Visualización Espacial de las Zonas Inundadas y sus Efectos en Infraestructuras Públicas en la Comunidad Valenciana

Autores

Narcís Casián Romega

Jorge García Pozuelo

Carlos Caro Beta

Antonino Occhipinti

David Valeria-Valentina

Otros

Visualización de datos 36425, 2º Ciencia de Datos ETSE-UV

Índice

1. Introducción.
   1.1. Presentación del contexto y la importancia del problema.
   1.2. Revisión de la literatura relevante.
   1.3. Objetivos del estudio.
2. Metodología.
   2.1. Análisis exploratorio de los datos.
   2.2. Preprocesado de Datos.
   2.3. Preprocesado de la información Geográfica.
   2.4. Elección de gráficas para los distintos tipos de datos.
   2.5. Diseño del mapa e Interactividad.
   2.6. Diseño del Cuadro de Mandos.
   2.7. Implementación.
3. Resultados.
   3.1. Presentación de los datos obtenidos de manera clara y organizada.
   3.2. Utilización de tablas, gráficos u otros recursos visuales para facilitar la comprensión.
   3.3. Análisis de los resultados, resaltando las tendencias o patrones observados.
4. Discusión.
5. Conclusiones.
6. Referencias.

1. Introducción

1.1. Presentación del contexto y la importancia del problema

La Comunidad Valenciana, situada en la costa este de España, ha sido históricamente susceptible a fenómenos meteorológicos extremos, como tormentas intensas e inundaciones. En particular, el evento conocido como DANA (Depresión Aislada en Niveles Altos) que afectó a la región en 2024 causó graves alteraciones en varias zonas, afectando tanto a la población como a las infraestructuras públicas. Las áreas inundadas incluyeron zonas urbanas, centros de salud, colegios, estaciones de transporte y otras instalaciones críticas para el funcionamiento de la comunidad.

La visualización de datos geoespaciales se ha convertido en una herramienta fundamental para comprender y comunicar de manera efectiva los efectos de estos fenómenos naturales. La creación de mapas interactivos y gráficos permite representar información compleja de forma clara y accesible, facilitando la toma de decisiones tanto a nivel gubernamental como social. El análisis de las zonas inundadas y la identificación de infraestructuras vulnerables resultan clave para mejorar la resiliencia y la capacidad de respuesta ante futuros desastres naturales.

1.2. Revisión de la literatura relevante.

Varios estudios han abordado los efectos de las inundaciones en diferentes regiones del mundo, destacando la importancia de la planificación urbana y la gestión de infraestructuras en la reducción del impacto de estos eventos. Según investigaciones previas, el análisis geoespacial combinado con herramientas de visualización puede proporcionar información crítica para la gestión de emergencias y la protección de bienes y personas (Smith et al., 2017). Además, se ha demostrado que el uso de plataformas interactivas para la visualización de mapas permite una comprensión más profunda de las áreas de riesgo y facilita la colaboración entre instituciones y ciudadanos (Kunz et al., 2020).

En el contexto de la Comunidad Valenciana, se han llevado a cabo investigaciones similares centradas en el análisis de los impactos de fenómenos meteorológicos sobre la infraestructura de transporte (García et al., 2019) y en el sector de la salud (Torres y Martínez, 2021). Sin embargo, el estudio de la DANA de 2024 combinado con un enfoque de visualización interactiva es novedoso, lo que representa una aportación significativa para la comprensión de los efectos de este evento específico.

1.3. Objetivos del estudio.

El objetivo principal de este estudio es desarrollar una visualización interactiva de los datos relativos a las zonas afectadas por la DANA en la Comunidad Valenciana, con un enfoque particular en las infraestructuras públicas, tales como hospitales, centros educativos, estaciones de tren y aeropuertos. Este análisis tiene como finalidad:

1. Identificar y mapear las zonas inundadas durante el evento de 2024.
2. Evaluar el impacto de las inundaciones sobre las infraestructuras clave de la región.
3. Proporcionar una herramienta visual interactiva que permita a los usuarios explorar los datos y comprender las áreas más vulnerables.
4. Analizar las tendencias y patrones observados en relación con la localización de las infraestructuras afectadas y su capacidad de resiliencia.

A través de la integración de diversos conjuntos de datos geoespaciales y su representación visual, este proyecto pretende ofrecer una herramienta útil para futuras decisiones de planificación urbana y gestión de riesgos en la Comunidad Valenciana.

2. Metodología

2.1. Análisis exploratorio de los datos

El primer paso fue localizar y descargar el ráster correspondiente a la huella de inundación provocada por la DANA de 2024, disponible en el geoportal oficial de la Generalitat Valenciana (https://geocataleg.gva.es). Esta capa sirvió como base para identificar las zonas afectadas y, a partir de ahí, comenzar nuestro análisis sobre el impacto en infraestructuras públicas.

Dado que el objetivo principal del proyecto es analizar la cantidad e intensidad de los daños provocados por la DANA en instalaciones de interés público, nos centramos en recopilar información sobre nodos relevantes como centros de salud, centros educativos, estaciones de metro y tren, aeropuertos, carreteras, entre otros.

Para ello, recopilamos datos abiertos de diversas plataformas oficiales, como dadesobertes.gva.es, valencia.opendatasoft.com, datos.gob.es o el Centro de Descargas del CNIG (centrodedescargas.cnig.es), entre otras. Estos portales proporcionan información geográfica actualizada que nos permitió localizar las infraestructuras necesarias para el estudio.

Como nuestro ámbito de análisis está limitado exclusivamente a la Comunidad Valenciana, también incorporamos la capa administrativa de municipios de dicha comunidad. Esto nos permitió acotar espacialmente el análisis y determinar de forma precisa qué municipios se vieron afectados por la inundación.

Durante esta fase, nos interesamos especialmente por cuantificar el número de infraestructuras afectadas y estudiar su localización en relación con la huella de inundación. Por ejemplo, observamos que muchos hospitales situados en municipios afectados no sufrieron daños relevantes, lo cual podría deberse a su ubicación estratégica, algo que se analizará más en profundidad en las conclusiones del proyecto.

En cuanto a la calidad de los Datos, no fue necesario aplicar controles complejos, ya que la mayoría de los conjuntos de datos utilizados provenían de fuentes oficiales y bien consolidadas, como el geoportal de la Generalitat Valenciana (gva), el Instituto Geográfico Nacional (CNIG) o plataformas de datos abiertos gubernamentales. Estas entidades mantienen estándares técnicos altos en cuanto a precisión, actualidad y consistencia de los datos, lo que nos permitió trabajar con confianza en su fiabilidad.

No obstante, se realizó una comprobación básica para asegurarnos de que los datos tuvieran información geoespacial completa y atributos necesarios para el análisis, como el tipo de instalación, ubicación, o clasificación administrativa.

Por otra parte, en cuanto a los tipos de datos recopilados hay que destacar dos tipos, datos vectoriales (puntos, polígonos, líneas) y rásteres.

El ráster principal es el de la Huella de Inundación de la Dana. Además, otros datos como la geolocalización de algunos de los centros educativos de la comunidad valenciana solo pudimos encontrar rásters. Estos no son “datos” los cuales podamos usar directamente, sino que, para realizar nuestro estudio, debían ser convertidos, pero eso nos centraremos en comentarlo en el siguiente apartado de preprocesado de datos.

2.2. Preprocesado de Datos

Para llevar a cabo el análisis espacial de los efectos de la DANA de 2024 en la Comunidad Valenciana, se recopilaron diversos conjuntos de datos procedentes de fuentes oficiales y portales de datos abiertos. A continuación, se muestra una tabla resumen con los principales datasets utilizados, su descripción, fuente de origen y el formato en el que fueron obtenidos inicialmente. Todos estos datos fueron posteriormente procesados y estandarizados.

Nombre del dataset	Descripción	Fuente	Formato original
Huella de inundación DANA 2024	Extensión espacial de zonas afectadas por la inundación	geoportal GVA / geocatàleg	Ráster (.tif)
Municipios Comunidad Valenciana	División administrativa municipal	CNIG / Geoportal GVA	Vectorial (.shp)
Centros educativos	Ubicación de colegios, institutos, etc.	dadesobertes.gva.es	Vectorial (.shp)
Centros de salud y hospitales	Consultorios, hospitales y ambulatorios públicos	dadesobertes.gva.es	Vectorial (.shp)
Estaciones de ferrocarril y metro	Estaciones RENFE y Metrovalencia	datos.gob.es / valencia.opendatasoft	Vectorial (.shp)
Tramos de carretera y red vial	Red nacional y autonómica de carreteras	CNIG / IDEE	Vectorial (.shp)
Aeródromos y aeropuertos	Infraestructura aérea (pequeños aeródromos, aeropuertos)	datos.gob.es	Vectorial (.shp)

Tras la recopilación inicial de los conjuntos de datos, se procedió al preprocesado con el objetivo de prepararlos adecuadamente para el análisis espacial. Esta etapa incluyó tareas esenciales como la limpieza, depuración y estandarización de la información.

En primer lugar, se eliminaron registros duplicados o sin información relevante en las capas de centros educativos, infraestructuras de transporte y centros de salud, ya que no aportaban valor al análisis. También se revisaron los campos de identificadores únicos (por ejemplo, códigos de centros) para asegurar su coherencia dentro de cada conjunto de datos y evitar errores al realizar cruces o filtrados.

Antes de seleccionar los datos relevantes, fue necesario reproyectar todas las capas vectoriales al sistema de referencia espacial elegido para el estudio, EPSG:25830. Esta reproyección era indispensable, ya que los datos obtenidos de distintas fuentes podían estar generados con sistemas de coordenadas distintos. De no haber realizado este paso, se habrían producido errores de alineación geográfica que afectarían la precisión del análisis espacial y la validez de los resultados.

Durante el preprocesado también fue necesario revisar la coherencia interna de los datos en relación con su temática. Esto consistió en asegurar que la información contenida en los campos clave (como tipo de centro, categoría de infraestructura, municipio, etc.) fuera clara, homogénea y estuviera bien clasificada. En algunos conjuntos de datos, por ejemplo, se encontraron entradas con valores ligeramente distintos para conceptos iguales, como “colegio público” y “Colegio Público”, o campos vacíos en atributos relevantes como el nombre del centro o su localidad. Estas inconsistencias fueron corregidas mediante la unificación de etiquetas y la eliminación de registros incompletos cuando era necesario.

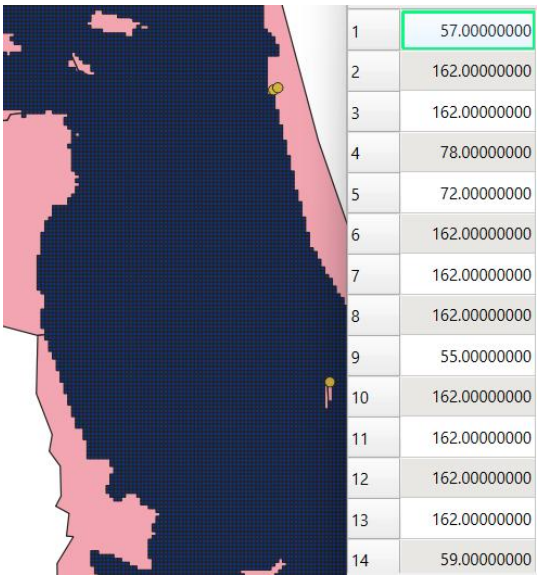
Otra etapa importante fue la conversión de tipos de datos para garantizar que los campos clave pudieran ser utilizados correctamente en análisis posteriores. En varios archivos descargados, algunos atributos numéricos, como códigos de centro, alturas o identificadores estaban almacenados como texto. Esto puede causar problemas a la hora de hacer cálculos, filtros o representaciones simbólicas.

Se procedió a convertir estos campos al tipo de dato adecuado (por ejemplo, de texto a número entero o decimal), especialmente en el caso de los valores relacionados con niveles de agua o códigos únicos. En los casos donde los datos eran mixtos (como campos con números y letras mezclados), se hizo una separación de los componentes relevantes o una limpieza del contenido para mantener solo los datos útiles.

2.3. Preprocesado de la información geográfica

Análisis espacial requerido y cómo se ha hecho para obtener capas de información que se integrarán en el mapa final.

Una vez todas las capas estuvieron en el mismo sistema de referencia, se procedió a convertir ciertos formatos para facilitar el análisis. En particular, la huella de inundación de la DANA se obtuvo como un archivo ráster en formato .tif. Para poder trabajar con esta capa en los análisis espaciales, fue necesario convertirla a una capa vectorial de polígonos utilizando la herramienta “Raster Pixels to Polygons”. Esta conversión permitió representar de forma precisa el área afectada por las inundaciones, donde cada polígono indicaba el nivel de altura del agua en centímetros. Por simplicidad, estos valores fueron redondeados. Esta nueva capa también fue reproyectada a EPSG:25830 para mantener la coherencia espacial del proyecto.



1	57.00000000
2	162.00000000
3	162.00000000
4	78.00000000
5	72.00000000
6	162.00000000
7	162.00000000
8	162.00000000
9	55.00000000
10	162.00000000
11	162.00000000
12	162.00000000
13	162.00000000
14	59.00000000

En donde el conjunto entero de polígonos de esta capa conforma el área total afectada por la inundación. Cada uno de estos polígonos posee un valor el cual la altura del agua llegó (en centímetros). Por comodidad, los valores acabaron siendo redondeados.

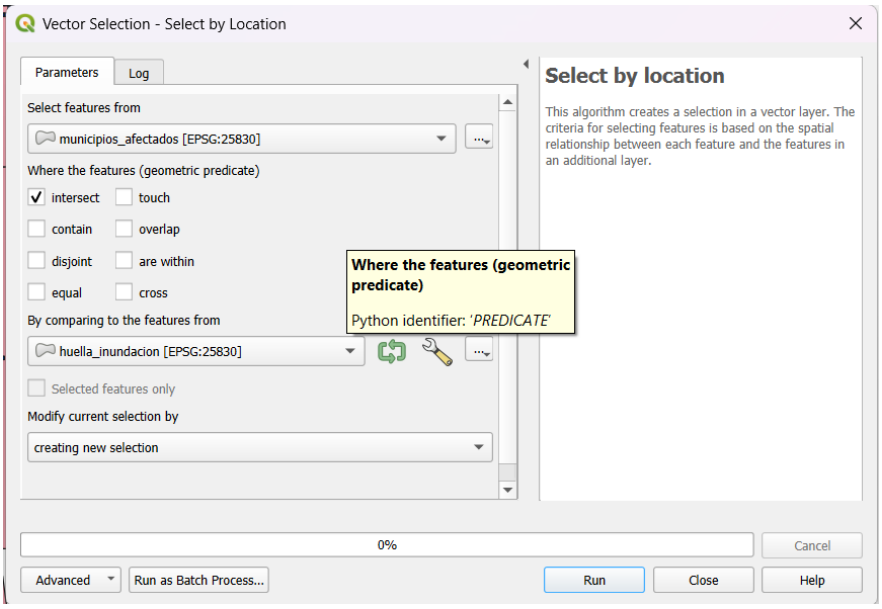
Además, esta nueva capa vectorial fue re proyectada al sistema de referencia EPSG:25830 para mantener la precisión de nuestros datos.

Cabe destacar que, en el caso de los tramos viales, fue necesario realizar una conversión desde formato ráster a líneas vectoriales. La capa resultante se utilizó principalmente con fines de referencia espacial, es decir, para representar visualmente la ubicación de las vías sobre el mapa.

No se aplicó un análisis detallado sobre qué tramos específicos se vieron afectados, sino que se optó por mostrar la totalidad de los tramos dentro de los municipios impactados por la DANA, dejando al usuario final la interpretación visual del mapa para distinguir entre los segmentos de vía potencialmente afectados y aquellos que simplemente están dentro de zonas cercanas a la inundación.

Posteriormente, a partir de esta capa fue en la que nos basamos para la elección de los datos relevantes para nuestro estudio. Por ejemplo, la selección de los municipios los cuales fueron afectados por las riadas y lluvias.

Para aislar estos datos, hicimos una selección por localización geográfica entre las capas de datos de municipios de la comunidad valenciana y el área denominada por la huella de inundación como se ilustra en el siguiente ejemplo.



Al ejecutar esta operación, en la capa vectorial de “municipios_afectados” se seleccionarán solo los municipios los cuales “intersecciones” con alguno de los polígonos de la capa de huella de inundación. A partir de esta selección, guardamos en una nueva capa vectorial los municipios los cuales serán relevantes en nuestro estudio.

Cabe destacar que, aunque se haya creado una nueva capa con los municipios relevantes, los demás municipios restantes no fueron descartados debido a que en otros estudios más exhaustivos puedan llegar a ser de utilidad y convertirse en datos de interés.

Esta misma selección se utilizó en las restantes capas de interés como centros educativos afectados en valencia, estaciones de ferrocarril y de metro, centros de salud, hospitales, etc.

En concreto, cabe destacar que para las estaciones de ferrocarril y de metro, aeródromos y tramos viales, al ser los datos recogidos de toda la península, primero se tuvo que hacer una previa selección para solo los tramos de vías correspondientes a la comunidad valenciana, ya que en otras partes como Madrid i Barcelona no fueran afectados por esta.

A partir de este primer filtro, volvimos a seleccionar los datos relevantes a partir de la capa de huella de inundación y de municipios afectados para poder obtener dos enfoques.

Un primero en el que se centrase en recabar todas las instalaciones de transporte además de vías que estuviesen en territorio de los municipios afectados, y otro enfoque el cual se basase en solo los tramos viales e instalaciones las cuales se vieron directamente afectadas en la DANA, es decir, cortes de carretera, estaciones inundadas, etc.

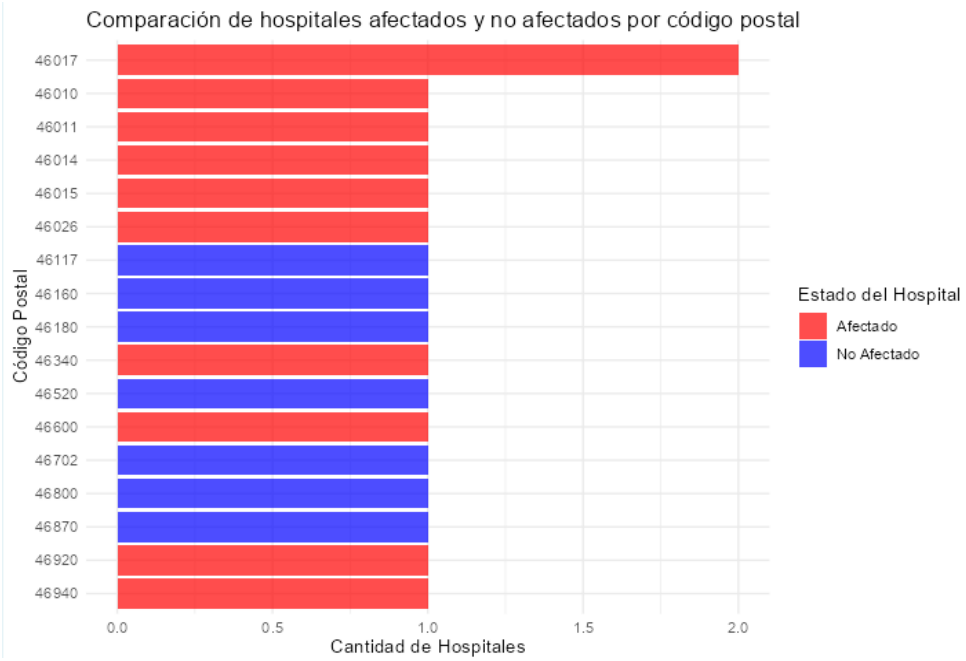
2.4. Elección de gráficas para los distintos tipos de datos

Para empezar, hemos elegido exclusivamente gráficos de barras, ya que la mayoría de las variables en los datos de hospitales, centros educativos, estaciones de tren y aeródromos son categóricas. Otras opciones como líneas, áreas o diagramas de dispersión no aportan valor cuando no hay datos continuos ni series temporales. La decisión de mantener solo barras también nos ha ayudado a que todas las vistas sean coherentes y fáciles de entender, sin obligar al usuario a cambiar de formato en cada sección. De este modo, creemos que se logra una presentación clara, uniforme y directamente orientada a comparar las variables categóricas de los datos.

Para la visualización hemos empleado los datasets que acaban en “_comparados”, los cuales contienen todos los registros originales de cada tipo de infraestructura y a los que se les ha añadido una columna afectada que indica si ese elemento sufrió impacto durante la DANA.

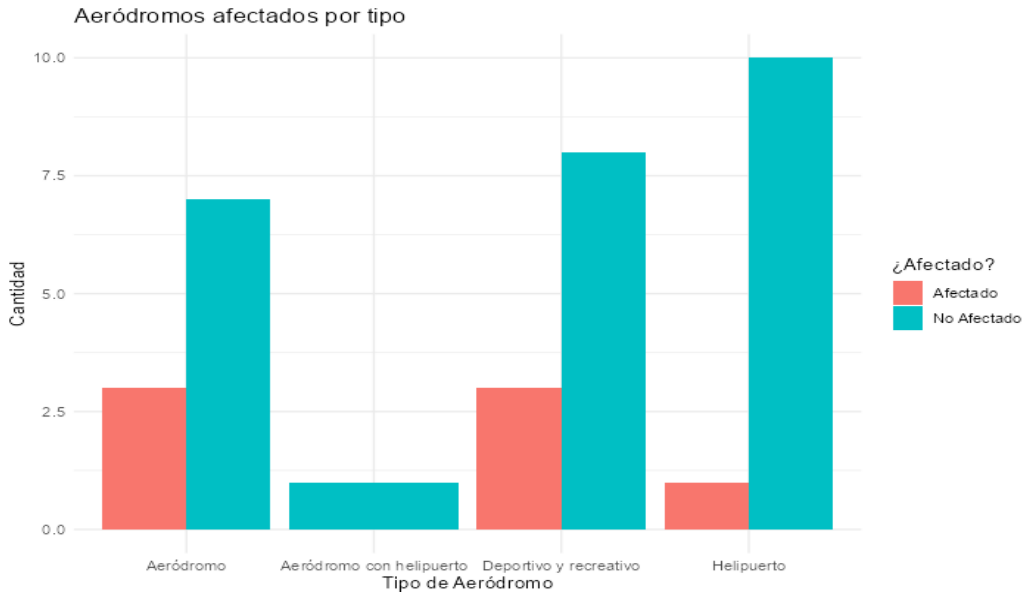
Hospitales: El gráfico de hospitales utiliza hospitales_comparados para mostrar, por cada código postal, cuántos hospitales resultaron afectados frente a los que no lo fueron. Las barras se ordenan de mayor a menor cantidad de hospitales por código postal usando fct_infreq() y fct_rev(), y se presentan en horizontal con coord_flip(). Cada código postal aparece con dos barras, una roja para “Afectado” y otra azul para “No Afectado”, lo que permite identificar de un vistazo las zonas con mayor concentración de hospitales afectados.

La visualización del gráfico quedaría de la siguiente manera:



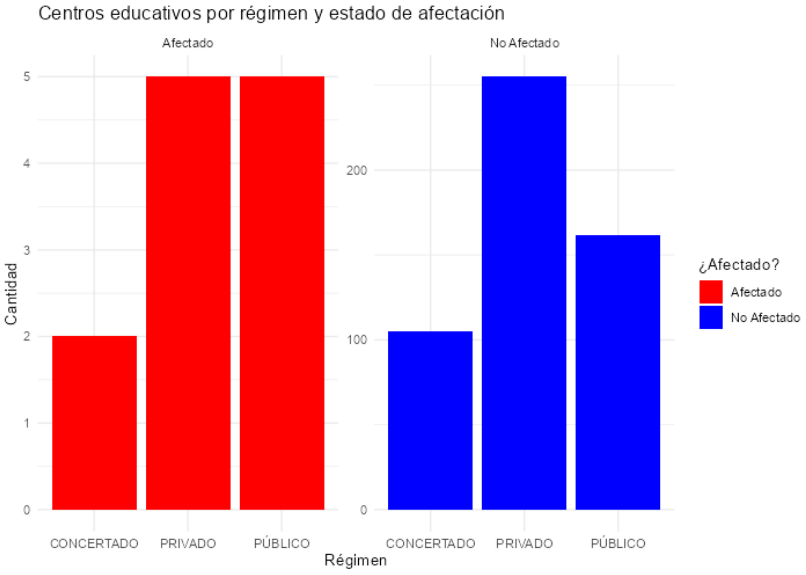
Aeródromos: Con aerodromos_comparados, el gráfico desglosa la variable t_aerodrod (tipo de aeródromo) mostrando cuántos de cada tipo fueron afectados y cuántos no. Gracias a geom_bar(position = "dodge"), las barras de afectados y no afectados quedan lado a lado, facilitando la comparación directa entre categorías y permitiendo ver enseguida cuáles tipos de aeródromo resultaron más vulnerables.

La visualización del gráfico quedaría de la siguiente manera:



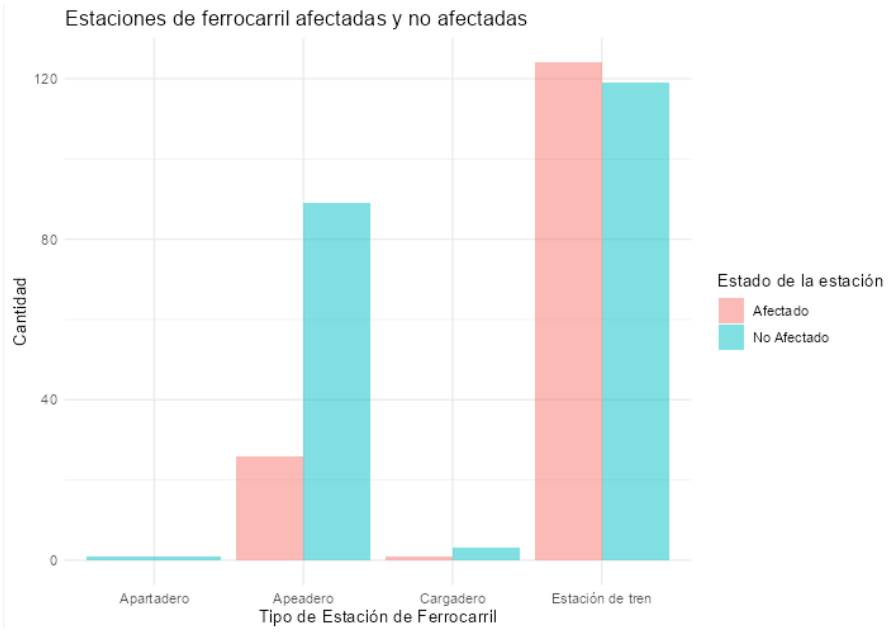
Centros Educativos: Para los centros, centros_comparado organiza los datos por regimen y utiliza facet_wrap(~afectado, scales = "free_y") para generar dos paneles independientes: uno para “Afectado” y otro para “No Afectado”. De este modo, en cada panel se cuentan los centros por régimen sin que sus valores compitan en el mismo eje, lo que clarifica la distribución interna de cada grupo.

La visualización del gráfico quedaría de la siguiente manera:



Ferrocaril: Finalmente, en ferrocarril_comparado el gráfico de estaciones de tren emplea la variable tipo_estfc con barras gemelas de afectados y no afectados usando position = "dodge" y alpha = 0.5 para añadir transparencia. Esta combinación permite comparar lado a lado la vulnerabilidad de cada tipo de estación y, a la vez, apreciar levemente cualquier solapamiento gracias al efecto semitransparente.

La visualización del gráfico quedaría de la siguiente manera:



2.5. Diseño del mapa e interactividad

El mapa interactivo se creó pensando en ofrecer una experiencia sencilla y agradable al usuario, permitiendo que la información geoespacial sea fácil de explorar. Para lograr este objetivo, se optó por utilizar la librería Leaflet en R, lo que permitió combinar capas y herramientas interactivas de forma fluida.

Capas de Cartografía Base

Se incluyeron tres tipos de mapas base a los que se puede acceder mediante un control visible en la pantalla:

- OpenStreetMap: La opción más conocida, con una vista estándar que muchos usuarios reconocen al instante.
- CartoDB.Positron: Un fondo de tono gris claro que favorece la visualización de los datos temáticos.
- Esri.WorldImagery: Imágenes satelitales ideales para apreciar detalles del terreno y ver construcciones con mayor nitidez.

Capas de Información

Cada capa del mapa representa aspectos o infraestructuras distintas, y todas se transformaron al sistema de coordenadas WGS84 para garantizar su correcta visualización. Los elementos que se destacan son:

- Municipios afectados: Se dibujaron polígonos azules para resaltar las zonas administrativas en estudio.
- Zonas de inundación: Se utilizó un tono rojo, suavemente transparente, para indicar las áreas afectadas.

- Centros educativos: Se marcaron con puntos de color naranja, acompañados de ventanas emergentes al hacer clic sobre ellos.
- Hospitales: Se ubicaron con marcadores en rojo, usando la opción circleMarker para enfatizar su importancia.
- Aeródromos: Se señaló la infraestructura aeroportuaria mediante puntos de color verde.
- Estaciones de tren: Se representaron con íconos en color morado para facilitar su localización.

Interacción

La experiencia de usuario se ha enriquecido permitiendo que al hacer clic en cualquiera de los elementos se desplieguen detalles adicionales. Además, se integró una leyenda en la esquina inferior izquierda del mapa para interpretar los colores sin necesidad de revisar documentación externa. El panel lateral ofrece la posibilidad de activar o desactivar las distintas capas, lo que hace que la exploración sea más dinámica y completa.

Experiencia General

Se configuró una vista inicial centrada en Valencia (lat=39.47, lng=-0.37, zoom=10), para que el usuario se enfoque desde el primer momento en la zona de interés. La combinación de datos vectoriales y puntos permite un análisis global, sin dejar de lado la posibilidad de profundizar en detalles específicos. En el diseño se dio especial cuidado a evitar la sobrecarga visual, apostando por una paleta de colores coherente y transparencias que permitan superponer datos sin perder claridad.

2.6. Diseño del cuadro de mandos

La creación del cuadro de mando se ha hecho siguiendo la siguiente estructura:

Primero se creó la barra de navegación con navbarPage, donde aparecen las pestañas “Página informativa”, “Mapa interactivo”, “Análisis” y “Bibliografía”. Dentro de esa función, el título “Zonas inundadas durante la DANA” queda siempre visible arriba y, con un poco de CSS en tags$style, se puso un fondo azul claro semitransparente que da la sensación de agua sin molestar la lectura. En la pestaña de “Página informativa” se metió un bloque HTML con un resumen breve del proyecto: por qué se hace, qué datos usamos y qué queremos mostrar.

A continuación, la pestaña “Mapa interactivo” despliega el mapa Leaflet y un bloque de HTML que explica cómo funcionan las capas. Justo después, se añade un bloque HTML que introduce los gráficos y las tablas interactivas.

En la sección de mapa interactivo, se usa un fluidRow en donde hemos puesto el mapa generado en los chunks que hay más arriba, luego añadimos otro fluidRow con dos columnas: en la primera va un selectInput que dejam al usuario escoger el dataset (aeródromos, centros educativos, estaciones de tren y hospitales), y en la segunda un plotOutput que reserva el espacio para el gráfico generado por el servidor. Debajo, otro fluidRow ocupa todo el ancho con un dataTableOutput para la tabla interactiva. Finalmente, la pestaña “Bibliografía” incluye un bloque HTML sencillo con una lista de enlaces a las fuentes de datos.

En el servidor, primero se crea la lista datasets, donde cada elemento es un dataframe terminado en _comparado que combina todos los registros con la nueva columna afectado. Esa lista se usa en todas las vistas para tomar siempre el conjunto correcto. Con renderDataTable, el código convierte cada objeto a data.frame, elimina la columna geometry y llama a datatable con scroll horizontal, cinco filas por página y ajuste automático de ancho de columnas.

Para los gráficos, renderPlot comprueba input$dataset_select y lanza uno de los cuatro bloques: hospitales (barras horizontales ordenadas), aeródromos (barras agrupadas), centros educativos (facetas) o ferrocarril (barras semitransparentes). Cada bloque incluye labs() para títulos y etiquetas, scale_fill_manual() en algunos casos para los colores de afectación, theme_minimal() y ajustes de giro o transparencia según convenga. De esta forma, la UI mantiene los controles y espacios para los resultados, mientras el servidor prepara y pinta los datos sin recargar la página completa.

2.7. Implementación

El desarrollo del visor se realizó íntegramente en R, contando con librerías especializadas para manipular datos espaciales y mostrarlos de manera interactiva en la web.

Fases del Proceso

1. Carga de Datos: Se importaron los shapefiles mediante st_read y se reproyectaron a WGS84 usando st_transform, asegurando de esta forma que todos los elementos fueran compatibles con el visor interactivo. Entre los datos integrados se encuentran:

- Centros educativos
- Hospitales y servicios de salud
- Límites municipales
- Áreas afectadas por inundaciones
- Infraestructura de transporte (ferrocarril y aeródromos)

Para simplificar el tratamiento de la información, los datos de salud se unificaron en un único objeto.

2. Creación del Mapa: Con el comando leaflet() se construyó el visor, integrando distintos proveedores de mapas base junto a capas personalizadas. Las áreas poligonales, como los municipios e inundaciones, se añadieron usando addPolygons y se adaptaron los colores mediante colorFactor. Para los puntos de interés se aplicó addCircleMarkers, definiendo manualmente cada color con un vector denominado colores_puntos.

3. Controles y Leyenda: Se incorporó la funcionalidad de elección de capas mediante addLayersControl, permitiendo al usuario decidir qué información visualizar en cada momento. Además, se añadió una leyenda con addLegend que explica la codificación de colores, haciendo innecesarias instrucciones adicionales.

Resumen: El resultado es un visor interactivo, fácil de usar y visualmente atractivo, que permite explorar diversas capas de datos geoespaciales de forma eficiente. La clave ha sido mantener la simplicidad y claridad sin sacrificar la potencia de análisis, aprovechando al máximo las capacidades de R para automatizar la carga y transformación de los datos.

3. Resultados

3.1. Presentación de los datos obtenidos de manera clara y organizada.

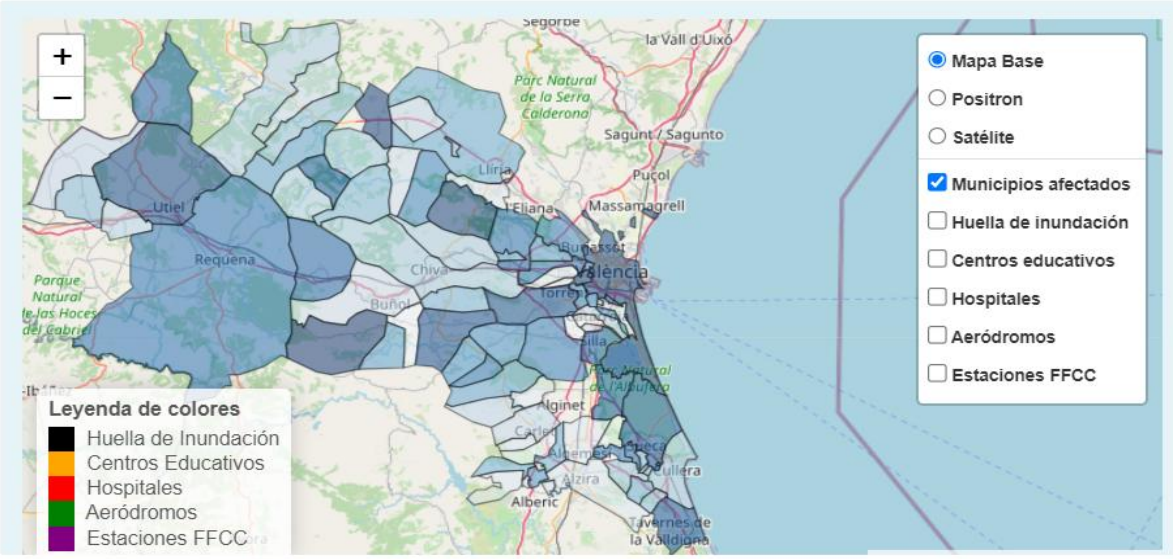
En este estudio, se han recopilado diversos conjuntos de datos relacionados con las zonas inundadas durante la DANA de 2024 en la Comunidad Valenciana.

Datos:

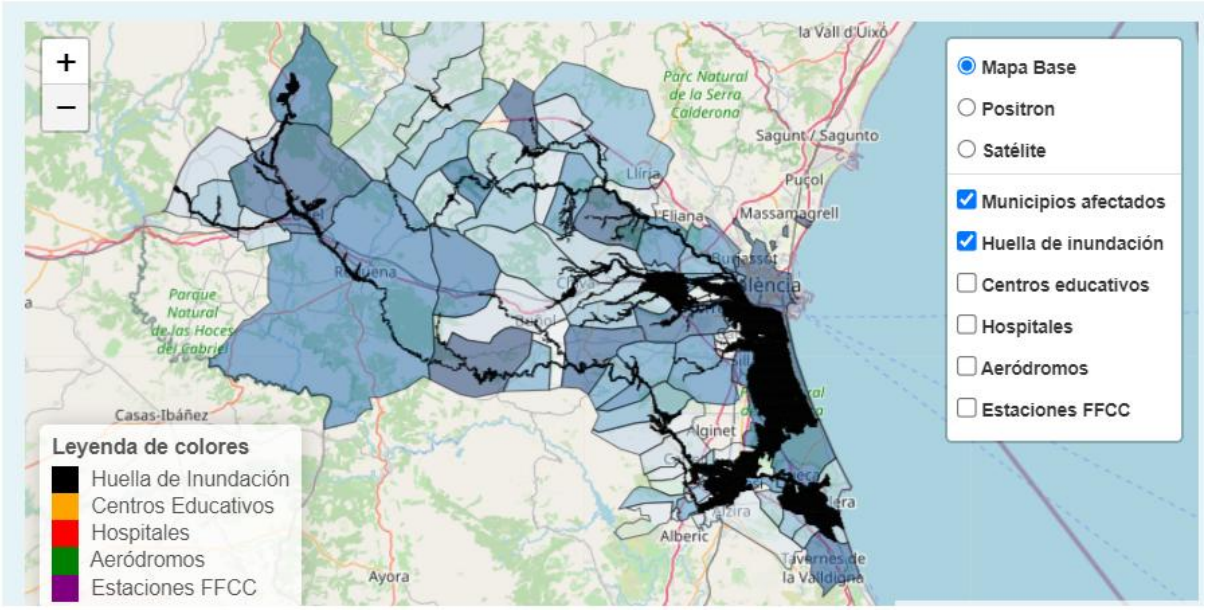
- Huella de Inundación: Representa la extensión de las zonas afectadas por las inundaciones.
- Municipios afectados, para identificar las áreas más gravemente afectadas.
- Infraestructuras clave (centros educativos, hospitales, estaciones de tren y aeródromos), permitiendo examinar cómo estas infraestructuras se distribuyen en relación con las áreas afectadas.

3.2. Utilización de tablas, gráficos u otros recursos visuales para facilitar la comprensión.

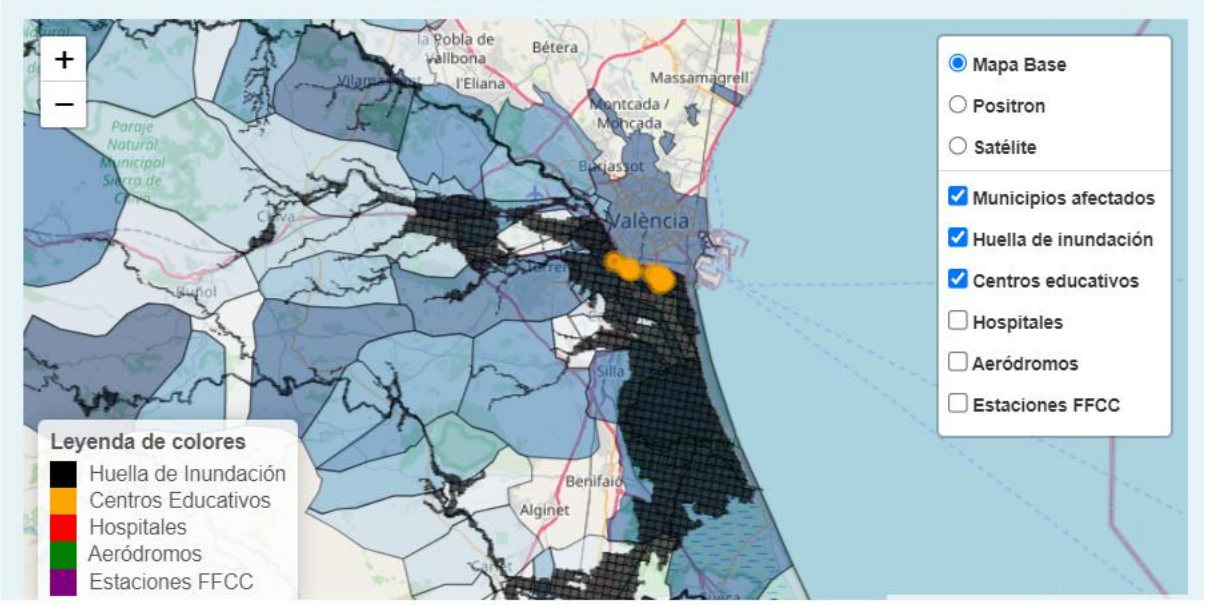
Para facilitar la comprensión de los resultados obtenidos y la visualización de la información geoespacial, se han utilizado diversos recursos visuales como gráficos y mapas interactivos. Estos recursos permiten a los usuarios explorar los datos de manera intuitiva y obtener una visión clara de la distribución espacial de las áreas afectadas por la DANA 2024:



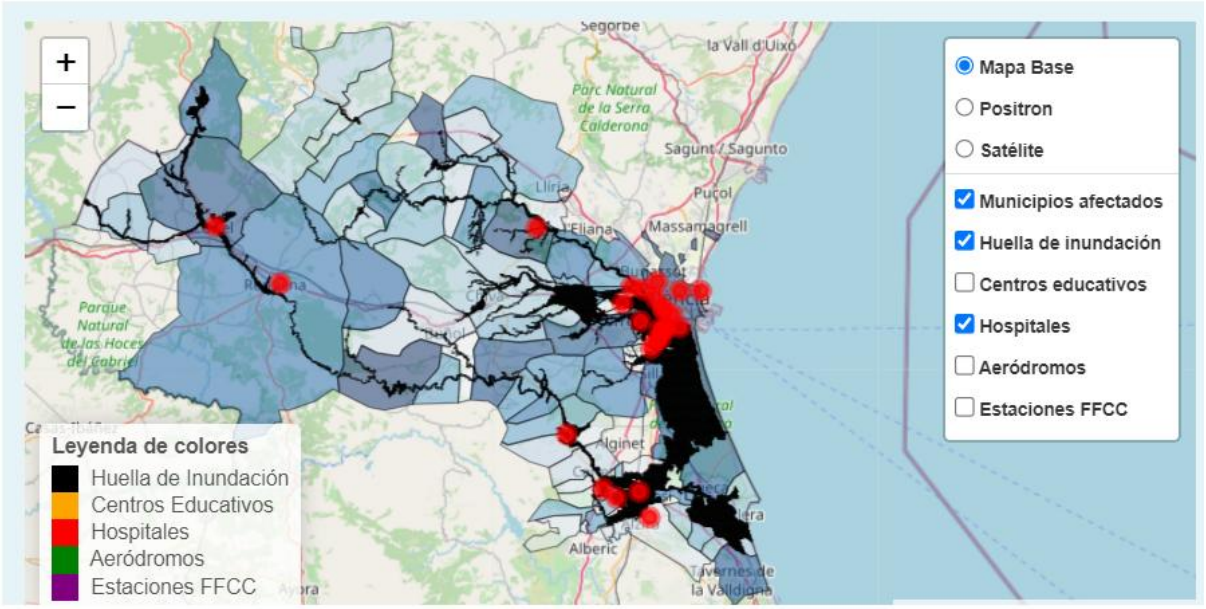
El mapa resalta claramente el área geográfica afectada, con los municipios representados en diferentes tonos de azul. Los municipios en áreas más oscuras experimentaron una mayor intensidad de inundaciones que aquellos en áreas más claras. La mayor parte de los municipios afectados parecen estar concentrados alrededor de grandes áreas urbanas, como Valencia. Sin embargo, también se observó que otras zonas rurales y periféricas se vieron afectadas, lo que sugiere que las inundaciones tuvieron un impacto a gran escala en toda la comunidad, no sólo en las zonas más densamente pobladas.



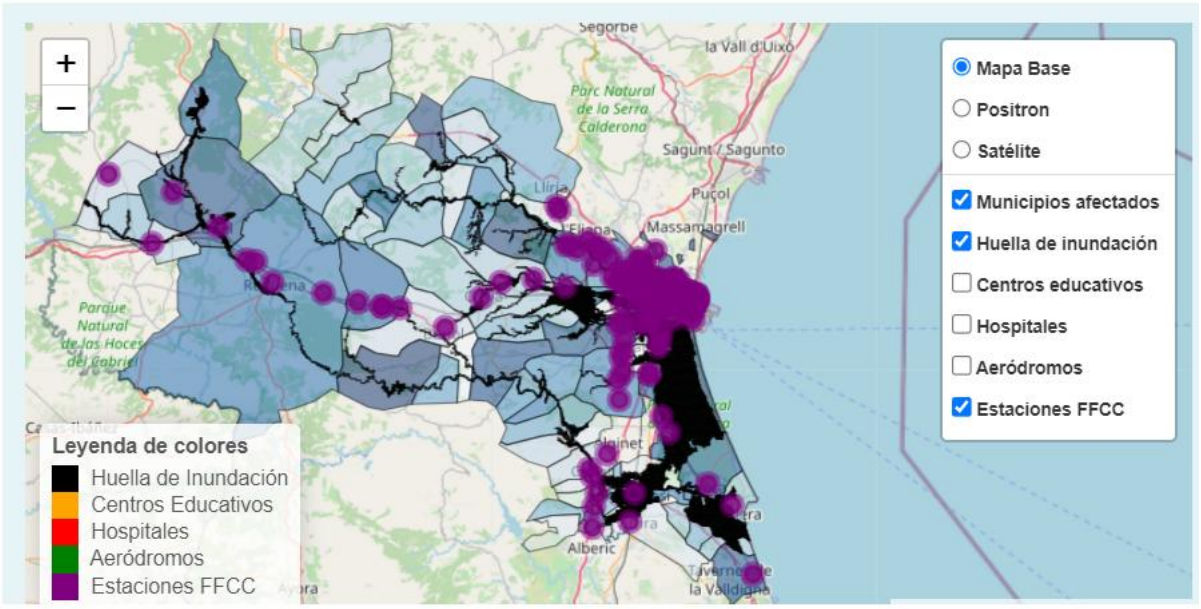
El mapa muestra el área que realmente se inundó durante el evento DANA 2024. La zona inundada está resaltada en negro y se puede ver cómo la huella de inundación cubre gran parte de la Comunidad Valenciana. Las inundaciones afectaron principalmente los valles de los ríos y sus alrededores, que naturalmente son más vulnerables a este tipo de fenómenos meteorológicos. Las zonas urbanas densamente pobladas, como Valencia, fueron probablemente las más vulnerables, especialmente aquellas ubicadas cerca de vías fluviales.



Algunos centros educativos están ubicados cerca o dentro de zonas inundadas. Esto sugiere que estas escuelas pueden haber sufrido daños significativos o pueden haber sido cerradas temporalmente durante el evento DANA 2024, especialmente en áreas con la llanura aluvial más extensa.

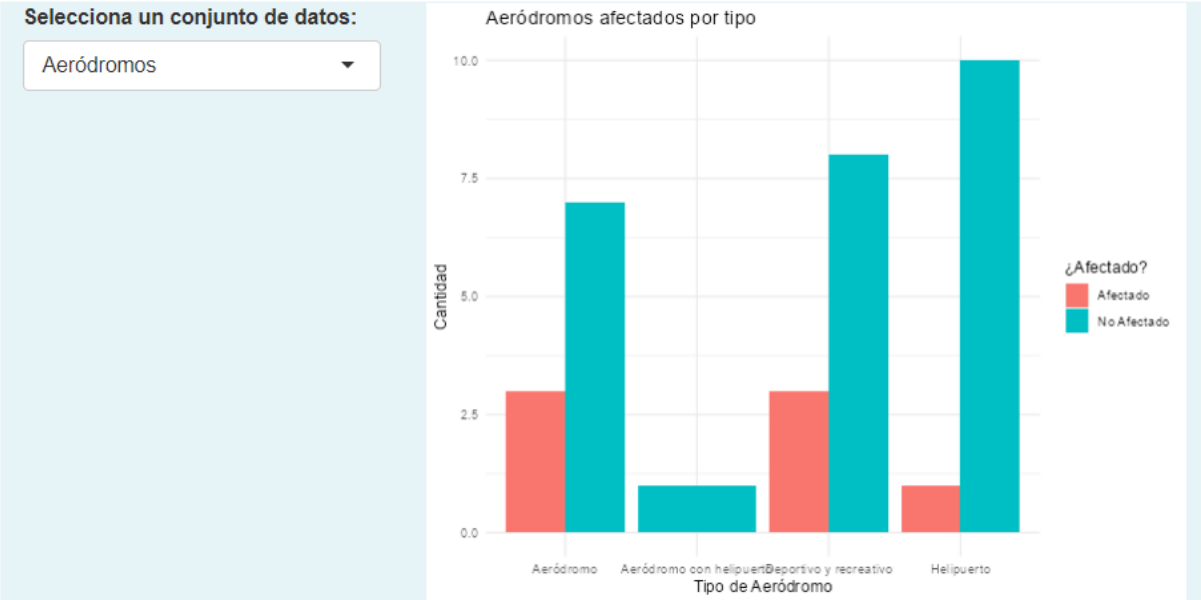


Los hospitales están resaltados en rojo en el mapa y se concentran principalmente en el área urbana de Valencia, habiendo algunos también en las zonas periféricas. El mapa muestra claramente que la mayoría de los hospitales están ubicados cerca de las zonas más densamente pobladas, especialmente en las zonas centrales y urbanas. Muchos hospitales están ubicados cerca o dentro de zonas inundadas. Esto puede indicar que una parte importante de los centros de salud eran vulnerables a inundaciones, lo que puede haber afectado sus operaciones durante la emergencia.

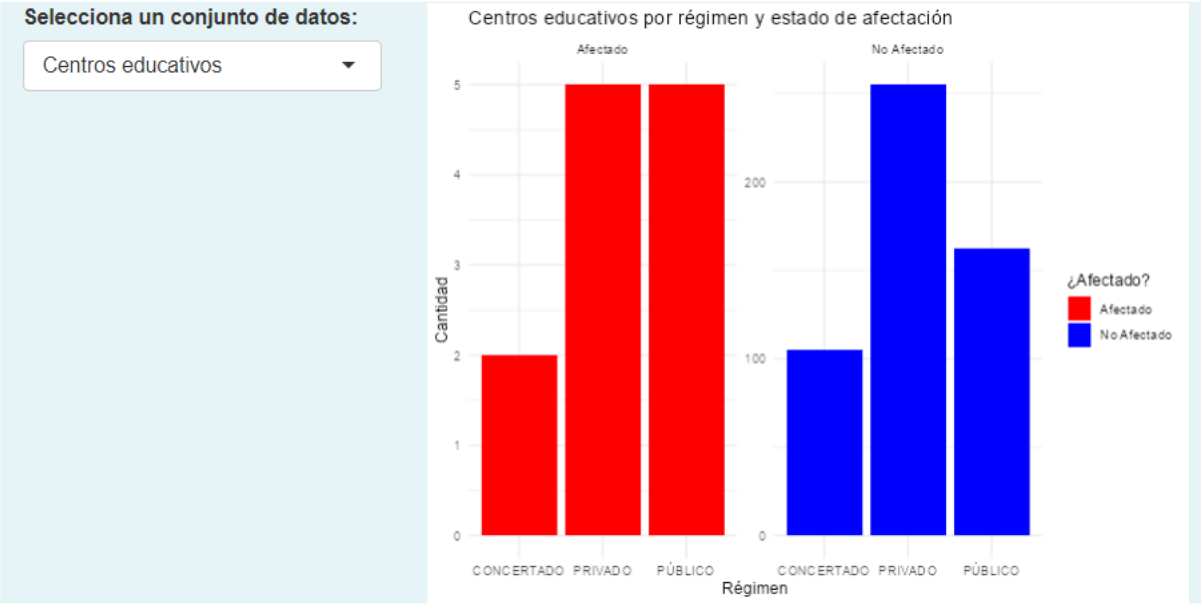


Las estaciones de tren están resaltadas con puntos morados en el mapa. La mayoría de estas estaciones se encuentran en la zona centro de Valencia, con una buena concentración a lo largo de las principales líneas ferroviarias. Muchas de las estaciones de tren están ubicadas cerca o dentro de las zonas inundadas (mostradas en negro como huella de inundación). Esto podría indicar que varias estaciones pueden haber sufrido interrupciones

significativas debido a las inundaciones, con posible interrupción de los servicios de trenes, acceso limitado o daños a la infraestructura.

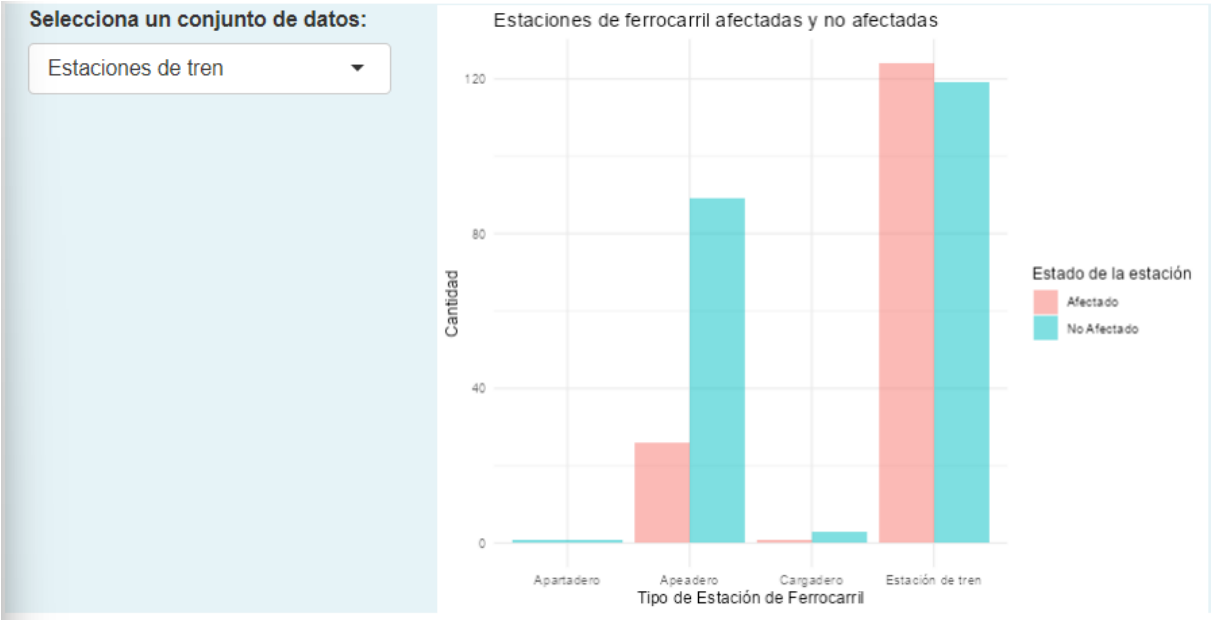


El gráfico de barras muestra los tipos de aeropuerto en el eje X: Aeródromo, Aeródromo con helipuerto, Deportivo y recreativo y Helipuerto. El eje Y muestra el número de aeropuertos de cada tipo, dividido entre afectados y no afectados. Las barras rojas representan los aeropuertos afectados, mientras que las barras azules indican los aeropuertos no afectados por las inundaciones.

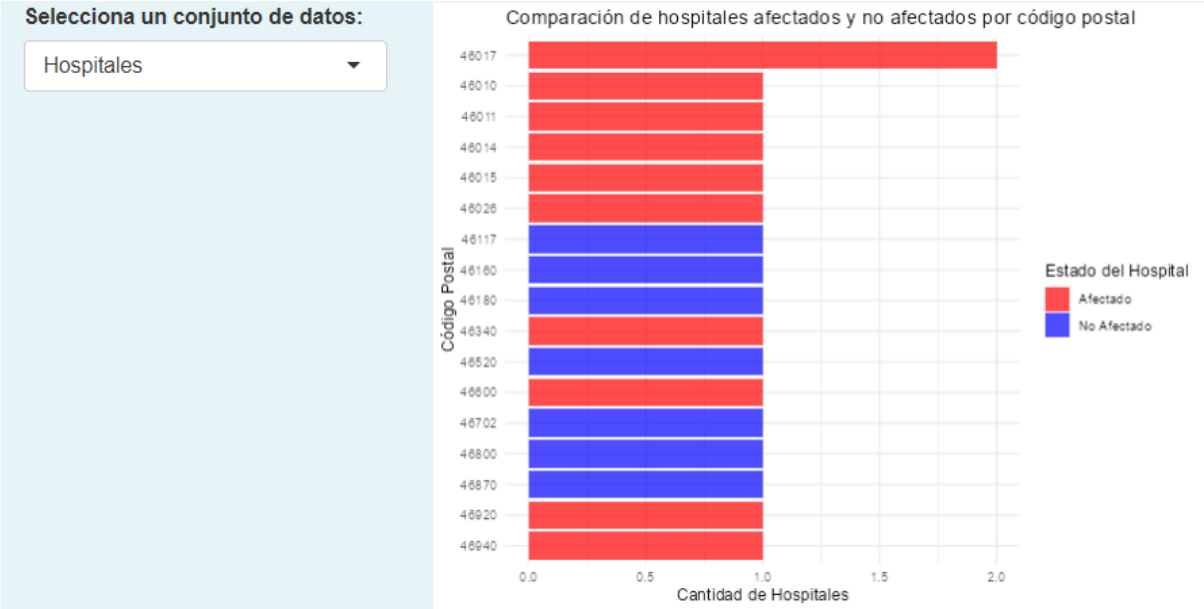


El gráfico de barras representa en el eje X los modos de régimen de los centros educativos: Concertado, Privado y Público. El eje Y muestra el número de escuelas para cada tipo de régimen, dividido entre afectadas y no afectadas. Las barras rojas representan las escuelas

afectadas, mientras que las barras azules indican las escuelas no afectadas por las inundaciones.



El gráfico de barras muestra en el eje X los siguientes modos de tipo de estación de ferrocarril: Apartadero, Apeadero, Cargadero y Estación de tren. El eje Y muestra el número de estaciones de tren de cada tipo, divididas entre afectadas y no afectadas. Las barras rojas representan las estaciones afectadas, mientras que las barras azules indican las estaciones no afectadas por la inundación.



El gráfico de barras muestra el número de hospitales para cada código postal en el eje X. El eje Y representa los códigos postales de las áreas, mientras que las barras rojas representan los hospitales afectados y las barras azules indican los hospitales no afectados.

La gráfica muestra la distribución de hospitales afectados o no afectados en relación a los diferentes códigos postales de la Comunitat Valenciana.

3.3. Análisis de los resultados, resaltando las tendencias o patrones observados.

La distribución de las áreas inundadas está claramente influenciada por la geografía de la región, con las zonas cercanas a los ríos y las áreas bajas siendo las más afectadas.

Las infraestructuras clave en las áreas de mayor riesgo (como hospitales y escuelas) mostraron una alta vulnerabilidad, lo que resalta la necesidad de implementar medidas de protección más efectivas en estas zonas.

La infraestructura de transporte público también se vio gravemente afectada en las áreas cercanas a los cursos de agua, lo que subraya la importancia de evaluar el riesgo de inundación al planificar nuevas infraestructuras.

Las áreas menos afectadas por la inundación ofrecen una oportunidad para una mejor planificación del uso del suelo y la construcción de infraestructuras en el futuro.

4. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio sobre el impacto de la DANA 2024 en la Comunidad Valenciana han confirmado la importancia de las herramientas de visualización interactiva y el análisis geoespacial para comprender los efectos de fenómenos naturales como las inundaciones. Los objetivos planteados inicialmente, tales como la identificación de las zonas más afectadas, el análisis de la vulnerabilidad de las infraestructuras públicas y la creación de herramientas visuales accesibles para la toma de decisiones, han sido alcanzados con éxito. La combinación de mapas interactivos y gráficos ha permitido un análisis detallado de la distribución espacial de las inundaciones y su relación con las infraestructuras críticas como hospitales, escuelas y estaciones de transporte.

En relación con la literatura existente, este estudio se alinea con investigaciones previas que destacan la necesidad de una mejor planificación urbana en áreas vulnerables, especialmente en cuanto a la ubicación de infraestructuras en zonas de riesgo (Smith et al., 2017). Además, la utilización de plataformas interactivas para la visualización de mapas ha mostrado ser una herramienta eficaz, tal como se ha discutido en estudios anteriores (Kunz et al., 2020), permitiendo una comprensión más profunda de las áreas de riesgo y facilitando la colaboración entre instituciones.

Las implicaciones de los hallazgos son significativas. Los hospitales y escuelas ubicados en las zonas más cercanas a los ríos y otras áreas inundadas son especialmente vulnerables. Esto subraya la necesidad de reforzar la protección de infraestructuras clave, y de replantear la ubicación de nuevas infraestructuras públicas para reducir su exposición a futuros desastres naturales. Además, los resultados resaltan la importancia de mejorar la infraestructura de transporte para garantizar la continua operatividad de los sistemas de emergencia y transporte durante eventos de inundación.

Sin embargo, el estudio presenta ciertas limitaciones. La disponibilidad de datos geoespaciales precisos y completos ha sido una de las principales restricciones, lo que puede haber afectado la precisión del análisis. Otra limitación se refiere a la complejidad del análisis espacial, que, en ocasiones, presentó dificultades técnicas al integrar datos de diferentes fuentes y formatos.

Futuros trabajos podrían centrarse en mejorar los modelos predictivos para identificar áreas de alto riesgo antes de que ocurran los eventos, o en la implementación de herramientas más avanzadas de simulación para estudiar otros tipos de fenómenos naturales. También sería valioso investigar cómo la adaptación y las medidas preventivas pueden mejorar la resiliencia de las infraestructuras críticas frente a estos desastres.

5. Conclusiones

Este estudio ha proporcionado una visión detallada del impacto de la DANA 2024 en la Comunidad Valenciana, con un enfoque especial en la identificación de las zonas más afectadas y el análisis de la vulnerabilidad de las infraestructuras públicas.

Respuestas a los objetivos planteados en la introducción:

Identificación y mapeo de las zonas inundadas: Se cumplió satisfactoriamente al crear una representación geoespacial precisa de las áreas afectadas por las lluvias intensas, utilizando capas geoespaciales detalladas.

Análisis del impacto en infraestructuras públicas: Los resultados confirmaron que las infraestructuras críticas, como hospitales y escuelas, ubicadas en zonas vulnerables, fueron significativamente afectadas. Este hallazgo subraya la importancia de la protección y adaptación de las infraestructuras clave a desastres naturales.

Creación de herramientas visuales interactivas: Se logró desarrollar una plataforma interactiva para explorar los datos geoespaciales, permitiendo una visualización clara y accesible de los resultados.

Implicaciones prácticas: Los resultados proporcionan una base para mejorar la resiliencia de las infraestructuras en áreas vulnerables a inundaciones. Esto incluye la necesidad de reestructurar la planificación urbana y desarrollar estrategias para mitigar el riesgo en zonas de alto impacto. Además, la implementación de sistemas de protección más efectivos, como barreras contra inundaciones y mejoras en la infraestructura de transporte público, es esencial para garantizar la operatividad durante emergencias.

Implicaciones científicas: Este estudio contribuye a la literatura sobre gestión de emergencias y visualización de datos geoespaciales, al demostrar cómo el uso de tecnologías interactivas puede mejorar la toma de decisiones en situaciones de crisis. Además, resalta la importancia de futuras investigaciones sobre la adaptación de infraestructuras a los cambios climáticos y la mejora de los modelos predictivos de inundaciones.

6. Referencias

Centro de Descargas del CNIG. (n.d.). *Redes de transporte* [Data set]. Recuperado el 1 de mayo de 2025, de https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/redes-transporte

Gobierno de España. (n.d.). *Capa de municipios de la Comunidad Valenciana* [Data set]. Recuperado el 1 de mayo de 2025, de https://datos.gob.es/es/catalogo/a10002983-capa-de-municipios-de-la-comunidad-valenciana

Generalitat Valenciana. (n.d.). *Huella de inundación en la Comunitat Valenciana* [Data set]. Recuperado el 1 de mayo de 2025, de https://geocataleg.gva.es/#/results/ordenacion-territorial

Generalitat Valenciana. (n.d.). *Sanidad SIP Centros de Salud* [Data set]. Recuperado el 1 de mayo de 2025, de https://dadesobertes.gva.es/es/dataset/sanidad-sip-centros-salud

Generalitat Valenciana. (n.d.). *Sanidad SIP Hospitales* [Data set]. Recuperado el 1 de mayo de 2025, de https://dadesobertes.gva.es/dataset/sanidad-sip-hospitales

Valencia Open Data. (n.d.). *Centros educativos en Valencia* [Data set]. Recuperado el 1 de mayo de 2025, de https://valencia.opendatasoft.com/explore/dataset/centros-educativos-en-valencia/export/

ShinyApp url: https://jorgarpo.shinyapps.io/mini_proyecto/

Prueba de que carga correctamente en shinyapp.io:

