

Versión Documento: v.0.1– 29/06/2017
© Urban Clouds S.L. | Excmo. Ayuntamiento de Málaga

Nota sobre confidencialidad

Este archivo/documento es propiedad de **Urban Clouds S.L. | Excmo. Ayuntamiento de Málaga** y su contenido es confidencial. No está permitido el uso, reproducción o la divulgación del contenido de este material sin permiso previo y por escrito de los autores.

INFORME PARCIAL
CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE
-
EXCMO. AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA
-
PROYECTO SMAQ – CURMOS

EQUIPO FIJO URB. EL CANDADO + APPMOSFERA*



INFORME TRIMESTRAL CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE 2017

Autores:

Víctor Manuel Vázquez Manzanares
Ángel Maldonado
Daniel Caro Ruiz

Coordinación:

Víctor Manuel Vázquez Manzanares

ÍNDICE GENERAL

1. ANTECEDENTES

2. MARCO LEGISLATIVO

- 2.1. LEGISLACIÓN COMUNITARIA
- 2.2. LEGISLACIÓN NACIONAL
- 2.3. LEGISLACIÓN AUTONÓMICA
- 2.4. LEGISLACIÓN LOCAL

3. ANÁLISIS CONTAMINANTES PRINCIPALES

- 3.1. DIÓXIDO DE NITRÓGENO NO₂
- 3.2. PARTÍCULAS PM₁₀ Y PM_{2,5}
- 3.3. OZONO O₃
- 3.4. MONÓXIDO DE CARBONO CO

4. ÍNDICE URBANO DE LA CALIDAD DEL AIRE (IUCA)

- 4.1. INTRODUCCIÓN
- 4.2. METODOLOGÍA

5. EQUIPOS DE MEDIDA

5.1. AMPPMOSFERA

- 5.1.1. GENERALIDADES
- 5.1.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SENSÓRICA

5.2. SMAQ – FIJO

- 5.2.1. GENERALIDADES
- 5.2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SENSÓRICA

6. RESULTADOS

- 6.1. APPMOSFERA
- 6.2. SMAQ – FIJA

7. VALORACIÓN DE LOS DATOS DEL CALIDAD DEL AIRE

8. CONCLUSIONES

1. ANTECEDENTES

Una buena o mala calidad del aire tiene que ver con el grado de pureza del aire que respiramos. Y esta pureza del aire viene determinada por una mayor o menor concentración de sustancias o elementos indeseables presentes en la atmósfera; es decir, de los contaminantes atmosféricos. La relación entre los contaminantes atmosféricos y la salud de las personas ha sido demostrada por numerosos estudios científicos. Por ello, es esencial seguir mejorando la información sobre la calidad del aire que respiramos y sobre las repercusiones que pueden tener nuestras actividades en la contaminación atmosférica.

Uno de los problemas de las grandes aglomeraciones urbanas es la concentración en el aire de determinados contaminantes de efecto local, como los óxidos de nitrógeno (NO_x) y las partículas en suspensión (básicamente PM₁₀ y PM_{2.5}). Generalmente, estos contaminantes se encuentran en el aire por las emisiones de foco del tráfico viario, los focos industriales, las emisiones del sector doméstico u otras fuentes. Una vez presentes en el aire, estos contaminantes son sometidos a diversos efectos de transporte y transformaciones químicas junto con otras sustancias también presentes en el aire.

Uno de los principales focos emisores es la combustión de hidrocarburos (gasolina, gasóleo, gases licuados del petróleo y gas natural). Estos hidrocarburos reaccionan con el oxígeno y el nitrógeno que hay en el aire y provocan la emisión de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄ y N₂O), y también la de gases contaminantes de efecto local, como los NO_x, las partículas potencialmente sedimentables, el monóxido de carbono (CO), los compuestos orgánicos volátiles (COV_s), el dióxido de azufre (SO₂), etcétera.

En Málaga y en el área metropolitana de Málaga, igual que en otras aglomeraciones urbanas, su superan los límites de ciertos gases contaminantes (evolución temporal de años anteriores) establecidos por la Unión Europea de protección de la salud, lo que requiere que se adopten medidas para mejorar la calidad del aire en todos los niveles, desde los legisladores hasta el tejido empresarial, pasando por los ciudadanos corrientes.

Principales funciones del Proyecto SMAQ – CURMOS:

- Determinación del estado actual de la calidad del aire y el grado de cumplimiento de límites con respecto a los valores que establezca la legislación vigente.
- Definición de áreas de especial interés para equipos de medida de la Fase II.
- Clasificación de áreas.
- Observación de la evolución de contaminantes en el tiempo.
- Detección rápida de posibles situaciones de alerta o emergencia, así como seguimiento de la evolución de la concentración de contaminantes.
- Informar a la población sobre la calidad del aire.
- Aportar información para el desarrollo de modelos de predicción.
- Proporcionar datos para la formulación, en su caso, de Planes de Prevención y Corrección de la contaminación atmosférica.
- Intercambio de información de la Administración Autonómica con la Estatal y Comunitaria.

Estructura de la Red

La Fase I del proyecto **SMAQ – CURMOS** ha contado con la recolección de datos de 40 dispositivos Appmosfera (Ver apartado 5.1. APPMOSFERA). Por lo que, en esta primera fase han sido los medios susceptibles para la determinación de la calidad del aire. El presente informe se basa en los datos aportados por estos dispositivos móviles.

Dentro del proyecto **SMAQ – CURMOS** existen otros tipos de dispositivos, equipos móviles y fijos de mayores prestaciones tecnológicas/técnicas, que serán puestas en el área de estudio en la Fase II.

Los equipos Appmosfera miden, mediante sensores electroquímicos y ópticos, tanto contaminantes químicos como el Monóxido de Carbono (CO), Material Particulado (PM₁₀), Gases Irritantes (IR), Calidad del Aire Interior (IAQ) como parámetros meteorológicos como la Temperatura y Humedad Relativa.

Además, en el período que nos encontramos en el proyecto ha sido instalado un equipo SMAQ – FIJO, que en el apartado 5.2. se describe sus prestaciones y funcionalidades de medida y recolección de datos ambientales.

2. MARCO LEGISLATIVO

El marco legal establece las bases para la protección de la atmósfera, que pasa por la prevención, la vigilancia y la reducción de los efectos nocivos de las sustancias identificadas como contaminantes sobre la salud y los ecosistemas.

2.1. LEGISLACIÓN COMUNITARIA

La 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, ha venido a modificar el anterior marco regulatorio comunitario, sustituyendo la Directiva Marco (96/62/CE) y las tres primeras Hijas (1999/30/CE, 2000/69/CE y 2002/3/CE), y a introducir regulaciones para nuevos contaminantes como partículas PM_{2,5}, y nuevos requisitos en cuanto a la evaluación y la gestión de la calidad del aire ambiente.

- 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.

Se aprueba con el objeto de establecer medidas destinadas a:

- Definir y establecer objetivos de calidad del aire ambiente para evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente en su conjunto.
 - Evaluar la calidad del aire ambiente en los Estados miembros basándose en métodos y criterios comunes.
 - Obtener información sobre la calidad del aire ambiente con el fin de ayudar a combatir la contaminación atmosférica y otros perjuicios y controlar la evolución a largo plazo y las mejoras resultantes de las medidas nacionales y comunitarias.
 - Asegurar que esa información sobre calidad del aire ambiente se halla a disposición de los ciudadanos.
 - Mantener la calidad del aire, cuando sea buena, y mejorarla en los demás casos.
 - Fomentar el incremento de la cooperación entre los Estados miembros para reducir la contaminación atmosférica.
- Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente.
 - Directiva (UE) 2015/1480 de la Comisión de 28 de agosto de 2015 por la que se modifican varios anexos de las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en los que se establecen las normas relativas a los métodos de referencia, la validación de datos y la ubicación de los puntos de muestreo para la evaluación de la calidad del aire ambiente.
 - Decisión de Ejecución de la Comisión de 12 de diciembre de 2011 (2011/850/CE) por la que se establecen disposiciones para la Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en relación con el intercambio recíproco de información y la notificación sobre la calidad del aire ambiente.

2.2. LEGISLACIÓN NACIONAL

La transposición de esta normativa básica de referencia se ha realizado sustituyendo la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de protección de medio ambiente atmosférico por la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

Esta Ley aporta la base legal para la evaluación y la gestión de la calidad del aire en España. Su fin último es alcanzar unos niveles óptimos de calidad del aire para evitar, prevenir o reducir riesgos o efectos negativos sobre la salud humana, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza. Habilita al gobierno a definir y establecer los objetivos de calidad del aire y los requisitos mínimos de los sistemas de evaluación de la calidad del aire. Igualmente, sirve de marco regulador para la elaboración de los planes nacionales, autonómicos y locales para la mejora de la calidad del aire.

Ayuntamiento de Málaga

Esta Ley define la evaluación como el resultado de aplicar cualquier método que permita medir, predecir o estimar las emisiones, los niveles o los efectos de la contaminación atmosférica.

- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.
- Real Decreto 100/2011, de 28 de febrero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.
- Real Decreto 678/2014, de 1 de agosto, por el que se modifica el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.
- Real Decreto 39/2017, de 27 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

2.3. LEGISLACIÓN AUTONÓMICA

- Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.
- Decreto 239/2011, de 12 de julio, por el que se regula la calidad del medio ambiente atmosférico y se crea el registro de sistemas de evaluación de la calidad del aire en Andalucía.
- Decreto 231/2013, de 3 de diciembre, por el que se aprueban planes de mejora de la calidad del aire en determinadas zonas de Andalucía.

2.4. LEGISLACIÓN LOCAL

- Ordenanza frente a la contaminación atmosférica, de 23 de marzo de 1994.

3. ANÁLISIS DE CONTAMINANTES PRINCIPALES

3.1. DIÓXIDO DE NITRÓGENO NO₂

Efectos de los óxidos de nitrógeno

Los denominados óxidos de nitrógeno engloban tanto al monóxido (NO) como al dióxido de nitrógeno (NO₂). De las dos, es ésta última la principal forma química con efectos adversos sobre la salud; además, el NO se oxida con facilidad, dando lugar a NO₂ rápidamente una vez presente en la atmósfera.

Dichos efectos adversos son de muy diversa naturaleza, y se pueden producir sobre la salud humana (inflamación de las vías aéreas, afecciones de órganos, como hígado o bazo, o de sistemas, como el sistema circulatorio o el inmunitario, que propician a su vez infecciones pulmonares e insuficiencias respiratorias) y sobre el medio ambiente (acidificación y eutrofización de ecosistemas, afecciones metabólicas, limitación del crecimiento vegetal). Los procesos de acidificación pueden también afectar a las edificaciones.

Por otra parte, los NO_x contribuyen igualmente de forma secundaria a la formación de partículas inorgánicas (por ser precursores del ácido nítrico, HNO₃, y por tanto del nitrato, NO₃⁻ en partículas), y también actúan como precursores de la formación de ozono (O₃) y de otros contaminantes fotoquímicos (por ejemplo, al reaccionar con compuestos orgánicos volátiles, COVs), lo que potencialmente agrava las consecuencias mencionadas sobre la salud y el medio ambiente y conlleva efectos sobre el clima.

Origen de la contaminación

El NO₂ y el NO_x (NO + NO₂) tienen también un origen principalmente antrópico. Como contaminantes, son gases que se emiten en los procesos de combustión que se llevan a cabo en relación con el tráfico (sobre todo vehículos automóviles, y en especial de motores diésel) y con el transporte en general, así como en instalaciones industriales de alta temperatura y de generación eléctrica.

Ayuntamiento de Málaga

Su formación se debe a la oxidación que sufre el nitrógeno atmosférico (N_2 , principal componente del aire) a altas temperaturas.

Los focos emisores emiten generalmente NO y NO_2 , a los que denominamos primarios, con el tiempo el NO se oxida y genera NO_2 secundario. Así pues, cerca de las fuentes el ratio NO/NO_2 es mucho más alto que en las zonas de fondo regional.

En ambiente urbano, generalmente más del 75% del NO_2 en aire ambiente es aportado por el tráfico rodado. Esta contribución es mayor que la que aporta al Inventario Nacional de Emisiones debido a que los ciudadanos viven muy próximos al tráfico rodado, y aunque en tonelaje las emisiones son inferiores a las de otras fuentes, su contribución a la exposición humana en ciudades es muy superior.

3.2. PARTÍCULAS PM_{10} Y $PM_{2.5}$

Efectos de las partículas

Las “partículas” (PM) están integradas por una mezcla heterogénea y compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas de tamaño y composición química muy variable; sólidas y/o líquidas, de origen tanto natural como antropogénico.

Son los contaminantes del aire más importantes en términos de peligrosidad para la salud humana (aquellas de un diámetro aerodinámico igual a las 10 micras, o inferior, conocidas como PM_{10}), ya que pueden ser inhaladas y penetrar así en el sistema respiratorio; las de menor tamaño (de 2,5 micras de diámetro, o inferior – $PM_{2.5}$ –) pueden incluso alcanzar los alveolos pulmonares, lo que les permite de este modo llevar sustancias nocivas a zonas muy sensibles y agravar patologías que pueden conducir incluso a una muerte prematura. De este modo, las partículas (en especial las $PM_{2.5}$) pueden estar implicadas en el incremento de la mortalidad y de la morbilidad por causas respiratorias y cardiovasculares. Además de PM_{10} y $PM_{2.5}$, las partículas ultrafinas (inferiores a 0,1 micras, UFP) pueden incluso alcanzar el flujo sanguíneo y afectar por tanto a diversos órganos, y afectar al sistema nervioso central y al sistema reproductor, entre otros.

Por otra parte, las partículas ultrafinas en suspensión también pueden tener efectos muy diversos sobre el medio ambiente y el clima, dependiendo de su tamaño y composición; en líneas generales pueden afectar al crecimiento vegetal, a la fauna (de modo similar a lo ya visto para el caso humano), reducen la visibilidad, influyen en los cambios de temperatura netos (ya sea incrementándola o disminuyéndola) e incluso pueden alterar los patrones de precipitación y la relación entre la radiación reflejada y la incidente (albedo superficial); y además ocasionar daños en las edificaciones.

Origen de la contaminación

El origen puede ser primario o secundario:

- **Primario.** Cuando las PM se emiten directamente a la atmósfera, ya sea de manera natural (polvo y partículas del suelo, partículas salinas marinas, esporas y pólenes...) o como consecuencia de la actividad humana, que en ambientes urbanos se asocia sobre todo al tráfico rodado y a la circulación de vehículos (lo que incluye tanto las emisiones de combustión del motor como el desgaste de frenos y neumáticos), a otros procesos de combustión (en especial industriales, pero también relacionados con la calefacción de edificios y viviendas), a otras fuentes de emisión industriales y a la construcción.
- **Secundario.** Cuando se producen en la atmósfera como resultado de reacciones químicas a partir de gases precursores (SO_2 , NO_x , NH_3 y compuestos orgánicos volátiles, principalmente). Dichos precursores permiten resumir el origen de las partículas secundarias en dos grandes bloques:
 - Los componentes inorgánicos secundarios, como el sulfato y nitrato amónico ($(NH_4)_2SO_4$ y NH_4NO_3), que generalmente constituyen el 30-40% de las partículas $PM_{2.5}$. Se originan por la oxidación en la atmósfera de SO_2 y NO_2 y su interacción con amoníaco (NH_3). Esta reacción es más rápida en condiciones de alta temperatura y humedad y elevada insolación, y el origen de los gases precursores es antropogénico en su gran mayoría.

Ayuntamiento de Málaga

- Los compuestos secundarios orgánicos se originan a partir de COVs, tanto naturales como antrópicos. Entre los gases orgánicos antrópicos destacan los hidrocarburos emitidos por evaporación de combustibles o por emisiones de combustión, así como un gran número de focos industriales (pinturas, barnices, entre otros). Entre los naturales destacan los COVs biogénicos procedentes de las emisiones vegetales, como los isoprenos, típicos de los bosques caducifolios y los terpenos de los de coníferas. Estos COVs reaccionan en la atmósfera con O₃, NO_x y otros componentes y generan compuestos carbonosos sólidos y/o líquidos que constituyen alrededor del 25-30% del PM₁₀ y PM_{2.5}. La velocidad de formación de este PM₁₀ y PM_{2.5} carbonoso es mayor en las ciudades por presentar altos niveles de NO_x, a su vez, la reacción entre NO₂ y COVs genera O₃.

En general, la fracción antropogénica domina sobre la natural, tanto en zonas rurales como en puntos de tráfico rodado o industriales. Además, la fracción secundaria representa entre el 40 y el 70 % de la masa de PM.

3.3. OZONO O₃

Efectos del Ozono O₃

El gas ozono (O₃) tiene un efecto positivo en la estratosfera (a unos 10-50 km de la superficie terrestre), ya que protege de la radiación ultravioleta. Sin embargo, a cotas inferiores, en la troposfera (la capa de la atmósfera en contacto con la tierra), se convierte en un contaminante que actúa como un potente y agresivo agente oxidante.

La exposición a elevados niveles del mismo origina problemas respiratorios sobre la salud humana (irritación, inflamación, insuficiencias respiratorias, asma) y puede contribuir a incrementar la mortalidad prematura; también puede dañar la vegetación, afectar al crecimiento de cultivos y bosques, reducir la absorción de CO₂ por las plantas, alterar la estructura de los ecosistemas y reducir la biodiversidad. Además, es un gas de efecto invernadero, que contribuye al calentamiento de la atmósfera. Así pues, por su claro impacto en la salud y los ecosistemas, los niveles de O₃ en aire ambiente están también regulados en la normativa ambiental.

Origen de la contaminación

En la troposfera, el O₃ se forma de manera secundaria a partir de reacciones químicas complejas desde la proximidad de las fuentes de emisión de sus gases precursores hasta las zonas receptoras de la contaminación, reacciones en las que participan otros gases contaminantes que actúan como precursores, principalmente óxidos de nitrógeno (NO₂ secundario, junto al emitido como primario) y compuestos orgánicos volátiles (COVs, tanto antrópicos como biogénicos procedentes de la vegetación).

La velocidad y el grado de formación de O₃ se ven muy incrementadas con el aumento de la radiación solar, las emisiones antropogénicas de precursores y el ciclo biológico de emisiones biogénicas de COVs.

Además, sus niveles son superiores en las periferias de las grandes urbes y en las zonas rurales porque la reacción fotoquímica necesita una cierta distancia para generar O₃ a partir de sus precursores. Una vez formado y en entornos urbanos con altos niveles de NO, el O₃ se consume rápidamente mediante la oxidación de NO a NO₂. Es por ello que en zonas urbanas de tráfico los niveles de O₃ suelen ser muy bajos, mucho más bajos que en entornos poco contaminados, en donde se recibe el O₃ generado durante el transporte de masas de aire desde zonas contaminadas urbanas e industriales, y no existe NO local que lo pueda consumir.

3.4. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Efectos del CO

El monóxido de carbono (CO) es un gas sin color ni olor emitido como consecuencia de la combustión incompleta de carburantes fósiles y de biocombustibles.

Ayuntamiento de Málaga

El CO penetra en el organismo a través de los pulmones, y puede provocar una disminución de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, con el consecuente detrimento de oxigenación de órganos y tejidos, así como disfunciones cardíacas, daños en el sistema nervioso, dolor de cabeza, mareos y fatiga; estos efectos pueden producirse tanto sobre el ser humano como sobre la fauna silvestre.

También posee consecuencias sobre el clima, ya que contribuye a la formación de gases de efecto invernadero: su vida media en la atmósfera es de unos tres meses, lo que permite su lenta oxidación para formar CO₂, proceso durante el cual también se genera O₃.

Origen de la contaminación

En general, cualquier combustible que contenga carbono (gas, petróleo, carbón, madera...) y que sea quemado sin suficiente oxígeno como para formar CO₂ es una fuente potencial de CO.

Las principales fuentes de emisión de CO en el año 2011 han sido los procesos de combustión en sectores no industriales, seguidos por las actividades del sector agropecuario y por los procesos industriales sin combustión.

4. ÍNDICE URBANO DE LA CALIDAD DEL AIRE (IUCA)

4.1. INTRODUCCIÓN

El **Índice Urbano de la Calidad del Aire (IUCA)** es una herramienta analítica desarrollada por Urban Clouds S.L. para informar sobre los niveles de contaminación de manera fácil y oportuna a la población, de tal forma que funcione como un indicador de las medidas precautorias que debe tomar la población ante una contingencia atmosférica.

Consiste en un valor adimensional, calculado a partir de información procedente de la legislación vigente relacionada con los distintos contaminantes atmosféricos, cuyo objetivo principal es facilitar a la población la comprensión de la información relacionada con la contaminación del aire.

Para cada uno de los contaminantes a tener en cuenta, a cada valor de concentración de inmisión (medidos generalmente en µg/m³, por lo que es muy probable que el ciudadano se encuentre con problemas a la hora de analizarlos) se le asocia otro valor, conocido como índice, según los efectos observados, perteneciente a una escala que muestra de forma más clara la calidad del aire existente en la zona.

A medida que surge nueva información sobre los efectos, las concentraciones asociadas a los valores del índice pueden variar, pero el significado de éstos se conserva.

4.2. METODOLOGÍA

La metodología consiste en transformar a una escala adimensional las concentraciones de los contaminantes en estudio. Se calcula empleando los valores brutos en tiempo real de la medición de los contaminantes, donde se toman como referencia los siguientes gases:

A. Gases Monoespecíficos:

- **Monóxido de Carbono (CO).**

B. Partículas y Polvo en Suspensión:

- **Material Particulado (PM₁₀).**

C. Gases Multiespecíficos:

- **Gases Irritantes (IR)** en base a sensibilidades cruzadas de Dióxido de Nitrógeno (NO₂). Ozono (O₃), Cloro (Cl), Ácido Sulfhídrico (H₂S) y Dióxido de Azufre (SO₂), en orden de potencialidad.

**Ayuntamiento
de Málaga**

- **Calidad del Aire Interior (IAQ)** en base a sensibilidades cruzadas de Monóxido de Carbono (CO), Monóxido de Nitrógeno (NO), Dióxido de Azufre (SO₂), Ozono (O₃), Etanol (C₂H₆O), en orden de potencialidad.

Además, se incorpora como criterio y referencia los límites y umbrales de la Directiva 2008/50/CE y el Real Decreto 102/2011. Se parte de la idea de que cuando se supera el límite normativo, para el período de tiempo respectivo, la calidad del aire para ese contaminante es mala y si además supera el umbral de alerta es muy mala. El cálculo implica transformar e integrar los datos de concentraciones de un grupo de contaminantes, conocidos como contaminantes criterio, en valores independientes de las unidades de los contaminantes considerados (valores adimensionales), mismos que, por construcción, indican los valores de las normas de calidad del aire para un contaminante determinado. Se estructuran sobre tres rangos de calidad que definen cada una de las categorías utilizadas: Buena, Moderado – Deficiente y Mala - Muy Mala. Para el índice global se toma el contaminante que define el peor rango.

A continuación, las categorías:

- **Buena (Color Verde)**. Cuando el índice se encuentra entre 0 y 50 puntos, la calidad del aire se considera como satisfactoria y la contaminación del aire tiene poco o nulo riesgo para la salud.
- **Moderada – Deficiente (Color Amarillo)**. Cuando el índice se encuentra entre 51 y 150 puntos, la calidad del aire es aceptable, sin embargo, algunos contaminantes pueden tener un efecto moderado en la salud para un pequeño grupo de personas que presentan una gran sensibilidad a algunos de ellos. Algunos grupos sensibles pueden experimentar efectos en la salud. Hay algunas personas que pueden presentar efectos a concentraciones menores que el resto de la población, como es el caso de personas con problemas respiratorios o cardíacos, los niños y ancianos. El público en general no presenta riesgos cuando el índice está en este intervalo.
- **Mala – Muy Mala (Color Rojo)**. Cuando el índice es mayor a 151 puntos, toda la población experimenta efectos negativos en la salud, siendo algunas situaciones graves para la salud. Los miembros de grupos sensibles pueden presentar molestias graves.

A continuación, se muestra la siguiente tabla explicativa/descriptiva:

**TABLA 1
DESCRIPTORES DEL ÍNDICE URBANO DE LA CALIDAD DEL AIRE (IUCA)**

CÓDIGO	IUCA	DEFINICIÓN	RECOMENDACIONES
Buena	0 – 50	La calidad del aire se considera satisfactoria, y la contaminación del aire presenta poco o ningún riesgo, situación favorable para la realización de todo tipo de actividades. Tiene poco o nulo riesgo para la salud.	<ul style="list-style-type: none"> - Puedes realizar actividades al aire libre. - Puedes ejercitarte al aire libre. - Sin riesgo para grupos sensibles.
Moderada – Deficiente	51 – 150	La calidad del aire es aceptable; sin embargo, para algunos contaminantes puede haber un problema/efecto de salud moderada para un número muy pequeño de personas que son excepcionalmente sensibles a la contaminación del aire. Aumento de molestias menores en la población sensible.	<ul style="list-style-type: none"> - Limita las actividades al aire libre. - Limita el tiempo para ejercitarte al aire libre. - Grupos sensibles permanecer en interiores.
Mala – Muy Mala	≥ 151	<p>Toda la población experimenta efectos negativos en la salud. Los miembros de grupos sensibles pueden presentar molestias graves.</p> <p>En situaciones de persistencia, activar Alerta Sanitaria y ejecución de condición de emergencia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Evita las actividades al aire libre. - Evita ejercitarte al aire libre. - Mantén cerradas puertas y ventanas. - Grupos sensibles permanecer en interiores. - Acude al médico si presentas síntomas de enfermedades respiratorias o cardiovasculares. - Limita el uso de vehículos automotores. - Evita hacer fogatas y el uso de combustibles sólidos (carbón y leña). - Si eres fumador, limita o evite el consumo de tabaco.

TABLA 2
CRITERIOS PARA EL CÁLCULO ÍNDICE URBANO DE CALIDAD DEL AIRE: CATEGORIZACIÓN

	IUCA	CO (unidades en µg/m³)	IAQ * (unidades en µg/m³)	IR ** (unidades en µg/m³)	PM ₁₀ (unidades en µg/m³)
Buena	0 – 50	0 – 2999	0 – 3999	0 – 79	0 – 14
Moderada – Deficiente	51 – 150	3000 – 9999	4000 – 10999	80 – 209	15 – 49
Mala – Muy Mala	≥ 151	≥ 10000	≥ 11000	≥ 210	≥ 50

Nota:

* Las unidades para IAQ se mostrará en base a Monóxido de Carbono (CO).

** Las unidades para IR se mostrará en base a Dióxido de Nitrógeno (NO₂).

Una vez establecido los índices individuales por contaminante el índice global IUCA para este equipo se corresponderá con el mayor de los índices individuales:

$$IUCA = \text{MAX}(IP_{CO}; IP_{IAQ}; IP_{IR}; IP_{PM_{10}})$$

5. EQUIPOS DE MEDIDA

La Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera define la **evaluación** como el resultado de aplicar cualquier método que permita medir, calcular, predecir o estimar las emisiones, los niveles o los efectos de la contaminación atmosférica.

5.1. APPMOSFERA

5.1.1. GENERALIDADES

FIGURA 1

Dispositivo analizador Appmosfera.



- Denominación del equipo: **Appmosfera**
- Sensórica integrada:
 - Sensor para Monóxido de Carbono (CO): CO – Carbon Monoxide Sensor 1000 pm
 - Sensor Gases Irritantes Respiratorios (IR): Electrochemical Sensor Respiratory Irritant Gases 20 ppm
 - Sensor Genérico Calidad del Aire Interior (IAQ): Electrochemical Sensor General Indoor Air Quality
 - Polvo y Partículas en Suspensión (PM₁₀): GP2Y1010AU0F
 - Temperatura y Humedad Relativa: Digital-output temperature and humidity sensor/module DHT22

5.1.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SENSORIA

A continuación, se detalla información sobre las especificaciones técnicas de los sensores:

CO – SENSOR DE MONÓXIDO DE CARBONO

Gas: Monóxido de Carbono (CO)

Sensor: CO – Sensor Monóxido de Carbono 1000 ppm

Características técnicas:

- Rango nominal: 0 - 1000 ppm
- Máxima sobrecarga: pasados 5000 ppm
- Resolución: < 100 ppb (dependiendo de la instrumentación)
- Repetibilidad: < ± 2 %
- Tiempo de respuesta - T(90): < 30 segundos (15 segundos típicos)
- Sensitivity: 4.75 ± 2.75 nA/ppm

Condiciones de operaciones:

- Rango de temperatura: -30 - +55 °C (-20 - +40 °C recomendado continuo)
- Rango de humedad sin condensación: 15 - 95 % recomendado continuo; 0 - > 95 % Humedad Relativa (HR) intermitente
- Vida de operación esperada: > 5 años (10 años cuando 23 ± 3 °C; 40 ± 10 % HR)
- Sesgo de operación: 0 - 5 mV

GASES IRRITANTES – SENSOR GASES IRRITANTES

Gas: Respiratory Irritant

Sensor: Sensor Gases Irritantes – 20 ppm

Características técnicas:

- Rango nominal: 0 - 20 ppm (calibrado como NO₂ equivalentes)
- Tiempo de respuesta - T(90): < 60 segundos típicos
- Sensibilidad: -50 ± 25 nA/ppm (NO₂ equivalentes)
- Resolución: 20 ppb NO₂ (dependiendo del gas y electrónica)

Condiciones de operaciones:

- Rango de temperatura: -10 - +40 °C (0 - +40 °C recomendado continuo)
- Rango de humedad sin condensación: 0 - 100 %
- Vida de operación esperada: > 5 años (10 años cuando 23 ± 3 °C; 40 ± 10 % HR)

IAQ – SENSOR CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

Gas: IAQ

Sensor: Sensor Calidad del Aire Interior – 100 ppm

Características técnicas:

- Rango nominal: 0 - 100 ppm (calibrado como CO equivalentes)
- Tiempo de respuesta - T(90): < 20 segundos típicos
- Sensitivity: 12 ± 3 nA/ppm (CO equivalentes)

- Límite de detección: 0.1 ppm CO (dependiendo del gas y electrónica)

Condiciones de operaciones:

- Rango de temperatura: -10 - +40 °C (0 - +40 °C recomendado continuo)
- Rango de humedad sin condensación: 0 - 100 %
- Vida de operación esperada: > 5 años (10 años cuando 23 ± 3 °C; 40 ± 10 % HR)

PM – SENSOR MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE Y POLVO

Gas: Material Particulado (PM) y Polvo en suspensión
Sensor: GP2Y1010AU0F Compact Optical Dust Sensor

Características técnicas:

- Rango nominal: < PM₁₀

PARÁMETROS FÍSICOS – TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA (HR)

VARIABLES: temperatura y humedad relativa (%HR)
Sensor: Digital-output relative humidity, temperatura and pressure sensor/module DHT22

Características técnicas:

- Rango de temperatura: -40 - +80 °C con ± 0.5 °C de precisión.
- Rango de humedad: 0-100% con 2-5% de precisión.

5.2. SMAQ – FIJO

5.2.1. GENERALIDADES

- Denominación del equipo: **SMAQ – FIJO**
- Sensórica integrada:
 - Sensor para Monóxido de Carbono (CO).
 - Sensor para Ozono (O₃).
 - Sensor para Dióxido de Nitrógeno (NO₂).
 - Polvo y Partículas en Suspensión (PM₁₀, PM_{2.5} y PM₁).
 - Temperatura y Humedad Relativa.

5.2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SENSÓRICA

A continuación, se detalla información sobre las especificaciones técnicas de los sensores:

CO – SENSOR DE MONÓXIDO DE CARBONO

Características técnicas:

- Rango nominal: 0 - 500 ppm
- Máxima sobrecarga: pasados 2000 ppm
- Resolución: 20 ppb ± 2 (dependiendo de la instrumentación)
- Tiempo de respuesta - T(90): < 20 segundos
- Sensibilidad: 220 - 375 nA/ppm en 2 ppm de CO

Condiciones de operaciones:

- Rango de temperatura: -30 - 50 °C
- Rango de humedad sin condensación: 15 - 90 % recomendado continuo
- Vida de operación esperada: > 3 años
- Rango de presión: 80 – 120 kPa

NO₂ – SENSOR DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO**Características técnicas:**

- Rango nominal: 0 - 20 ppm
- Máxima sobrecarga: pasados 50 ppm
- Resolución: 15 ppb ± 2 (equivalentes)
- Tiempo de respuesta - T(90): < 60 segundos
- Sensibilidad: -175 a -450 nA/ppm en 2 ppm de NO₂

Condiciones de operaciones:

- Rango de temperatura: -30 - 40 °C
- Rango de humedad sin condensación: 15 - 85 % recomendado continuo
- Vida de operación esperada: > 2 años
- Rango de presión: 80 – 120 kPa

O₃ – SENSOR DE OZONO**Características técnicas:**

- Rango nominal: 0 - 20 ppm
- Máxima sobrecarga: pasados 50 ppm
- Resolución: 15 ppb ± 2 (equivalentes)
- Tiempo de respuesta - T(90): < 45 segundos
- Sensibilidad: -200 a -550 nA/ppm en 1 ppm de O₃

Condiciones de operaciones:

- Rango de temperatura: -30 - 40 °C
- Rango de humedad sin condensación: 15 - 85 % recomendado continuo
- Vida de operación esperada: > 2 años
- Rango de presión: 80 – 120 kPa

PM – SENSOR MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE Y POLVO**Características técnicas:**

- Rango nominal: 0.38 – 17 micras
- Conteo: 10000 partículas/segundo
- Flujo: 1.2 L/min

PARÁMETROS FÍSICOS – TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA (HR)

Características técnicas:

- Bajo costo.
- Consumo: 3-5 V.
- Rango de temperatura: -40 - +80 °C con ±0.5 °C de precisión.
- Rango de humedad: 0-100% con 2-5% de precisión.
- Tamaño: 27 x 59 x 13.5 mm.
- Peso: 2.5 g.

6. RESULTADOS

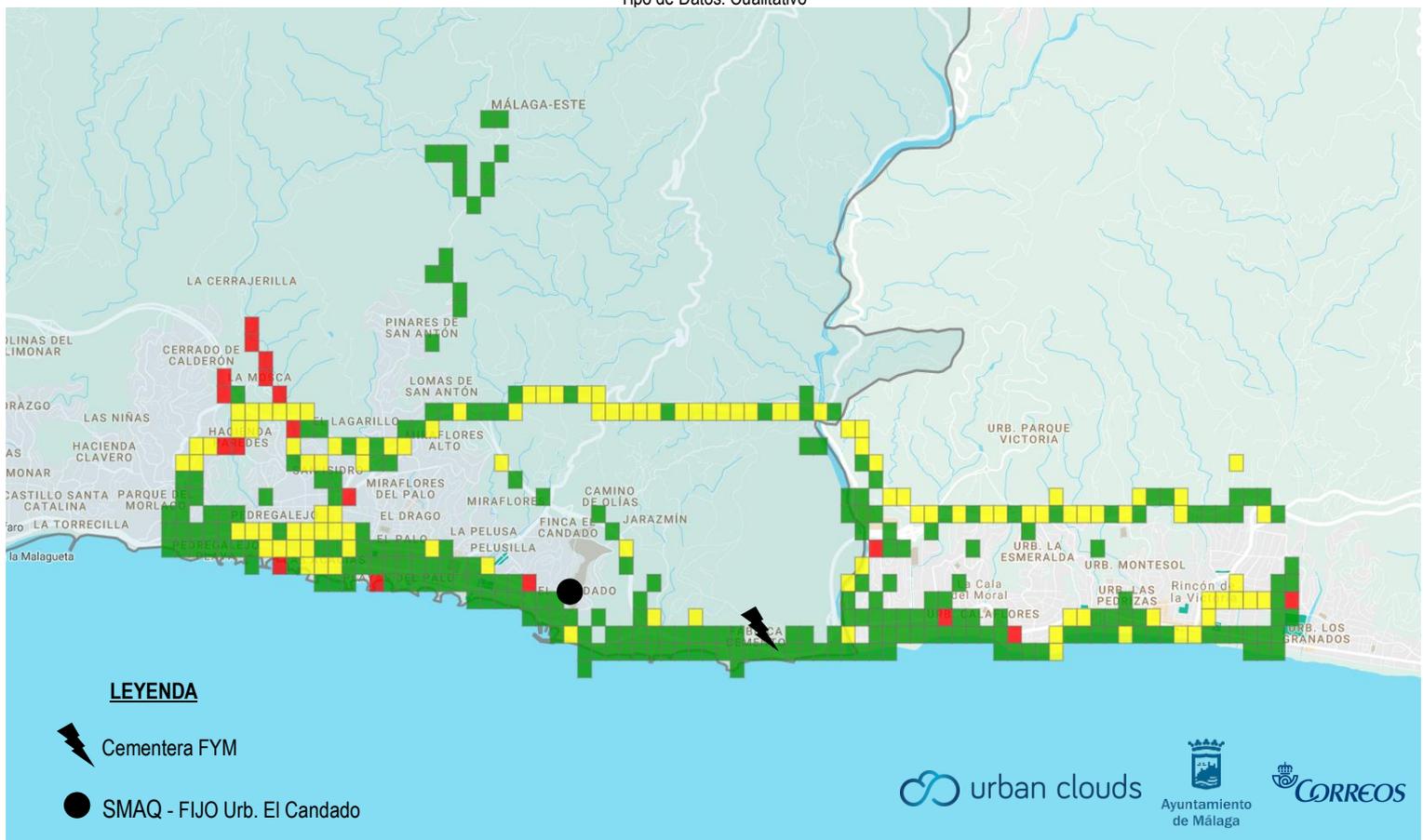
6.1. APPMOSFERA

Período: **Marzo – Abril – Mayo 2017**

FIGURA 2

Datos de Appmosfera en un radio de acción de 5 kilómetros con epicentro en la Cementera FYM.
Indicador: **Índice Urbano de la Calidad del Aire (IUCA)** para el **Histórico de Datos (Marzo – Abril – Mayo) 2017**.

VALORES MEDIOS
Tipo de Datos: Cualitativo



Nota: cada tesela muestra un área de muestreo representativa de una dimensión de 152.8 x 152.8 metros. Leyenda para IUCA: Color **Verde**: Buena (0 – 50); Color **Amarillo**: Moderada – Deficiente (51 – 150) y Color **Rojo**: Mala – Muy Mala (≥ 151). Unidades a-dimensionales, en base a la categorización del IUCA.

Se adjunta la dirección web para una visión de mayor calidad:

<http://airquality.urbanclouds.city/json/arana/arana-5km.html>

6.2. SMAQ – FIJA

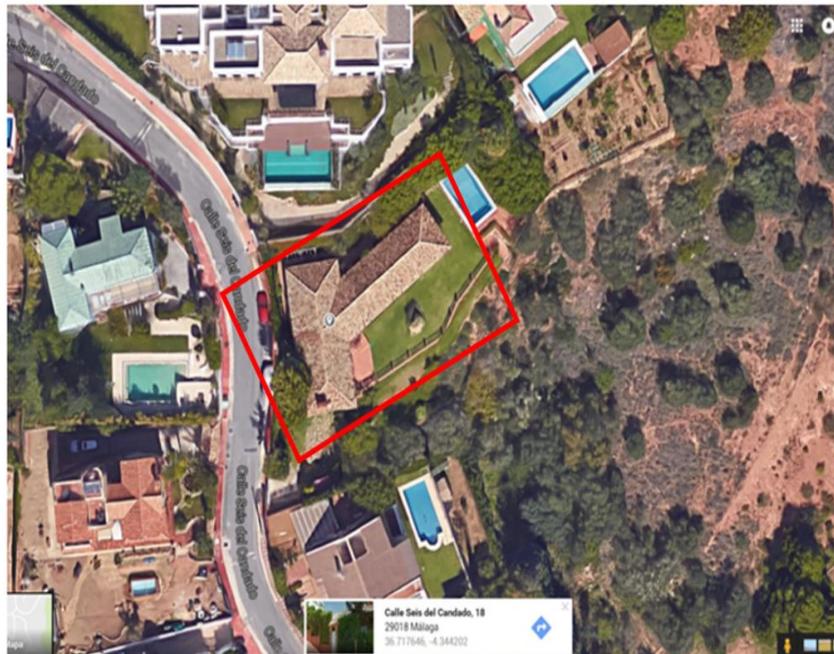
Cualquier método que permita medir, calcular, predecir o estimar las emisiones, los niveles o los efectos de la contaminación atmosférica resulta válido para llevar a cabo la evaluación de la calidad del aire, si bien según el contaminante hay métodos más recomendables que otros, ya que aportan una mayor precisión.

Conforme el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, la evaluación de la calidad del aire ambiente se realizará, dependiendo del nivel de los contaminantes con respecto a los umbrales/valores objetivo utilizando mediciones fijas, técnicas de modelización, campañas de mediciones representativas, mediciones indicativas o investigaciones, o una combinación de todos o algunos de estos métodos.

Este extracto de datos permite visualizar de forma gráfica la evolución de los datos automáticos para los distintos parámetros que se registran en la estación **SMAQ_F0102P_1**. La ubicación de éste dispositivo y de los sucesivos serán reubicados en función de los datos obtenidos de los dispositivos Appmosfera para cumplir el criterio de “representatividad y elevadas concentraciones”.

IMAGEN 1

Ubicación del equipo fijo en Urb. El Candado

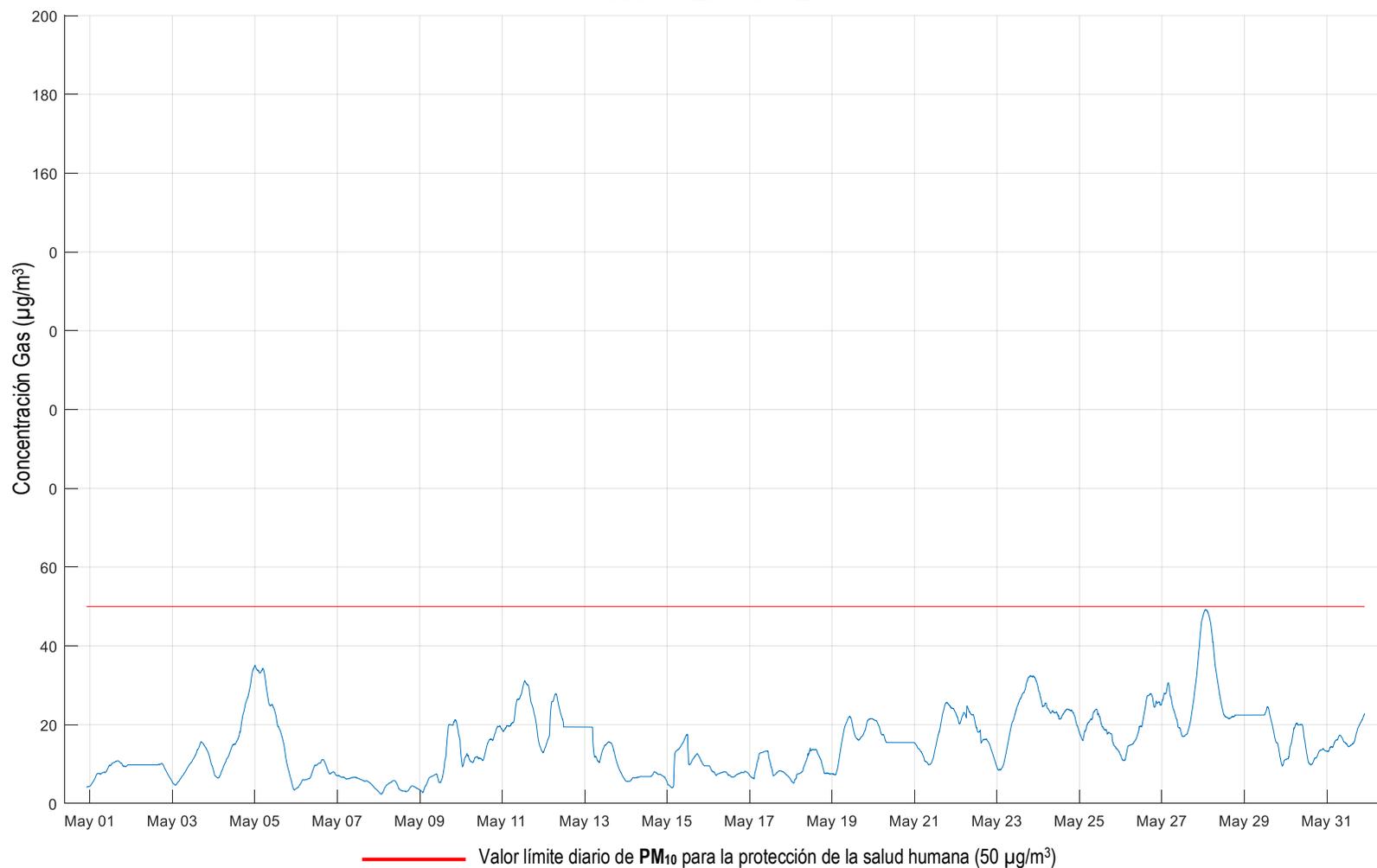


En los gráficos se representan algunos valores límite mediante una línea horizontal continua en rojo. Información parámetros: **PM₁₀**, **PM_{2.5}**, **PM₁**, **NO₂**, **O₃** y **CO**. El período de evaluación ha sido el comprendido entre el 01.05.2017 – 13.06.2017.

A continuación, se muestran los resultados para cada uno de los gases evaluados:

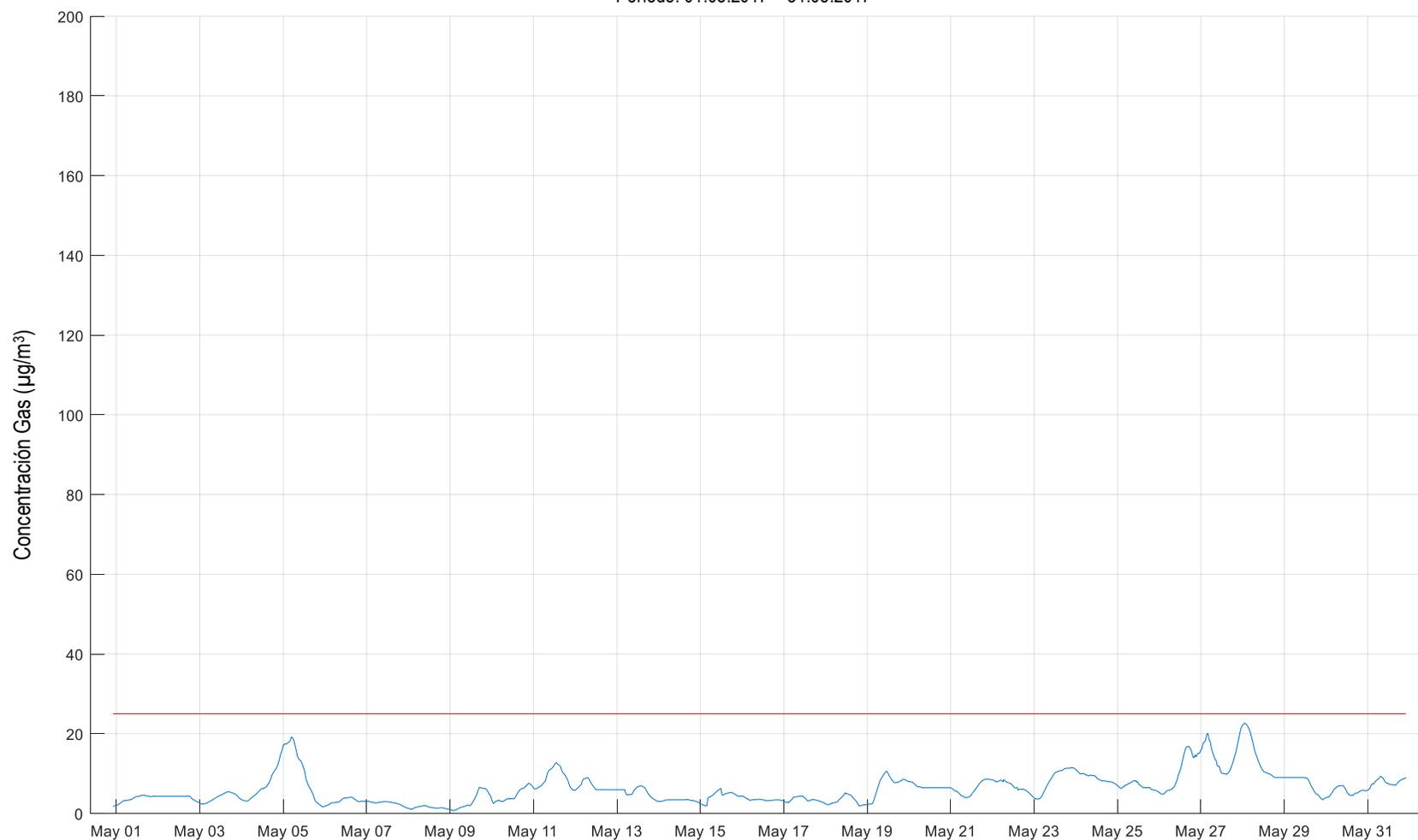
Informe Partículas en Suspensión: PM₁₀

VALORES MEDIOS DIARIOS
Tipo de Datos: Cuantitativo
Período: 01.05.2017 – 31.05.2017



Partículas en Suspensión: PM_{2.5}

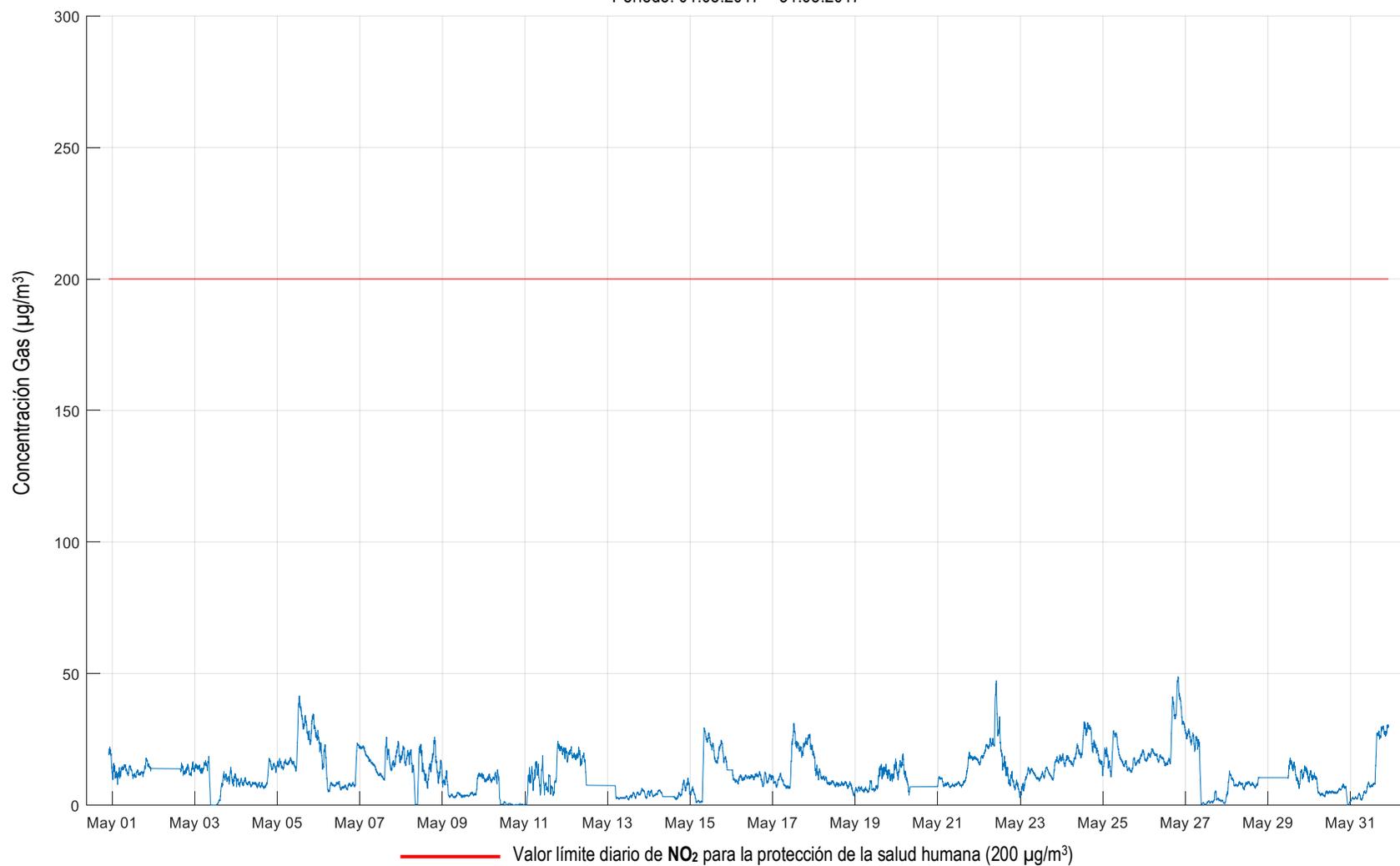
VALORES MEDIOS DIARIOS
Tipo de Datos: Cuantitativo
Período: 01.05.2017 – 31.05.2017



— Valor límite diario de PM_{2.5} para la protección de la salud humana ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

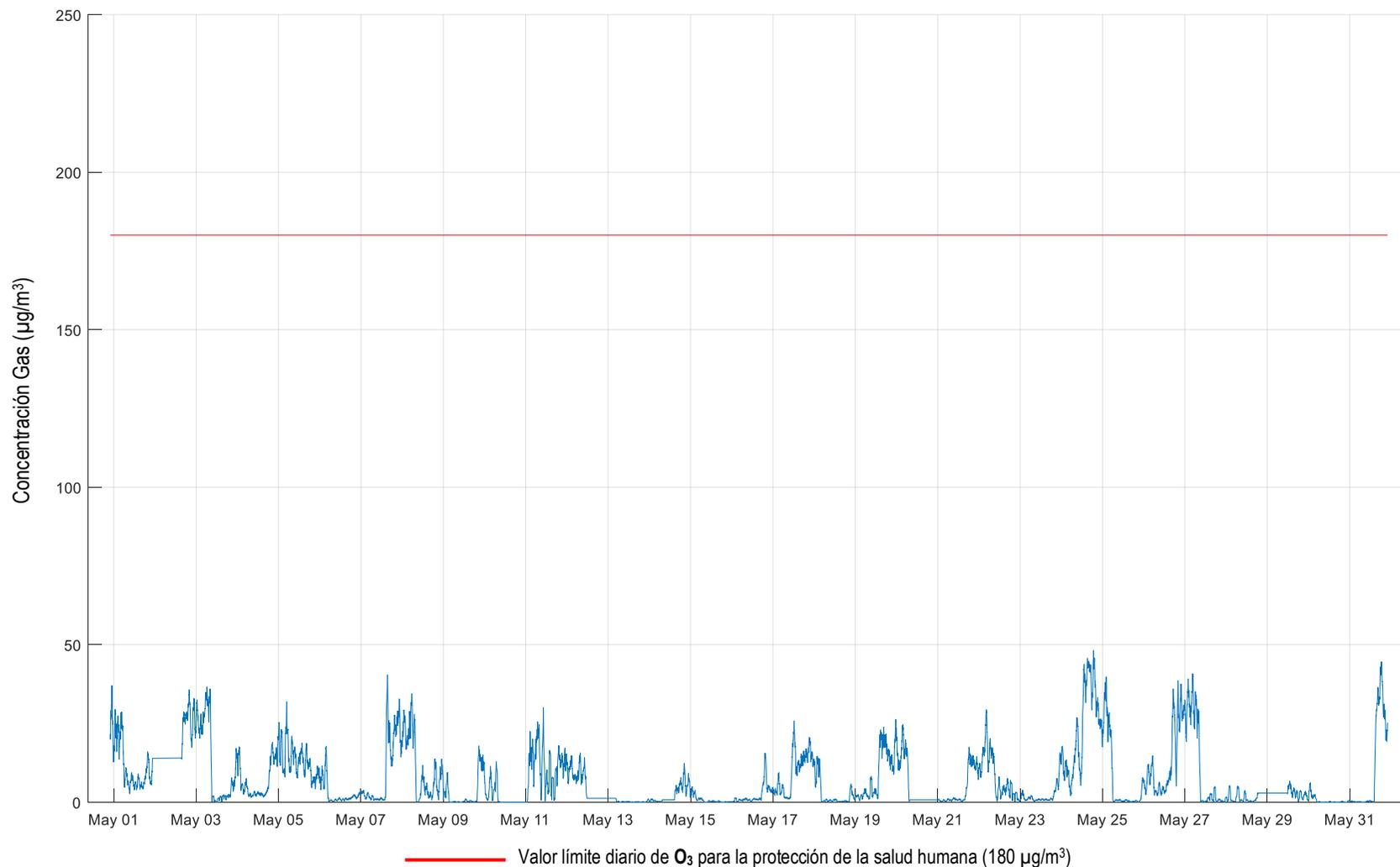
Dióxido de Nitrógeno: NO₂

VALORES MEDIOS HORARIOS
Tipo de Datos: Cuantitativo
Período: 01.05.2017 – 31.05.2017



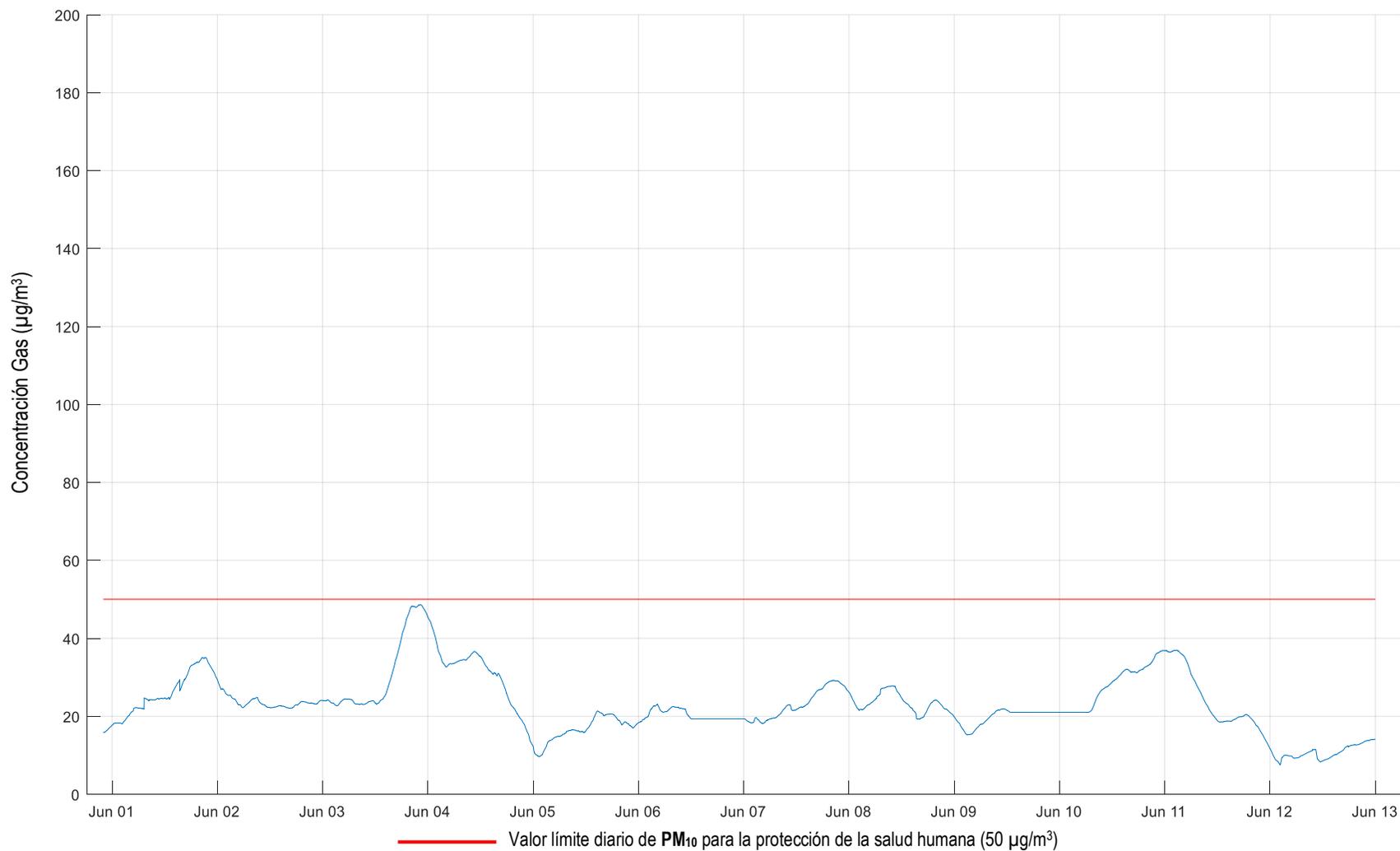
Ozono: O₃

VALORES MEDIOS HORARIOS
Tipo de Datos: Cuantitativo
Período: 01.05.2017 – 31.05.2017



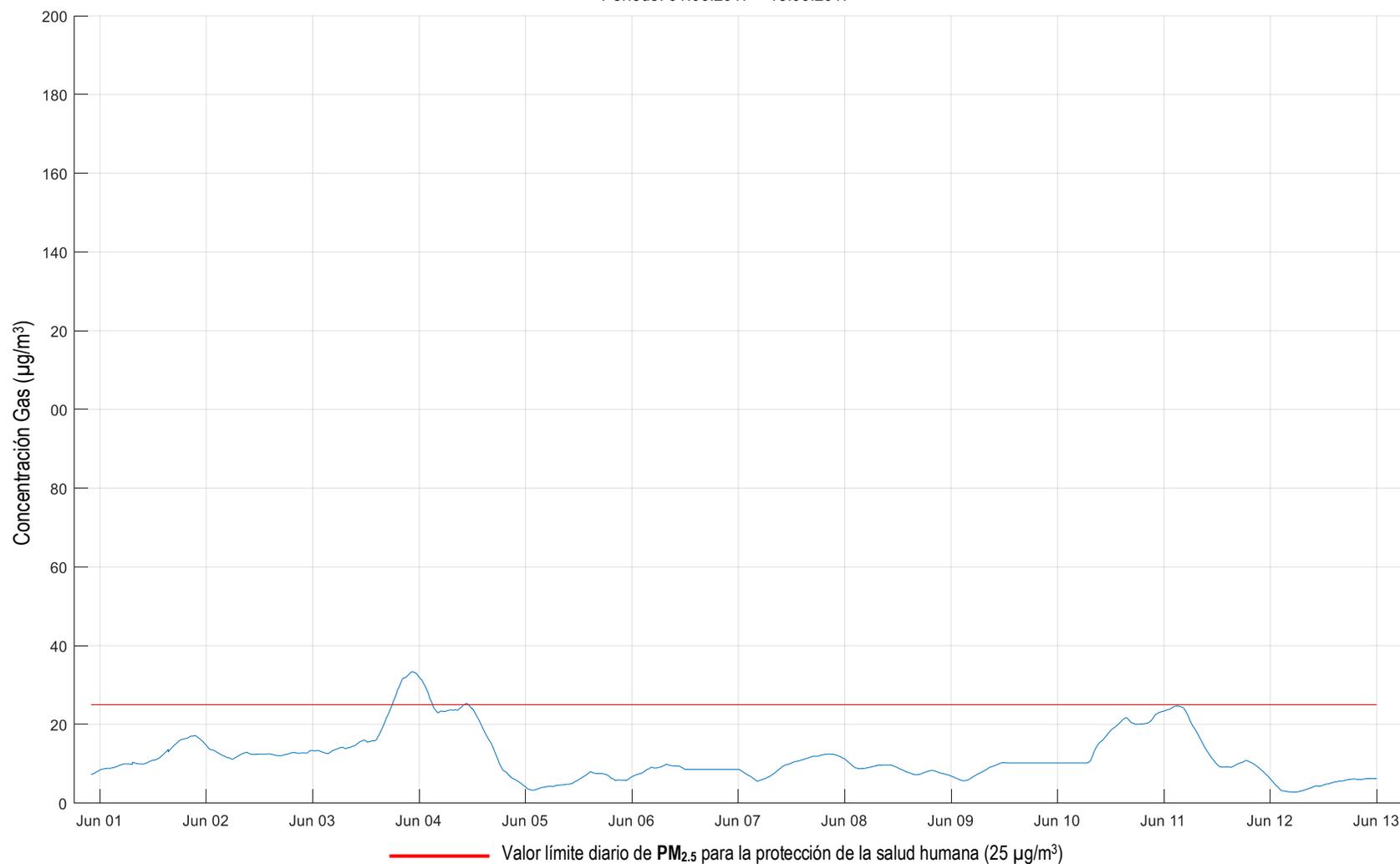
Informe Partículas en Suspensión: PM₁₀

VALORES MEDIOS DIARIOS
Tipo de Datos: Cuantitativo
Período: 01.06.2017 – 13.06.2017



Partículas en Suspensión: PM_{2.5}

VALORES MEDIOS DIARIOS
Tipo de Datos: Cuantitativo
Período: 01.06.2017 – 13.06.2017



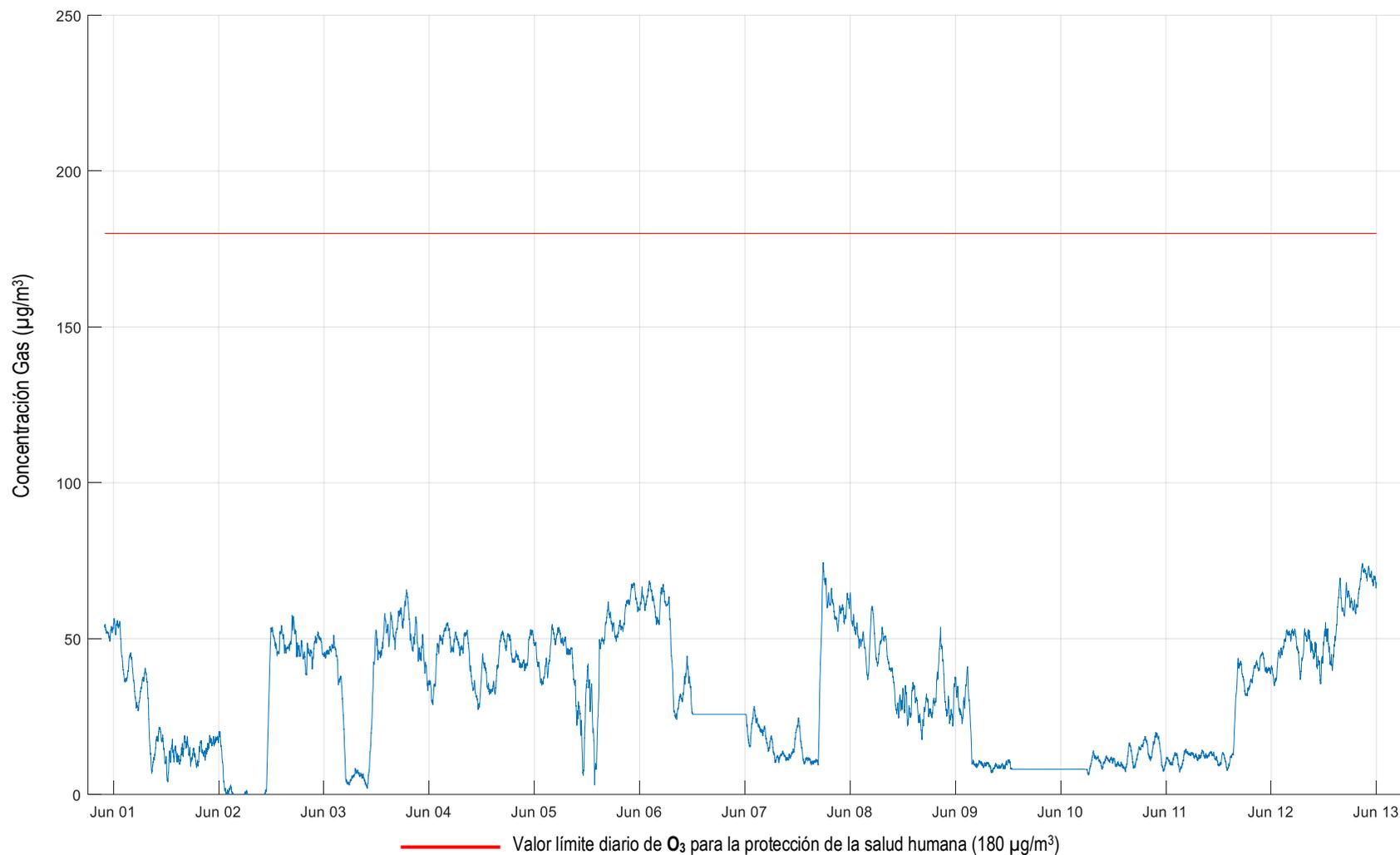
Dióxido de Nitrógeno: NO₂

VALORES MEDIOS HORARIOS
Tipo de Datos: Cuantitativo
Período: 01.06.2017 – 13.06.2017



Ozono: O₃

VALORES MEDIOS HORARIOS
Tipo de Datos: Cuantitativo
Período: 01.05.2017 – 12.06.2017



7. VALORACIÓN DE LOS DATOS DE LA CALIDAD DEL AIRE

Se advierte que los datos utilizados en este documento han sufrido una validación temporal y, por tanto, las conclusiones o resultados obtenidos en los mismos son provisionales.

Una vez finalice el año y se disponga de la serie completa de datos se realizará la validación definitiva de los mismos, lo que permitirá realizar la evaluación de la calidad del aire anual. Este aspecto es de especial relevancia en el caso de los datos de partículas, ya que una vez finalice el año es cuando se les podrá realizar el tratamiento adecuado

A partir de los datos que se registran en el **Proyecto SMAQ – CURMOS**, se determina:

- El cumplimiento de los valores límite, valores objetivo y umbrales con respecto a los valores que establece la legislación vigente.
- El estado de la calidad del aire ambiente respecto a un índice de calidad definido por Urban Clouds, como Índice Urbano de la Calidad del Aire (IUCA).

Valoración para el Ozono O₃

En el mes de mayo y mitad de junio (45 días) no se ha superado el umbral de información a la población (promedio horario de 180 µg/m³) en el equipo fijo **SMAQ_F0102P_1**.

No ha habido superación del umbral de alerta (promedio horario de 240 µg/m³).

El valor objetivo para la protección de la salud humana (120 µg/m³ como máxima media octohoraria del día) que no deberá superarse más de 25 días por cada año civil de promedio en un periodo de 3 años, tiene fecha de cumplimiento a partir del 01.01.2010, este valor objetivo no podrá evaluarse hasta final de año, una vez que se disponga de todos los datos registrados durante el 2017.

Valoración para Partículas en Suspensión PM₁₀

Los valores límite de la legislación vigente se refieren a mediciones realizadas por el método gravimétrico. En los casos que se utilice otro método, los resultados deberán corregirse por un factor para producir resultados equivalentes a los que se habrían obtenido con el método de referencia.

Por otro lado, a los valores de PM₁₀ medidos por ambos métodos (gravimétrico y automático) es necesario descontarles los aportes procedentes de fuentes naturales ya que según el Artículo 22 del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, las superaciones atribuibles a este tipo de fuentes no se considerarán superaciones a los efectos de lo dispuesto en el citado Real Decreto. Según el Artículo 2 del citado Real Decreto se considera fuente natural “las erupciones volcánicas, las actividades sísmicas o geotérmicas, los incendios forestales no intencionados, los fuertes vientos, los aerosoles marinos, la resuspensión atmosférica y el transporte de partículas naturales procedentes de regiones áridas”.

En Andalucía los episodios naturales con mayor repercusión en los niveles de PM₁₀ son los episodios de aporte de partículas procedentes del continente africano.

En este informe no se han utilizado datos de partículas tratados para poder compararlos con lo establecido en la legislación vigente. No se han corregido por el factor de correlación con el método de referencia, y para los datos obtenidos por ambos métodos de medida no se han descontado los aportes procedentes de fuentes naturales.

Por tanto, para los datos de PM₁₀ obtenidos por ambos métodos no procede hacer ninguna valoración. Si cabe destacar que la concentración de este gas contaminante se estima por debajo del umbral de información legal.

Valoración para Dióxido de Nitrógeno NO₂

A partir de los datos registrados durante el mes de mayo y mitad de junio (45 días) no puede concluirse si existe o no superación del valor límite anual de NO₂ (40 µg/m³). El período para el cumplimiento del valor límite para este contaminante es anual.

No se ha registrado superación del valor límite horario ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que no se podrá superar en más de 18 ocasiones por año civil).

Valoración para Partículas $\text{PM}_{2.5}$

A los valores de $\text{PM}_{2.5}$ obtenidos mediante el método gravimétrico es necesario descontarles los aportes procedentes de fuentes naturales ya que según el artículo 22 del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, las superaciones atribuibles a este tipo de fuentes no se considerarán superaciones a los efectos de lo dispuesto en el citado Real Decreto. Según el artículo 2 del citado Real Decreto se considera fuente natural “las erupciones volcánicas, las actividades sísmicas o geotérmicas, los incendios forestales no intencionados, los fuertes vientos, los aerosoles marinos, la resuspensión atmosférica y el transporte de partículas naturales procedentes de regiones áridas”.

En Andalucía los episodios naturales con mayor repercusión en los niveles de $\text{PM}_{2.5}$ son los episodios de aporte de partículas procedentes del continente africano.

En este informe no se han descontado los aportes debido a intrusión sahariana por no disponer de esta información a fecha de la realización del informe, por tanto, no procede hacer ninguna valoración al no poder compararse estos resultados con la legislación vigente. Cabe destacar, que durante el 03.06.2017 – 05.06.2017 existe una superación para este contaminante en estudio (provisional).

8. CONCLUSIONES

- Reubicación del equipo **SMAQ_F0102P_1** a otra geolocalización más óptima, se considera que la ubicación actual puede no estar recogiendo datos válidos. Se propone una ubicación a mayor altitud y justo en la línea de acción en vertiente sur.
- En base a los resultados obtenidos durante estos primeros 45 días de medición, se observa un patrón de respuesta periódico para los gases NO_2 y O_3 . Si bien los gases NO_2 y O_3 en entornos urbanos generan un patrón reconocible el cual se repite de forma cíclica cada día, en el caso de la estación estudiada se observa un patrón diferente. Dicho patrón se repite en un ciclo reconocible de período de dos días.

Para poder encontrar respuesta, se ve necesario la realización de un estudio de mayor envergadura, donde:

1. Se aumentará el número de estaciones fijas geolocalizadas a diferentes distancias y direcciones del lugar de estudio.
2. Se complementarán las medidas de calidad del aire con variables medioambientales tales como la velocidad del viento, dirección del viento, presión y líneas isobáricas, insolación, radiación ultravioleta, y otros indicadores que serán propuestos en detalle.

Esto permitiría determinar la dirección de movimiento de masas de gases/partículas contaminantes en el aire y acotar el posible origen de la fuente de emisión o fuentes de emisiones (puntuales o difusas).

- En ninguno de los gases analizados, excepto para $\text{PM}_{2.5}$, se supera los valores legales (provisional). En el caso de $\text{PM}_{2.5}$, hay un tramo de medida que supera el umbral de información (provisional).