

# Análisis y Visualización de la Contaminación Atmosférica en Valencia

Miniproyecto — Visualización de Datos: Curso 2025/2026



**Autores: Pablo Hernandez, Julen Navarro, Jorge Navarro, Hugo Cuñat, Julio Sierra.**

**Grado en Ciencia de Datos – Universidad de Valencia**



## ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Metodología</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1. Análisis exploratorio de los datos</b> .....	<b>4</b>
Conjunto de datos que se han utilizado y sus características.....	4
<b>2.2. Preprocesado de Datos</b> .....	<b>5</b>
- Tratamiento de valores nulos.....	5
- Selección de variables.....	5
- Revisión y organización de categorías.....	6
Preparación para la visualización.....	6
<b>2.3. Preprocesado de la información geográfica</b> .....	<b>6</b>
Preparación de las capas geográficas.....	6
Recorte de la zona de estudio.....	7
Exportación de archivos.....	7
Integración en el mapa interactivo.....	7
<b>2.4. Elección de gráficas para los distintos tipos de datos</b> .....	<b>7</b>
<b>2.5. Diseño del mapa e interactividad</b> .....	<b>8</b>
<b>2.6. Diseño del cuadro de mandos</b> .....	<b>9</b>
<b>2.7. Implementación</b> .....	<b>9</b>
<b>3. Resultados</b> .....	<b>10</b>
<b>4. Discusión</b> .....	<b>14</b>
¿Qué significan estos resultados?.....	14
Limitaciones y qué podríamos mejorar.....	15
Dificultades que hemos tenido.....	15
<b>5. Conclusiones</b> .....	<b>15</b>
¿Hemos cumplido lo que nos propusimos?.....	16
¿Para qué sirve todo esto?.....	16
<b>6. Referencias</b> .....	<b>17</b>

Este documento es una plantilla para la realización de la memoria del miniproyecto de la asignatura de Visualización de Datos. La plantilla contiene los apartados que deberán incluirse en dicha memoria. Se utilizará la fuente Arial o Times New Roman, con un tamaño mínimo de 11 puntos y un interlineado sencillo. Los márgenes (superior, inferior, derecho, izquierdo) serán de 2,5 cm. Deberán incluirse números de página (excepto en la portada). La extensión máxima del documento será de 30 páginas (incluyendo la portada). El documento se exportará a PDF para entregarlo a través del aula virtual, junto con el resto de documentos requeridos.

## 1. Introducción

El objetivo de este proyecto es desarrollar una herramienta interactiva para visualizar los datos de contaminación atmosférica de la ciudad de Valencia. Para ello, se han utilizado datos abiertos proporcionados por el Ayuntamiento de Valencia relacionados con las estaciones de medición de calidad del aire.

A través de mapas interactivos, gráficas y tablas, la aplicación permite analizar cómo se distribuyen distintos contaminantes en la ciudad y cómo evolucionan con el tiempo. Además, el proyecto combina herramientas de análisis espacial y visualización de datos para facilitar la interpretación de la información de una forma más clara e intuitiva.

## 2. Metodología

### 2.1. Análisis exploratorio de los datos

#### Conjunto de datos que se han utilizado y sus características

Los datos utilizados en el proyecto proceden del portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Valencia. Para trabajar de forma más organizada, los archivos se dividieron en distintos tipos según la información que contenían.

#### 1. Datos vectoriales (.gpkg)

'estaciones\_limpias\_utm.gpkg': contiene la ubicación de las estaciones de contaminación atmosférica de Valencia. Además de las coordenadas, incluye información como el nombre de la estación, la dirección, el tipo de zona o el nivel de calidad ambiental.

'limite\_valencia\_utm.gpkg': contiene el límite geográfico del municipio de Valencia, utilizado para representar correctamente la zona de estudio en el mapa.

## 2. Datos Ráster (.tif):

Se utilizaron varios archivos generados previamente en QGIS mediante interpolación espacial:

- Valencia\_NO2\_Final.tif
- Valencia\_PM10\_Final.tif
- Valencia\_PM25\_Final.tif
- Valencia\_O3\_Final.tif
- Valencia\_SO2\_Final.tif
- Valencia\_CO\_Final.tif

Estos archivos representan mapas de calor de los distintos contaminantes y permiten visualizar cómo cambia la contaminación según la zona de la ciudad aplicando una paleta de colores degradada,

## 3. Datos Tabulares Adicionales (Formato .csv):

También se trabajó con archivos CSV como 6A.csv, que contienen registros históricos de mediciones de contaminación utilizados posteriormente en las gráficas temporales y en parte del análisis de datos.

### 2.2. Preprocesado de Datos

Antes de empezar con la visualización y el análisis de los datos, fue necesario realizar una fase de preprocesado. El objetivo principal de este paso era limpiar la información y dejar los datos preparados para poder trabajar correctamente tanto en R como en QGIS.

El preprocesado fue importante para evitar errores durante el desarrollo de la aplicación y para asegurar que las gráficas y mapas representaran información coherente y fiable.

En primer lugar, se revisaron los archivos en formato .csv para detectar posibles problemas en los datos originales.

#### - Tratamiento de valores nulos

Durante la exploración de los datos se encontraron algunos valores vacíos en ciertos contaminantes. Estos valores podían provocar errores en las gráficas o afectar al análisis temporal.

En el caso del Ozono (O3), se decidió sustituir los valores faltantes por la media de los datos disponibles. Esta solución permitió mantener la continuidad de la serie temporal sin modificar demasiado el comportamiento general de los datos.

#### - Selección de variables

También se analizaron los distintos contaminantes para comprobar cuáles aportaban información útil al proyecto.

Al estudiar el Monóxido de Carbono (CO), se observó que prácticamente todos sus valores eran 0 en las estaciones de medición. Debido a esto, se consideró que este contaminante no

aportaba información relevante para las visualizaciones, por lo que se decidió eliminarlo en algunas partes del análisis para simplificar la aplicación y evitar gráficas poco útiles.

#### - **Revisión y organización de categorías**

Algunas variables categóricas, como el tipo de zona o la calidad ambiental, contenían nombres que podían generar inconsistencias durante el análisis. Por ello, se revisaron y unificaron las etiquetas para que todas siguieran el mismo formato.

Esto facilitó posteriormente la creación de filtros, gráficas y leyendas dentro del dashboard interactivo.

#### **Preparación para la visualización**

Una vez limpiados los datos, se organizaron de forma que pudieran utilizarse fácilmente en R. Esta preparación permitió trabajar correctamente con librerías como ggplot2, plotly, leaflet y shiny, utilizadas en la creación de las gráficas y mapas interactivos del proyecto.

### **2.3. Preprocesado de la información geográfica**

Además del tratamiento de los datos numéricos, también fue necesario realizar un preprocesado de la información geográfica utilizando QGIS. Esta parte del proyecto permitió transformar los datos de las estaciones en mapas visuales que representan la distribución de la contaminación en Valencia.

Para el desarrollo del proyecto se decidió utilizar la interpolación espacial, ya que era la técnica que mejor se adaptaba al problema planteado. Este método permite estimar los niveles de contaminación en zonas donde no existen estaciones de medición, generando una superficie continua a partir de los datos recogidos en distintos puntos de la ciudad.

Gracias a esto, fue posible crear mapas de calor que muestran de forma visual cómo se distribuyen los contaminantes por Valencia.

#### **Preparación de las capas geográficas**

Antes de generar las interpolaciones, fue necesario preparar las capas espaciales en QGIS.

En primer lugar, se trabajó con un sistema de coordenadas proyectado (ETRS89 / UTM zona 30N), ya que este sistema permite calcular distancias de forma más precisa. Esto era importante para que la interpolación funcionara correctamente.

Posteriormente, se utilizaron las ubicaciones de las estaciones para generar distintos mapas de contaminación mediante el método IDW (Inversa de la Distancia Ponderada). Se crearon superficies para contaminantes como: NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>

Cada una de estas interpolaciones generó un archivo ráster que posteriormente se utilizó dentro de la aplicación en R.

## **Recorte de la zona de estudio**

Una vez generados los mapas de calor, se recortaron utilizando el límite municipal de Valencia. De esta manera, se eliminaron las zonas fuera del área de estudio y se consiguió que los mapas se ajustaran únicamente al municipio.

## **Exportación de archivos**

Después del procesamiento en QGIS, las capas se exportaron en distintos formatos para poder utilizarlas posteriormente en R:

- Los límites y estaciones se guardaron como archivos vectoriales .gpkg
- Las interpolaciones se exportaron como archivos ráster .tif

Esto permitió integrar toda la información espacial dentro de la aplicación interactiva.

## **Integración en el mapa interactivo**

Finalmente, todas las capas generadas en QGIS se cargaron en R utilizando Leaflet para construir el mapa interactivo del dashboard.

Para ello, las coordenadas se transformaron al sistema WGS84, que es el utilizado normalmente en mapas web. Además, se utilizó una cartografía base clara para facilitar la visualización de los contaminantes y mejorar el contraste de colores.

Dentro del mapa se integraron distintos elementos:

- Las estaciones de medición como puntos interactivos
- El límite municipal de Valencia
- Los mapas de calor generados mediante interpolación

Gracias a esta combinación, el usuario puede visualizar fácilmente las zonas con mayor o menor contaminación dentro de la ciudad.

## **2.4. Elección de gráficas para los distintos tipos de datos**

Para representar la información del proyecto de una forma clara y fácil de interpretar, se utilizaron distintos tipos de gráficas dependiendo del tipo de datos que se quería mostrar. El objetivo principal era que las visualizaciones ayudasen a entender mejor el estado de la contaminación en Valencia y que estuvieran relacionadas con la información mostrada en el mapa interactivo.

Las gráficas se desarrollaron utilizando principalmente las librerías ggplot2 y plotly en R. Dependiendo de si los datos eran categóricos o numéricos, se eligió el tipo de representación más adecuado.

En el caso de las variables categóricas, como el tipo de zona o la calidad ambiental de las estaciones, se utilizaron gráficas de barras. Estas gráficas permiten comparar fácilmente la cantidad de estaciones que pertenecen a cada categoría.

Entre las principales gráficas utilizadas destacan:

- Gráfica del tipo de zona de las estaciones.
- Gráfica de calidad ambiental.
- Ranking de estaciones según contaminantes.

- Series temporales de contaminación.
- Gráficas de medias de NO2 por estación.

Por ejemplo, una de las visualizaciones muestra cuántas estaciones están situadas en zonas de tráfico, fondo urbano o áreas suburbanas. También se creó otra gráfica para representar el estado de calidad ambiental de las estaciones utilizando distintos colores para facilitar la interpretación visual.

Para los datos numéricos relacionados con los contaminantes, se utilizaron gráficos de columnas y gráficas temporales. Una de las visualizaciones principales muestra la media de contaminantes como el NO2 en cada estación de medición, permitiendo comparar rápidamente qué zonas presentan mayores niveles de contaminación.

Además, se aplicó una escala de colores entre verde y rojo para diferenciar visualmente los valores bajos y altos de contaminación, siguiendo una estética similar a la utilizada en los mapas de calor del dashboard.

También se incluyeron gráficas de líneas para representar la evolución temporal de distintos contaminantes a lo largo de los años. Estas gráficas permiten observar tendencias y detectar cambios importantes en determinados periodos, como bajadas o aumentos de contaminación.

Por último, todas las gráficas se integraron de forma interactiva mediante plotly. Gracias a esto, el usuario puede pasar el cursor sobre los elementos de la gráfica para consultar valores exactos y explorar los datos de una manera más dinámica e intuitiva.

## 2.5. Diseño del mapa e interactividad

El componente central de la aplicación es un mapa web interactivo desarrollado mediante la librería leaflet para R, diseñado bajo el principio de maximizar la relación dato-tinta y evitar la saturación cognitiva del usuario.

**Cartografía base y Navegación:** Se ha implementado el proveedor de teselas CartoDB.Positron. Esta elección responde a la necesidad de contar con un mapa base en tonos claros y neutros (escala de grises) que permita que los colores de las capas de contaminación destaquen por contraste. La vista por defecto (setView) se ha inicializado en las coordenadas centrales de la ciudad de Valencia, configurando un nivel de *zoom* óptimo que enmarca el término municipal completo.

**Integración de Capas Espaciales:** El mapa superpone topológicamente tres tipos de geometrías:

**Polígonos:** Capa perimetral con el límite administrativo de Valencia, configurada con opacidad de relleno nula (fillOpacity = 0) para actuar únicamente como frontera visual.

**Rásters (Mapas de calor):** Se han integrado las superficies de densidad generadas en QGIS. A cada ráster se le ha inyectado una paleta de color continua (colorNumeric) tipo semáforo (verde-amarillo-rojo) que traduce los valores en escala

de grises de los .tif a un gradiente de concentración de contaminación fácil de interpretar.

**Puntos (Marcadores):** Las estaciones de medición se han representado mediante `addCircleMarkers`.

**Interactividad y Controles:** Se ha habilitado un control de capas dinámico (`addLayersControl`) que permite al usuario alternar entre los mapas de calor de los distintos gases (NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, etc.) mediante radio buttons o checkboxes, evitando la superposición ilegible. Además, cada estación de medición cuenta con pop-ups interactivos programados en HTML que, al hacer clic, despliegan metadatos clave: nombre, dirección, tipo de zona y estado de calidad ambiental actual.

## 2.6. Diseño del cuadro de mandos

El cuadro de mandos o dashboard se diseñó con el objetivo de reunir toda la información del proyecto en una única interfaz interactiva y fácil de utilizar. La idea principal era que el usuario pudiera consultar tanto el mapa como las gráficas de forma cómoda y organizada, sin necesidad de utilizar conocimientos técnicos avanzados.

La aplicación se desarrolló utilizando Shiny en R, lo que permitió crear una interfaz dinámica donde los elementos se actualizan automáticamente según las opciones seleccionadas por el usuario.

La estructura del dashboard se dividió en varias pestañas principales para separar mejor los distintos apartados del análisis:

- Mapa interactivo de contaminación.
- Series temporales de contaminantes.
- Información y resumen de estaciones.

Dentro de la aplicación también se añadieron distintos controles interactivos para facilitar la navegación y el filtrado de información. Entre ellos se incluyeron:

- Selectores de contaminantes.
- Filtros de fechas.
- Checkboxes para mostrar u ocultar información.
- Filtros según calidad ambiental.

El mapa interactivo ocupa una parte central dentro del dashboard, ya que es la visualización más importante del proyecto. Junto a él, se añadieron gráficas interactivas y tablas que permiten complementar la información mostrada en el mapa.

Además, el diseño se realizó pensando en que fuese claro y visualmente limpio, evitando sobrecargar la pantalla con demasiada información al mismo tiempo. Gracias a la reactividad de Shiny, cada vez que el usuario modifica un filtro o selecciona otro contaminante, tanto las gráficas como el mapa se actualizan automáticamente en tiempo real.

## 2.7. Implementación

La implementación técnica del proyecto se ha realizado íntegramente en el entorno de programación R, bajo la arquitectura cliente-servidor que proporciona el framework Shiny. El código de la aplicación (`app_shiny_interactiva.R`) se divide algorítmicamente en tres grandes bloques:

**Bloque Global (Entorno de inicialización):** En esta sección previa se cargan las librerías necesarias (`shiny`, `leaflet`, `sf` para vectores, `raster/terra` para imágenes satelitales, `ggplot2` y `plotly`). Aquí se ejecuta la lectura en memoria de los archivos espaciales (`st_read`) y rásters (`raster()`), y se transforman las proyecciones al estándar web (WGS84). Ejecutar esta carga pesada fuera de la función del servidor garantiza que los datos se lean una única vez, optimizando drásticamente los tiempos de carga y respuesta de la aplicación.

**Interfaz de Usuario (UI - User Interface):** Este objeto define el "esqueleto" HTML de la página web. Mediante funciones como `leafletOutput()` y `plotlyOutput()`, se reservan los contenedores o divs donde el servidor inyectará el mapa y las gráficas de contaminación.

**Lógica del Servidor (Server):** Es el motor de la aplicación donde se definen las instrucciones de ensamblaje y la reactividad. Mediante el uso de funciones renderizadoras (`renderLeaflet` para el mapa y `renderPlotly` para las gráficas), el servidor escucha los eventos de entrada de la UI (inputs del usuario) y recalcula los objetos visuales correspondientes.

Finalmente, para dotar al sistema de portabilidad y cumplir con los requisitos de entrega, la aplicación se ha empaquetado de manera que es completamente funcional en un entorno local y está preparada para su despliegue en infraestructuras en la nube especializadas en R, como el servidor `shinyapps.io`.

## 3. Resultados

### Análisis de los resultados y patrones observados

El análisis conjunto de las gráficas descriptivas y las superficies de interpolación espacial ha permitido identificar tendencias y patrones significativos en la atmósfera urbana de Valencia:

1. **Correlación entre densidad urbana/tráfico y contaminación primaria:** La visualización de los rásters de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Partículas en Suspensión (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) revela un patrón radial y de concentración en los grandes ejes viarios. Se observan marcadas "islas de contaminación" (puntos calientes) en distritos con alta densidad de tráfico rodado, como el arco oeste (zonas de Patraix y Olivereta).

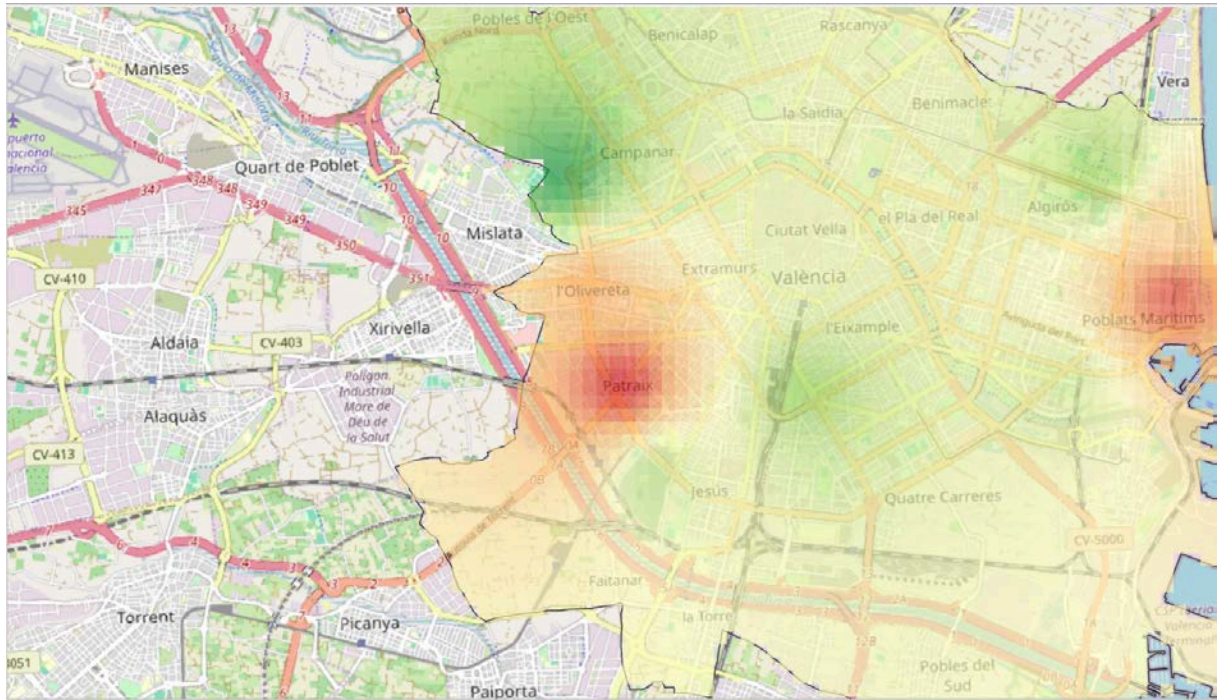


Figura 1. Superficie de interpolación espacial mostrando los puntos calientes vinculados al tráfico rodado.

2. **Efecto sumidero de las infraestructuras verdes:** En contraposición al punto anterior, los resultados espaciales demuestran el impacto positivo de las zonas verdes de la ciudad. La estación de Molí del Sol, ubicada en el entorno del Parque de Cabecera y el antiguo cauce del Río Turia, registra sistemáticamente los valores más bajos de inmisión de NO<sub>2</sub>, consolidando este corredor verde como un pulmón que mitiga la contaminación antropogénica.

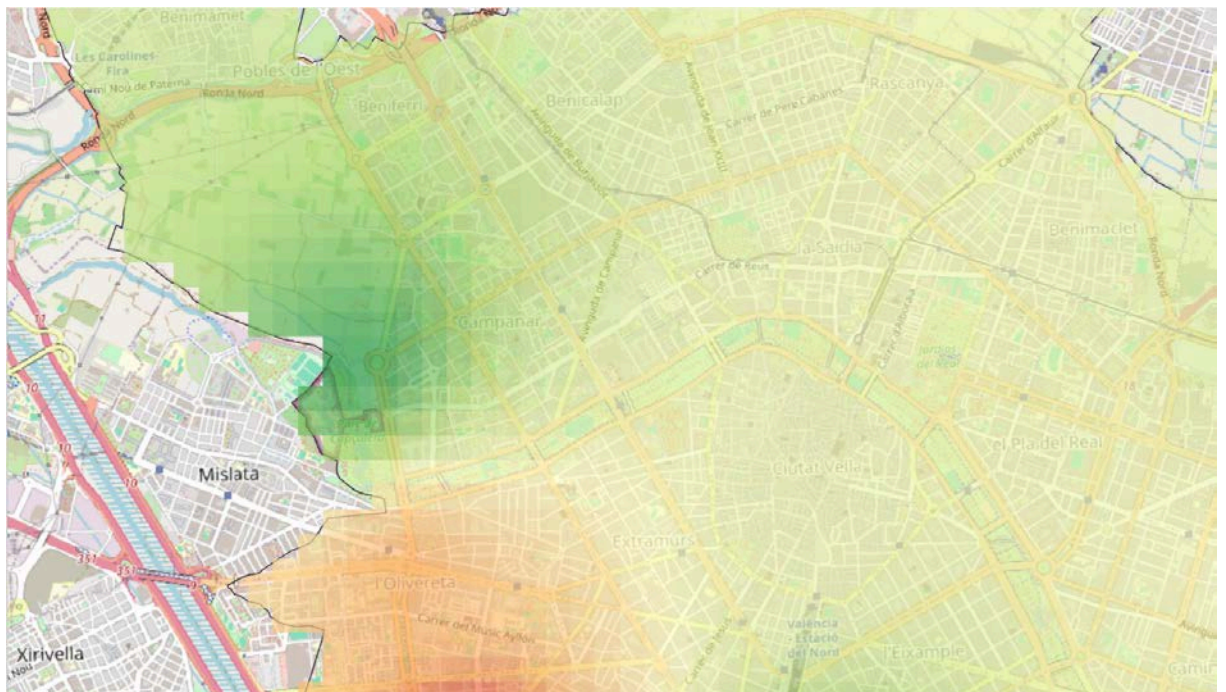


Figura 2. Detalle cartográfico que evidencia la mitigación de la contaminación en las infraestructuras verdes.



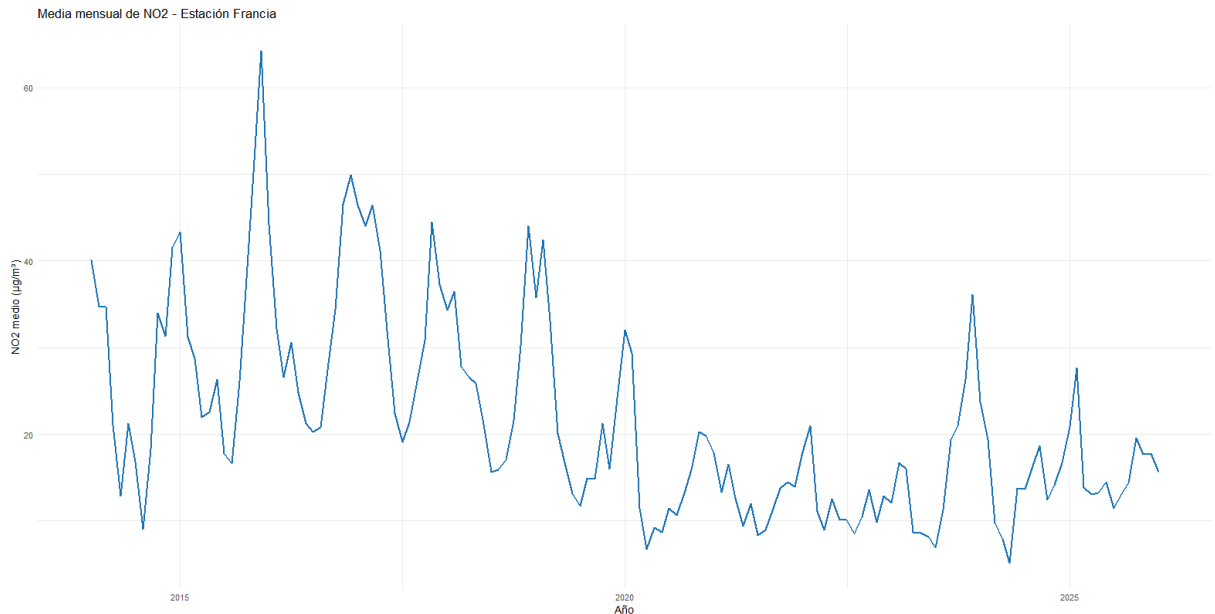


Figura 4. Evolución histórica mensual de la concentración de NO2 en la estación Francia, mostrando la caída significativa en 2020.

**6. Estado de la red y categorización ambiental:** La visualización mediante gráficas de barras interactivas (implementadas con la librería Plotly) permitió clasificar el estado de la ciudad de forma clara y accesible. Al representar las estaciones según su tipología (urbanas vs. suburbanas) y su índice de calidad ambiental, se obtuvo una radiografía instantánea de la red. Estos datos categóricos se trasladaron con éxito a la simbología del mapa web, donde las estaciones se clasificaron visualmente por colores (verde para calidad "Buena" y amarillo para "Razonablemente Buena"), creando una coherencia cognitiva entre el visor espacial y las gráficas estadísticas.

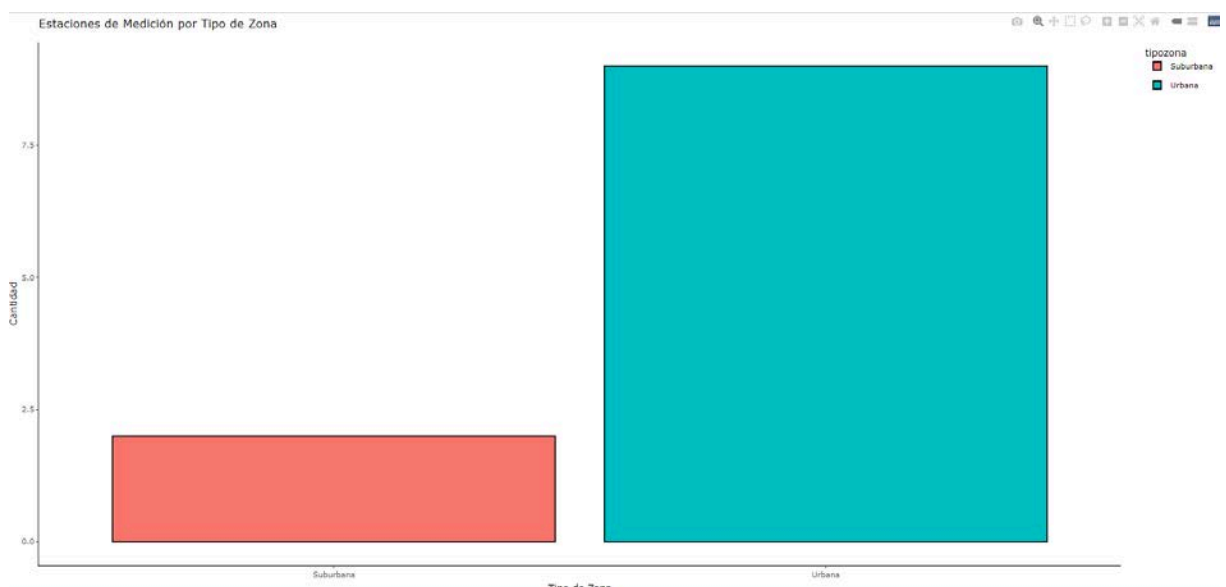


Figura 5. Distribución de las estaciones de medición según su entorno urbano.

**7. Navegación y usabilidad del Cuadro de Mandos:** A nivel de interacción, el resultado de la integración en el entorno Shiny es un dashboard analítico altamente responsivo y libre de código para el usuario final. Para evitar la sobrecarga visual de

información, la arquitectura de la aplicación se estructuró en pestañas temáticas, separando el visor cartográfico de las secciones de resumen, rankings y tablas. El despliegue de widgets reactivos (selectores de fecha, menús desplegables y checkboxes) permite al usuario filtrar dinámicamente qué contaminante proyectar sobre el mapa o qué periodo temporal comparar, desplegando metadatos exactos a través de tooltips o pop-ups interactivos en el mapa.

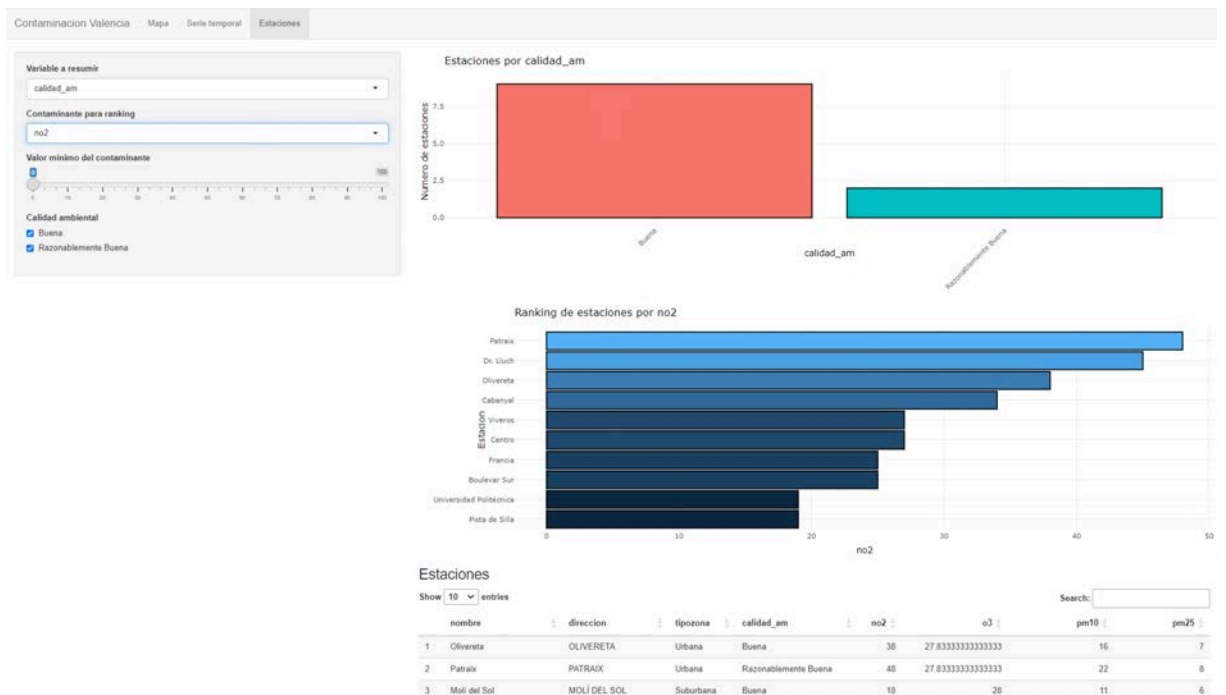


Figura 6. Vista general de la interfaz del cuadro de mandos en Shiny, destacando los paneles superiores y los widgets de filtrado.

#### 4. Discusión

Creemos que los resultados cumplen de sobra con el reto de visualización. Al comparar nuestro mapa con la campaña "València, más limpia, más verde", hemos visto que encajan muy bien. Mientras que el Ayuntamiento suele centrarse en la limpieza de calles y el reciclaje, nuestro estudio se ocupa de la "limpieza invisible", que es la calidad del aire.

Ambas ideas se unen gracias a que Valencia es la Capital Verde Europea. Nuestros modelos demuestran que las zonas con muchos árboles (como el antiguo cauce del río Turia) funcionan como filtros naturales que bajan muchísimo los niveles de NO2 y partículas. Esto confirma que plantar más árboles ayuda a limpiar el aire tanto como reciclar ayuda a limpiar el suelo.

#### ¿Qué significan estos resultados?

Este proyecto tiene dos utilidades muy claras que ayudan a los objetivos municipales:

- **Ayudar a los ciudadanos:** La campaña del Ayuntamiento dice que "un gesto pequeño consigue resultados extraordinarios". Al usar nuestra app, la gente puede ver cuánta contaminación hay en su propia calle. Esto puede animar a más personas a usar la bici o el bus para reducir las emisiones en su barrio.

- **Mejorar las decisiones del Ayuntamiento:** Para gestionar la ciudad, se están instalando miles de contenedores nuevos y equipos de limpieza. Nuestra herramienta da información extra para que sepan exactamente dónde están los "puntos calientes" de contaminación por tráfico y así decidir mejor dónde poner Zonas de Bajas Emisiones (ZBE).

### Limitaciones y qué podríamos mejorar

Aunque la aplicación funciona bien, somos conscientes de que tiene algunos puntos que se podrían mejorar en el futuro:

- **Limitaciones:** Solo hemos usado datos de 11 estaciones de medición y nos hemos centrado solo en el aire. No hemos llegado a mezclar estos datos con otras cifras de sostenibilidad o limpieza de la ciudad.
- **Ideas para el futuro:** Estaría genial poder añadir al mapa la ubicación de los nuevos contenedores de reciclaje o las rutas de limpieza. Así podríamos ver si los barrios que más reciclan son también los que tienen un aire más limpio.

### Dificultades que hemos tenido

Durante el trabajo, nos encontramos con un par de problemas que tuvimos que solucionar:

- **Líos con las coordenadas:** Tuvimos que pelearnos un poco con los formatos de los mapas entre QGIS y R. QGIS nos pedía usar metros (UTM) para que los cálculos fueran precisos, pero Leaflet en R necesitaba coordenadas geográficas (WGS84) para pintar el mapa web.
- **Gases sin variaciones:** Al analizar el Monóxido de Carbono (CO), vimos que los valores eran siempre cero. Esto nos obligó a cambiar el diseño del mapa para no mostrar información que no cambiaba.
- **Unir conceptos distintos:** Al principio nos costó un poco relacionar nuestro análisis de gases invisibles con la campaña del Ayuntamiento, que está más enfocada a residuos físicos. Al final, lo conseguimos uniendo ambos temas bajo la idea de mejorar la salud de Valencia.

## 5. Conclusiones

Después de trabajar con los datos del Portal de Datos Abiertos de Valencia y procesarlos para crear los mapas, estas son las ideas principales que hemos sacado en claro:

- **El tráfico y la contaminación van de la mano:** Hemos visto que donde hay más coches, hay más contaminación. Gracias a los mapas de calor que hicimos en QGIS, se nota un montón que en barrios con mucho tráfico, como Patraix o la Olivereta, los niveles de NO<sub>2</sub> y partículas son mucho más altos.
- **Las zonas verdes funcionan:** Los mapas nos han enseñado de forma súper visual que los parques, sobre todo el cauce del río Turia, ayudan a limpiar el aire. En la estación de Molí del Sol, por ejemplo, la contaminación es mucho más baja que en las calles de alrededor.
- **El Ozono es diferente:** A diferencia de otros contaminantes, el Ozono (O<sub>3</sub>) está repartido de forma más parecida por toda la ciudad. Esto nos confirma que depende más de la meteorología general que de si hay una calle con muchos coches justo al lado.

- **No todo contamina igual:** Al revisar los datos, nos dimos cuenta de que el Monóxido de Carbono (CO) apenas aparece en las mediciones actuales de Valencia. Por eso, decidimos no incluirlo en el mapa final para no añadir información que no aportaba nada.

### ¿Hemos cumplido lo que nos propusimos?

Creemos que el proyecto ha salido bien y hemos cumplido con todo lo que se pedía en la asignatura:

- **Datos reales:** Hemos usado el portal oficial del Ayuntamiento para que todo el análisis fuera real.
- **Trabajo con QGIS:** Usamos la técnica de interpolación (IDW) para pasar de puntos sueltos en un mapa a capas de colores continuas que luego pudimos meter en R. capas ráster continuas exportadas en formato GeoTIFF para su integración en R.
- **Mapa interactivo:** Con la librería Leaflet, montamos un mapa donde puedes moverte, ver los barrios y pinchar en cada estación para que te salga un "pop-up" con la información.
- **Panel de control en Shiny:** Hicimos una web (Dashboard) que es muy fácil de usar. Puedes cambiar de pestaña o elegir qué contaminante ver y todo se actualiza solo gracias a la reactividad.
- **Gráficos que se entienden:** Los gráficos están conectados al mapa, así que es mucho más fácil interpretar lo que está pasando con el aire de la ciudad.

### ¿Para qué sirve todo esto?

Este trabajo no es solo un ejercicio de clase; tiene aplicaciones reales:

#### Implicaciones Prácticas (Gestión Urbana y Ciudadanía):

- **Para los vecinos:** Cualquiera puede entrar a la app y ver de forma sencilla qué tal es el aire en su barrio, sin tener que ser un experto en datos.
- **Para el Ayuntamiento:** Estos mapas ayudan a decidir dónde hace falta poner más árboles o dónde es más urgente limitar el tráfico. Además, confirma que campañas como "València, más limpia, más verde" van por el buen camino.
- **A nivel técnico:** Hemos demostrado que se puede conectar perfectamente el trabajo de mapas (QGIS) con la programación (R/Shiny) para crear herramientas que comuniquen ciencia de forma clara y visual.

#### Implicaciones Científicas (Visualización y Análisis de Datos):

- **Rigor en el Modelado:** El uso de la interpolación IDW demuestra cómo el análisis matemático puede paliar la escasez de sensores físicos, permitiendo estimar concentraciones de gases en zonas no monitorizadas.
- **Interoperabilidad Tecnológica:** El proyecto valida el flujo de trabajo entre herramientas SIG (QGIS) y entornos de programación estadística (R/Shiny), demostrando que la integración de formatos ráster y vectoriales en tiempo real es una vía robusta para la comunicación científica interactiva.
- **Estandarización de la Estética de Datos:** La aplicación de escalas de color semafóricas y gráficas reactivas bajo principios de diseño de información

facilita la detección de patrones que, en tablas de datos convencionales, pasarían desapercibidos.

## 6. Referencias

Lista completa de todas las fuentes citadas en el informe, siguiendo un formato de cita específico (APA, MLA, etc.).

Ayuntamiento de Valencia. (s.f.). *Estacions contaminació atmosfèriques - Estaciones contaminación atmosféricas*. Portal de Datos Abiertos del Ayuntamiento de Valencia. Recuperado el 11 de mayo de 2026, de <https://opendata.vlci.valencia.es/dataset/estacions-contaminacio-atmosferiques-estaciones-contaminacion-atmosfericas>

Ayuntamiento de Valencia. (s.f.). *València, más limpia, más verde, hagámoslo bien*. Campañas Municipales. Recuperado el 11 de mayo de 2026, de <https://www.valencia.es/cas/campa%C3%B1as-municipales/-/content/valencia-mes-neta-mes-verda>

Chang, W., Cheng, J., Allaire, J. J., Sievert, C., Schloerke, B., Xie, Y., Allen, J., McPherson, J., Dipert, A., & Borges, B. (2023). *shiny: Web Application Framework for R*. R package version 1.8.0. <https://shiny.posit.co/>

Cheng, J., Karambelkar, B., & Xie, Y. (2023). *leaflet: Create Interactive Web Maps with the JavaScript 'Leaflet' Library*. R package version 2.2.1. <https://rstudio.github.io/leaflet/>

QGIS Development Team. (2024). *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Sievert, C. (2020). *Interactive Web-Based Data Visualization with R, plotly, and shiny*. Chapman and Hall/CRC. <https://plotly-r.com>

Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. <https://ggplot2.tidyverse.org>

Video (Link): <https://youtu.be/DEPNGCuMfws>