



IA-vis

**Càtedra d'Intel·ligència Artificial
i Visualització d'Informació
per al Govern Obert
A la Ciutat de València**

Análisis y visualización de la evolución de la calidad del aire en la ciudad de Valencia.

Carles Payà Vidal

Inmaculada Coma Tatay

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA | ETSE-UV | REGIDORIA DE TRANSPARÈNCIA I GOVERN
OBERT DEL AJUNTAMENT DE VALÈNCIA

Análisis y visualización de la evolución de la calidad del aire en la ciudad de Valencia.

Introducción

La calidad del aire es un tema de gran importancia para la salud y el bienestar de la población. En la ciudad de Valencia, al igual que en muchas otras ciudades del mundo, la calidad del aire ha sido objeto de preocupación debido al aumento de la contaminación atmosférica en las últimas décadas. La contaminación del aire puede tener efectos negativos en la salud de las personas, el medio ambiente y la economía. Por lo tanto, es importante comprender las diferentes variables que afectan a la misma y cómo pueden ser monitoreadas y controladas para llevar a cabo un plan de acción.

En este informe, se presentará una descripción detallada de las diferentes variables que afectan la calidad del aire en la ciudad de Valencia. Se explicará qué son las diferentes variables, cómo se miden y cómo afectan.

Además, se tratará con los datos obtenidos de la plataforma de datos abiertos del Ayuntamiento de Valencia [1], en los cuales podemos encontrar datos diarios de la calidad del aire desde el 2004 hasta el 2022. Posteriormente a la descripción de las variables se realizará un análisis de la variación temporal de los datos obtenidos a partir de la base de datos anteriormente mencionada.

Variables que afectan a la calidad del aire

Las variables que afectan la calidad del aire se pueden dividir en dos categorías: las variables meteorológicas y las variables contaminantes. Las variables meteorológicas incluyen la temperatura, la humedad relativa, la velocidad y dirección del viento, la presión, la radiación solar y la precipitación. Estas variables pueden afectar la calidad del aire de diferentes maneras. Por ejemplo, la temperatura y la humedad relativa pueden influir en la formación de contaminantes atmosféricos, mientras que la velocidad y dirección del viento pueden afectar la dispersión de los contaminantes en el aire. La radiación solar y la precipitación también pueden influir en la formación y dispersión de los contaminantes.

Por otro lado, las variables contaminantes incluyen una amplia variedad de sustancias que pueden ser perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

A continuación, se tratará de hacer un estudio sobre dichas variables, así como una comparativa con los valores recomendados para una:

Las partículas pueden causar problemas respiratorios, enfermedades cardíacas y cáncer. En la ciudad de Valencia, la fuente principal de partículas en suspensión es el tráfico.

- **PM1, PM2.5, PM10:** Son partículas finas con un diámetro menor a 1, 2.5 o 10 micrómetros. Estas partículas son emitidas principalmente por el tráfico vehicular, la combustión de

combustibles fósiles y la quema de biomasa. Para las PM1 no se ha establecido un valor límite recomendado, ya que es una partícula muy fina y aún se están realizando investigaciones para determinar sus efectos en la salud mientras que para las PM2.5 Y PM10 los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) son 25 y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en promedio anual respectivamente [2].

- **NO:** Es el óxido de nitrógeno, un gas que se produce por la combustión de combustibles fósiles. El NO puede reaccionar con otros compuestos en la atmósfera y formar contaminantes como el ozono y el dióxido de nitrógeno (NO₂). El valor recomendado de NO es de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en promedio horario, según el Ministerio para la transición ecológica [3].
- **NO₂:** Es el dióxido de nitrógeno, un gas que se produce por la combustión de combustibles fósiles. El NO₂ puede irritar los pulmones y causar problemas respiratorios. El valor recomendado para dicho gas es de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en promedio anual, según la OMS [4].
- **NO_x:** Se refiere a los óxidos de nitrógeno (NO y NO₂) combinados. Estos gases pueden contribuir a la formación de smog y lluvia ácida. No se ha establecido un valor límite recomendado específico para NO_x, ya que es una mezcla de gases y su efecto en la salud depende de la proporción de cada uno de ellos.
- **O₃:** Es el ozono, un gas que se forma por la reacción de la luz solar con otros contaminantes atmosféricos, como los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles (COV). El ozono puede irritar los pulmones y causar problemas respiratorios. Su valor recomendado es de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en promedio horario, según la OMS [5].
- **SO₂:** Es el dióxido de azufre, un gas que se produce por la combustión de combustibles fósiles que contienen azufre. El SO₂ puede irritar los ojos, la nariz y la garganta, y también puede contribuir a la formación de lluvia ácida. El valor recomendado para dicho gas es de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en promedio anual, según la OMS [6].
- **CO:** Es el monóxido de carbono, un gas que se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles. El CO puede ser mortal en altas concentraciones. Su valor recomendado es de 9 ppm en promedio horario, según la EPA [7].
- **NH₃:** Es el amoníaco, un gas que se produce por la agricultura y la industria. El NH₃ puede contribuir a la formación de partículas finas y también puede ser perjudicial para la salud y el medio ambiente. No se ha establecido un valor límite recomendado.

- **C7H8:** Es el tolueno, un compuesto orgánico volátil que se produce por la industria y el tráfico vehicular. El tolueno puede ser perjudicial para la salud y el medio ambiente.
- **C6H6:** Es el benceno, un compuesto orgánico volátil que se produce por la industria y el tráfico vehicular. El benceno puede ser perjudicial para la salud y el medio ambiente. El nivel recomendable de benceno en el aire es de 1 ppm (promedio ponderado de 8 horas) según la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA) [8].
- **Ruido:** Aunque el ruido no es un contaminante atmosférico en sí mismo, puede ser perjudicial para la salud y el bienestar humano. El ruido excesivo puede causar molestias, estrés, trastornos del sueño y otros problemas de salud. Además, las fuentes de ruido, como el tráfico vehicular, también pueden ser fuentes de contaminación atmosférica. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un límite de exposición diaria de 85 decibeles (dB) durante un máximo de 8 horas [9].
- **C8H10:** Es el estireno, un compuesto orgánico volátil que se produce por la industria química. El estireno puede ser perjudicial para la salud y el medio ambiente. La exposición prolongada a niveles altos puede tener efectos perjudiciales en la salud.
- **Velocidad del viento:** La velocidad del viento puede afectar la dispersión de los contaminantes en el aire. Un viento fuerte puede ayudar a dispersar los contaminantes y mejorar la calidad del aire.
- **Dirección del viento:** La dirección del viento también puede afectar la dispersión de los contaminantes en el aire. Si los contaminantes son emitidos cerca de una población, una dirección del viento hacia la población puede empeorar la calidad del aire.
- **Temperatura:** La temperatura puede influir en la formación de contaminantes atmosféricos. Por ejemplo, la temperatura alta y la luz solar pueden aumentar la formación de ozono y otros contaminantes.
- **Humedad relativa:** La humedad relativa puede influir en la formación de contaminantes atmosféricos. Una humedad alta puede aumentar la formación de partículas finas, mientras que una humedad baja puede aumentar la formación de ozono. El valor recomendable de humedad relativa para la mayoría de las personas se sitúa entre el 30% y el 60%. Por debajo

del 30%, el aire puede ser demasiado seco y provocar problemas respiratorios, mientras que por encima del 60% puede haber un aumento en la proliferación de moho y bacterias [10].

- **Presión:** La presión atmosférica es la fuerza que ejerce el aire sobre la superficie terrestre. Un aumento en la presión puede llevar a una disminución en la circulación del aire, lo que puede aumentar la concentración de contaminantes en un área y disminuir la calidad del aire. La presión atmosférica se mide en milibares (mb) o hectopascales (hPa). La presión promedio al nivel del mar es de 1013,25 hPa, pero puede variar debido a cambios en el clima. Para la mayoría de las personas, una presión atmosférica que oscile entre 980 hPa y 1040 hPa es normal.

- **Radiación solar:** La radiación solar es la energía emitida por el sol. Si bien no es un contaminante en sí mismo, la radiación solar puede afectar la calidad del aire al influir en la temperatura del aire, lo que a su vez puede afectar la concentración de ciertos contaminantes.

- **Precipitación:** La precipitación es la cantidad de agua que cae del cielo en forma de lluvia, nieve o granizo. La precipitación puede afectar la calidad del aire de varias maneras, como lavando los contaminantes del aire y depositándolos en la superficie terrestre. En general, la precipitación promedio anual en zonas templadas varía entre 600 y 1200 mm. En zonas áridas, la precipitación es menor y puede oscilar entre 25 y 250 mm al año.

- **Velocidad máxima del viento:** La velocidad del viento puede afectar la calidad del aire de varias maneras, como dispersando los contaminantes en el aire y llevándolos a áreas más limpias. Una velocidad de viento excesiva también puede generar polvo y partículas finas, lo que puede afectar la calidad del aire. Una velocidad de viento de hasta 30 km/h es segura para la mayoría de las personas, mientras que velocidades superiores pueden causar daños en edificios y árboles, así como crear peligros para la navegación y el tráfico.

- **As (ng/m³):** el arsénico es un metaloide que puede encontrarse en la naturaleza y en algunos procesos industriales. La exposición prolongada al arsénico puede provocar enfermedades respiratorias, problemas cardiovasculares, daño hepático y cáncer.

- **Ni (ng/m³):** el níquel es un metal que se encuentra en la naturaleza y en algunos procesos industriales. La exposición al níquel puede provocar problemas respiratorios, alergias y asma.

- **Cd (ng/m³):** el cadmio es un metal que se encuentra en la naturaleza y en algunos procesos industriales. La exposición prolongada al cadmio puede provocar daño renal y enfermedades respiratorias.
- **Pb (ng/m³):** el plomo es un metal que se encuentra en la naturaleza y en algunos procesos industriales. La exposición prolongada al plomo puede provocar daño cerebral, enfermedades renales, problemas cardiovasculares y anemia.
- **B(a)p (ng/m³):** el benzo(a)pireno es un compuesto orgánico que se encuentra en la combustión incompleta de materia orgánica, como el tabaco, el carbón y la madera. La exposición al benzo(a)pireno puede provocar enfermedades respiratorias y cáncer.

Una tabla resumen de los valores comentados anteriormente se puede observar en la Figura 1:

Contaminante	Tiempo promedio	Meta intermedia				Nivel de las directrices sobre la calidad del aire
		1	2	3	4	
MP _{2,5} , µg/m ³	Anual	35	25	15	10	5
	24 horas ^a	75	50	37,5	25	15
MP ₁₀ , µg/m ³	Anual	70	50	30	20	15
	24 horas ^a	150	100	75	50	45
O ₃ , µg/m ³	Temporada alta ^b	100	70	-	-	60
	8 horas ^a	160	120	-	-	100
NO ₂ , µg/m ³	Anual	40	30	20	-	10
	24 horas ^a	120	50	-	-	25
SO ₂ , µg/m ³	24 horas ^a	125	50	-	-	40
CO, mg/m ³	24 horas ^a	7	-	-	-	4

^a Percentil 99 (es decir, 3-4 días de superación por año).

^b Promedio de las concentraciones máximas diarias de O₃ (medias octohorarias) en los seis meses consecutivos con la concentración media móvil de O₃ más alta.

Figura 1. Niveles recomendados de las directrices sobre la calidad del aire y metas intermedias

Estudio de los datos

En este estudio, se llevará a cabo una evaluación de la calidad del aire en Valencia durante diferentes años, con el objetivo de identificar posibles tendencias y comparar la evolución de la contaminación atmosférica en la ciudad. Para ello, se utilizarán datos de estaciones de monitoreo de calidad del aire ubicadas en diferentes puntos de la ciudad de Valencia y se analizarán diversos contaminantes, como partículas en suspensión, óxidos de nitrógeno, ozono, entre otros.

La comparativa de los datos obtenidos permitirá determinar si ha habido mejoras en la calidad del aire en Valencia en los últimos años y si se han cumplido las metas establecidas en la legislación vigente. Asimismo, los resultados del estudio podrían ser de utilidad para desarrollar políticas y estrategias de gestión ambiental para mejorar la calidad del aire en Valencia y en otras ciudades similares.

Para poder llevar a cabo esta comparativa es necesario llevar a cabo un análisis de los datos faltantes de la base de datos con la que se va a tratar, ya que en este caso la cantidad de variables con valor nulo (*NaNs*) que se encuentran pueden conllevar a una lectura errónea de los datos. A continuación, en la Figura 2 se pueden observar la cantidad de datos faltantes por variable.

Variables	Cantidad de datos faltantes
Id	0
Fecha	0
Día del mes	0
Día de la semana	0
Estación	0
PM1	32463
PM2.5	20078
PM10	14567
NO	9965
NO2	9967
NOx	9974
O3	10453
SO2	10270
CO	23788
NH3	40807
C7H8	39400
C6H6	39132
Ruido	32580
C8H10	39108
Velocidad del viento	23219
Dirección del viento	23254
Temperatura	27623
Humedad relativa	27921
presión	27525
radiación solar	27736
Precipitación	31658
Velocidad máxima del viento	31420

As (ng/m³)	42428
Ni (ng/m³)	42429
Cd (ng/m³)	42428
Pb (ng/m³)	42429
B(a)p (ng/m³)	43304
Fecha creación	0
Fecha baja	43388

Figura 2. Datos faltantes de cada variable de la base de datos

Como se puede observar, teniendo en cuenta que hay en total 43400 observaciones, hay una gran cantidad de variables sobre las cuales no se podrá llevar a cabo un estudio debido a que no hay datos suficientes para ello. Por otro lado, de las variables que sí disponemos datos se puede llevar a cabo una comparativa en diferentes intervalos de tiempo que nos permita ver la evolución y la tendencia de dichas variables para así disponer información con la que se puedan desarrollar políticas de gestión ambiental.

Caso 1: [2004, 2022]

En este caso se va a llevar una comparativa general, entre los intervalos anuales más alejados de los que se dispone en la base de datos: [2004, 2022]. Se debe tener en cuenta que al estar tratando con el año 2004 la mayoría de los datos de ese año no están registrados como se puede observar en la Figura 3.

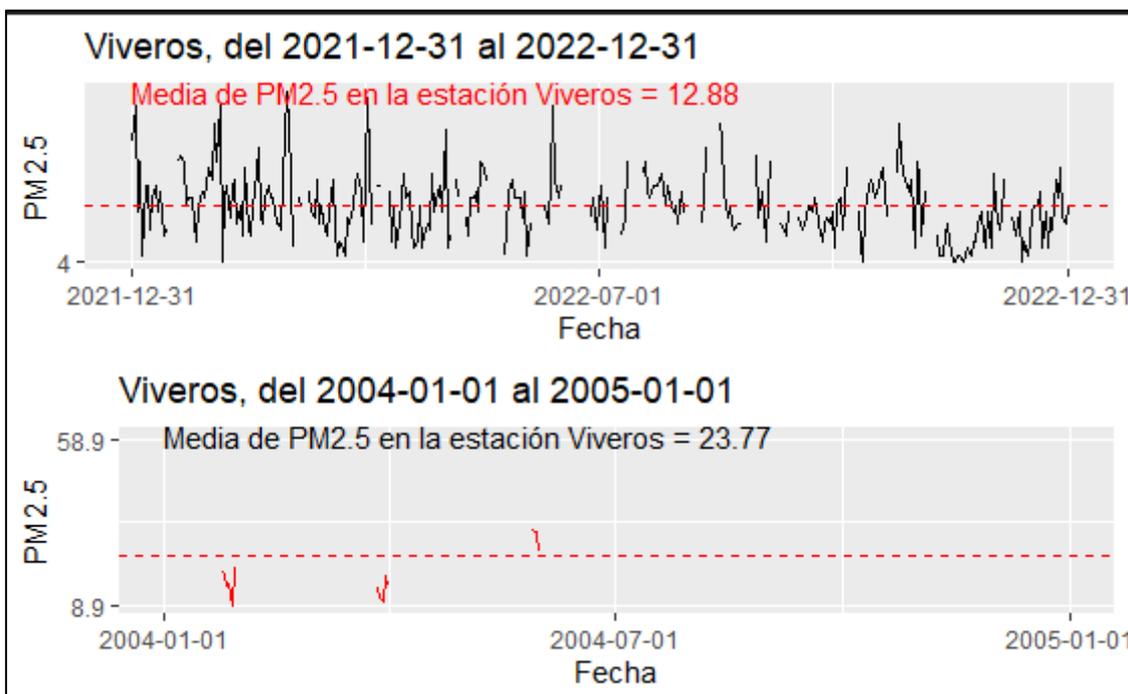


Figura 3. Datos faltantes en intervalos de años lejanos.

Por otro lado, en variables donde sí se dispone de los datos necesarios se puede llevar a cabo una comparativa entre ambos intervalos de tiempo, como por ejemplo en la Figura 4.

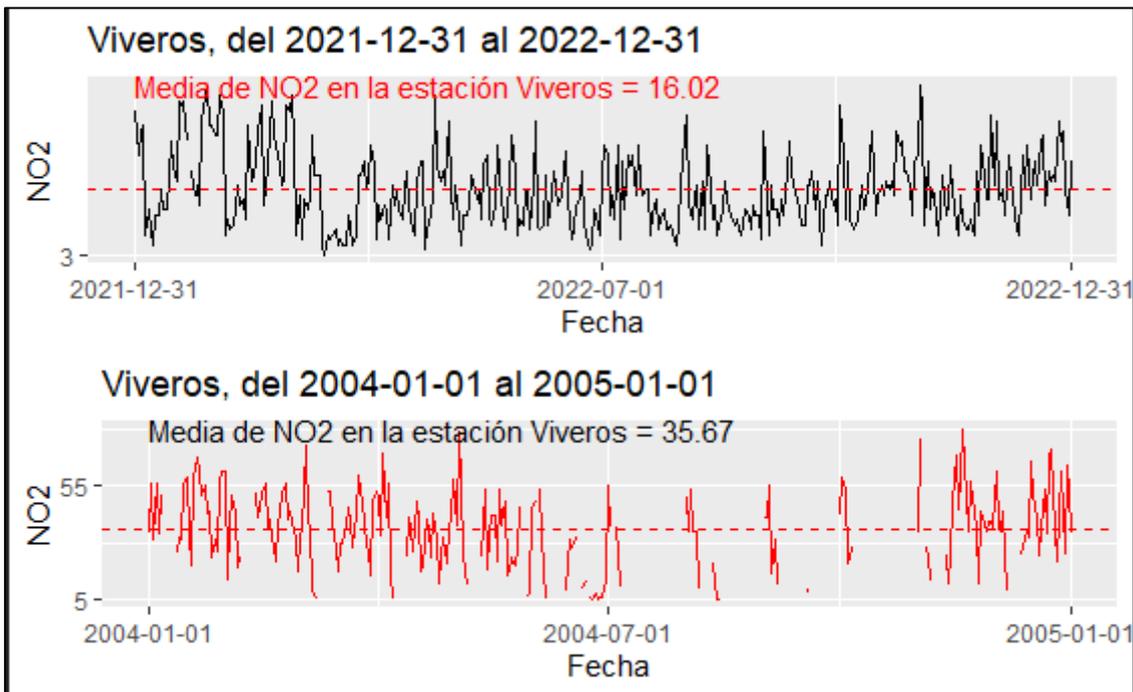


Figura 4. Comparativa de los datos de NO₂

En esta figura se puede observar cómo pese a estar en la media recomendada por la OMS en ambos intervalos anuales, se ha producido un decrecimiento de la cantidad de NO₂ en este caso de -19 µg/m³ anuales. Se puede observar este mismo suceso en la mayoría de las variables, como por ejemplo con el NO y el NO_x, en la figura 5.

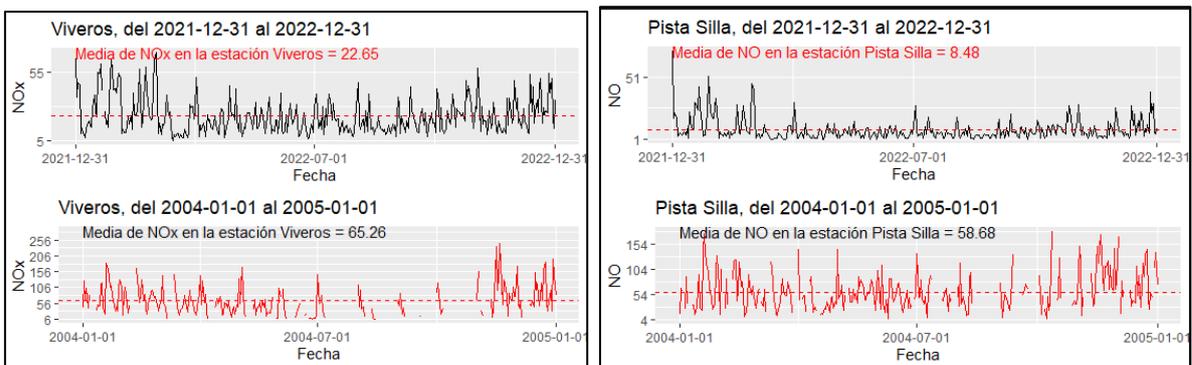


Figura 5. Comparativa de los datos de NO y NO_x.

Por otro lado, pese a que la mayoría de las variables tienen tendencia decreciente se pueden observar otras cuyos valores han crecido en estos dos intervalos como por ejemplo en la figura 6 donde podemos observar un crecimiento del O₃.

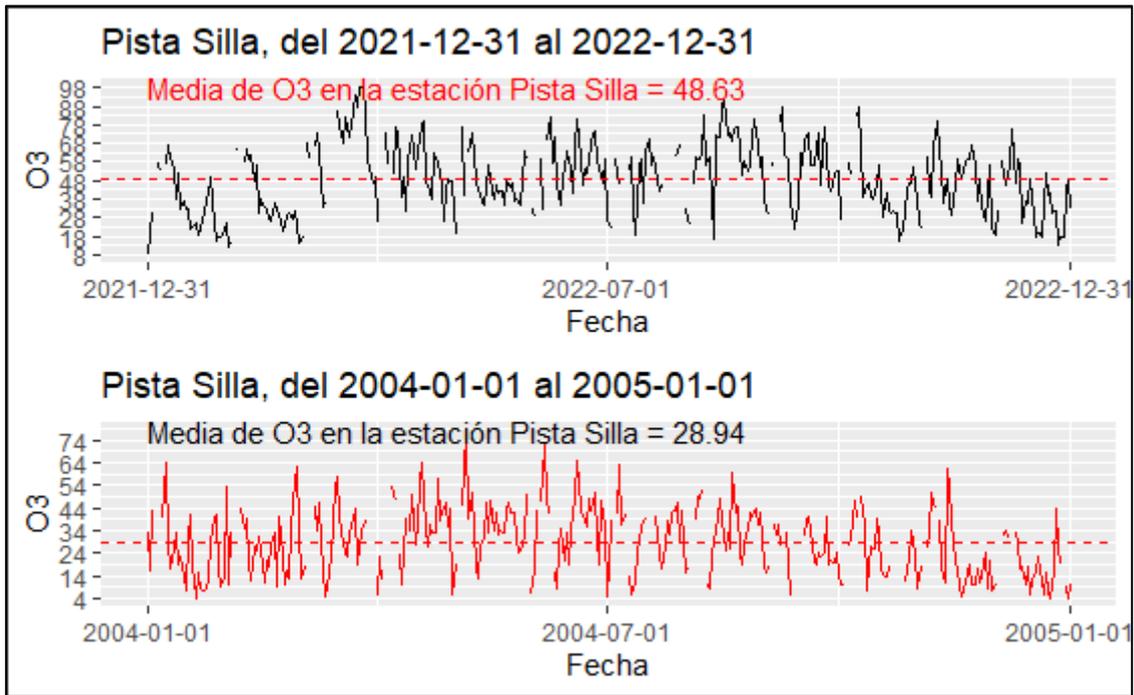


Figura 6. Comparativa de los datos de O3.

En la figura 6 se puede observar cómo entre ambos intervalos ha habido un crecimiento de la cantidad de Ozono en el aire del 165%, esto puede ser debido al incremento de coches y contaminantes en la última década. Este crecimiento puede llegar a ser muy perjudicial, sobre todo a nivel ambiental, ya que muchas especies vegetales sufren cambios en su crecimiento y vigorosidad y en su valor nutricional, entre otros [11].

Caso 2: [2010,2015]

En este caso se va a tratar con unos intervalos de tiempo en los cuales se puede observar un período estable en cuanto a los datos de la calidad de aire se refiere. En las siguientes figuras encontramos algunos ejemplos:

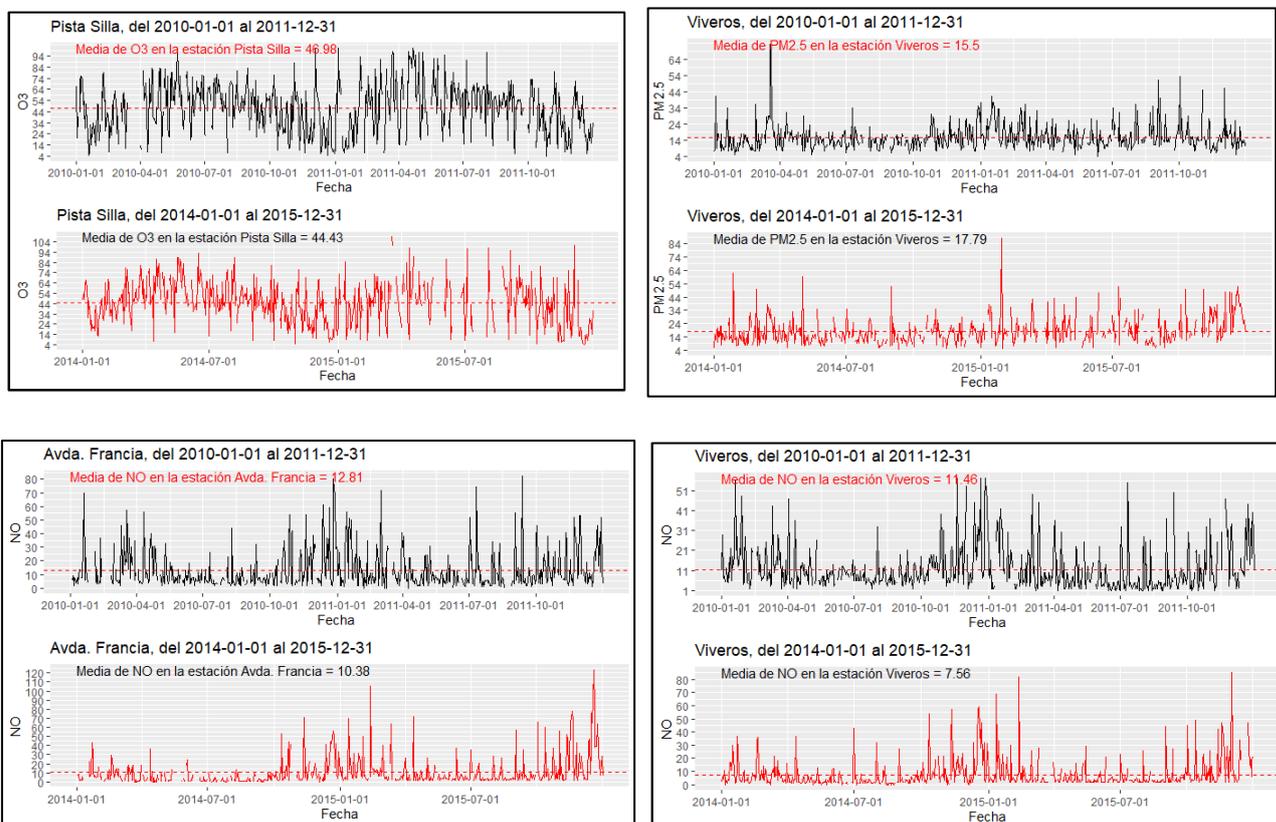


Figura 7. Comparativa de los datos entre 2010 y 2015.

Como se puede observar en las figuras anteriores, las medias de los valores entre los intervalos varían muy ligeramente, esto se debe a las pocas políticas ambientales que se tomaban en dicha época lo cual produjo que no se produjera ninguna mejora entre estos años.

Caso 3: [2016, 2020]

En el siguiente caso se hará un estudio como en el ejemplo anterior entre los intervalos de los datos del 2016-17 y 2019-20. En las figuras 8 y 9 se pueden observar diferentes ejemplos donde la media de las variables ha variado en estos intervalos de tiempo.

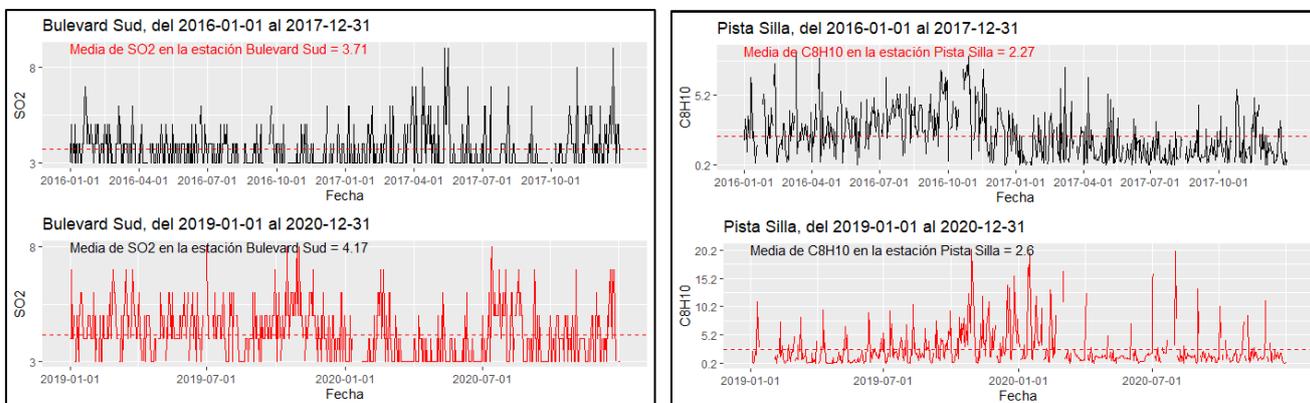


Figura 8. Ejemplos de crecimiento de contaminantes en el aire 2016-2019

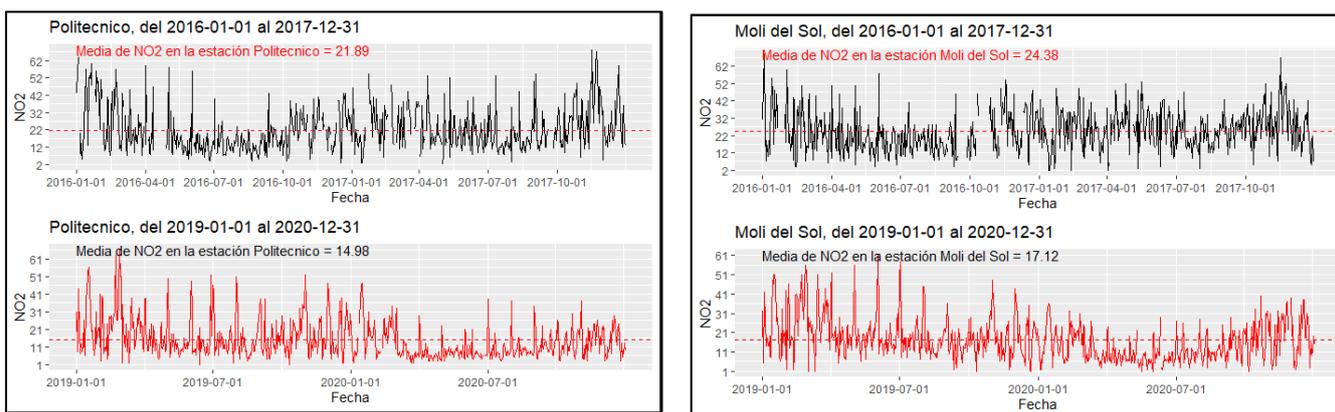


Figura 9. Ejemplos de decrecimiento de contaminantes en el aire 2016-2019

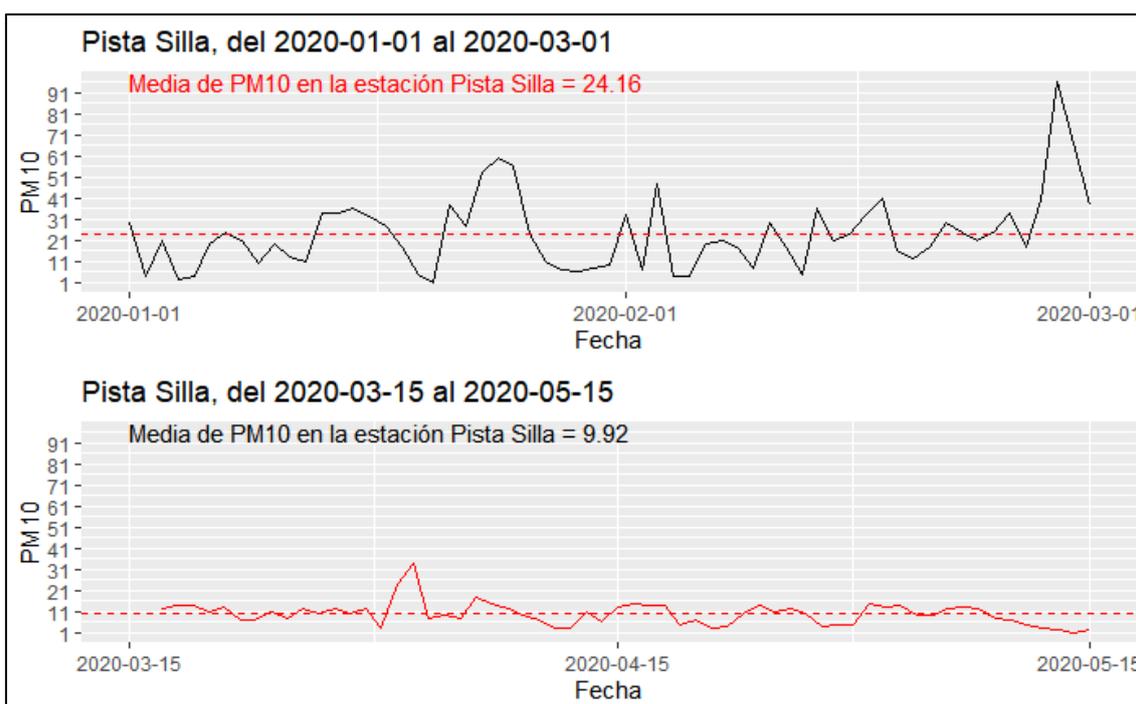
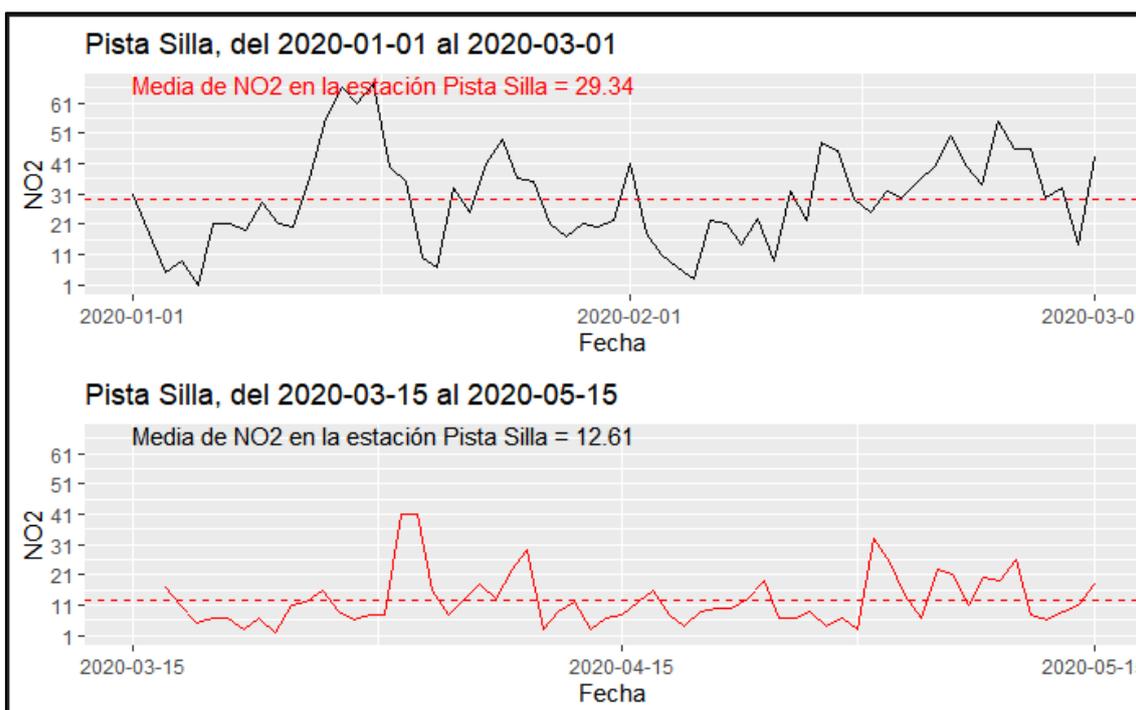
Por un lado, en la figura 8 se pueden observar dos ejemplos donde se produce un leve empeoramiento tanto en la variable de SO₂ como en la variable C₈H₁₀. En la primera imagen se observa un crecimiento de la media de 0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la segunda 0.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pese no ser una variación muy exagerada hay que tener en cuenta que durante estos períodos es cuando más medidas se empezaron a tomar a la hora de reducir las emisiones de Carbono a la atmosfera y más en zonas urbanas.

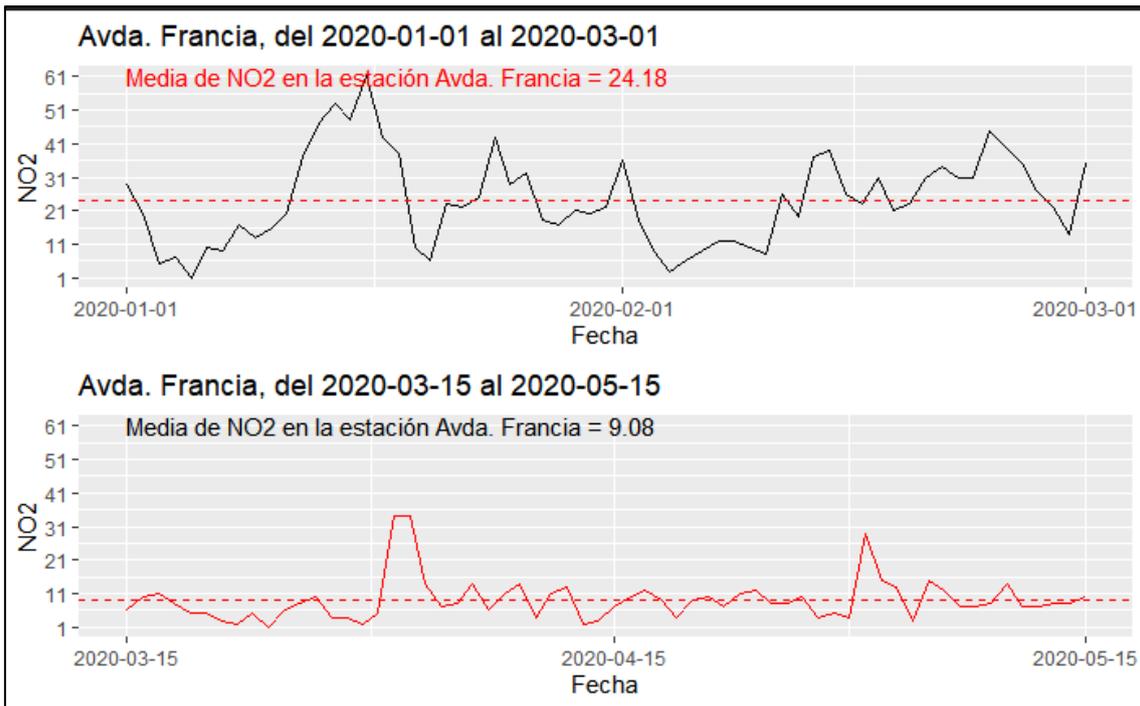
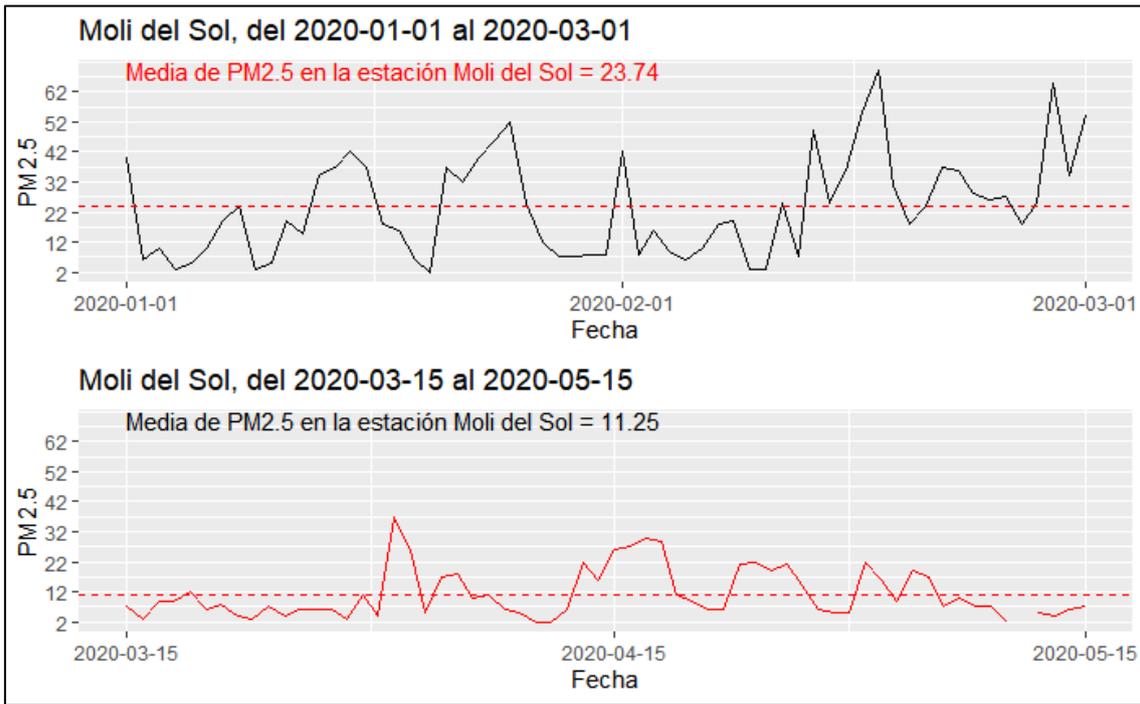
Por otro lado, en la figura 9 se representan dos ejemplos contrarios a la figura anterior, tenemos dos situaciones donde se ha producido una mejora en el segundo intervalo en la variable NO₂. Esto puede ser debido al cambio y evolución de los transportes véase los coches los cuales con los pasos de los años están diseñados para ser menos dañinos con el medio ambiente.

Caso 4: [2020] Prepandemia y confinamiento

En este caso se quiere llevar a cabo un análisis de los datos inmediatamente anteriores al confinamiento y compararlos con los de confinamiento para ver qué efectos tuvo en la calidad del aire este período de la pandemia. Para ellos se usarán los datos desde enero a marzo y desde mediados de marzo a mayo, justo cuando empezó la cuarentena.

Un ejemplo de lo beneficioso que fue el menor uso de los transportes para la calidad del aire lo podemos observar en las siguientes figuras:





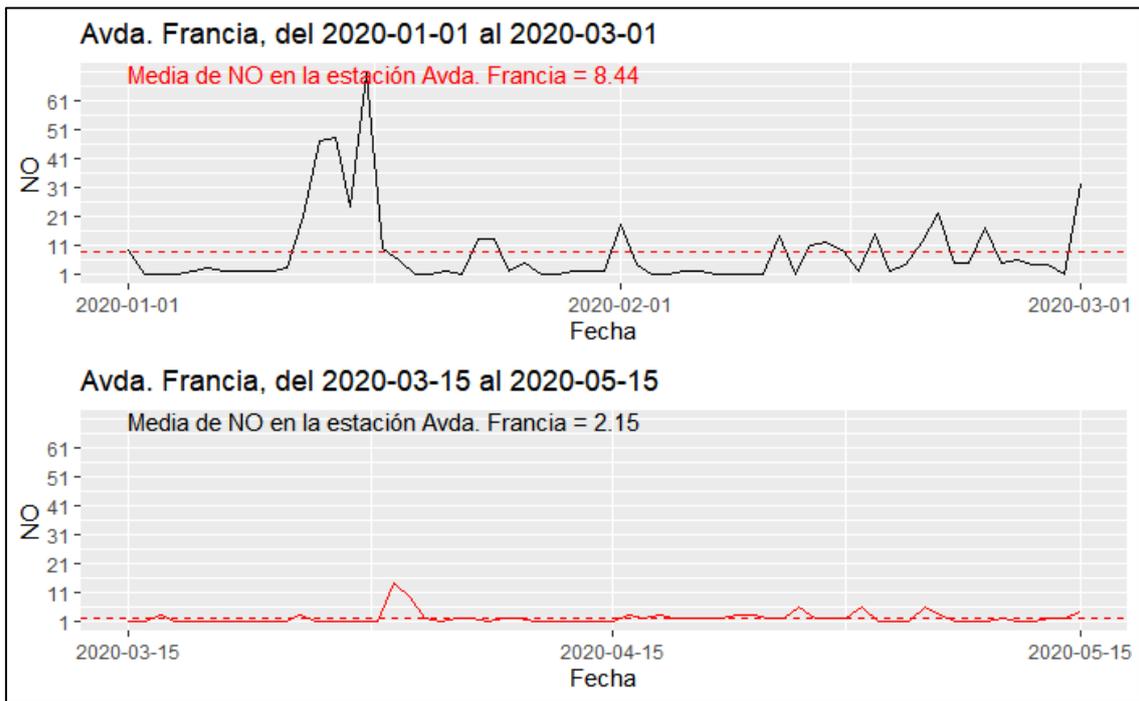


Figura 10. Ejemplos de disminución de contaminantes en el aire en el confinamiento

Como se puede observar en las anteriores figuras, es evidente que el confinamiento produjo una mejora del ecosistema medioambiental, una mejora de la calidad de aire a niveles más bajos que los datos mas anteriores disponibles en la base de datos.

Se hace el estudio entre los periodos del 1 de enero al 1 de marzo de 2020 y del 15 marzo al 15 de mayo del mismo año.

En la primera imagen se observa que el valor medio de NO₂ en la estación de Pista de Silla es 29.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el primer período, a diferencia del segundo intervalo de tiempo donde se puede observar cómo disminuye drásticamente hasta 12.61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la segunda, en la misma estación, se observa que el valor medio de PM₁₀ es 24.16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el primer período, se puede observar cómo disminuye hasta 9.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ es decir casi un 300%.

Por otro lado, en la tercera imagen, en la estación de Molí del Sol se puede observar como la diferencia de la media de partículas < 2.5 es de 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, es decir la mitad del primer intervalo.

En la cuarta y quinta imagen, centradas en la estación situada en la Avenida de Francia, se puede observar una disminución del NO₂ del 266% entre ambos períodos, mientras que en la última imagen podemos observar como el NO también tuvo una bajada hasta llegar a una cuarta parte del valor de la media en el primer período.

Esto nos indica que una de las posibles mejoras que se podrían llevar a cabo en Valencia sería una disminución de los transportes más comunes como pueden ser coches o motos e incentivar a la sociedad a usar el transporte público ya sea con la creación de abonos para diferentes edades o descuentos según la cantidad de veces que uses mensualmente dichos transportes. De esta manera se conseguiría disminuir el uso de los transportes que más contaminantes

proporcionan al aire y se reduciría el uso de coches por la ciudad sabiendo que la mayor cantidad de veces estos van ocupados por una persona simplemente.

Referencias

[1] Enlace a los datos diarios calidad aire 2004-2022 del Ayuntamiento de Valencia:

<https://valencia.opendatasoft.com/explore/dataset/rvcca/table/>

[2] Enlace al apartado de Población urbana expuesta a contaminación del aire (micropartículas PM10, PM2,5) del INE:

https://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=INESeccion_C&cid=1259944618679&p=1254735110672&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout¶m1=PYSDetalleFichaIndicador¶m3=1259937499084#:~:text=La%20Organizaci%C3%B3n%20Mundial%20de%20la,est%C3%A1%20en%20vigor%20desde%202010.

[3] Enlace al apartado de Óxido de Nitrógeno del Ministerio para la transición ecológica:

<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/oxidosis-nitrogeno.aspx>

[4] Enlace a los valores de referencia de NO2:

[https://ajuntament.barcelona.cat/mapes-dades-ambientals/qualitataire/es/faqs.html#:~:text=%C2%BFcu%C3%A1les%20son%20los%20valores%20l%C3%ADmite,m3%20\(promedio%20anual\).](https://ajuntament.barcelona.cat/mapes-dades-ambientals/qualitataire/es/faqs.html#:~:text=%C2%BFcu%C3%A1les%20son%20los%20valores%20l%C3%ADmite,m3%20(promedio%20anual).)

[5] Enlace al apartado de Ozono del Ministerio para la transición ecológica:

<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/ozono.aspx>

[6] Enlace al Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire :

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-1645>

[7] Enlace al apartado de Prevención de envenenamiento con monóxido de carbono producido por herramientas y equipos con motores pequeños de gasolina

https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/96-118_sp/default.html#:~:text=El%20l%C3%ADmite%20de%20exposici%C3%B3n%20recomendada,CO%20es%20de%201%2C200%20ppm.

[8] Enlace a los valores recomendados de Benceno y Tolueno:

https://www.insst.es/documents/94886/359043/MA_030_A92.pdf/ac88773d-81a9-4408-854d-d2451d16a2c7

[9] Enlace a los valores recomendados de ruido:

https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_503.pdf/182d0939-8e1e-488d-9f74-98fa93709759

[10] Enlace a los valores recomendados de humedad relativa:

<https://www.epa.gov/iaq-schools/moisture-control-part-indoor-air-quality-design-tools-schools#:~:text=To%20protect%20health%2C%20comfort%2C%20the,particularly%20in%20high%20humidity%20climates.>

[11] Enlace a los efectos del incremento de Ozono en la atmósfera:

<https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/el-incremento-de-ozono-en-la-atmosfera-amenaza-la-biodiversidad-global>