



POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Proyecto Final 1:
Energías Renovables, Industria e Innovación
en España

Sistemas de Información Geográfica

Tamarit Silva, Juan
Vulpe, Beatriz Noelia

Curso 2024-2025

Contents

1	Introducción.	2
2	Justificación del Proyecto.	2
3	Capas y Simbología.	4
3.1	Descripción de las fuentes de datos utilizadas	4
	Capas ráster	4
	Capas vectoriales	5
3.2	Creación y personalización de capas	9
4	Distribución de tareas y Coordinación.	25
5	Problemas Encontrados y Limitaciones.	26
5.1	Dificultades técnicas y metodológicas, y soluciones aplicadas	26
5.2	Tareas no realizadas y su justificación	27
6	Conclusiones y posibles mejoras	28
7	Anexo	28

1 Introducción.

Este proyecto tiene como finalidad identificar y analizar las infraestructuras destinadas a la generación de energía a partir de recursos naturales en el territorio español. A través de un visor cartográfico interactivo, se busca representar visualmente la localización de estas instalaciones y contextualizarlas en relación con diversos factores clave: su proximidad a zonas industriales, su distribución en función de la densidad de población, su ubicación respecto a espacios naturales protegidos, y su vínculo con programas públicos orientados al desarrollo económico sostenible y la cohesión territorial.

Dado que el ámbito geográfico abarca todo el territorio nacional, se ha considerado necesario incorporar los límites autonómicos y provinciales como marco de referencia. Esto permite desglosar y analizar la información por comunidades autónomas y provincias, facilitando comparaciones regionales y una mejor lectura del patrón espacial de las energías renovables en España.

2 Justificación del Proyecto.

Este proyecto responde a los desafíos del contexto actual, en el que tanto los países como las organizaciones internacionales están firmemente comprometidos con el objetivo de alcanzar la neutralidad energética. En este marco, España se destaca por su potencial en energías renovables, gracias a las características de su territorio. Un ejemplo notable es la energía solar, ya que España cuenta con uno de los mayores índices de días soleados en Europa.

Visualizar y comprender cómo se despliegan estas infraestructuras sobre el territorio es fundamental para evaluar su impacto real, tanto ambiental como social y económico. Esta necesidad motiva la creación del mapa: convertir datos dispersos y técnicos en una representación geoespacial accesible, útil y relevante.

Además, se trata de una oportunidad para reflexionar sobre el papel de estas infraestructuras en la vertebración del territorio, especialmente en áreas rurales o en riesgo de despoblación, donde la transición ecológica puede suponer también una oportunidad de reactivación económica.

Para alcanzar los objetivos propuestos, se ha considerado fundamental complementar la capa principal, que recoge los puntos de interés energético, con una serie de capas temáticas adicionales que enriquecen el análisis territorial. Entre estas, se incluyen los límites administrativos a nivel autonómico, provincial y municipal, lo cual facilita la lectura espacial y permite realizar comparaciones regionales más precisas. También se incorporó una capa de densidad de población, útil para explorar la relación entre la generación energética y la presencia humana en el territorio.

La inclusión de zonas industriales responde al interés por analizar su vinculación con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), permitiendo estudiar la interacción entre los focos de generación energética renovable y las áreas de mayor carga emisora. Esta relación es clave para evaluar el potencial de descarbonización territorial a través del abastecimiento energético renovable en zonas intensivas en actividad económica. Por su parte, la capa de espacios naturales protegidos ofrece una base para evaluar el impacto ambiental de determinadas instalaciones. También se han integrado capas relativas a proyectos singulares impulsados por las administraciones públicas, ya sean de digitalización o desarrollo rural, con el objetivo de identificar territorios donde la transición energética se vincula a otras políticas públicas transformadoras.

Todas estas capas han sido editadas, simbolizadas y organizadas con especial cuidado para minimizar el ruido visual y maximizar la claridad del análisis, garantizando así una interpretación precisa y accesible de los datos.

Criterios de diseño del mapa

El mapa ha sido diseñado con una lógica jerárquica que prioriza la legibilidad, la claridad y la utilidad analítica. Entre las principales decisiones de diseño destacan la elección de un fondo ráster satelital con baja saturación, para aportar contexto sin distraer del contenido principal; el uso de simbología graduada, categórica o clusterizada según el tipo de capa y su función visual; la implementación de etiquetas personalizadas solo en capas clave, que aportan el contexto geográfico mínimo necesario para identificar zonas e infraestructuras; y la inclusión de capas auxiliares opacas o con transparencia, lo que permite modular la presencia de ciertos elementos según su prioridad informativa.

También se ha trabajado en la organización temática de las capas, priorizando la diferenciación visual y la comprensión contextual. Para ello se ha optado por utilizar el número mínimo de categorías capaz de ofrecer una lectura variada y completa de cada capa.

Además, se ha establecido una visualización escalonada en función del nivel de zoom, lo que permite distribuir la carga visual y facilitar la interpretación progresiva del mapa. Así, ciertos elementos como las masas de agua, la red eléctrica o las etiquetas provinciales se activan en escalas generales, pero nunca aparecen todos simultáneamente. Los intervalos de visibilidad han sido definidos intencionadamente para evitar la superposición entre estas capas, garantizando que cada una aporte contexto sin interferir con las demás. Por ejemplo, las etiquetas provinciales no se muestran al mismo tiempo que la red eléctrica o las masas de agua, lo que favorece una lectura más clara. Por su parte, los puntos de interés energético junto a su etiquetado individual solo aparecen a escalas más detalladas, facilitando su identificación precisa sin saturar el visor en niveles más amplios.

Asimismo, la disposición jerárquica de las capas permite establecer un orden lógico en su representación: los puntos de interés energético, como núcleo principal del análisis, quedan superpuestos al resto, mientras que la capa de densidad de población se sitúa justo sobre el fondo ráster. Esto da protagonismo a otras capas clave como las zonas protegidas, los proyectos singulares o la industria. La transparencia de estas capas permite evaluar, por ejemplo, cómo se solapan áreas con alta o baja densidad con zonas industriales emisoras o espacios naturales excluidos de la industria renovable.

Utilidad práctica del mapa desarrollado

El mapa está pensado como una herramienta útil en diferentes contextos: investigación, toma de decisiones o divulgación. Al permitir visualizar patrones espaciales complejos de forma intuitiva, puede servir para apoyar diagnósticos territoriales sobre transición energética, facilitar estudios comparativos entre regiones, detectar posibles desequilibrios o áreas prioritarias de intervención, y generar nuevas preguntas de investigación relacionadas con sostenibilidad, equidad territorial y planificación energética.

En concreto, permite localizar y clasificar las infraestructuras destinadas a la producción de las principales fuentes de energía renovable en España, analizando su distribución geográfica y su inserción en la red energética nacional. Además, se puede estudiar la relación entre los

puntos de generación energética y la densidad de población, con el fin de evaluar si esta energía está llegando efectivamente a los núcleos más habitados y en qué medida podría estar siendo aprovechada. Por último, se puede analizar el vínculo entre el tipo de energía producida y su entorno inmediato, prestando especial atención a si estas instalaciones se encuentran dentro de espacios protegidos, lo que permite valorar el impacto y la sostenibilidad de su ubicación.

3 Capas y Símbología.

3.1 Descripción de las fuentes de datos utilizadas

A continuación, se detallan los distintos recursos cartográficos implementados en el proyecto, diferenciando entre capas ráster y capas vectoriales, así como sus fuentes y métodos de acceso.

Capas ráster

1.1 Capa base satelital (Bing Maps).

Se empleó como fondo cartográfico una capa de imágenes satelitales de alta resolución proporcionada por Bing Maps, de Microsoft. Esta capa es accesible en QGIS a través del complemento **QuickMapServices**, que permite la conexión con servicios XYZ Tiles. Para habilitar esta fuente, tras instalar el plugin se debe acceder a **Web > QuickMapServices > Settings > More services**, hacer click en **Get contributed pack**, y activar la visibilidad de ‘bing’. Una vez hecho esto, se puede importar en **Web > QuickMapServices > Bing > Bing Satellite**. Esta capa proporciona una visualización detallada del terreno e infraestructura, proporcionando una capa base con alta resolución y un tiempo de carga eficiente.



Figure 1: Imagen de muestra de la capa Bing Satellite.

1.2 Capas temáticas por WMS.

Límites administrativos: Servicio proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), accesible vía WMS desde la URL: <https://www.ign.es/wms-inspire/unidades-administrativas>. Ofrece la visualización de los límites municipales, provinciales y autonómicos, en cumplimiento de la normativa INSPIRE y visibles en sus escalas correspondientes.

Hidrografía: Accesible en <https://servicios.idee.es/wms-inspire/hidrografia>. Se importaron específicamente las capas de ‘Masas de agua’ y ‘Humedales’, que permiten identificar cuerpos hídricos naturales o artificiales, así como zonas con presencia estacional o permanente de agua.

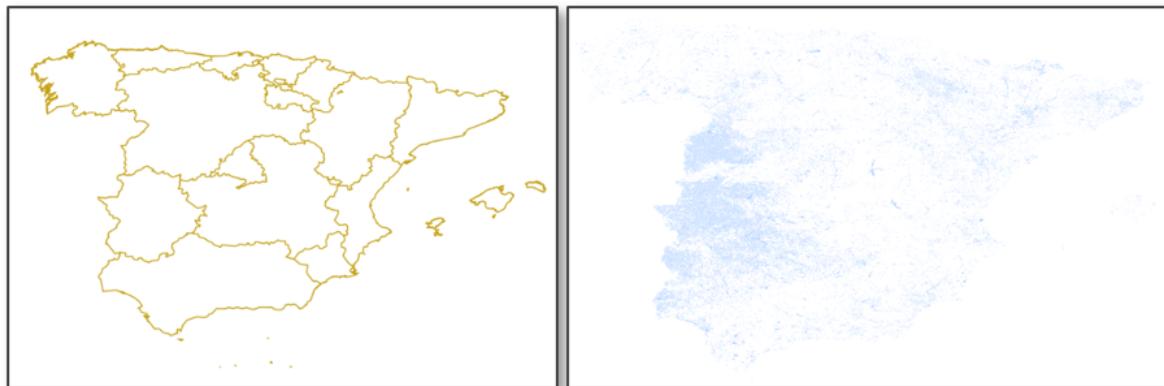


Figure 2: Imagen de muestra de las capas Límites administrativos e Hidrografía.

Capas vectoriales

2.1 Puntos de interés energético (BTN POI - Energía).

Archivo vectorial que incluye localizaciones georreferenciadas de instalaciones energéticas en todo el territorio español: centrales de ciclo combinado, térmicas, nucleares, hidroeléctricas, fotovoltaicas, termosolares, parques eólicos, subestaciones eléctricas, y centros de extracción de combustibles. Fuente: <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/btn-poi>. Fecha de última actualización: 25/02/2025.

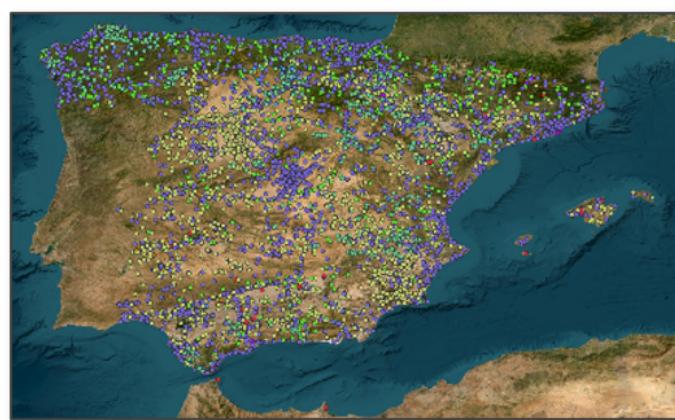


Figure 3: Imagen de muestra de la capa de POI energético.

2.2 Instalaciones sujetas al comercio de derechos de emisión (RCDE UE).

Incluye instalaciones fijas contempladas en el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la UE (RCDE UE), establecido por la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003. Estas instalaciones están relacionadas con sectores industriales emisores de gases de efecto invernadero (GEI), específicamente dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) y perfluorocarburos (PFC). El ámbito de aplicación del RCDE UE abarca actividades como la generación de electricidad y calor, refinerías, metalurgia, fabricación de cemento, cal, vidrio, cerámica, pasta de papel, cartón, así como la producción de productos químicos orgánicos en bruto y diversos ácidos industriales (nítrico, adípico, gioxílico, gioxal). Para facilitar la edición de atributos y la aplicación de simbología específica en el contexto del proyecto, se optó por la descarga del archivo shapefile en lugar de acceder a los datos mediante WMS. Fuente: <https://www.miteco.gob.es/en/cartografia-y-sig/ide/descargas/cambio-climatico.html>. Fecha de última actualización: 27/05/2021.

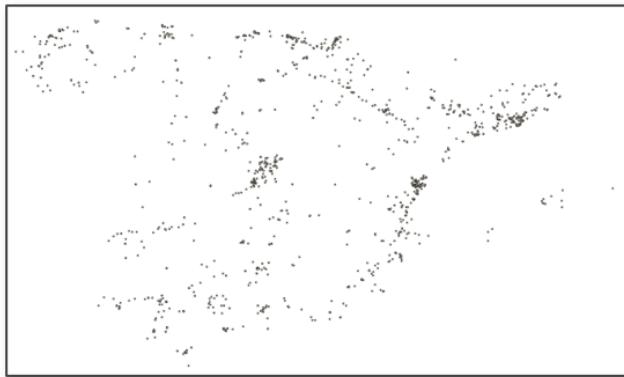


Figure 4: Imagen de muestra de la capa de Instalaciones GEI.

2.3 Proyectos singulares (Reto Demográfico).

Contiene la ubicación de iniciativas de revitalización rural financiadas por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, en el marco de proyectos singulares desarrollados a lo largo del territorio nacional. Estos proyectos abordan múltiples líneas estratégicas como innovación rural, atención a personas mayores, digitalización, movilidad sostenible, patrimonio, sostenibilidad y emprendimiento. Entre los tipos de actuación representados se incluyen, entre otros: *Aldea 0: innovación, Atención a personas mayores, Ciudad de Cine, Instalación de cajeros automáticos, Digitalización rural multitemática, Proyecto Cuidame, Proyecto Garriegues Altes, Proyecto de recuperación patrimonial y turismo sostenible, Red de emprendimiento, Smart Protected Area*, etc. Fuente: <https://www.miteco.gob.es/en/cartografia-y-sig/ide/descargas/reto-demografico/distribucion-proyectos-singulares.html>. Fecha de última actualización: 20/12/2022.

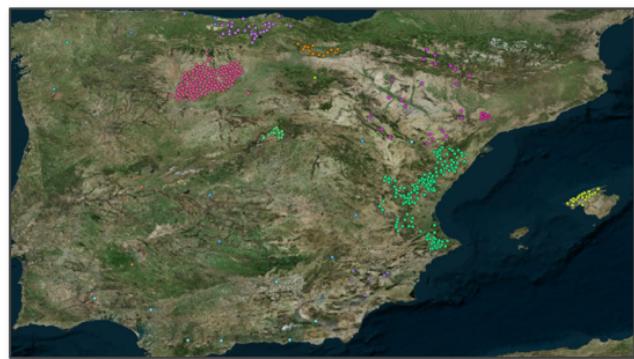


Figure 5: Imagen de muestra de la capa de Proyectos singulares.

2.4 Espacios Naturales Protegidos (ENP).

Contiene información geográfica sobre las distintas figuras de protección ambiental oficiales declaradas por las comunidades autónomas y el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, conforme a la normativa vigente. Esta base cartográfica incluye, entre otras, las siguientes categorías: *árbol singular*, *área marina protegida*, *área natural de especial interés*, *corredores ecológicos y de biodiversidad*, *corredores ecoculturales*, *cuevas*, *enclaves naturales*, *espacios protegidos de la Red Natura 2000*, *humedales protegidos*, *microrreservas*, *monumentos naturales*, *paisajes protegidos*, *parajes naturales*, *parques*, *reservas*, *refugios de fauna*, *zonas húmedas*, etc. Se optó por la descarga del shapefile en lugar del servicio WMS, con el fin de permitir su personalización. Fuente: <https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/biodiversidad/enp.html>. Fecha de última actualización: 31/12/2023.

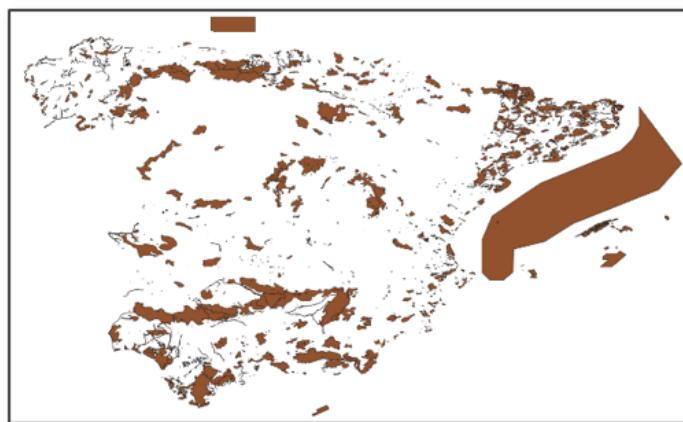


Figure 6: Imagen de muestra de la capa de Espacios Naturales Protegidos.

2.5 Red de energía y conducciones (BTN100 - Energía).

Incluye infraestructura lineal de transporte energético. Fuente: <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/btn100#>. Año de referencia: 2015.

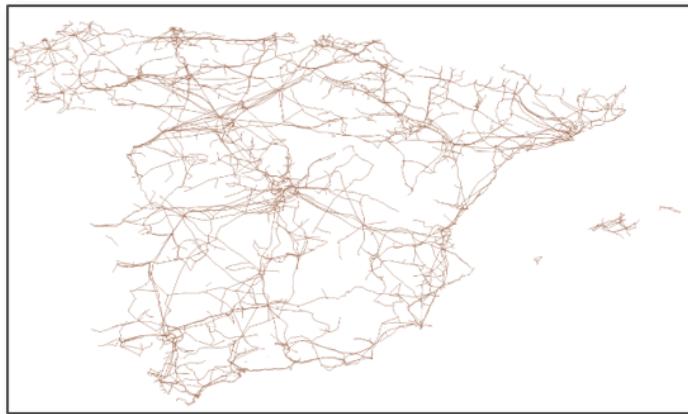


Figure 7: Imagen de muestra de la capa de Línea de Energía.

2.6 Datos demográficos (Densidad de población 2023).

Contiene información demográfica básica desagregada a nivel municipal, correspondiente al año 2023. La cartografía proporciona variables como población total y su distribución, organizadas por municipio, a partir de la delimitación territorial oficial. La base cartográfica de referencia incluye los límites municipales, provinciales y autonómicos publicados por el Instituto Geográfico Nacional, actualizados a 2023. Fuente: <https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/reto-demografico/datos-demograficos.html>, accesible en la sección de ‘Densidad de población 2023’.



Figure 8: Imagen de muestra de la capa de Densidad de población.

Por último, para disponer de las etiquetas provinciales en el visor, se utilizaron las capas vectoriales accesibles en: <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/lmites-municipales-provinciales-autonomicos>. Estas incluyen tanto la geometría poligonal de los límites administrativos como los nombres de las unidades territoriales, permitiendo su representación textual en el mapa.

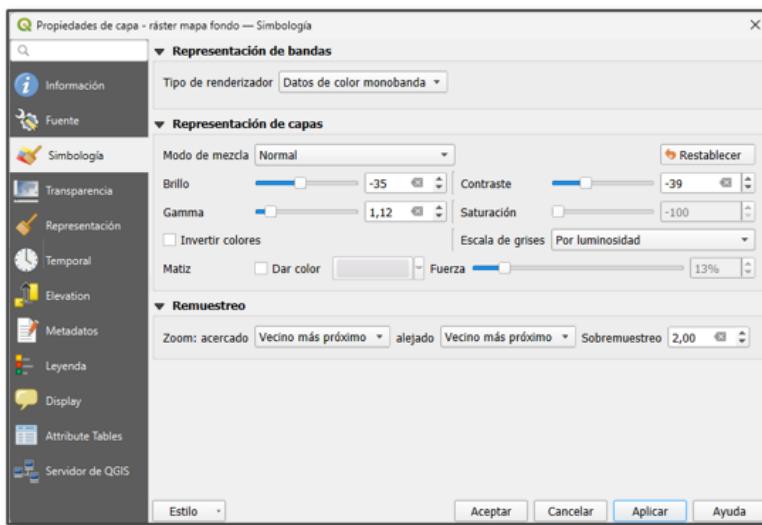
3.2 Creación y personalización de capas

Este apartado describe el proceso de incorporación y personalización de capas en el visor, incluyendo tanto datos ráster como vectoriales. Se detallan también los ajustes realizados en la simbología y estilos para garantizar una representación visual coherente y alineada con los objetivos del proyecto.

La integración de las capas se llevó a cabo a través de las opciones de carga de datos vectoriales o servicios WMS, según la fuente de origen. Una vez incorporadas al proyecto, se aplicaron configuraciones específicas de estilo y visualización. A continuación, se describen los pasos seguidos para su personalización:

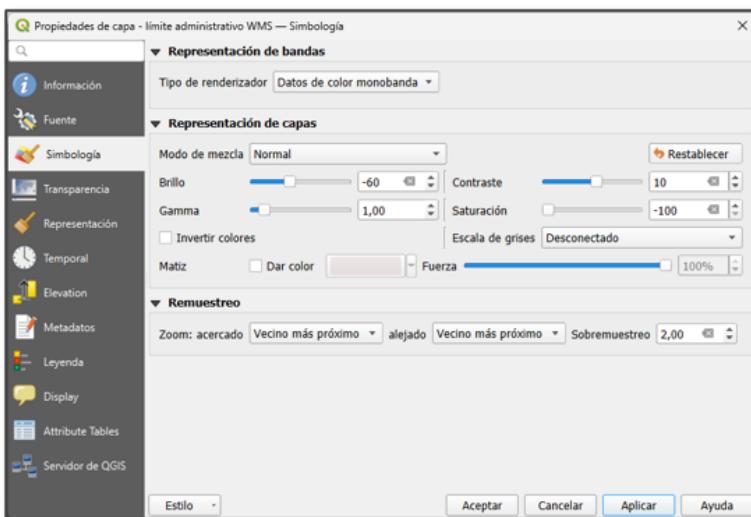
- **Capa ráster Bing Satellite**

Se utilizó como fondo base. Su simbología fue ajustada mediante: Click derecho > Propiedades > Símbología, aplicando la configuración definida para una mejor integración con las capas vectoriales superpuestas (saturación, contraste, brillo, etc.).



- **Límites autonómicos (WMS)**

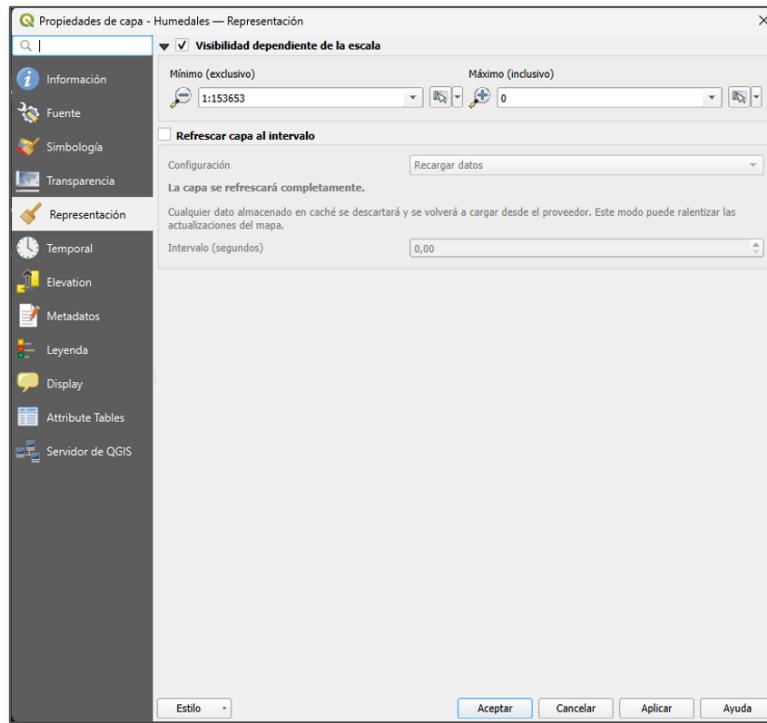
Se accedió a su configuración mediante: Click derecho > Propiedades > Símbología, adaptando el estilo según la representación definida.



• Hidrografía (WMS)

Aunque no se realizaron cambios en la simbología, se ajustó la transparencia al 70% para mejorar su integración visual. Además, se estableció un intervalo de visibilidad en función de la escala.

Click derecho > Propiedades > Representación, aplicando los ajustes deseados en ambas capas.



• Línea de Energía

Se modificaron tanto la simbología como la representación visual con el objetivo de resaltar la infraestructura sin sobrecargar el mapa. Para ello, se realizaron los siguientes ajustes: primero, desde Click derecho > Propiedades > Símbología, se configuraron el color, el tipo de línea y el nivel de transparencia; posteriormente, en Click derecho > Propiedades > Representación, se ajustó la visibilidad en función de la escala.

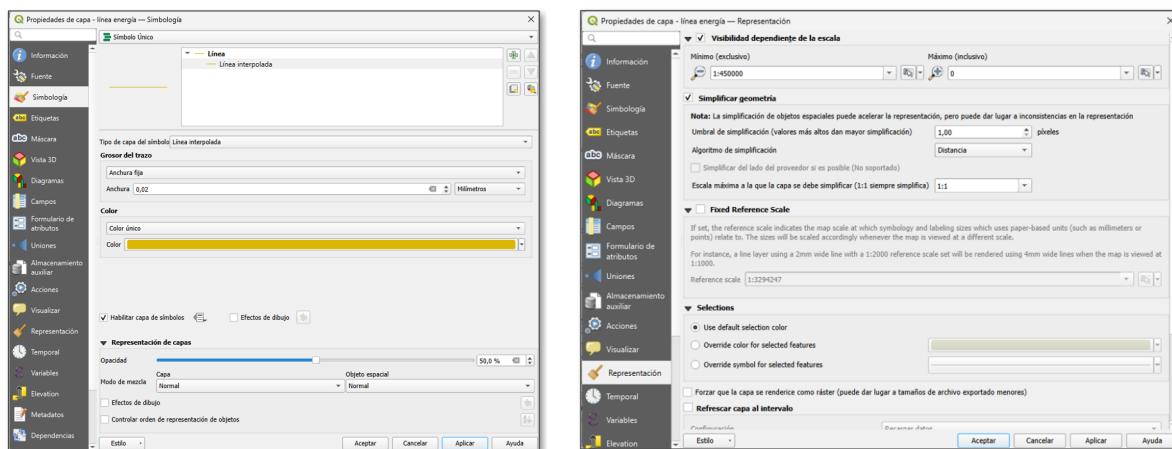
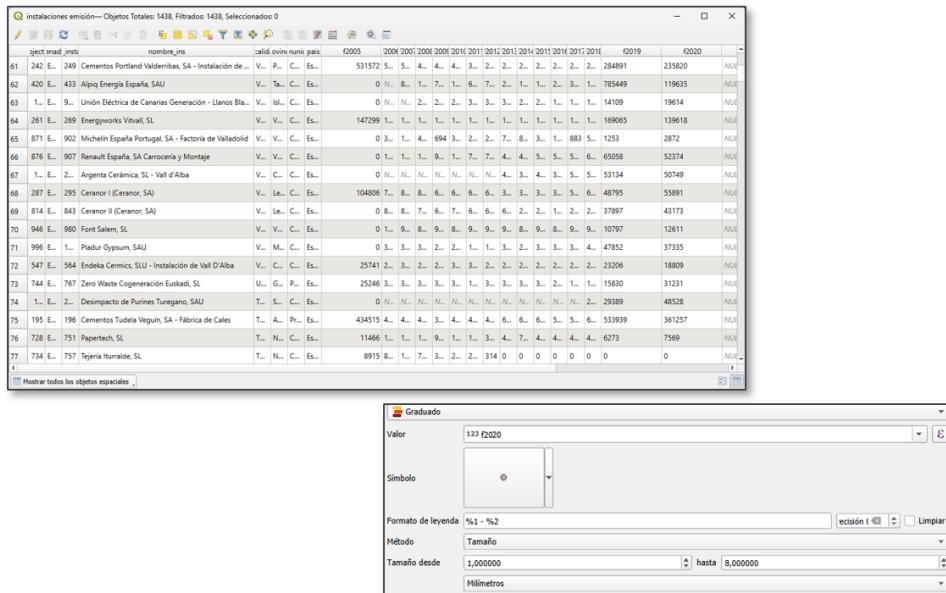


Figure 9: Símbología presentada en la izquierda y Representación en la derecha.

• Instalaciones de emisión de GEI

Se incorporó la capa correspondiente a instalaciones emisoras de gases de efecto invernadero (GEI), con datos disponibles desde 2005 hasta 2020. La información de emisiones por instalación fue consultada mediante la tabla de atributos.

Se aplicó una simbología graduada para representar visualmente las emisiones más recientes, accediendo a: **Click derecho > Propiedades > Simbología > Graduado**, dividiendo la magnitud en cinco clases y asignando un tamaño proporcional.



Posteriormente, se digitalizó una capa vectorial poligonal que delimita las áreas de emisión, siguiendo los siguientes pasos:

- **Barra de Menú > Capa > Crear capa > Nueva capa de archivo shape**, seleccionando tipo de geometría Polígono.

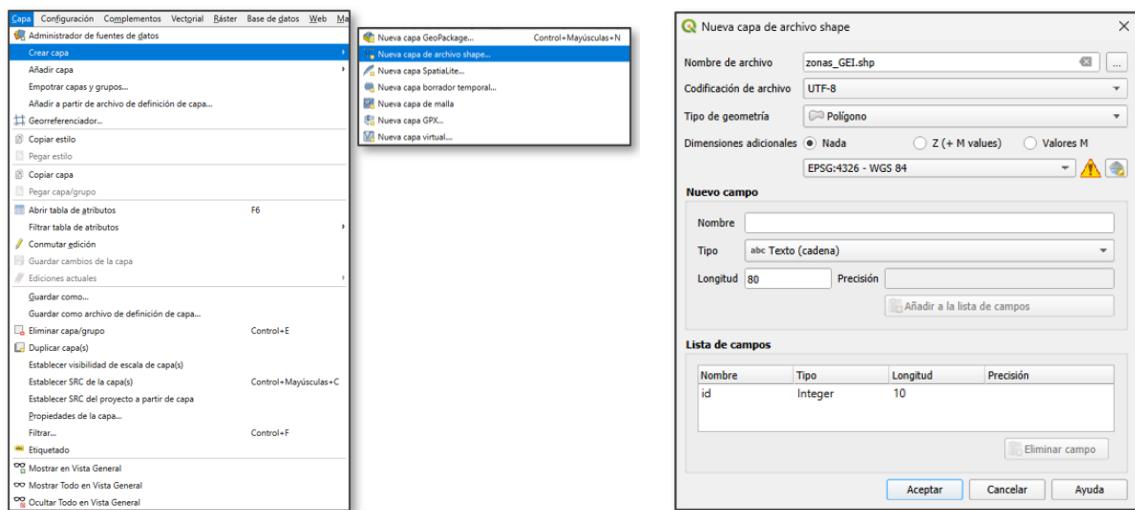
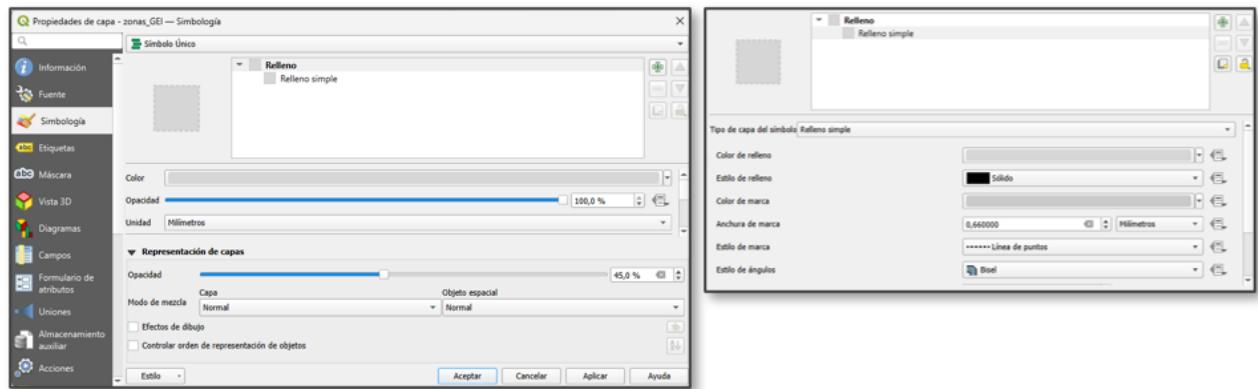


Figure 10: Acceso a la creación de una nueva capa en la izquierda y detalles de la capa en la derecha.

- Se activó el modo edición sobre la capa creada y se añadieron polígonos usando las herramientas Añadir polígono y Digitalizar con segmento , manteniendo siempre una escala fija 1:1.000.000 para garantizar uniformidad.



- Finalmente, se accedió a Click derecho > Propiedades > Símbología > Símbolo Único y se ajustó la configuración visual (color, bordes y transparencia) para que se integrara de forma coherente en el visor.



• Espacios Naturales Protegidos

Se agruparon las figuras de protección ambiental en nuevas categorías, simplificando las originales. El proceso fue el siguiente:

- **Espacios Naturales Protegidos** (Parque Nacional, Parque Natural, Parque Regional, Parque Rural, Parque Periurbano, Parque Periurbano de Conservación y Ocio, Reserva Natural, Reserva Natural Concertada, Reserva Natural de Fauna Salvaje, Reserva Natural Dirigida, Reserva Natural Especial, Reserva Natural Integral, Reserva Natural Parcial, Reserva Fluvial, Reserva de la Biosfera, Reserva Integral, Refugio de Fauna, Humedal Protegido, Zonas Húmedas).

Estas figuras cuentan con protección jurídica explícita mediante normativas específicas, regulando usos permitidos y actividades. Ecosistemas acuáticos como humedales o reservas fluviales se integraron dentro de esta categoría.

- **Ámbitos de Valor Natural o Científico Singular** (Paraje Natural, Paraje Natural de Interés Nacional, Paraje Natural Municipal, Paisaje Protegido, Sitio Natural de Interés Nacional, Enclave Natural, Árbol Singular, Cuevas, Microrreserva, Monumento Natural, Monumento Natural de Interés Nacional, Lugar de Interés Científico, Sitio de Interés Científico, Zona de Interés Regional, Área Natural de Especial Interés, Área Natural Singular, Área Privada de Interés Ecológico, Área Natural Recreativa). Estas figuras representan valores ecológicos, científicos o culturales destacados, pero sin la amplitud de protección de parques o reservas. Incluyen tanto áreas amplias como elementos puntuales.
- **Redes de Conectividad y Protección Europea** (Espacio Protegido Red Natura 2000, Zona de Importancia Comunitaria (ZEPA/ZEC), Zona de la Red Ecológica Europea Natura 2000, Corredor Ecológico y de Biodiversidad, Corredores Ecoculturales). Estas figuras responden a políticas de conservación europeas (Directivas Hábitats y Aves), con el objetivo de proteger ecosistemas y garantizar su conectividad a escala continental.
- **Plan Especial de Protección**
Se mantiene como categoría independiente dada su naturaleza jurídica específica.

El procedimiento para reclasificar las figuras fue:

1. Acceder a la Tabla de atributos.
2. Activar el Modo edición (Ctrl+E).
3. Crear un campo nuevo de tipo Texto (longitud 50) llamado `clase_new`.
4. Utilizar la Calculadora de campos para actualizar el campo `clase_new`.
5. Aplicar la siguiente expresión:

```
CASE
WHEN "FIGURA_LP" IN (
    'Parque Nacional', 'Parque Natural', 'Parque Regional', 'Parque Rural',
    'Parque Periurbano', 'Parque Periurbano de Conservación y Ocio',
    'Reserva Natural', 'Reserva Natural Concertada',
    'Reserva Natural de Fauna Salvaje', 'Reserva Natural Dirigida',
    'Reserva Natural Especial', 'Reserva Natural Integral',
    'Reserva Natural Parcial', 'Reserva Fluvial',
    'Reserva de la Biosfera', 'Reserva Integral',
    'Refugio de Fauna', 'Humedal Protegido', 'Zonas Húmedas'
) THEN 'Espacios Naturales Protegidos'

WHEN "FIGURA_LP" IN (
    'Paraje Natural', 'Paraje Natural de Interés Nacional',
    'Paraje Natural Municipal', 'Paisaje Protegido',
    'Sitio Natural de Interés Nacional', 'Enclave Natural',
    'Árbol Singular', 'Cuevas', 'Microrreserva',
    'Monumento Natural', 'Monumento Natural de Interés Nacional',
    'Lugar de Interés Científico', 'Sitio de Interés Científico',
```

```

'Zona de Interés Regional', 'Área Natural de Especial Interés',
'Área Natural Singular',
'Área Privada de Interés Ecológico', 'Área Natural Recreativa'
) THEN 'Ámbitos de Valor Natural o Científico Singular'

WHEN "FIGURA_LP" IN (
    'Espacio Protegido Red Natura 2000',
    'Zona de Importancia Comunitaria ZIC (ZEPA/ZEC)',
    'Zona de la Red Ecológica Europea Natura 2000',
    'Corredor Ecológico y de Biodiversidad', 'Corredores Ecoculturales'
) THEN 'Redes de Conectividad y Protección Europea'

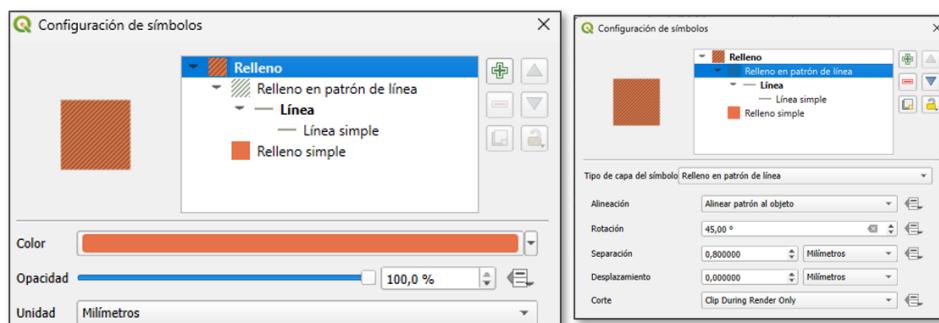
WHEN "FIGURA_LP" = 'Plan Especial de Protección (PEIN)'
THEN 'Plan Especial de Protección'

ELSE 'Otro'
END

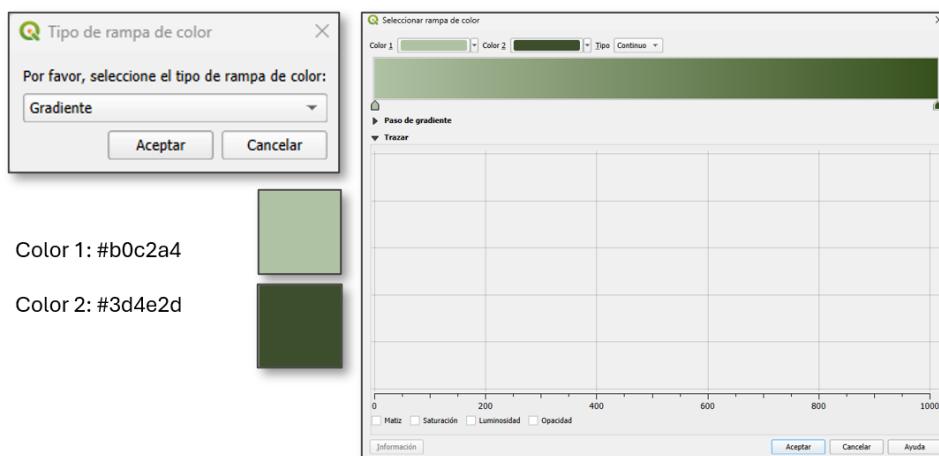
```

6. Configurar la simbología:

Click derecho > Propiedades > Simbología > Categorizado por Valor: clase_new.
Aplicar un símbolo de Relleno Simple más un Relleno en patrón de línea.



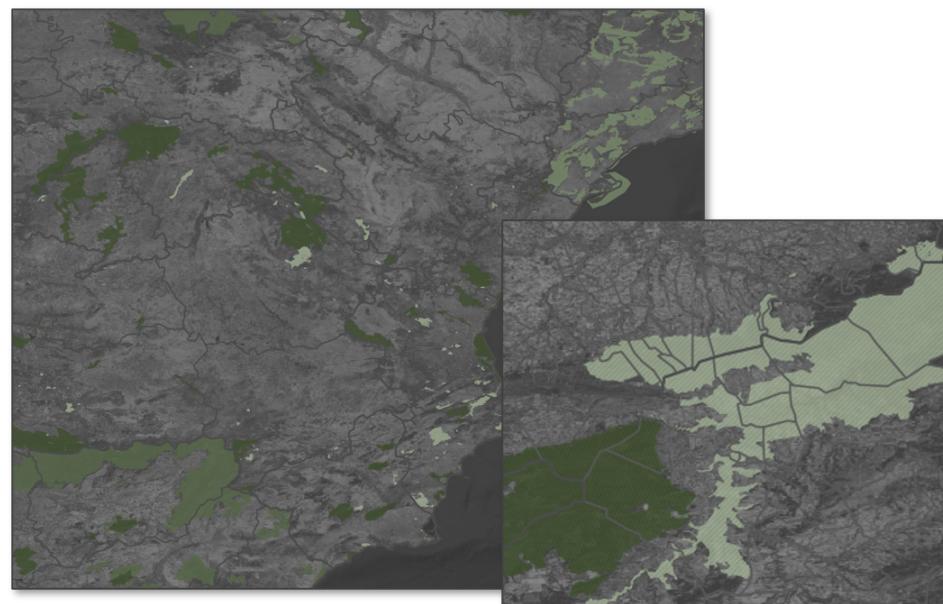
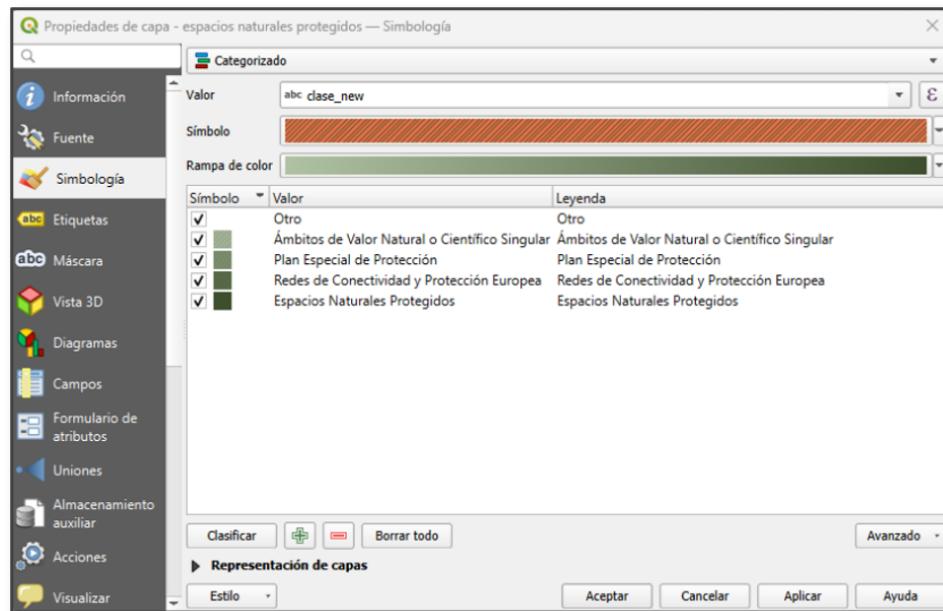
Crear una nueva rampa de color para las categorías siguiendo la siguiente configuración.



7. Clasificar, ajustar la transparencia de la capa al 80%.

8. Modificar la categoría 'Otro' para que su simbología sea completamente transparente (0% opacidad).
9. Ajustar el ángulo de rotación de líneas (120°) para distinguir claramente los diferentes tipos.

Los cuatro tonos se configuraron de forma que los tonos claros y oscuros se distribuyan en direcciones de línea opuestas para una mejor diferenciación visual en el mapa. Los resultados se presentan a continuación.



- **Puntos de interés de energía**

Se agruparon las categorías originales de las instalaciones energéticas siguiendo estos criterios:

- Central térmica y central de ciclo combinado se agruparon como *Central térmica (convencional)*, dado que ambas emplean combustibles fósiles para generar electricidad mediante calor.
- Central fotovoltaica y central termosolar se agruparon como *Central solar*.
- Se mantuvieron como categorías independientes: *Central hidráulica*, *Central nuclear* y *Parque eólico*.
- Se decidió eliminar la categoría *Subestación eléctrica*, al estar representada indirectamente mediante las líneas de energía.

Para realizar esta reclasificación, se siguió el siguiente procedimiento:

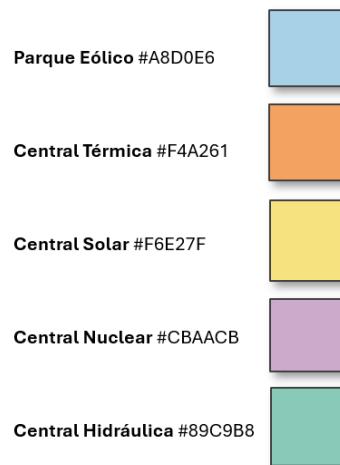
1. Acceso a la tabla de atributos.
2. Entrada en modo edición (**Ctrl+E**).
3. Creación de un nuevo campo de tipo texto (longitud 50), denominado `clase_new`.
4. Uso de la Calculadora de Campos para actualizar el nuevo campo, aplicando la siguiente expresión:

```
CASE
    WHEN "CLASE" IN ('Central térmica', 'Central de ciclo combinado')
        THEN 'Central térmica (convencional)'
    WHEN "CLASE" IN ('Central Fotovoltaica', 'Central termosolar')
        THEN 'Central solar'
    WHEN "CLASE" = 'Central hidráulica' THEN 'Central hidráulica'
    WHEN "CLASE" = 'Central nuclear' THEN 'Central nuclear'
    WHEN "CLASE" = 'Parque eólico' THEN 'Parque eólico'
    ELSE 'Otro'
END
```

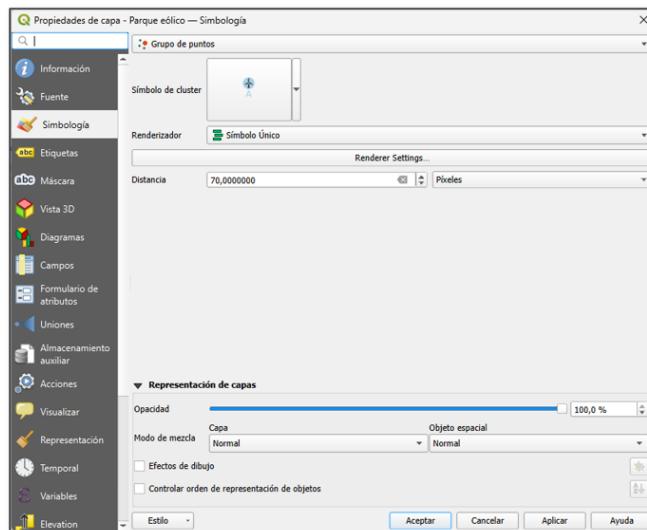
Debido a la alta densidad de puntos, se optó por utilizar la opción de *Grupo de puntos* en la simbología para aplicar **clustering**. De esta manera, los puntos cercanos, según la distancia indicada (en este caso, 70 píxeles), se agrupan visualmente y, a medida que el usuario realiza zoom, los clusters se expanden gradualmente hasta mostrar los puntos individuales.

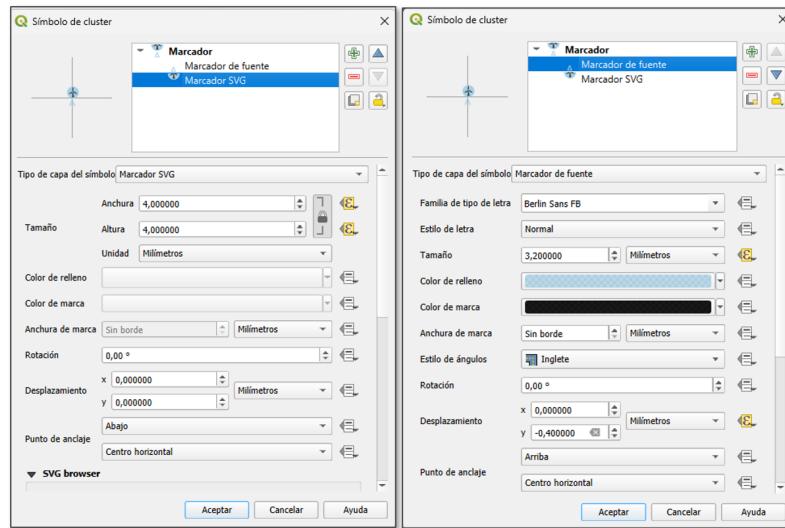
Para aplicar esta simbología, se separaron previamente las 5 categorías principales en capas distintas. En aquellas con alta densidad (Central térmica (convencional), Central solar, Central hidráulica y Parque eólico), se siguieron los siguientes pasos:

- Creación de un ícono SVG específico para cada categoría, utilizando una paleta de colores asignada.

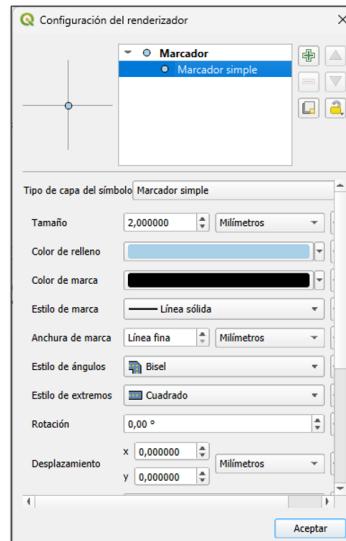


- Configuración de la simbología del *Símbolo de cluster* empleando:
 - * Un **marcador SVG** con su color representativo.
 - * Un **marcador de fuente** para el número de elementos en el cluster.
 - * Ajuste dinámico del tamaño del símbolo y del texto, accesible en el ícono Editar con la expresión `scale_linear(@cluster_size, 10, 100, 6, 10)`, variando los números según el ícono y la cantidad total de puntos de la categoría.

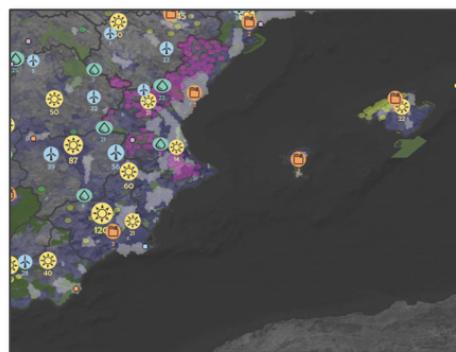




- Configuración de la simbología de los puntos individuales en *Renderer Settings*, con un marcador simple de color de relleno específico y contorno negro.



Finalmente, en el caso de la categoría *Central nuclear*, debido al número reducido de elementos, se aplicó únicamente una simbología simple, similar a la configuración del renderizador mostrada en el paso anterior, con su color distintivo.



- **Proyectos singulares**

La capa original incluía diversas categorías, entre ellas: Aldea 0: innovación, Atención a personas mayores, Ciudad de Cine, Co-working de cobertura comarcal, Cuidadores Silver e innovación rural en contextos de atención al mayor, Digitalización rural multitemática, Escuela de pastores, Huerta Grande Vilaflor, Instalación de cajeros automáticos y formación en competencias digitales, Proyecto Cuídame, Proyecto de cuádruple hélice en la zona de Añana y/o Montaña Alavesa, Proyecto de dinamización del medio rural, Proyecto Garriegues Altes, Proyecto de recuperación patrimonial, turismo sostenible y transformación social, Puntos de recarga para vehículos eléctricos en municipios de menos de 5.000 habitantes, Red de emprendimiento, Red de puntos limpios AVANT y Smart Protected Area.

Dado que no todas ellas eran relevantes para el objetivo de este estudio, se creó un nuevo atributo llamado **categoría**, agrupando las anteriores en los siguientes conjuntos:

- **Innovación y digitalización rural**

- * Aldea 0: innovación
- * Digitalización rural multitemática
- * Smart protected area
- * Proyecto de cuádruple hélice en la zona de Añana y/o Montaña Alavesa
- * Instalación cajeros automáticos / Formación de competencias digitales
- * Red de emprendimiento

- **Turismo sostenible y recuperación territorial**

- * Ciudad de Cine
- * Proyecto Recuperación patrimonial, turismo sostenible y transformación social
- * Huerta Grande Vilaflor

- **Sostenibilidad y medio ambiente**

- * Red de puntos limpios AVANT
- * Puntos de recarga para vehículos eléctricos en municipios de menos de 5.000 habitantes
- * Proyecto Garriegues Altes

- **Dinamización y desarrollo rural**

- * Co-working de Cobertura Comarcal
- * Proyecto de dinamización del medio rural

Para realizar la reclasificación, se utilizó la herramienta *Calculadora de Campos*, creando el nuevo campo **categoría** y aplicando la siguiente expresión:

CASE

```
WHEN "PROYECTO" LIKE '%Aldea 0%' OR
    "PROYECTO" LIKE '%Digitalización rural%' OR
    "PROYECTO" LIKE '%Smart protected%' OR
    "PROYECTO" LIKE '%cuádruple hélice%' OR
    "PROYECTO" LIKE '%cajeros automáticos%' OR
    "PROYECTO" LIKE '%Red de emprendimiento%'
THEN 'Innovación y digitalización rural'
```

```
WHEN "PROYECTO" LIKE '%Ciudad de Cine%' OR
    "PROYECTO" LIKE '%Recuperación patrimonial%' OR
    "PROYECTO" LIKE '%turismo sostenible%' OR
    "PROYECTO" LIKE '%Huerta Grande%'
```

```

THEN 'Turismo sostenible y recuperación territorial'

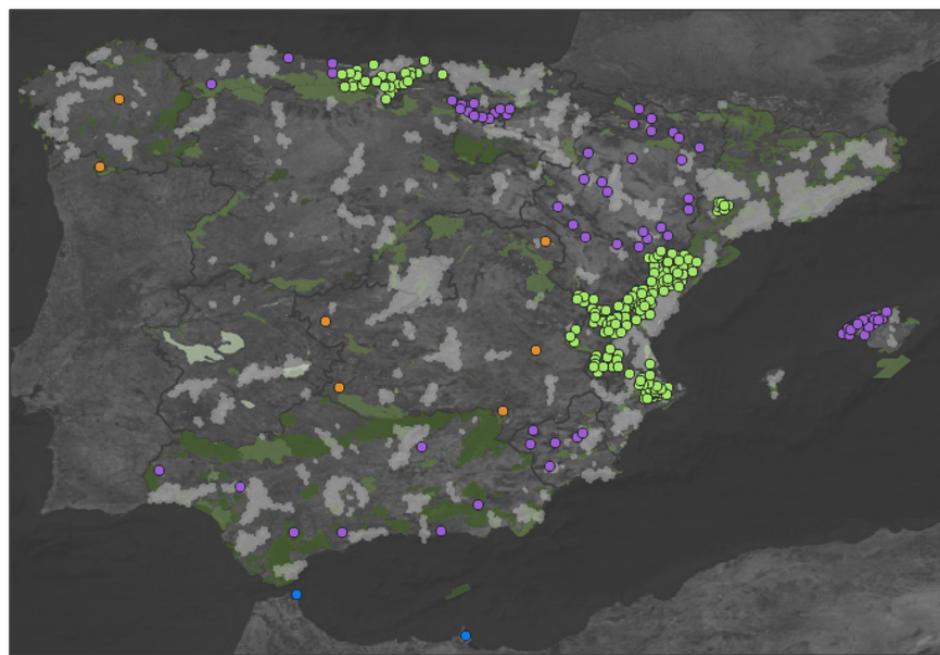
WHEN "PROYECTO" LIKE '%puntos limpios%' OR
    "PROYECTO" LIKE '%vehículos eléctricos%' OR
    "PROYECTO" LIKE '%Garriegues Altas%'
THEN 'Sostenibilidad y medio ambiente'

WHEN "PROYECTO" LIKE '%Co-working%' OR
    "PROYECTO" LIKE '%dinamización del medio rural%'
THEN 'Dinamización y desarrollo rural'

ELSE 'Sin clasificar'
END

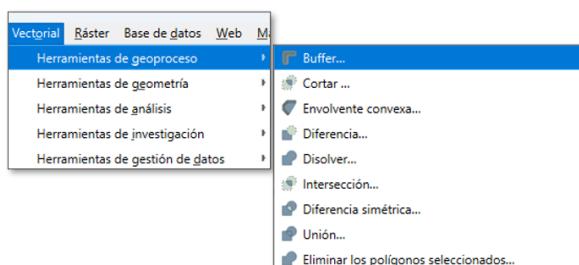
```

Tras esta reclasificación, la capa de puntos de proyectos quedó organizada en las cuatro categorías de utilidad para el proyecto.



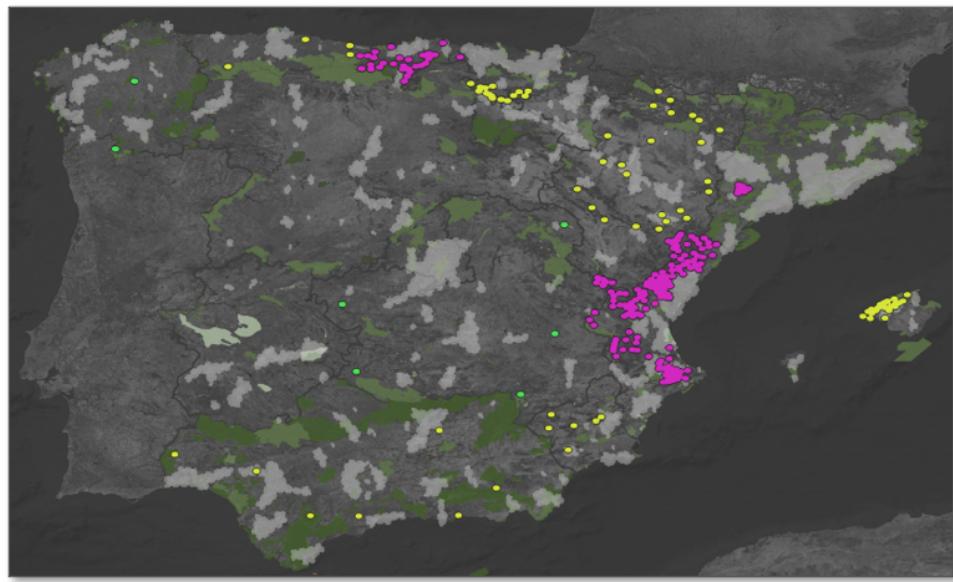
Dado que en algunas zonas los puntos estaban muy agrupados, y dado que la capa de mayor interés también contiene una geometría de puntos, se decidió convertir esta capa a formato de área para mejorar su visualización.

Para ello se utilizó la herramienta *Buffer* (menú Vectorial > Herramientas de geoprocreso).



Se estableció una distancia de 5 km y se ejecutó el buffer. Posteriormente:

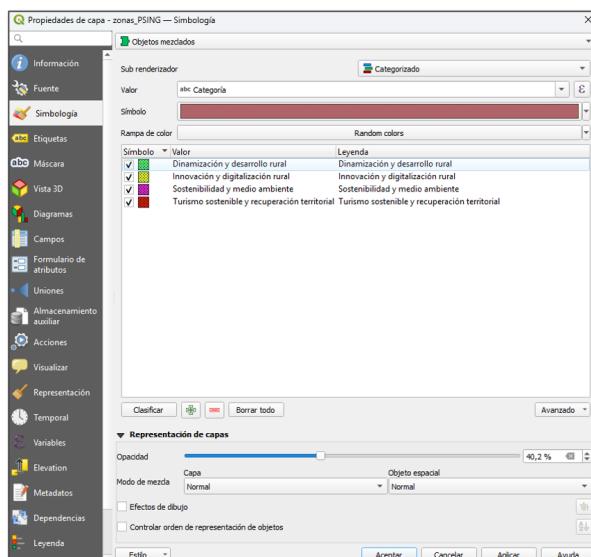
- En la capa resultante se configuró la simbología seleccionando el tipo **Objetos mezclados**, lo que permite fusionar los buffers solapados en una única área, mientras que los aislados permanecen como puntos.
- Se utilizó como subrenderizador el tipo *Categorizado*, rescatando las categorías del campo **categoría** de la capa de puntos.

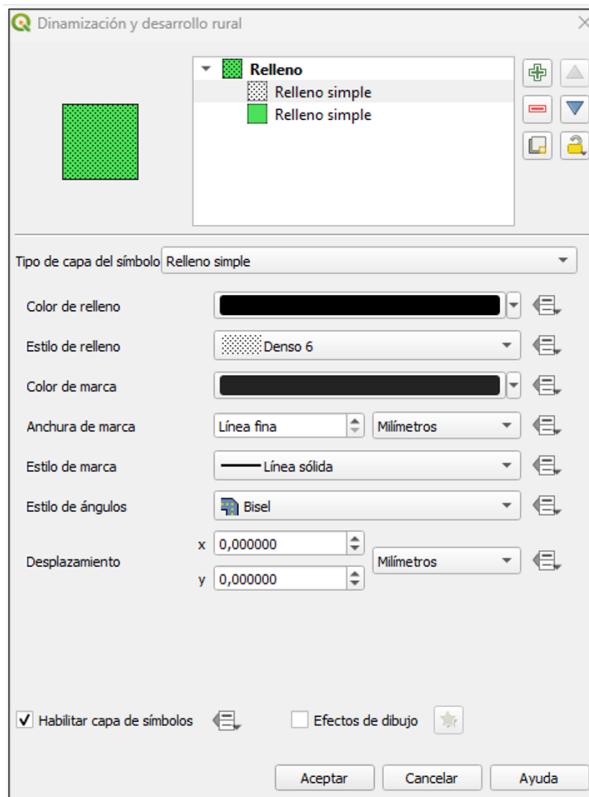


Este procedimiento dejó una representación clara de las áreas de influencia de los proyectos singulares en el territorio.

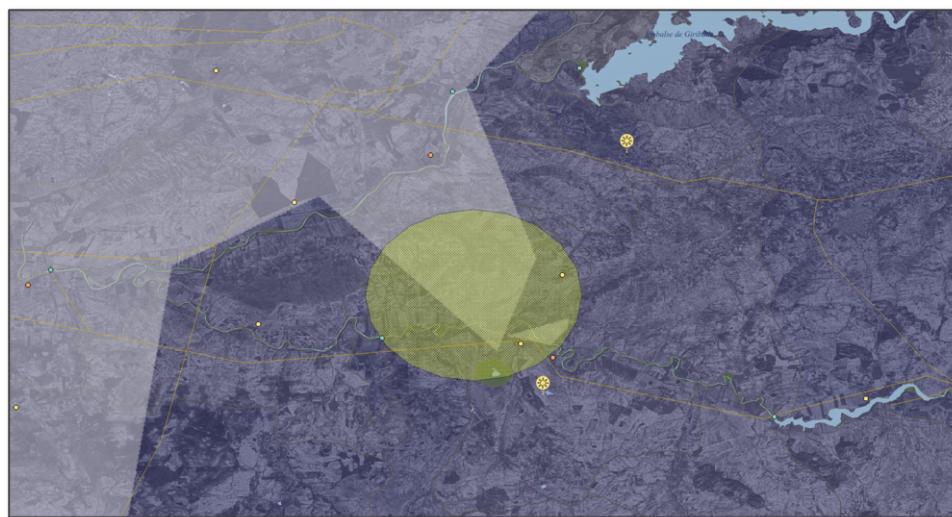
Detalles de simbología.

- Como se mencionó anteriormente, con el objetivo de facilitar la interpretación de los puntos de interés, se incorporó una capa categorizada mediante el atributo *categoría*, asignando un color sólido distinto a cada clase. Para reforzar esta diferenciación visual y evitar confusiones con otras entidades puntuales del mapa, se añadió una segunda capa superpuesta consistente en una rejilla de puntos.





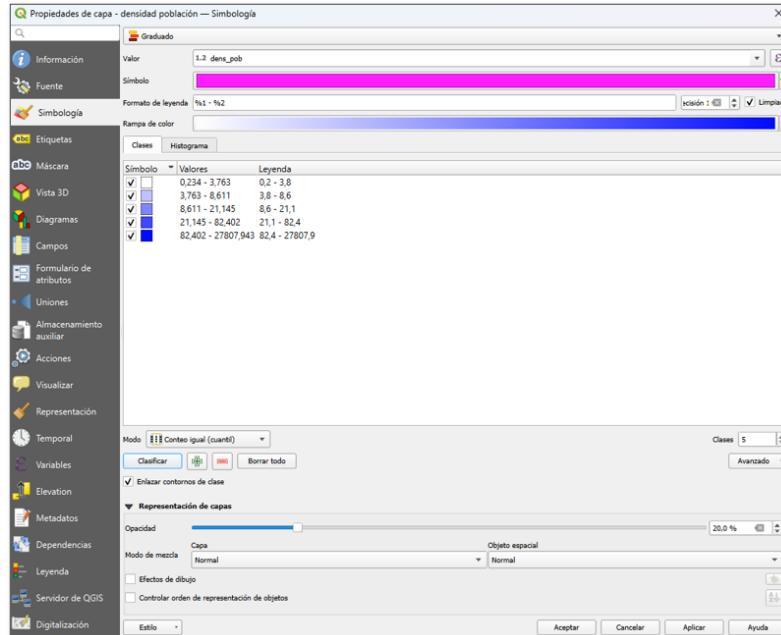
- Asimismo, se incluye una vista detallada que permite apreciar cómo, al ampliar el mapa, la rejilla de puntos facilita la distinción entre esta capa y elementos puntuales como parques eólicos o centrales solares:



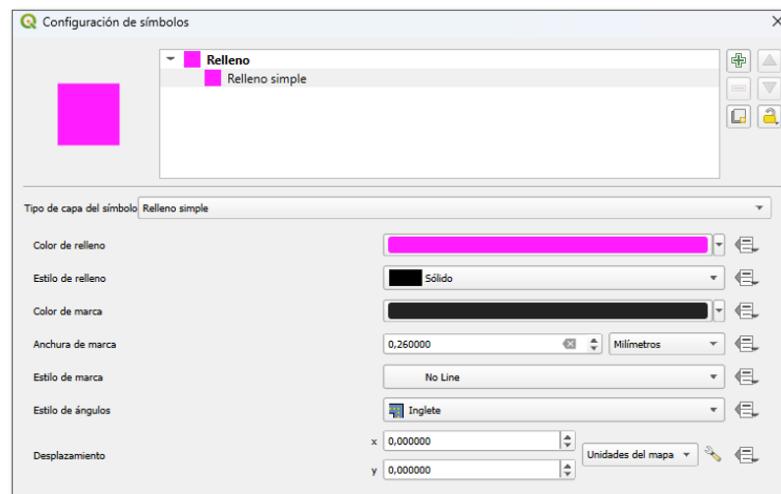
- **Capa de densidad de población**

La capa disponible contenía información sobre la población de cada municipio de España. Inicialmente, su representación visual resultaba demasiado dominante, dificultando su integración con el resto de capas del proyecto. El objetivo de su utilización era exclusivamente analizar la *densidad de población*, para estudiar si existía algún patrón entre el número y tipo de proyectos en función de dicha densidad. Para adaptar la capa a los requerimientos del proyecto, se realizaron los siguientes pasos:

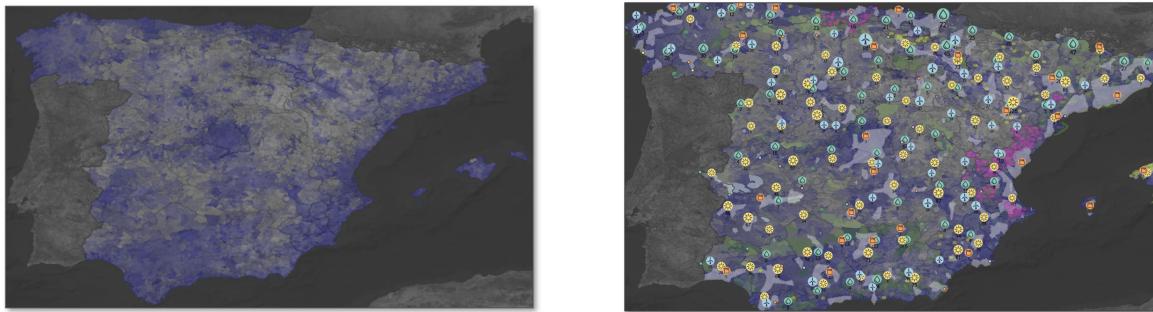
- Se modificó la simbología, pasando de una representación de tipo único a una simbología graduada basada en el atributo de densidad de población.
- Se ajustó la paleta de colores, sustituyendo el rojo por el azul, de forma que la capa transmitiera la información de interés sin competir visualmente con las capas principales. Además, se redujo la opacidad de la capa al 20%.



- Se eliminó el contorno negro de los límites municipales, ya que estos límites ya se representaban en otra capa específica. Para ello, se cambió el estilo de borde de “Línea simple” a “Sin línea”.



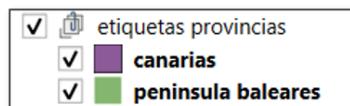
Con estos cambios, la capa de densidad de población quedó correctamente integrada en el conjunto del proyecto, aportando contexto demográfico relevante sin generar ruido visual ni restar protagonismo a los elementos principales del mapa.



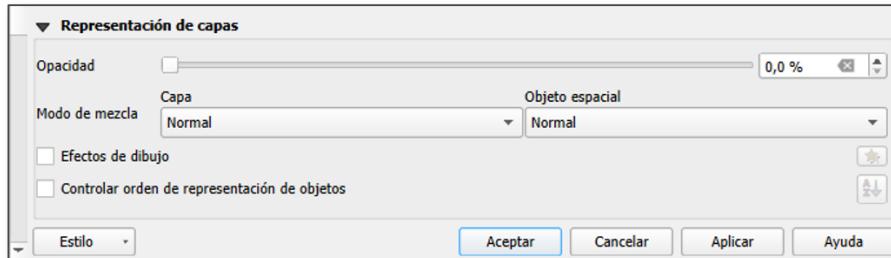
- **Etiquetas provinciales**

Como se mencionó anteriormente, para proporcionar información contextual adicional georreferenciada, se incorporaron capas vectoriales de tipo área que contienen tanto la geometría poligonal de los límites provinciales como los nombres de las unidades territoriales. Estas capas permiten representar etiquetas textuales directamente sobre el mapa, facilitando la identificación de cada provincia por parte del usuario.

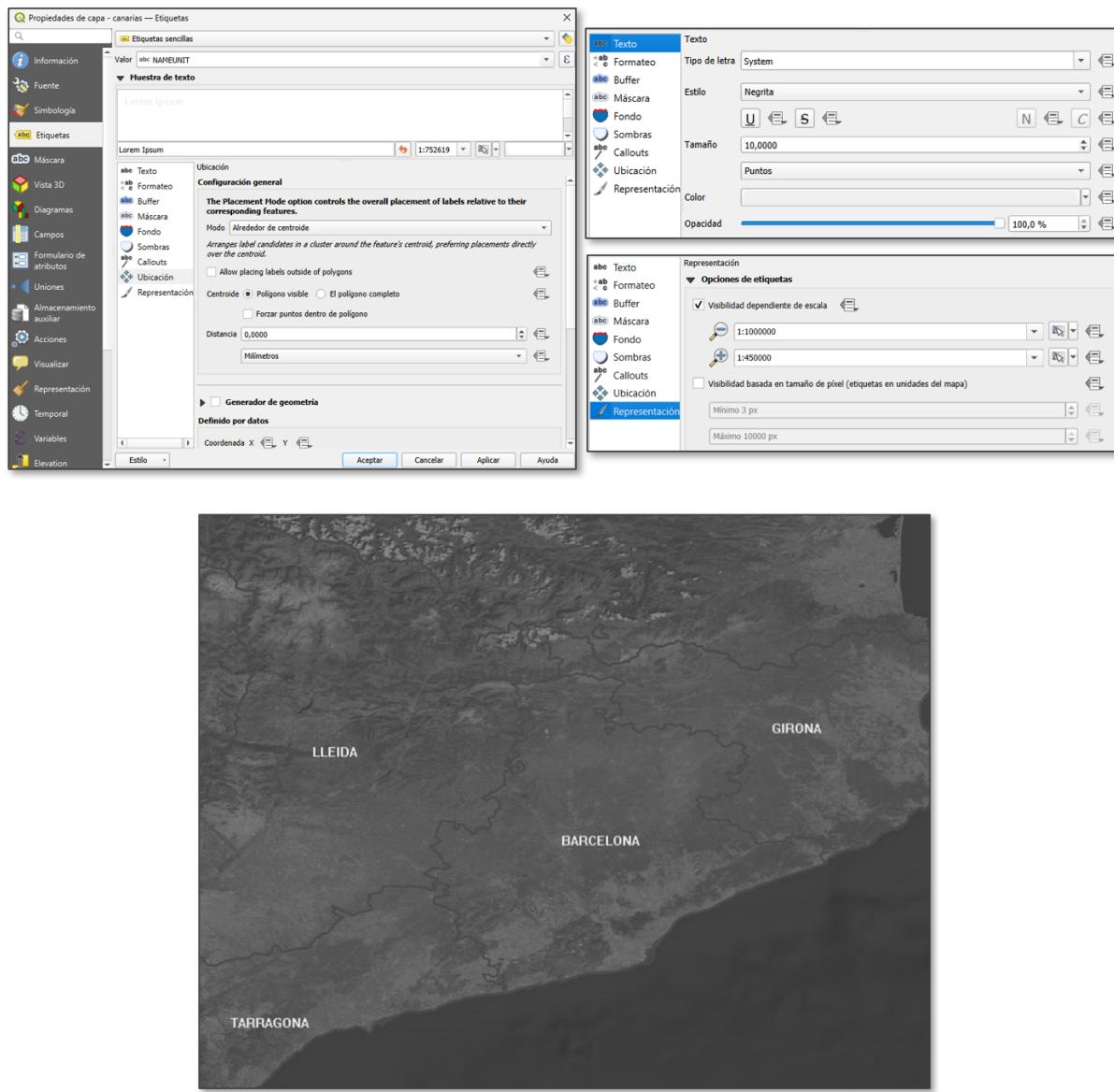
Se añadieron dos capas distintas con esta función, a las cuales se les aplicó una configuración común.



En primer lugar, desde el menú **Click derecho > Propiedades > Simbología**, se ajustó la transparencia de los polígonos para que su geometría no resultara visible en el visor, manteniendo únicamente la información textual.



A continuación, desde **Click derecho > Propiedades > Etiquetas**, se activó el etiquetado sencillo utilizando el campo NAMEUNIT de la tabla de atributos. Se configuró el tipo de letra, estilo, ubicación y método de representación para asegurar una visualización clara y estética que no interfiriera con otras capas del proyecto.



4 Distribución de tareas y Coordinación.

Previo al inicio formal de la elaboración del proyecto, se llevaron a cabo tres sesiones de coordinación (anteriores al 11 de abril), cada una de aproximadamente una hora de duración. En estas reuniones se discutieron ideas generales del proyecto, se definieron las capas a incluir y se acordó una primera distribución de tareas. Estas sesiones implicaron también un trabajo complementario posterior por parte de cada integrante.

Entre el 11 y el 24 de abril se avanzó en la elaboración de las capas de manera individual, con el siguiente reparto:

- **Capas elaboradas por Beatriz Noelia Vulpe:** Puntos de Interés (POI), Instalaciones GEI, Espacios Protegidos.
- **Capas elaboradas por Juan Tamarit Silva:** Proyectos Singulares, Densidad de Población.

- **Capas trabajadas en conjunto:** Red de Energía, Base Ráster, Límites Administrativos, Hidrografía.

En estas capas compartidas, se discutieron en común los criterios de representación y posibles mejoras, pero las modificaciones necesarias fueron mínimas y no implicaron un esfuerzo significativo en términos de tiempo.

Durante todo el desarrollo del proyecto se mantuvo una comunicación constante, con intercambio de avances y revisión cruzada del trabajo de ambos integrantes. Esta dinámica permitió detectar errores a tiempo, mejorar la coherencia visual del mapa y mantener una línea gráfica unificada.

En la semana del 24 de abril hasta el 1 de mayo (fecha de entrega), nos centramos en tareas finales clave: redacción de la memoria del proyecto, renderizado del mapa, y publicación de la visualización final en un repositorio de GitHub. Estas acciones se realizaron de forma colaborativa, con división de tareas según disponibilidad.

A continuación se presenta una tabla tipo Gantt simplificada que muestra la distribución temporal de las tareas del proyecto.

Fase	01-06 abril	07-13 abril	14-20 abril	21-27 abril	28 abril- 01 mayo
Reuniones de planificación + trabajo posterior					
Distribución de capas y planificación técnica					
Elaboración capas POI, instalaciones GEI, Espacios Protegidos					
Elaboración capas Proyectos Singulares y Densidad Poblacional					
Capas compartidas					
Redacción memoria y revisión cruzada					
Renderizado y publicación a GitHub					

5 Problemas Encontrados y Limitaciones.

Durante el desarrollo del proyecto, se identificaron diversas dificultades tanto de tipo técnico como metodológico. A continuación, se detallan los principales problemas encontrados, las soluciones adoptadas y las tareas no realizadas, con su correspondiente justificación.

5.1 Dificultades técnicas y metodológicas, y soluciones aplicadas

- **Capa base raster:** Al buscar un mapa de fondo rasterizado, se pretendía emplear una versión minimalista y sin etiquetas para evitar distracciones en la lectura del mapa. Sin embargo, no se encontró ningún estilo de ráster que cumpliera estos requisitos. Como solución, se optó por una capa satelital, a la cual se le aplicaron ajustes de saturación para que su presencia no compitiera visualmente con las capas principales. Además, se seleccionó una versión que equilibrara calidad de imagen y tiempos de carga aceptables.
- **Cumplimiento del requisito de servicios WMS/WFS:** Uno de los requisitos del proyecto era emplear al menos un servicio WMS o WFS por integrante. La mayoría de capas de interés no ofrecían servicio WFS funcional; por ejemplo, tanto los límites autonómicos como la red hidrográfica presentaban fallos en sus servicios WFS. Como alternativa, se optó por el uso del servicio WMS de hidrografía. Para completar el requisito, se incorporó también el servicio WMS de límites administrativos del IGN (<https://www.ign.es/igme/wms/>).

//www.ign.es/wms-inspire/unidades-administrativas). Sin embargo, la incorporación de esta capa WMS supuso la pérdida de etiquetas sobre los polígonos. Para solucionarlo, se mantuvieron también las capas vectoriales originales de límites administrativos, en una versión poligonal que permite centrar adecuadamente las etiquetas.

- **Visualización de la capa de Puntos de Interés (POI) de energía:** Esta capa contenía un gran volumen de puntos, lo que dificultaba su interpretación conjunta con otras capas. Se planteó una visualización dinámica basada en zoom, similar a la que utilizan los mapas interactivos convencionales. Sin embargo, QGIS solo permite aplicar esta funcionalidad de agrupamiento (clustering) a nivel de capa completa, y no por categoría dentro de una misma capa. Como solución, se dividió la capa original en varias subcapas, una por cada categoría relevante, permitiendo aplicar agrupamiento de puntos (cluster) individualmente. Posteriormente, se agruparon todas estas capas dentro del proyecto para mantener una estructura organizada.
- **Exportación del mapa final:** Al generar la composición final del mapa, se probaron los tres formatos de exportación disponibles: PNG, PDF y SVG. Se detectaron errores de renderizado en PDF y SVG, posiblemente por la densidad de información. En particular, el PDF presentaba fallos importantes en la visualización de capas como la de proyectos singulares, afectando seriamente a la legibilidad del mapa. Por este motivo, se decidió presentar el mapa final tanto en PDF (indicando sus limitaciones) como en PNG, siendo este último el más estable y fiel a la visualización en pantalla.

5.2 Tareas no realizadas y su justificación

El único requerimiento que no ha sido cumplido de forma estricta es el siguiente:

Cada capa debe tener al menos 6 símbolos diferentes, pertenecientes a un mínimo de cuatro categorías distintas. Cada categoría debe estar asociada a un estilo específico.

En nuestro caso, algunas capas utilizadas tienen un carácter meramente contextual y no presentan atributos categorizables que permitan aplicar esta condición. En otras capas que sí disponen de categorías, se consideró que el nivel de detalle de algunas de ellas era excesivamente fino para resultar útil desde el punto de vista del usuario. Por ejemplo, en la capa de proyectos singulares, distinciones como “*Digitalización rural multitemática*” frente a “*Instalación de cajeros automáticos/Formación de competencias digitales*” aportaban escaso valor añadido al conjunto del análisis.

Además, teniendo en cuenta la cantidad de información presente y la escala del proyecto (ámbito peninsular), se optó deliberadamente por reducir el número de categorías para facilitar una lectura clara del mapa. Consideramos que una menor cantidad de símbolos bien diferenciados mejora la usabilidad y comprensión del mapa frente a una categorización excesiva que pueda saturar visualmente al usuario.

6 Conclusiones y posibles mejoras

Este proyecto ha permitido integrar, visualizar y analizar una amplia variedad de información geográfica y temática relacionada con la transición energética, la innovación rural y la sostenibilidad en el territorio español.

Uno de los principales logros ha sido la organización de datos dispersos en un sistema estructurado de capas temáticas y subcategorías útiles para el análisis territorial. También se han resuelto limitaciones técnicas como la ausencia de servicios o la sobrecarga visual provocada por una alta densidad de elementos, aplicando soluciones como la categorización, el uso de buffers, etiquetas personalizadas y simbología adaptada.

Sin embargo, el proyecto presenta algunas limitaciones. Parte de la información utilizada no está actualizada, con registros que datan de 2018, 2020 o 2021. En algunos casos no se ha podido cumplir con el número mínimo de símbolos o categorías por capa, ya que una mayor complejidad visual no siempre aportaba valor y podía dificultar la legibilidad del conjunto. Además, sería recomendable incorporar herramientas de análisis espacial más avanzadas que permitan evaluar aspectos como la conectividad territorial o la proximidad a infraestructuras clave.

A nivel personal y grupal, el trabajo ha exigido tomar decisiones entre estética y funcionalidad, priorizar lo esencial y adaptarse a los recursos disponibles. Más allá del dominio técnico de QGIS, el mayor aprendizaje ha sido desarrollar criterio para identificar cuándo una capa enriquece el mapa y cuándo simplemente añade ruido.

7 Anexo

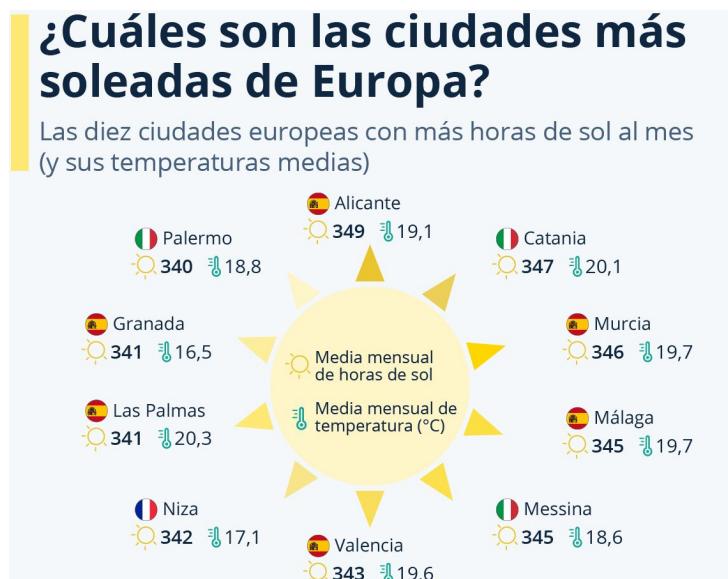


Figure 11: Ciudades más soleadas de Europa.

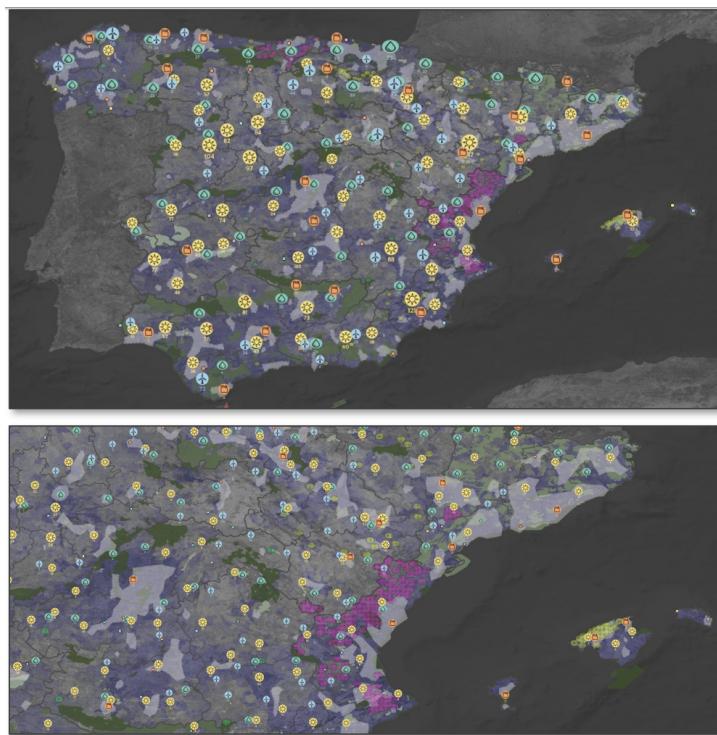


Figure 12: Mapa a escala 1:2150000 vs 1:1200000.



Figure 13: Mapa a escala 1:600000 vs 1:300000.



Figure 14: Mapa a escala 1:70000 vs 1:30000.