

# Análisis de la Capilaridad y Accesibilidad del Sistema de Gestión de Residuos en Valencia.

**Autores:** *María Latorre, Héctor Leal, Andreu Herrero, Andreu Fuentes y Sergi Albuixec.*

**Asignatura:** *Visualización de Datos*

**Curso:** *2º curso del Grado en Ciencia de Datos, Universitat de València Año: 2025/2026.*

**Aplicación desplegada:**

<https://andreuminiproyecto.shinyapps.io/valenciarecicla/>



# Índice

1. Introducción
2. Metodología
  - 2.1 Análisis exploratorio de los datos
  - 2.2 Preprocesado de datos
  - 2.3 Preprocesado de la información geográfica (QGIS)
  - 2.4 Elección de gráficas
  - 2.5 Diseño del mapa e interactividad
  - 2.6 Diseño del cuadro de mandos
  - 2.7 Implementación
3. Resultados
  - 3.1 Distribución de los siete indicadores
  - 3.2 Reciclaje cotidiano: la red de vidrio
  - 3.3 Residuos especiales: la red de aceite usado
  - 3.4 Ecoparques móviles: el servicio más restringido
  - 3.5 Interacción entre el mapa y las gráficas
  - 3.6 Tabla de datos, descarga y panel de estadísticas
4. Discusión
  - 4.1 Hallazgos principales
  - 4.2 Limitaciones del análisis
  - 4.3 Dificultades técnicas y soluciones
5. Conclusiones
6. Referencias

# 1. Introducció

La gestió de residus és uno de los servicios urbanos con mayor incidencia directa en la calidad de vida de la ciudadanía y en la sostenibilidad ambiental de las ciudades. En el caso de Valencia, el Ayuntamiento ha desplegado a lo largo de los últimos años una red heterogénea de infraestructuras orientadas al reciclaje: contenedores de vidrio, papeleras, contenedores de residuos sólidos urbanos, contenedores específicos para aceite usado, pilas y ropa, y ecoparques móviles que cubren residuos especiales. Estos elementos forman parte del Plan Local de Residuos y se distribuyen sobre los 88 barrios de la ciudad junto con un barrio adicional, *Rafalell i Vistabella*, correspondiente a una zona no urbanizada de marjal y playa.

El portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Valencia publica la ubicación geográfica de cada uno de estos elementos en formato vectorial, lo que permite analizar de forma cuantitativa cómo se distribuye el servicio sobre el territorio. La pregunta que motiva este miniproyecto es si esa distribución resulta equitativa: si un vecino de Patraix dispone de las mismas facilidades que uno del Cabanyal para reciclar vidrio o desechar aceite, o si por el contrario existen “puntos ciegos” en los que el servicio resulta deficitario.

El proyecto se enmarca en el supuesto práctico de la cátedra *Inteligencia Artificial y Visualización de Información para el Gobierno Abierto a la Ciudad de Valencia*, que invita al alumnado a generar visualizaciones interactivas a partir de los datos del portal municipal. La propuesta del equipo, titulada *Análisis de la Capilaridad y Accesibilidad del Sistema de Gestión de Residuos en Valencia*, persigue tres objetivos:

1. **Especialización.** Caracterizar la red de residuos “difíciles” (aceite usado, pilas, ropa) y de ecoparques móviles, contrastando su distribución espacial con la de los servicios de reciclaje cotidiano (vidrio) y limpieza básica (papeleras y contenedores de residuos sólidos).
2. **Equidad territorial.** Comparar la dotación de recursos por barrio en términos relativos a la superficie del propio barrio, identificando concentraciones y déficits.
3. **Accesibilidad.** Evaluar la cobertura espacial real de la red mediante análisis de proximidad sobre buffers de 100 metros, como aproximación al concepto de “ciudad de proximidad”.

Para responder a esos objetivos se ha construido un cuadro de mando interactivo en R con Shiny y Leaflet, alimentado por capas vectoriales preprocesadas en QGIS y publicado en el servicio shinyapps.io. La memoria que sigue describe el conjunto del flujo de trabajo: tratamiento de los datos, decisiones cartográficas y de diseño de la aplicación, hallazgos del análisis y limitaciones de la aproximación seguida.

## 2. Metodología

### 2.1. Análisis exploratorio de los datos

El conjunto de datos de partida se compone de nueve capas descargadas del portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Valencia. Las capas de polígonos contienen la división administrativa de barrios; las capas de puntos recogen las ubicaciones de los siete tipos de elementos de la red de residuos relevantes para este estudio: aceite usado, pilas, ropa, ecoparques móviles, vidrio, papeleras y contenedores de residuos sólidos urbanos. Los datos se publican en formato GeoJSON con sistema de referencia EPSG:4326 (coordenadas geográficas en grados decimales).

A partir de esas capas se construyen tres tablas maestras, una por cada bloque temático, en las que cada fila corresponde a uno de los 89 barrios de Valencia y las columnas con prefijo n\_\* recogen el número de elementos de cada tipo presentes en su interior. Junto a esos conteos, las tablas conservan el nombre oficial del barrio (nombre) y la superficie en metros cuadrados (gis.gis.BA), un atributo del propio portal cartográfico que se utilizará después para normalizar por área. La Tabla 1 resume el contenido de las tres tablas maestras.

**Tabla 1.** Variables agregadas por barrio en cada uno de los tres archivos maestros generados.

Archivo maestro	Bloque temático	Variables de conteo
barrios_n_residuos_dificiles.shp	Residuos especiales y ecoparques móviles	n_aceite, n_pilas, n_ropa, n_ecoparqu
barrios_reciclaje_diario.shp	Reciclaje cotidiano	n_vidrio
barrios_limpieza_final.shp	Limpieza urbana	n_papelera, n_res_soli

Una primera inspección de los conteos pone de manifiesto dos hechos relevantes para el resto del análisis:

- El primero es la disparidad de magnitudes entre bloques: mientras que la red de aceite o ecoparques se sitúa en el rango de 0 a 19 unidades por barrio, la de vidrio o papeleras alcanza valores de varias decenas, lo que obliga a usar escalas independientes en cada visualización.
- El segundo es la presencia de un barrio atípico, *Rafalell i Vistabella*, que registra valor cero en prácticamente todas las variables. La revisión cartográfica confirma que se trata de una zona no urbanizada sin tejido residencial, por lo que su comportamiento no responde a un déficit de servicio sino a la inexistencia de demanda. Este barrio se excluye sistemáticamente del cálculo de medias y mínimos en todas las visualizaciones de la aplicación.

## 2.2. Preprocesado de datos

El preprocesado tabular lo hemos realizado directamente en R sobre los shapefiles maestros generados en QGIS. Se descartan las columnas administrativas heredadas del portal (objectid, Shape\_Length, Shape\_Area y similares) y se conservan únicamente las columnas con prefijo n\_\*, una convención fijada en la fase de QGIS para distinguir conteos del resto de atributos. La función `get_numeric_cols()` definida en `global.R` automatiza ese filtrado.

La superficie de cada barrio, almacenada en la columna `gis.gis.BA` en metros cuadrados, la hemos convertido a kilómetros cuadrados mediante una división por  $10^6$ . Esa transformación habilita el cálculo de la métrica de equidad territorial empleada en este estudio, la densidad superficial de contenedores (unidades por kilómetro cuadrado), que se aplica en la sección de *Resultados* a las siete variables de conteo.

La exclusión de *Rafalell i Vistabella* se aplica a todas las funciones de resumen estadístico (media, mediana y mínimo). En cambio, sí se mantiene en las representaciones cartográficas, donde su comportamiento atípico se observa de forma natural en el extremo bajo de la escala de color sin distorsionar los rangos.

## 2.3. Preprocesado de la información geográfica (QGIS)

La fase de análisis espacial se realiza íntegramente en QGIS y persigue dos objetivos complementarios: agregar el número de puntos de cada tipo de servicio dentro de los polígonos de barrio, y generar las áreas de influencia que definen la cobertura teórica de cada red. El flujo de trabajo se estructura en cinco bloques.

1. **Reproyección al sistema EPSG:25830.** Las capas originales del portal se publican en EPSG:4326, un sistema de coordenadas geográficas que impide medir distancias en metros. Así pues, las hemos reproyectado al sistema EPSG:25830 (ETRS89 / UTM zona 30N), que trabaja en unidades métricas sobre el territorio peninsular español. Sin esta transformación, los radios de buffer expresados en metros producirían resultados aberrantes.
2. **Buffers disueltos de 100 metros.** Para cada capa de puntos (aceite, pilas, ropa, ecoparques, vidrio) hemos generado un buffer de 100 metros con la opción de disolución activada, la cual fusiona los círculos solapados en una mancha continua, evitando así que las áreas se contabilicen varias veces. El radio se elige siguiendo el concepto de “ciudad de proximidad”, que asume que un servicio resulta accesible a pie cuando se encuentra a menos de 100200 metros del domicilio.

3. **Conteo de puntos en polígono.** La herramienta de análisis espacial *Contar puntos en polígono* cruza las capas de barrios con cada capa de puntos para añadir, en la tabla de atributos del polígono, una nueva columna con el número exacto de elementos contenidos en cada barrio. Este es el paso que transforma la información visual en datos numéricos cuantificables y constituye el insumo principal de las gráficas y tablas de la aplicación.
4. **Encadenado iterativo.** En lugar de generar una tabla independiente por cada tipo de residuo, las operaciones de conteo se aplican de forma encadenada sobre la salida del paso anterior. La capa que ya contiene el conteo de aceite se usa como entrada para el conteo de pilas, después para el de ropa, y así sucesivamente. El resultado son los tres archivos maestros mencionados anteriormente, que centralizan toda la información estadística por barrio y simplifican notablemente la carga posterior en R.
5. **Tratamiento diferenciado para limpieza y RSU.** Para las capas de papeleras y contenedores de residuos sólidos se prescinde del análisis de proximidad mediante buffers. La densidad de estos elementos es tan elevada (cientos por barrio en algunos casos) que la cobertura espacial se asume continua, y el interés analítico se desplaza hacia la comparación de densidades. El resultado es un único archivo (*barrios\_limpieza\_final.shp*) con los conteos de ambas variables.

## 2.4. Elección de gráficas

Las gráficas integradas en la aplicación se eligen siguiendo los criterios de adecuación al tipo de información que enuncia la rúbrica del enunciado y los principios de visualización trabajados en la asignatura.

Para la comparación entre barrios se opta por la gráfica de barras horizontal, que permite ordenar el ranking de mayor a menor (o viceversa) y leer cómodamente etiquetas de barrio largas; el sistema admite además una variante en puntos y otra en líneas que el usuario puede activar mediante un selector.

Para la representación espacial del indicador seleccionado se utiliza un mapa coroplético, el formato más compacto para mostrar la variación de una magnitud sobre la división administrativa.

Para el análisis de relaciones entre dos variables (por ejemplo, papeleras frente a contenedores de residuos sólidos) se incorpora un diagrama de dispersión con línea de tendencia, que permite identificar visualmente correlaciones y barrios atípicos.

Todas las gráficas se construyen con ggplot2 y se entregan al usuario como objetos plotly mediante ggplotly(), lo que aporta tooltips, zoom y desplazamiento sin necesidad de duplicar código.

## 2.5. Diseño del mapa e interactividad

El mapa se construye con la librería leaflet. Sobre una cartografía base *CartoDB Positron* se superpone la capa de polígonos de barrio, coloreada de forma reactiva según la variable que el usuario haya seleccionado en el panel lateral. La paleta numérica se obtiene con `colorNumeric()` y se construye dinámicamente a partir del rango observado en cada categoría, lo que evita que valores atípicos comprimiran la escala de color útil.

La interacción se articula sobre tres elementos. El resaltado dinámico modifica el grosor y el color del borde al pasar el cursor sobre un barrio, ofreciendo un retorno visual inmediato. El popup informativo muestra, al hacer clic, una pequeña ficha HTML con el nombre del barrio y el valor exacto de la variable seleccionada. La leyenda reactiva se recalcula automáticamente al cambiar la variable o la paleta de color, garantizando coherencia entre lo que se ve en el mapa y lo que indica la escala.

Aunque en la fase de QGIS se generaron buffers disueltos de 100 metros para cada capa de puntos, su superposición sobre el mapa coroplético a escala de ciudad resultaba en un patrón saturado en el que apenas se distinguían barrios. La decisión final fue prescindir de los buffers en la versión interactiva y reservarlos como insumo del análisis de cobertura.

## 2.6. Diseño del cuadro de mandos

La estructura general de la aplicación responde al patrón `navbarPage` con una pestaña principal de exploración y una segunda pestaña descriptiva del proyecto. La pestaña principal está organizada con `sidebarLayout`: una barra lateral fija a la izquierda con todos los controles y un panel central que aloja un `tabsetPanel` con cinco subpestañas (mapa, gráficas, tabla, descarga y correlación).

La interacción del usuario se canaliza a través de cinco widgets. Un primer `selectInput` permite elegir entre los tres bloques temáticos (residuos especiales, reciclaje diario, limpieza). Un segundo selector, generado dinámicamente con `renderUI`, ofrece únicamente las variables de conteo disponibles en el bloque seleccionado, con etiquetas legibles (“Aceite usado”, “Vidrio”, “Papeleras”). Un

sliderInput controla cuántos barrios se muestran en la gráfica de ranking (entre 5 y 50), un checkboxInput invierte el sentido de la ordenación, y un radioButtons selecciona entre tres estilos de gráfica (barras, puntos o líneas). Un sexto control permite cambiar la paleta de color del mapa entre cinco opciones estandarizadas.

El panel central recoge los cinco bloques de salida ya mencionados. La tabla de datos se construye con la librería DT y permite la búsqueda por nombre de barrio, ordenación por columnas y paginación. La pestaña de descarga permite exportar los datos visibles en formato CSV o Excel mediante openxlsx. La pestaña de **correlación** ofrece un selector independiente de eje X, eje Y y categoría, y dibuja el diagrama de dispersión con línea de tendencia ajustada por mínimos cuadrados.

La presentación visual se completa con una hoja de estilos personalizada (www/styles.css) que fija la paleta corporativa del proyecto: gris oscuro #2c3e50 para la barra de navegación, verde #27ae60 como color de acento (asociado al reciclaje) y rojo #e74c3c para los elementos seleccionados.

## 2.7. Implementación

La aplicación se organiza en dos archivos principales:

- **Global.R** carga las librerías, lee los tres shapefiles maestros con sf::st\_read() y construye versiones tabulares (st\_drop\_geometry()) para todas las operaciones que no requieren geometría.
- **App.Rmd** define la interfaz y la lógica reactiva. La separación facilita el mantenimiento del código y permite que el archivo global.R sea reutilizable en otros entornos sin depender del runtime de R Markdown.

La reactividad se articula alrededor de la entrada input\$categoria, de la que dependen una cascada de objetos reactivos: la subselección de variables disponibles, los datos filtrados que alimentan tanto el mapa como las gráficas, y los textos informativos del panel de estadísticas. Una pieza específica del diseño es la reactividad cruzada mapa-gráfica, implementada mediante un reactiveVal que almacena el último barrio sobre el que el usuario ha hecho clic en el mapa. Cuando ese valor cambia, la gráfica de barras redibuja la barra correspondiente en color rojo, lo que permite seguir visualmente un mismo barrio entre las dos representaciones.

La Tabla 2 resume las librerías de R utilizadas en la aplicación y su versión de referencia.

**Tabla 2.** Librerías de R utilizadas y propósito en el proyecto.

Librería	Versión	Propósito
shiny	1.8.0	Framework de aplicaciones reactivas.

shinythemes	1.2.0	Tema visual de partida (flatly).
<b>Librería</b>	<b>Versión</b>	<b>Propósito</b>
leaflet	2.2.0	Mapas interactivos con cartografía web.
plotly	4.10	Conversión de gráficas ggplot2 a interactivas.
ggplot2	3.5.0	Construcción de las gráficas base.
sf	1.0-16	Lectura y manejo de geometrías vectoriales.
dplyr	1.1.4	Manipulación tabular (filtros, ordenaciones).
DT	0.33	Tabla interactiva con búsqueda y paginación.
openxlsx	4.2.5	Exportación de los datos a formato Excel.
rsconnect	0.8	Despliegue automatizado en shinyapps.io.

La aplicación se publica en el servicio gratuito *shinyapps.io* mediante la librería *rsconnect*, lo que permite que cualquier persona pueda interactuar con ella desde un navegador sin necesidad de tener R instalado. La dirección final es <https://andreuminiproyecto.shinyapps.io/valencia-recicla/>.

### 3. Resultados

La aplicación final integra cinco vistas conectadas entre sí mediante un sistema de filtros común. La Figura 1 muestra la pantalla inicial: en la parte superior, la barra de navegación con las dos pestañas principales (*Explorador de Residuos* y *Acerca del proyecto*); a la izquierda, los controles de filtrado; en el centro, el mapa coroplético de Valencia con los 89 barrios coloreados según el indicador seleccionado.

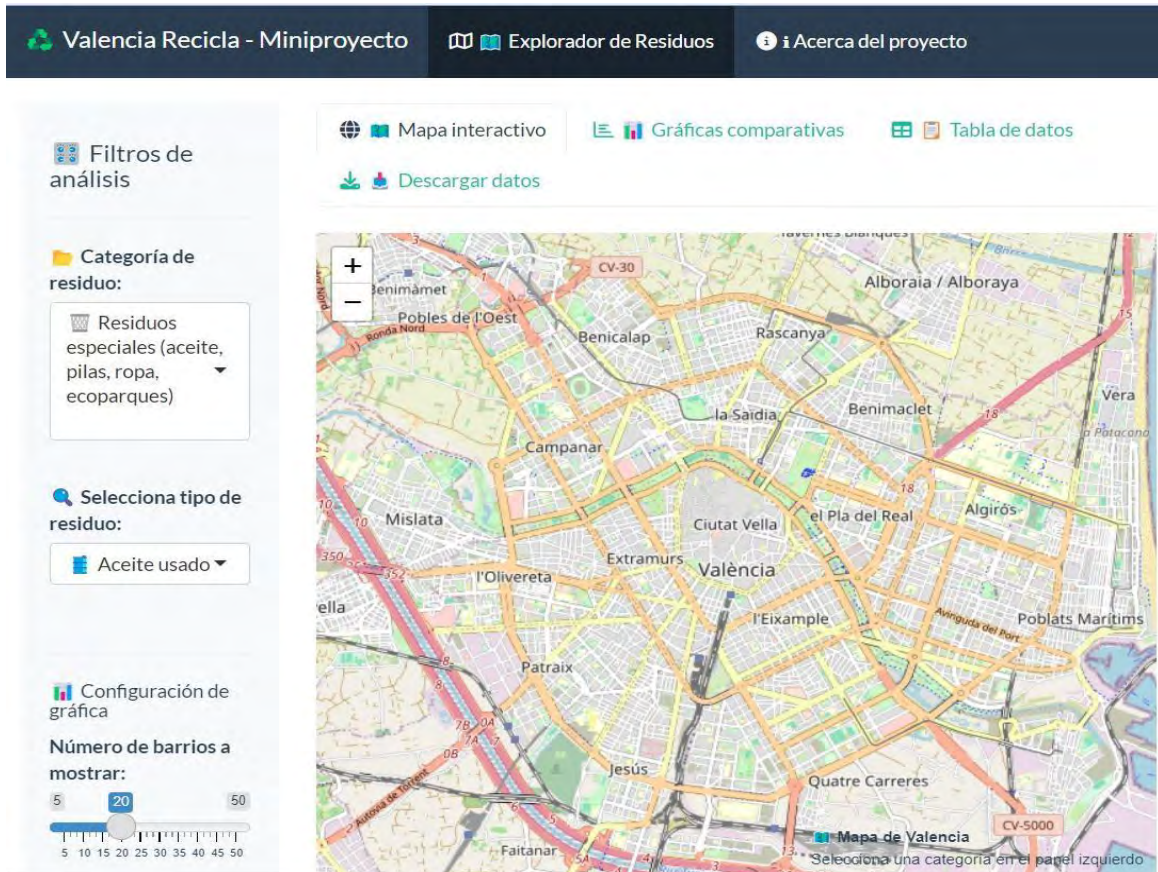


Figura 1. Vista general de la aplicación con la subpestaña Mapa interactivo activa.

La Figura 2 reproduce el mapa coroplético en la versión desplegada en shinyapps.io. La escala verde gradúa la cantidad de contenedores de cada tipo por barrio: los tonos más oscuros corresponden a las zonas mejor servidas y los más claros a las que cuentan con menor dotación.

## Valencia Recicla - Miniproyecto

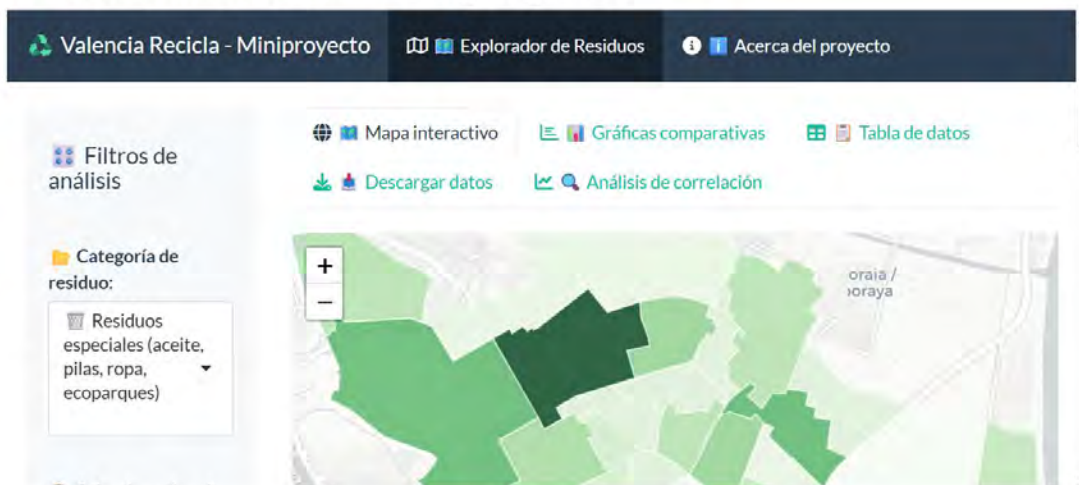


Figura 2. Mapa coroplético reactivo de la aplicación desplegada en shinyapps.io. La paleta verde representa la concentración de elementos de la red seleccionada.

### 3.1. Distribución de los siete indicadores

La Tabla 3 presenta el resumen comparativo de las siete categorías de servicio, con la densidad media (contenedores por kilómetro cuadrado), el máximo observado y el número de barrios que registran valor cero, una vez excluido el barrio no urbanizado de *Rafalell i Vistabella*.

**Tabla 3.** Resumen comparativo de la densidad superficial por categoría.  $N = 88$  barrios urbanizados.

Categoría	Media	Máximo	Barrios con valor 0
Aceite usado (cont./km <sup>2</sup> )	1,41	10,72	4
Pilas (cont./km <sup>2</sup> )	0,84	17,86	10
Ropa (cont./km <sup>2</sup> )	1,09	7,14	5
Ecoparques móviles (cont./km <sup>2</sup> )	0,28	3,57	21
Vidrio (cont./km <sup>2</sup> )	7,98	74,86	1
Papeleras (papeleras/km <sup>2</sup> )	7,42	58,55	1
Residuos sólidos (cont./km <sup>2</sup> )	7,37	68,19	1

Los datos confirman la jerarquía esperada entre los tres bloques temáticos:

Las redes de limpieza básica (vidrio, papeleras, residuos sólidos) presentan densidades medias entre cinco y veintiocho veces superiores a las de la red de residuos especiales, y prácticamente cubren la totalidad de la ciudad (un único barrio con valor cero en cada caso, correspondiente a *Rafalell i Vistabella*).

En el extremo opuesto, la red de ecoparques móviles deja sin servicio a 21 barrios, reflejo de que se trata de un servicio basado en desplazamientos puntuales del ciudadano hacia ubicaciones concretas en horarios determinados, no en proximidad continua.

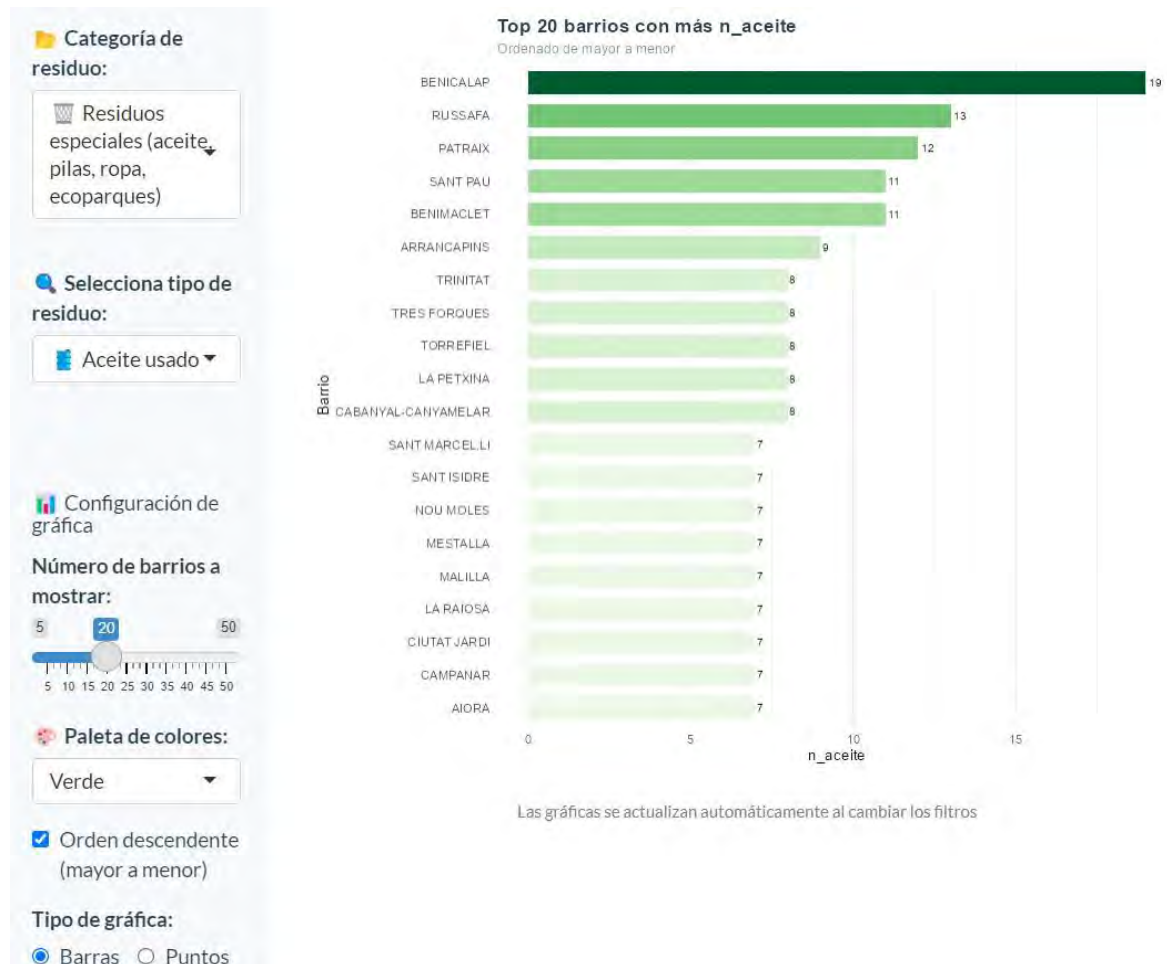
### 3.2. Reciclaje cotidiano: la red de vidrio

La red de vidrio es la más densa y homogénea del conjunto. Ningún barrio urbanizado queda sin servicio y la densidad media se sitúa en 7,98 contenedores por kilómetro cuadrado. La Tabla 4 recoge los cinco barrios mejor servidos.

**Tabla 4.** Cinco barrios con mayor densidad de contenedores de vidrio.

Barrio	Unidades	Densidad (cont./km <sup>2</sup> )
CABANYAL-CANYAMELAR	101	74,86
TORMOS	17	60,72
CAMI FONDO	29	18,45
L'AMISTAT	24	11,58
L'HORT DE SENABRE	47	11,02

La gráfica de ranking que acompaña al mapa permite recorrer el listado completo. La Figura 3 reproduce la versión correspondiente al indicador de aceite usado, encabezada por BENICALAP (19 contenedores) y RUSSAFA (13).



**Figura 3.** Gráfica de barras horizontal que muestra los veinte barrios con mayor número de contenedores de aceite usado, junto con los controles de configuración del panel lateral.

### 3.3. Residuos especiales: la red de aceite usado

La red de aceite usado es notablemente más escasa que la de vidrio: la densidad media baja a 1,41 contenedores por kilómetro cuadrado y cuatro barrios se quedan sin servicio. La Tabla 5 muestra los cinco barrios con mayor densidad. Destaca la persistencia de TORMOS y CABANYAL-CANYAMELAR como zonas con mayor capilaridad de servicio en categorías de naturaleza muy distinta.

**Tabla 5.** Cinco barrios con mayor densidad de contenedores de aceite usado.

Barrio	Unidades	Densidad (cont./km <sup>2</sup> )
TORMOS	3	10,72
CABANYAL-CANYAMELAR	8	5,93
EL CALVARI	3	3,20
CAMI FONDO	4	2,54
SANT MARCEL.LI	7	2,12

### 3.4. Ecoparques móviles: el servicio más restringido

Los ecoparques móviles son el servicio menos extendido en términos relativos: 21 barrios urbanizados no reciben este servicio en ningún momento, y la densidad media de la ciudad apenas alcanza los 0,28 puntos por kilómetro cuadrado. La Tabla 6 lista los cinco barrios mejor situados, en los que vuelven a aparecer TORMOS y CABANYAL-CANYAMELAR en cabeza.

**Tabla 6.** Cinco barrios con mayor densidad de paradas de ecoparques móviles.

Barrio	Unidades	Densidad (cont./km <sup>2</sup> )
TORMOS	1	3,57
CABANYAL-CANYAMELAR	2	1,48
BETERO	2	0,78
CAMI REAL	1	0,68
EL PILAR	1	0,62

### 3.5. Interacción entre el mapa y las gráficas

El comportamiento reactivo de la aplicación se observa con claridad cuando el usuario hace clic sobre un barrio en el mapa. La Figura 4 muestra el efecto sobre la gráfica de barras: la barra correspondiente al barrio seleccionado (en este caso *Sant Pau*) se redibuja en color rojo y, gracias a la interactividad de Plotly, el tooltip ofrece la cantidad exacta de unidades sin necesidad de buscarla en la tabla.



Figura 4. Reactividad cruzada entre mapa y gráfica. Tras hacer clic sobre el barrio Sant Pau en el mapa, la barra correspondiente queda destacada en rojo y el tooltip muestra el valor del indicador.

La Figura 5 cruza el número de papeleras con el de contenedores de residuos sólidos por barrio. La nube de puntos confirma una correlación positiva clara, esperable dado que ambos servicios responden a la misma lógica de capilaridad urbana, y permite identificar barrios atípicos como TORMOS, que aparece destacado por el tooltip.

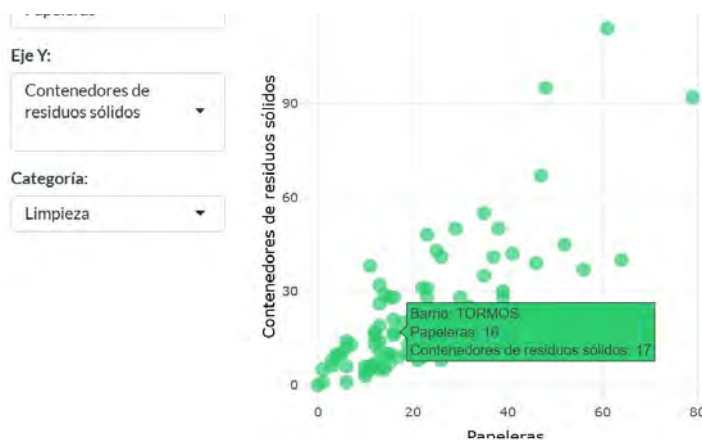


Figura 5. Diagrama de dispersión interactivo entre número de papeleras y de contenedores de residuos sólidos por barrio. El tooltip muestra los valores exactos del barrio sobre el que se sitúa el cursor.

### 3.6. Tabla de datos, descarga y panel de estadísticas

La Figura 6 muestra la tabla interactiva (DT) con los datos completos del bloque de residuos especiales. La tabla incorpora ordenación por cualquier columna, búsqueda en el nombre de barrio y paginación, y se actualiza automáticamente al cambiar la categoría seleccionada en el panel lateral.



Figura 6. Tabla interactiva con búsqueda, ordenación y paginación, alimentada por la librería DT.

La pestaña de descarga (Figura 7) permite exportar los datos visibles en formato CSV o Excel. El panel incluye una vista previa para comprobar el contenido antes de la descarga.

Descargar datos

---

Exportar datos filtrados

Selecciona el formato de descarga:

Formato:

CSV 
  Excel

Descargar datos actuales

---

Vista previa:

Show  entries Search:

	nombre	n_aceite	n_pilas	n_ropa	n_ecoparqu
1	LA CREU COBERTA	4	1	3	1
2	LA FONTETA S.LLUIS	2	1	1	1
3	RAFALELL-VISTABELLA	0	0	0	0
4	CAMI DE VERA	3	2	1	0
5	BENIMAMET	6	3	3	1

Showing 1 to 5 of 88 entries

Figura 7. Pestaña de descarga de datos en formato CSV o Excel.

Por último, el panel de estadísticas rápidas (Figura 8) ofrece, para la variable seleccionada, un resumen numérico (media, mediana, máximo, mínimo y total) y una nota explícita sobre la exclusión del barrio *Rafalell i Vistabella* del cálculo de medias y mínimos.

Estadísticas rápidas

Resumen de n\_aceite

---

Media (excluyendo barrios no urbanizados)

Mediana: 4

Máximo: 19

Mínimo (solo zonas urbanizadas): 0

Total: 391

Barrios con 0: 4

Nota: Barrio 'Rafalell i Vistabella'

Figura 8. Panel de estadísticas rápidas con la nota informativa sobre la exclusión del barrio no urbanizado.

## 4. Discusión

### 4.1. Hallazgos principales

El análisis revela una asimetría sistemática entre los tres bloques de servicios estudiados. La red de limpieza básica (papeleras y contenedores de residuos sólidos) y la de vidrio cubren prácticamente la totalidad de los barrios urbanizados con densidades elevadas. La red de residuos especiales (aceite, pilas, ropa) presenta densidades un orden de magnitud menores y deja entre cuatro y diez barrios sin servicio. La red de ecoparques móviles, por su naturaleza itinerante, alcanza solo a 67 de los 88 barrios urbanizados.

Cuando se observan los rankings de densidad, dos barrios destacan de forma transversal: *Tormos* y *Cabanyal-Canyamelar*. Ambos aparecen en las primeras posiciones de prácticamente todas las categorías analizadas, lo que sugiere que su acceso al sistema de residuos es marcadamente superior a la media de la ciudad. En el caso de *Tormos*, este resultado debe interpretarse con cautela: su valor extremo de densidad responde en gran medida a su pequeña superficie, no necesariamente a una dotación absoluta excepcional. *Cabanyal-Canyamelar*, en cambio, combina una superficie media con un volumen absoluto elevado de elementos.

En el extremo opuesto se encuentran los barrios de la periferia agrícola e industrial: *Faitanar*, *Castellar-l'Oliveral*, *El Forn d'Alcedo*, *La Torre* y *Els Orriols*. La superposición de déficits que muestran estos barrios (pocos contenedores en casi todas las categorías) sugiere que la disparidad observada no responde a una decisión específica sobre tal o cual servicio, sino a una asimetría más general entre el centro consolidado y los barrios periféricos.

### 4.2. Limitaciones del análisis

El presente análisis utiliza la densidad superficial de contenedores (unidades por km<sup>2</sup>) como aproximación a la equidad territorial, calculada a partir del área geométrica de cada barrio registrada en los datos de QGIS. Esta métrica permite identificar concentraciones y déficits espaciales de la infraestructura de residuos, aunque no captura la demanda real de la población. Una normalización por número de habitantes —disponible en el padrón municipal del portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Valencia— constituye una línea de trabajo futura de alto valor analítico.

Una segunda limitación procede del descarte visual de los buffers de cobertura. La opción permite mantener la legibilidad del mapa, pero significa que la dimensión de “accesibilidad a pie” enunciada en los objetivos del proyecto se aborda en QGIS y no se traslada a la aplicación final. Un trabajo posterior podría incorporar un selector que permita activar la capa de cobertura de forma puntual sobre el mapa, manteniendo el coroplético como vista por defecto.

### 4.3. Dificultades técnicas y soluciones

El proyecto ha exigido resolver varias dificultades técnicas en cada una de las fases. En la fase de QGIS, el ajuste del sistema de coordenadas resultó indispensable: trabajar directamente sobre las capas en EPSG:4326 hubiera invalidado los radios de buffer, ya que la unidad nativa de ese sistema son los grados decimales. La reproyección a EPSG:25830 fue, en consecuencia, la primera operación de cada flujo.

En la arquitectura de la aplicación, la elección inicial de R Markdown con flexdashboard entró en conflicto con el patrón navbarPage de Shiny. La solución consistió en cambiar la salida del documento a html\_document y construir la interfaz con los componentes nativos de Shiny, lo que permitió mantener la documentación inline del código sin perder flexibilidad.

En la implementación de la reactividad cruzada, el reactiveVal que almacena el barrio seleccionado devolvía un vector vacío en los primeros renderizados del mapa, lo que generaba un error en la comparación que pintaba la barra en rojo. La solución fue añadir una comprobación con length() antes de aplicar el filtrado.

En el despliegue en shinyapps.io, las rutas relativas a la carpeta datos/procesados/ no funcionaron tal cual: el servidor no permite acceder a directorios situados por encima del raíz de la aplicación. La solución consistió en copiar la carpeta datos/ dentro del directorio de despliegue y ajustar las rutas en global.R.

## 5. Conclusiones

El miniproyecto consigue los tres objetivos enunciados al inicio. La especialización del análisis en la red de residuos “difíciles” (aceite, pilas, ropa, ecoparques móviles) ha permitido caracterizar un servicio menos visible que el reciclaje cotidiano y poner de manifiesto su menor capilaridad. La equidad territorial se ha abordado mediante

el cálculo de densidades superficiales sobre el área de cada barrio, una métrica que identifica concentraciones y déficits, aunque no captura la demanda poblacional. La accesibilidad se ha abordado con buffers disueltos de 100 metros en QGIS, descartados después en la versión interactiva por motivos de legibilidad pero conservados como insumo del análisis.

El producto final es un cuadro de mando interactivo que integra mapa coroplético, gráficas reactivas, tabla con búsqueda, descarga de datos en CSV y Excel y un análisis de correlación bivalente

El trabajo también identifica un eje de mejora claro: la incorporación de datos de población por barrio convertiría la métrica de densidad en una métrica de equidad propiamente dicha, ya que pasaría a expresar contenedores por habitante en lugar de contenedores por unidad de superficie. Esa extensión, junto con la reincorporación opcional de las capas de cobertura sobre el mapa, definen las dos líneas naturales para una continuación del proyecto.

## 6. Referencias

Ayuntamiento de Valencia (2024). *Portal de datos abiertos de Valencia*.  
<https://valencia.opendatasoft.com/pages/home/?flg=es-es>

Chang, W., Cheng, J., Allaire, J. J., Sievert, C., Schloerke, B., Xie, Y., Allen, J., McPherson, J., Dipert, A. y Borges, B. (2024). *shiny: Web Application Framework for R*. <https://CRAN.R-project.org/package=shiny>

Cheng, J., Karambelkar, B. y Xie, Y. (2023). *leaflet: Create Interactive Web Maps with the JavaScript "Leaflet" Library*. <https://CRAN.R-project.org/package=leaflet>

Pebesma, E. (2018). Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *The R Journal*, 10(1), 439-446. <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009>

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

R Core Team (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

Sievert, C. (2020). *Interactive Web-Based Data Visualization with R, plotly, and shiny*. Chapman and Hall/CRC.

Walker, A., Braglia, L., Garbuszus, J. M. y Schaubberger, P. (2024). *openxlsx: Read, Write and Edit xlsx Files*. <https://CRAN.R-project.org/package=openxlsx>

Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag.

Xie, Y., Cheng, J. y Tan, X. (2024). *DT: A Wrapper of the JavaScript Library "DataTables"*. <https://CRAN.R-project.org/package=DT>

# Análisis de la Capilaridad y Accesibilidad del Sistema de Gestión de Residuos en Valencia.

**Autores:** *María Latorre, Héctor Leal, Andreu Herrero, Andreu Fuentes y Sergi Albuixec.*

**Asignatura:** *Visualización de Datos*

**Curso:** *2º curso del Grado en Ciencia de Datos, Universitat de València Año: 2025/2026.*

**Aplicación desplegada:**

<https://andreuminiproyecto.shinyapps.io/valenciarecicla/>

