


Visualización de la calidad del aire en Valencia: una herramienta para la ciudadanía

Inmaculada Coma TatayUniversitat de València (España) ✉ **Francesc Domenech**

Universitat de València (España)

Vicente Carot

Universitat de València (España)

Cristina Portalés RicartUniversitat de València (España) ✉ 

<https://dx.doi.org/10.5209/obmd.106444> Recibido: 11 de septiembre del 2025 / Enviado a evaluar: 24 de septiembre del 2025
/ Aceptado: 5 de diciembre del 2025

Resumen: La calidad del aire constituye un indicador esencial de la salud ambiental y su adecuada comunicación es clave para promover decisiones informadas. En Valencia, aunque los datos oficiales de contaminación atmosférica están disponibles en portales abiertos, su complejidad dificulta su comprensión por parte de la ciudadanía. Este trabajo presenta una aplicación web que integra información en tiempo real y series históricas de once estaciones de medición, permitiendo visualizar de forma interactiva los principales contaminantes (NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, O_3 , SO_2) junto con los valores de referencia de la legislación española y las recomendaciones de la OMS. La herramienta combina mapas, gráficos temporales y mapas de calor, facilitando el análisis de tendencias, la comparación con umbrales normativos y la identificación de periodos críticos. Los resultados muestran una reducción progresiva de NO_2 y PM_{10} entre 2014 y 2023, así como patrones estacionales asociados al ozono. Esta propuesta contribuye a democratizar el acceso a la información ambiental, fomentando la conciencia social y ofreciendo un recurso replicable para otras ciudades interesadas en acercar los datos de calidad del aire a la población.

Palabras clave: Calidad del aire; Visualización de datos; Salud Ambiental; Concienciación ciudadana.

ENG Air Quality Visualization in Valencia: An Interactive Tool for Citizens

ENG Abstract: Air quality is a key indicator of environmental health, and its effective communication is essential to support informed decision-making. In Valencia, although official air pollution data are openly available, their complexity hinders public understanding. This paper presents a web application that integrates real-time and historical information from eleven monitoring stations, enabling interactive visualization of the main pollutants (NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, O_3 , SO_2) together with reference values from Spanish legislation and WHO guidelines. The tool combines maps, temporal charts, and heatmaps to facilitate trend analysis, comparison with regulatory thresholds, and identification of critical periods. Results reveal a progressive decline in NO_2 and PM_{10} levels between 2014 and 2023, as well as seasonal patterns linked to ozone. The proposed platform helps democratize access to environmental information, raise public awareness, and provides a replicable resource for other cities seeking to make air-quality data more accessible to citizens

Keywords: Air Quality; Data visualization; Environmental health; Citizen awareness.

FR Visualiser la qualité de l'air à Valence: un outil pour les citoyens

FR Résumé: La qualité de l'air est un indicateur essentiel de la santé environnementale, et sa communication efficace est primordiale pour favoriser des décisions éclairées. À Valence, bien que les données officielles sur la pollution atmosphérique soient disponibles sur des portails publics, leur complexité les rend difficiles à appréhender pour le grand public. Cet article présente une application web intégrant des informations en temps réel et des séries chronologiques provenant de onze stations de surveillance. Elle permet la visualisation interactive des principaux polluants (NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, O_3 , SO_2) ainsi que des valeurs de référence établies par la législation espagnole et les recommandations de l'OMS. L'outil combine cartes, graphiques chronologiques et cartes thermiques, facilitant l'analyse des tendances, la comparaison avec les seuils réglementaires et l'identification des périodes critiques. Les résultats montrent une réduction progressive du NO_2 et des PM_{10} entre 2014 et 2023, ainsi que des variations saisonnières liées à l'ozone. Cette proposition contribue à démocratiser l'accès à l'information environnementale, à sensibiliser le public et offre une ressource reproductible pour d'autres villes souhaitant rendre les données sur la qualité de l'air plus accessibles à la population.

Mots-clés: Qualité de l'air; Visualisation des données; Santé environnementale; Sensibilisation des citoyens.

Sumario: 1. Introducción. 2. La contaminación atmosférica, factores y medidas. 3. Visores de contaminación atmosférica. 4. Desarrollo de un visor de la calidad del aire en la ciudad de Valencia. 4.1. Los datos de contaminación. 4.2. Visualización de la contaminación atmosférica en Valencia. 5. Resultados y discusión. 6. Conclusiones. 7. Bibliografía.

Cómo citar: Coma, I., Domenech, F., Carot, V. y Portalés, C. (2025). "Visualización de la calidad del aire en Valencia: una herramienta para la ciudadanía". *Observatorio Medioambiental*, 28(1), 75-88.

1. Introducción

La calidad del aire, un indicador esencial de la salud ambiental, ha sido señalada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como una de las mayores amenazas ambientales para la salud pública (World Health Organization, 2021). Así, actualmente se estima que hay una gran cantidad de enfermedades atribuibles a la contaminación del aire y se ha equiparado a otros riesgos como la dieta o el tabaquismo.

En el caso de la contaminación atmosférica urbana, la exposición a sustancias como el dióxido de nitrógeno (NO_2) y partículas finas en suspensión ($\text{PM}_{2.5}$) conlleva serios riesgos para la salud, y ha sido vinculada con un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias (Cosselman et al., 2015; Abdul-Rahman et al. 2024; Hayes 2020; Huang et al., 2021). El ozono troposférico, un contaminante secundario que se forma a partir de la interacción de la luz solar con precursores como el NO_2 , se ha convertido en un problema crítico en muchas ciudades debido al aumento de las emisiones y las condiciones climáticas que favorecen su formación. Este contaminante está asociado a efectos negativos para la salud, demostrándose que la exposición a largo plazo también está asociada a un incremento del riesgo cardiovascular y respiratorio (Kim et al., 2020).

Para medir el nivel de los gases contaminantes muchas ciudades disponen de estaciones de contaminación atmosférica que detectan y almacenan información en tiempo real. Así, en el caso de la ciudad de Valencia, existen 11 estaciones de medición de contaminación distribuidas en diferentes puntos de la ciudad.

El ayuntamiento de Valencia, a través de su portal de datos abiertos, muestra información en tiempo real de las principales partículas medidas de dichas estaciones y además también muestra información histórica de los datos diarios de calidad del aire desde el año 2004 (Ayuntamiento de Valencia, 2024). También la Conselleria de Medio Ambiente, Infraestructuras y Territorio publica los datos de todas las estaciones de la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica (Generalitat Valenciana, 2024), pudiendo acceder a los datos online en tiempo real de las estaciones de todas la comunidad, así como al histórico.

Sin embargo, aunque los datos son públicos y están accesibles, es difícil que lleguen a la ciudadanía si no es a través de análisis expertos de los mismos o visualizaciones que permitan interpretarlos y conocer la benevolencia o el nivel de riesgo de los diferentes elementos contaminantes.

Para facilitar un mayor entendimiento de esta información por parte de la ciudadanía, desde la Cátedra de Inteligencia Artificial y Visualización de Información de la Universidad de Valencia se ha desarrollado una aplicación que permite a los usuarios visualizar los datos de la calidad del aire en la ciudad de Valencia, tanto los valores actuales como su evolución temporal del registro de datos de que dispone el ayuntamiento. Dicha aplicación muestra de forma visual valores de calidad del aire en términos cuantitativos, pero también cualitativos (buena, razonablemente buena, regular).

Además, la aplicación proporciona análisis gráficos interactivos y comprensibles, mostrando de forma integrada, como novedad, la evolución histórica junto a los valores de referencia de las principales legislaciones para saber el nivel de contaminación con los límites de referencia establecidos por entidades internacionales como nocivos para la salud.

Este artículo se estructura de la siguiente forma. En la sección 2 se da un marco teórico de los factores que influyen en la contaminación atmosférica y los valores de referencia. En la sección 3 se revisan las herramientas de visualización de la contaminación atmosférica. En la sección 4 se describe el trabajo realizado, se presentan los detalles de la aplicación web para la monitorización de la contaminación atmosférica mostrando valores de referencia y visualizaciones gráficas que ayuden a su interpretación. Por último, en el apartado 5 se presentan las conclusiones.

2. La contaminación atmosférica, factores y medidas

Las variables que afectan la calidad del aire se pueden dividir en dos categorías: las propias partículas contaminantes y las variables meteorológicas que pueden contribuir a empeorar o mejorar la contaminación.

Entre las partículas y gases contaminantes se incluyen una amplia variedad de sustancias que pueden ser perjudiciales para la salud y el medio ambiente. En las ciudades, la fuente principal de estos elementos es la quema de combustibles fósiles por los vehículos y en la industria, aunque también contribuyen a las partículas en suspensión otros fenómenos naturales.

Veamos cuáles son las principales partículas y gases contaminantes que se miden para valorar la calidad del aire.

Por un lado, tenemos las partículas en suspensión PM_1 , $PM_{2.5}$, PM_{10} (Particulate matter) que son partículas muy finas emitidas en las ciudades principalmente por el tráfico vehicular (Querol, 2001) y de las que se ha demostrado una correlación con enfermedades pulmonares, cardíacas y reducción de la esperanza de vida (Apte, 2018).

En cuanto a los gases destacamos el dióxido de azufre (SO_2), el dióxido de nitrógeno (NO_2) y el monóxido de carbono, todos ellos producidos por la quema de combustibles (Shon, 2011) y que provocan efectos respiratorios adversos.

Por último, el ozono troposférico (O_3) es un contaminante secundario, esto es, un gas que se forma por la reacción de la luz solar con otros contaminantes primarios, como los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono y los compuestos orgánicos volátiles. El ozono puede irritar los pulmones y causar problemas respiratorios (Vallero, 2014).

Además de estas partículas y gases contaminantes considerados los principales por sus concentraciones habituales en las ciudades existen otros muchos tales como el amoníaco, el tolueno, benceno o el estireno (entre otros) producidos por la agricultura, industria y tráfico.

Respecto a las variables meteorológicas, la temperatura, la humedad relativa, la velocidad y dirección del viento, la presión, la radiación solar y la precipitación influyen en la contaminación y pueden afectar la calidad del aire de diferentes maneras. En el caso del viento, puede afectar a la dispersión de contaminantes o, por el contrario, si los contaminantes son emitidos cerca de una población, una dirección del viento hacia la población puede empeorar la calidad del aire (Santacatalina & Mantilla, 2011). El viento también es el responsable de generar polvo y partículas finas que pueden afectar a la calidad del aire, por ejemplo, las masas de aire sahariano que llegan a España incrementan las partículas PM_{10} (Querol, 2001). También la temperatura y radiación solar afectan ya que contribuyen a aumentar la formación de ozono (EPA, 2024) en uno de los

contaminantes que más ha aumentado en las ciudades los últimos años.

a) Niveles máximos recomendamos de las partículas contaminantes

La OMS ha elaborado unas guías de calidad del aire orientadas a conseguir una calidad del aire que proteja la salud pública en distintas situaciones (World Health Organization, 2006).

También la Unión Europea ha desarrollado estrategias globales y objetivos de calidad del aire a largo plazo en una serie de directivas que han establecido el control de los niveles de ciertos contaminantes y la medición de sus concentraciones en el aire. Estas directivas se han trasladado a las legislaciones propias de cada país, que además introducen para algunos gases niveles a partir de los cuáles se debe alertar a la población.

En el caso de la legislación española, es el Consejo Asesor de Medio Ambiente (CAMA) el encargado de asesorar en la materia. Así, en el Real Decreto 102/2011 de 28 de enero, relativo a la mejora de calidad del aire establece un conjunto de valores límite, esto es “un nivel fijado basándose en conocimientos científicos, con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana, para el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza que debe alcanzarse en un período determinado y no superarse una vez alcanzado”, así como unos valores objetivos y objetivos a largo plazo. También se incluye el umbral de información, a partir del cual las administraciones deben suministrar información inmediata y apropiada a la población, en especial a los grupos vulnerables, y un umbral de alerta a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud y requiere de la adopción de medidas inmediatas.

Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS) también ha recopilado evidencias de la influencia de la contaminación ambiental en la salud y ha establecido unos niveles recomendados. Estas recomendaciones de la OMS son más restrictivas que las de las diferentes legislaciones. Esto se debe a que las recomendaciones de la OMS buscan evitar prácticamente todos los efectos nocivos de la contaminación del aire sobre la salud, mientras que las otras normas también consideran factores técnicos y económicos factibles para su implementación.

Así, la OMS en su informe de 2021 (World Health Organization, 2021) establece unas recomendaciones de niveles máximos recomendados de cada gas, y también fija unos objetivos intermedios hasta llegar a esos niveles de referencia. Dichas recomendaciones en algunos casos son para valores diarios y anuales, en otros se recomienda que no se pueda exceder un valor cada hora, o durante una época del año.

b) Índice de Calidad del Aire

El índice de calidad del aire (ICA) es un indicador establecido por la Agencia Europea de Medio Ambiente que permite agrupar los diferentes contaminantes en un solo valor para informar de la calidad a la población de una manera más visual, intuitiva y clara, utilizando unos criterios homogéneos.

En España, se estableció un Índice Nacional de Calidad del aire basado en el ICA europeo (BOE, 2019) con el objetivo de que el público general tenga acceso de forma sencilla a información sobre la calidad del aire de cualquier zona.

Este ICA muestra la situación en materia de calidad del aire a nivel de cada estación, basándose en los cinco contaminantes comentados previamente: PM₁₀, PM_{2,5}, Ozono troposférico, Dióxido de nitrógeno y Dióxido de azufre.

El índice de calidad del aire define seis niveles de calidad del aire que se recogen con una escala de colores de fácil identificación por el ciudadano. Los valores que puede tomar van desde: “extremadamente desfavorable” que implica activar advertencias sanitarias ya que toda la población puede verse afectada, pasando por “muy desfavorable”, “desfavorable”, “regular”, “razonablemente buena” hasta “buena” con poco o ningún riesgo para la salud.

3. Visores de contaminación atmosférica

Una vez conocidos los elementos que contribuyen a la calidad del aire es crucial medir, analizar y visualizar estos datos de contaminación atmosférica para conocer los niveles de contaminantes, identificar tendencias y tomar decisiones informadas para mejorar la calidad del aire.

En España, diferentes instituciones públicas, organismos privados e investigadores realizan análisis de este tipo. Ya hemos citado previamente a nivel de comunidad valenciana a la Consellería de Medio Ambiente y el

Ayuntamiento de Valencia como organismos que recopilan y publican la información de las estaciones medioambientales, proporcionando una base para la toma de decisiones locales. Estas entidades facilitan la publicación y el acceso abierto a datos que, a su vez, son utilizados en informes técnicos y visualizadores accesibles al público general y a especialistas.

A nivel nacional podemos citar, por ejemplo, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) que recopila los datos de las comunidades autónomas y entidades locales que son las que gestionan

las redes de medición de datos de calidad del aire y realiza informes sobre la calidad del aire en (MITECO, 2023).

A partir de estos datos, el ministerio ha desarrollado un visor que permite consultar la información de calidad del aire a nivel nacional de los contaminantes (MITECO, 2024). Como puntos fuertes de este visor destacamos que centraliza los datos de toda la red española de estaciones de contaminación y que muestra para cada gas contaminante un rango de colores dependiendo de los umbrales establecido en el índice de calidad del aire. El visor permite visualizaciones sobre el propio mapa de la evolución histórica de ciertos contaminantes o bien los valores en tiempo real de los mismos, en ambos casos mostrados como puntos sobre la ubicación de la estación meteorológica. La visualización mediante mapas con un código de colores estandarizado, como el utilizado en el visor de MITECO, facilita además la comparación de datos entre distintas regiones y permite a los usuarios tener una comprensión rápida del estado del aire en cada área geográfica.

Las páginas de predicción meteorológica también suelen incorporar visualizadores de predicción de calidad del aire. Encontramos por ejemplo el servicio de AEMET (Aemet, 2024) que visualiza sobre un mapa con colores la predicción del Índice de Calidad del Aire Global y de cada contaminante por separado.

En el contexto internacional, se pueden citar plataformas como IQAir (IQAir, 2024) o BreezoMeter (BreezoMeter, 2024), que combinan datos globales de estaciones terrestres con modelos predictivos basados en satélites. Estas herramientas ofrecen mapas donde se muestra el índice de calidad y también índices personalizados que toman en cuenta la salud individual de los usuarios, lo cual representa una tendencia emergente en la personalización de la información ambiental.

Además de las plataformas y organismos que publican datos obtenidos a través de sus recursos propios, existen interesantes iniciativas de detección participativa, para recopilar datos de contaminación atmosférica a través de la ciudadanía mediante sensores de bajo coste (Mahajan, 2022). Un ejemplo es the Curious Noses (CurieuzNeuzen, 2018) uno de los mayores proyectos de ciencia ciudadana sobre calidad del aire, en el que se visualiza la calidad del aire resultante de la medida de 20.000 ciudadanos en Flandes en mayo de 2018. Hsu (Hsu, 2019) también presenta un proyecto de colaborativo para reportar olores asociado a la contaminación que se visualizan junto a un mapa de datos oficiales.

Más allá de las iniciativas gubernamentales, en España se desarrollan proyectos privados y académicos que exploran nuevas formas de visualizar la contaminación atmosférica. Por ejemplo, la organización "Mesura" en Valencia combina datos de calidad del aire con otros factores como el tráfico o las condiciones meteorológicas para generar análisis detallados. Su informe de 2021 sobre la evolución de la calidad del aire de la ciudad (Mesura, 2021) es de sumo interés por su enfoque multidimensional.

Encontramos también otro tipo de análisis y visualizaciones de calidad del aire más especializadas (Qu, 2007). Sin embargo, estas visualizaciones están orientadas al análisis por expertos más que al público en general, como AirPollutionViz (Yue, 2024), un sistema que analiza la evolución temporal de la polución utilizando técnicas de clustering. Este tipo de análisis, aunque orientados principalmente a expertos, permiten identificar correlaciones y tendencias que no serían evidentes en mapas simples.

Otro enfoque destacado son los mapas de calor superpuestos en plataformas globales como Google Maps (Chen, 2019). Estos permiten observar concentraciones de contaminantes en tiempo real, proporcionando un recurso valioso tanto para ciudadanos como para investigadores,

Algunas propuestas se basan en el desarrollo de aplicaciones móviles, como el prototipo desarrollado por Huber (Huber, 2023) donde presentan y evalúan una herramienta que permitiría visualizar a la ciudadanía datos de calidad de aire en sus dispositivos. La interfaz que presenta por un lado valores numéricos de las distintas partículas contaminantes resaltados con diferente color y un diagrama radial asociado a cada partícula con su evolución de valores. Resulta interesante esta aproximación para ofrecer una visión rápida del estado del aire actual, si bien no proporciona herramientas de visualización comparativa a más largo plazo o con

detalle.

Aunque estas herramientas han avanzado significativamente, aún existen desafíos importantes, como la necesidad de simplificar la información para que sea comprensible por un público más amplio. Los visores de contaminación atmosférica no solo son esenciales para monitorear la calidad del aire, sino que representan un puente entre los datos técnicos y las decisiones políticas o acciones ciudadanas. También son una herramienta muy útil para fomentar la concienciación pública y pueden promover la alfabetización en salud ambiental (Slavik, 2024). La evolución hacia herramientas simplificadas puede ser un elemento más que ayude a enfrentar los retos de la contaminación.

En este marco, el visor desarrollado en este trabajo para la ciudad de Valencia aporta tres innovaciones principales: (i) integra en tiempo real los datos de todas las estaciones atmosféricas locales, (ii) ofrece visualizaciones claras de la evolución temporal de cada contaminante, y (iii) incorpora valores de referencia de la legislación española y de la OMS, facilitando la interpretación del cumplimiento normativo. De este modo, la propuesta busca no solo informar, sino también empoderar a la ciudadanía en la toma de decisiones cotidianas relacionadas con la calidad del aire.

4. Desarrollo de un visor de la calidad del aire en la ciudad de Valencia

4.1. Los datos de contaminación

Para la realización de la aplicación que visualiza la calidad del aire en Valencia se han utilizados los datos abiertos que proporciona el Ayuntamiento de Valencia a través de su portal de datos abiertos (Ayuntamiento de Valencia, 2024). En esta base de datos abierta encontramos diferentes conjuntos de datos o datasets relacionados con información de todo tipo de la ciudad (tráfico, aparcamientos, ValenBisi, equipamientos, servicios, etc.).

Entre ellos encontramos información sobre las estaciones de contaminación atmosféricas en la ciudad de Valencia donde aparece, para cada estación, información sobre: nombre de la estación, ubicación, coordenadas, descripción de las medidas que realiza, enlace a mediciones históricas, calidad ambiental (basada en el índice de calidad del aire) y nivel en tiempo real de los gases medidos.

Además de este conjunto de datos en tiempo real, existe un histórico de los gases medidos donde aparece la información almacenada por las estaciones atmosféricas desde el año 2014. En este segundo conjunto de datos se almacena para cada estación la fecha de la medición (datos diarios) y las mediciones disponibles de los diferentes gases. Las unidades de todas las mediciones son $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la revisión de los datos almacenados encontramos diferencias entre las estaciones ya que no todas las estaciones miden los mismos gases, y, además, en el acumulado histórico se observan periodos donde por alguna causa no se han almacenado las medidas de algunos de los gases. Esto es importante tenerlo en cuenta durante el análisis de los datos.

4.2. Visualización de la contaminación atmosférica en Valencia

A partir de los datos descritos en el apartado anterior se ha desarrollado una aplicación web que permite visualizarlos. Como hemos comentado anteriormente el objetivo de esta aplicación no es sólo visualizar la información, sino también proporcionar valores de referencia que permitan conocer la bondad de dichos valores. De esta forma se pretende que los datos sean más fácilmente entendibles por la ciudadanía, que puede saber si los niveles en los que se encuentran los contaminantes están dentro de los objetivos o superan umbrales de riesgo.

La aplicación realizada veremos que permite visualizar en tiempo real el parámetro del índice de la calidad del aire, que ofrece una valoración cualitativa global, y es el parámetro utilizado en la mayoría de las aplicaciones de visualización o predicción de la calidad del aire. Además de este dato que nos permite ver el estado actual del aire de forma bastante intuitiva nos ha parecido importante hacer un análisis y visualización de la evolución histórica de estos gases, para poder comprobar si las políticas ambientales y de tráfico en la ciudad han tenido repercusión en los datos medidos.

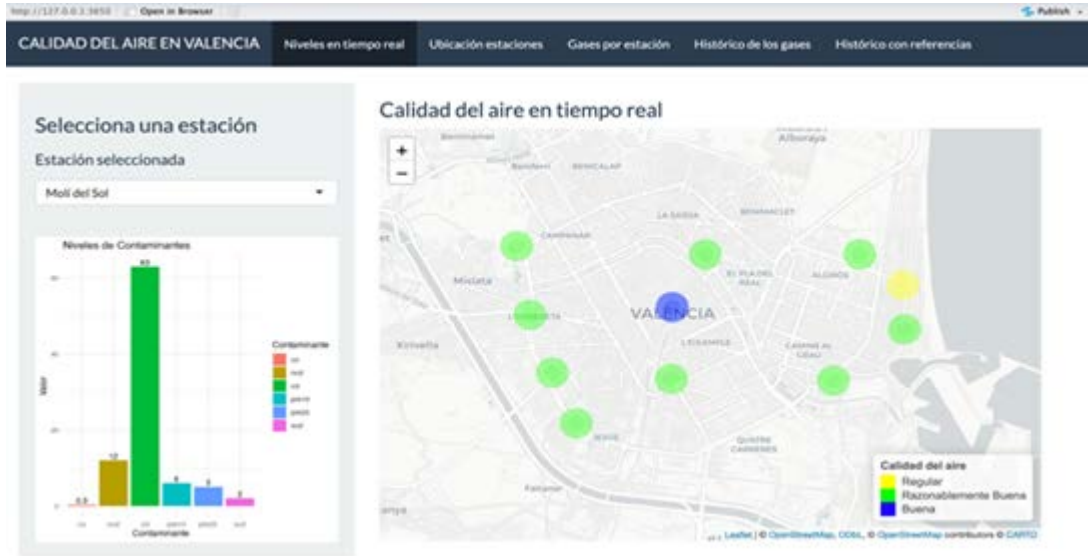
Veremos a continuación cómo se muestra la información en las diferentes secciones de la aplicación.

a) Calidad del aire actual

En primer lugar, tenemos una pestaña “Niveles en tiempo real” (ver fig. 2) donde se pueden seleccionar las distintas estaciones meteorológicas de la ciudad de Valencia y se muestran desglosados los niveles de cada gas actuales. Además, se visualiza sobre el mapa de la ciudad el ICA de todas las estaciones de la ciudad.

Cada vez que se accede a la aplicación, ésta se conecta a los datos del Ayuntamiento de Valencia y se actualizan las gráficas con los últimos datos disponibles.

Figura 2. Visualización del Índice de Calidad del Aire y los niveles de los gases actuales para cada estación de contaminación ambiental.



Fuente: Elaboración propia.

En la parte de la izquierda de la figura 2 vemos que hay selector desplegable de estaciones atmosféricas. Si modificamos la selección nos actualiza el gráfico inferior (ver fig. 3) y se muestra la gráfica de los últimos datos disponibles de los contaminantes de dicha estación.

Figura 3. Selector de estaciones y gráfica con los niveles de cada gas contaminante medido en tiempo real.



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, en el mapa de la derecha (ver fig. 4) nos muestra el valor del Índice de Calidad del Aire, que como hemos comentado da una valoración basada en el conjunto de gases y partículas medidas por la estación. Este mapa muestra la información en base a los últimos datos publicados en la web de datos abiertos, que se corresponde a la última actualización de datos del día que existe.

Figura 4. Mapa de la ciudad y visualización del valor del índice de calidad del aire en las diferentes estaciones.



Fuente: Elaboración propia.

b) Ubicación de las estaciones

Esta pestaña nos muestra de forma georreferenciada las diferentes ubicaciones en las que se encuentran las estaciones meteorológicas de la ciudad de Valencia.

Figura 5. Ubicación de las estaciones de contaminación atmosférica.



c) Gases por estación

Esta pestaña nos permite seleccionar un gas, y ver el nivel medio en las diferentes estaciones para un período histórico seleccionado.

En el panel de la izquierda, se muestra el valor medio del gas para el periodo de tiempo seleccionado en cada una de las estaciones.

En la parte central, se muestra esta misma información, pero georreferenciada en un mapa de la ciudad con la posición de la estación atmosférica.

Y en la parte inferior se muestra una línea temporal del valor del gas para el periodo seleccionado, sin agrupar por estación. Esta gráfica resulta bastante útil, ya que permite ver días anómalos, o comprobar algunas propiedades como la tendencia y la estacionalidad de la serie, es decir, si un comportamiento se repite durante el mismo periodo con el paso de los años. Este es el caso del Ozono, cuyos valores aumentan siempre en los meses más calurosos.

Figura 6. Visualización del valor medio de los gases durante un periodo de tiempo y su evolución temporal.



Fuente: Elaboración propia.

Esta visualización de datos nos permite una mayor interacción para analizar los datos. Por ejemplo, si encontramos un año anómalo (en la siguiente pestaña) podemos ver en esta, si hay alguna estación en concreto que haya tenido más contaminación de un gas en concreto.

d) Gases por estación, año y día de la semana

Esta pestaña permite seleccionar un determinado gas, para un año y una estación atmosférica (ver fig. 7), y visualizar dichos valores en una vista de calendario con un mapa de calor. Los mapas de calor permiten visualizar datos de un determinado fenómeno en colores en dos dimensiones de forma que es fácil visualizar ese fenómeno en el espacio, o en este caso a lo largo del tiempo, como en (Li, 2016).

Hemos utilizado una matriz visual donde cada columna representa una semana del año y cada fila un día de la semana. Además, agrupamos las columnas por meses. De esta forma podemos ver si un determinado contaminante tiene valores más altos en alguna época del año determinada, o según días de la semana. Por ejemplo, podríamos encontrar que los fines de semana hubiera menos contaminación debido a la disminución del tráfico, o que los meses de más calor aparezca más contaminación por ozono.

La asignación de colores en el mapa de calor la hemos elegido de la siguiente forma:

- Si el valor está por debajo de la recomendación de la OMS utilizamos una gradación de verde a amarillo.
 - Si el valor contaminante está entre los valores de la OMS y de la legislación española utilizamos colores entre el amarillo y rojo.
 - Si el valor contaminante está por encima de los límites de la legislación española utilizamos color rojo.
- De esta forma los días de mayor peligro por contaminación son los que están en rojo.

Figura 7. Calendario con mapa de calor con la visualización de la evolución de un gas y su evolución temporal en una estación.



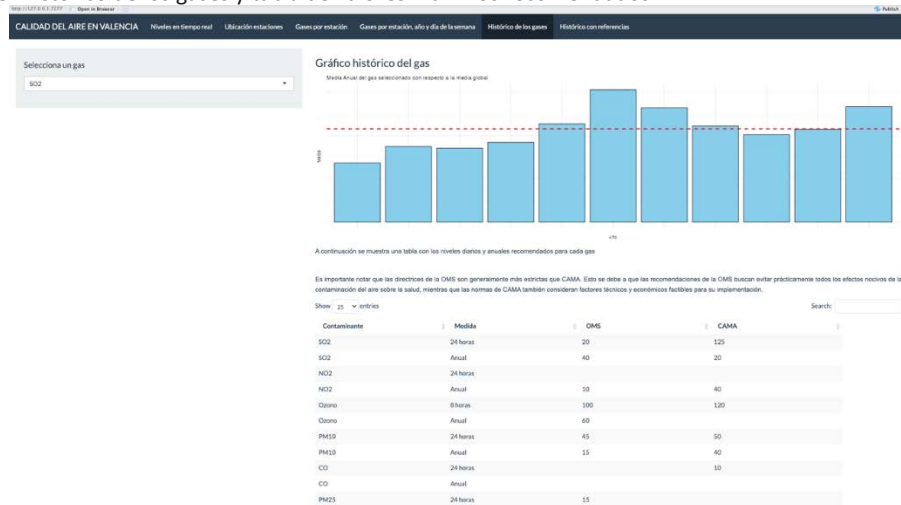
Fuente: Elaboración propia.

e) **Histórico de los gases**

Un análisis interesante en términos de contaminación es la evolución de la contaminación atmosférica en la ciudad. Para ello, hemos añadido una pestaña donde podemos ver de forma interactiva la evolución anual de cada uno de los gases. Además, se muestra la media total (con una línea roja horizontal).

En la parte inferior aparece una tabla correspondiente a “Niveles recomendados de los contaminantes” que contiene la información detallada previamente sobre los umbrales establecidos por la OMS y la legislación española y nos permite tener una referencia respecto de los valores estables.

Figura 8. Histórico de los gases y tabla de valores máximos recomendados.

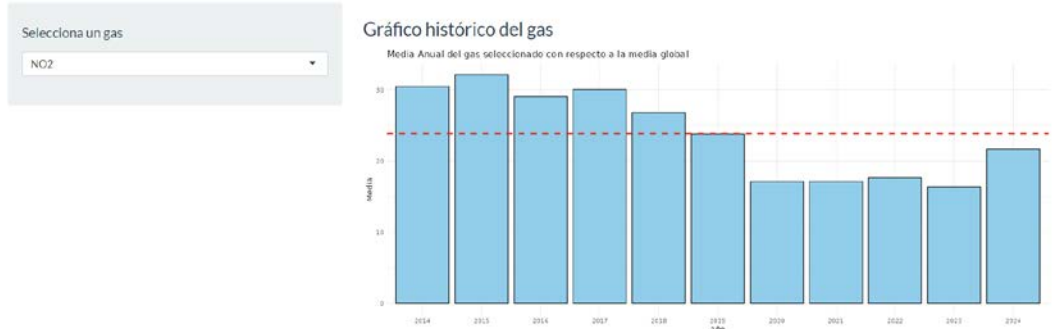


Fuente: Elaboración propia.

Como ejemplo podemos mostrar dos gráficas de evolución de gases, la del NO₂ y la de las partículas PM₁₀. En el caso del NO₂ (ver fig. 9) el valor medio anual entre 2014 y 2023 se ha reducido a la mitad, volviendo a

umentar en 2024, si bien es importante tener en cuenta que para el año 2024 esta información todavía no es completa, ya que las capturas de las imágenes se han hecho en el mes de mayo, por lo que la media anual puede modificarse a final de año.

Figura 9. Evolución temporal de la media anual de NO₂



Fuente: Elaboración propia.

Para el PM₁₀ (ver fig.10), desde 2014 la tendencia general indica fluctuaciones en la concentración de PM₁₀ año tras año. La tendencia fue ascendente hasta 2019 y descendente a partir de ese año.

Figura 10. Evolución temporal de la media anual de PM₁₀.



Fuente: Elaboración propia.

f) Histórico con referencias

En esta pestaña se muestra de forma estática la evolución anual de cada gas con respecto a la media global (línea roja), las recomendaciones de niveles máximos recomendados de la OMS (verde) y de los niveles críticos de marcados por la legislación española (morado).

La recomendación de niveles máximos puede variar y no hacer referencia siempre al mismo periodo. En la mayoría de los casos hay recomendaciones diarias y anuales, aunque no siempre tenemos ambos valores, pero también hay otros casos donde se recomienda que no se pueda exceder un valor cada hora, o durante una época del año. En estas gráficas se muestran los valores respecto de la recomendación anual en caso de exista ya que es el valor que se está visualizando.

Veamos como ejemplo las dos gráficas que hemos visto anteriormente. Respecto a la evolución del NO₂ (fig.11 superior) los valores históricos están siempre muy por debajo de los marcados como críticos por la legislación española (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), pero por encima de los recomendados por la OMS donde la media anual recomendada en la actualidad sería de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para el PM₁₀ (fig.11 inferior) tenemos un caso similar donde los valores medios anuales están muy por debajo de los críticos marcados en la legislación española pero superan la recomendación actual de la OMS.

Figura 11. Valores medios anuales de NO₂ y PM₁₀ con referencias a los niveles recomendados por OMS y la legislación española



Fuente: Elaboración propia.

5. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos muestran que el visor no solo permite explorar de manera intuitiva los niveles actuales y pasados de los principales contaminantes, sino que también facilita la identificación de patrones espacio-temporales relevantes para la gestión ambiental. Por ejemplo, la clara reducción del NO₂ y de las partículas PM₁₀ entre 2014 y 2023 coincide con la aplicación progresiva de zonas de bajas emisiones y otras políticas locales de movilidad, lo que sugiere un impacto positivo de estas medidas.

Sin embargo, el incremento del ozono troposférico en los meses cálidos evidencia la persistencia de retos asociados a contaminantes secundarios y a fenómenos meteorológicos, que requieren estrategias coordinadas a escala regional.

A diferencia de otros visores revisados, la integración de valores normativos y recomendaciones sanitarias aporta un marco interpretativo directo para la ciudadanía. Entre las principales limitaciones se encuentra la calidad y continuidad de los datos, condicionada por el mantenimiento de las estaciones y por eventuales lagunas en las series históricas. Futuras líneas de trabajo podrían incluir la incorporación de modelos predictivos, la comparación con redes de sensores de bajo coste o la extensión de la plataforma a otras ciudades para evaluar su replicabilidad.

6. Conclusiones

La calidad del aire es un factor crítico en la salud humana y constituye uno de los principales desafíos ambientales actuales. Numerosos estudios han vinculado de manera inequívoca la exposición prolongada a contaminantes derivados de la quema de combustibles fósiles, como el dióxido de nitrógeno (NO₂) y las partículas finas (PM_{2,5} y PM₁₀), con enfermedades respiratorias, cardiovasculares y, en algunos casos, con un mayor riesgo de desarrollar enfermedades neurodegenerativas y cáncer. En este contexto, la reducción de los niveles de contaminación es una prioridad, especialmente en áreas urbanas, donde las emisiones del tráfico y la actividad industrial generan una mayor concentración de estos contaminantes.

La monitorización y el análisis continuo de los valores de contaminación se convierten en elementos clave para establecer regulaciones que minimicen la exposición de la población y promuevan políticas públicas efectivas. En el caso de Valencia, la existencia de un conjunto de estaciones de medición de contaminantes cuyos datos están disponibles en tiempo real es una base sólida para avanzar en este objetivo. Sin embargo, la

complejidad y el volumen de esta información plantean un desafío en términos de accesibilidad y comprensión por parte de la ciudadanía.

En este sentido, la aplicación web desarrollada para la visualización de la calidad del aire en Valencia supone un avance. No solo permite a los usuarios acceder a datos en tiempo real, sino también comprender el contexto histórico y normativo de estos niveles. Un aspecto destacable es la incorporación de gráficos interactivos y mapas dinámicos, que mejoran la experiencia del usuario al presentar los datos en un formato visualmente accesible y científicamente riguroso. La selección de tipos de gráficos se ha realizado en función del mensaje que se desea transmitir: por ejemplo, las gráficas de líneas son ideales para mostrar la evolución temporal de contaminantes específicos, mientras que las gráficas de barras permiten comparar valores agregados de manera más clara. Los mapas, por su parte, facilitan la comprensión de los datos, proporcionando una visión geográfica de las concentraciones de contaminantes en diferentes puntos de la ciudad. La introducción de los umbrales de riesgo en la visualización supone una diferencia clara respecto a otras herramientas revisadas.

Este enfoque basado en la visualización interactiva de datos espaciotemporales no solo fomenta una mayor conciencia pública sobre los riesgos de la contaminación del aire, sino que también habilita a los ciudadanos para tomar decisiones informadas a nivel individual, como ajustar sus hábitos diarios para reducir su exposición. Además, la transparencia y accesibilidad de esta información puede ejercer presión sobre las administraciones públicas para implementar políticas más estrictas y sostenibles destinadas a reducir los niveles de contaminación.

7. Bibliografía

- Abdul-Rahman, A., et al. (2024). The impact of air quality on cardiovascular health: A state-of-the-art review. *Current Problems in Cardiology*, 42(2).
- Agencia Estatal de Meteorología [AEMET]. (2024). Composición química de la atmósfera: Índices diarios de calidad del aire. https://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/calidad_del_aire
- Apte, J. S., Brauer, M., Cohen, A. J., Ezzati, M., & Pope, C. A. III. (2018). Ambient PM_{2.5} reduces global and regional life expectancy. *Environmental Science & Technology Letters*, 5(9), 546–551. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.8b00360>
- Ayuntamiento de Valencia. (2024). Portal de datos abiertos de Valencia. <https://valencia.opendatasoft.com/>
- Boletín Oficial del Estado [BOE]. (2019). Orden TEC/351/2019, de 18 de marzo, por la que se aprueba el Índice Nacional de Calidad del Aire. <https://www.boe.es/eli/es/o/2019/03/18/tec351>
- BreezeMeter. (2024). Air quality now: Taking control of the air we breathe. <https://www.breezometer.com/air-quality-map/es>
- Chen, P. (2019). Visualization of real-time monitoring data of urban environmental quality. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2019(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s13640-019-0457-1>
- Cosselman, K. E., Navas-Acien, A., & Kaufman, J. D. (2015). Environmental factors in cardiovascular disease. *Nature Reviews Cardiology*, 12, 627–642. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2015.152>
- CurieuzeNeuzen. (2018). CurieuzeNeuzen Vlaanderen. <https://2018.curieuzeneuzen.be/vlaanderen-2018/in-english/>
- Environmental Protection Agency [EPA]. (2024). Ground-level ozone pollution. <https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution>
- Generalitat Valenciana. (2024). Red valenciana de vigilancia y control de la contaminación atmosférica. <https://mediambient.gva.es/es/web/calidad-ambiental/datos-on-line>
- Hayes, R. B., et al. (2020). PM_{2.5} air pollution and cause-specific cardiovascular disease mortality. *International Journal of Epidemiology*, 49(1), 25–35. <https://doi.org/10.1093/ije/dyz114>
- Huber, C., Nagel, T., & Stuckenschmidt, H. (2023). Experiencing data on location: A case study of visualizing air quality for citizens. *KN Journal of Cartography and Geographic Information*, 73, 97–108. <https://doi.org/10.1007/s42489-023-00140-y>
- Huang, Y., et al. (2021). Long-term exposure to nitrogen dioxide and mortality: A systematic review and meta-

- analysis. *Science of the Total Environment*, 776, 145968. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145968>
- Hsu, Y., et al. (2020). Smell Pittsburgh: Engaging community citizen science for air quality. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems*, 10(4), Article 32. <https://doi.org/10.1145/3369397>
- IQAir. (2024). Explora la calidad del aire. <https://www.iqair.com/es/>
- Kim, S. Y., Kim, E., & Kim, W. J. (2020). Health effects of ozone on respiratory diseases. *Tuberculosis and Respiratory Diseases*, 83(Suppl. 1), S6–S11. <https://doi.org/10.4046/trd.2020.0154>
- Li, H., Fan, H., & Mao, F. (2016). A visualization approach to air pollution data exploration: A case study of air quality index (PM_{2.5}) in Beijing, China. *Atmosphere*, 7(3), 35. <https://doi.org/10.3390/atmos7030035>
- Mahajan, S., Chung, M. K., Martinez, J., et al. (2022). Translating citizen-generated air quality data into evidence for shaping policy. *Humanities and Social Sciences Communications*, 9, 122. <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01135-2>
- MESURA. (2021). Evolución de la calidad del aire en Valencia 2004–2020. València per l'aire. <https://webmesura.org/evolucion-de-la-calidad-del-aire-en-valencia-2004-2020/>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [MITECO]. (2024). Visor de la calidad del aire. <https://sig.miteco.gob.es/calidad-aire/>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [MITECO]. (2023). Evaluación de la calidad del aire en España 2022: Informe anual.
- Qu, H., Chan, W. Y., Xu, A., Chung, K. L., Lau, K. H., & Guo, P. (2007). Visual analysis of the air pollution problem in Hong Kong. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 13(6), 1408–1415. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2007.70596>
- Querol, X., et al. (2001). PM₁₀ and PM_{2.5} source apportionment in the Barcelona Metropolitan Area, Catalonia, Spain. *Atmospheric Environment*, 35(36), 6407–6419. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(01\)00368-2](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00368-2)
- Santacatalina, M., Carratalá, A., & Mantilla, E. (2011). Influence of local and regional Mediterranean meteorology on SO₂ ground-level concentrations in SE Spain. *Journal of Environmental Monitoring*, 13(6), 1634–1645. <https://doi.org/10.1039/c0em00786e>
- Shon, Z. H., & Kim, K. H. (2011). Impact of emission control strategy on NO₂ in urban areas of Korea. *Atmospheric Environment*, 45(3), 808–812. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.10.023>
- Slavik, C., Fish, C., & Peters, E. (2024). Using geovisualizations to educate the public about environmental health hazards: What works and why. *Current Environmental Health Reports*, 11, 453–467. <https://doi.org/10.1007/s40572-024-00461-8>
- Vallero, D. A. (2014). *Fundamentals of air pollution* (5th ed.). Academic Press.
- World Health Organization. (2006). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre: Actualización mundial 2005. <https://iris.who.int/handle/10665/69478>
- World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. <https://iris.who.int/handle/10665/345329>
- Yue, X., Feng, D., Sun, D., Liu, C., Qin, H., & Hu, H. (2024). AirPollutionViz: Visual analytics for understanding the spatio-temporal evolution of air pollution. *Journal of Visualization*, 27(2), 215–233. <https://doi.org/10.1007/s12650-023-00985-y>