

***FACTORES DE RIESGO EN INFRAESTRUCTURAS
EDUCATIVAS Y SANITARIAS FRENTE A
INUNDACIONES EN LA COMUNIDAD
VALENCIANA: EL CASO DE LA DANA***

Autores

Julia Canós López

Irene Gómez Mas

Samantha Eugenia Morata Sánchez

Valentina Elisa Medina Gallazzi

Sergio Mut Morell

Índice

1. Introducció.....	3
2. Metodologia.....	4
2.1 Anàlisi Exploratori de Dats.....	4
2.2 Preprocesado de Dats.....	5
2.3 Preprocesado de la Informació Geogràfica.....	6
2.4 Elecció de gràfics para los distintos tipos de dats.....	7
2.5 Disseny del mapa e interactividad.....	8
2.6 Disseny del cuadro de mandos.....	10
2.7 Implementació.....	11
3. Resultados.....	14
4. Discussió.....	15
5. Conclusiones.....	16
6. Referencias.....	16

1. Introducció

En estas últimas décadas, el aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos, ha puesto en manifiesto la vulnerabilidad de las infraestructuras frente a los desastres naturales. Entre estos eventos las inundaciones destacan como una amenaza frecuente y devastadora en la cuenca mediterránea. La Comunidad Valenciana, por sus características geográficas y climáticas, es especialmente propensa a episodios de lluvias torrenciales, como los asociados a la Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA).

Las infraestructuras tanto educativas como sanitarias, representan puntos relevantes cuya exposición y vulnerabilidad ante estos riesgos puede tener consecuencias significativas tanto a corto como a largo plazo, ya que tienen una función esencial en la sociedad. La identificación y análisis de factores de riesgo vinculados a estas infraestructuras son clave para mejorar la resiliencia del territorio y reducir el impacto de futuros eventos extremos.

Diversos estudios han abordado la relación entre el cambio climático, aumento del riesgo de inundaciones y la necesidad de adaptar infraestructuras urbanas y sociales. En el ámbito europeo, las directrices de la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático y los planes de gestión del riesgo de inundación establecen la necesidad de identificar áreas críticas y priorizar intervenciones. A nivel estatal, trabajos como los del Centro de Estudios y experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) han resaltado la vulnerabilidad de ciertas zonas de la Comunidad Valenciana frente a lluvias intensas, mientras que estudios locales realizados por el Instituto Cartográfico Valenciano (ICV) y la Consellería de Política Territorial, Obras Públicas y Movilidad han empezado a incluir criterios de riesgo en la planificación territorial.

Sin embargo, aún existe una carencia de análisis específicos centrados en infraestructuras clave como colegios y centros de salud, especialmente desde un enfoque integrado que combine variables espaciales, sociales y funcionales.

En este contexto, nuestro trabajo tiene como objetivo identificar y analizar los factores de riesgo asociados a las infraestructuras educativas y sanitarias ante eventos de inundación en la Comunidad Valenciana, tomando como caso de estudio la Dana ocurrida el pasado octubre. Para ello, proponemos:

Localizar y clasificar estas infraestructuras en función de su exposición al riesgo de inundación.

Evaluar la afectación producida por la DANA y las características que explican la mayor o menor vulnerabilidad.

Ofrecer una propuesta metodológica basada en el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para apoyar la toma de decisiones en planificación territorial y gestión de emergencias.

2. Metodología

2.1. Análisis exploratorio de los datos

El análisis exploratorio se ha centrado en estudiar la distribución y las características de los centros escolares y de salud en la Comunidad Valenciana, en relación con las zonas inundables y su posible afectación durante el episodio de lluvias intensas conocido como la DANA del 29 de octubre. Para llevar a cabo este estudio, se han empleado diversas fuentes de información de carácter geoespacial y administrativo.

En primer lugar, se utilizó un conjunto de datos proporcionado por la Generalitat Valenciana que contiene información detallada sobre los centros educativos de la región, incluyendo su nombre, ubicación geográfica y año de construcción. Por otro lado, los datos sobre los centros de salud se obtuvieron del Catálogo Nacional de Hospitales y de distintos servicios de salud autonómicos. En los casos en los que faltaban datos clave —como las coordenadas o la fecha de construcción—, estos se completaron manualmente a partir de otras fuentes disponibles.

La información sobre las zonas con riesgo de inundación fue extraída del visor cartográfico oficial de la Generalitat Valenciana (CartoGV). Esta capa resultó esencial para poder superponer los centros sanitarios y escolares con las áreas susceptibles de inundación, permitiendo así identificar aquellos que podrían haber sido afectados por la DANA.

Además, se recopilaron datos meteorológicos y registros de daños a través de fuentes oficiales y medios de comunicación locales, con el objetivo de contextualizar la magnitud del evento y validar qué zonas fueron realmente impactadas.

Antes de su análisis en R, todos estos conjuntos de datos fueron procesados y limpiados preliminarmente mediante herramientas como Excel y QGIS, lo que permitió asegurar su calidad y coherencia para una posterior integración y análisis espacial más detallado.

2.2. Preprocesado de Datos

El procesado de datos es una etapa muy importante en la realización de un proyecto de análisis de datos, ya que para un buen estudio de los datos y la obtención de conclusiones verídicas y útiles. Durante el proceso se han limpiado los datos a partir de diferentes técnicas las cuales serán comentadas a continuación.

La extracción de los datos se ha realizado a partir del portal oficial de la Generalitat Valenciana de dónde se han descargado dos archivos tipo .csv que contienen los aspectos generales de los centros de salud públicos y los centros escolares; el id, el código del centro, el régimen, el cif, la dirección, el código postal, el teléfono, el número de fax, la dirección de correo, las coordenadas... Sin embargo, del interés del proyecto para la creación de las capas necesarias, la creación del mapa interactivo y las respectivas gráficas del estudio, solo era necesario el nombre de los centros, sus coordenadas y el año de construcción de los centros.

Para el filtrado de ambos archivos, hemos utilizado la aplicación RStudio de dónde hemos obtenido los datos necesarios para su posterior estudio. Debido a que el año de construcción no estaba contemplado en ninguno de los dos archivos, ha sido realizada la tarea de búsqueda de dichos datos a través de la consulta de los diferentes portales de los centros escolares y centros de salud de la Comunitat Valenciana.

Durante la búsqueda del año de construcción de tres centros escolares, ha sido imposible el hallazgo de estos, pues no eran de dominio público y al contactar con dichos centros no ha sido proporcionada la información requerida. Los centros de los cuales no se han podido obtener el año de construcción son: CEIP Lluís Vives, IES Rabisancho y EI la Font de la Rosa.

Ya que para un estudio no es posible tratar con datos faltantes, se han imputado los años de construcción a partir de una imputación por la media, la cual ha resultado en que la media de año de construcción de los centros escolares de la Comunitat Valenciana es de 1977.5 el cual hemos redondeado a 1978.

Una vez seleccionados los datos necesarios y en formato .csv, se ha procedido a la distinción de aquellos centros públicos afectados por la dana, con lo que se han obtenido cuatro .csv diferentes: centros_salud.csv, centros_salud_afectados.csv, centros_escolares.csv y centros_escolares_afectados.csv.

Tras este preprocesado, los datos ya son manejables y se ha procedido al desarrollo del proyecto.

2.3. Preprocesado de la información geográfica

Para poder obtener capas de información posteriormente integradas en el mapa final, lo primero que hemos realizado ha sido buscar csv con todos los datos necesarios para la realización de estas capas en QGIS. Tanto en GVA, como en páginas con información sobre la Dana, noticias, periódicos...

Una vez buscados estos datos, hemos añadido capas vectoriales con cada uno de estos.

Nuestro proyecto de qgis está compuesto de 9 capas, que hemos conseguido. Unas son capas finales, y otras son capas de datos que hemos necesitado para concluir otras finales.

A continuación, vamos a definir cada capa y como se ha conseguido:

- Capa para las zonas inundables de la Comunidad Valenciana
- Capa para todos los colegios de la Comunidad Valenciana
- Capa para todos los centros de salud de la Comunidad Valenciana

Con estas 3 capas, hemos creado 2 intersecciones. Una con la capa de zonas inundables junto con la de todos los centros educativos, y otra con la capa de zonas inundables junto con la de todos los centros de salud. Estas intersecciones nos han dado como resultado los centros educativos y de salud en zonas inundables de la Comunidad Valenciana:

- Capa de los centros de salud en zonas inundables de la Comunidad Valenciana
- Capa de los colegios en zonas inundables de la Comunidad Valenciana

Tras esto, hemos añadido 2 capas más. Los colegios afectados y los centros de salud afectados. Posteriormente hemos metido otras 2, con la misma información de las anteriores, pero con la gravedad de afectado de estos colegios y centros de salud, para así poder trabajar mejor en el mapa interactivo y poder sacar correlación con los distintos tipos de gráficas, y

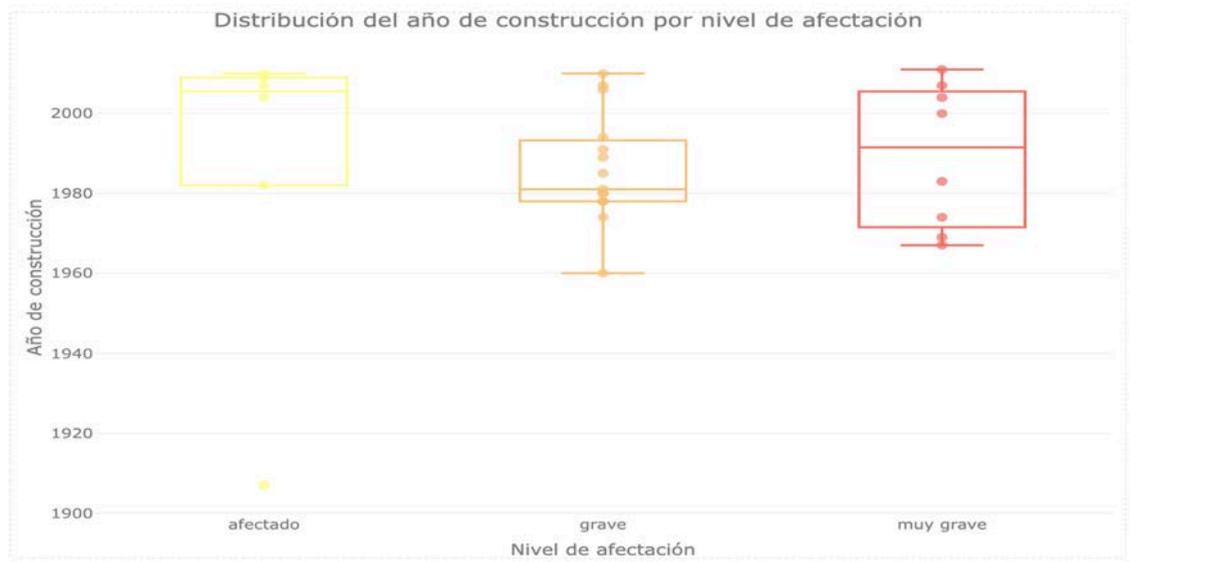
además, la capa de los colegios afectados incluye 3 años que nos faltaban, que, con imputación por la media, sacamos los 3 años de los centros de salud que nos quedaban por saber y no pudimos acceder a ellos.

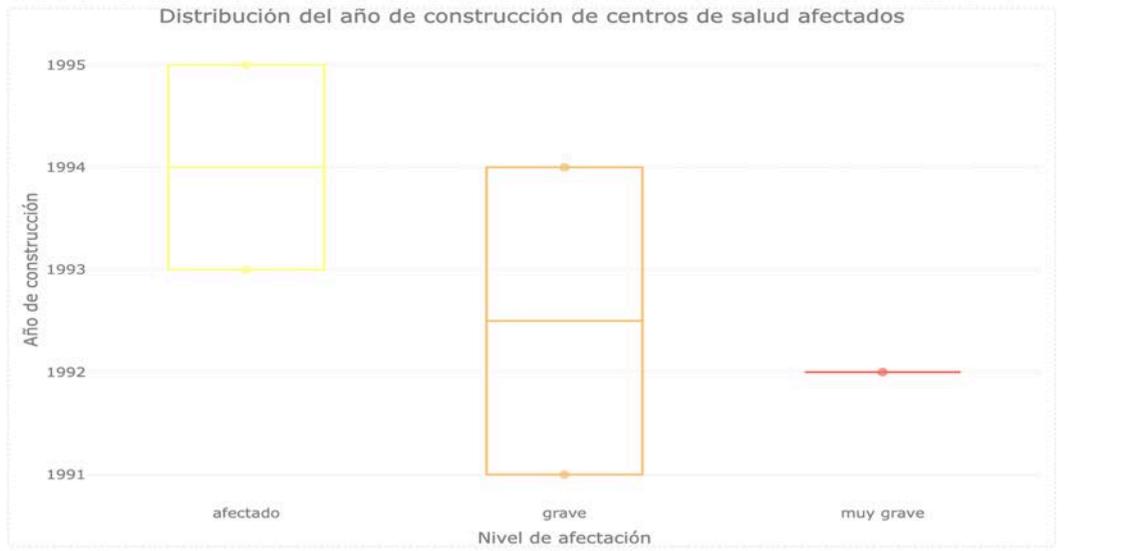
Aparte de estas 9 capas, tenemos una décima, de Google Terrain, para mostrar la ubicación de todos estos centros educativos y de salud,.

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

2.4. Elección de gráficas para los distintos tipos de datos

La visualización de datos es una parte fundamental del análisis, ya que permite identificar patrones, tendencias y relaciones. En este proyecto, se han utilizado distintos tipos de gráficos en función de la naturaleza de los datos y los objetivos específicos del análisis.

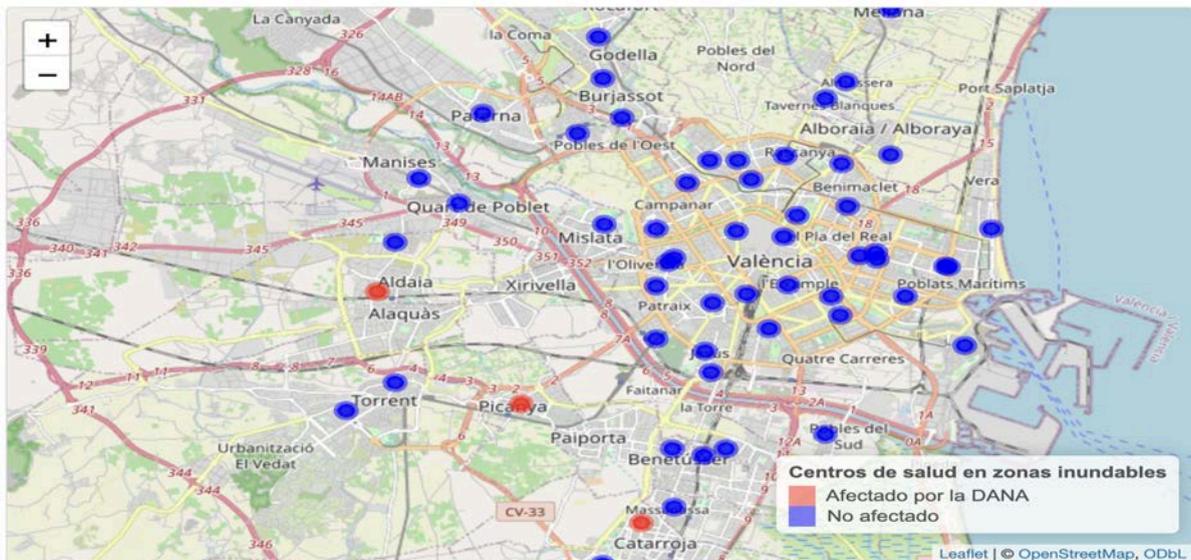




En primer lugar, para representar la distribución de los años de construcción tanto de los centros educativos como de los centros de salud afectados por la DANA, se ha optado por un gráfico de tipo boxplot combinado con puntos individuales. Este tipo de representación permite observar no solo la antigüedad de las infraestructuras, sino también detectar patrones o concentraciones de centros según su nivel de afectación.

En ambos casos, los centros se han clasificado en tres niveles: afectado, grave y muy grave. Cada grupo muestra la dispersión de los años de construcción mediante un diagrama de caja, donde se representan la mediana, los cuartiles y los posibles valores atípicos. Esta visualización facilita identificar si los centros más antiguos presentan una mayor vulnerabilidad frente a fenómenos meteorológicos extremos.

Además, se han añadido puntos para cada centro, lo que proporciona una visualización más precisa y permitiendo identificar visualmente el nombre y el año de construcción de cada centro.



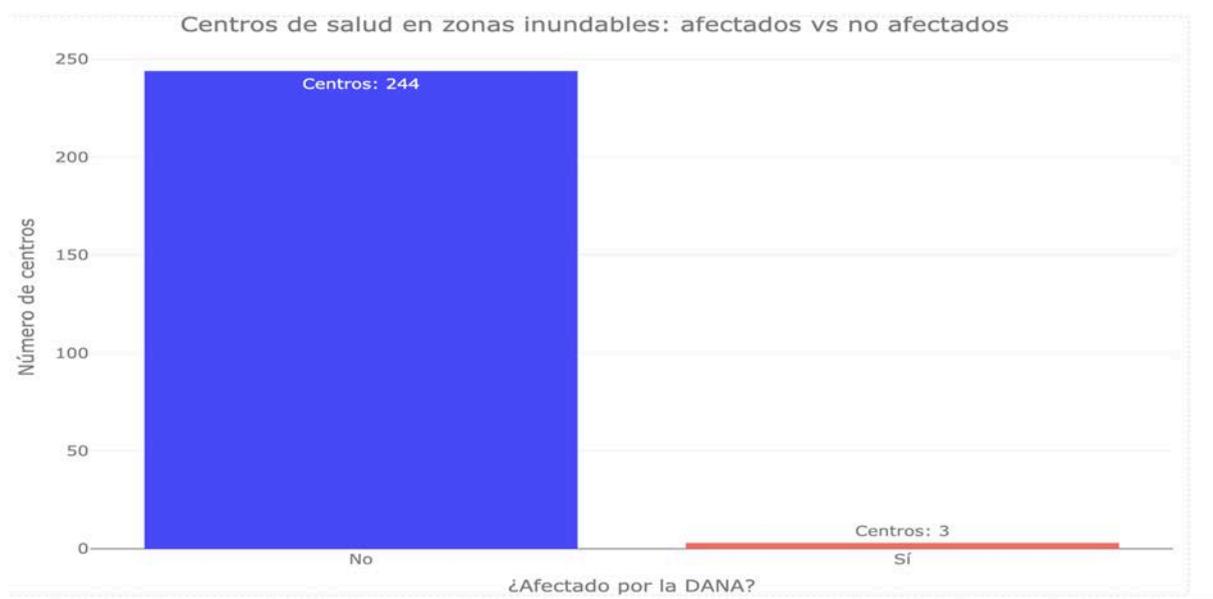
En segundo lugar, con el objetivo de comprobar cuántos centros de salud ubicados en zonas inundables han sido realmente afectados por la DANA, se ha elaborado un mapa interactivo utilizando la librería leaflet. Esta visualización permite contrastar dos conjuntos de datos: por un lado, los centros situados en zonas catalogadas como inundables, y por otro, los centros que se vieron afectados durante la DANA.

En el mapa, cada centro en zona inundable se representa con un marcador circular. El color azul indica que el centro no fue afectado, mientras que el color rojo señala que sí lo fue. Esto facilita identificar qué centros de salud, según su ubicación en zonas inundables, han sido afectados por la DANA y cuáles no.

Gracias a esta representación geográfica, observamos que no todos los centros ubicados en zonas inundables se vieron afectados. Y hemos podido observar que, por ejemplo, los centros de salud de Picanya y Paiporta no aparecen en el mapa aunque hayan sido afectados. Esto se

debe a que, según la capa geoespacial de los centros de salud , estos dos mencionados no estaban en zonas inundables, pero fueron afectados por la DANA.

Este mapa complementa al análisis estadístico realizado previamente, ya que permite vincular de forma directa la geografía del territorio con el impacto sufrido por las infraestructuras sanitarias.



Por último, para complementar el análisis espacial, se ha elaborado un gráfico de barras que representa el número de centros de salud ubicados en zonas inundables y que fueron o no afectados por la DANA. Esta visualización muestra de forma clara que, aunque hay 247 centros en zonas consideradas inundables, solo 3 de ellos sufrieron algún tipo de afectación durante el episodio de lluvias. Esto refuerza la idea de que estar situado en una zona inundable no implica necesariamente verse afectado, aunque sí representa un factor de riesgo a tener en cuenta.

2.5. Diseño del mapa e interactividad

Para poder representar los datos geográficos del estudio se ha diseñado un mapa interactivo utilizando la librería Leaflet en R, dentro de una aplicación web desarrollada con Shiny. Este mapa nos permite visualizar de una manera integrada y dinámica las infraestructuras educativas y sanitarias con las zonas de riesgo de inundación.

La cartografía base utilizada ha sido la proporcionada por la función `addTiles()` de Leaflet, que incorpora un mapa base estándar sobre el que se han superpuesto diversas capas temáticas. Todas las capas geoespaciales se han proyectado al sistema de referencia EPSG:4326 (WGS 84), que es el sistema de coordenadas por defecto para visualización en entornos web.

Se han integrado cinco capas principales, correspondientes a diferentes tipos de entidades geográficas:

Zonas inundables, es una capa poligonal que representa áreas del territorio clasificadas como potencialmente inundables. Estas zonas se visualizan en color azul con un nivel de transparencia `fillOpacity = 0.3`, que nos permite su visualización sin ocultar completamente las capas de puntos superpuestas. Esta capa resulta clave para identificar la superposición espacial entre el riesgo natural (inundación) y la ubicación de las infraestructuras.

Colegios afectados, representados mediante marcadores circulares de color amarillo, naranja o rojo en función del nivel de gravedad de los daños sufridos durante el evento de la DANA. Estos puntos han sido generados a partir de una capa de puntos con información adicional como el nombre de centro educativo, su año de construcción y clasificación de gravedad (“afectado”, “grave” y “muy grave”).

Centros de salud afectados, visualizados de la misma manera que los colegios afectados, pero en este caso con codificación tanto de color como de tamaños diferenciados, ya que, al haber menos centros de salud afectados que colegios, así son más fáciles de encontrar. Esta capa permite evaluar el impacto del evento sobre la infraestructura sanitaria crítica.

Colegios no afectados, en este caso puntos de color rosa que muestran la localización de centros educativos situados en zonas potencialmente inundables, pero que no resultaron afectados durante el evento concreto analizado. Esta capa cumple una función comparativa e informativa.

Centros de salud no afectados, puntos de color verde que completan el conjunto de infraestructuras sanitarias analizadas, también ubicadas en zonas de riesgo, pero sin registrar daños atribuibles a la DANA.

El mapa incluye varios elementos de interactividad diseñados para mejorar la experiencia del usuario y facilitar la interpretación de los datos:

Etiquetas emergentes (tooltips), al pasar el ratón por encima de los marcadores, se muestra información contextual relevante sobre estos, como el nombre del centro, la gravedad del daño y el año de construcción. Esto nos permite que el usuario obtenga detalles sin necesidad de acceder a bases de datos externas o desplegadas adicionales.

Control de capas, se ha implementado un panel de control en la esquina superior derecha, esto nos permite tanto activar como desactivar individualmente cada una de las capas superpuestas. Esto facilita el análisis selectivo de la información (por ejemplo, comparar colegios afectados vs no afectados).

leyenda temática, en la parte inferior derecha del mapa se ha incorporado una leyenda que asocia los colores de los marcadores con la categoría de gravedad correspondiente. Esta codificación visual permite identificar rápidamente los centros más vulnerables o severamente afectados.

Zoom y vista inicial, el mapa se centra automáticamente en la Comunidad Valenciana, con coordenadas de vista inicial definidas ($lng = -0.4$, $lat = 39.5$) y un nivel de zoom ajustado para cubrir toda la región con suficiente detalle.

Tamaño de los marcadores según su gravedad, esto solo ha sido aplicado para los centros de salud afectados, los puntos no solo cambian de color en función de la gravedad, sino también de tamaño, lo cual refuerza el peso visual de los casos más severos. Por ejemplo, los casos “muy graves” se representan con marcadores de mayor radio que los “afectados”.

En conjunto, este diseño interactivo permite una navegación intuitiva y una exploración detallada del impacto del evento DANA sobre infraestructuras esenciales, facilitando así la toma de decisiones, la planificación territorial y la identificación de zonas prioritarias para medidas de mitigación.

2.6. Diseño del cuadro de mandos

El cuadro de mandos desarrollado en este proyecto constituye un entorno visual interactivo que permite explorar de forma integral los factores de riesgo de las infraestructuras educativas y sanitarias frente a inundaciones en la Comunidad Valenciana, con especial énfasis en el evento de la DANA de 2024. Este entorno combina un mapa interactivo georreferenciado, gráficos estadísticos dinámicos y comparativas por tipología, antigüedad y nivel de afectación.

Se ha desarrollado utilizando herramientas del ecosistema de R, concretamente los paquetes Shiny, Leaflet y Plotly, lo que permite una navegación fluida, la selección dinámica de información y una representación clara de los patrones espaciales y temporales.

Los componentes principales del cuadro de mandos son los siguientes:

El mapa interactivo del que hemos hablado en el apartado anterior, el cual actúa como el eje geoespacial del panel de control, permitiendo al usuario explorar la distribución territorial de los centros educativos y sanitarios, tanto afectados como no afectados, y su superposición con zonas inundables.

Los gráficos de dispersión (Plotly), se ha desarrollado un gráfico interactivo tipo scatter plot que representa la relación entre el año de construcción de los centros escolares y el nivel de afectación sufrido durante la DANA. Este gráfico permite visualizar posibles correlaciones entre la antigüedad de las edificaciones y su vulnerabilidad. Cada punto representa un centro educativo, el color indica la gravedad del año. Al pasar el cursor sobre los puntos podemos ver el nombre del centro y su año de construcción. Podemos observar una tendencia general que sugiere que los centros más antiguos presentan mayor nivel de afectación.

Se han generado boxplots para centros educativos y sanitarios que comparan el año de construcción según el nivel de afectación sufrido durante la DANA. Estos gráficos muestran la mediana, la distribución central y los valores atípicos, permitiendo detectar si los centros más antiguos son más vulnerables ante inundaciones. Además, se ha realizado una comparativa entre centros afectados y no afectados dentro de zonas inundables, tanto con boxplots como con gráficos de barras, lo que permite analizar diferencias de antigüedad y cuantificar el impacto del evento.

También se ha desarrollado un análisis de posibles incongruencias espaciales, identificando centros afectados que no se encuentran dentro de las zonas oficialmente inundables. Un mapa interactivo muestra en azul los centros en zonas de riesgo y en rojo los afectados, evidenciando la necesidad de revisar o complementar la cartografía de riesgo existente.

El cuadro de mandos ofrece una forma interactiva de analizar los datos, permitiendo al usuario explorar la vulnerabilidad de las infraestructuras, detectar posibles relaciones entre la antigüedad de los edificios y el nivel de daño sufrido, así como identificar discrepancias entre las zonas oficialmente catalogadas como inundables y los daños reales observados.

2.7. Implementación

La visualización de datos se ha realizado mediante el lenguaje de programación R, utilizando el paquete plotly para construir gráficos interactivos exportables en formato HTML. Esta elección permitió generar visualizaciones dinámicas que mejoran la exploración e

interpretación de los datos, facilitando su integración en plataformas web o documentos interactivos.

1. Lectura y preparación de datos.

Inicialmente, se llevó a cabo la carga y limpieza de los datos mediante las librerías readr, dplyr y stringr. Los datos se leyeron desde archivos .csv, se separaron manualmente los campos por delimitadores y se asignaron nombres de columnas. A continuación, se estandarizaron los valores de ciertas variables como la gravedad del daño, y se transformaron los años de construcción a formato numérico para facilitar los análisis temporales.

```
datos <- read_lines("colegios_afectados_estudio.csv")
datos <- str_split(datos, ";")
# ...
datos$gravedad <- tolower(trimws(datos$gravedad))
datos$gravedad <- factor(datos$gravedad, levels = c("afectado", "grave", "muy grave"))
```

2. Relación entre año de construcción y daño.

Para estudiar la relación entre la antigüedad de los centros y el nivel de afectación, se empleó un gráfico de dispersión (scatter) con plotly. Este gráfico muestra cada centro como un punto, donde el eje X representa el año de construcción y el eje Y el nivel de daño. Los puntos están coloreados según la gravedad, utilizando una paleta cromática intuitiva (amarillo para “afectado”, naranja para “grave” y rojo para “muy grave”).

Además, se incorporó información contextual al pasar el cursor (hover), como el nombre del centro y su año de construcción.

```
plot_ly(  
  data = datos,  
  x = ~anio_construccion,  
  y = ~gravedad,  
  type = 'scatter',  
  mode = 'markers',  
  color = ~gravedad,  
  hoverinfo = "text",  
  text = ~paste("Centro:", nombre, "<br>Año:", anio_construccion)  
)
```

3. Distribución del año de construcción por nivel de daño.

Se utilizó un gráfico combinado de cajas (boxplot) y puntos para analizar la distribución de los años de construcción según el nivel de daño. Este tipo de visualización permite observar tanto la tendencia central como los valores atípicos por categoría de daño. Se empleó `plot_ly()` para crear los boxplots, y `add_trace()` para superponer los puntos individuales, con el objetivo de ofrecer una visualización más rica.

```
fig <- plot_ly(type = "box", boxpoints = "suspectedoutliers")  
# Añadir boxplots y puntos por nivel de gravedad  
fig <- fig %>%  
  add_trace(y = datos_filtrados$anio_construccion, name = "Grave", ...)
```

4. Comparativa entre centros afectados y no afectados (zonas inundables).

Se realizó un cruce entre los centros educativos y las zonas consideradas inundables, clasificando cada uno como afectado o no afectado. A partir de esta clasificación, se generó un gráfico de cajas para visualizar la distribución de años de construcción en ambos grupos.

El objetivo era evaluar si existe una diferencia significativa en la antigüedad de los centros según su vulnerabilidad a eventos como la DANA. Los colores usados fueron azul para “no afectados” y rojo para “afectados”.

```
plot_ly(  
  data = inundables,  
  x = ~afectado,  
  y = ~anio,  
  type = "box",  
  color = ~afectado,  
  colors = c("No" = "blue", "Sí" = "red")  
)
```

5. Anàlisi en centres de salut.

De forma anàloga al anàlisi de centres educatius, se generó una visualització per als centres de salut afectats per la DANA. Se reutilitzó la lògica de los boxplots per explorar cómo varia la antigüedad de los centros según el nivel de daño reportado.

```
plot_ly(  
  data = datos_salud,  
  x = ~nivel,  
  y = ~anio_construccion,  
  type = "box",  
  color = ~nivel  
)
```

3. Resultados

Los resultados del análisis realizado permiten extraer conclusiones relevantes sobre la vulnerabilidad de las infraestructuras educativas y sanitarias frente a la DANA del 29 de octubre de 2024 en la Comunidad Valenciana.

Distribución temporal de los centros afectados.

Mediante un gráfico combinado de boxplot y puntos individuales, se analizó la antigüedad de los centros afectados según su nivel de daño. Se observó una tendencia clara: los centros más antiguos tienden a presentar mayores niveles de afectación. En concreto, los centros clasificados como "muy grave" fueron, en su mayoría, construidos antes de 1980.

Relación entre año de construcción y nivel de daño.

El gráfico de dispersión muestra cómo el nivel de daño se relaciona negativamente con el año de construcción. Es decir, los centros más nuevos presentan una menor probabilidad de haber sufrido daños graves. Esta relación sugiere una posible mejora en las infraestructuras construidas en las últimas décadas.

Centros en zonas inundables vs. centros afectados.

Uno de los datos más relevantes fue que no todos los centros situados en zonas inundables resultaron afectados. De los 247 centros de salud ubicados en zonas inundables, únicamente 3 sufrieron daños. Este resultado, representado en el gráfico de barras, representa que la exposición no implica afectación directa, aunque sí representa un factor de riesgo.

El mapa interactivo desarrollado con leaflet permitió visualizar las ubicaciones de todos los centros y su afectación. En él se observó que algunos centros como los de Picanya y Paiporta, aunque no aparecen en zonas clasificadas como inundables, sí resultaron afectados por la DANA. Este hecho revela limitaciones en las capas de riesgo oficiales o en su actualización.

4. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio reflejan de manera clara la vulnerabilidad de las infraestructuras educativas y sanitarias en la Comunidad Valenciana ante fenómenos meteorológicos extremos, como la anterior Dana del 29 de Octubre del 2024.

La superposición de capas geoespaciales a partir del uso de la aplicación QGIS ha permitido identificar de forma precisa qué centros escolares y sanitarios se encuentran ubicados en zonas de riesgo, cuáles fueron afectados y qué zonas de la geografía valenciana se encuentran en zona inundable con inminente peligro. Finalmente, se ha desarrollado un mapa interactivo en RStudio utilizando la librería Leaflet, lo que ha permitido una visualización clara y accesible de los datos. Gracias a Shiny, esta visualización se ha podido transformar en una aplicación práctica y fácil de usar.

En relación con los objetivos del estudio, se ha conseguido identificar las infraestructuras expuestas más vulnerables ante situaciones meteorológicas de gran magnitud. La metodología implementada en este proyecto ha permitido arrojar luz sobre el número exacto de centros afectados y su vulnerabilidad estructural, apuntando directamente a la antigüedad de dichas infraestructuras, evidenciando la relación clara existente entre la gravedad del daño sufrido y el año de construcción de las edificaciones. Después de llegar a estas conclusiones, se afirma también que existe una exposición significativa al riesgo de inundación, especialmente en áreas urbanas donde la planificación territorial histórica no ha considerado adecuadamente estos riesgos.

Entre las implicaciones más relevantes, destaca la necesidad de integrar criterios de riesgo climático en la planificación territorial, no solo para infraestructuras nuevas, sino también en la reevaluación y adaptación de las ya existentes. El uso de herramientas como QGIS y Shiny han demostrado ser eficaces para generar mapas dinámicos que podrían ser de gran apoyo en la toma de decisiones de organismos públicos.

Respecto a las limitaciones del estudio, cabe señalar la falta de datos completos, especialmente en lo referente al año de construcción de algunos centros, que ha obligado a imputaciones estadísticas que podrían influir en la precisión del análisis final. Asimismo, el estudio se ha centrado únicamente en la Dana del 29 de octubre de 2024, sin incorporar una serie temporal más amplia, por tanto no se contempla otro tipo de situaciones meteorológicas distintas que permita hallar tendencias o patrones repetitivos.

Finalmente, durante el proyecto se han encontrado dificultades respecto a la recolección de los datos necesarios debido a la falta de heterogeneidad de las fuentes de datos, la inaccesibilidad de ciertos datos y la limitada disponibilidad de datos actualizados o abiertos, lo que ha ralentizado el preprocesamiento. A pesar de ello, se ha conseguido la obtención de unos buenos resultados.

5. Conclusiones

El estudio que hemos realizado ha puesto en evidencia la vulnerabilidad de las infraestructuras educativas y sanitarias de la Comunidad Valenciana frente a fenómenos meteorológicos extremos, como fue la Dana del 29 de octubre. A través de un enfoque integrado que combina análisis espacial y temporal, se ha demostrado que una parte importante de estos centros se encuentra en zonas clasificadas como inundables y que, especialmente en los casos de construcciones más antiguas, existe una mayor propensión a sufrir daños.

Los objetivos establecidos al inicio del trabajo han sido alcanzados satisfactoriamente. Se ha logrado localizar y clasificar las infraestructuras en función de su exposición al riesgo de inundación, evaluar el nivel de afectación causado por la DANA y, además, se ha propuesto una metodología sólida basada en el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica para apoyar la toma de decisiones en planificación territorial y gestión de emergencias. Este enfoque metodológico ha permitido no solo visualizar de forma clara los

datos, sino también analizar patrones relevantes como la relación entre la antigüedad de los centros y su nivel de vulnerabilidad.

Las implicaciones prácticas del estudio son significativas, ya que aportan una herramienta útil para administraciones públicas interesadas en mejorar la resiliencia de infraestructuras críticas frente al cambio climático. Asimismo, desde el punto de vista científico, se evidencia la importancia de integrar criterios de riesgo climático en las estrategias de urbanismo y equipamientos públicos, no solo para las nuevas construcciones, sino también para la evaluación y adecuación de las ya existentes. En definitiva, este trabajo representa una base replicable que puede ser aplicada en otros contextos territoriales y climáticos, contribuyendo a la prevención y mitigación de riesgos naturales.

6. Referencias

Generalitat Valenciana. (s.f.). *Centros docentes de la Comunitat Valenciana* [Archivo CSV]. Dades Obertes GVA.
<https://dadesobertes.gva.es/es/dataset/centros-docentes-de-la-comunitat-valenciana4>

Generalitat Valenciana. (s.f.). *Sistema valenciano de salud – Centros sanitarios: Centros de salud* [Archivo CSV]. Dades Obertes GVA.
<https://dadesobertes.gva.es/dataset/sistema-valenciano-de-salud-centros-sanitarios-centros-de-salud>

Cadena SER. (2025, 30 abril). *La AEMET concluye en un informe sobre la DANA que solo son de carácter rojo el 0,43% de las alertas meteorológicas.*
<https://cadenaser.com/nacional/2025/04/30/la-aemet-concluye-en-un-informe-sobre-la-dana-que-solo-son-de-caracter-rojo-el-043-de-las-alertas-meteorologicas-cadena-ser/>

Olcina Cantos, J., & Díez Herrero, A. (2025). *Las alertas meteorológicas y su percepción social en España: Un debate necesario tras la DANA de septiembre de 2023*. En *Ciudades y Territorio. Revista de investigación en Ciencias Sociales* (pp. 1–14). Universidad de Alicante. https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/153476/1/Olcina-Cantos_Diez-Herrero_2025_CyTE_T.pdf

Generalitat Valenciana. (s. f.). *Centros docentes de la Comunitat Valenciana* [Conjunto de datos]. Datos.gob.es. <https://datos.gob.es/es/catalogo/a10002983-centros-docentes-de-la-comunitat-valenciana>

Generalitat Valenciana. (s. f.). *Cartografía del PATRICOVA: Zonas inundables de la Comunitat Valenciana*. <https://mediambient.gva.es/es/web/planificacion-territorial-e-infraestructura-verde/cartografia-del-patricova>

Levante-EMV. (2024, 18 de noviembre). *Doce centros escolares reabren el lunes tras la DANA: colegios e institutos afectados en Valencia*. <https://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2024/11/18/doce-centros-escolares-reabr-en-lunes-dana-colegios-institutos-valencia-111787005.html>

Generalitat Valenciana. (s. f.). *Información sobre centros de salud afectados por la DANA*. Portal del Paciente. <https://www.san.gva.es/es/web/portal-del-paciente/informacion-centros/-/categories/27104331>

Generalitat Valenciana. (s. f.). *Sistema Valenciano de Salud: Centros sanitarios - centros de salud* [Conjunto de datos]. Dades Obertes GVA. <https://dadesobertes.gva.es/dataset/sistema-valenciano-de-salud-centros-sanitarios-centros-de-salud>

Aquí tenemos el enlace de todo lo que hemos subido a nuestra aplicación shiny:

https://saeumo.shinyapps.io/proyecto_final/