

INFORME DEL DESAFÍO 2: *Derecho a la sombra*

Autora: Irati Otxoa Cebada

Enlace: [Ver narrativa completa "Derecho a la sombra"](#)

1. Objetivo y Justificación del Tema

El proyecto **"Derecho a la sombra"** aborda la distribución geoespacial de la sombra vegetal y estructural en la ciudad de Bilbao por estaciones (invierno, primavera, verano y otoño) y franjas horarias representativas (12:00, 14:00 y 17:00). Se parte de la preocupación por el **aumento de las temperaturas y las islas de calor**. En ese contexto, la sombra se convierte en un **recurso ambiental de primer orden**, indispensable para garantizar el confort térmico y la habitabilidad del espacio público.

El objetivo es cuantificar y visualizar las desigualdades derivadas de la morfología urbana, identificando las zonas con menor acceso a sombra y mayor exposición solar. La lectura se plantea desde la **justicia climática**: el confort térmico no se distribuye de manera equitativa entre barrios. Así, la narrativa invita a reconocer **la sombra como derecho ciudadano**, poniendo en relación ciencia de datos, urbanismo y visualización narrativa para comprender cómo el diseño del espacio público puede mitigar o reproducir desigualdades ambientales.

2. Planificación y Conceptualización

La planificación del proyecto se diseñó con una doble finalidad: comunicar los resultados científicos de forma accesible y construir una narrativa interactiva. La historia se estructura como un recorrido por Bilbao en el que se descubre cómo la sombra –o su ausencia– configura sus desigualdades urbanas.

Audiencia: público general interesado en el entorno urbano, la sostenibilidad y las políticas climáticas locales, con especial atención a habitantes de Bilbao, urbanistas, técnicos municipales y comunicadores ambientales. Se prioriza un lenguaje accesible y visualizaciones claras, para mayor comprensión.

Mensaje principal: *"No todos los barrios disfrutan del mismo grado de sombra."* La sombra funciona como indicador de desigualdad microclimática.

Estructura narrativa: El formato de *scrollytelling* permite una narrativa secuencial y exploratoria, en la que el desplazamiento vertical activa los diferentes mapas y gráficos de la historia.

- i. **Portada**
- ii. **Introducción:** calentamiento global, efectos y Bilbao.
- iii. **La sombra en Bilbao:** acercamiento a la distribución de la sombra, con un gráfico de m² de sombra acumulada.

- iv. **Barrio a barrio:** comparación espacial mediante mapa coroplético que muestra la sombra relativa por barrio.
 - v. **Diferencias entre estaciones:** análisis estacional mediante *photo-swipe* que compara sombras proyectada en la ciudad.
 - vi. **¿A quién cubre la sombra?:** correlación entre sombra y variables demográficas (población vulnerable y renta), mediante diagramas de dispersión.
 - vii. **Sombra per capita, hora por hora:** *heatmap* que resume la evolución diaria por barrio, estación y franja horaria.
 - viii. **El derecho a la sombra:** cierre reflexivo y propositivo, que introduce la noción de la sombra como derecho ciudadano y propone reivindicaciones ciudadanas.
 - ix. **Créditos y fuentes**
-

3. Recolección y Preparación de Datos

La obtención y limpieza de datos constituyó una de las fases más complejas. A continuación, se detalla el *workflow*¹:

- i. **Fuentes de información:** Los datos empleados proceden exclusivamente de fuentes oficiales y de acceso abierto, garantizando su fiabilidad y actualización:
 - Modelo LiDAR PNOA 2025, descargado del *Centro de Descargas del IGN*.
 - Cartografía de barrios y límites de *GeoEuskadi* y *Bilbao Open Data*.
 - Datos demográficos de *EUSTAT* y del *Ayuntamiento de Bilbao*.

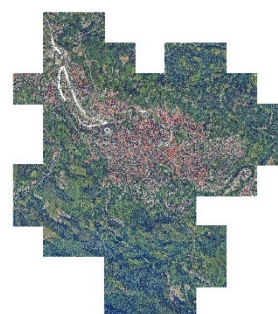


Ilustración 1: Modelo digital de superficie de todos los tiles que componen Bilbao.

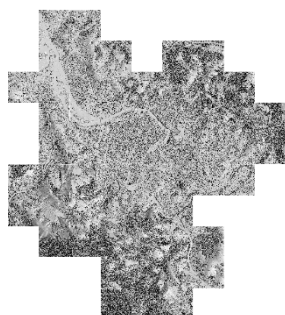


Ilustración 2: mapa hillshade, resultado de la aplicación de los cálculos de irradiación solar (verano, 12h).

- ii. **Preparación y limpieza:** Los archivos .laz fueron descomprimidos con LASzip y convertidos a .las para su uso en QGIS 3.40. Se generaron Modelos Digitales de Superficie (DSM) mediante PDAL (*export to raster using triangulation*) con resolución de 1 m. Los mosaicos resultantes se unificaron a través de *Raster > Miscellaneous > Merge*, obteniendo una superficie continua de toda Bilbao.

¹ **Nota metodológica:** Aunque en las primeras fases se consideró el uso de *Mapbox*, la versión final se desarrolló íntegramente en *ArcGIS Pro* y *ArcGIS StoryMaps*, complementada con *Flourish* y *QGIS*.

iii. **Procesamiento geoespacial:** Sobre el DSM se aplicaron cálculos de irradiación solar a partir de las coordenadas de Bilbao. Con *Python* se estimaron las posiciones solares para cada estación y franjas horarias. Los mapas de sombreado (*hillshade*) fueron binarizados empleando un umbral de 50 (0-255 de luminosidad), donde los valores inferiores se clasificaron como "zona en sombra". Cada *raster* fue reproyectado al sistema ETRS89 / UTM Zone 30N (EPSG:25830) para garantizar cálculos métricos precisos. Se realizó una verificación visual con ortofoto PNOA 2023 para validar coherencia espacial y descartar artefactos en áreas edificadas.

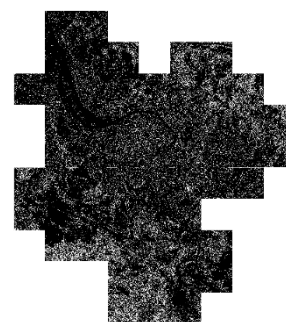


Ilustración 3: mapa binarizado con el umbral de 50. Las partes blancas corresponden a la sombra (verano, 12h).

- iv. **Cálculos estadísticos:** Mediante *Zonal Statistics* se cuantificó la superficie sombreada por barrio en m². Este proceso generó una base homogénea de variables por barrio, estación y hora.
- v. **Atribución y licencias:** Todos los conjuntos de datos empleados se encuentran bajo licencia CC BY 4.0 (IGN, EUSTAT, GeoEuskadi, Ayto. de Bilbao).

4. Diseño y desarrollo de los mapas y gráficos

- i. **Diseño cartográfico:** El diseño de los mapas se orientó a mantener la legibilidad comparativa entre estaciones y horarios, priorizando la consistencia visual y la precisión métrica. Los mapas se desarrollaron en *ArcGIS*, usando una paleta de azules fríos personalizados.

Las capas se estructuraron jerárquicamente: base topográfica, capa de límites barriales y capa de sombreado. Se usaron valores tonales de gris-azul que transmiten la intensidad de la sombra sin saturar el mapa. Los límites barriales se mostraron con contornos semitransparentes para preservar la referencia.



- ii. **Visualizaciones complementarias:** Además de la representación cartográfica, se produjeron varios tipos de gráficos, ampliando el análisis de la sombra:
- **Cloropletas:** sombra total y la sombra relativa por barrio, utilizados como base en la narrativa final.
 - **Gráficos de barras:** comparan la cantidad de sombra por estación, evidenciando la estacionalidad térmica.

- **Scatterplots:** analizan la relación entre sombra per cápita, renta media y población vulnerable.
- **Heatmap:** representa la evolución por barrio y estación, visualizando la transición horaria de la sombra.

Estas visualizaciones se integran en *Flourish* y *ArcGIS* para su incorporación interactiva dentro del *scrollytelling*.

- iii. **Coherencia estética y optimización visual:** Se estableció un sistema visual basado en la unidad cromática, así como una tipografía legible y una jerarquía visual tanto en dispositivos móviles como de escritorio.

5. Integración de la Narrativa y Elementos Interactivos

La narrativa se construyó bajo el principio de *scroll-driven storytelling*, donde el desplazamiento del usuario activa transiciones entre escenas dentro de *ArcGIS StoryMaps*. Este enfoque permite sincronizar texto y cartografía, de modo que cada fragmento del relato se corresponda con un mapa o gráfico.

- i. **Estructura secuencial y sincronización técnica:** Cada capítulo textual dentro de la sección “Barrio a barrio” se vincula a una escena del mapa mediante las transiciones configurables de *StoryMaps*, que permiten modificar el nivel de *zoom*, el encuadre o la visibilidad de las capas según el punto de lectura.
- ii. **Interactividad y enriquecimiento narrativo:** Además de las transiciones automáticas, se incorporaron elementos interactivos complementarios que fomentan la exploración:
 - **Pop-ups informativos** con métricas locales en cada uno de los barrios del mapa (m^2 de sombra total y relativa, población y sombra per cápita).
 - **Controles de filtrado** en diferentes gráficos.
 - **Embeds HTML** con gráficos de *Flourish*.

Cada interacción fue diseñada con una finalidad comunicativa específica: mostrar el dato exacto sin interrumpir el relato. La progresión narrativa se mantiene continua, y la interfaz responde al usuario de forma intuitiva, evitando la sobrecarga visual.

6. Desafíos y Aprendizajes

- i. **Gestión y conversión de datos LiDAR y raster:** La manipulación de archivos LiDAR (.laz) supuso una dificultad inicial debido a su tamaño y a las incompatibilidades entre formatos. Para resolverlo, se diseñó un flujo de trabajo modular: descompresión con LASzip, rasterización con PDAL, y validación de mosaicos en QGIS. Este proceso permitió comprender la importancia de planificar la arquitectura de datos desde el inicio, evitando

redundancias y errores acumulativos.

- ii. **Errores de georreferenciación:** La combinación de datos procedentes de diferentes fuentes generó inconsistencias en los sistemas de referencia espacial. La reproyección sistemática al sistema ETRS89 / UTM Zone 30N (EPSG:25830) fue clave para garantizar la comparabilidad. Este problema reforzó la comprensión del papel crítico de la proyección cartográfica en los análisis cuantitativos urbanos.
- iii. **Optimización del rendimiento y carga visual:** Las primeras versiones del mapa mostraban ralentizaciones debido al peso de los archivos *raster* y la superposición de capas. Se mitigó mediante la reducción de resolución y la exportación de las capas a formato *raster* simplificado, dando prioridad a la fluidez sobre la exhaustividad visual. Este ajuste evidenció la tensión constante entre precisión y experiencia de usuario.
- iv. **Curva de aprendizaje tecnológica:** Este proyecto supuso el primer contacto con herramientas de análisis geoespacial (QGIS, ArcGIS Pro, StoryMaps). El proceso implicó un aprendizaje intensivo y autónomo, que permitió comprender no solo los aspectos técnicos, sino también la lógica narrativa de las visualizaciones geográficas. Esta experiencia inicial implicó un esfuerzo considerable, pero resultó decisiva para consolidar las competencias en visualización de datos y geocomputación.

7. Instrucciones de Navegación e Interacción

- i. **Cómo navegar por la historia:**
 - 1. **Desplazamiento:** se avanza haciendo *scroll*. En la sección del mapa, cada bloque activa una vista.
 - 2. **Exploración libre:** se puede arrastrar el mapa (ratón/dedo) y hacer *zoom* o *search*.
 - 3. **Interacción contextual:** al hacer *click* sobre los barrios, se despliegan *pop-ups* con información extra. Los gráficos muestran *pop-ups* al hacer *hover* o *click* sobre ellos.
 - 4. **Filtrado:** algunos gráficos tienen la opción de filtrar por diferentes categorías.
- ii. **Compatibilidad y accesibilidad:** La historia es totalmente interactiva tanto en ordenador como en dispositivos móviles, optimizada para navegadores modernos. Se han ajustado los contrastes de color y el tamaño de texto para garantizar una lectura cómoda y una visualización accesible en diferentes resoluciones.