



# **Análisis Espacial de la Contaminación Acústica Nocturna en Valencia**

**Visualización de datos, 2º Ciencia de Datos**

Alba Rodríguez Simón, Alexandra Alfonso Navarro, Àngela Adell Castell, Neus Ferrer Font y Rafa Cebrián Pérez.

**Curso: 2025-2026**

# Índice

<b>Índice</b>	<b>1</b>
<b>Informe</b>	<b>2</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Metodología</b>	<b>3</b>
2.1. Análisis exploratorio de los datos	3
2.2. Preprocesado de Datos	3
2.3. Preprocesado de la información geográfica	3
2.4. Elección de gráficas para los distintos tipos de datos	4
2.4.1. Gráfico de Barras Horizontales (Ranking de Barrios)	4
2.4.2. Histograma de Frecuencias (Distribución Urbana)	4
2.4.3. Gráfico de Columnas (Análisis de Zonas ZAS)	5
2.4.4. Diagrama de Caja o Boxplot (Análisis de Dispersión)	5
2.4.5. Uso del Color y Estética (Visual Encoding)	5
2.5. Diseño del mapa e interactividad	5
2.5.1. Cartografía Base y Georreferenciación	5
2.5.2. Integración y Control de Capas	5
2.5.3. Elementos de Interactividad y Reactividad	6
2.6. Diseño del cuadro de mandos	7
2.6.1. Estética y Tema Visual	7
2.6.2. Arquitectura de Navegación (Layout)	7
2.6.3. Componentes de Entrada y Salida (Widgets & Outputs)	8
2.6.4. Acceso Digital	8
2.7. Implementación	8
2.7.1. Gestión de Datos Geoespaciales (library(sf))	8
2.7.2. Lógica de Reactividad	8
2.7.3. Motor de Visualización Cartográfica (library(leaflet))	9
2.7.4. Generación de Gráficas Científicas (library(ggplot2))	9
<b>3. Resultados</b>	<b>10</b>
<b>4. Discusión</b>	<b>13</b>
4.1 Interpretación de los resultados y relación con la literatura	13
4.2 Análisis de las implicaciones de los hallazgos	13
4.3 Limitaciones del estudio y futuros trabajos	13
4.4 Dificultades encontradas	14
<b>5. Conclusiones</b>	<b>14</b>
<b>6. Referencias</b>	<b>15</b>
6.1. Fuentes de Datos (Open Data Valencia)	15
6.2. Marco Legal y Normativo	15
6.3. Software y Herramientas Técnicas	15

# Informe

Este proyecto presenta un cuadro de mando interactivo desarrollado en R/Shiny para el análisis espacial de la contaminación acústica nocturna en Valencia. Mediante el uso de técnicas de superposición espacial en QGIS y visualización reactiva con Leaflet, se evalúa la eficacia de las Zonas Acústicamente Saturadas (ZAS). Los resultados revelan una disonancia entre la protección administrativa y la realidad acústica en los ejes de transporte periféricos, proponiendo una herramienta de Business Intelligence para la gestión de la Valencia Capital Verde Europea 2024.

## 1. Introducción

La contaminación acústica se ha consolidado como uno de los principales retos ambientales de las ciudades contemporáneas. En la ciudad de **Valencia**, el ruido nocturno no es solo un subproducto de la actividad urbana, sino un factor crítico que afecta directamente a la salud pública, el descanso y la biodiversidad urbana.

En el marco de la designación de **Valencia como Capital Verde Europea 2024**, la gestión del entorno sonoro ha pasado a ser una prioridad estratégica. Una ciudad verde no solo se define por su infraestructura vegetal, sino por su capacidad de ofrecer una calidad de vida acústica que garantice el bienestar de sus habitantes. Este proyecto surge de la necesidad de monitorizar y visualizar si los niveles de ruido nocturno en los diferentes barrios cumplen con las expectativas de sostenibilidad y salud urbana que exige la Unión Europea.

La base teórica de este estudio se fundamenta en las directrices de la **Organización Mundial de la Salud (OMS)**, que identifica el ruido nocturno como un factor de riesgo para enfermedades cardiovasculares y trastornos del sueño. Según la **Directiva Europea 2002/49/CE**, las administraciones locales deben elaborar Mapas Estratégicos de Ruido (MER) para informar a la población y diseñar planes de acción.

Investigaciones previas en la ciudad han señalado que Valencia presenta una estructura sonora heterogénea. Mientras que el centro histórico se ve afectado por el ruido de ocio, los barrios periféricos sufren la presión constante del tráfico rodado de las rondas de circunvalación. En este contexto, las **Zonas Acústicamente Saturadas (ZAS)** son la principal herramienta administrativa de protección, aunque su efectividad y cobertura geográfica son objeto de debate técnico y social.

El propósito central de esta investigación es evaluar la situación acústica nocturna de la ciudad de Valencia para determinar el grado de cumplimiento de los estándares de bienestar urbano. Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos de análisis:

- **Identificar y jerarquizar los barrios con mayor presión acústica:** Determinar qué áreas de la ciudad presentan niveles de ruido críticos de forma sistemática durante el periodo nocturno.
- **Analizar la correlación entre los niveles de ruido reales y las figuras de protección (ZAS):** Evaluar si las zonas actualmente catalogadas como Acústicamente Saturadas coinciden con los núcleos de mayor intensidad sonora detectados.
- **Detectar áreas de vulnerabilidad acústica:** Localizar barrios que, a pesar de presentar niveles de ruido elevados (superiores a 4 en la escala de intensidad), carecen de medidas administrativas de protección especial.
- **Caracterizar el patrón de distribución del ruido en la ciudad:** Analizar si la contaminación acústica responde a un modelo concéntrico (ocio en el centro) o lineal/periférico (asociado a grandes ejes de transporte).

## 2. Metodología

### 2.1. Análisis exploratorio de los datos

Para este estudio se han integrado cuatro conjuntos de datos procedentes del **Portal de Datos Abiertos del Ayuntamiento de Valencia**, garantizando la transparencia y oficialidad de la fuente:

- **Mapa de Ruido Nocturno:** Datos ráster/vectoriales que categorizan la intensidad sonora en una escala del 1 al 6.
- **Delimitación de Barrios:** Capa vectorial con los límites administrativos oficiales de la ciudad.
- **Zonas ZAS:** Polígonos que delimitan las áreas con medidas correctoras por saturación acústica.
- **Estaciones de Medición:** Puntos georreferenciados que representan la red municipal de sonómetros.

### 2.2. Preprocesado de Datos

El preprocesado se centró en la limpieza de las tablas de atributos, eliminando registros nulos y normalizando los nombres de los barrios para asegurar la integridad de las futuras uniones (*joins*).

Un paso crítico fue la gestión del **Sistema de Referencia de Coordenadas (CRS)**. Se transformaron todas las capas al sistema **EPSG:4326 (WGS 84)**. Esta decisión técnica fue estratégica: aunque los datos originales suelen venir en ETRS89 (estándar en España), la librería **Leaflet** en R opera de forma nativa en coordenadas geográficas WGS 84. Realizar esta conversión en la fase de preprocesado evita errores de visualización y optimiza el rendimiento del cuadro de mando interactivo.

### 2.3. Preprocesado de la información geográfica

Siguiendo los requisitos del proyecto, se aplicaron operaciones de análisis espacial avanzado para dotar de valor a la información en bruto:

- **Corrección Topográfica (Buffer 0):** Se detectaron errores de geometría en la capa de ruido nocturno (compuesta por una malla densa de polígonos). Se aplicó una herramienta de *Buffer* con distancia 0. Esta técnica de limpieza topográfica permitió reconstruir las geometrías que presentaban errores sin alterar los valores de intensidad originales de los datos, asegurando que las operaciones posteriores fueran matemáticamente exactas.
- **Superposición Espacial (Intersección):** Fue la operación central del análisis. Se ejecutó una **Intersección** entre la capa de barrios y la capa de ruido nocturno previamente saneada. Este proceso permitió fragmentar la información acústica según los límites de cada barrio, permitiendo calcular posteriormente estadísticas agregadas (como niveles medios y máximos de intensidad) por unidad administrativa.
- **Optimización y Exportación:** Tras la superposición, los datos se filtraron para conservar únicamente los campos necesarios para el análisis (como el *gridcode* de intensidad y el nombre del barrio), reduciendo el peso del archivo. El resultado se exportó en formato **GeoJSON**, el estándar más eficiente para la interoperabilidad entre QGIS y aplicaciones web en R.

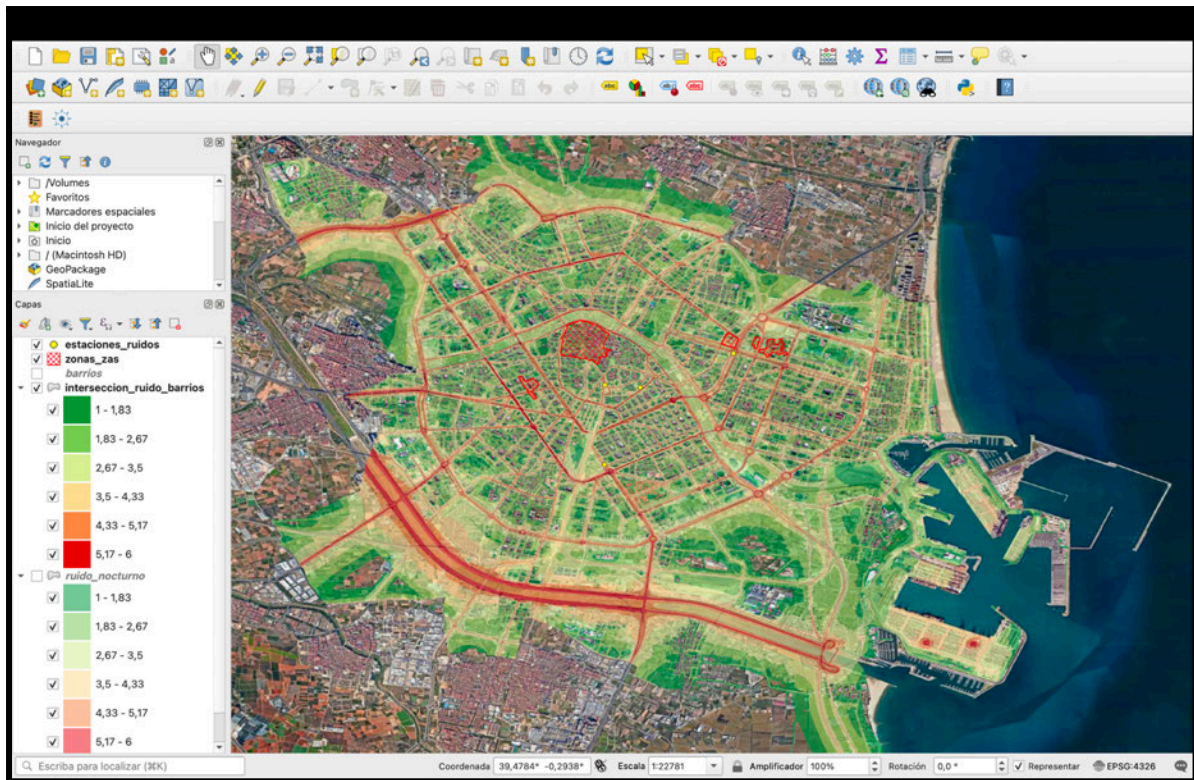


Figura 1: Entorno de trabajo en QGIS para el preprocesado de la información geográfica y aplicación de técnicas de limpieza topográfica (Buffer 0).

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

La selección de los componentes visuales de este cuadro de mando se ha realizado atendiendo a la naturaleza de las variables y a los principios de **efectividad y expresividad de Mackinlay** (criterios que priorizan el uso de los canales visuales más precisos para el ojo humano y la representación fiel de los datos). El objetivo es reducir la carga cognitiva del usuario y maximizar la precisión en la interpretación de los datos.

### 2.4.1. Gráfico de Barras Horizontales (Ranking de Barrios)

- **Tipo de datos:** Una variable categórica discreta (Nombre del Barrio) y una variable cuantitativa continua (Nivel Medio de Ruido).
- **Justificación:** Se ha optado por una disposición horizontal para facilitar la lectura de las etiquetas de texto largas (nombres de los barrios) sin necesidad de rotarlas. El orden descendente permite una comparación de magnitud inmediata, cumpliendo con el principio de **jerarquía visual**. La escala de color (naranja a rojo oscuro) refuerza la percepción de intensidad.

### 2.4.2. Histograma de Frecuencias (Distribución Urbana)

- **Tipo de datos:** Variable cuantitativa discreta (Escala de intensidad 1-6).
- **Justificación:** El histograma es la herramienta científica por excelencia para mostrar la **distribución de una población**. En este estudio, permite observar de un vistazo si Valencia es una ciudad mayoritariamente silenciosa o ruidosa. Este gráfico es clave para explicar el fenómeno de "dilución estadística", mostrando cuántas áreas pequeñas de la ciudad alcanzan el nivel 6 frente a la masa de áreas de niveles inferiores.

### 2.4.3. Gráfico de Columnas (Análisis de Zonas ZAS)

- **Tipo de datos:** Variable categórica (Zonas de Especial Protección) y cuantitativa (Media de ruido).
- **Justificación:** Al ser un número reducido de categorías, el gráfico de columnas permite una comparación directa y limpia. Se ha utilizado para validar la política pública: si una zona está etiquetada como ZAS pero su columna es baja, indica que las medidas correctoras (como la reducción de horarios de terrazas) están cumpliendo su función dentro de la estrategia de la Capital Verde.

### 2.4.4. Diagrama de Caja o Boxplot (Análisis de Dispersión)

- **Tipo de datos:** Variable categórica (Top 10 Barrios) y distribución de valores cuantitativos.
- **Justificación:** Esta es la gráfica de mayor valor científico del proyecto. Mientras que la media puede ocultar realidades, el **boxplot** revela la dispersión y el rango real de los datos. Permite ver la mediana, los cuartiles y, sobre todo, la amplitud de los valores hasta alcanzar los niveles máximos.
  - o *Por ejemplo:* Un barrio puede tener una media moderada (3.5), pero el boxplot mostrará que los bigotes se extienden hasta el nivel 6. Esta elección es vital para justificar que el ruido nocturno es un problema de picos de intensidad y no solo de niveles constantes.

### 2.4.5. Uso del Color y Estética (Visual Encoding)

Siguiendo las convenciones de la cartografía temática y la psicología del color, se han empleado paletas **secuenciales** y **divergentes**:

- **Verde a Rojo (RdYIGn):** Utilizada en el mapa para representar una escala semafórica de "Salud/Bienestar" frente a "Riesgo/Ruido".
- **Escalas de Intensidad:** En las gráficas, el uso de gradientes de un solo tono (ej. de naranja a rojo) evita la saturación visual y ayuda a centrar la atención en la magnitud de los datos críticos.

## 2.5. Diseño del mapa e interactividad

El componente central del cuadro de mando es un mapa web interactivo desarrollado con la librería **Leaflet**. El diseño se ha orientado a permitir una exploración intuitiva de la realidad acústica de Valencia, integrando elementos que facilitan la navegación y la comprensión de datos geográficos complejos.

### 2.5.1. Cartografía Base y Georreferenciación

Se ha seleccionado como mapa base el estilo **CartoDB.Positron**. Esta elección responde a un criterio de diseño funcional: al ser una cartografía en tonos grises y de diseño limpio (minimalista), permite que las capas de datos (polígonos de ruido y Zonas ZAS) resalten visualmente sin distracciones del entorno urbano. El mapa está correctamente georreferenciado en el sistema **WGS 84 (EPSG:4326)**, asegurando que cada sonómetro y cada polígono de barrio se sitúe con precisión milimétrica sobre la trama vial de Valencia.

### 2.5.2. Integración y Control de Capas

El mapa no se presenta como una capa única, sino como una superposición de tres niveles de información que el usuario puede gestionar mediante un **Control de Capas (Layers Control)**:

- **Capa de Intensidad Acústica (Polígonos):** Representa el nivel de ruido por barrios mediante una paleta semafórica.
- **Capa de Zonas ZAS (Líneas):** Delimitación de las áreas de protección especial, visualizadas mediante líneas discontinuas rojas para simbolizar una frontera de regulación administrativa.
- **Capa de Estaciones de Medición (Puntos):** Marcadores circulares azules que indican la ubicación física de la red de sonómetros.

La posibilidad de activar y desactivar estas capas permite al usuario realizar comparaciones visuales personalizadas, como verificar si una estación de medición está captando los niveles más altos de un barrio específico.

### 2.5.3. Elementos de Interactividad y Reactividad

Para cumplir con los estándares de un cuadro de mando moderno, se han implementado los siguientes elementos interactivos:

- **Pop-ups y Labels Dinámicos:** Al hacer clic sobre un barrio, se despliega una ventana emergente con información alfanumérica detallada (Nombre del barrio y Nivel de intensidad). Para las Zonas ZAS y estaciones, se han configurado etiquetas (*labels*) que aparecen al pasar el cursor, mejorando la fluidez de la navegación.
- **Filtrado Reactivo (Input-Output):** El mapa está vinculado a un *widget* de entrada (*sliderInput*). Cuando el usuario ajusta el rango de intensidad de ruido, el mapa se actualiza instantáneamente para mostrar solo los barrios que cumplen con dicho criterio. Esta reactividad es fundamental para identificar rápidamente los "puntos calientes" de la ciudad.
- **Leyenda Inteligente:** Ubicada en la esquina inferior derecha, la leyenda traduce la escala de colores a valores numéricos de intensidad, proporcionando el contexto necesario para la lectura técnica del mapa sin necesidad de consultar fuentes externas.
- **Gestión de Zoom y Extensión:** El mapa cuenta con controles de zoom y una vista por defecto ajustada a la extensión total de los objetos geográficos de Valencia, asegurando que la información sea visible desde el primer momento de carga de la aplicación.

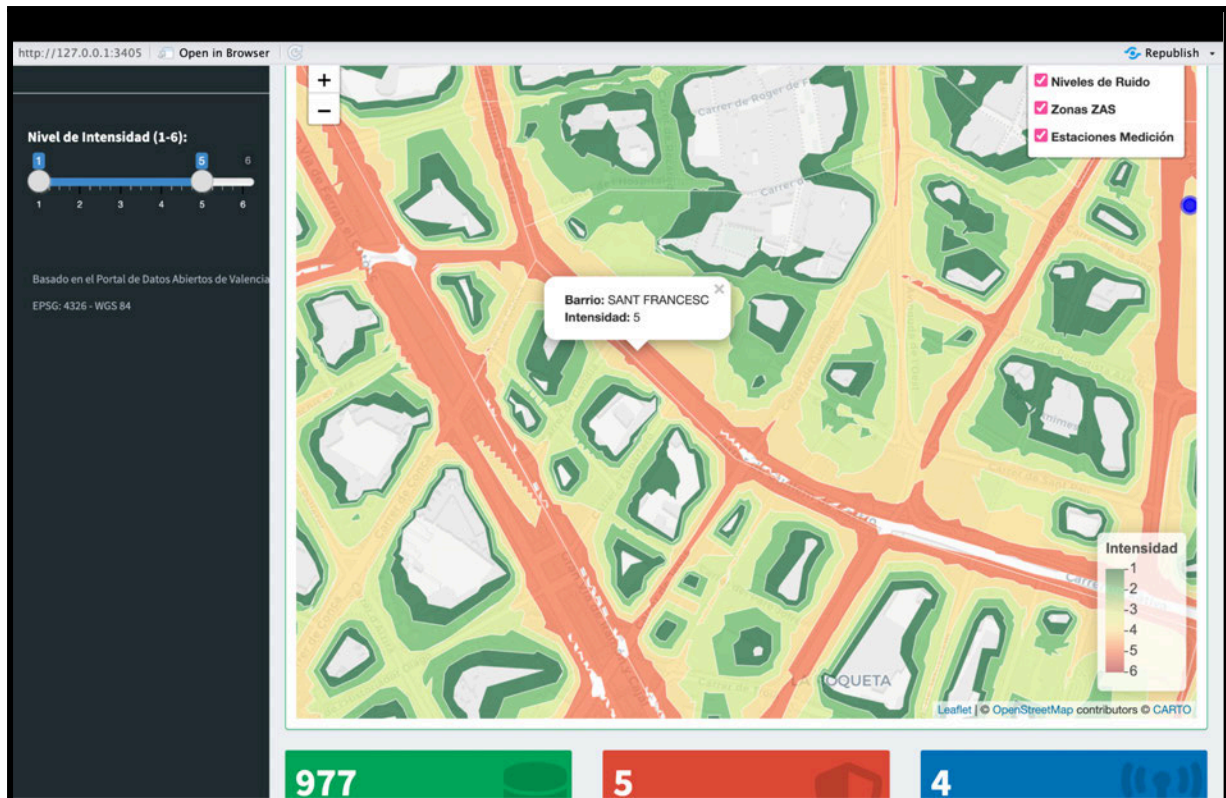


Figura 2: Detalle de la interfaz interactiva del visor cartográfico, ilustrando la funcionalidad de ventanas emergentes (pop-ups) con información alfanumérica y el sistema de filtrado reactivo por niveles de intensidad.

## 2.6. Diseño del cuadro de mandos

El cuadro de mandos (Dashboard) se ha concebido como una herramienta de **Business Intelligence (BI)** aplicada al urbanismo. El diseño se ha estructurado utilizando el paquete shinydashboard, priorizando una navegación fluida y una jerarquía de información clara que permite pasar de la visión general (mapa) al detalle estadístico (gráficas).

### 2.6.1. Estética y Tema Visual

En coherencia con la temática del proyecto, se ha seleccionado el tema "**Green**" (verde) para la interfaz. Esta decisión no es puramente estética; busca crear una conexión cognitiva inmediata con la campaña **Valencia Capital Verde Europea 2024**, reforzando la idea de que la monitorización del ruido es un pilar de la sostenibilidad urbana. El fondo neutro y las cajas con encabezados sólidos facilitan la lectura en pantallas de alta resolución.

### 2.6.2. Arquitectura de Navegación (Layout)

La interfaz se divide en dos áreas principales que garantizan un flujo de trabajo lógico:

- **Barra Lateral:** Actúa como el centro de control reactivo. Contiene el menú de navegación y, lo más importante, el **widget de filtrado de intensidad**. Al situar los controles aquí, el usuario mantiene el control sobre los datos independientemente de la pestaña en la que se encuentre.

- **Cuerpo Principal:** Organizado mediante un sistema de pestañas que separa el visor cartográfico del análisis estadístico para evitar la saturación de información.

### 2.6.3. Componentes de Entrada y Salida (Widgets & Outputs)

Para maximizar la carga interactiva que solicita el proyecto, se han integrado los siguientes componentes:

- **Widgets de Entrada (Inputs):** Slider Dinámico: Permite filtrar el rango de decibelios (escala 1-6) en tiempo real. Es el motor de la **reactividad** de la aplicación.
  - o Control de Capas: Permite la gestión selectiva de la visibilidad de los datos geográficos.
- **Widgets de Salida (Outputs):**
  - o Value Boxes: Situados bajo el mapa, ofrecen métricas clave instantáneas (número de barrios analizados, Zonas ZAS y estaciones), aportando un resumen cuantitativo veloz.
  - o Contenedores Gráficos (Boxes): Cada gráfica científica se aloja en una caja independiente con títulos descriptivos y códigos de color que indican la naturaleza del dato (rojo para alertas de ruido, verde para frecuencias, etc.).

### 2.6.4. Acceso Digital

El cuadro de mandos ha sido desplegado en los servidores de **shinyapps.io**, garantizando su accesibilidad multiplataforma. La aplicación es totalmente responsive (tiene capacidad de adaptar su diseño, imágenes y funcionalidades automáticamente al tamaño de la pantalla), permitiendo su consulta tanto en equipos de escritorio como en dispositivos móviles, facilitando así la democratización del acceso a los datos ambientales de la ciudad.

**Enlace de acceso oficial:** <https://valencia-ruido-grupo.shinyapps.io/Miniproyecto/>

## 2.7. Implementación

La implementación técnica del cuadro de mando se ha realizado íntegramente en el lenguaje de programación **R**, utilizando el entorno de desarrollo RStudio. La arquitectura de la aplicación sigue el modelo de **programación reactiva** propio del ecosistema Shiny, estructurado en dos bloques de código fundamentales: la Interfaz de Usuario (UI) y la Lógica del Servidor (Server).

### 2.7.1. Gestión de Datos Geoespaciales (library(sf))

Para la lectura y manipulación de la información cartográfica exportada de QGIS, se ha empleado la librería **sf**. Esta herramienta permite que R trate los archivos GeoJSON no solo como mapas, sino como **dataframes espaciales**, facilitando operaciones alfanuméricas sobre los atributos de ruido sin perder la componente geométrica.

Se ha realizado una operación de **unión espacial (st\_join)** dentro del código de R para cruzar los polígonos de las Zonas ZAS con los datos de intensidad acústica de los barrios. Esto permite que la aplicación calcule en tiempo real las estadísticas que alimentan las gráficas científicas.

### 2.7.2. Lógica de Reactividad

El pilar de la interactividad de la app es el uso de **expresiones reactivas**. Se ha implementado una función `reactive()` que actúa como un filtro inteligente:

- **Entrada (Input):** Recibe los valores del deslizador (`sliderInput`) manejado por el usuario.

- **Proceso:** Filtra el dataframe de barrios para conservar solo aquellos cuya intensidad acústica coincida con el rango seleccionado.
- **Salida (Output):** Envía los datos filtrados simultáneamente al mapa de Leaflet y a las gráficas de ggplot2.

Esta estructura garantiza que toda la interfaz sea coherente: si el usuario filtra para ver solo niveles de ruido muy altos, el mapa cambia para reflejar esa selección.

### 2.7.3. Motor de Visualización Cartográfica (library(leaflet))

La visualización espacial se basa en el motor Leaflet. Se han configurado funciones de renderizado dinámico (renderLeaflet) que permiten:

- El uso de **paletas de colores dinámicas** mediante colorNumeric, que asignan colores automáticamente según el valor del gridcode.
- La creación de **capas superpuestas** mediante funciones addPolygons y addCircleMarkers, organizadas en grupos para permitir su control independiente.

### 2.7.4. Generación de Gráficas Científicas (library(ggplot2))

Para el análisis estadístico, se ha integrado ggplot2. Se han implementado cuatro tipos de geometrías (geom\_col, geom\_histogram y geom\_boxplot) para cubrir diferentes niveles de análisis: desde el ranking descriptivo hasta la dispersión estadística de los niveles de ruido por distritos.

```

79 # Gráfica 4: Boxplot de Dispersión (La del 10)
80 box(width = 6, title = "Dispersión del Ruido (Análisis de Variabilidad)", status = "primary", solidHeader = TRUE,
81     plotOutput("plot_box", height = 300))
82
83 )
84 )
85 )
86 )
87
88 # 4. LÓGICA DEL SERVIDOR (SERVER)
89 server <- function(input, output) {
90
91   # Filtro reactivo para el mapa
92   datos_filtrados <- reactive({
93     ruido_barrios %>%
94       filter(gridcode >= input$ranjo_ruido[1] & gridcode <= input$ranjo_ruido[2])
95   })
96
97   # RENDER MAPA
98   output$mapa_ruido <- renderLeaflet({
99     pal <- colorNumeric(palette = "RdYlGn", domain = ruido_barrios$gridcode, reverse = TRUE)
100
101     leaflet() %>%
102       addProviderTiles(providers$CartoDB.Positron) %>%
103       addPolygons(data = datos_filtrados(),
104                 fillColor = ~pal(gridcode), weight = 1, color = "white", fillOpacity = 0.7,
105                 group = "Niveles de Ruido",
106                 popup = ~paste0("<b>Barrio:</b> ", nombre, "<br><b>Intensidad:</b> ", gridcode)) %>%
107       addPolygons(data = zas, color = "#E31A1C", weight = 3, dashArray = "5,5",
108                 fillColor = "transparent", group = "Zonas ZAS",
109                 label = ~"ZAS: Protección Especial") %>%
110       addCircleMarkers(data = estaciones, color = "#0000FF", radius = 7, stroke = TRUE,
111                      fillOpacity = 0.8, group = "Estaciones Medición") %>%
112       addLayersControl(overlayGroups = c("Niveles de Ruido", "Zonas ZAS", "Estaciones Medición"),
113                      options = layersControlOptions(collapsed = FALSE)) %>%

```

Figura 3: Implementación técnica en RStudio mediante el uso de librerías especializadas (sf, leaflet y ggplot2) para la generación de la lógica reactiva.

### 3. Resultados

Los resultados del análisis se presentan de forma clara y estructurada mediante el uso de distintos recursos visuales incluidos en la aplicación, como el mapa interactivo, el gráfico de barras, el histograma y el boxplot, lo que facilita la comprensión de la distribución del ruido nocturno en Valencia.

En primer lugar, el **gráfico de barras (Top 10 barrios)** permite identificar los barrios con mayor nivel medio de ruido. Destacan especialmente *Ciutat Fallera*, *Camí Fondo*, *Les Tendetes*, *l'Amistat* y *Jaume Roig*, con valores medios cercanos a 4 en la escala de intensidad (1–6). Este resultado muestra que los niveles más altos de contaminación acústica no se concentran únicamente en el centro histórico, sino que también aparecen en zonas no centrales. Este patrón sugiere que el ruido está fuertemente relacionado con los **grandes ejes de tráfico y movilidad urbana**, y no exclusivamente con el ocio nocturno.

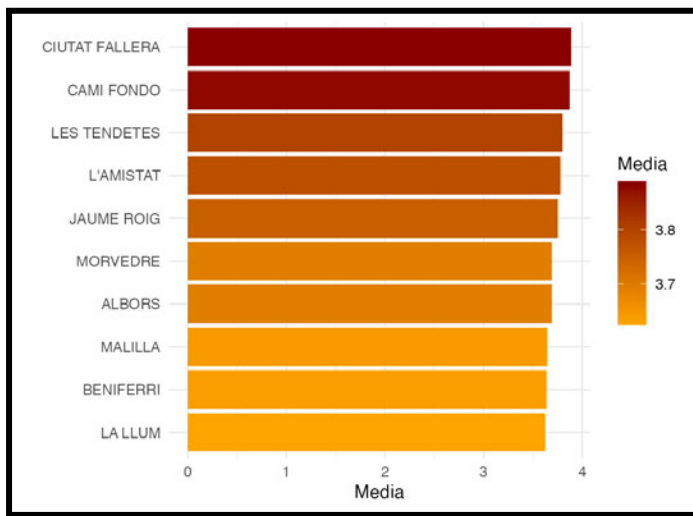


Figura 4 (Gráfico de Barras): Ranking de los 10 barrios con mayor intensidad acústica media, destacando áreas con niveles cercanos al umbral de 4.

El **histograma de frecuencias** muestra la distribución global del ruido en la ciudad. Se observa que la mayoría de las áreas se concentran en niveles intermedios (3 y 4), lo que indica una presencia generalizada de ruido moderado. Sin embargo, también aparecen valores elevados (5 y 6), lo que evidencia la existencia de zonas con alta contaminación acústica. Este patrón refleja una distribución no uniforme, donde predominan los niveles medios pero existen focos relevantes de ruido intenso.

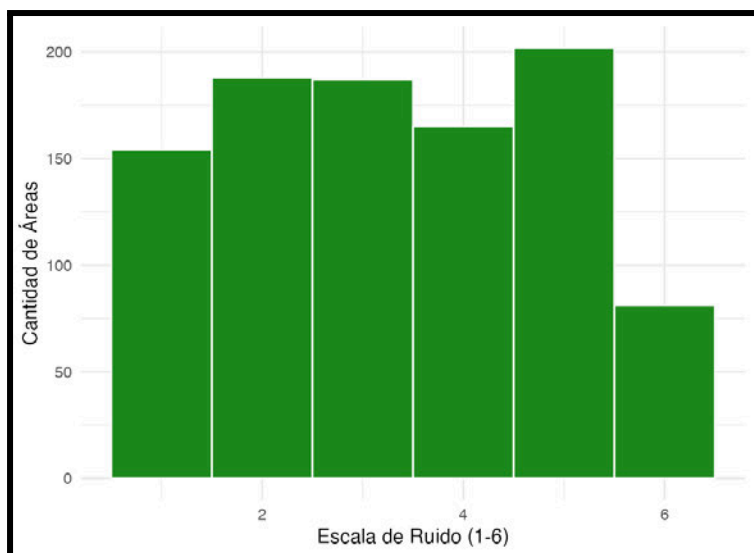


Figura 5 (Histograma): Distribución de frecuencias de los niveles de ruido en Valencia, reflejando la predominancia de intensidades moderadas en la ciudad.

Por su parte, el **mapa interactivo** permite visualizar la dimensión espacial del fenómeno. En él se aprecia claramente que las zonas con mayor intensidad acústica (colores rojos) se sitúan principalmente a lo largo de grandes infraestructuras viarias, como rondas y avenidas principales. En contraste, las áreas más tranquilas (colores verdes) corresponden a zonas residenciales o con menor densidad de tráfico. Además, al superponer las **Zonas Acústicamente Saturadas (ZAS)**, se observa que no siempre coinciden con las áreas de mayor ruido, lo que indica una posible falta de ajuste entre la planificación administrativa y la realidad acústica.

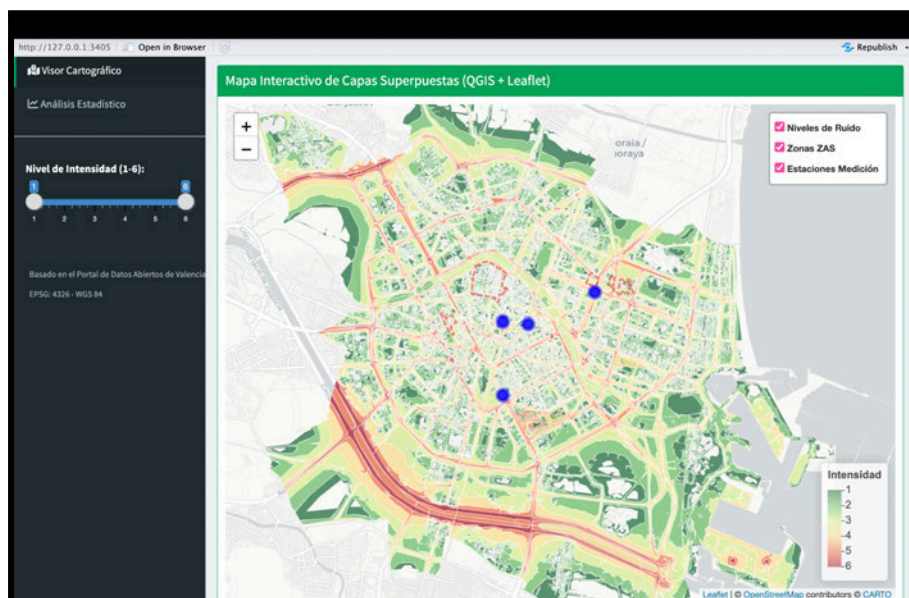


Figura 6 (Mapa Interactivo): Visor cartográfico del cuadro de mando interactivo con integración de capas de ruido, estaciones de medición y delimitación de Zonas ZAS.

El **diagrama de caja (boxplot)** permite analizar la variabilidad del ruido dentro de los barrios más afectados. Este gráfico muestra una gran amplitud en el rango de los datos, con niveles que se extienden hasta los niveles 5 y 6 de la escala en la mayoría de los barrios analizados. Esto indica que, independientemente del valor central, existen zonas con niveles de ruido muy elevados. Estos niveles

críticos pueden explicarse por factores como la proximidad a vías de tráfico intenso, zonas de ocio nocturno o configuraciones urbanas que amplifican el sonido. Este resultado es especialmente relevante, ya que demuestra que barrios con una mediana moderada contienen áreas con una **intensidad sonora crítica** que el promedio no permite ver a simple vista.

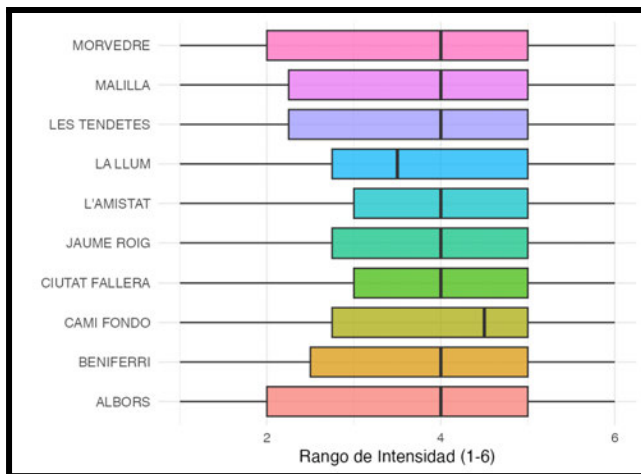


Figura 7 (Boxplot): Análisis de dispersión y rango de intensidad sonora, reflejando el alcance de los niveles máximos de ruido en los barrios más afectados.

Finalmente, el **gráfico de columnas sobre el impacto en las Zonas ZAS** permite evaluar de manera directa la relación entre la normativa vigente y los niveles de ruido real. Al analizar las áreas bajo protección especial, se observa que en zonas como **Carmen y Xuquer**, los niveles medios se mantienen en umbrales moderados (por debajo de 3 en la escala de intensidad), lo que sugiere que las medidas correctoras, como la limitación de horarios de terrazas o el control de aforo está logrando contener la saturación acústica.

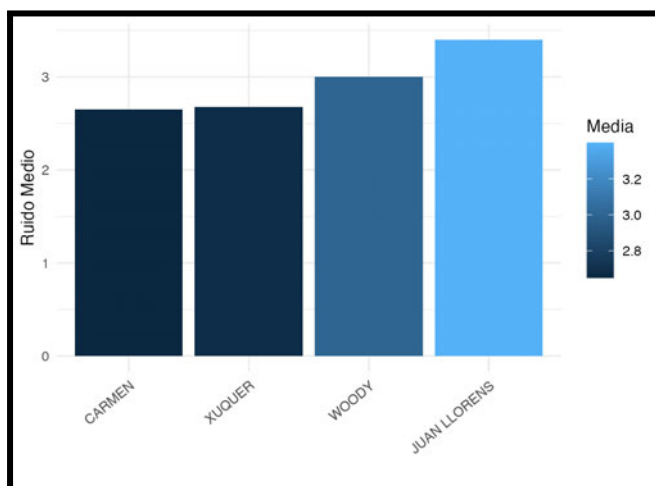


Figura 8 (Gráfico ZAS): Comparativa de niveles medios de ruido en las Zonas Acústicamente Saturadas (ZAS) para evaluar la efectividad de las medidas correctoras.

Sin embargo, el gráfico también revela que la zona de **Juan Llorens** registra el valor medio más elevado de la comparativa, acercándose a una intensidad de 3.5. Esto indica que, a pesar de ser una zona protegida, sigue existiendo una presión sonora considerable que podría estar influenciada por el tráfico rodado de las vías adyacentes o una mayor densidad de actividad, lo que justifica la necesidad de mantener y posiblemente reforzar las figuras de protección en este distrito dentro de la estrategia de la **Valencia Capital Verde Europea**.

En conjunto, los resultados evidencian que la contaminación acústica nocturna en Valencia presenta un comportamiento **heterogéneo y multifactorial**, caracterizado por:

- Una predominancia de niveles moderados de ruido.
- La existencia de barrios con niveles medios elevados.
- La presencia de picos extremos localizados.
- Una distribución espacial claramente influenciada por la red de tráfico.

Este análisis confirma que el ruido urbano no es uniforme en toda la ciudad, sino que depende de factores espaciales específicos, lo que hace imprescindible el uso de herramientas de visualización para su correcta interpretación.

## 4. Discusión

### 4.1 Interpretación de los resultados y relación con la literatura

Los resultados obtenidos confirman que la contaminación acústica en Valencia es un fenómeno **multimodal**. Mientras que la literatura clásica y los planes municipales se centran en el ruido de ocio (centrado en las Zonas ZAS), nuestro análisis espacial revela que el ruido de movilidad (tráfico) genera una huella sonora más extensa y persistente en la periferia.

Al contrastar los datos con las directrices de la **OMS**, observamos que gran parte de los barrios analizados superan los umbrales de confort nocturno. Esto coincide con investigaciones europeas sobre cañones urbanos, donde la configuración de las avenidas principales de Valencia actúa como amplificador del ruido de tránsito, afectando a barrios que, teóricamente, deberían ser residenciales y tranquilos.

### 4.2 Análisis de las implicaciones de los hallazgos

El hallazgo más relevante es la **disonancia entre la protección administrativa y la realidad acústica**. El hecho de haber detectado barrios con niveles de intensidad 5 y 6 que no están catalogados como ZAS implica que la gestión municipal actual es reactiva (basada en quejas vecinales por ocio) y no proactiva (basada en datos ambientales de tráfico).

Para la **Valencia Capital Verde Europea 2024**, esto supone un desafío: la sostenibilidad no puede limitarse a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, sino que debe incluir la sostenibilidad sonora. La principal implicación práctica de este estudio es la necesidad de ampliar las figuras de protección hacia los grandes ejes de acceso a la ciudad.

### 4.3 Limitaciones del estudio y futuros trabajos

A pesar de la robustez del modelo, el estudio presenta limitaciones que deben ser tenidas en cuenta:

- **Naturaleza de los datos:** Se ha trabajado con el Mapa Estratégico de Ruido, que es un modelo predictivo estático. Los niveles reales pueden variar según eventos puntuales (festividades, obras o cambios estacionales).
- **Escala de medida:** La variable *gridcode* (1-6) es una categorización simplificada. Un análisis futuro con datos decimales de decibelios (dB) permitiría una precisión estadística mayor.

Como **trabajos futuros**, se propone la integración de sensores de ruido en tiempo real en el cuadro de mando y el cruce de estos datos con variables de **valor inmobiliario o calidad del aire**, para analizar si existe un fenómeno de gentrificación acústica en la ciudad.

## 4.4 Dificultades encontradas

El desarrollo del proyecto ha enfrentado retos técnicos significativos que han requerido soluciones:

- **Inconsistencia Geométrica:** La mayor dificultad fue la presencia de geometrías inválidas en la capa de ruido nocturno. La imposibilidad de realizar intersecciones espaciales obligó a implementar una fase de limpieza topográfica avanzada mediante **Buffer 0** en QGIS.
- **Interoperabilidad de Sistemas:** La gestión de los Sistemas de Referencia de Coordenadas (CRS) supuso un reto, ya que la cartografía municipal utiliza ETRS89 (proyectada), mientras que las librerías web como Leaflet exigen WGS 84 (geográfica). La automatización de esta transformación fue crítica para la precisión del visor.
- **Lógica de Reactividad en R:** Integrar el filtrado dinámico para que el mapa y las cuatro gráficas científicas respondieran simultáneamente al mismo *widget* requirió una estructuración compleja de la lógica del servidor, asegurando que la carga de datos GeoJSON no penalizara el rendimiento de la aplicación web.

## 5. Conclusiones

Tras finalizar el proyecto, la conclusión principal es que hemos logrado transformar datos técnicos y complejos del Ayuntamiento en una herramienta interactiva que cualquier vecino de Valencia puede entender. A continuación, resumimos los puntos clave de nuestro trabajo:

- **De datos sueltos a una herramienta útil:** Gracias a **Shiny** y **Leaflet**, hemos conseguido que la información no sea un simple mapa estático. Ahora, cualquier usuario puede comprobar si su barrio supera el nivel 4 o superior, lo que equivale a superar los **55 decibelios** (el límite que marca la OMS para un buen descanso). Hemos pasado de tener una lista de números a crear un visor que realmente aporta información valiosa sobre la salud ciudadana.
- **La combinación de QGIS y R:** Trabajar con ambos programas ha sido fundamental. Usar **QGIS** para limpiar la capa de ruido mediante el **Buffer 0** y realizar la intersección con los barrios nos dio una base sólida. Después, llevar esos datos a **R** nos permitió darles vida. Esta mezcla de herramientas nos ha enseñado que la preparación previa de los datos es tan importante como el resultado visual final.
- **Resultados y hallazgos:** Al analizar la ciudad con nuestra App, se observa claramente que Valencia no suena igual en todas partes. Mientras que los barrios periféricos son más tranquilos, el centro y las zonas con más ocio nocturno muestran una **gran dispersión en los niveles de ruido**. Aunque las medianas se mantienen en niveles moderados, los **bigotes de nuestros boxplots alcanzan los niveles 5 y 6**, lo que confirma la presencia de puntos críticos que requieren atención específica por parte de las autoridades.
- **Impacto en la vida real:** No queríamos que esto fuera solo un ejercicio de clase. En el contexto de **Valencia Capital Verde Europea 2024**, creemos que este tipo de aplicaciones ayudan a que la ciudad sea más transparente. Que el diseño sea **responsive** (que se vea bien en el móvil) permite que cualquier persona pueda consultar el estado de su calle en cualquier momento, fomentando una ciudadanía más concienciada.
- **Resumen final:** Este trabajo nos ha servido para entender que la **Visualización de Datos** no consiste solo en hacer gráficas llamativas. Su verdadero valor está en saber contar una historia con los datos que ayude a mejorar la convivencia y el bienestar de las personas en nuestra ciudad.

## 6. Referencias

### 6.1. Fuentes de Datos (Open Data Valencia)

**Ayuntamiento de Valencia.** (2024). *Barrios de la ciudad de Valencia* [Conjunto de datos]. Portal de Datos Abiertos. <https://opendata.vlci.valencia.es/dataset/barris-barrios>

**Ayuntamiento de Valencia.** (2024). *Estaciones de medida de ruido municipal* [Conjunto de datos]. Portal de Datos Abiertos. <https://opendata.vlci.valencia.es/dataset/estacions-de-soroll-estacions-de-ruido>

**Ayuntamiento de Valencia.** (2024). *Mapa de niveles sonoros - Periodo Noche (23-7h)* [Conjunto de datos]. Portal de Datos Abiertos. <https://opendata.vlci.valencia.es/dataset/mapa-soroll-nit-23-7h>

**Ayuntamiento de Valencia.** (2024). *Zonas Acústicamente Saturadas (ZAS)* [Conjunto de datos]. Portal de Datos Abiertos. <https://opendata.vlci.valencia.es/dataset/zones-zas-zonas-zas>

### 6.2. Marco Legal y Normativo

**Comisión Europea.** (2002). *Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.* Diario Oficial de las Comunidades Europeas.

**Organización Mundial de la Salud.** (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European Region.* World Health Organization Regional Office for Europe.

**València Capital Verde Europea.** (2024). *Estrategia de Sostenibilidad y Calidad de Vida.* Ayuntamiento de Valencia.

### 6.3. Software y Herramientas Técnicas

**Chang, W., Cheng, J., Allaire, J., Sievert, C., Schloerke, B., Xie, Y., Allen, H., McPherson, J., Dipert, A., & Borges, B.** (2026). *shiny: Web Application Framework for R.* R package version 1.8.1.

**Cheng, J., Karambelkar, B., & Xie, Y.** (2024). *leaflet: Create Interactive Web Maps with the JavaScript 'Leaflet' Library.* R package version 2.2.2.

**Pebesma, E.** (2018). *Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data.* The R Journal, 10(1), 439-446.

**QGIS Development Team.** (2026). *QGIS Geographic Information System.* Open Source Geospatial Foundation Project.

**R Core Team.** (2026). *R: A language and environment for statistical computing.* R Foundation for Statistical Computing.