/m ³	Benceno µg/m ³	Amoniaco µg/día
Universidad Granada	0,004	3,88	0,37	<0,36	-	0,64
Parque Hernández	0,013	7,53	0,47	<0,35	<2	0,34
Embalse Rostrogordo	0,011	4,68	0,78	<0,36	<2	<5

Tabla 11. Comparativa concentraciones 3 ubicaciones.

En la tabla anterior puede observarse que se han registrado concentraciones de PM₁₀ y PM_{2,5} similares a lo largo de todo el periodo en estudio, y en las 3 ubicaciones seleccionadas. Se ha de destacar que se ha producido una superación del valor límite diario de PM₁₀ (50 µg/m³), en la tercera ubicación, Embalse de Rostrogordo, el día 21 de noviembre.

En cuanto a las concentraciones de NO₂ en el primer punto (Universidad de Granada) han obtenido una media ligeramente superior al resto de ubicaciones.

A su vez, en la primera ubicación (Universidad de Granada) se obtiene la concentración media de O₃ más elevada. En el segundo y tercer punto de medida correspondientes a Parque Hernández y Embalse de Rostrogordo, se obtienen medias similares respecto a este contaminante.

En cuanto a las concentraciones de SO₂ y H₂S son ligeramente superiores en el Embalse de Rostrogordo.

El resto de contaminantes registran valores muy por debajo de los valores límites establecidos por la legislación y 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 2005, 2013 y 2019. A la hora de comparar los datos obtenidos en las campañas anteriores con la realizada en el año 2020 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 de 2019 se ha realizado en invierno y las de 2013 y 2020 se han realizado en otoño, por tanto, las condiciones meteorológicas son diferentes entre las distintas campañas.
- Las ubicaciones de la última campaña difieren ligeramente de las anteriores. La unidad móvil se instaló en el embalse de Rostrogordo, en lugar del Fuerte de Rostrogordo, y en lugar de Almacenes Generales o Aeropuerto, en el último año se registró la calidad del aire en la Universidad de Granda.
- 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, por tanto, se han obtenido datos de calidad del aire un total de 57 días.

Por último, en el año 2020 se han obtenido datos de un total de 56 días, 18 días en la Universidad de Granda, 22 días en parque Hernández y 16 días en el Embalse de Rostrogordo.

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

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

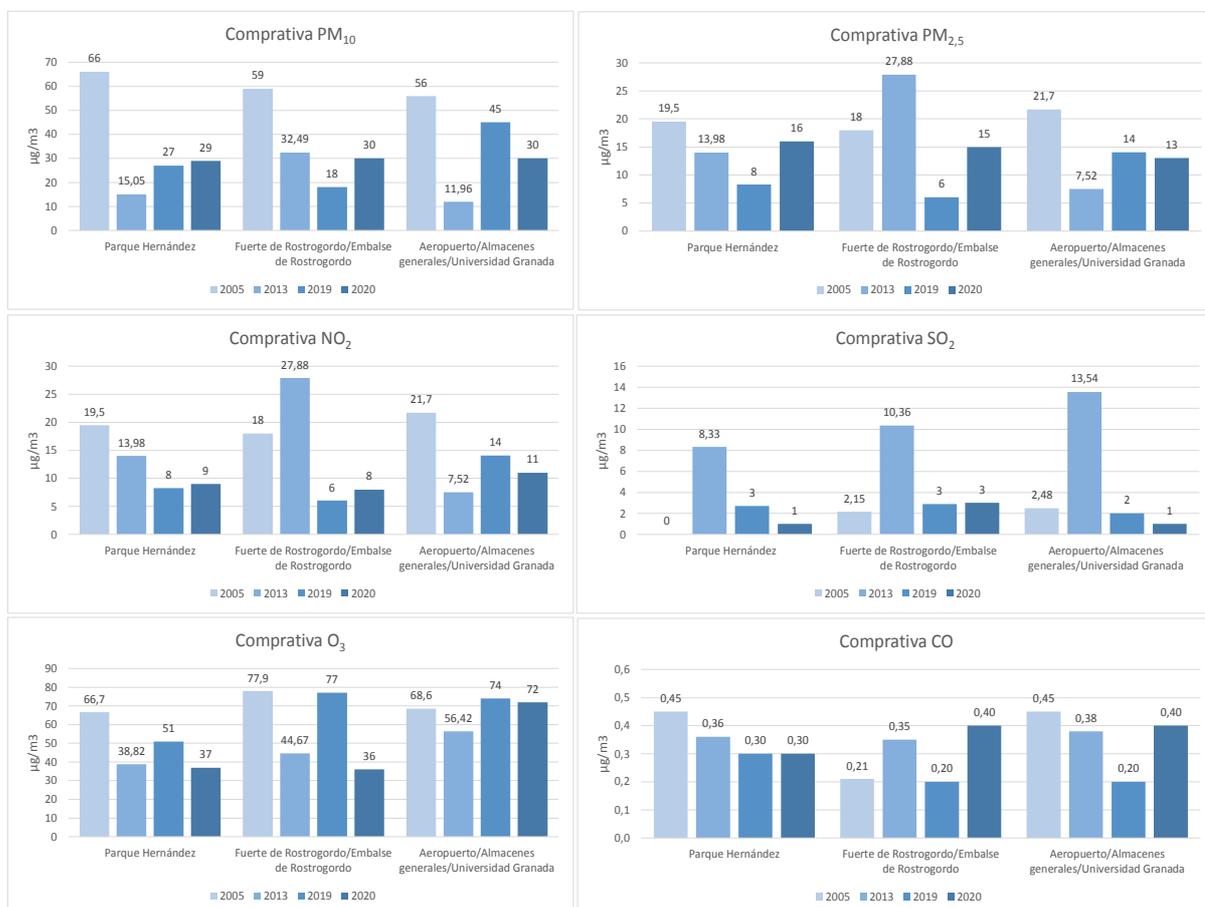


Gráfico 40. Comparativa de las medias registradas en distintos años.

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.

-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). 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 incorpora 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.

Destacar que en la campaña realizada en el año 2013 se registran valores medios diarios de PM_{10} superiores a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (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 2019 en Almacenes generales y en el año 2020 en el Embalse de Rostrogordo.

- $PM_{2.5}$. El valor límite anual establecido para este contaminante es de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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 incorpora a título informativo.

El valor de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sólo se supera en la segunda ubicación, Fuerte de Rostrogordo, de la campaña de 2013.

Destacar que en el año 2020 las medias de $PM_{2.5}$ han experimentado un notable ascenso respecto a las registradas en año anterior, en las ubicaciones de Parque Hernández y Fuerte/Embalase de Rostrogordo.

- NO_2 . Las concentraciones de NO_2 más elevadas se obtienen en Rostrogordo en el año 2013, seguida de las concentraciones obtenidas en el año 2005.

Por regla general, las concentraciones más elevadas se han obtenido en Almacenes generales/Aeropuerto/Universidad de Granada, sin embargo, en ningún caso se superan los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ establecidos por la legislación como valor límite anual.

Respecto a las concentraciones del año 2020, han permanecido similares a las del año anteriores, registrándose un ligero descenso entre las ubicaciones de Almacenes generales y Universidad de Granda.

- SO_2 . 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.

En los años 2005 y 2019 se registraron valores similares en todas las ubicaciones y ligeramente inferiores en 2020.

- O_3 . Las concentraciones más elevadas de O_3 se han registrado en Rostrogordo los años 2005 y 2019.

En el año 2020 se registraron las concentraciones más bajas de O₃ tanto en Parque Hernández como en Rostrogordo, 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.

-CO. Se registran valores muy bajos y similares en todas las campañas realizadas y en todas las ubicaciones estudiadas.

La concentración más alta se obtiene en 2005 en Parque Hernández y Aeropuerto.

En cuanto a la media de CO registrada en 2020, en Parque Hernández se ha obtenido el mismo valor que en 2019 y en Rostrogordo y Universidad de Granada ha aumentado ligeramente.

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 en que los datos disponibles se refieran a un periodo inferior a cinco años, como es nuestro caso, 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 56 días, del 1 de octubre al 27 de noviembre de 2020, 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	2020	
Dióxido de azufre (SO ₂)	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 (NO ₂)	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	76 µg/m ³
	Un año civil	32 µg/m ³	26 µg/m ³	Superaciones umbral superior	0
				Superaciones umbral inferior	0
				Media campaña	9 µg/m ³
Partículas PM ₁₀	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	8
				Superaciones umbral inferior	30
				Media diaria máxima	52 µg/m ³
	Un año civil	28 µg/m ³	20 µg/m ³	Superaciones umbral superior	1
				Superaciones umbral inferior	1
				Media campaña	30 µg/m ³
Partículas PM _{2,5}	Un año civil	17 µg/m ³	12 µg/m ³	Superaciones umbral superior	0
				Superaciones umbral inferior	1
				Media campaña	15 µg/m ³
Plomo	Un año civil	0,35 µg/m ³	0,25 µg/m ³	Superaciones umbral superior	0
				Superaciones umbral inferior	0
				Media campaña	0,009 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 período de ocho horas	7 mg/m ³	5 mg/m ³	Superaciones umbral superior	0
				Superaciones umbral inferior	0
				Máxima octohoraria	0,8 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	0,6 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	<0,02 µg/filtro
Níquel	Un año civil	14 ng/m ³	10 ng/m ³	Superaciones umbral superior	0
				Superaciones umbral inferior	0
				Media campaña	5 ng/m ³

Tabla 12. Umbrales de evaluación.

En la tabla anterior puede observarse que las partículas PM_{10} han superado el umbral inferior de evaluación en 30 ocasiones, y el umbral superior de evaluación en 8 ocasiones, ya que el periodo de análisis es de 56 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.

A su vez, la media obtenida durante los 56 días de medida, ha superado el umbral superior de evaluación establecido para la media anual. El valor medio obtenido en este periodo no resulta representativo de la media anual actualmente, puesto que se precisan, al menos, el 90 % de los valores medios diarios en un año. No obstante, se incorpora a título informativo.

Durante el periodo analizado, el $PM_{2,5}$ ha superado el umbral inferior de evaluación establecido para la media anual. 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.

Para el ozono, durante la realización de la campaña de medida, del 1 de octubre al 27 de noviembre, no se ha producido ninguna superación del valor objetivo a largo plazo ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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. Sin embargo, esta campaña se ha realizado durante el periodo de invierno, entendido como tal el 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 2020 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, se adoptan medidas de prevención y control que permiten la contención de la pandemia, vigentes durante el periodo de evaluación de calidad del aire.

Esta situación ha afectado a las emisiones generadas a la atmósfera, que se han reducido considerablemente en todas las regiones, como consecuencia 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} ($50\mu g/m^3$) en una ocasión, el día 21 de noviembre, en la tercera ubicación, Embalse de Rostrogordo.

- Según el modelo SKIRON, del 19 al 22 de octubre y del 5 al 8, el 13, el 16, del 18 al 19 y el 26 de noviembre con alta probabilidad, el transporte de masas de aire africano puede haber afectado a las concentraciones de partículas registradas en la región Sureste peninsular. Por tanto, las concentraciones de partículas registradas durante estos días pueden estar 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 para el PM_{10} .

En el caso del $PM_{2,5}$ se ha superado el umbral inferior de evaluación establecido para la media anual.

El ozono no ha superado ningún umbral establecido por la legislación, ni el valor objetivo a largo plazo. 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, por tanto, debe evaluarse durante este periodo.

Ester Blanco Pérez

Licenciada en Ciencias Ambientales.

Índice.

6
9

ANEXO

1. TABLAS MEDIAS.

Ubicación 1: Almacenes Generales Periodo: 1 enero - 17 junio		
Parámetro	Media	Unidades
SO2	3	µg/m3
NO2	3	µg/m3
PM2,5	15	µg/m3
O3	54	µg/m3
CO	0,6	mg/m3
H2S	3	µg/m3

Ubicación 2: Universidad de Granada Periodo: 22 junio - 28 septiembre		
Parámetro	Media	Unidades
SO2	1	µg/m3
NO2	12	µg/m3
PM2,5	19	µg/m3
O3	74	µg/m3
CO	0,4	mg/m3
H2S	1	µg/m3

2. TABLA SUPERACIONES VALOR OBJETIVO O3.

ESTACIONES	DÍAS CON SUPERACIÓN OCTOHORARIA O3 (120 µg/m ³)	VALOR	FECHA
Almacenes Generales	0		
Universidad de Granada	0		

3. TABLAS SUPERACIONES VALORES LÍMITE.

	Nº de superaciones del valor límite horario NO2 (200 µg/m3)	Nº de superaciones del umbral de alerta NO2(400 µg/m3)
Almacenes Generales	0	0
Universidad de Granada	0	0

	Nº de superaciones del valor límite horario SO2 (250 µg/m3)	Nº de superaciones del valor límite diario SO2 (125µg/m3)	Nº de superaciones del umbral de alerta SO2 (500 µg/m3)
Almacenes Generales	0	0	0
Universidad de Granada	0	0	0

	Nº de superaciones del umbral de información O3 (180 µg/m3)	Nº de superaciones del umbral de alerta O3 (240 µg/m3)
Almacenes Generales	0	0
Universidad de Granada	0	0

	Nº de superaciones del valor límite octohorario CO (10 mg/m3)
Almacenes Generales	0
Universidad de Granada	0

ENVIRA
S O S T E N I B L E

Índice.

7

3