

Figura 4.21: La barra de escala se auto-gradúa de acuerdo a las configuraciones por defecto. En este caso la barra muestra dos segmentos de 250km de longitud.

La barra de escala es totalmente configurable, desde el formato, las unidades de medida, la cantidad de segmentos a utilizar, el grosor del símbolo, la tipografía, etc. Se recomienda que la escala esté ubicada en algún lugar sobre el mapa que esté «vacío», como el mar o extensiones del territorio que no son importantes a efectos del mapa, y si esto no es posible se lo puede enmarcar dentro del rótulo o panel lateral.

La escala siempre está asociada a un mapa en particular. En nuestro caso, muestra la escala del *Mapa 1*, que es el principal. Para el *Mapa 2* no tiene sentido incluir una escala, ya que solo es de referencia.

4.4.4.6. Norte o Rosa de los vientos

En general se espera que un mapa siempre esté orientado de forma que el Norte geográfico quede hacia arriba, admitiéndose alguna leve inclinación hacia el Este u Oeste de forma que favorezca la interpretación en su lectura. Para dejar claro esto se prefiere ser explícitos con la flecha de Norte de mapa, que preferentemente ubicaremos en alguno de los vértices superiores de nuestro plano.

A partir de las nuevas versiones de QGIS, es posible añadir un indicador de Norte muy fácilmente ().

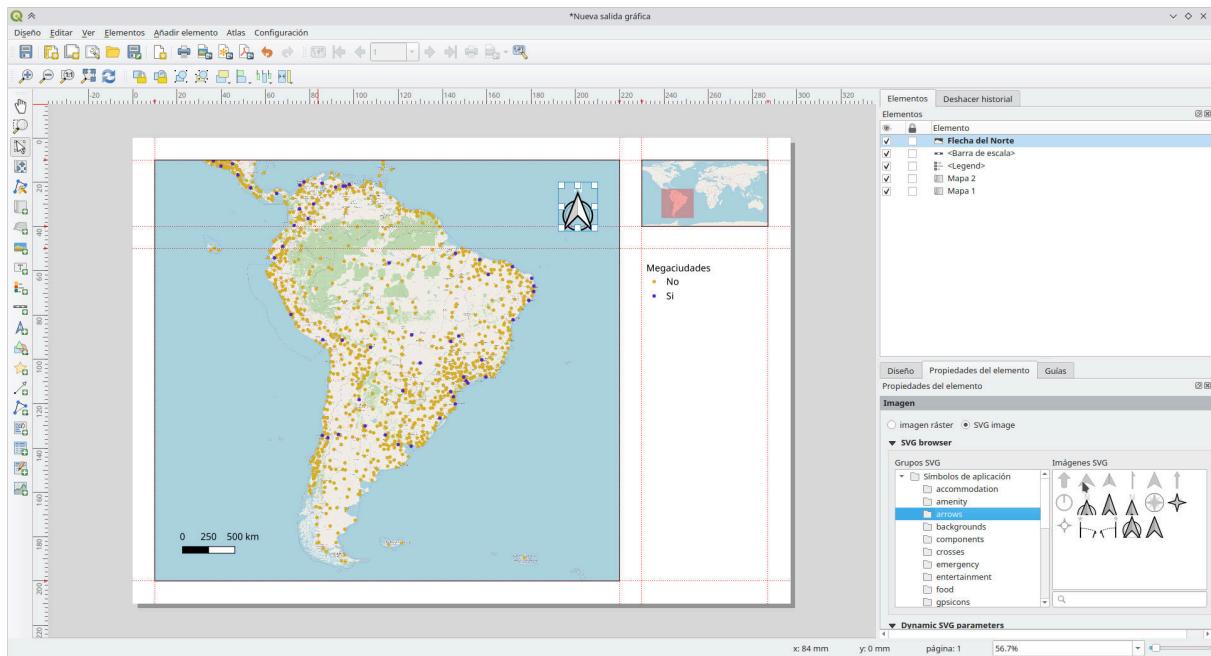


Figura 4.22: La flecha del norte se ubicó en la esquina superior derecha. Posiblemente este mapa no necesite una flecha de norte, ya que es fácilmente identificable el territorio.

El tipo de símbolo se puede modificar desde el panel de propiedades del elemento. Lo importante es adoptar un símbolo que no sea muy rebuscado y cumpla su objetivo. Su tamaño se puede modificar al cambiar la caja que lo contiene.

4.4.4.7. Rótulo o Carátula

Explicaremos cómo añadir un cuadro de información a modo de carátula o lo que se conoce en dibujo técnico como rótulo. Esto lo haremos generando un rectángulo base con borde y sobre él colocaremos cuadros de texto con distintos tamaños de letras para el título, subtítulo, atribución, licencia, etc.

Añadimos un rectángulo desde el botón «Añadir forma» (→ «Añadir rectángulo» usando las guías para enmarcar su ubicación. Desde Propiedades del elemento modificamos el estilo del rectángulo de forma que nos quede un borde de 0,7mm.

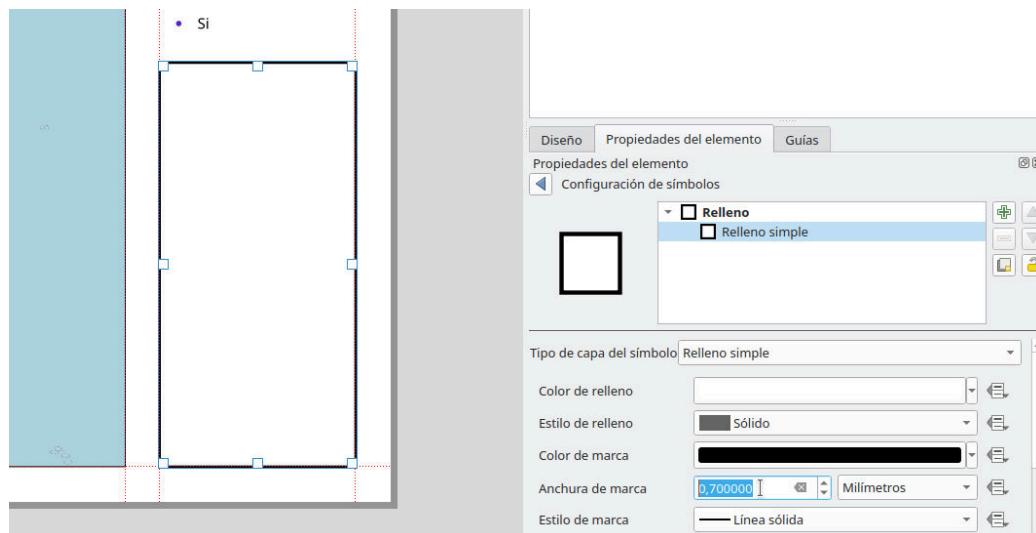


Figura 4.23: Marco de carátula.

Luego procedemos a ponerle título, subtítulo y algunos datos más al mapa mediante la herramienta de Texto

() , que podremos modificar en tamaño y tipografía desde el apartado «Apariencia».

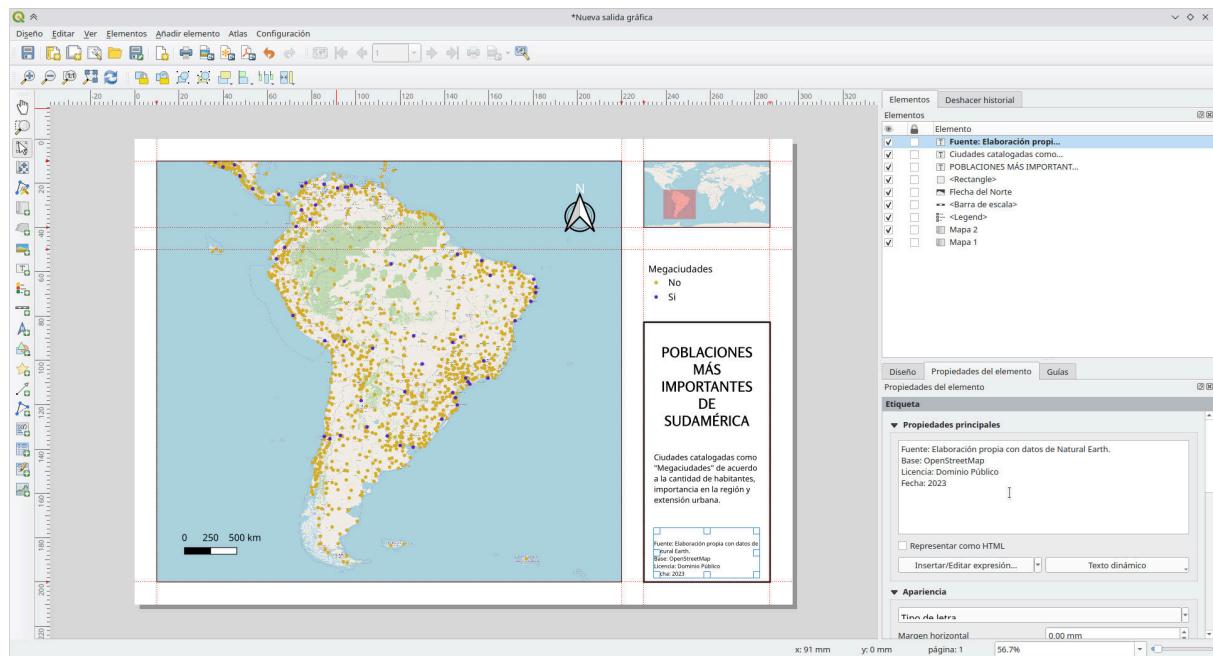


Figura 4.24: Rótulo o Carátula de Mapa.

Los elementos dentro de la carátula pueden variar de mapa a mapa, y en general se espera que quien lo observe pueda comprender de qué trata, quién lo creó y con qué fin, cuándo fue realizado, etc.

4.4.4.8. Imagen

Se podría agregar en el rótulo algún logo de la empresa o entidad que lo confecciona, códigos QR, fotos, etc.

Para ello hacemos clic en el botón de Añadir imagen () y luego demarcamos el rectángulo donde seemplazará la imagen. Este marco soporta tanto imágenes SVG (vectoriales) o ráster en múltiples formatos, en nuestro caso tomaremos la segunda opción:

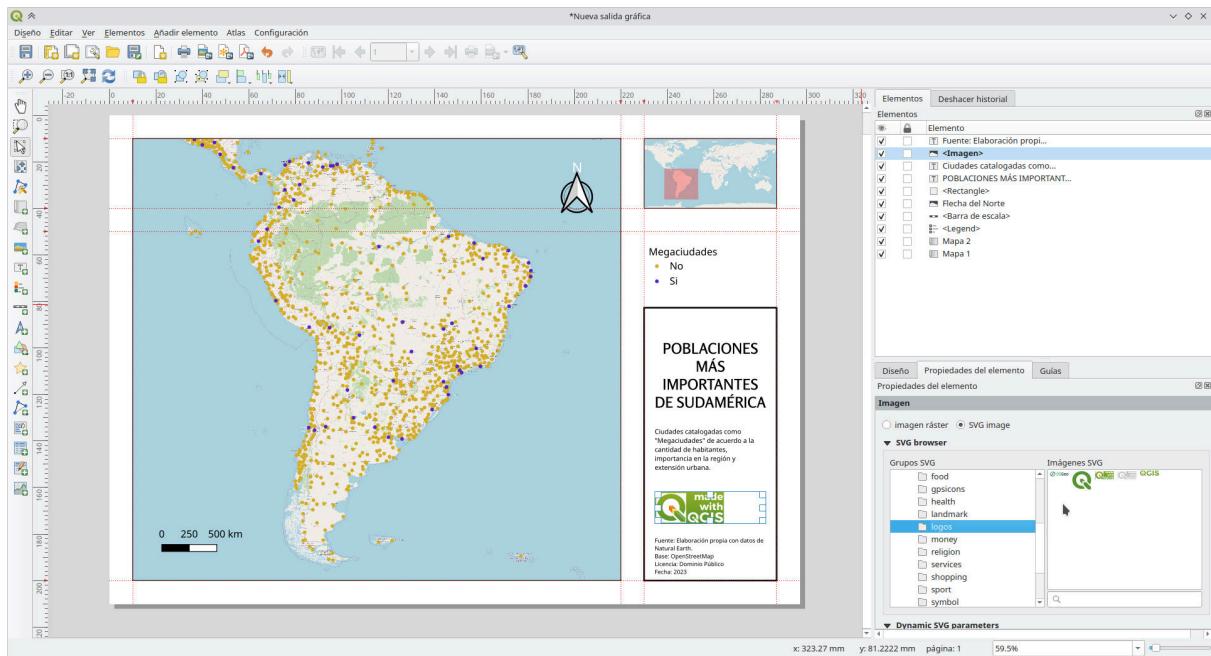


Figura 4.25: Añadido de imagen al mapa. Imagen de logo «Made with QGIS».

Al igual que el resto de los elementos en la composición del mapa, hemos configurado algunos parámetros desde el panel lateral «Propiedades del elemento». Por ejemplo, la ubicación (alineado) al medio.

4.4.4.9. Otros elementos

Otros elementos pueden incorporarse al mapa como flechas () , marcadores () , formas libres o «Elementos nodos» () , mapas 3D () , tablas de atributos () , tablas fijas () , código HTML () y perfiles de elevación () . Más adelante veremos cómo incorporar estos elementos en una composición.

4.4.5. Exportación del mapa

QGIS permite exportar mapas a diferentes formatos: Imagen ráster (PNG, JPG, etc), vectorial (SVG) y Postscript (PDF), mediante la botonería . El proceso de exportación es relativamente sencillo, el sistema nos mostrará un cuadro de diálogo donde nos pregunta en qué lugar lo queremos guardar y también con qué formato.

En algunos casos puede que el propio sistema nos advierta sobre algunas capas que están presentes en el mapa y que provienen de servicios externos como Tile Server o WMS. En este caso, habrá que aceptar la advertencia y ver qué resultados se obtiene al exportar. Particularmente para nuestro caso se tiene la siguiente pantalla antes de la exportación, donde podremos configurar algunos aspectos de la salida:

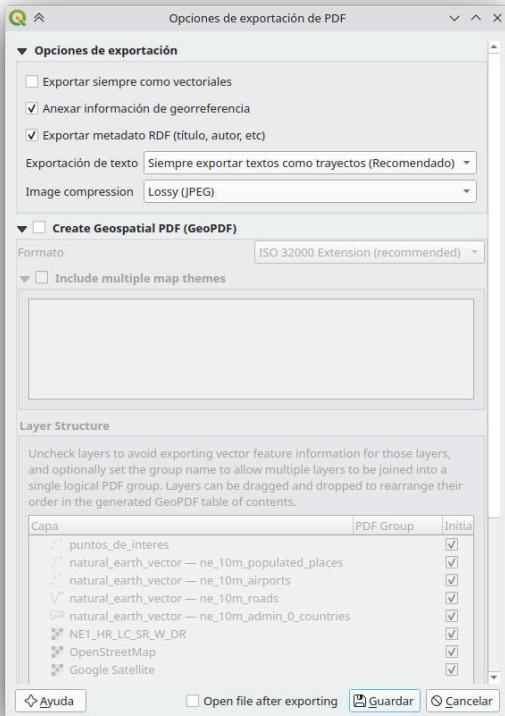


Figura 4.26: Exportación PDF.

Para el caso de la exportación a PDF, QGIS permite forzar a que el contenido vectorial de nuestro mapa se exporta en igual formato, o que se agregue información como metadatos, Georreferencia para los mapas, forma en que se exportan los textos, etc.

Además es posible activar la exportación como «Geoespatial PDF»², que básicamente incorpora características extra al PDF entre los que se destaca la georreferenciación interna.

Nota: Antes de exportar deberemos tener en cuenta las propiedades del mapa en la pestaña «Diseño» del panel lateral, como por ejemplo revisar la resolución de imagen, la cual determinará la calidad y tamaño de la imagen. Las impresoras de inyección de tinta suelen ser capaces de producir imágenes de 300 ppp y las del tipo láser puede estar entre los 600 y los 1200 ppp. Por lo tanto un valor entre 200ppp y 300ppp es correcto para una salida de impresión de buena calidad. Respecto a la resolución es importante tener en cuenta que una imagen de más de 300ppp generará archivos relativamente grandes para tamaños de hojas A1 o A0, llegando a los 10mb o más. Asimismo, el proceso de renderizado del diseñador de QGIS consume cierta cantidad de recursos en la computadora (y datos de internet para capas de fuentes externas), por lo que habrá que ser cuidadosos y tomar como práctica habitual el guardado del proyecto y datos de capa periódicamente antes de exportar.

4.4.6. Impresión directa

Si necesitamos imprimir un mapa podemos hacerlo directamente desde el botón Imprimir (🖨️). El sistema nos invita a elegir la impresora, que obviamente ya debe estar instalada y en funcionamiento en nuestra computadora. El proceso de impresión no es distinto a cualquier otra impresión de documentos: configuración de hoja, calidad, cantidad de copias, etc..

4.4.7. Guardar plantilla

Las plantillas se utilizan en ciertos casos donde se producirán distintos mapas conservando una misma estética. Si guardamos el actual mapa como plantilla podremos utilizarlo más adelante como base para un

²El Geoespatial PDF o GeoPDF es una forma de PDF que dota al documento de georreferenciación e incorporación de capas. Está pensado de forma que pueda ser legible en cualquier computadora sin necesidad de tener software específico como QGIS, ya que con un lector PDF estándar lo puede leer. A la vez también admite que sea incorporado en sistemas SIG. En este artículo de Wikipedia se puede aprender más al respecto.

nuevo mapa, sin necesidad de dibujar y configurar todo desde cero y sobre todo para que el nuevo mapa conserve la misma estructura. Las plantillas se guardan haciendo clic en el botón «Guardar como plantilla» (💾), y son archivos con formato .qpt.

4.4.8. Licencia de datos

4.4.8.1. Licencias

Esta sección es un anexo donde nos vamos a dedicar a comprender una parte muy importante de todo el proceso de generación de datos públicos: cada vez que se producen datos públicos se citan fuentes y se valida información de elaboración propia que podría ser para uso interno o bien para su publicación y uso por entidades externas. En cualquier caso es necesario tener en cuenta que esos datos tienen propiedad intelectual -es decir autoría- y por lo tanto reglas de uso. Por ejemplo en el caso del plano elaborado anteriormente, hemos hecho explícito ciertas reglas de uso “libres” mediante la Licencia de Dominio Público. Esto implica que quien utiliza este material tiene el derecho otorgado de uso gratuito, copiado y distribución sin vulnerar ningún derecho.

Existen otros tipos de licencias similares a la de *Dominio Público* pero que permiten cierto control sobre la autoría o uso. Las más utilizadas para esto son las *Creative Commons Licence*. Las licencias *CC* permiten conservar y proteger la autoría del productor del material, al mismo tiempo que garantiza su uso mediante ciertas reglas. Recomendamos la siguiente familia de licencias:

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

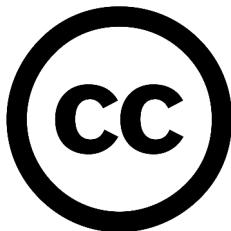


Figura 4.27: Logo de *Creative Commons*.

La licencia libre *Creative Commons 4.0 BY-SA* implica que quien utiliza este material tiene el derecho otorgado de copiar, modificar y distribuir el mismo siempre y cuando se respete que se *cite al autor* y que se *comparta de la misma forma*. Permiten conservar y proteger la autoría del productor del material, al mismo tiempo que garantiza su uso libre. Este mismo libro tiene esa licencia.

Se recomienda utilizar siempre una licencia de uso de datos (sean éstas de *Creative Commons* o de otras organizaciones), de forma que siempre sea una elección consciente los modos en que se comparte y utiliza la información, sobre todo en el ámbito de la administración pública. Para más información se recomienda revisar las siguientes webs:

https://creativecommons.org/choose/?lang=es_AR

<https://www.gnu.org/licenses/fdl-1.3.html>

4.4.8.2. Fuentes de datos en línea

Así como podemos ser productores de datos, también somos consumidores. Por ejemplo, al utilizar un mapa de *OpenStreetMaps* o de *Google Maps/Earth* como mapa base para el uso y producción de material geográfico propio, estamos accediendo y confirmando los términos de uso y condiciones que dichas organizaciones citan en sus respectivas webs:

Google: https://www.google.com/intl/es-419/help/terms_maps/

OpenStreetMap: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/ES:Licencia_Abierta_de_Base_de_Datos

BING: <https://learn.microsoft.com/es-es/power-platform/admin/manage-bing-maps-organization>

Entre otras cosas estas licencias permiten el uso gratuito de los datos espaciales bajo ciertas condiciones. En particular se recomienda utilizar *OpenStreetMap*, ya que es un proyecto colaborativo de mapeo mundial pensado estrechamente con fines de poder compartir la información de forma libre, permitiendo usos comerciales a diferencia de los servicios como *Google Maps* o *Bing Maps*.

De forma similar, existen diversos organismos internacionales y regionales que proveen servicios de mapas mediante protocolos *WMS* u *WFS*. Se deberá tener especial cuidado de citar la fuente correctamente y utilizar los servicios con las licencias de uso que ellos especifican.

Capítulo 5

Análisis

El quinto y último nivel está pensado para aquellos que quieren profundizar aún más en el manejo de *Sistemas de Información Geográfica* con QGIS. El objetivo es poder diseñar análisis con herramientas más avanzadas, por ejemplo, combinando datos de distintas capas. Para avanzar en este nivel se necesitará tener práctica avanzada sobre los niveles anteriores.

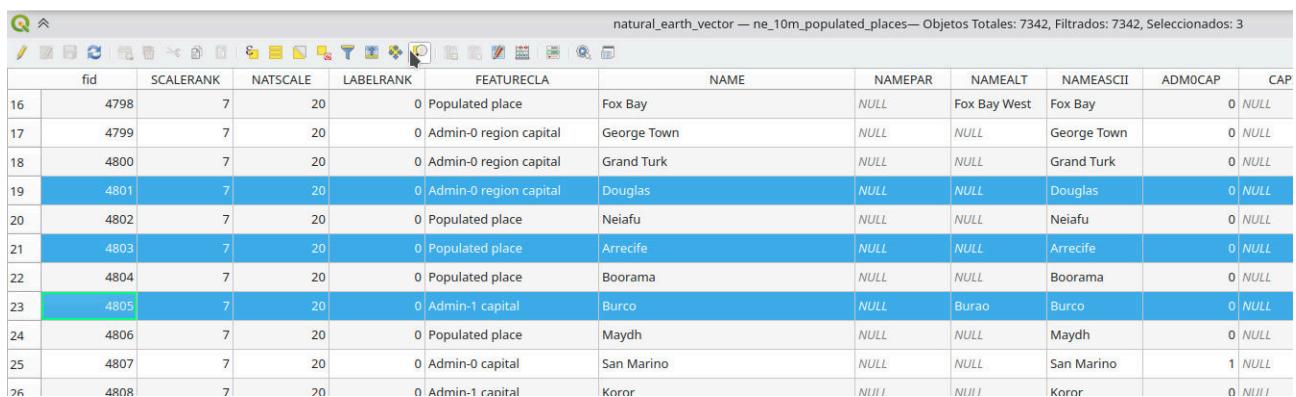
5.1. Análisis vectorial

5.1.1. Selección avanzada

En el capítulo 2 (2.9) ya se ha visto cómo seleccionar objetos. Y como ya se sabe, en QGIS es posible realizar las mismas tareas de diferentes formas, a veces más sencillas y otras veces más complejas pero con mayor control. En esta sección aprenderemos a realizar selecciones de forma avanzada, aprovechando todo el poder que tiene el programa.

5.1.1.1. Selección desde tabla

Sabemos que cada objeto espacial sobre el mapa posee una fila de la tabla de atributos asociada. Por ejemplo, si seleccionamos la fila 5 de la tabla de una capa vectorial también seleccionaremos el objeto asociado. Para ver cuál es ese objeto podemos hacer clic en el ícono de la «lupa» (🔍), «Acercar el mapa a las filas seleccionadas». Con esta acción veremos que el programa nos lleva a la ubicación del objeto seleccionado y nos acerca en zoom de forma que se visualice en el centro de la vista gráfica. También es posible hacerlo con múltiple selección. Para ello agregamos a la selección los nuevos objetos/filas presionando la tecla «control» (o «shift» si son filas consecutivas). Asimismo, todo lo seleccionado en el mapa se verá sombreado en la tabla.



	fid	SCALERANK	NATSCALE	LABELRANK	FEATURECLA	NAME	NAMEPAR	NAMEALT	NAMEASCII	ADMOCAP	CAP
16	4798	7	20	0	Populated place	Fox Bay	NULL	Fox Bay West	Fox Bay	0	NULL
17	4799	7	20	0	Admin-0 region capital	George Town	NULL	NULL	George Town	0	NULL
18	4800	7	20	0	Admin-0 region capital	Grand Turk	NULL	NULL	Grand Turk	0	NULL
19	4801	7	20	0	Admin-0 region capital	Douglas	NULL	NULL	Douglas	0	NULL
20	4802	7	20	0	Populated place	Neiafu	NULL	NULL	Neiafu	0	NULL
21	4803	7	20	0	Populated place	Arrecife	NULL	NULL	Arrecife	0	NULL
22	4804	7	20	0	Populated place	Boorama	NULL	NULL	Boorama	0	NULL
23	4805	7	20	0	Admin-1 capital	Burco	NULL	Burao	Burco	0	NULL
24	4806	7	20	0	Populated place	Maydh	NULL	NULL	Maydh	0	NULL
25	4807	7	20	0	Admin-0 capital	San Marino	NULL	NULL	San Marino	1	NULL
26	4808	7	20	0	Admin-1 capital	Koror	NULL	NULL	Koror	0	NULL

Figura 5.1: Selección múltiple de objetos no consecutivos (control + clic). El cursor se encuentra sobre el botón de «Acercar el mapa a las filas seleccionadas».

El botón «Desplazar el mapa a las filas seleccionadas» (<+>) hace exactamente lo que dice y funciona de forma similar al botón anterior, con la diferencia de que el nivel de zoom se conserva.

5.1.1.2. Invertir selección

Si necesitamos invertir la selección actual, presionamos el botón «Invertir selección» () que se encuentra tanto en la tabla de atributos como desde el desplegable en la barra de herramientas superior de la ventana principal del programa. Esto es muy útil, ya que muchas veces se presenta el caso donde es más sencillo marcar lo que no se quiere seleccionar, y luego invertir la selección.

5.1.1.3. Seleccionar todo

Esta función no necesita mucha explicación, el botón «Seleccionar todo» () se encuentra en la misma barra que «invertir selección» y también en la tabla de atributos, permite la selección de todos los objetos de la capa vectorial. Lo mismo logramos si hacemos clic derecho sobre cualquier celda de la tabla de atributos y elegimos del menú emergente «Seleccionar todo».

5.1.1.4. Selección por atributo

A veces necesitamos seleccionar múltiples objetos mediante un atributo en particular, por ejemplo en nuestro ejemplo podríamos querer seleccionar aquellas ciudades clasificadas como 1 en el atributo «SCALERANK». Para hacerlo damos clic en el botón () «Selección por atributo» de la barra de herramientas, y luego elegir el atributo en el campo correspondiente:

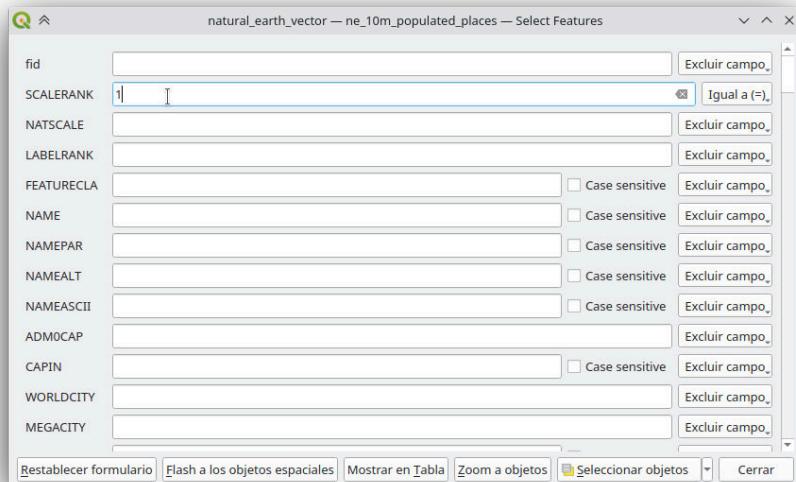


Figura 5.2: Selección por atributo.

Es posible seleccionar utilizando varios criterios a la vez. A la derecha de la ventana de selección se observa que es posible indicar de qué forma se filtrará la selección, pudiendo elegir entre otras opciones «Igual a», «No igual a», «Mayor que», entre otros.

Desde la tabla de atributos se puede utilizar la herramienta de «Seleccionar/filtrar objetos usando formulario» () para hacer un filtro o selección de forma similar. En este caso la tabla adopta la «Vista de formulario» (ver abajo a la derecha de la ventana de la tabla ), luego ingresamos el atributo por el cual queremos filtrar y veremos en la parte inferior las opciones para seleccionar/filtrar:

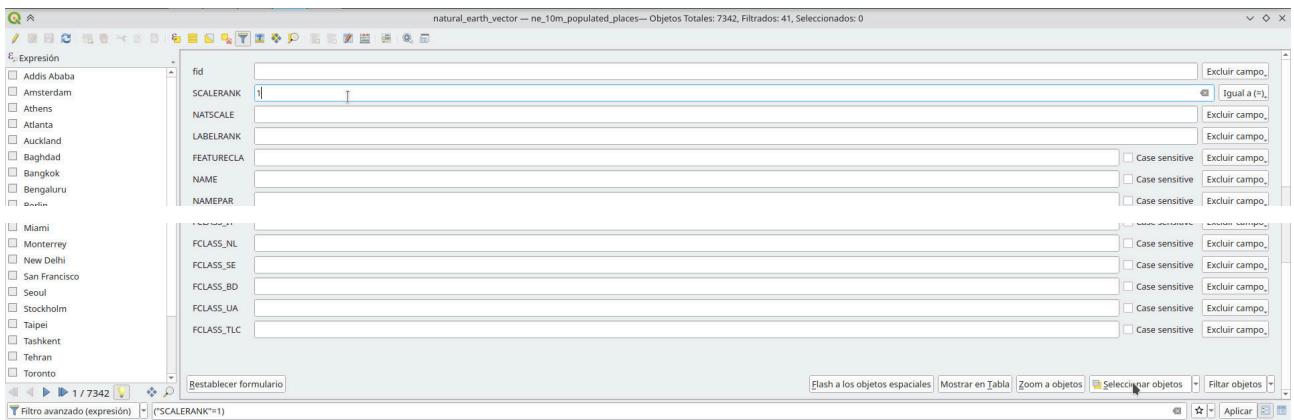


Figura 5.3: En la imagen superior se puede ver que se ha filtrado por el campo «SCALERANK» con valor igual a «1». En la inferior se observan las posibles opciones del filtro ya realizado, como por ejemplo «Seleccionar objetos».

5.1.1.5. Selección por expresión

La selección por atributos es en realidad una forma de selección por expresión, condicionada solo a ciertos filtros por campo. La selección por expresión permite utilizar una calculadora de campos para generar fórmulas más complejas. Se activa desde el botón () y allí es posible generar fórmulas de todo tipo. Para esto se necesitará tener cierta práctica sobre operaciones lógicas/matemáticas.

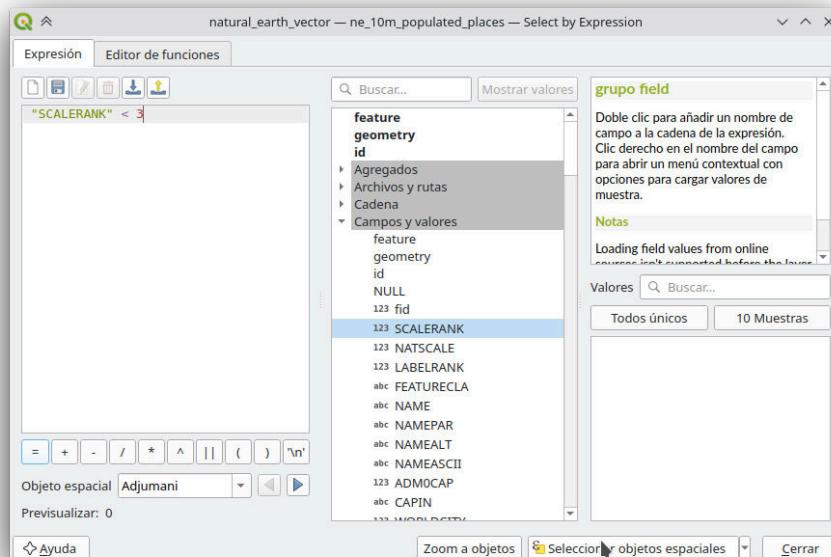


Figura 5.4: Selección por expresión, en este caso se evalúa la condición «SCALERANK < 3».

Por ejemplo, con la siguiente expresión se pueden seleccionar caminos de la capa «roads» que tengan menos de 1000 metros:

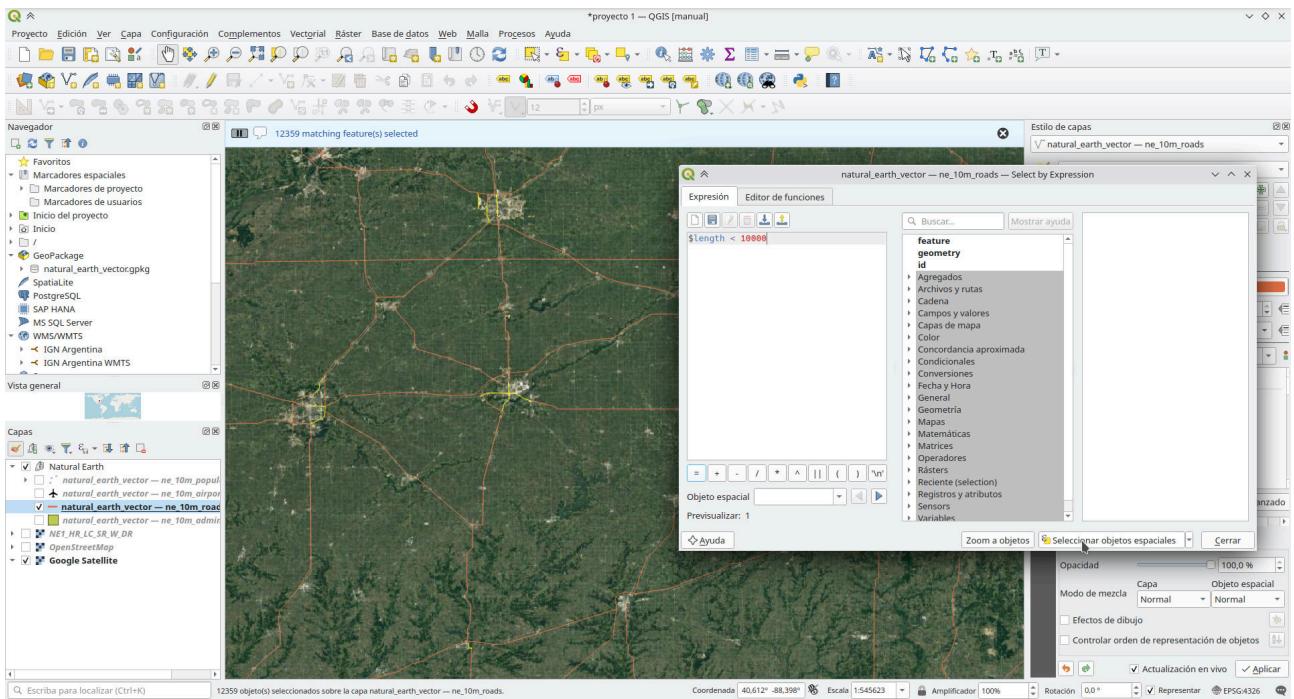


Figura 5.5: La imagen muestra la selección con la condición «`$length <10000`» (longitud menor que 10000 metros). El comando `«$length»` calcula la longitud de los objetos en el momento de la selección.

Así como en la parte inferior de esa ventana flotante se puede seleccionar objetos espaciales, también es posible desde el mismo desplegable «Añadir a la selección actual», «Eliminar de la selección actual» o «Filtrar la selección actual».

5.1.1.6. Selección por localización

Es una forma interesante de selección que se encuentra en la barra de herramientas () y que como su nombre lo indica permite la selección de objetos de una capa que guardan algún tipo de «contacto» con objetos de otra capa vectorial, por ejemplo puntos de una ciudad que se encuentran dentro de un territorio en particular. Para que esta herramienta funcione correctamente es necesario que las capas que interactúan tengan el mismo sistema de referencia de coordenadas entre sí.

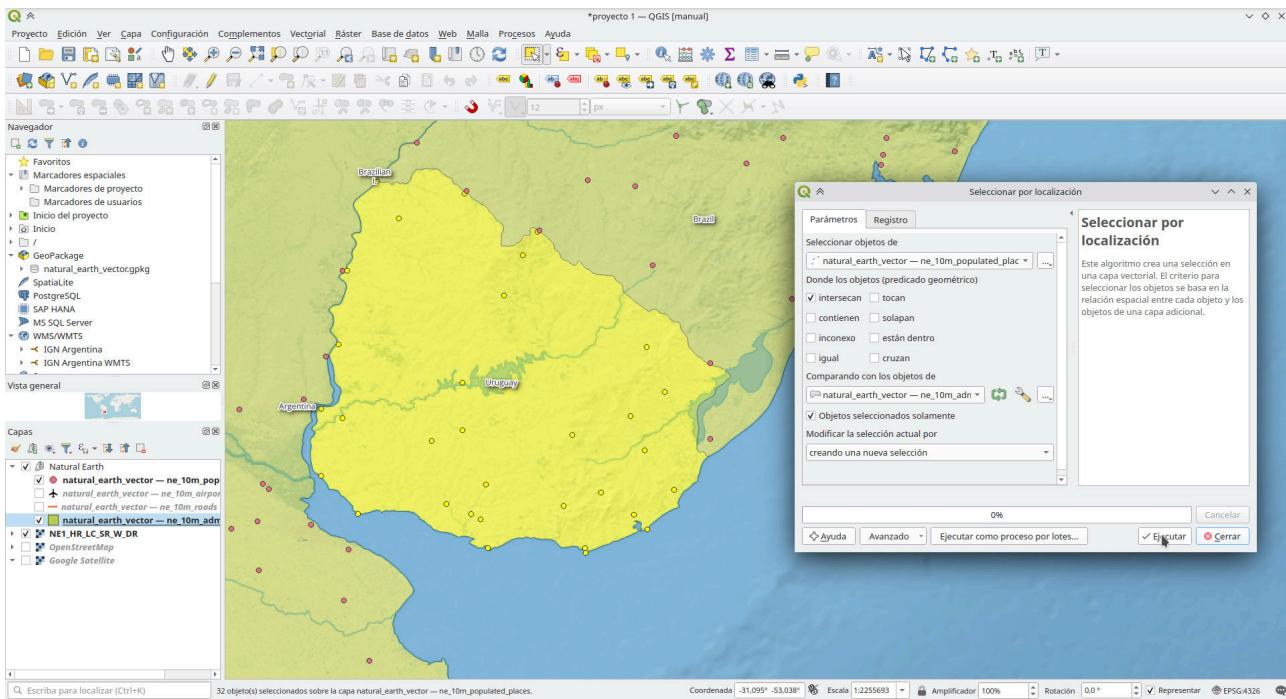


Figura 5.6: Ciudades que se encuentran dentro del polígono que ocupa *Uruguay*.

El caso de la figura anterior muestra la selección de las ciudades («populated_places») que se intersecan con el polígono de *Uruguay* (previamente seleccionado en capa «countries»). Notar que algunas ciudades perimetrales pueden no estar incluidas en la selección porque depende de la precisión con que fueron dibujadas cada capa.

5.1.1.7. Selección distancia adentro

Desde el desplegable del botón de «Seleccionar por localización» se encuentra una herramienta que permite hacer una selección similar a la anterior pero añade una distancia o buffer arbitrario sobre la base del objeto comparado, «Seleccionar distancia adentro» ().

Para poner un ejemplo concreto, supongamos que queremos seleccionar todas las ciudades («populated_places») que se encuentran dentro o a 100km de distancia de Uruguay.

También en este caso será necesario que los SRC de ambas capas sea el mismo, y como el condicionante es la distancia se recomienda utilizar un sistema de unidades métricas, como por ejemplo el 3857 «WGS84 Pseudomercator» (o cualquier otro regional). Como las capas que utilizaremos están en sistema 4326 «WGS84» y su unidad es el grado sexagesimal necesitaremos reproyectar las dos capas (más adelante en la sección 5.5.1.7.2de este mismo capítulo se verá con mayor detalle el proceso de reproyección).

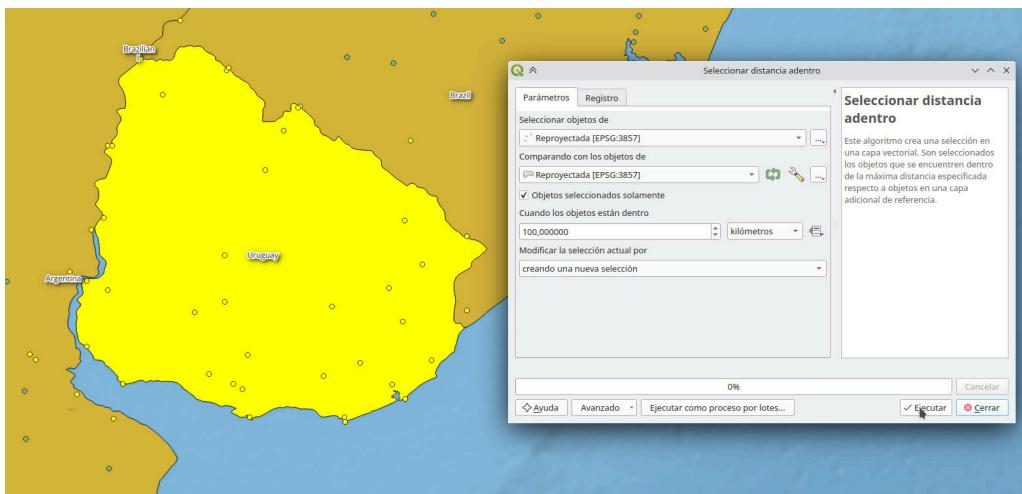


Figura 5.7: Las dos capas han sido reproyectadas para este geoprocreso. Se observa que se han seleccionado las ciudades que están dentro del país o a 100km de distancia del mismo (puntos en amarillo).

Este geoprocreso permite ahorrar un paso extra, ya que de otra forma para hacer este tipo de selección habría que crear una capa buffer temporal con la extensión ampliada en 100km y luego hacer hacer la selección por localización.

5.1.1.8. Selección aleatoria

Existen dos herramientas de selección aleatoria dentro del menú «Vectorial» → «Herramientas de investigación». Su uso puede darse en casos donde, por cuestiones lógicas de investigación, necesitemos seleccionar una muestra aleatoria del total de registros de un dataset.

Selección aleatoria Esta herramienta () seleccionará elementos de una capa con criterio de probabilidad aleatoria, pudiendo el usuario determinar la cantidad a seleccionar o el porcentaje de objetos.

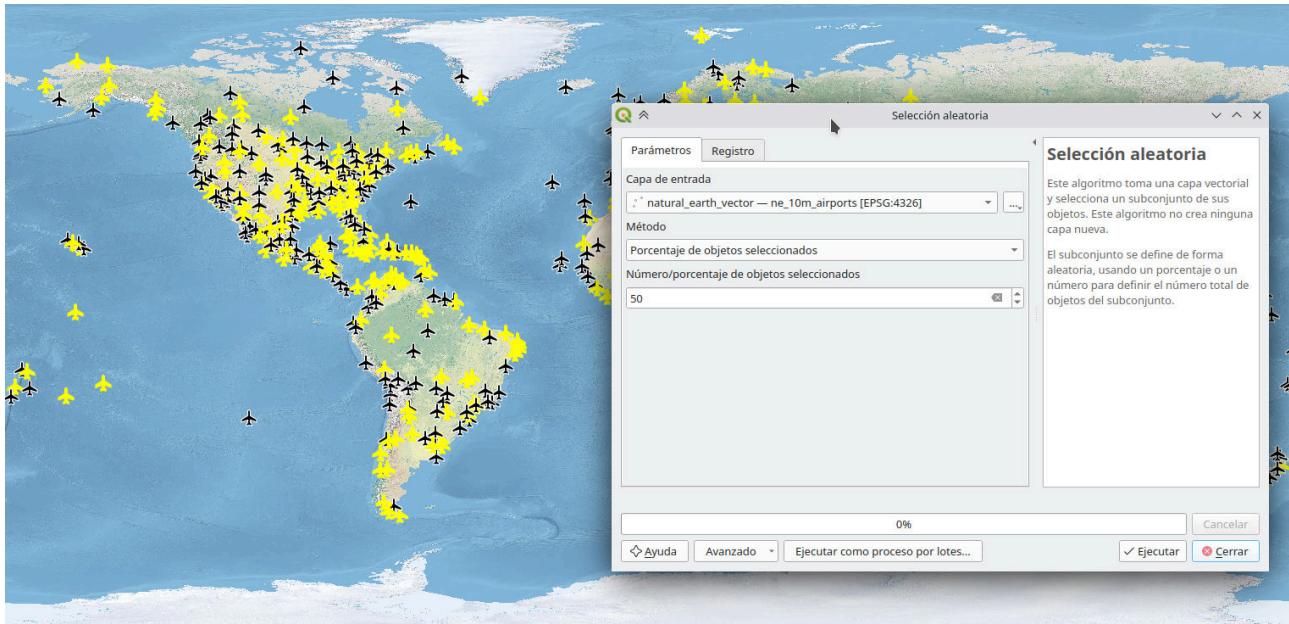


Figura 5.8: Se aplicó selección aleatoria sobre la capa de aeropuertos tomando el criterio de porcentaje al 50 %.

Selección aleatoria dentro de subconjuntos Al igual que la anterior selección, también selecciona aleatoriamente por cantidad o porcentaje, pero seleccionando esa cantidad dentro de cada categoría de un atributo dado. Por ejemplo, se puede seleccionar un 10 % de registros de cada categoría incluida en SCALERANK, de forma que tenemos una selección aleatoria que toma de cada categoría un mismo porcentaje de muestra.

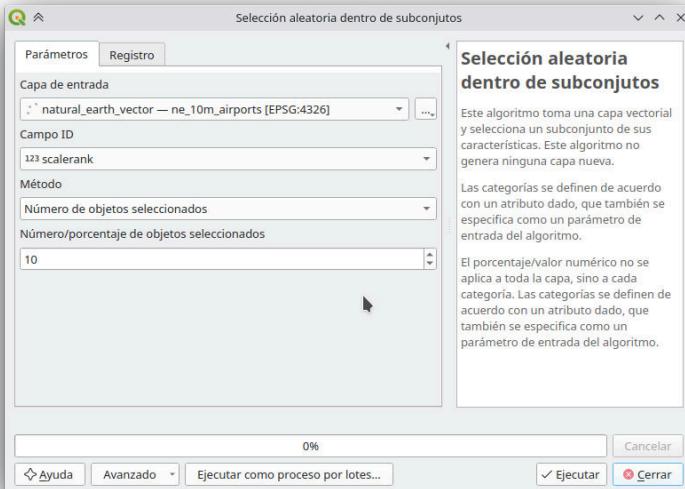


Figura 5.9: Selección aleatoria dentro de subconjuntos.

Tanto la selección aleatoria como la selección aleatoria dentro de subconjuntos son excelentes herramientas para trabajar desde la estadística con muestras sobre grandes conjuntos de datos.

5.1.1.9. Reseleccionar objetos espaciales

La reselección hace precisamente lo que indica su nombre, activa la última selección realizada. Esta acción es realmente muy útil cuando hemos realizado algún tipo de selección personalizada y quizás por error la deselegimos, entonces podremos volver a seleccionarla. La herramienta está disponible desde el menú «Edición» → «Seleccionar».

5.1.2. Formato condicional en tablas

Al igual que en cualquier planilla de cálculo tradicional es posible aquí también en QGIS dar formatos condicionales a las tablas de cualquier capa del proyecto. Su funcionamiento se basa en reglas, para campos en particular o filas completas. Los formatos condicionales se activan desde la tabla de atributos de la capa mediante el botón . Del lado derecho de la tabla se mostrará un panel donde podemos aplicar formatos para Campos o Fila completa. Se pueden aplicar cuantas reglas se requieran.

5.1.2.1. Condicional en Campo

El siguiente ejemplo muestra el formato condicional (casilla en color verde) para todos los casilleros de la tabla de ciudades («populated_places») donde la población es mayor a 100000 habitantes.

natural_earth_vector — ne_10m_populated_places— Objetos Totales: 7342, Filtrados: 7342, Seleccionados: 0

The screenshot shows the QGIS attribute table for the 'natural_earth_vector — ne_10m_populated_places' layer. The table has columns: ISO_A2, NOTE, LATITUDE, LONGITUDE, POP_MAX, POP_MIN, POP_OTHER, RANK_MAX, RANK_MIN, MEGANAME, and LS_NAME. A context menu is open over the 'POP_MAX' column, specifically at the cell for row 1 (ISO_A2: -99). The menu path 'Formato condicional en Campo' is selected. A sub-menu titled 'abc Mayor a 100000 @value > 100000' is shown, with the condition 'abc Mayor a 100000' checked. The 'abc' cell in row 1 is highlighted in green, while other cells in the same row are white.

Figura 5.10: Formato condicional en Campo. Una vez aplicado el formato solo se aplica sobre la celda que cumple la condición lógica.

En la configuración de la regla (botón «Nueva regla») se dispuso:

- Nombre «Mayor a 100000»
- Condición: @value >10000
- Predeterminado → Color verde de base

Si deseamos editar o borrar la regla hacemos clic sobre la misma.

5.1.2.2. Condicional en Fila

En este otro ejemplo utilizamos la misma condición, pero con la diferencia que se busca dar formato condicional en toda la fila:

natural_earth_vector — ne_10m_populated_places— Objetos Totales: 7342, Filtrados: 7342, Seleccionados: 0

The screenshot shows the QGIS attribute table for the 'natural_earth_vector — ne_10m_populated_places' layer. A context menu is open over the 'POP_MAX' column, specifically at the cell for row 1 (ISO_A2: -99). The path 'Formato condicional en Fila' is selected. A configuration dialog box is displayed on the right side of the screen. In the 'Nombre' field, 'Mayor a 100000' is entered. In the 'Condición' field, the expression '"POP_MAX" > 100000' is specified. The 'Predeterminado' dropdown is set to 'Color verde'. The 'Fondo' section shows a green color swatch. At the bottom right of the dialog are buttons for 'Hecho' (Done) and 'Cancelar' (Cancel).

Figura 5.11: Formato condicional en Fila. En la imagen se observa la misma condición que en el ejemplo anterior, pero esta vez toda la fila se sombra de verde.

- Nombre: Ciudades con más de 100000 hab
- Condición: "POP_MAX" > 100000
- Predeterminado → Color verde de base

Los formatos condicionales son parte del estilo de la capa, y por lo tanto se guardan en el proyecto en que estamos trabajando con la misma.

5.1.3. Unión de tablas (join)

La unión o «join» entre tablas se hereda del mundo de las bases de datos, y QGIS trata de emular de alguna manera el mismo concepto, aunque con sus adaptaciones. Tenemos dos formas nativas para hacer relaciones en el programa:

- Unión entre dos tablas en relación uno a uno,
- y relación entre dos tablas de uno a muchos.

Básicamente una unión permite conectar temporalmente los datos de una tabla con datos de otra tabla siempre y cuando exista algún identificador/conector en común entre ellas.

Para quienes no estén acostumbrados a este concepto proponemos el siguiente ejemplo. Supongamos que tenemos una capa espacial de puntos con sus respectivos «id» (códigos identificadores únicos e irrepetibles). Al mismo tiempo disponemos de otra tabla que contiene esos mismos «id» y otros datos adicionales cualquiera. QGIS puede realizar una unión temporal entre esas tablas de forma que los puntos y la tabla se relacionen uno a uno, elemento a elemento, de forma similar a como se define el concepto de función en matemática.

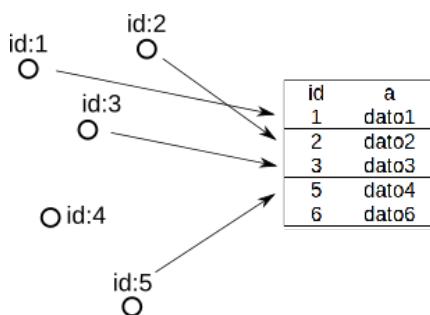


Figura 5.12: Unión de una capa de puntos con una tabla.

Las uniones entre tablas no necesariamente tienen que ser como la del ejemplo, entre una geometría y otra sin geometría, sino que se puede dar entre dos tablas cualquiera siempre que exista entre las dos un campo de unión en común, preferentemente un identificador único y no repetido si se quiere que la unión sea biúnica.

En QGIS las uniones se pueden dar entre tablas cualquiera: con geometría, archivos csv, planillas de cálculo tipo Excel u OpenDocument, tablas sin geometría en bases de datos, etc.

Nota: Las uniones no tienen por qué ser completas, es decir, que pueden darse registros que no se unen con ningún otro porque no existe un identificador coincidente.

5.1.3.1. Unión uno a uno

A modo de ejemplo hagamos la unión de la capa de «países» hacia la capa de «ciudades», es decir «countries» hacia «populated_places». Para ello activamos las propiedades de la capa de «ciudades» y configuramos la pestaña «Uniones» de la siguiente manera:

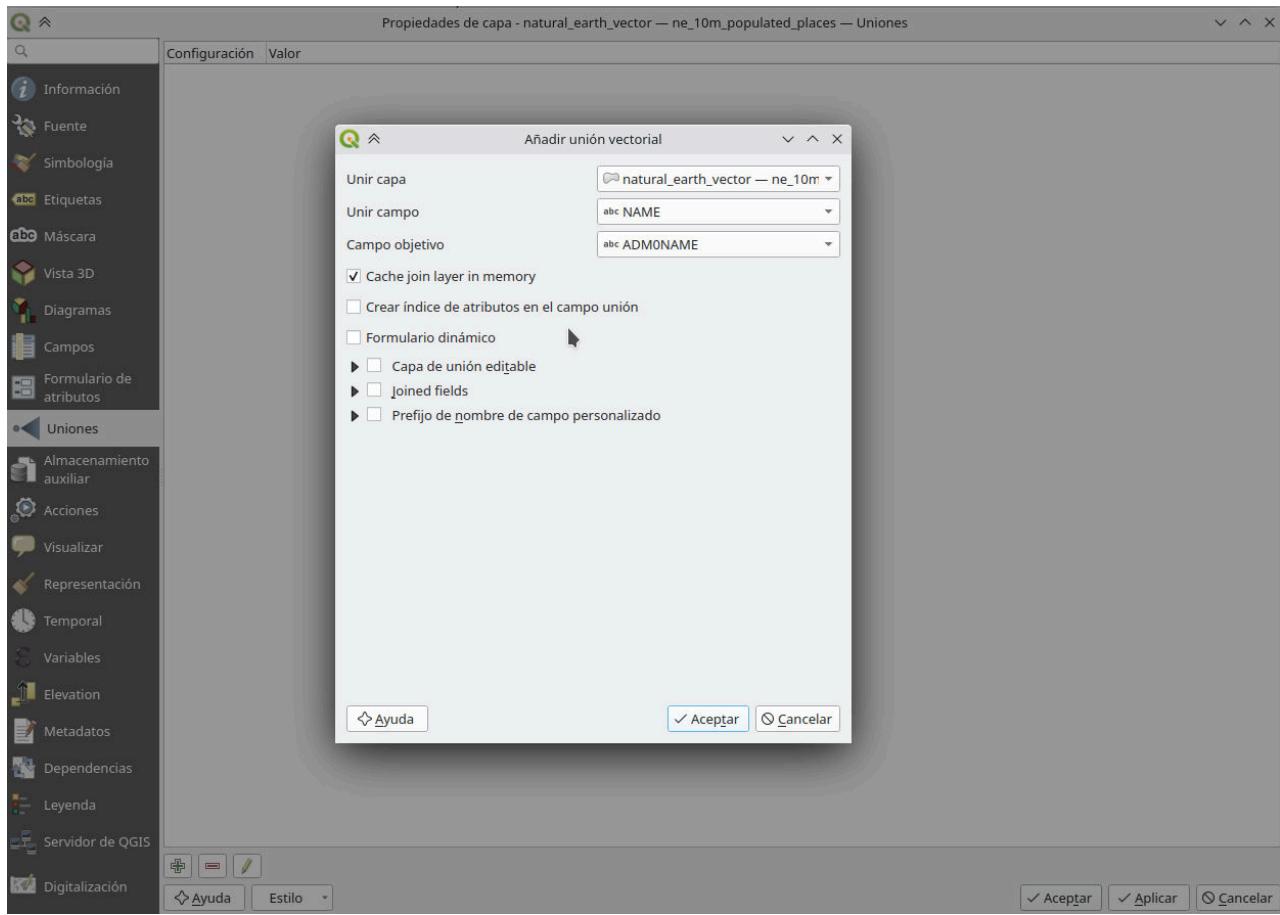


Figura 5.13: En esta unión se busca que en cada ciudad aparezcan los datos del país que coincide en nombre del campo «NAME» con el campo objetivo «ADM0NAME».

Como se puede deducir, es un join donde los datos de cada país se repetirán en cada una de las ciudades, de forma que al consultar la información de cada ciudad figuren también los atributos de la capa del país correspondiente.

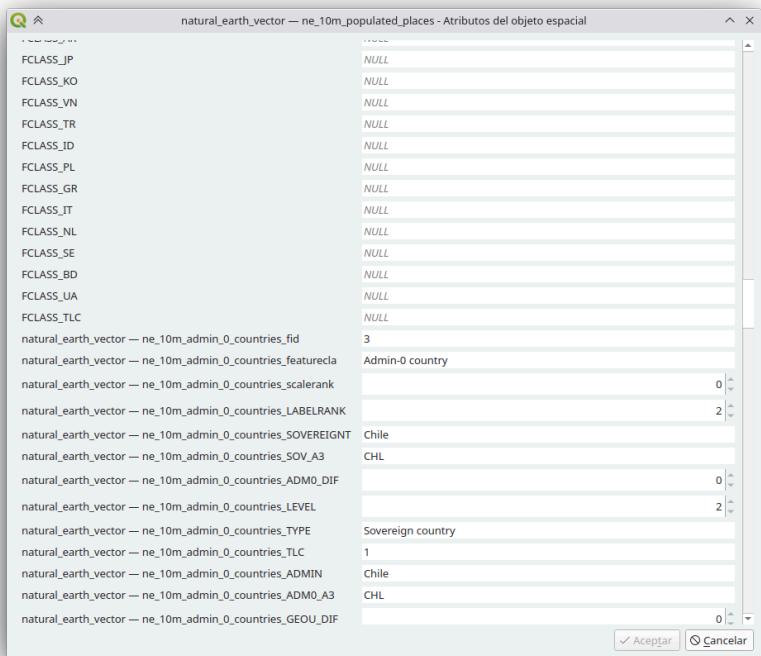


Figura 5.14: Consulta de datos de la ciudad vinculada (*Mejillones*) con su país (*Chile*).

En la imagen se puede apreciar que la capa unida posee su nombre como prefijo por defecto, de modo que se identifica fácilmente dónde terminan los datos de la capa original y dónde comienzan los de la tabla unida. Lo mismo puede observarse si abrimos la tabla de atributos de «populated_places»:

natural_earth_vector — ne_10m_populated_places— Objetos Totales: 7342, Filtrados: 7342, Seleccionados: 0

	FCLASS_GR	FCLASS_IT	FCLASS_NL	FCLASS_SE	FCLASS_BD	FCLASS_UA	FCLASS_TLC	r — ne_10m_ad	ne_10m_admin	ne_10m_admin/ne_10m_admin/ne_10m_admin(ne_10m_admin)	ne_10m_admin/ne_10m_admin(ne_10m_admin)	ne_10m_admin(ne_10m_admin)	ne_10m_admin(ne_10m_admin)
1509	NULL	6 Admin-0 cou...	0	2 Argentina ARG	0	2 Sovereign co...	2 Sovereign co...						
1510	NULL	6 Admin-0 cou...	0	2 Argentina ARG	0	2 Sovereign co...	2 Sovereign co...						
1511	NULL	6 Admin-0 cou...	0	2 Argentina ARG	0	2 Sovereign co...	2 Sovereign co...						
1512	NULL	6 Admin-0 cou...	0	2 Argentina ARG	0	2 Sovereign co...	2 Sovereign co...						
1513	NULL	6 Admin-0 cou...	0	2 Argentina ARG	0	2 Sovereign co...	2 Sovereign co...						
1514	NULL	6 Admin-0 cou...	0	2 Argentina ARG	0	2 Sovereign co...	2 Sovereign co...						
1515	NULL	6 Admin-0 cou...	0	2 Argentina ARG	0	2 Sovereign co...	2 Sovereign co...						
1516	NULL	6 Admin-0 cou...	0	2 Argentina ARG	0	2 Sovereign co...	2 Sovereign co...						
1517	NULL	6 Admin-0 cou...	0	2 Argentina ARG	0	2 Sovereign co...	2 Sovereign co...						
1518	NULL	6 Admin-0 cou...	0	2 Argentina ARG	0	2 Sovereign co...	2 Sovereign co...						
1519	NULL	6 Admin-0 cou...	0	2 Argentina ARG	0	2 Sovereign co...	2 Sovereign co...						
1520	NULL	48 Admin-0 cou...	0	2 Russia RUS	0	2 Sovereign co...	2 Sovereign co...						
1521	NULL	48 Admin-0 cou...	0	2 Russia RUS	0	2 Sovereign co...	2 Sovereign co...						
1522	NULL	48 Admin-0 cou...	0	2 Russia RUS	0	2 Sovereign co...	2 Sovereign co...						
1523	NULL	48 Admin-0 cou...	0	2 Russia RUS	0	2 Sovereign co...	2 Sovereign co...						

Figura 5.15: Se observa la unión de la tabla ciudades con sus respectivos países.

Entre las opciones de unión se detallan las más relevantes:

- La opción de cacheado en memoria que figura como activada por defecto ayuda a agilizar las consultas unidas.
 - Si activamos la opción de formulario dinámico se permite que al editar datos en la capa original se vuelvan a configurar las uniones.
 - Asimismo, se puedan editar los datos de la capa unida en conjunto con la capa original, siempre y cuando las dos estén disponibles para editar si se tilda «Capa de unión editable».

- La opción de «Campos unidos» o «Joined field» permite mostrar en la unión solo los campos seleccionados, lo cual es muy útil tanto para mostrar solo los campos que queremos ver de la segunda capa como para reducir la memoria utilizada en las uniones evitando cargar datos que no son relevantes para el join.
- El prefijo de unión permite personalizar cómo quedará el nombre completo de la unión para que los nombres de campos unidos no sean tan largos.
- Se permiten múltiples uniones de tablas, es decir, una tabla con varias tablas de forma simultánea.

Nota: En el caso de que un identificador en la segunda tabla esté repetido, QGIS tomará la unión con el primer registro coincidente (*matching, pareo o matcheo*), descartando a los demás que pudieran existir en la tabla.

5.1.3.2. Uno a muchos

Las relaciones entre registros de dos tablas donde a objetos de la primera le corresponde más de uno de la segunda se denomina comúnmente de «uno a muchos». Siguiendo el ejemplo teórico anterior, se tiene una geometría de puntos con sus identificadores correspondientes («id») y aparte una tabla con campo «clave» que coinciden con esos identificadores.

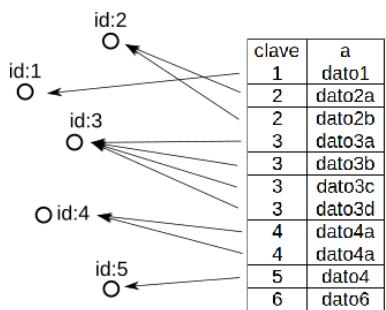


Figura 5.16: Relación de uno a muchos.

Este tipo de relación hace coincidir cada clave con el «id» correspondiente y cuando se consulta el objeto de la primer tabla se mostrarán también todos los registros de la segunda tabla que coinciden en valor de «clave-id».

En QGIS este tipo de relaciones se establece desde las propiedades del proyecto. Pongamos por caso que al consultar la capa de países (countries) nos muestre también todas las ciudades («populated_places») que se relacionan con el mismo mediante el campo «NAME» y «ADMONAME» respectivamente, como en un país hay muchas ciudades entonces estamos hablando de una relación «uno a muchos».

Para hacer la relación vamos al menú «Proyecto» → «Propiedades...» y luego en la pestaña «Relaciones» → «Añadir relación». En la ventana emergente configuramos la relación de la siguiente manera, aplicamos y aceptamos:

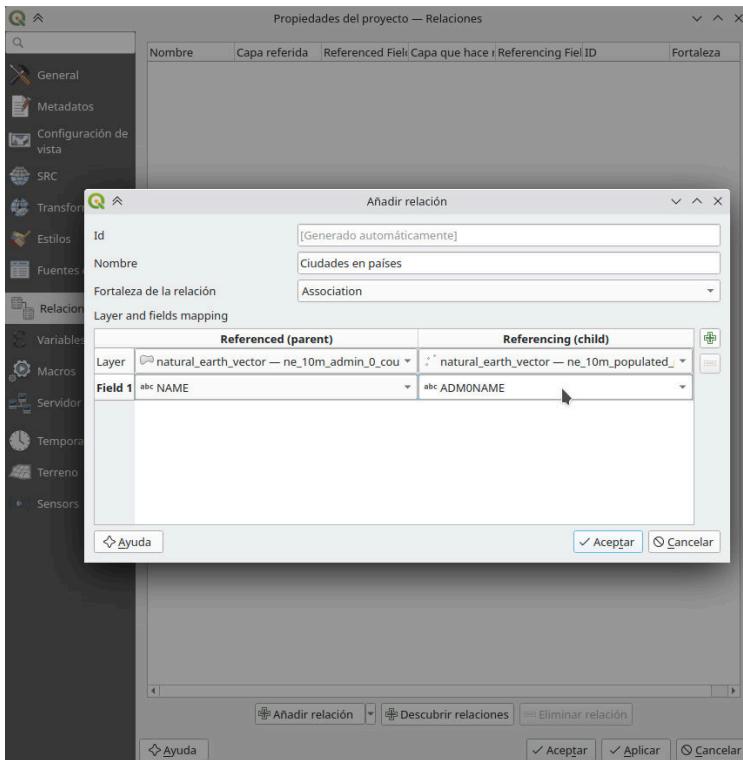


Figura 5.17: Nueva relación entre «countries» y «populated_places».

Al consultar los atributos de cualquier objeto espacial de la capa de países vemos que al final de la consulta aparecen las relaciones con cada uno de los objetos de la tabla de ciudades que se relacionan. En el caso de Chile, al realizar la consulta puntual observamos primero los atributos de la capa padre, y al final de ella la relación «Ciudades en países» donde se listan los formularios de cada una de las ciudades de ese país que están en la capa hija «populated_places»:

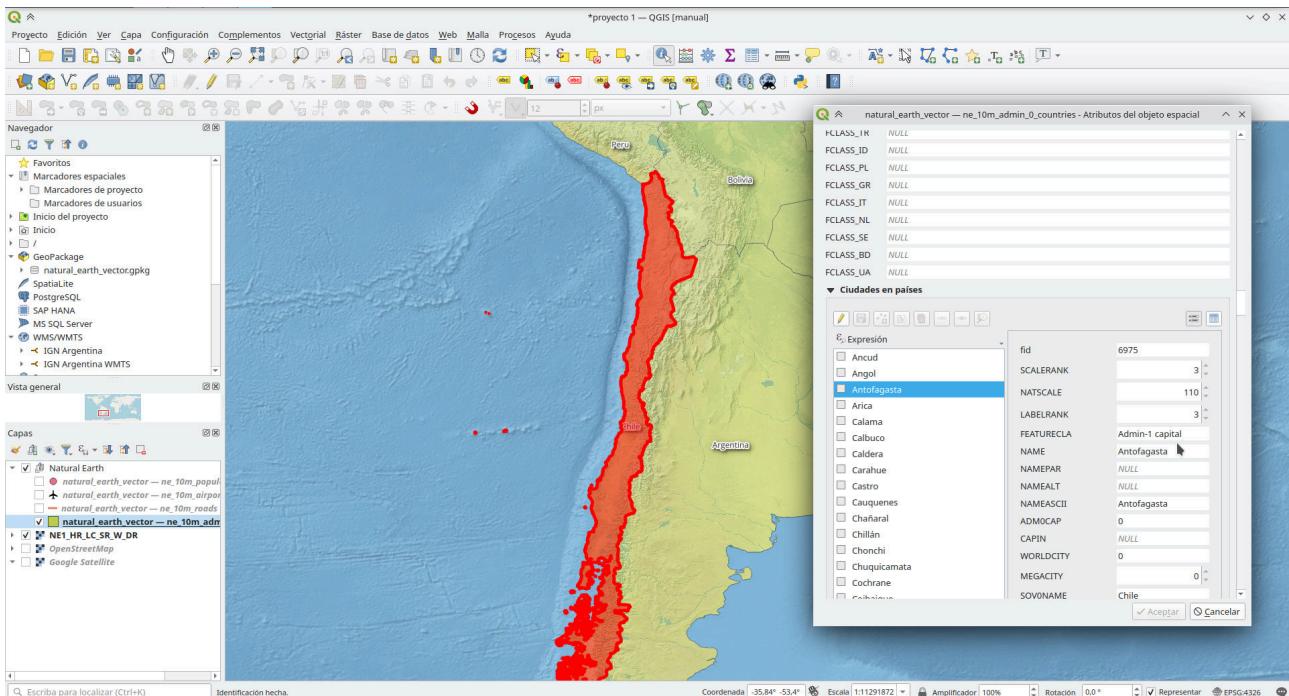


Figura 5.18: Ciudades en Chile.

En particular, para este tipo de relaciones es posible seleccionar el objeto «hijo» relacionado y editararlo directamente desde la ventana de consulta del atributo «padre». Como se puede observar en la imagen anterior, se puede activar el lápiz para editar el objeto.

5.1.4. Capas virtuales

Para quienes estén acostumbrados a trabajar con bases de datos y lenguaje SQL, QGIS incorpora la creación de capas virtuales mediante *consultas SQL*¹. Éstas pueden crearse desde el menú «Capa» → «Crear capa» → «Nueva capa virtual...» ((layer icon)) o añadirse/editarse desde «Añadir capa».

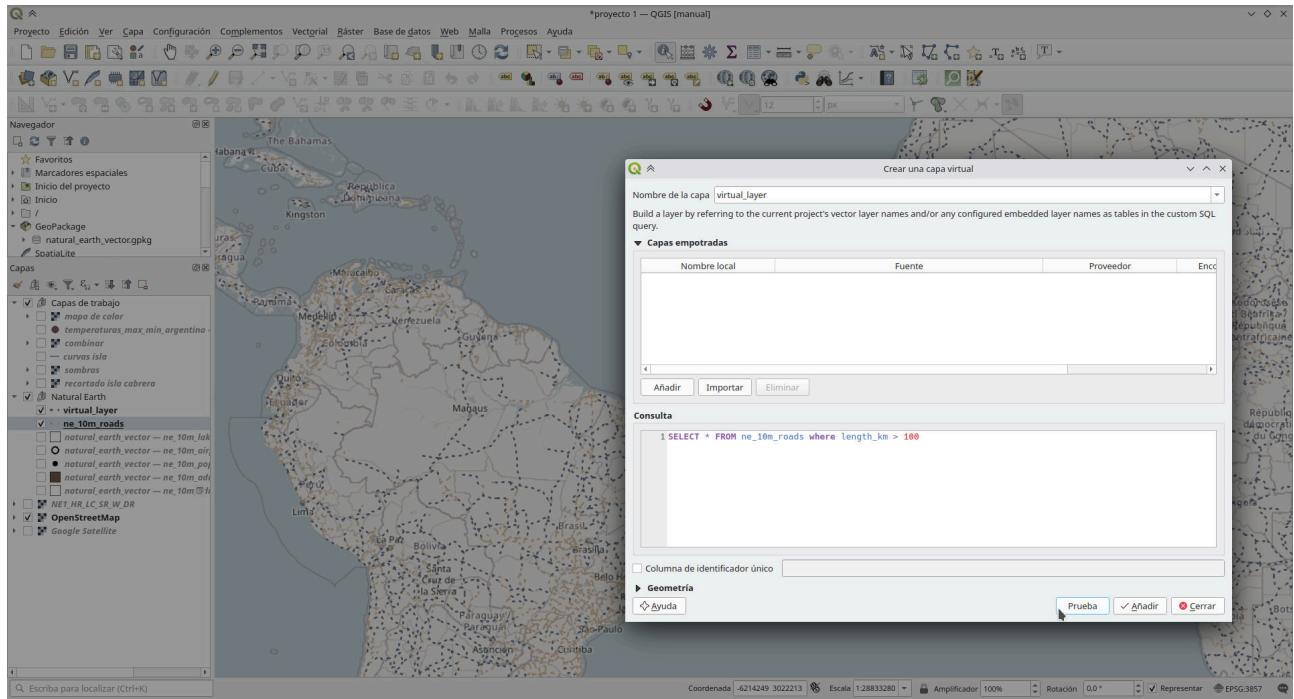


Figura 5.19: En el ejemplo se añadió una *consulta SQL* que trae al mapa (líneas azules) todos los campos de la capa «roads» cuya longitud es mayor a 100km.

```
SELECT * FROM ne_10m_roads where length_km > 100
```

La fuente de datos de la capa puede ser cualquiera que soporte nativamente QGIS, y pueden tomarse directamente desde el proyecto o bien pueden empotrarse en el constructor de consultas mediante el botón «Añadir».

¹SQL significa *Structured Query Language*, es decir *lenguaje de consulta estructurada*. Según Wikipedia, es un «lenguaje específico de dominio, diseñado para administrar, y recuperar información de sistemas de gestión de bases de datos relacionales».

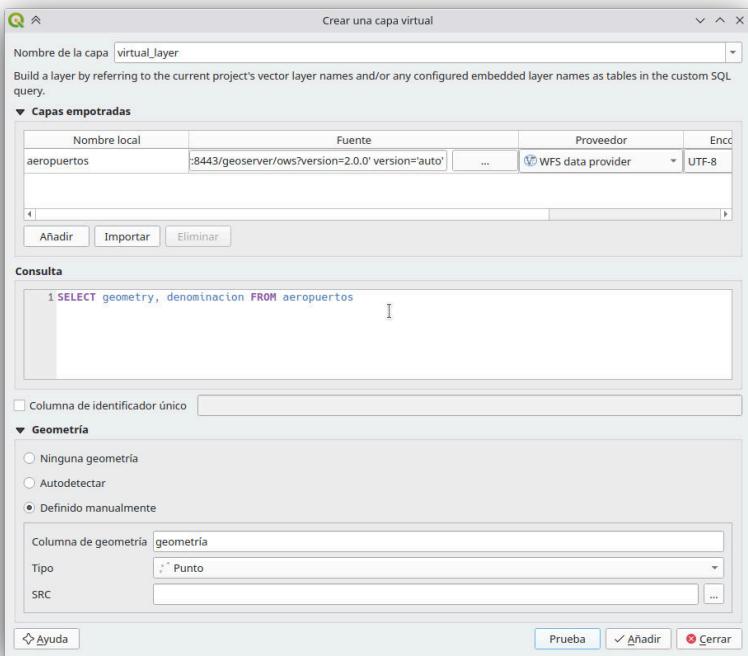


Figura 5.20: En este ejemplo se consulta un servicio WFS empotrado y solo se traen algunos campos de la tabla.

Es posible editar una capa virtual ya incorporada en el proyecto haciendo clic derecho sobre la capa y luego en «Editar capa virtual...»

5.1.5. Geocodificación

La *geocodificación* o *geocoding* (muchas veces sinónimo de georreferenciación) es el proceso por el cual se le asigna a un elemento territorial un identificador geográfico. El objetivo de la geocodificación es ubicar geográficamente un elemento a partir de su dirección. Si el identificador geográfico son coordenadas definidas en un SRC (ej. latitud y longitud) podemos hablar de la georreferenciación como una forma práctica de asociación de coordenadas geográficas a una dirección postal.

5.1.5.1. Geocodificador por lote Nominatim

En las nuevas versiones de QGIS se ha incorporado una nueva herramienta para geocodificar direcciones mediante el servicio «Nominatim»². El proceso permite hacer geocodificaciones por lote, es decir, dada una lista de direcciones. La herramienta tiene varios parámetros opcionales que pueden darse por separado en el caso de que la lista de direcciones tenga los atributos adecuados.

Para entender cómo funciona la herramienta haremos un ejemplo generando una nueva capa borrador temporal sin geometría que contenga las siguientes propiedades:

nombre (texto, longitud 255)	domicilio (texto, longitud 255)
Museo Nacional de Historia Natural	Miguelete 1825, Montevideo, Uruguay
Espacio de Arte Contemporáneo	Arenal Grande 1930, Montevideo, Uruguay
Museo Pedagógico José Pedro Varela	Doctora Adela Reta 1175, Montevideo, Uruguay

Cuadro 5.1: Tabla de atributos de puntos de interés a geocodificar

Luego, activamos la herramienta de geocodificación escribiendo en el «localizador» (abajo a la izquierda 2.28) la palabra «geocodificador» y haremos doble clic sobre la herramienta «Geocodificador por lote Nominatim». Configuramos la capa de entrada y el campo de dirección y ejecutamos el proceso:

² Nominatim es una herramienta para buscar datos de OpenStreetMap por nombre y dirección (geocodificación) y para generar direcciones sintéticas de puntos OpenStreetMap (geocodificación inversa).

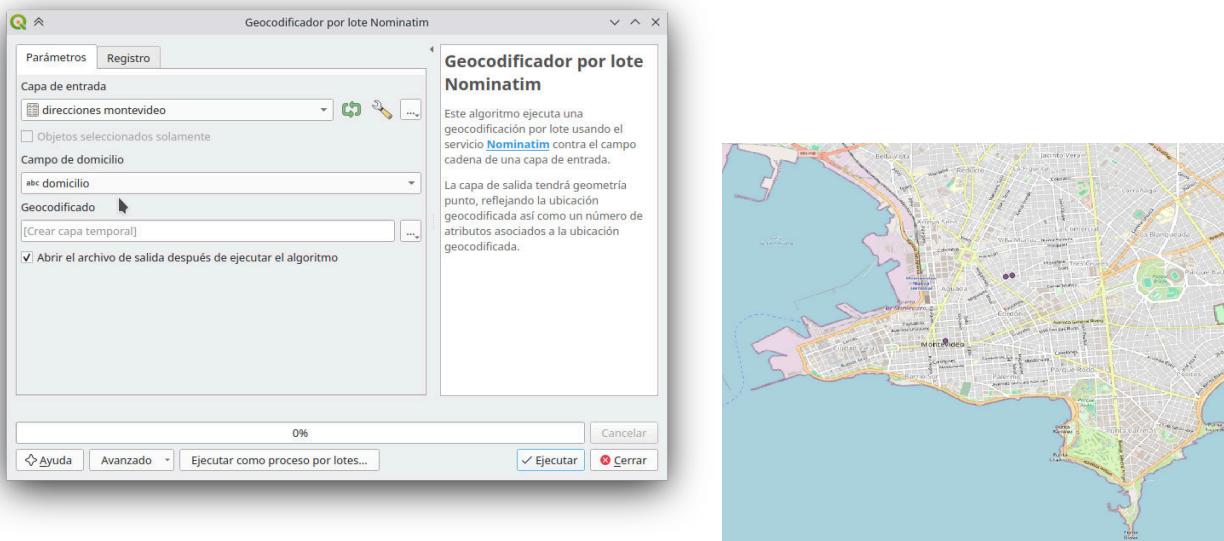


Figura 5.21: Geocodificador *Nominatim*. La imagen muestra las tres direcciones georreferenciadas en la *Ciudad de Montevideo, Uruguay*.

Así como se utilizó una capa borrador temporal se puede utilizar cualquier tipo de formato que acepte QGIS, como archivos de texto CSV o planillas de cálculo XLS, etc.

Nota: Para el campo de direcciones o domicilio postal se recomienda utilizar un formato similar al dado en este mismo ejemplo, es decir «calle número, localidad, país» o «calle número, localidad, provincia, país»³.

5.1.5.2. Complemento GeoCoding

Este plugin permite localizar un punto mediante la dirección postal o bien hallar las coordenadas dado un punto sobre el mapa. Su uso es muy simple y se activa desde el menú «Complementos» → «Geocoding» (una vez instalado el mismo). El complemento utiliza por defecto el servicio «Nominatim» para geocodificar, sin embargo esto puede configurarse para que use los servicios de «Google», pero con la diferencia que se necesitará ingresar una *API Key* válida para utilizar dicho servicio (ver aquí).

- **GeoCoding.** Esta opción agrega un punto en una nueva capa vectorial temporal con el resultado de la búsqueda de una dirección postal (utiliza la misma capa para todas las búsquedas que se realicen). Se sugiere el formato «calle número, ciudad, provincia, país» para obtener mejores resultados. Si el plugin no puede encontrar la dirección, emitirá un mensaje al respecto, y si halla más de una dirección mostrará una ventana con las opciones disponibles para la selección manual.

³

La precisión de las localizaciones dependerá también de cómo se encuentren cargados esos domicilios en OpenStreetMap, ya que muchas veces en las ciudades donde necesitamos geocodificar direcciones no están cargados correctamente los nombres de calles o las alturas correspondientes. Por ello se sugiere que si se necesita geocodificar recurrentemente direcciones postales en una localidad lo mejor es colaborar activamente con el proyecto OpenStreetMap mapeando las calles y numeraciones.

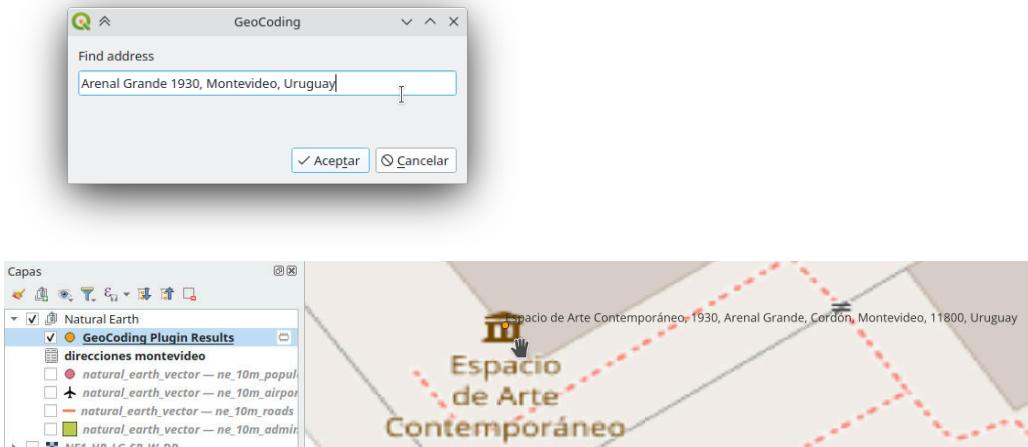


Figura 5.22: Se geocodificó la dirección del *Espacio de Arte Contemporáneo* de la *Ciudad de Montevideo, Uruguay*.

- Reverse Geocoding. La opción de Geocodificación inversa hace exactamente lo contrario a la anterior, devuelve la dirección a partir de un clic sobre el mapa. El complemento guarda el resultado de la consulta en una capa vectorial temporal.

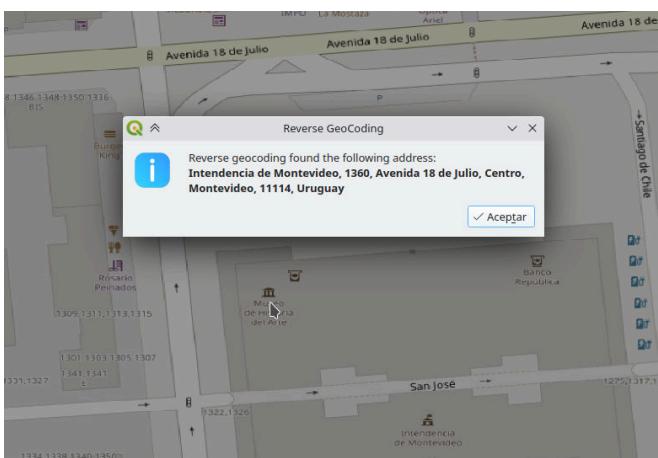


Figura 5.23: Geocodificación inversa. El plugin devuelve la dirección más precisa posible.

5.1.5.3. Complemento MMQGIS

Otra herramienta muy utilizada en QGIS para geocodificar direcciones es el complemento «MMQGIS», que es un poco más compleja de utilizar que las opciones anteriores puesto que permite ingresar una lista o lote de direcciones y distintos parámetros. El plugin en realidad contiene más herramientas que la geocodificación, por ejemplo tiene procesos de análisis, geometría, data management, etc.

Si bien uno de los puntos fuertes que tiene este complemento es que se pueden usar los servicios en linea de «Google» y «Nominatim» también permite utilizar una capa vectorial propia de tipo «callejero». Esto es una gran ventaja porque los servicios en linea tienen cierto límite de tiempo o cantidad de direcciones a geocodificar, en cambio si se utiliza una capa local de calles esto ya no es un impedimento. Además, el uso de una capa de líneas propia permite adaptar la geocodificación a otros casos como podría ser por ejemplo la localización de puntos sobre un sistema de vías de ferrocarril que contengan el dato de las progresivas.

Geocodificación con servicios en línea La geocodificación en línea utiliza los servicios de *Google* o *Nominatim* y tratará de buscar la dirección más exacta posible para devolver las coordenadas del punto, en caso de que no lo encuentre buscará alguna aproximación, y en el peor de los casos si no encuentra coincidencias apartará ese registro en un archivo aparte de forma que podamos hacer la búsqueda manual del mismo.

Si tenemos un listado con direcciones que queremos geocodificar será necesario que contenga los siguientes campos: «dirección» (*Address*), «ciudad» (*City*), «provincia» (*State*) y «país» (*Country*). El listado deberá

estar en un archivo con formato CSV con codificación UTF-8⁴ (puede trabajarse previamente en una planilla de cálculo como «MS Excel» o «LibreOffice Calc»). Podríamos utilizar los datos ya geocodificados como ejemplo:

id	nombre	direccion	ciudad	provincia	país
1	Museo Nacional de Historia Natural	Miguelete 1825	Montevideo	Montevideo	Uruguay
2	Espacio de Arte Contemporáneo	Arenal Grande 1930	Montevideo	Montevideo	Uruguay
3	Museo Pedagógico José Pedro Varela	Doctora Adela Reta 1175	Montevideo	Montevideo	Uruguay

Una vez instalado el plugin se activa desde el menú «MMQGIS» → «Geocode» → «Geocode CSV with web service».

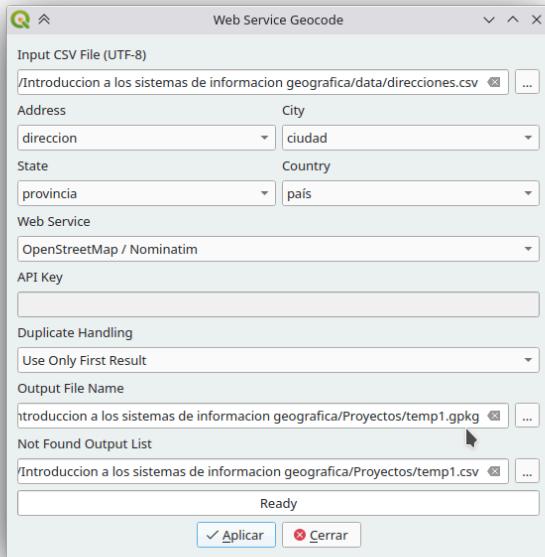


Figura 5.24: Georreferenciación con servicio en linea *OpenStreetMap/Nominatim*. Al aplicar se verá la barra de progreso que irá mostrando la cantidad de domicilios geocodificados exitosamente.

El plugin acepta cinco servicios web para georreferenciar, de los cuales los más utilizados son *Google* y *Nominatim*. El servicio de *Google* solicitará un API Key, que se deberá gestionar en la web propia de la marca. En cambio *Nominatim* es gratuito, con el límite de intervalo de un segundo por dirección georreferenciada.

Se deberá indicar si se quiere que se mapeen todos los resultados que el buscador encuentre o solo el primero (más relevante para el servicio), así también como la salida vectorial (puntos) de resultados en alguno de los formatos que permite el plugin (Shapefile, *GeoPackage*, etc.). También hay que definir ubicación y nombre de los registros no encontrados por el plugin (solo en formato CSV).

Nota: Hay que tener en cuenta que la georreferenciación de direcciones depende de la calidad del dato que se quiere geocodificar como también de los datos cargados en el servicio en linea. Por ello hay que conocer bien si las direcciones que se quieren listar en el mapa están bien documentadas, porque de lo contrario el plugin no será preciso en el proceso, dando lugar a puntos localizados en direcciones aproximadas o registros que se guardan en archivo aparte porque el buscador no logró encontrar el domicilio correspondiente. Mejorar la calidad del dato de domicilios a geocodificar aumenta la probabilidad de éxito del proceso, por ello se recomienda revisar y normalizar el listado de direcciones.

Geocodificación con callejero fuera de linea La geocodificación mediante un callejero propio es similar a la geocodificación en linea, con la salvedad de que la búsqueda de direcciones se limitará a la extensión de la capa «callejero» que se usará para el proceso. Este tipo de capa deberá ser de lineas y contener al menos un campo con el nombre de la calle, altura inicial, altura final y opcionalmente códigos ZIP. En general este tipo de capas vectoriales están segmentadas cuadra a cuadra, con la numeración inicial y final de cada lado (par e impar).

⁴La codificación *Unicode* es un estándar de codificación de caracteres, en particular se aconseja trabajar en lo posible con la codificación UTF-8 para cualquier tipo de capa vectorial.

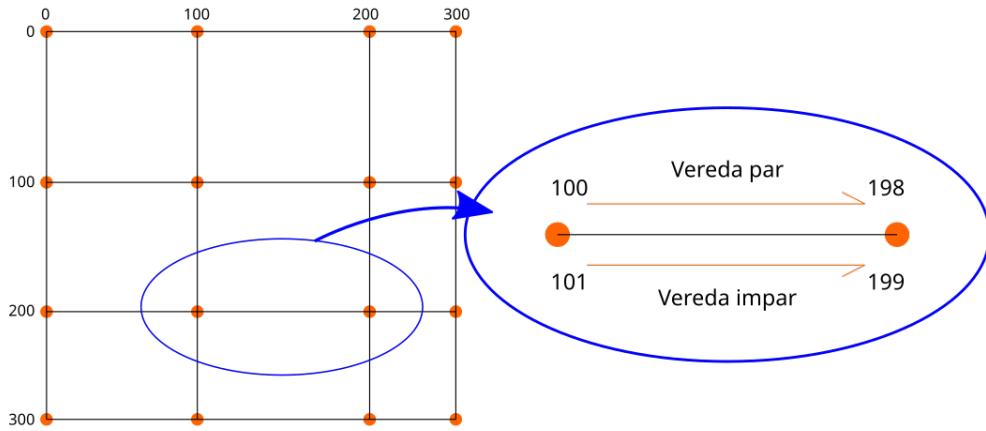


Figura 5.25: Un ejemplo de disposición de calles en una capa callejero. Se sugiere que las numeraciones iniciales y finales, pares e impares, estén en campos separados.

La geocodificación buscará la dirección exacta, es decir, tratará de encontrar el nombre de calle que se lista en el callejero, y si no lo encuentra apartará ese registro en una archivo aparte. Se activa desde «MMQGIS» → «Geocode» → «Geocode from street layer».

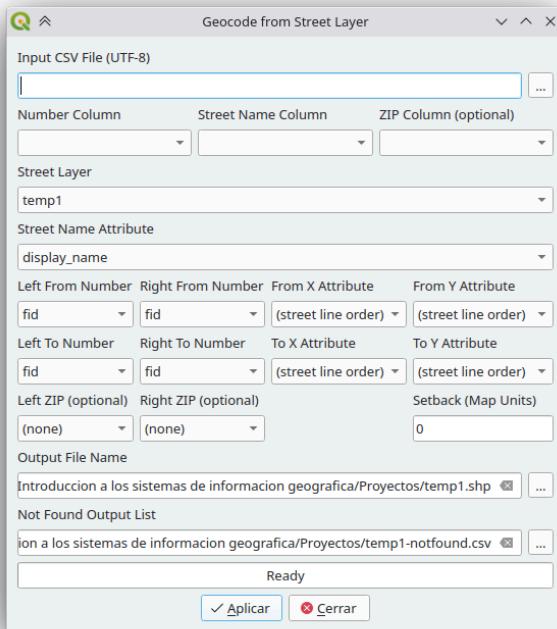


Figura 5.26: Georreferenciación con capa callejero local.

Se necesitará un archivo CSV con los campos nombre de calle y número (o altura). Opcionalmente se puede usar un campo de código ZIP (por ejemplo para distinguir distintas ciudades en un mismo listado). La configuración del plugin requiere que se definan los anteriores campos además del nombre de la capa callejero y el campo donde buscará el atributo de nombre. Se deberá indicar dónde tomar las numeraciones iniciales y finales, pares e impares (izquierda y derecha dependiendo de la normativa que se use en esa ciudad). En el campo «Setback» se define la cantidad de metros que se tomarán como distancia de cada lado del segmento de calle (offset), para distinguir las numeraciones de izquierda y derecha, porque en caso de no completar se mapearan sobre la linea del callejero.

Al igual que para el caso de la georreferenciación en linea, también aquí se deberá indicar los nombres y ubicaciones de los archivos de salidas, tanto para la capa de resultados vectorial como para los registros no coincidentes (CSV).

5.1.6. Análisis de redes

Dentro de las herramientas de análisis de redes que se encuentran en el núcleo de QGIS se encuentran las áreas de servicio y el cálculo de ruta más corta. Para todos ellos se necesita contar con una capa vectorial de red o ruta que servirá de base para el análisis.

Los problemas de redes suelen darse cuando se necesita establecer un camino entre dos o más puntos, o cuando se estudian cálculos de costos de tiempo dentro de una red. Un caso puede ser el análisis de una red ferroviaria con múltiples conexiones donde se necesitan conectar varias ciudades con un servicio. Otro ejemplo puede ser el cálculo de ruta de un cartero que debe recorrer varias direcciones en cierto orden determinado.

Las herramientas que veremos a continuación pueden servir para resolver este tipo de problemáticas, sin embargo para problemas realmente complejos de este tipo recomendamos el estudio de complementos como *pgRoutingLayers*, *ORS Tools* y *QNEAT3*.

A continuación usaremos en todos los casos la capa «roads» de *Natural Earth* como capa de caminos y reproyectaremos la capa a EPSG:3857 para que los cálculos sean en unidades métricas (la llamaremos «caminos»). Asimismo utilizaremos el algoritmo de «Tipo de ruta a calcular» «Más corta», ya que la capa no dispone de datos de velocidad por tramos entre sus atributos (ver «Advanced parameters» al final de esta sección).

Todos los procesos se encuentran en la «Caja de herramientas de procesos» ().

5.1.6.1. Ruta más corta (punto a punto)

Esta herramienta permite encontrar el camino (más rápido o más corto) entre dos puntos. Por ejemplo podemos estudiar el camino más corto entre las ciudades Australianas de «Perth» y «Canberra» marcándolas manualmente en el mapa como «Punto de inicio» y «Punto final»:

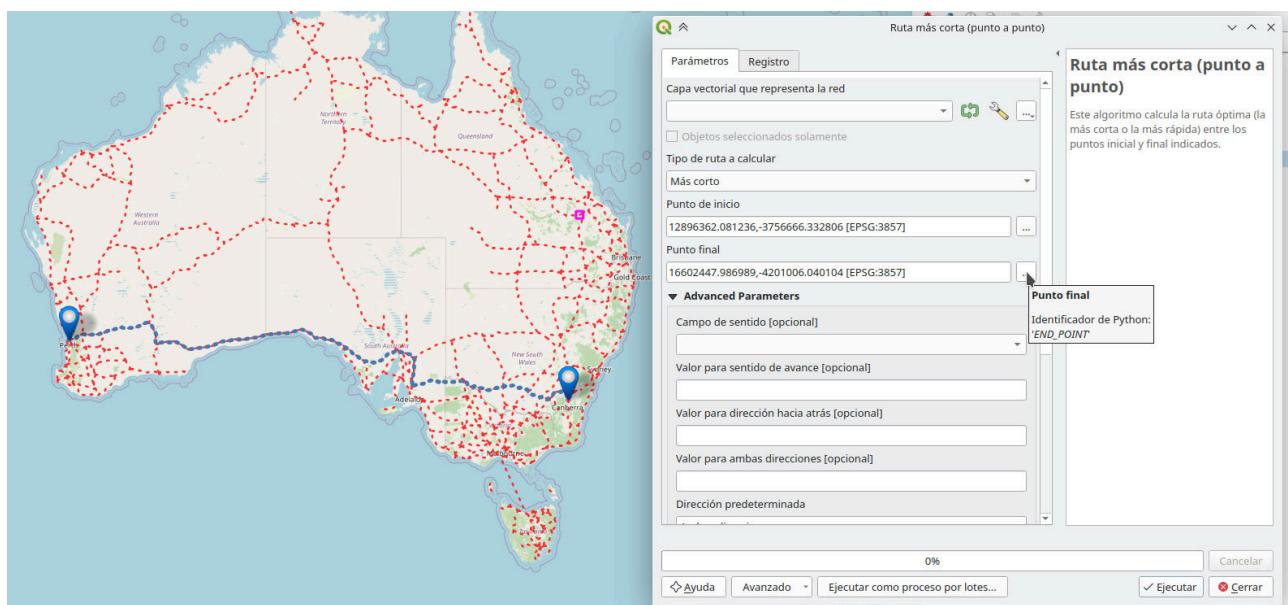


Figura 5.27: El camino trazado muestra el camino más corto calculado entre esas ciudades. Para mostrar mejor los puntos de salida y llegada se los marcó previamente en una capa de anotación temporal.

5.1.6.2. Ruta más corta (punto a capa)

El proceso es similar al anterior, solo que en este caso se harán múltiples cálculos desde un punto ubicado manualmente en el mapa hacia todos los puntos de una capa (o subconjunto de puntos seleccionados).

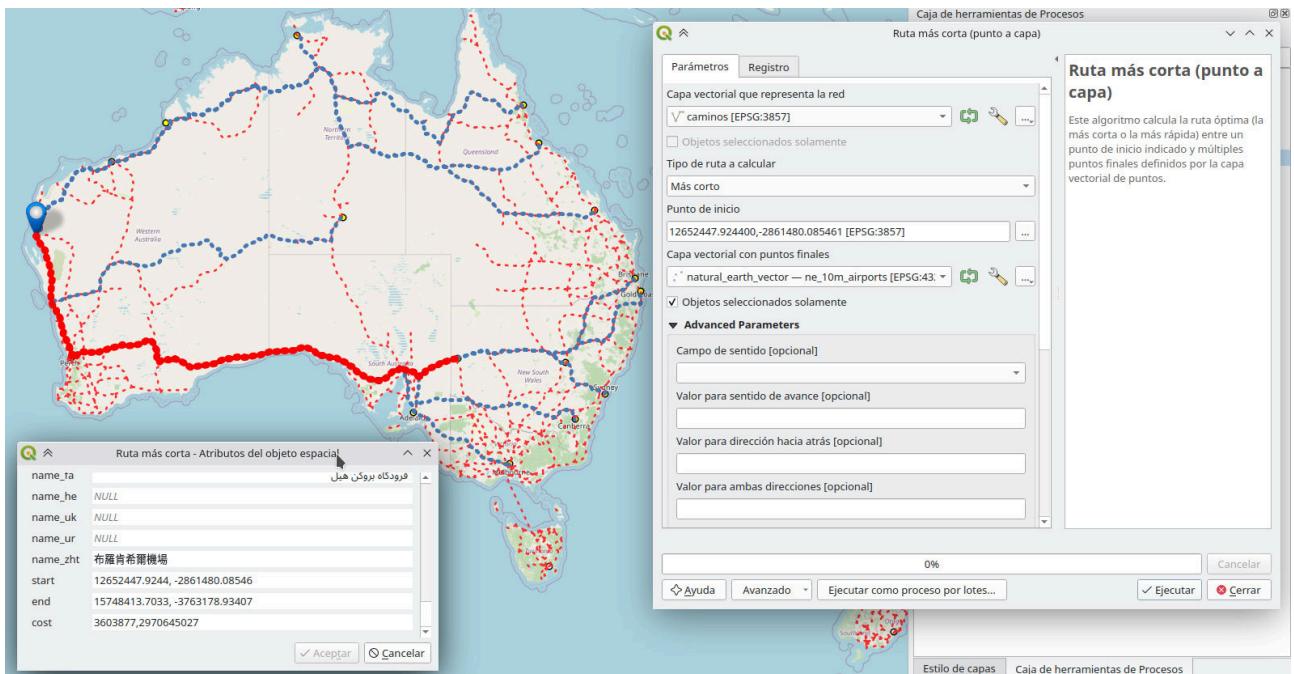


Figura 5.28: El punto de partida está en la ciudad costera Australiana de «Carnarvon» y los puntos de llegada son puntos de la capa «airports» (previamente seleccionados).

5.1.6.3. Ruta más corta (capa a punto)

De forma inversa al algoritmo anterior, este proceso calcula rutas óptimas desde una capa de puntos (o subconjunto previamente seleccionado) hacia un punto determinado.

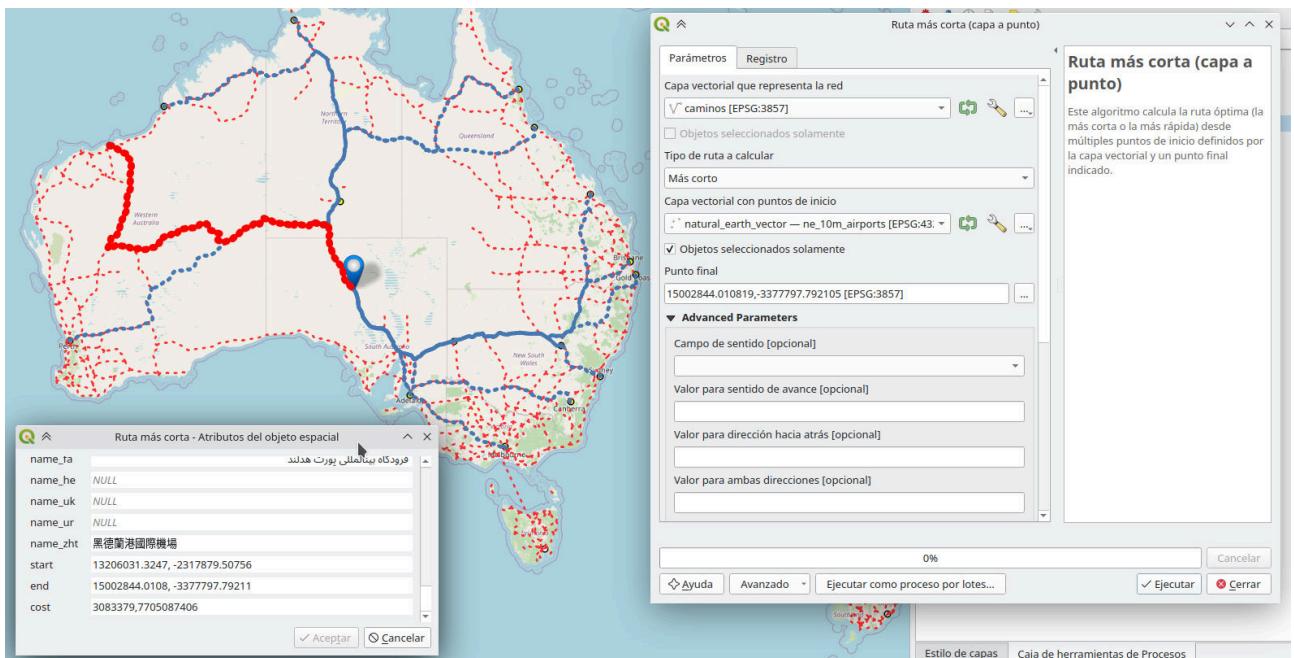


Figura 5.29: Se observan todas las rutas desde los aeropuertos («airports») hacia la ciudad de «Coober Pedy» en el centro de *Australia*.

5.1.6.4. Área de servicio (desde punto)

Dado un punto sobre una red y una distancia (o tiempo) determinado, el algoritmo de «Área de servicio» calcula el avance que se tendrá desde dicho punto hacia afuera de la red. Visto de otra forma las áreas de servicio son una especie de buffer desde un punto sobre una red de líneas en donde puede utilizarse para el cálculo tanto distancia como tiempo.

Este algoritmo puede responder a problemas de optimización como por ejemplo ¿hasta qué parte del territorio puedo alcanzar con cierta cantidad de combustible sabiendo que el máximo son 600km?.

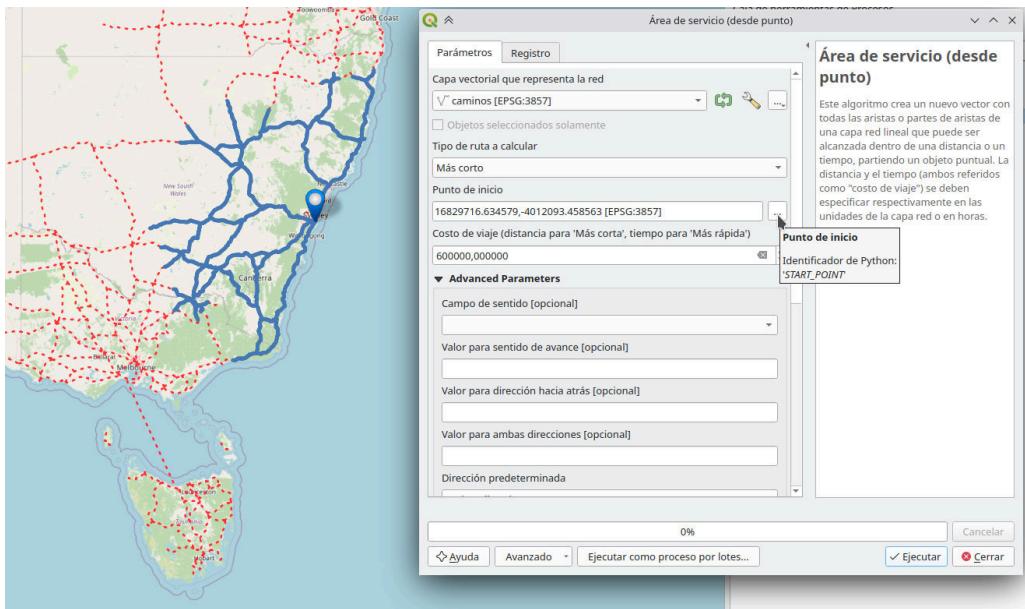


Figura 5.30: Se ha calculado el alcance de 600 kilómetros (600000m) desde la ciudad Australiana de «Sidney».

5.1.6.5. Área de servicio (desde capa)

De forma similar al algoritmo anterior, este proceso toma una capa de puntos (o subconjunto previamente seleccionado) y calcula el área de servicio desde cada uno de ellos.

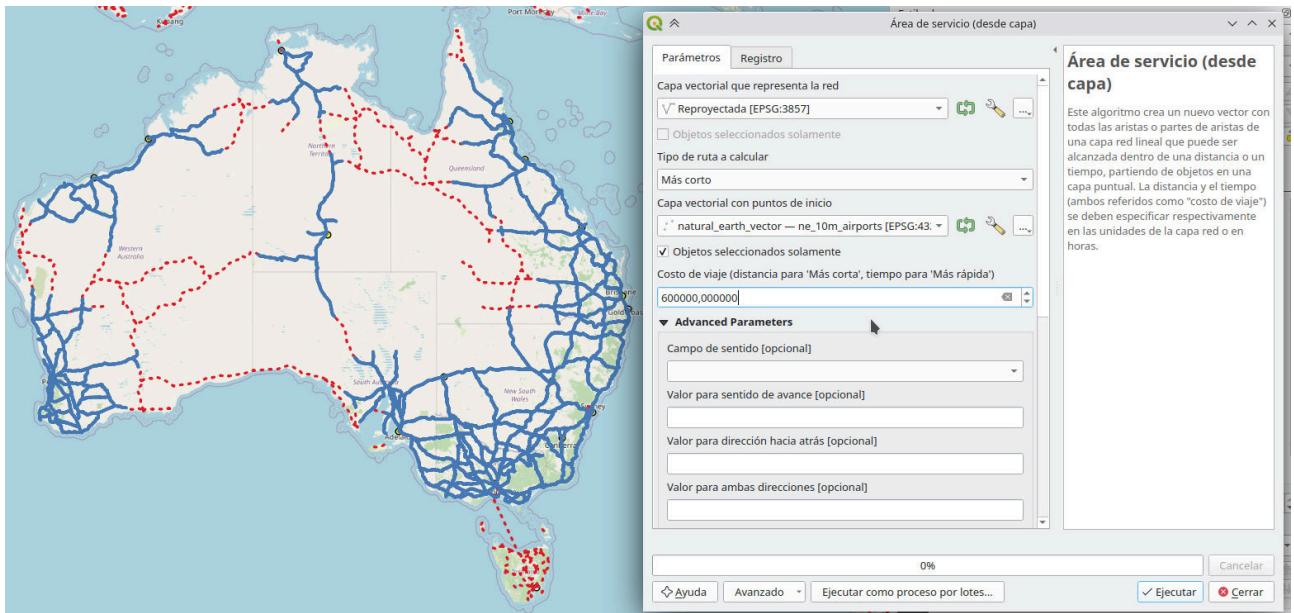


Figura 5.31: La capa de puntos de inicio son los aeropuertos australianos de la capa «airports».

5.1.6.6. Advanced Parameters

Para cada uno de los procesos anteriores hemos tomado la configuración más sencilla al hacer los cálculos, dejando por defecto los parámetros avanzados que ofrecen. Explicaremos a continuación los parámetros que pueden configurarse en caso de que se pueda o se necesite.

Advanced Parameters

Campo de sentido [opcional]
Valor para sentido de avance [opcional]
Valor para dirección hacia atrás [opcional]
Valor para ambas direcciones [opcional]
Dirección predeterminada
Ambas direcciones
Campo de velocidad [opcional]
Velocidad predeterminada (km/h)
50,000000
Tolerancia de topología
0,000000 metros

Figura 5.32: Parámetros avanzados comunes en los algoritmos de análisis de redes.

Campo de sentido [Opcional] Solo para el caso de que tengamos una capa de red con un campo en donde cada vector tenga el valor de sentido configurado. Para una capa de tipo «callejero» podría contener un campo llamado «sentido» con valor de atributo «ambos» para cuando la calle permite ambos sentidos de avance, «directo» para cuando el avance de calle coincide con el sentido en que se dibujó el vector e «inverso» para cuando el sentido de avance es contrario.

Valor para dirección de avance [Opcional] Siempre que tengamos un atributo donde figure el sentido, tendremos que escribir aquí el valor para el avance. En el caso anterior el valor sería «directo».

Valor para dirección de hacia atrás [Opcional] Siguiendo la misma idea anterior, aquí el valor sería «inverso».

Valor para ambas direcciones [Opcional] De igual forma, aquí irá el valor del atributo donde se define el sentido en ambas direcciones. En nuestro ejemplo «ambos».

Dirección predeterminada. Por defecto la dirección predeterminada se da para ambos sentidos, es decir que si no definimos un sentido el proceso asume que cada linea de la red puede ser tomada en cualquier dirección. Si tenemos una red donde el sentido de dibujo es igual al sentido donde se puede avanzar, entonces podemos configurar este campo en «Sentido de avance».

Campo de velocidad [Opcional] Solo en el caso de que nuestra red de lineas contenga un campo donde se haya configurado la velocidad máxima (km/h) para cada tramo y que se haya elegido el «Tipo de ruta a calcular» como «Más rápido».

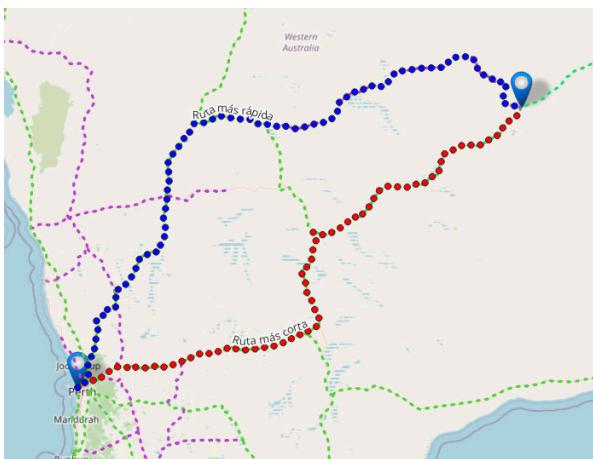


Figura 5.33: La linea de puntos azul es la ruta más rápida y la roja es la más corta. Para hacer este cálculo hemos creado previamente un campo nuevo en la capa de «caminos» donde asignamos velocidades a cada tramo según su clasificación «type» (autopistas, caminos, derivaciones, etc).

Velocidad predeterminada (km/h) Solo para el caso de «Tipo de ruta a calcular» igual a «Más rápida», si no se activa este parámetro se tomará por defecto 50km/h y el resultado será similar al de ruta «Más corta», pero la capa de salida tendrá el campo costo expresado en horas en lugar de km.

Tolerancia de topología Al observar en detalle las redes de caminos de la capa «roads» hemos detectado que no se unen topológicamente entre sí en algunas partes del mundo, por eso si al hacer nuestros cálculos vemos que la ruta calculada se aleja visualmente de lo óptimo o arroja error de cálculo debemos configurar el valor de «Tolerancia de topología» dentro de «Advanced Parameters». Este parámetro de configuración hace que la ruta pueda «saltarse» cierta cantidad de metros (o unidad elegida) entre nodo y nodo si es necesario, como si se tratara de una unión topológica perfecta entre nodos de las distintas líneas que componen la capa.

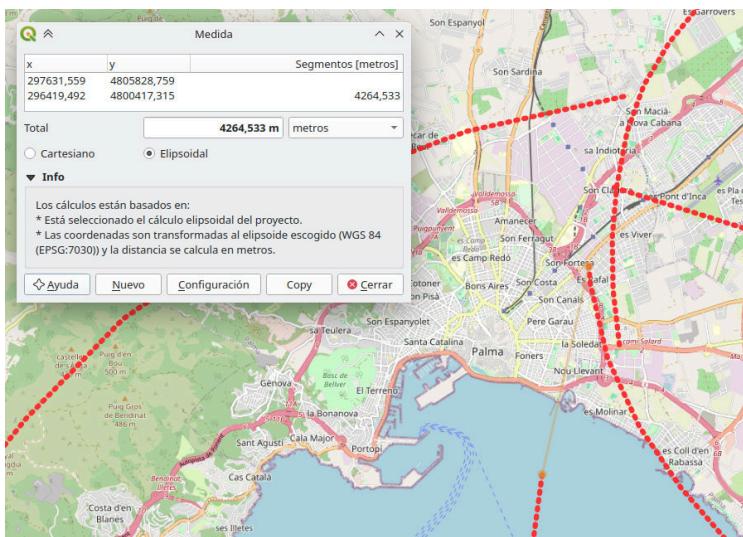


Figura 5.34: En la *Isla de Mallorca* se observa que las trazas deberían unirse entre sí para generar una red de caminos continua, sin embargo ya figura así en el dataset original. En este caso particular se recomienda utilizar «Tolerancia de topología» no menor a 5km, o bien modificar manualmente los nodos para que la red sea topológicamente continua.

5.1.7. Herramientas de geoprocessos y geometría

En esta sección aprenderemos a utilizar algunas herramientas de geometría y geoprocessos que son utilizadas frecuentemente en el análisis vectorial. Trataremos de brindar ejemplos concretos con las capas de datos que disponemos. Es posible que se omita de aquí en adelante la localización de cada herramienta dentro del programa QGIS, ya que se pueden encontrar dentro de los sub-menús del apartado «Vectorial» en la barra superior, desde la caja de herramientas (recomendado), o bien desde el caja «localizador» 2.28 a la izquierda de la barra inferior⁵.

Nota: Algunos de los algoritmos que se describen a continuación pueden ser ejecutados de forma que se apliquen directamente sobre la capa de origen o bien que generen una nueva capa producto. Asimismo las que describimos a partir de este apartado se encuentran en el núcleo de QGIS, aunque también es posible que otros proveedores de procesos puedan brindar funcionalidades similares, como «SAGA», «GRASS», «WhiteboxTools» o «R» (ver menú «Configuración» → «Opciones...» → «Procesos» → «Proveedores» para conocer qué procesos están disponibles en el sistema).

5.1.7.1. Comprobación de validez de geometría

Al procesar algunos algoritmos es posible que QGIS emita en el registro algún tipo de advertencia del tipo *geometría inválida*:

«El objeto (1) de "natural_earth_vector — ne_10m_ocean" tiene geometría inválida. Por favor corrige la geometría o cambia la opción "Filtrado de objetos inválidos" para esta entrada o globalmente en las opciones de procesamiento. Execution failed after 0.22 segundos».

⁵La caja «mágica», que resulta muy útil para el trabajo cotidiano con QGIS.

Para resolver este inconveniente y poder continuar el proceso se recomienda en principio verificar la validez de geometría de la capa que se menciona o bien obligar al programa a que ignore ese error de alguna manera y siga adelante con el proceso (aunque esto pueda dar lugar a errores geométricos en la salida del mismo).

Una forma de hacer esto último es ingresar en el botón de «Opciones avanzadas» de la capa (⚙) de la pestaña «Parámetros» del proceso y allí seleccionar la opción «Do not Filter» para el campo «Invalid feature filtering».

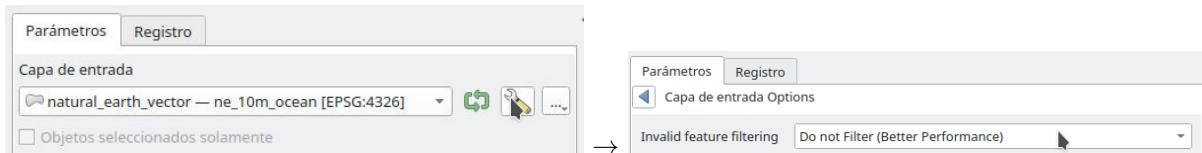


Figura 5.35: Opciones avanzadas para el procesamiento de geometrías inválidas.

Otra forma de solucionar este problema es utilizar la herramienta «Comprobar Validez...» (✓) del sub-menú «Geometría» dentro de «Vectorial». Esta herramienta verificará si las geometrías cumplen con ciertos criterios topológicos con el fin de encontrar errores en la composición geométrica como vértices duplicados, registros sin geometría, etc. A veces, cuando aplicamos ciertos procesos como intersecciones o diferencias, se producen duplicados de vértices, y esta herramienta ayuda a subsanar esos errores.

El resultado del proceso devolverá una capa de *geometría válida*, una *geometría no válida* y otra de *salida errónea* (que contiene puntos donde se dan los conflictos). Se recomienda el método «QGIS» por sobre «GEOS» ya que es más exhaustivo. Luego habrá que revisar manualmente la geometría inválida y repararla, eliminando nodos duplicados, auto-intersecciones, etc.

Por último, aparte de recomendar utilizar las herramientas «Corregir geometrías» y «Borrar nodos duplicados» para subsanar posibles errores de geometría, también se sugiere activar un complemento que viene instalado por defecto en QGIS (pero no activo): *Comprobador de geometría* (Menú «Vectorial»). El plugin tiene múltiples opciones para detectar errores de geometría, y una vez comprobados es posible repararlos automáticamente dentro de la misma herramienta:

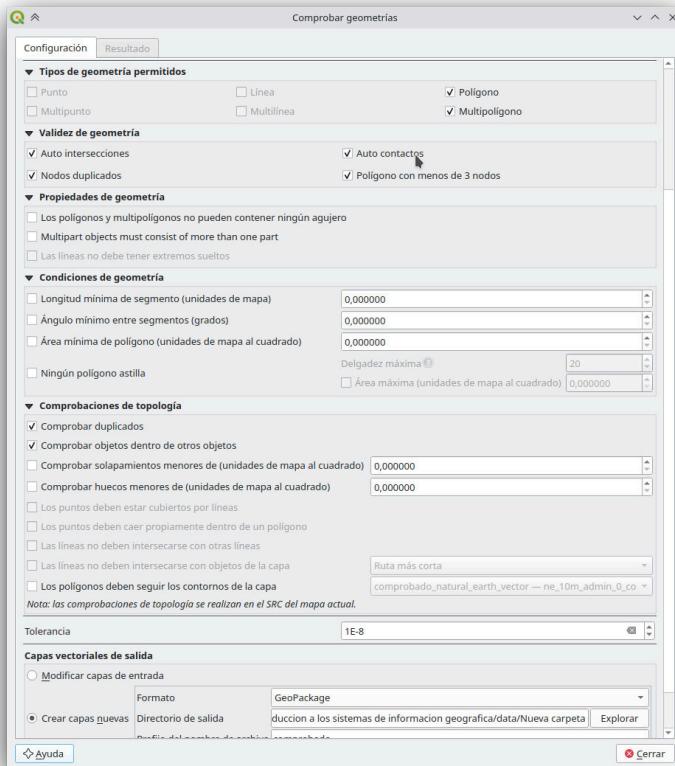


Figura 5.36: Se pueden seleccionar las capas a seleccionar como así también múltiples parámetros como las auto-intersecciones, nodos duplicados, etc.

5.1.7.2. Buffer o zona de influencia

En la sección de selección avanzada ya se mencionó la palabra buffer para la «Selección distancia adentro», veremos ahora con mayor detalle de qué se trata un buffer. Es una herramienta de análisis vectorial que permite generar una capa poligonal a partir de otra cualquiera mediante una distancia determinada, es decir que dibuja un área o zona de influencia a partir de una geometría y una distancia dada. En programas del tipo *CAD* esta herramienta es conocida como «offset» o «equidistancia».

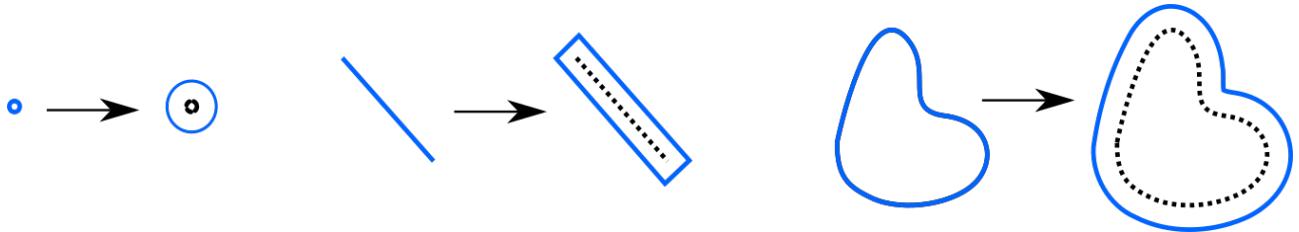


Figura 5.37: Ejemplos del proceso de buffer para los tres tipos de geometría vectorial: puntos, linea y polígono.

Buffer Para entender mejor cómo se utiliza y para qué sirve esta herramienta realizaremos un ejemplo con la capa de ciudades («populated_places») de la *Provincia de Córdoba, Argentina*. Pero antes deberemos reproyectar⁶ los datos a un SRC métrico, en nuestro caso POSGAR 98 / Argentina 4 (faja 4) cuyo número EPSG es 22174⁷, ya que el radio que ingresemos será en metros y la capa original de puntos está en coordenadas geográficas EPSG 4326. Seleccionamos los puntos que están dentro de la provincia y reproyectamos tal como se indica en la siguiente figura (ver tilde en casilla de «Objetos seleccionados solamente»), generando una nueva capa temporal de puntos:

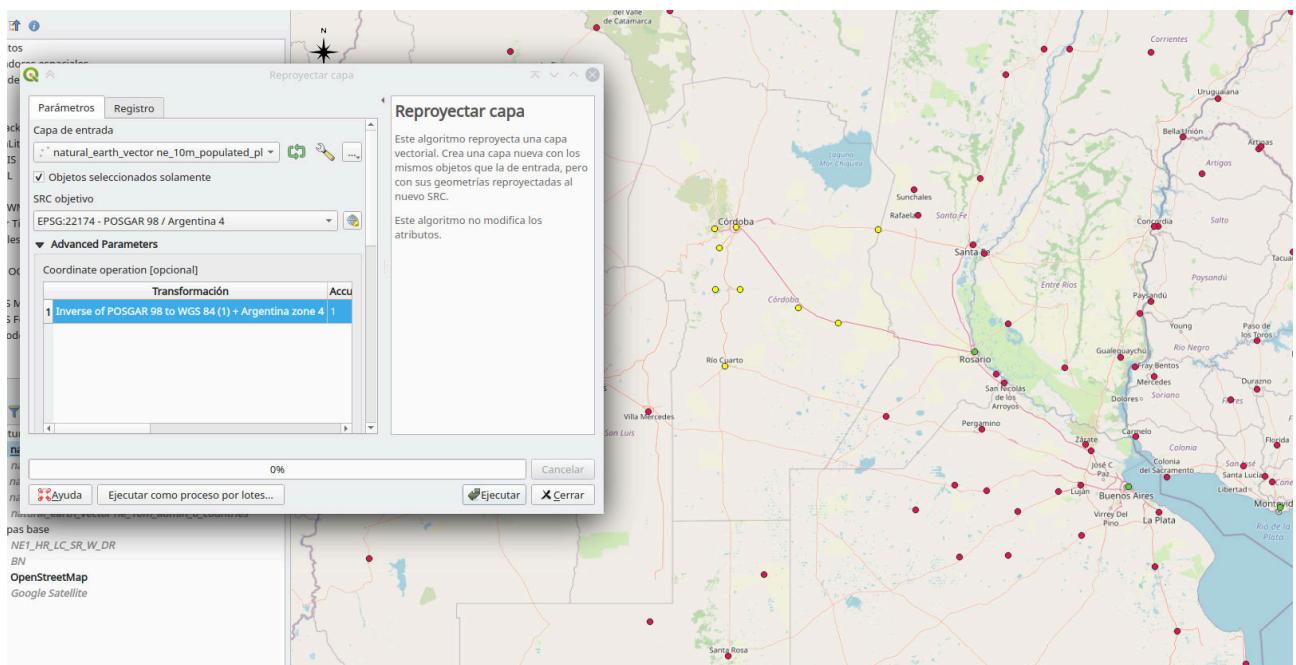


Figura 5.38: Reproyección de SRC.

Ahora sí, con los puntos resultantes realizaremos el proceso de buffer con la premisa de poder resolver la siguiente inquietud: Calcular un área de influencia para cada ciudad de 50km de radio. Comenzaremos seleccionando la capa para la cual queremos aplicar el buffer y luego activaremos la herramienta «Buffer...» (BUF) desde el menú superior vectorial o bien desde la caja de herramientas. Nos aparecerá la siguiente ventana, que deberemos configurar como se muestra:

⁶La reproyección no es más que la conversión matemática de un SRC a otro para un conjunto de geometrías. En los primeros capítulos se describió un detalle de ésto, por lo que no se considera necesario aquí volver a tratar el tema. En el caso particular de este ejemplo solo nos interesa reproyectar un subconjunto de puntos a un sistema local.

⁷En rigor hay que decir que el sistema POSGAR 98 ha sido reemplazado actualmente por el POSGAR 2007, pero a fines de explicar cómo funciona este proceso cualquiera de los dos es útil.

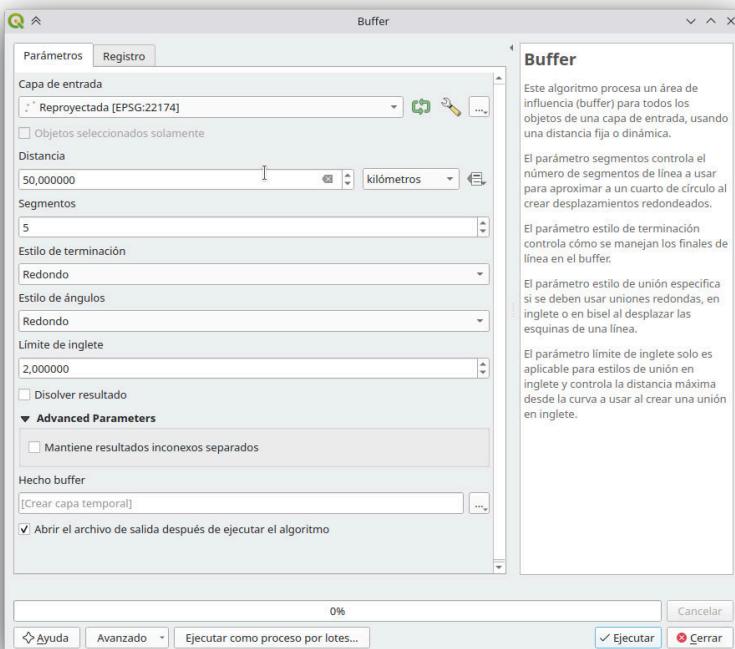


Figura 5.39: Buffer de 50km sobre la capa de ciudades (reproyectada a EPSG 22174).

- El parámetro de distancia se puede configurar para que el resultado sea en metros, kilómetros u otros sistemas.⁸
- La cantidad de segmentos (por defecto 5) determina qué tan redondeado será el resultado del buffer, donde a mayor número más suave se obtiene el contorno. Se recomienda dejar ese valor y modificarlo solo en el caso de que sea necesario.
- El parámetro del estilo de terminación, así como los límites de inglete se utilizan solo en buffers de lineas, y maneja cómo se realiza el buffer en los extremos de segmento.
- La casilla de verificación «Disolver resultado» permite hacer que en lugar de realizar un objeto buffer por cada objeto de la capa de origen, se unifiquen en un único multi-polígono.
- La casilla de verificación dentro de parámetros avanzados permite disolver solo aquellos polígonos que tienen conexión topológica, es decir disuelve aquellos objetos cuya unión es un solo objeto conexo y deja sin disolver los que no cumplen esta condición.

⁸

A veces es posible, y tiene sentido, aplicar valores negativos de buffer en capas poligonales. Como ejemplo tenemos el caso de establecer un buffer interior para control de límites fronterizos.

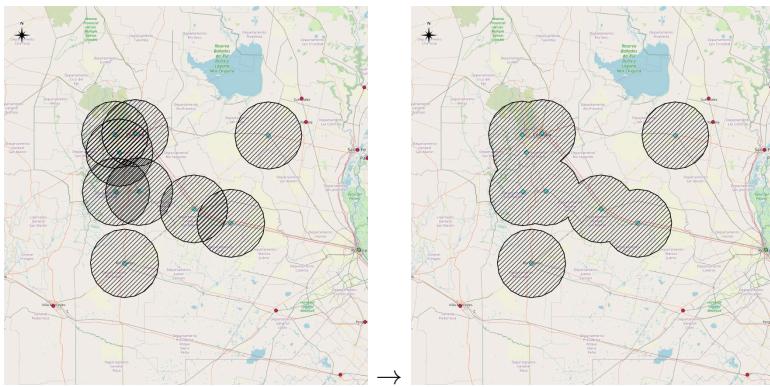


Figura 5.40: Resultados del buffer, aplicados con un estilo que permiten distinguir el resultado obtenido. A la izquierda, sin disolver. Imagen derecha, disuelto.

Buffer por radio diferenciado Es posible aplicar un buffer a una capa de objetos donde el parámetro de radio no sea absoluto, sino que esté determinado por el valor de un campo o cálculo. Por ejemplo si aplicamos la fórmula siguiente se obtiene un buffer con radio diferenciado para cada objeto:

"RANK_MAX"*1000

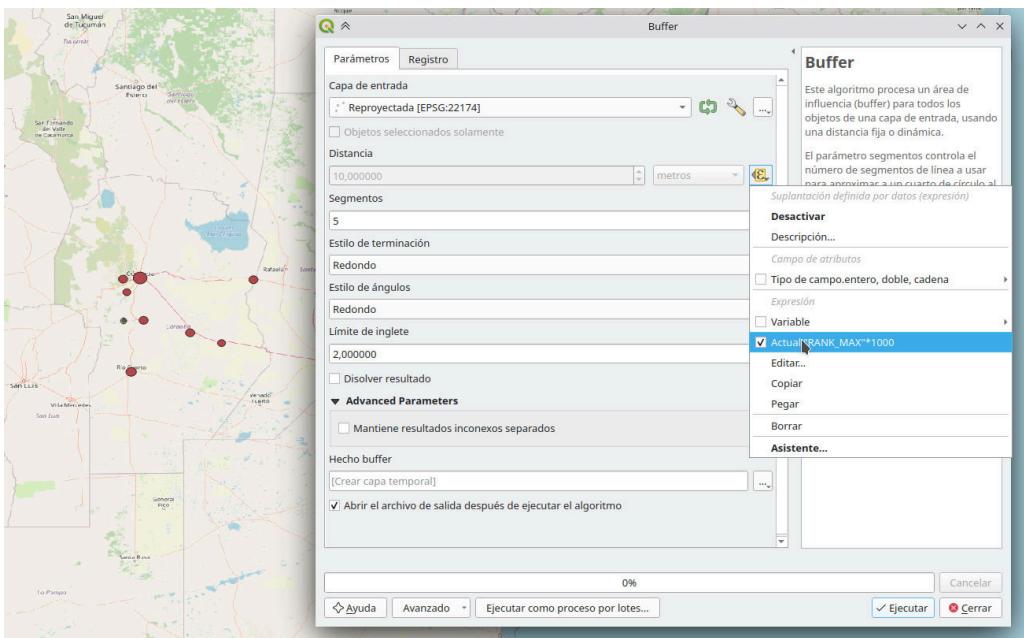


Figura 5.41: Diferentes radios por cada objeto, determinados por fórmula. La unidad en este caso es la misma que la unidad del mapa (metro).

Otro ejemplo de buffer diferenciado puede darse en una capa vectorial de rutas o calles (lineas), donde figure el ancho de calzada para cada segmento en algún campo. El resultado del buffer mostrará una nueva capa poligonal donde cada segmento es ahora la superficie que ocupa la calle.

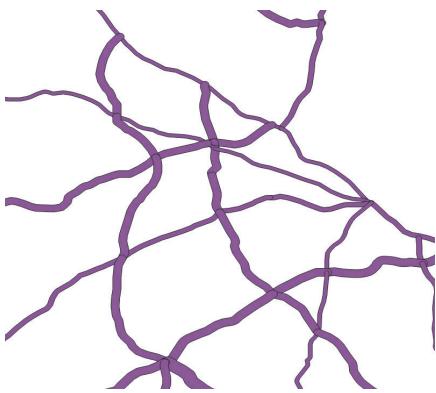


Figura 5.42: En este ejemplo se utilizó la capa de rutas (roads) y se aplicó la fórmula «SCALERANK*500», de esta forma se generan buffer de líneas de distinto grosor (aunque ahora son polígonos).

Buffer a un lado Este tipo de buffer simplemente permite calcular buffer a un lado u otro de un objeto vectorial lineal. Los parámetros a determinar son los mismos que para un buffer común, con la salvedad de que se debe determinar si se quiere realizar a la izquierda o derecha de la linea, teniendo en cuenta el sentido en el que fue digitalizado el vector. El proceso se puede encontrar en la «Caja de herramientas» o desde el «Localizador».

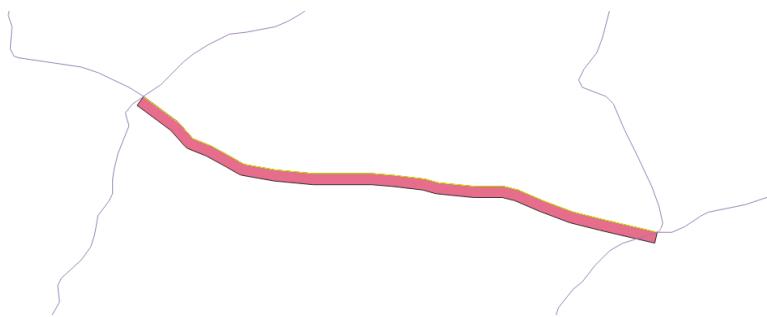


Figura 5.43: Buffer a un solo lado (izquierdo) de un solo tramo de ruta de la capa «roads».

Buffer multi-anillos Los buffer multi-anillos son prácticos a la hora de establecer áreas de influencia adyacentes a distancias constantes. El siguiente ejemplo muestra un buffer de 300 kilómetros a partir de la línea de frontera o administrativa, pero segmentado en 3 sectores de 100, 200 y 300 metros:

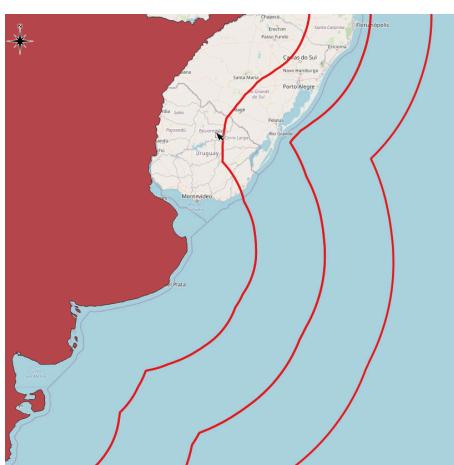


Figura 5.44: Buffer de 300km segmentado en 3 sectores. Se modificó la transparencia en el estilo de la capa buffer para poder mostrar los tres polígonos creados.

Nota: En el ejemplo se utilizó el polígono correspondiente a Argentina, previamente reproyectado a un SRC métrico.

5.1.7.3. Offset de líneas

Para capas de líneas es posible aplicar un proceso que en dibujo con CAD es habitual: *offset o desplazamiento*. Se lo utiliza cuando se necesita establecer una o más líneas paralelas a otras existentes, como podría ser por ejemplo el eje de una vía de tren y de forma paralela un tendido eléctrico.

Veremos a continuación dos procesos que permiten hacer esto con algunas diferencias entre ellas.

Compensar (offset) de líneas Este proceso (.) permite generar a un lado u otro de una linea un desplazamiento a cierta distancia (a la izquierda si es positiva y a la derecha si es negativa).

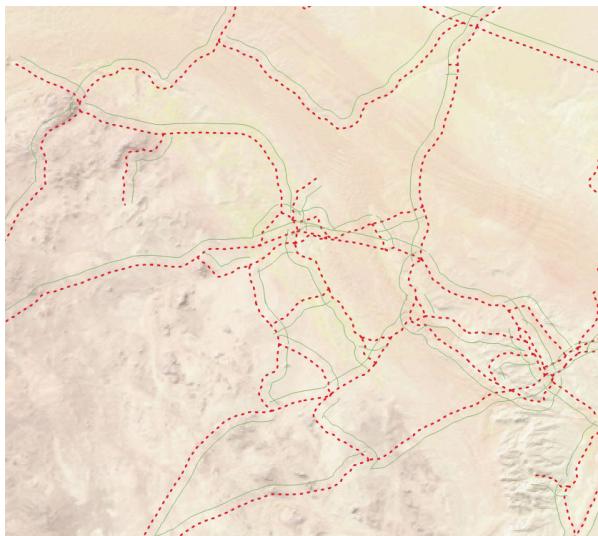


Figura 5.45: La linea roja punteada de caminos tiene ahora un offset lateral.

Arreglo de líneas desplazadas (paralelas) Otra forma de generar offsets de líneas es mediante esta herramienta, con la diferencia de que puede generar varios desplazamientos consecutivos a la vez.



Figura 5.46: Desplazamiento de líneas múltiples.

5.1.7.4. Intersección de capas

Intersección La «Intersección...» (.) de capas supone que tenemos dos capas poligonales que se superponen. El concepto detrás de la intersección reside en seleccionar y recortar aquellas áreas comunes a dos capas al mismo tiempo. Por defecto la intersección contendrá datos de tabla comunes a ambos conjuntos, aunque es posible seleccionar qué campos se deberán conservar en el proceso.

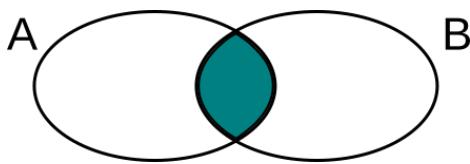


Figura 5.47: Intersección. El resultado son los elementos comunes entre las dos geometrías.

Si los polígonos de las dos capas no tienen áreas de superposición alguna entonces la operación arrojará una capa vacía, sin objetos, ya que no hay intersección posible. Esta operación puede darse en casos donde tengamos dos regiones administrativas que se solapen, como podría ser un territorio en disputa entre dos países.

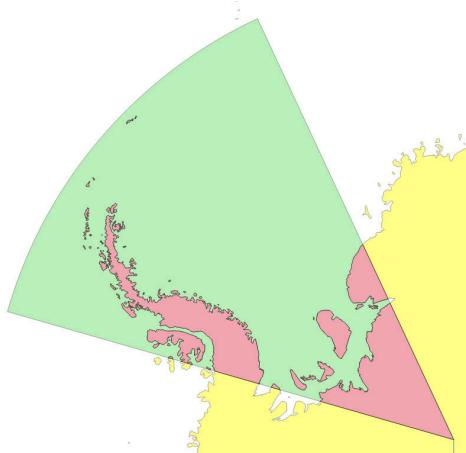


Figura 5.48: El ejemplo muestra en color amarillo el continente antártico, en verde el sector circular que reclama *Argentina*, y en rosa la intersección entre esos dos polígonos. Para generar esta imagen se utilizó la reproyección al vuelo EPSG:3031 *Antarctic Polar Stereographic*. La capa está en el *GeoPackage* de *Natural Earth* y se titula «*antarctic_claims*».

Intersección de líneas Es una forma particular de intersección entre dos capas de líneas. Este algoritmo crea puntos donde las líneas de la capa de intersección cruzan las líneas de la capa de entrada. Opcionalmente se permite qué atributos de cada capa se van a mantener en la capa resultante.

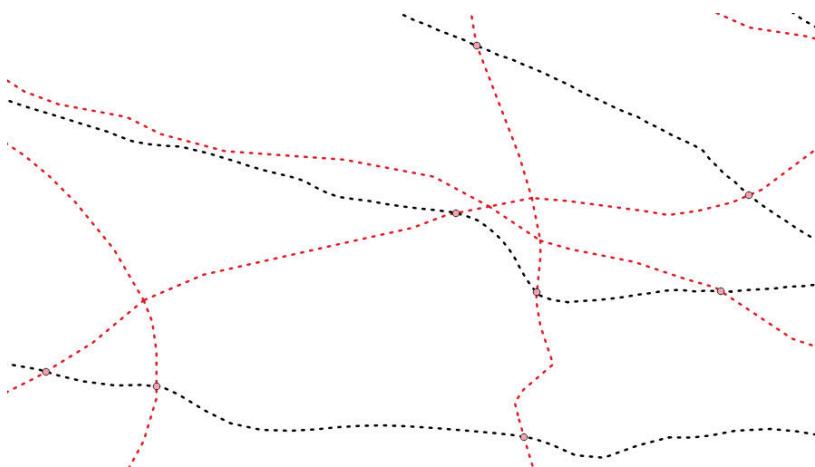


Figura 5.49: Los puntos son las intersecciones o cruces entre las vías del ferrocarril (negro) y las rutas (rojo).

5.1.7.5. Unión de capas

La unión de capas puede darse en situaciones donde necesitamos unir dos capas de la misma geometría. No es necesario superposición de objetos, y en caso de que exista el resultado de la unión tendrá limitadores que harán explícita esa situación.

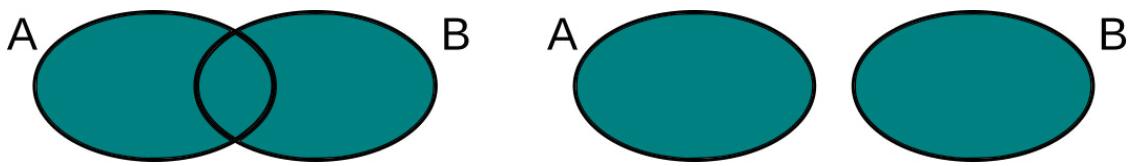


Figura 5.50: Unión. El resultado es una suma de conjuntos.

Unión La «Unión...» (⊕), como operación geométrica, indica que se sumarán todas las áreas del primer conjunto y del segundo, así sea que tengan elementos en común o no. Una posible aplicación de la unión podría darse entre dos capas distintas de parcelas, por ejemplo, uno rural y otro urbano, por lo que el resultado de la operación sería un parcelario unificado: y en ese caso particular conviene que no exista solapamiento entre los objetos de las capas.

En el proceso de «Unión» cada objeto tendrá los campos de atributos de ambas capas, por lo que es posible distinguir el origen de capa de cada elemento, y si los nombres de campo se repiten entonces QGIS colocará el valor numérico «2» detrás de los nombres de la segunda capa.

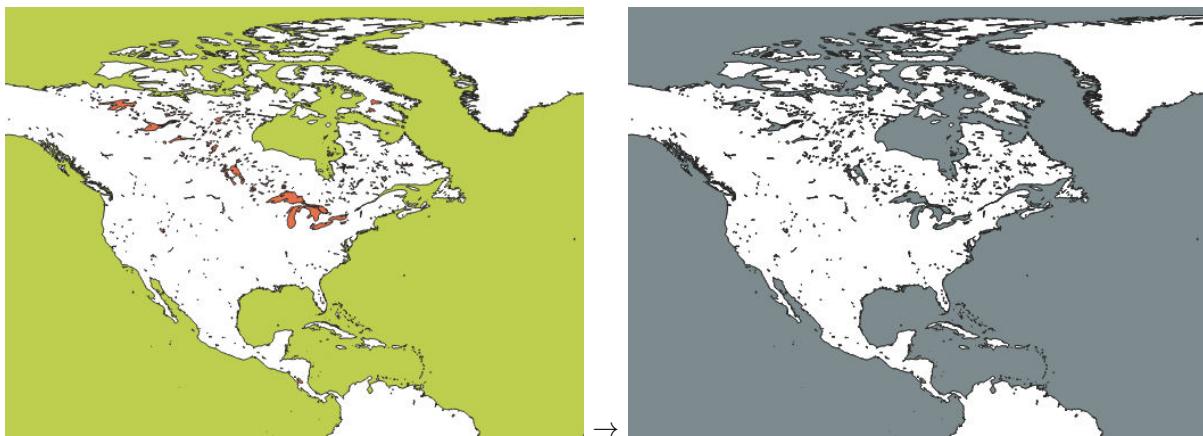


Figura 5.51: A la izquierda la capa de océanos (*ocean*) en verde y lagos (*lakes*) en naranja. A la derecha las dos capas de unidas.

Unir capas vectoriales Si el comportamiento anterior de la duplicación de campos con igual nombre no es deseable, convendrá entonces utilizar en su lugar la herramienta «Unir capas vectoriales...» (↙), que a diferencia de la unión convencional utiliza el mismo nombre de campo si se repitieran. Este procedimiento se conoce también como «merge» (unir o fusionar en inglés).

Opcionalmente el algoritmo permite establecer un nuevo SRC para la capa de salida. Se heredarán también atributos de tipo de geometría de las capas de entrada.

5.1.7.6. Diferencia simétrica entre capas

La «Diferencia simétrica...» (⊖) es una operación entre conjuntos que permite seleccionar aquellos elementos que están en los dos pero que no son comunes a ambos al mismo tiempo.

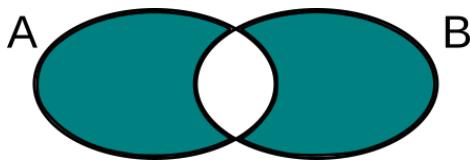


Figura 5.52: Diferencia simétrica. El resultado es la unión de los conjuntos menos su diferencia.

Un ejemplo de uso para esta herramienta puede ser el análisis de superposición de cobertura de servicios públicos (red de agua potable y otra de desagües cloacales). Estas capas tienen áreas que se superponen y otras que no, es decir áreas donde están presentes los dos servicios y otras donde falta uno de ellos, por lo que podemos inferir que las áreas donde se superponen las coberturas son aquellas que poseen ambos servicios a la vez, por lo que la operación de diferencia simétrica entre estas dos capas nos dará como resultado aquellas áreas de la ciudad que poseen al menos uno de los dos servicios, cloacas o agua, pero no los dos al mismo tiempo.

Otro ejemplo que podemos dar es la situación de los territorios antárticos que reclaman los países de *Argentina* y *Chile*. Los dos son sectores circulares con centro en el polo sur y tienen un área en común solapada. Podemos calcular la diferencia simétrica entre ambos sectores para averiguar qué porciones de territorio no reclaman mutuamente:

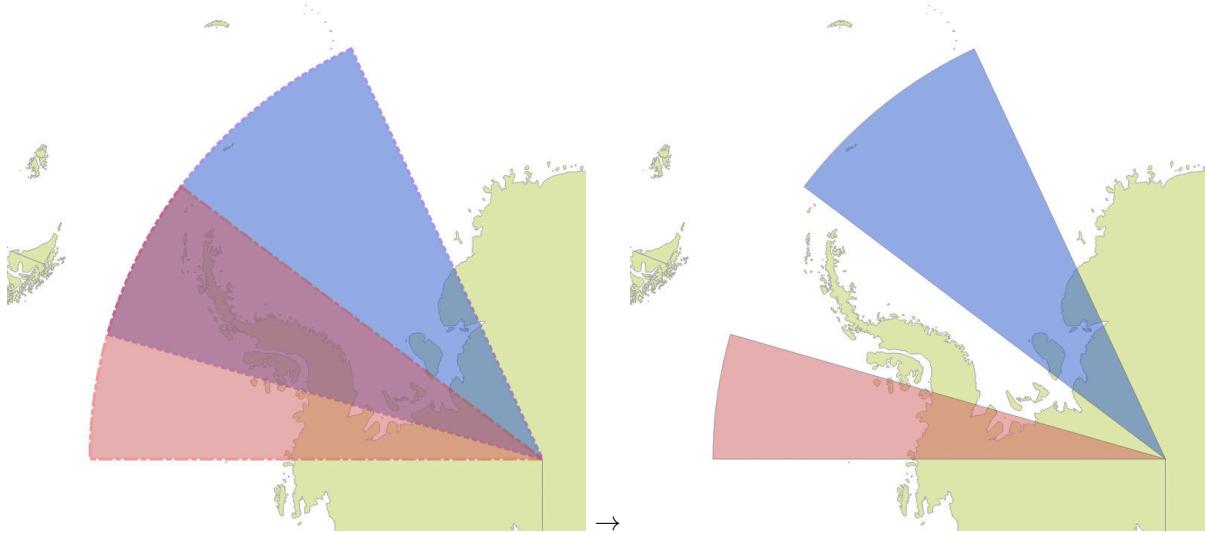


Figura 5.53: A la izquierda se observa el sector reclamado por *Argentina* en azul y el de *Chile* en rojo. Una vez aplicada la diferencia simétrica se obtienen los dos sectores que no tienen solapamiento o intersección común. Para generar esta imagen se utilizó la reproyección al vuelo EPSG:3031 *Antarctic Polar Stereographic*. La capa está en el *GeoPackage* de *Natural Earth* y se titula «*antarctic_claims*».

5.1.7.7. Diferencia entre capas

Como su nombre lo indica, es la «Diferencia...» (diff) de un conjunto A con uno B. Es decir, que esta operación permite seleccionar y sustraer del conjunto A aquellos objetos que son comunes con otro conjunto, B.

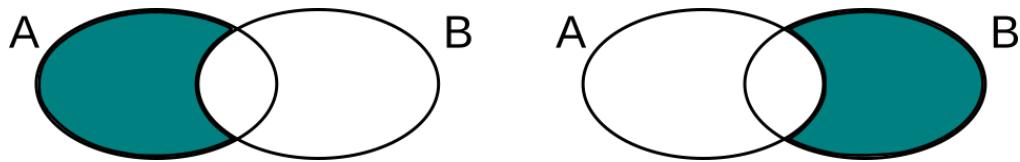


Figura 5.54: Diferencia. El resultado de A menos B es solo lo que está en A y no en B.

Las *uniones*, *intersecciones* y *diferencias simétricas* son commutables, es decir que no importa el orden de operación de los conjuntos. Esto no aplica para la *diferencia*.

Esta herramienta puede darse en situaciones donde sea necesario quitar de un área lo que es común con otra, por ejemplo tomando la misma situación práctica que para la diferencia simétrica, supongamos que queremos obtener solo la parte del reclamo territorial antártico de *Chile* que no solapa con la parte que reclama *Argentina*:

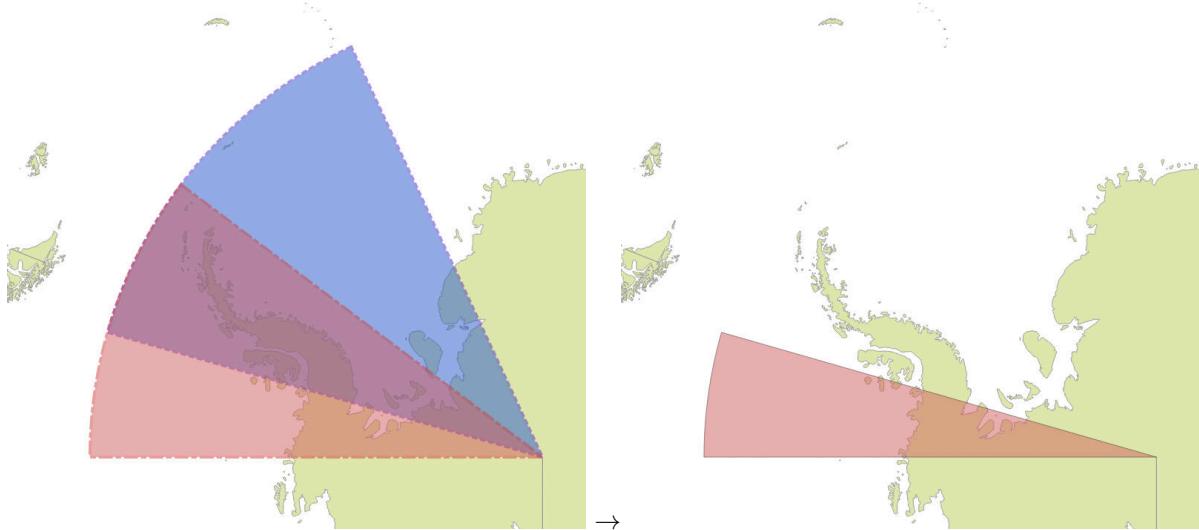


Figura 5.55: A la izquierda se observa el sector reclamado por *Argentina* en azul y el de *Chile* en rojo. Una vez aplicada la diferencia (*Chile menos Argentina*) se obtiene el sector Chileno que no tienen solapamiento con el reclamado por *Argentina*.

5.1.7.8. Cortar capas

La herramienta de corte o «Cortar...» (✂) permite recortar una capa vectorial utilizando los límites de otra capa. No es en sí una operación entre conjuntos sino más bien solo un proceso entre geometrías. La herramienta cortar produce visualmente un resultado similar a la intersección, pero con una diferencia sustancial, los atributos en una intersección generan una combinación de los atributos de cada capa, en cambio en el corte la segunda capa solo indica la región geográfica a recortar sin importar los atributos que éstos últimos contengan. Es decir, en un corte solo se mantiene los atributos de la capa a recortar.

Supongamos que necesitamos conocer el área afectada por grandes lagos en los países africanos de *Uganda*, *Kenya* y *Tanzania*. Entonces realizamos el corte de la selección de esos tres países («countries») superpuesta con la de lagos («lakes»). El resultado es entonces una nueva capa de la porción de esos tres países recortada por la superposición de los lagos:

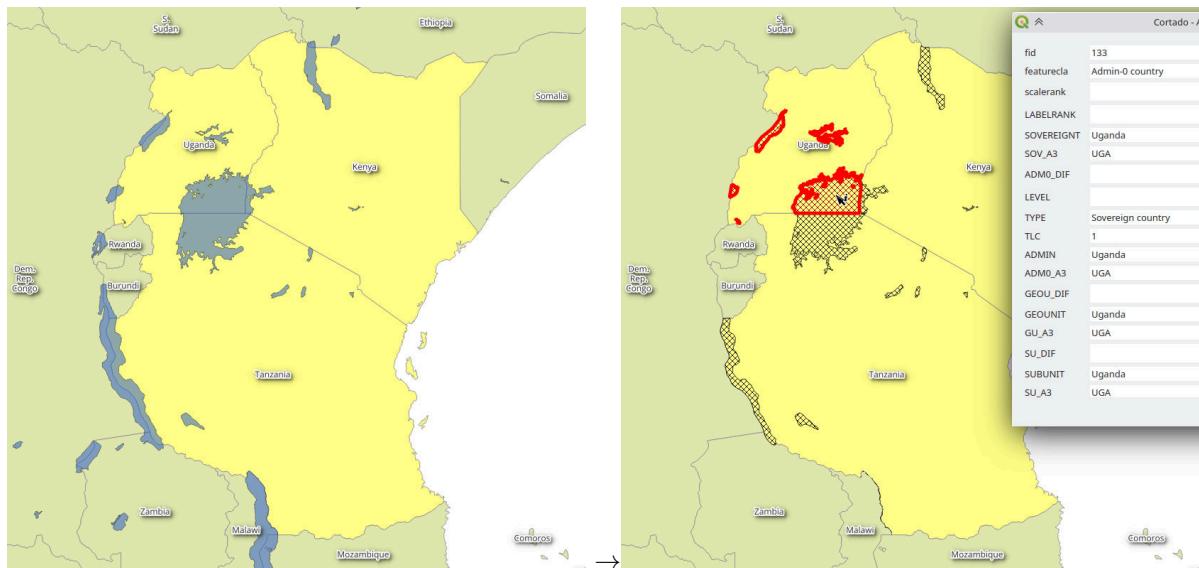


Figura 5.56: A la izquierda se observan los tres países africanos seleccionados y superpuesta la capa de lagos. A la derecha, luego de la operación de corte ha quedado solo la porción de países cortados por la geometría de lagos, como si se utilizara una tijera.

En el ejemplo se han seleccionado los tres países y luego se aplicó el recorte a esa selección, es por ello que figuran con tonalidad amarilla. Además, hay que resaltar que los atributos de esta capa de salida son los correspondientes a su capa madre, la de países.

5.1.7.9. Envolvente convexa

El geoprocreso «Envolvente convexa...» () permite generar una capa poligonal simple a partir de otra vectorial cualquiera de forma que los objetos de la capa base queden *envueltos* en toda su extensión por un polígono convexo.

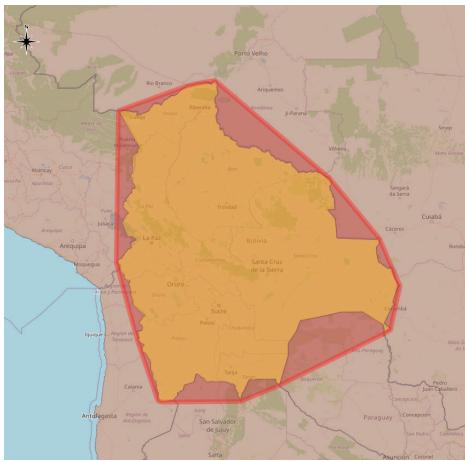


Figura 5.57: Envolvente convexa aplicada solamente a *Bolivia*.

5.1.7.10. Geometría mínima delimitadora

Este proceso es una generalización del algoritmo anterior, crea geometrías que encierran o envuelven los objetos de una capa. Admite distintos tipos de geometría envolvente:

Recuadro delimitador, que envuelve latitud/longitud máxima y mínima del objeto o conjunto de objetos.

Rectángulos orientados, que minimiza el área envolvente respetando la forma rectangular.

Círculos, que envuelven el objeto o grupo de objetos.

Envolventes convexas, que básicamente reproducen resultados similares al algoritmo visto anteriormente.

Es interesante destacar que se puede seleccionar un atributo de la capa de forma que el proceso genere las envolventes agrupadas mediante dicho campo.

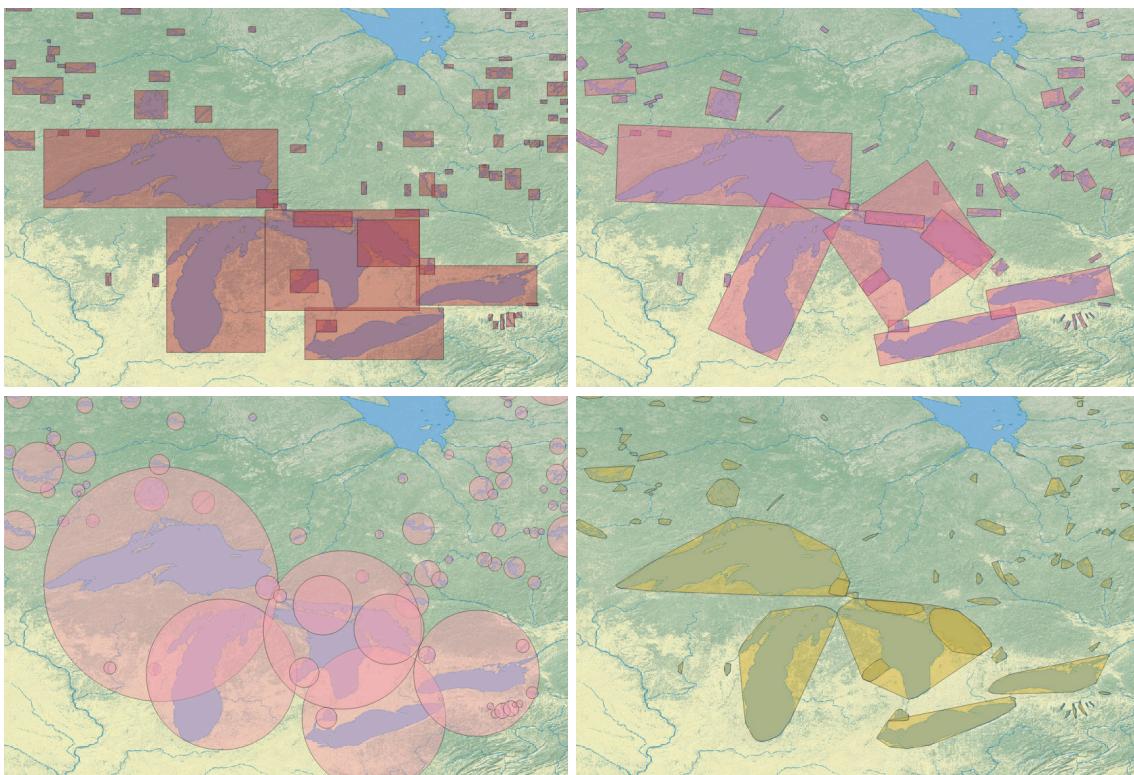


Figura 5.58: Se han calculado las envolventes de los lagos de *Norteamérica* para cada geometría a modo de comparativa. Se utilizó el atributo «fid» como campo de agrupamiento para que el algoritmo se procese de forma individual para cada objeto del dataset de lagos («lakes»).

5.1.7.11. Disolver capa

El concepto de la herramienta «Disolver...» (⊕) se ha visto anteriormente en conjunto con el geoprocесo buffer (5.40). Este proceso toma una capa vectorial y combina sus objetos, uniendo sus geometrías y atributos, generando nuevos objetos. Las geometrías de salida del proceso serán convertidas a multi-geometrías. Y en el caso de polígonos, cuando hay linderos comunes de objetos adyacentes a ser disueltos, se borrarán.

A modo de ejemplo, si seleccionamos todos los países de Sudamérica y aplicamos la herramienta disolver, el resultado obtenido es un único polígono sin las divisiones interiores entre los países.

Alternativamente, el proceso también admite seleccionar un campo por el cual disolver. Por ejemplo, si tomamos la capa de países («countries») y aplicamos la herramienta con la opción de campo «CONTINENT» activada nos queda así:

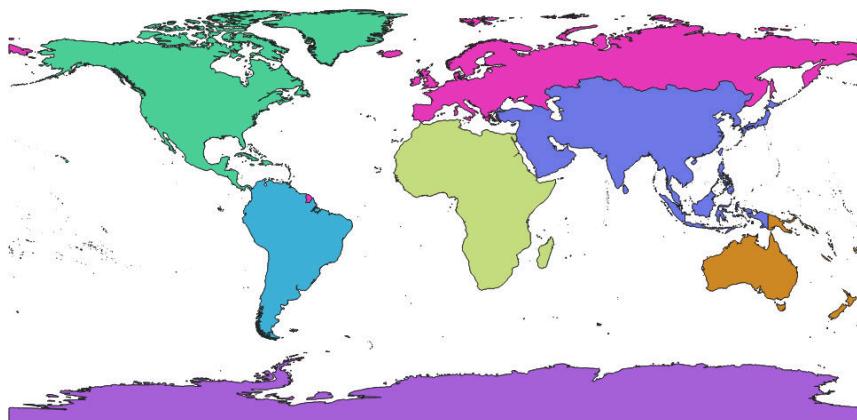


Figura 5.59: Se disolvió la capa de países utilizando el atributo «CONTINENT». Nótese en la imagen los casos particulares como Rusia, cuya categorización en el atributo de continente es «Europa» en el dataset de *Natural Earth*.

5.1.7.12. Centroides

Como su nombre indica es una herramienta que permite calcular los «Centroides...» (☞), también llamados centros de gravedad, de cada objeto de una capa vectorial cualquiera. Su uso es muy simple y luego de aplicarlo generará una capa de puntos con los mismos atributos heredados de la capa de origen. Es posible indicarle al programa que calcule centroides también por cada parte si los objetos originales son multi-part.

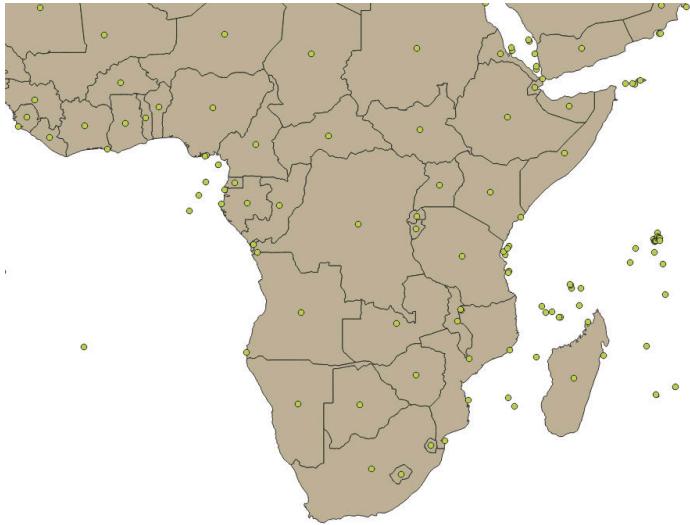


Figura 5.60: Centroides de países. En este caso se activó la opción de generar un centroide por cada objeto del multi-polígono, y es por eso que se ve un centroide en cada isla.

5.1.7.13. Polo de inaccesibilidad

Según Wikipedia un *polo de inaccesibilidad* es un lugar que ofrece una máxima distancia o dificultad de acceso. Generalmente el término se usa como el lugar sobre la superficie de un continente o un océano que está a mayor distancia de la línea de costa, entendiendo como costa la de los océanos o mares conectados con el océano abierto.

Este algoritmo (☞) se aplica sobre datasets de polígonos, y calcula cuál es el punto interno más distante desde el borde del mismo. Para su cálculo usa un algoritmo llamado *polylabel*, es iterativo y a menor parámetro de tolerancia tomará más tiempo su cálculo. La distancia desde el polo al borde se guarda como un nuevo atributo de la capa de salida.

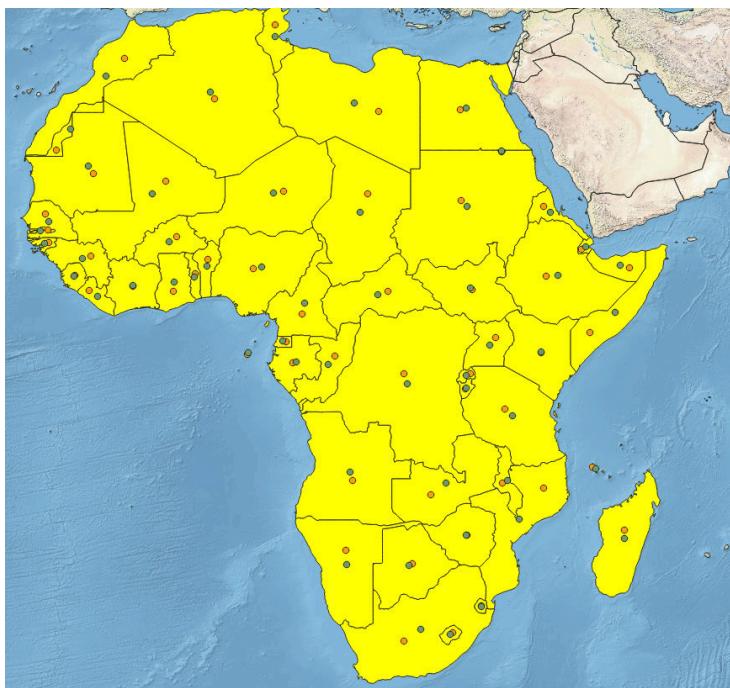
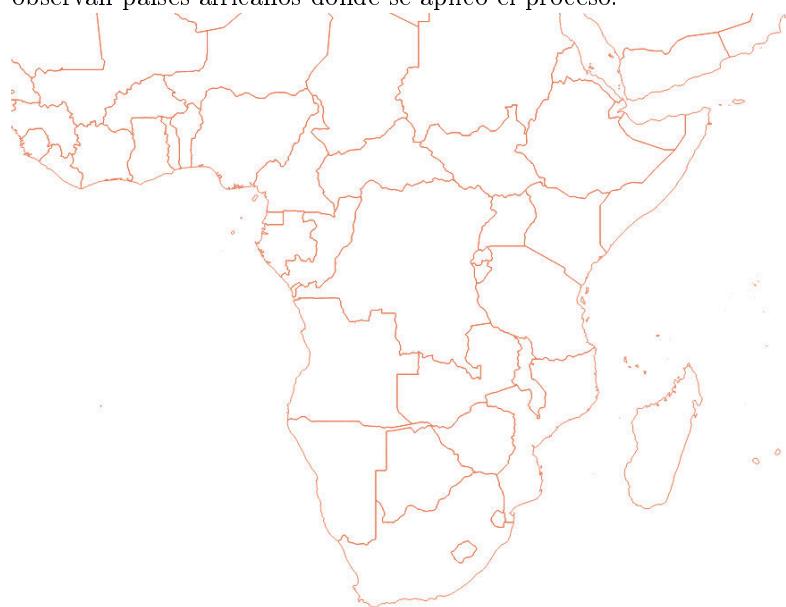


Figura 5.61: En naranja se ha calculado el polo de inaccesibilidad de cada país africano, y en verde sus centroides a modo de comparativa.

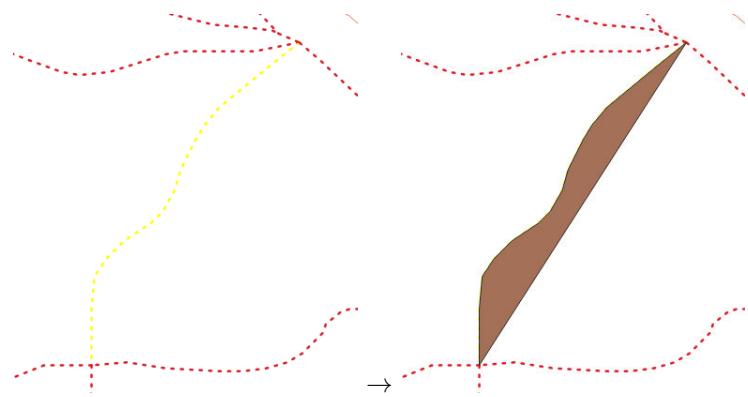
5.1.7.14. Polígonos a líneas y líneas a polígonos

Dentro de la categoría de herramientas geométricas encontramos a estas dos categorías que son de uso sencillo. La primera permite convertir una capa poligonal en una capa de líneas (contorno), la segunda lo hace a la inversa.

- La conversión de «Polígonos a líneas...» (Polygon to Line) genera polilíneas cerradas para cada uno de los polígonos de la capa de conversión. Los polilíneas contienen los atributos de los objetos originales. En el ejemplo se observan países africanos donde se aplicó el proceso:



- El proceso «Líneas a polígonos...» (Line to Polygon) generará un polígono por cada una de las polilíneas cóncavas (no-rectas) que se encuentren en la capa original. Los atributos de las capas de origen se conservan luego del proceso. El ejemplo muestra la aplicación del proceso a una ruta de la capa «roads»:



5.1.7.15. Simplificar

La herramienta de «Simplificar...» (⌘) geometría permite, en una capa vectorial de líneas o polígonos, reducir la cantidad de vértices que componen los registros de acuerdo a un factor de tolerancia. El algoritmo crea una nueva capa con las mismas geometrías y atributos que la capa de origen pero con geometrías que contienen un menor número de vértices. El algoritmo da a elegir el método de simplificación:

- basados en distancia (algoritmo «Douglas-Peucker»),
- basados en área (algoritmo «Visvalingam»)
- y ajuste de geometrías a una cuadrícula.

Este proceso puede ser útil cuando se procesan capas ráster y el resultado es una capa vectorial, es posible que se generen excesos de nodos en bordes de los polígonos. Si no se necesita tanto detalle, esta herramienta es muy útil para aliviar la carga de trabajo del sistema.

En la figura siguiente se muestra el proceso de simplificación de las islas de Filipinas, usando una tolerancia de 2km («Douglas-Peucker»):

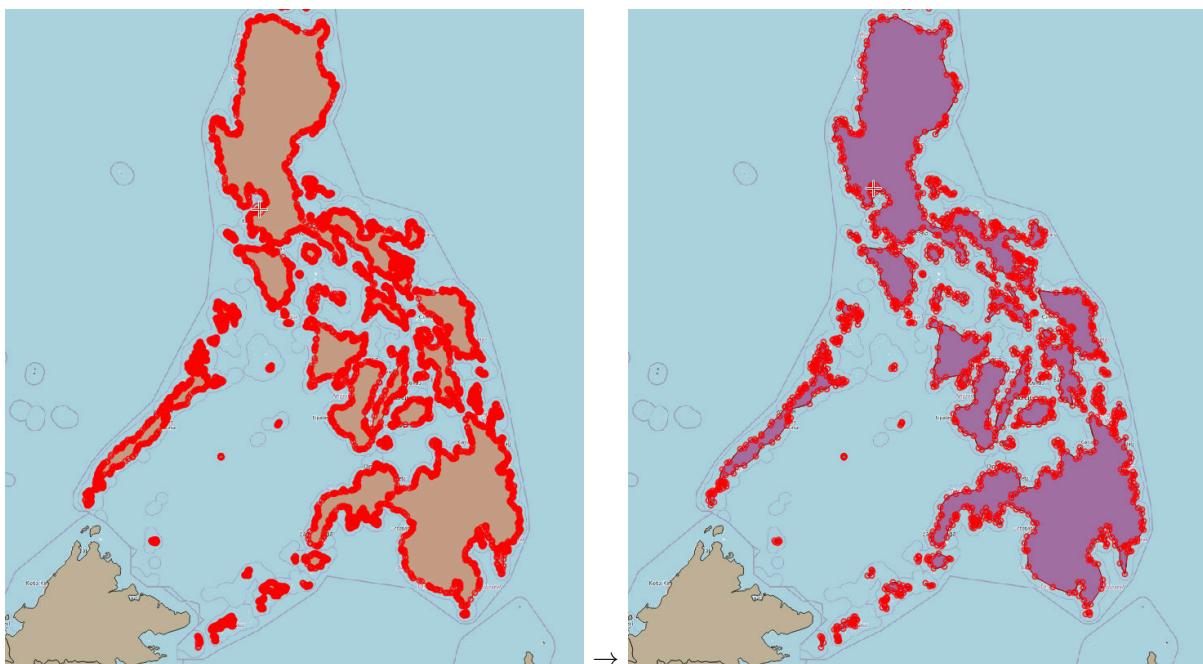


Figura 5.62: La comparación entre el polígono original y el procesado por simplificación muestra claramente la reducción de nodos.

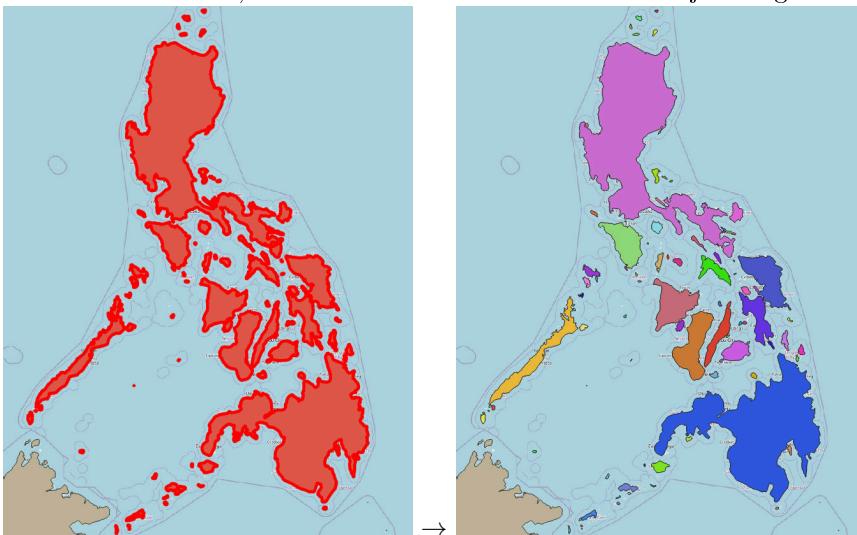
5.1.7.16. Densificar por conteo

Inversamente al algoritmo «Simplificar...», el proceso de «Densificar por conteo...» añade nodos a la geometría original (lógicamente solo para capas lineales o poligonales), interpolando puntos entre los existentes. Los puntos a añadir por segmento se deben indicar explícitamente por lo que hay que tener en cuenta que agregar un nodo implica casi duplicar la cantidad de nodos del objeto.

5.1.7.17. Multipartes

Estos procesos refieren a la conversión de o hacia capas vectoriales donde su característica geométrica es compuesta, por ejemplo cuando dos polígonos visiblemente separados son en realidad un mismo objeto con único registro en la tabla de atributos: multi-polígonos, multi-líneas y multi-puntos.

- «Multiparte a monoparte...» (☞) permite separar cada polígono del multi-polígono que lo contiene, dejándolo con los mismos atributos de origen. Por ejemplo, un país compuesto por varias islas se descompone en cada una de ellas, donde se heredan los atributos del objeto original.



- «Recopilar geometrías...» (☞) toma una dataset vectorial y recopila la información de sus geometrías en una nueva capa con geometrías multiparte, donde además se puede especificar un atributo de la capa original que permita agrupar geometrías. Todas las geometrías de salida se convertirán a multi-geometrías, incluso aquellas con una sola parte.
- Asimismo, «Promover a multiparte...» (☞) también convertirá una capa de puntos, líneas o polígonos a multi-part, forzando geometrías.

5.1.7.18. Polígonos de Voronoi

Los polígonos o diagramas de *Voronoi* son un proceso geométrico que permite generar una cobertura completa del plano dividida en poligonales de forma que cada punto de la capa de origen quede sobre uno de ellos. Según Wikipedia:

«Los Diagramas de Voronoi son uno de los métodos de interpolación más simples, basados en la distancia euclíadiana, especialmente apropiada cuando los datos son cualitativos. Se crean al unir los puntos entre sí, trazando las mediatrices de los segmento de unión. Las intersecciones de estas mediatrices determinan una serie de polígonos en un espacio bidimensional alrededor de un conjunto de puntos de control, de manera que el perímetro de los polígonos generados sea equidistante a los puntos vecinos y designan su área de influencia.»

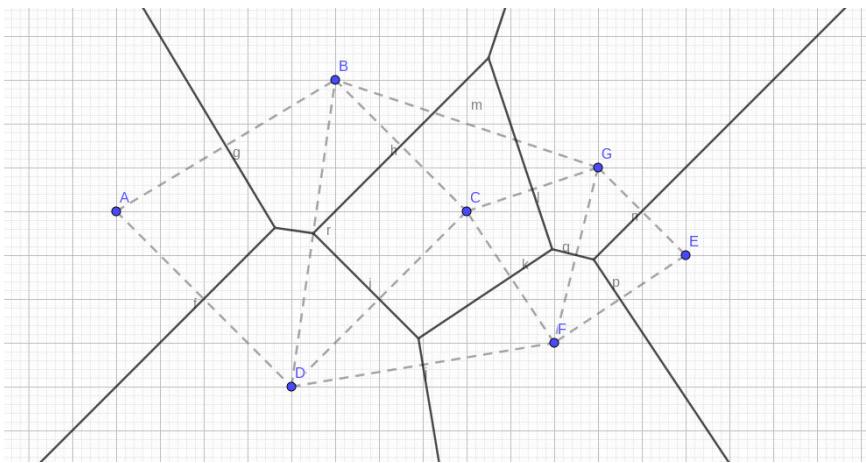


Figura 5.63: Polígonos de Voronoi para los puntos A, B, C, D, E, F y G. Los segmentos en color negro conforman los lados de los polígonos, y son las mediatrias de los segmentos que unen pares de puntos vecinos. Gráfica realizada con *GeoGebra*, un software libre para la enseñanza de la matemática.

El algoritmo «Polígonos de Voronoi...» (grid) genera una capa de polígonos, donde cada uno de ellos es el área teórica de influencia de cada punto, basado en la distancia lineal (euclídea). La consecuencia inmediata de los polígonos de *Voronoi* es que cualquier punto dentro de un área de influencia estará siempre más cerca al punto generador que a cualquier otro punto.

Un ejemplo de aplicación de este algoritmo puede darse si investigamos el área de influencia de las ciudades dentro de una región determinada. Seleccionamos las ciudades («populated_places») de *Paraguay* y aplicamos el proceso «Polígonos de Voronoi» solo a esa selección, con un valor de «Región buffer (% de extensión)» del 30%⁹, logrando el siguiente resultado:

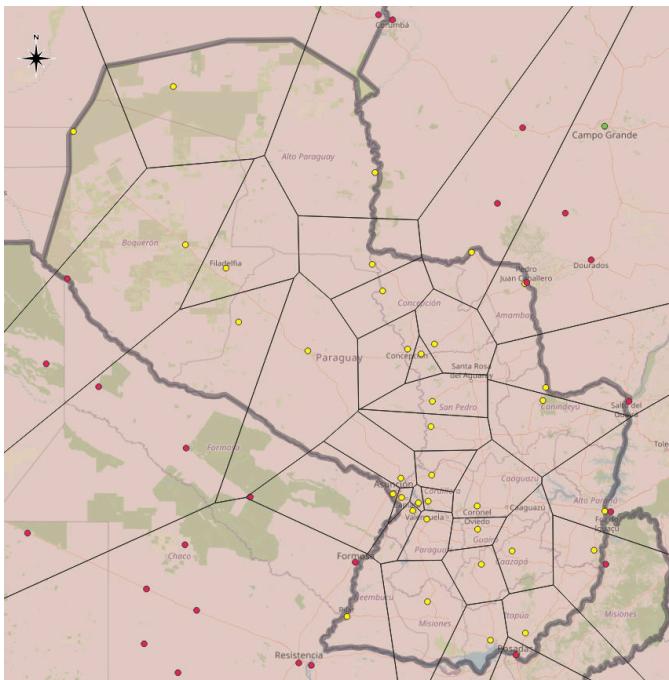


Figura 5.64: *Polígonos de Voronoi*. Se aplicó un estilo transparente en la capa resultante y se resaltaron los límites de la capa de países.

Es posible observar en la imagen cómo los polígonos generan áreas de influencia más pequeñas a medida que las ciudades se aproximan. En general esta herramienta es útil para analizar el nivel de agrupamiento o dispersión de urbanidades, algo que en el caso particular de estudio se lo asocia generalmente con las desigualdades y oportunidades en la accesibilidad a servicios, calidad de vida, conectividad, etc.

⁹ Aquí el buffer es un factor que amplía la región envolvente hacia el exterior del análisis, de forma que se pueda estudiar mejor el fenómeno. Por defecto el valor es «0», lo cual produce una salida vectorial igual a la extensión cuadrangular de los puntos de origen.

5.1.7.19. Triangulación de Delaunay

La «Triangulación de Delaunay...» () es una clase de triangulación entre puntos que está ligada al concepto de *Polígono de Voronoi*. Su definición implica cierta complejidad que evitaremos en este manual, aunque mencionaremos algunas propiedades que se verifican para este tipo de análisis:

- Cada punto del conjunto de entrada tendrá una arista que lo une con su punto más cercano.
- Los triángulos generados en una triangulación de *Delaunay* tienden a ser lo más equiláteros posible.
- La frontera externa de triangulación forma la envolvente convexa del conjunto de puntos.
- El ángulo mínimo dentro de todos los triángulos está maximizado, es decir, se evita obtener resultados con ángulos demasiado agudos.

Podemos tomar el mismo conjunto de puntos del apartado anterior para observar cómo se calcula:

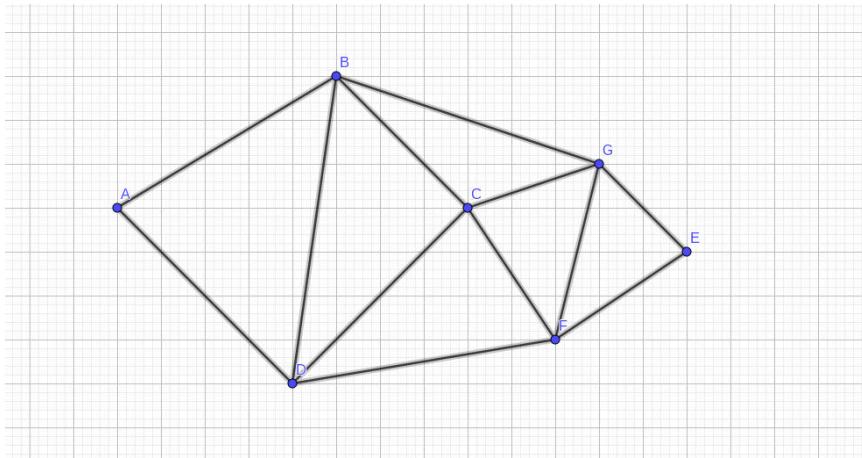


Figura 5.65: *Triangulación de Delaunay*. Se observa que los lados de los polígonos son precisamente los mismos que se generaron para elaborar los *Polígonos de Voronoi* del ejemplo anterior. Fuente propia. Gráfica realizada con *GeoGebra*.

Retomando el ejemplo de las ciudades del *Paraguay* analizado anteriormente con los *Polígonos de Voronoi*, se tiene:

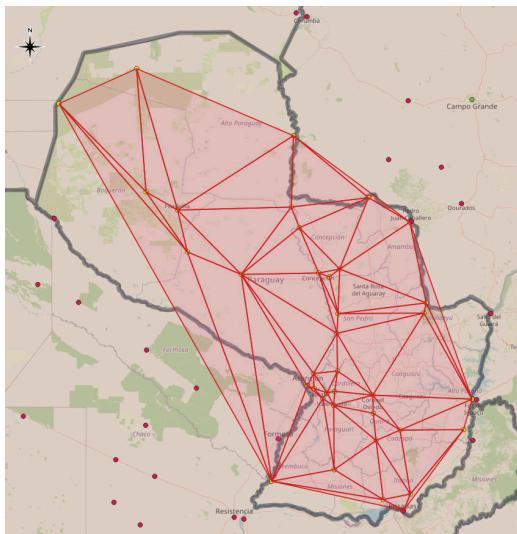


Figura 5.66: Polígonos de *Delaunay*. La unión de todos ellos genera la envolvente de todo el sistema de puntos.

Esta herramienta se puede utilizar para generar grafos optimizados, por ejemplo en la instalación de antenas, donde los puntos mejor distribuidos en el territorio generarán una red de triángulos en donde las áreas son aproximadamente iguales. También son útiles en la programación de grafos de rutas de encomiendas, por ejemplo.

5.1.7.20. Rectángulos, óvalos, diamantes

Como se ha visto, una herramienta que es de utilidad para transformar puntos en polígonos es el «buffer». Veremos ahora otra herramienta que sirve para crear polígonos rectangulares, ovalados o romboideos a partir de un dataset de puntos, «Rectángulos, óvalos, diamantes» ().

El proceso permite elegir entre las tres tipos de geometrías para transformar los puntos, donde habrá que determinar los parámetros de altura, ancho y opcionalmente la rotación de los mismos. Además es posible indicar el grado de detalle (cantidad de segmentos) que tendrán los polígonos de salida (en particular para los óvalos).

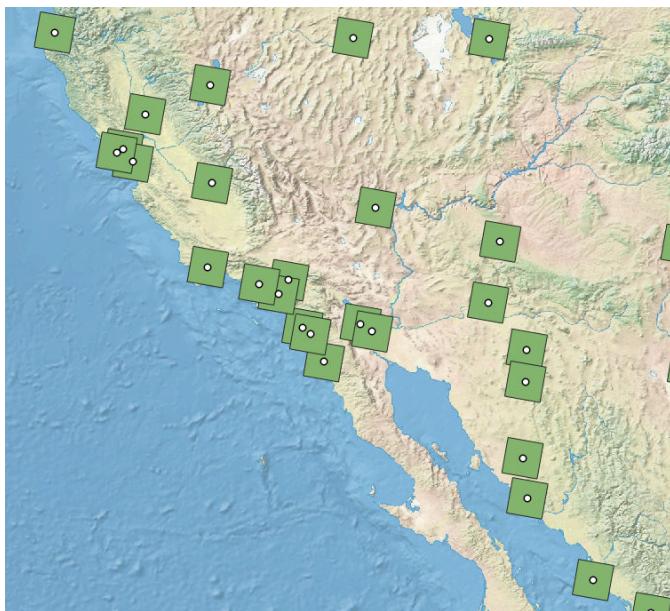


Figura 5.67: Aeropuertos al oeste de EEUU. Se realizó un rectángulo equilátero por cada uno de ellos, donde además se aplicó una rotación de 10 grados.

5.1.8. Herramientas de análisis, investigación y gestión de datos

Al igual que en la sección anterior, las herramientas que aprenderemos a utilizar a continuación se utilizan en el análisis de datos territoriales. La complejidad de las mismas irá creciendo a medida que avancemos.

5.1.8.1. Coordenada(s) media(s)

El algoritmo de «Coordenadas medias» () genera centros de gravedad para la geometría de la capa de entrada, es decir que toma todos los objetos de una capa y calcula su baricentro.

Si se especifica un «Campo de ID único» se generarán estos centros de gravedad por grupos de acuerdo a ese atributo. Asimismo se puede especificar un atributo que contenga pesos para aplicar a cada objeto al procesar el centro de gravedad.

Por ejemplo, si aplicamos la herramienta en la capa de ciudades y determinamos el campo «ADMONAME» como atributo ID tenemos como resultado:

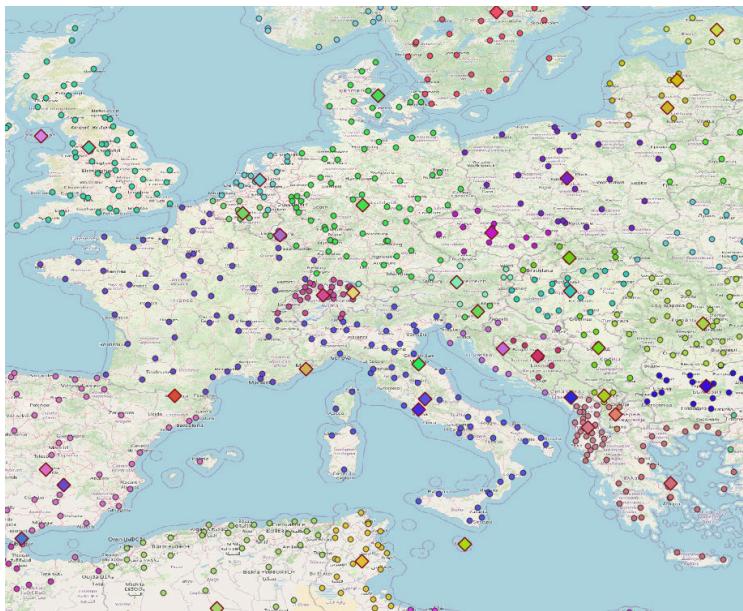


Figura 5.68: Coordenadas medias. Los puntos circulares pequeños pertenecen a la capa de ciudades («populated_places»), y los puntos romboidales más grandes a sus respectivos centros de gravedad calculados por grupos donde el atributo es el nombre del país al que pertenecen («ADM0NAME»).

Esta herramienta puede ser útil en el caso de análisis de concentración de urbanizaciones, donde la coordenada media de un grupo de elementos territoriales puede ser un indicador de tendencia central respecto al aglomeramiento de poblaciones, sobre todo si se utiliza un campo de población como factor de peso en el cálculo del mismo, como si de media aritmética ponderada se tratase:

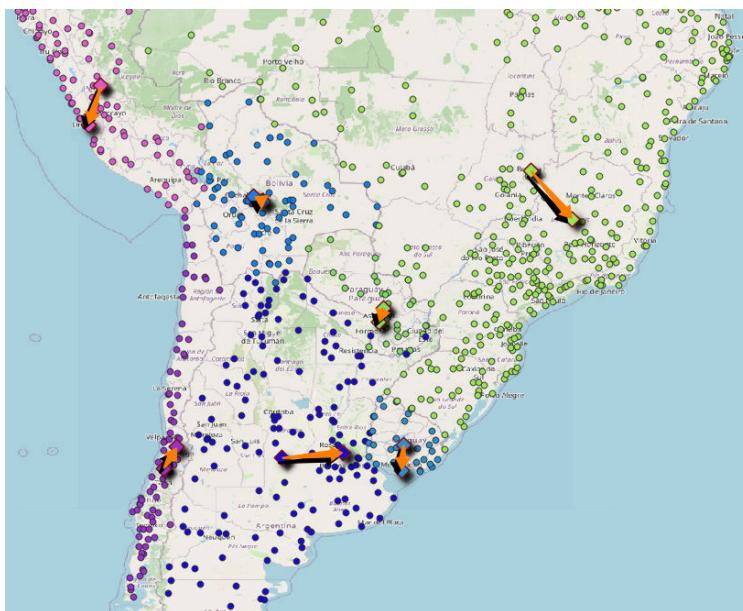


Figura 5.69: La imagen muestra cómo se desplazan los puntos de «Coordenadas medias» para el dataset de población («populated_places») cuando ponderamos el cálculo con peso en el atributo población («POP2020»). Véase en particular el caso de Argentina, donde el centro sin ponderar se encuentra prácticamente en el centro del país, mientras que al ponderarlo por población se desplaza hacia el este del país, muy cerca del conglomerado más poblado: *Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA)*.

Nota: Para generar las flechas entre puntos se utilizó la herramienta «Unir por linea (lineas de eje)», que básicamente une objetos de dos capas diferentes mediante un campo en común. En este caso particular se generó una línea entre cada coordenada media de ciudades sin ponderar o la coordenada media de ciudades ponderada por población. Además, para mostrar mejor el efecto de ponderación simplemente se dio estilo de flecha a cada uno de los segmentos creados.

5.1.8.2. Extraer vértices

Esta herramienta (✿) se encuentra en el sub-menú de geometría y permite, para una capa de líneas o polígonos (e incluso puntos), extraer en una nueva capa los puntos correspondientes a los nodos de los objetos que componen la capa de entrada. Los atributos se heredan de los objetos originales, y además se añaden algunos campos adicionales donde se especifica por ejemplo el número de índice de posición, número de parte, longitud y ángulo respecto del nodo contiguo, etc.

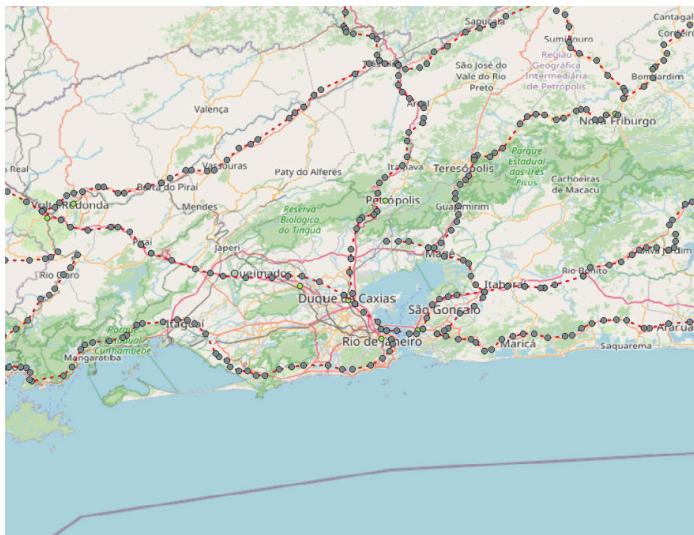


Figura 5.70: Los puntos marcados sobre las líneas rojas punteadas son los nodos o vértices que las componen cada tramo de ruta («roads»)

En la práctica, esta herramienta puede ser útil para determinar todos los puntos donde una ruta tiene cambio de dirección, así como también puede servir para medir la intensidad del ángulo de giro en cada vértice, por ejemplo.

5.1.8.3. Crear cuadrícula

Esta herramienta (grid) se encuentra en el sub-menú «Herramientas de investigación...» y permite crear una capa vectorial con una cuadrícula cubriendo una extensión determinada. Los elementos de la cuadrícula pueden ser:

- Puntos. Como una red de puntos equidistantes tanto en vertical como horizontal.
- Líneas. Segmentos horizontales y verticales equidistantes.
- Polígonos. Es una tesela de polígonos que pueden ser del subtipo rectángulos, hexágonos y diamantes.

El tamaño y la ubicación de cada elemento de la cuadrícula se define usando unidades como grados, metros, kilómetros, etc. tanto en vertical como horizontal, que dependen del SRC establecido.

La extensión de la cobertura de la cuadrícula se puede definir de tres formas diferentes:

- Usando la extensión de una capa del proyecto
- A partir de una extensión existente de *Layout* en una composición de mapa
- Utilizando algún marcador de proyecto o usuario
- Mediante la extensión de la vista actual del mapa (canvas)
- Dibujando un recuadro en la vista de mapa

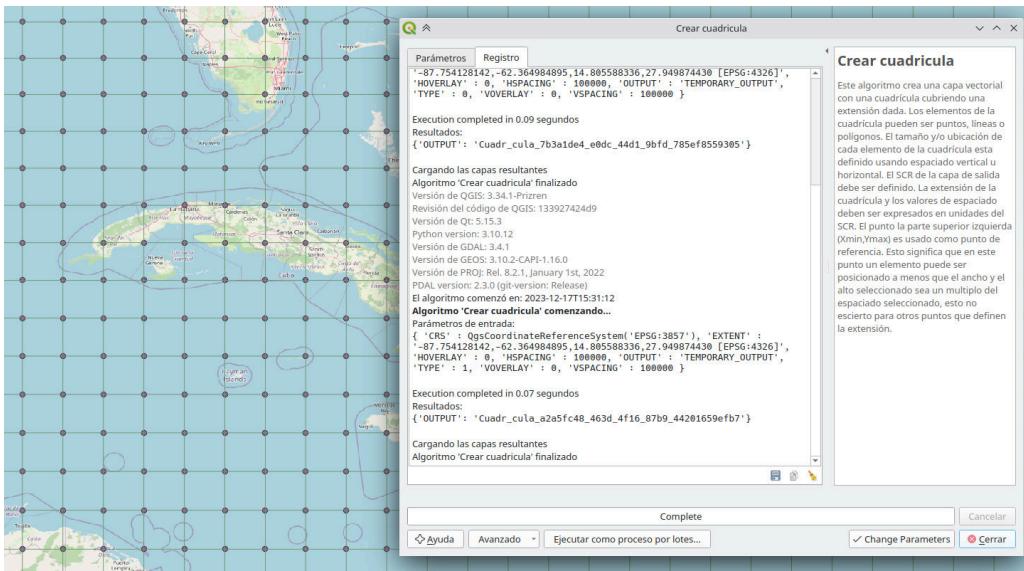


Figura 5.71: La imagen muestra una cuadrícula de puntos y otra de líneas sobre la extensión de vista de mapa donde la división es de 100 kilómetros tanto horizontal como vertical. El sistema advierte cuando no se ha definido un SRC métrico.

Al aplicar la cuadrícula del tipo «Rectángulo (polígono)» sobre el área de la península ibérica se genera un teselado que si se le aplica estilos transparente al relleno queda de la siguiente manera:

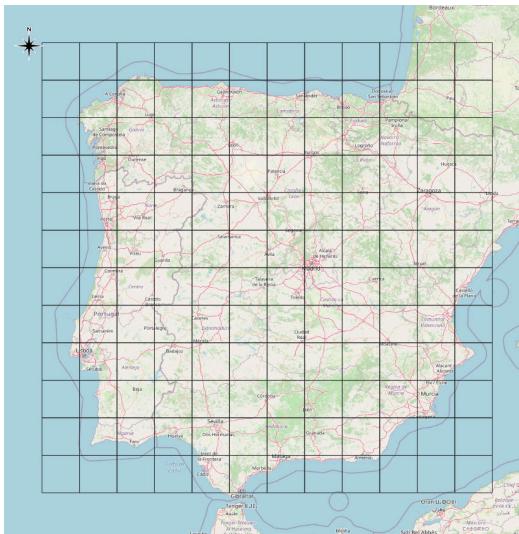


Figura 5.72: Cuadrícula sobre Portugal y España.

La tabla de datos de esta capa vectorial contiene un campo «id» único para cada rectángulo, y las coordenadas de los meridianos y paralelos que los delimitan.

Últimamente se ha valorado la utilización de cuadrículas hexagonales para el análisis territorial, debido a que su forma de teselación natural reduce cierto sesgo de muestreo, sobre todo cuando de conectividad se trata:



Figura 5.73: Cuadrícula hexagonal sobre Australia (250km x 250km)

5.1.8.4. Unir atributos por localización

La herramienta de unión de atributos por localización permite anexar los atributos de los elementos de una capa y agregarlos a los atributos de otra capa, con la condición de que los objetos se estén solapando geográficamente. El funcionamiento es similar a la «Selección por localización» visto anteriormente.

Por ejemplo, supongamos que necesitamos el dato de cantidad de habitantes totales de un país anexado en cada objeto de la capa de ciudades, quizás para eventualmente calcular un porcentual de habitantes. La herramienta se encuentra dentro del sub-menú «Gestión de datos»:

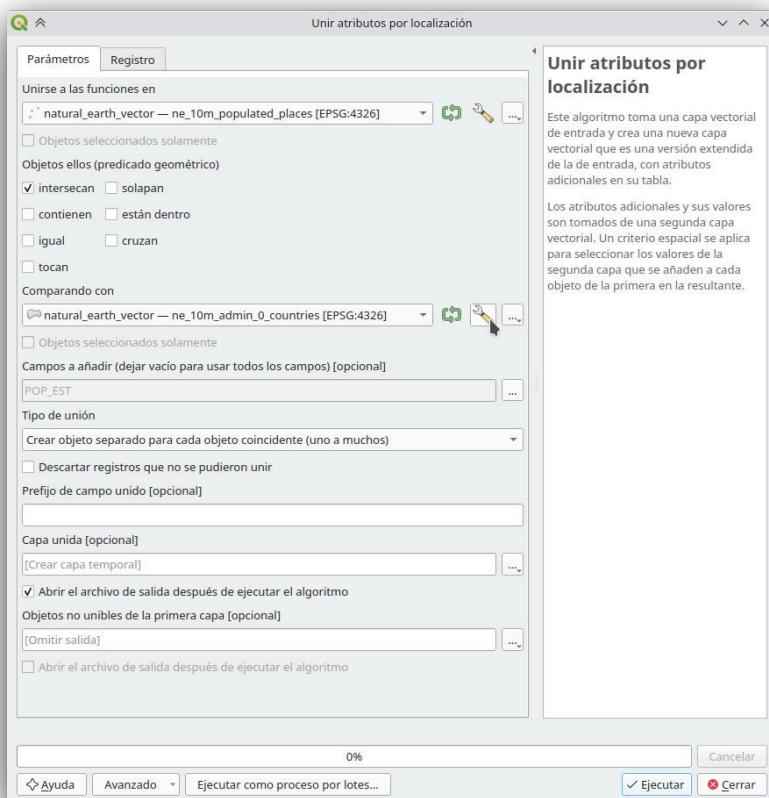


Figura 5.74: Unir atributos por localización. En «Campos a añadir» se seleccionó únicamente «POP_EST», donde figura el dato de población total en la capa de países (countries).

La capa resultante es igual a la capa de origen, ciudades, con la diferencia que contiene el atributo adicional de cantidad de población total del país. El algoritmo permite elegir la forma de contacto que se considerará para unir los atributos, así como también el «Tipo de unión» donde se especifican los criterios de unión.

5.1.8.5. Unir atributos por proximidad

La herramienta es muy similar a «Unir atributos por localización», pero en lugar de tomar la localización exacta busca el objeto más cercano para unir los atributos. Su uso es muy sencillo, se selecciona la capa origen y la capa de objetos próximos, y de éstos se pueden seleccionar los atributos a unir. El algoritmo puede procesar 1 o más objetos vecinos próximos y además se puede configurar para que tome una distancia máxima deseada.

Un ejemplo concreto podría ser que el algoritmo calcule cuál es la ciudad («populated_places») más cercana a cada aeropuerto («airports»):

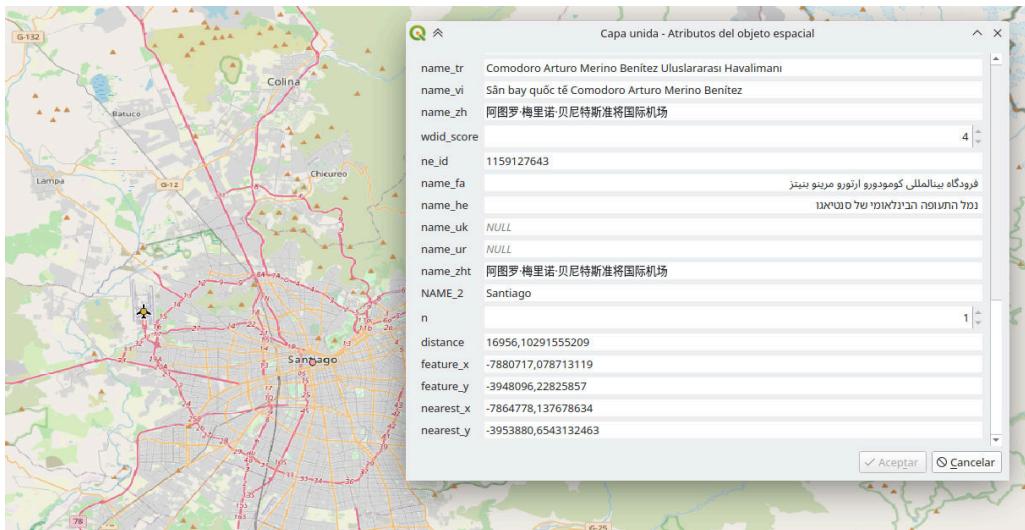


Figura 5.75: En el ejemplo de la imagen se observa que la ciudad más cercana al aeropuerto *Arturo Merino Benítez* es *Santiago (Chile)*.

5.1.8.6. Dividir capa vectorial

Este proceso (חלוקه) hace la separación de una capa vectorial en distintas capas de acuerdo a un atributo dado, donde la cantidad de partes o capas será igual al número de atributos únicos del campo dado. La herramienta se encuentra en el sub-menú «Gestión de datos».

Por ejemplo, en el caso de tomar la capa de países («countries») y separarlos por el campo «CONTINENT» se obtiene una capa por cada valor:

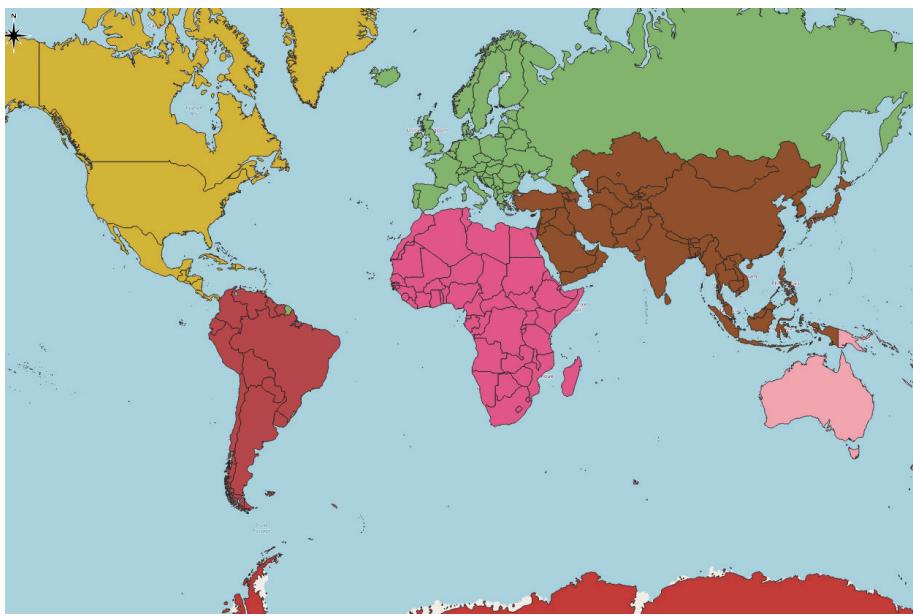


Figura 5.76: Se ha generado una capa por cada atributo del campo «CONTINENT».

Nota: Esta herramienta no carga en el proyecto las capas guardadas, por lo que se deberá cargar manualmente la misma una vez finalizado el proceso.

5.1.8.7. Contar puntos en un polígono

Este algoritmo (GIS icon) cuenta la cantidad de puntos que se encuentran en un polígono, dando por resultado una capa vectorial poligonal igual a la capa de entrada pero con un campo adicional con el valor contado de puntos dentro de cada uno de ellos.

- Opcionalmente se puede elegir un campo de ponderación o peso, que debería ser numérico y correspondiente al peso asignado al punto (se suma a la cuenta). Obviamente que se deberá preparar este criterio previamente al conteo.
- También es posible elegir un campo de clase, que permitirá contar cuántas clases distintas de objetos hay sobre cada territorio.

Un ejemplo podría ser utilizar este algoritmo para contar cuántos aeropuertos hay en cada país, y a la vez contar cuántas clases distintas de ellos hay en cada uno para un atributo determinado. La cuenta arroja por ejemplo que para *Argentina* se cuentan 13 aeropuertos y que si activamos el campo de clases «scalerank» el resultado es 6, es decir que hay 6 tipos de clases de escala de aeropuertos para los 13 que hay en total.

5.1.8.8. Agregar atributos de geometría

Este algoritmo (GIS icon) permite añadir a la tabla de atributos características propias de la geometría de entrada:

- Para una capa de puntos, los atributos añadidos serán los campos x e y (longitud y latitud si el cálculo se hace con el SRC WGS 84).
- Si la capa de entrada es de líneas, los atributos serán longitud total, distancia recta e índice de sinuosidad.
- La capa de polígonos obtiene atributos de perímetro y área.

Por ejemplo, si se procesa con este algoritmo la capa de caminos («roads») y luego se aplica un estilo graduado por el índice de sinuosidad queda de manifiesto los caminos que poseen mayor o menor cantidad de curvas (pronunciadas), que en general coinciden con lugares montañosos o costeros:

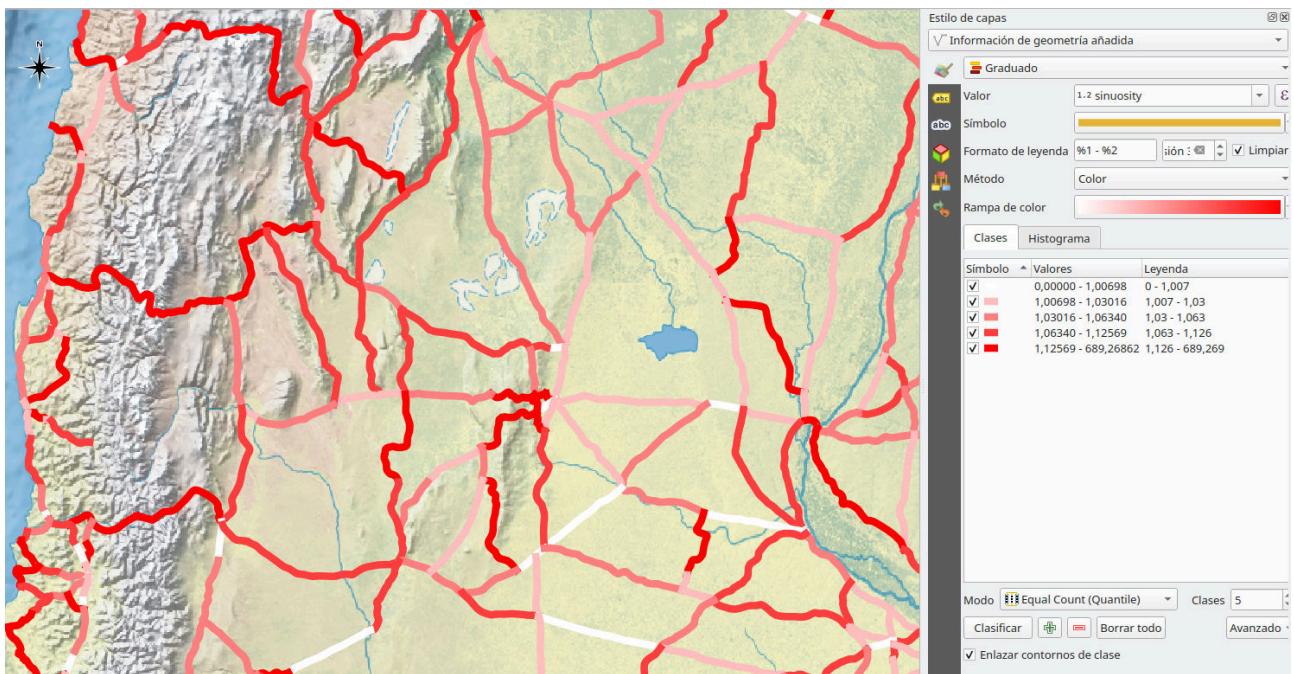


Figura 5.77: Índice de sinuosidad. Colores rojizos fuertes indican mayor sinuosidad.

5.1.8.9. Sumar longitud de líneas

Este proceso () calcula las longitudes de todas las líneas dentro de los territorios delimitados por polígonos. Como ejemplo práctico podemos calcular la longitud total de los caminos dentro de cada país. Para ello activamos la herramienta dentro del sub-menú «Herramientas de análisis» y configuramos las dos capas, caminos («roads») y países («countries»). Al finalizar el proceso el producto resultante es una capa poligonal de países con los atributos de longitud total y cantidad de caminos contabilizados.

5.1.8.10. Estadísticas básicas para campos

Se ha visto en el capítulo 2 cómo calcular estadísticas de campos desde el «Panel de resumen estadístico» 2.29. A continuación se verá cómo realizar estas mismas operaciones como procesos.

La herramienta «Estadística básica para campos...» () calcula estadísticas básicas para un dataset de acuerdo a un campo determinado, pudiendo ser el mismo numérico (cuantitativo) o alfanumérico (cuantitativo).

Por ejemplo, un cálculo para la capa de ciudades («places») en el campo «POP_MAX» da como resultado un resumen estadístico (*informe*) en un archivo temporal con formato «html» que puede abrirse en un navegador web, y donde pueden apreciarse cálculos elementales como recuento, valores únicos, rango, extremos, etc. El resultado también puede verse en el registro de salida o guardarse en un archivo en disco.

Campo analizado: POP_MAX

Recuento: 7343

Valores únicos: 6840

Valores NULOS (faltan): 0

Valor mínimo: -99.0

Valor máximo: 35676000.0

Intervalo: 35676099.0

Suma: 2363516433.0

Valor medio: 321873.40773525805

Mediana: 69451.0

Desviación estándar: 1066550.7086368944

Coeficiente de variación: 3.313571991365425

Minoría (valor más raro presente): 1.0

Mayoría (valor presente con más frecuencia): 10.0

Primer cuartil: 19478.5

Tercer cuartil: 229754.0

Intervalo intercuartil (IQR): 210275.5

Figura 5.78: Estadísticas básicas para campos.

5.1.8.11. Estadísticas por categorías

Al igual que el proceso anterior, este algoritmo (Σ) calcula estadísticas pero por clases. Por ejemplo, si calculamos estadísticas de la capa de ciudades («places») del campo «POP_MAX» segmentado por las categorías «ADM0NAME» se obtienen resultados resumidos por países:

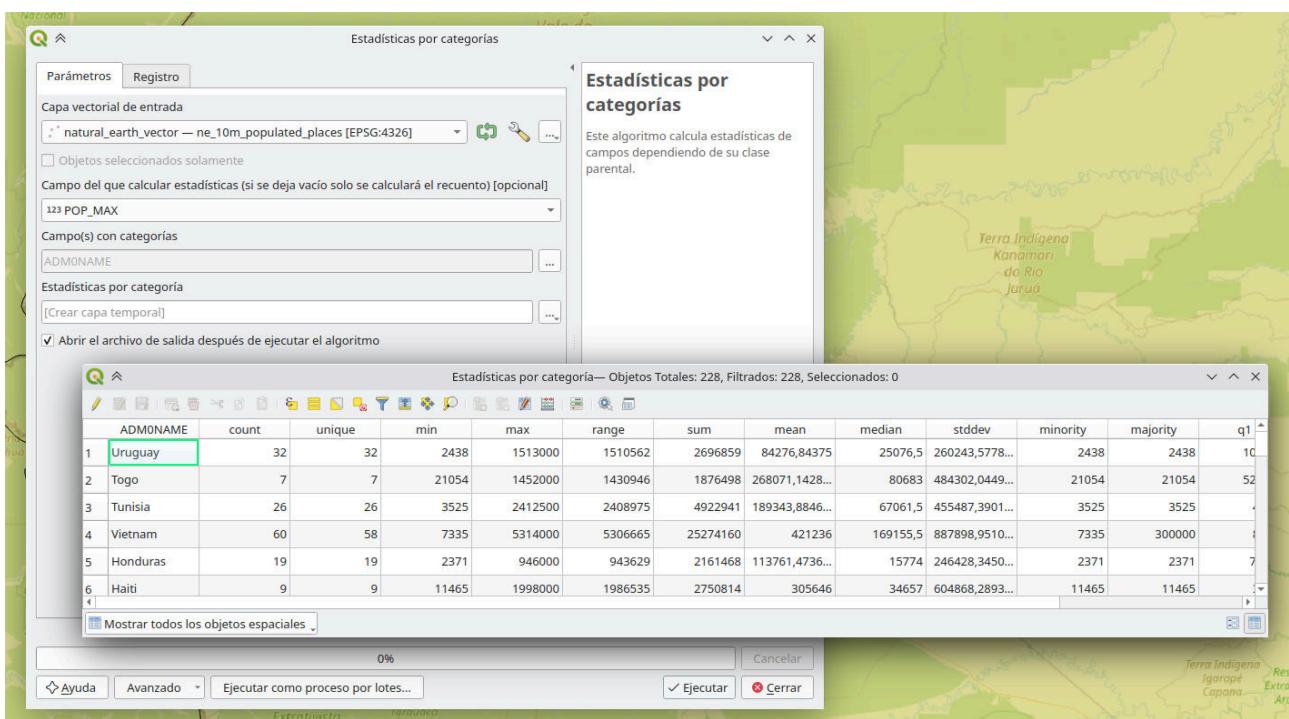


Figura 5.79: Estadísticas por categorías.

5.1.8.12. Matriz de distancia

La «Matriz de distancia...» (\square) se utiliza para calcular distancias entre puntos de dos capas (que también puede ser sobre la misma capa). El resultado del proceso es una nueva capa de puntos que contiene una matriz de distancia, con las longitudes calculadas entre cada uno de los puntos de la capa de entrada con cada uno de los puntos de la capa de salida.

Un ejemplo práctico podría ser el cálculo de las distancias de un aeropuerto a otros aeropuertos del mundo:

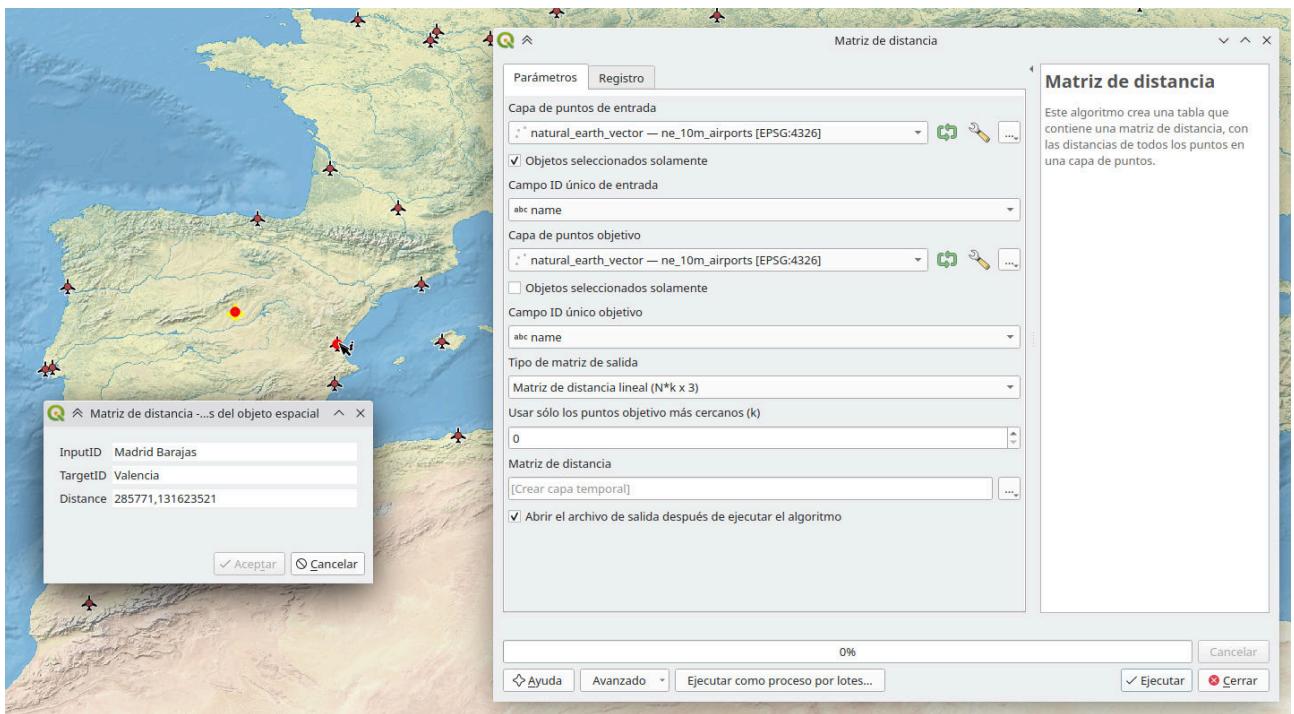


Figura 5.80: Previamente seleccionado el aeropuerto de *Barajas* (*Madrid*) se realizó el cálculo de distancias sobre todos los puntos de la misma capa. Al consultar sobre el aeropuerto de *Valencia* se observa en rojo el resaltado multi-punto con los datos de distancia (285771km). Se tomó el campo «name» como identificador para el cálculo de distancias.

5.1.8.13. Listar valores únicos

Este simple proceso () permite encontrar y listar todos los valores únicos en uno o varios campos de un dataset. El resultado es una lista temporal sin geometría que se incorpora al proyecto (y un archivo *html* que se guarda en disco).

Este algoritmo es una herramienta práctica cuando se necesita extraer un listado de valores, como los nombres de ciudades («populated_places») de cada país («countries»):

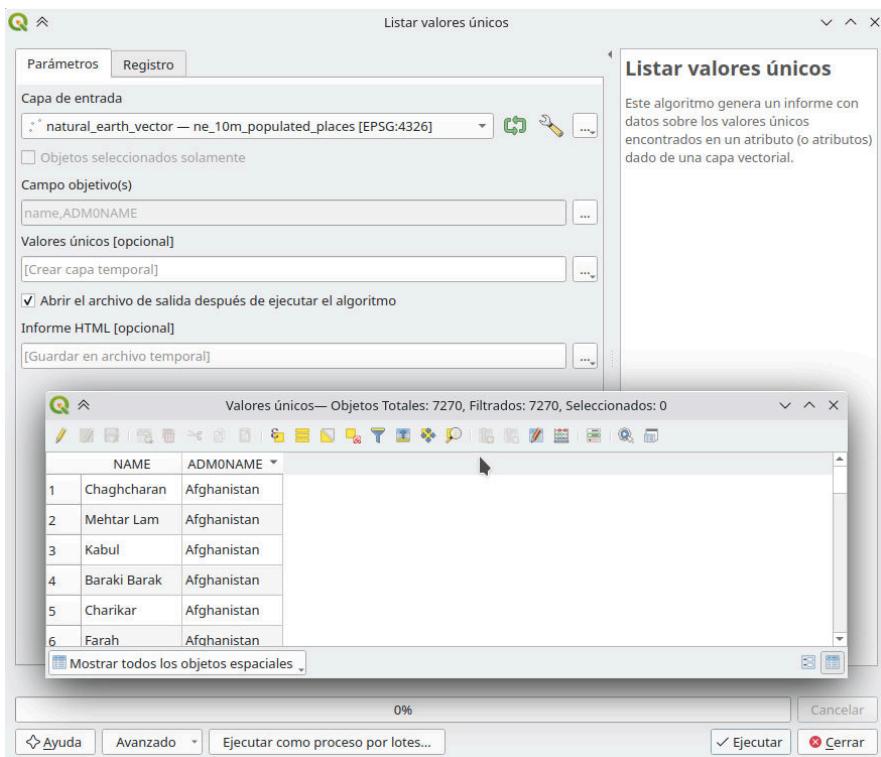


Figura 5.81: La imagen muestra la lista ordenada por país de la lista de valores únicos de ciudades.

5.1.8.14. Empaquetar capas

A veces es necesario transportar capas de una computadora a otra, o guardar múltiples resultados temporales en el disco para que sean permanentes, y una solución posible puede ser esta herramienta (que se encuentra en la caja de herramientas).

El algoritmo guarda las capas seleccionadas en un único archivo *GeoPackage*. Cada capa conservará su nombre y opcionalmente se podrá guardar su estilo en el mismo paquete.

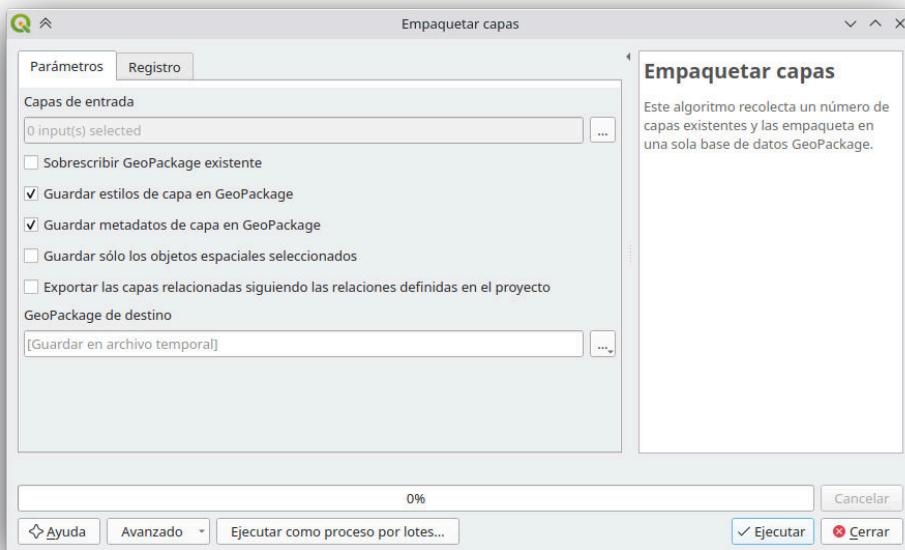


Figura 5.82: Entre los parámetros de configuración del proceso se encuentra también la opción de sobre escribir (pisar) el *GeoPackage* si coincide el nombre de guardado, conservar metadatos en el paquete, guardar solo los objetos espaciales previamente seleccionados y exportar las capas relacionadas en el proyecto.

5.1.8.15. Rehacer campos

Esta herramienta se utiliza para cambiar la estructura de tabla de nombres de campos, modificar tipos, establecer alias y comentarios de campo, quitar y/o agregar campos en una tabla de atributos, sea que contenga geometría o no. La salida es una nueva capa temporal donde se parte de la estructura de tabla original y se van realizando los cambios a gusto.

El proceso se encuentra en la caja de herramientas, y su configuración es relativamente sencilla. La tabla muestra el nombre de origen del campo («Expresión Fuente»), el nuevo nombre («Nombre», que por defecto es el mismo), tipo, longitud, precisión, restricciones, alias y comentario:

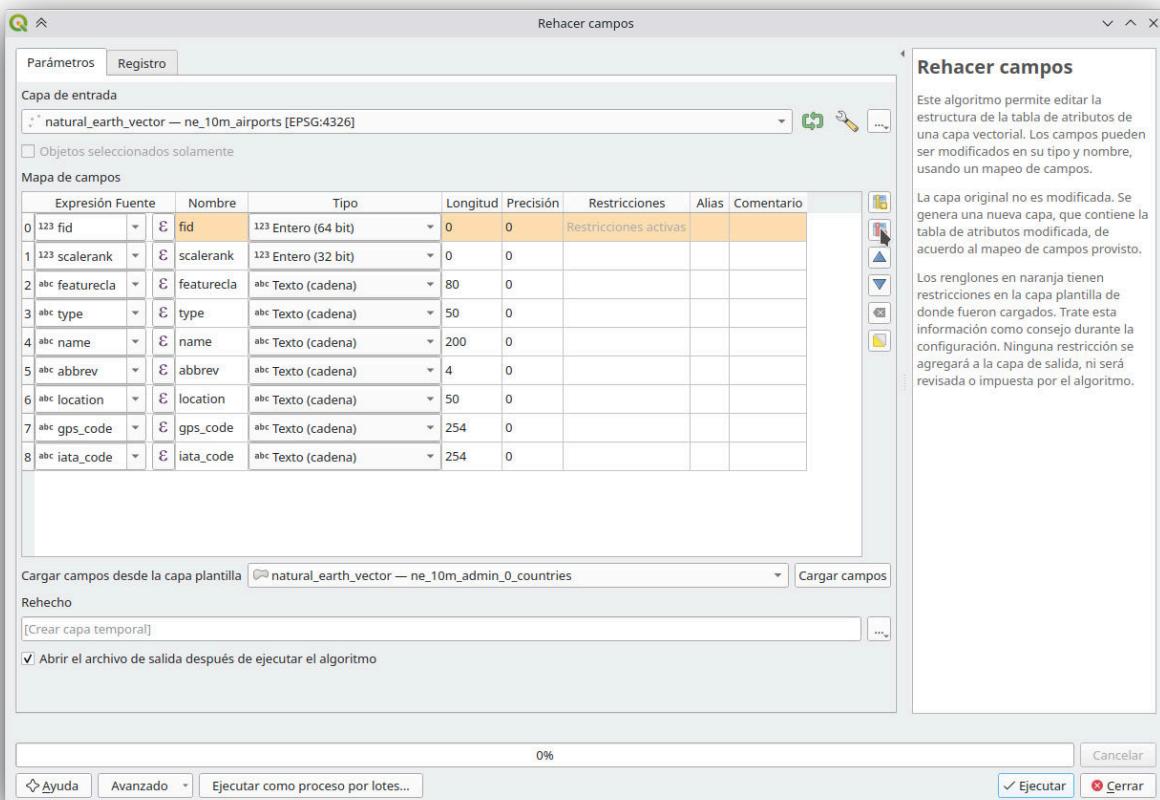


Figura 5.83: El ejemplo de la imagen muestra la tabla «airports» donde se han eliminado campos.

A diferencia de otras herramientas dentro de QGIS, como añadir y quitar campos, este proceso permite reordenar los campos. A nivel de bases de datos, quizás no tenga mucho sentido hacer esto, sin embargo, para el trabajo con planillas de cálculo siempre conviene ser ordenados con los campos.

5.1.9. Calculadora de campos y constructor de expresiones

La «Calculadora de campos» (calculator icon) es una herramienta muy potente porque permite generar comandos y fórmulas complejas para casos muy concretos. En este apartado estudiaremos más que nada cómo modificar elementos con la calculadora, pero hay que tener en cuenta que la misma también se puede aplicar en generación de reglas de estilos o filtros de selección por ejemplo donde se pueda activar el «Constructor de expresiones».

La calculadora de campos toma una expresión y la procesa para cada elemento de una capa, modificando un campo existente o generando uno nuevo, permanente o virtual (campo que se guarda en el proyecto).

Para quienes tengan entrenamiento previo con operaciones lógicas-matemáticas, no tendrán problema en avanzar rápidamente en esta sección. A continuación presentaremos algunas expresiones mediante algunos ejemplos particulares.

5.1.9.1. Condicionales

If Funciona de igual forma que la fórmula condicional «Si» en las planillas de cálculo. Prueba una condición y devuelve un resultado si es verdadero, u otro si es falso.

Para poner un ejemplo ingresaremos el siguiente código como expresión:

```
if(
"SCALERANK" < 5,
'Ciudad grande',
'Ciudad pequeña'
)
```

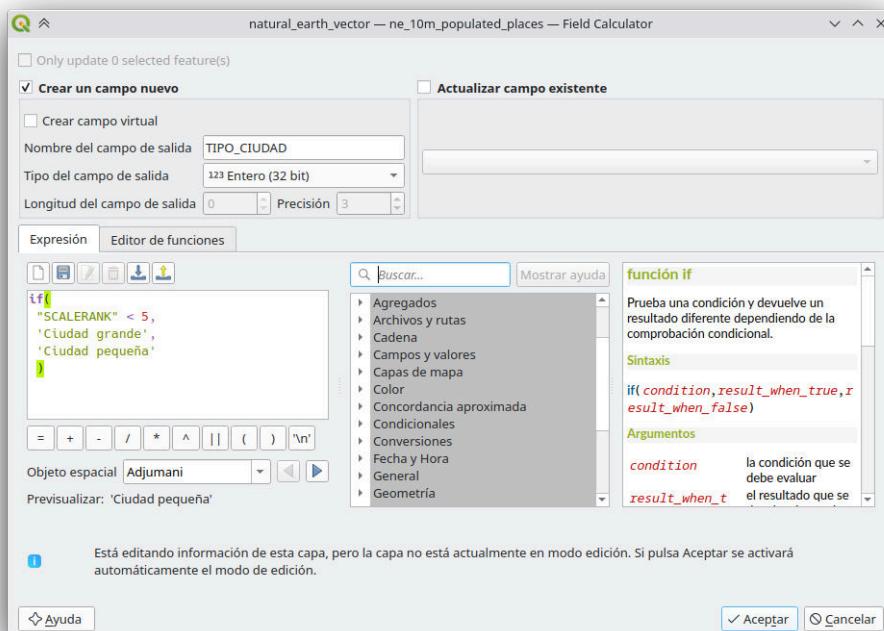


Figura 5.84: Condicional «si» o «if». La expresión evalúa la condición sobre el campo «scalerank» y luego determina si la cataloga como ciudad grande o pequeña.

Siendo que en el dataset «populated_places» a menor valor de «SCALERANK» mayor es el ranking, si la población está catalogada con valor menor a 5 el condicional tomara el caso como afirmativo y asignará el texto 'Ciudad grande', en caso contrario 'Ciudad pequeña'. Este valor deberá registrarse en un campo existente o uno nuevo (permanente o virtual). En nuestro caso, el campo se llama «TIPO_CIUDAD» y es del tipo texto con 254 caracteres de longitud.

Case La expresión «Case» es otro tipo de condicional que evalúa diferentes casos, secuencialmente descritos y asigna valores correspondientes para cada uno de ellos. La expresión «Case» se evalúa linea a linea y devuelve el valor asignado de la primera que sea verdadera, es decir que funciona como un «If» anidado o múltiple.

Supongamos que necesitamos segmentar la escala de ciudades anteriores en más categorías: 0, 1 y 2 para 'Ciudad grande'; 3, 4 y 5 para 'Ciudad mediana'; 6, 7 y 8 para 'Ciudad pequeña'; y por último 9 y 10 para 'Aldea' (es un caso hipotético de clasificación a fines de mostrar el ejemplo). La sentencia será:

```
CASE
    WHEN "SCALERANK" < 3 THEN 'Ciudad grande'
    WHEN "SCALERANK" < 6 THEN 'Ciudad mediana'
    WHEN "SCALERANK" < 9 THEN 'Ciudad pequeña'
    ELSE 'Aldea'
END
```

Una población catalogada como 5 será evaluada por la primer condición, como no la cumple se prosigue con la siguiente, que es verdadera por lo tanto se asigna el valor 'Ciudad mediana'. Notar que no es necesario describir la última condición, ya que los valores que no entran en los primeros casos son indefectiblemente 9 y 10.

También hay que resaltar que la expresión «Case» no necesita explicitar un valor ELSE si no se lo requiere, por lo que puede omitirse la línea. QGIS evalúa esta condición como NULL.

5.1.9.2. Agregados

Las funciones de agregados que veremos a continuación son solo algunas de las que contiene el programa. Agregan, traen, operan o juntan valores sobre capas y campos de acuerdo a una expresión estructurada que, como casi toda función en QGIS, tiene una sintaxis particular, parámetros obligatorios y parámetros opcionales.

Aggregate Esta herramienta permite calcular un valor usando objetos y valores de otra capa. Hay infinidad de ejemplos para esta herramienta, como veremos a continuación. En principio la función «aggregate» tiene varios parámetros obligatorios: la capa a consultar, el tipo de agregación a aplicar y una expresión o campo a agregar. Luego los parámetros opcionales: filtro o expresión de filtro que condiciona o limita los objetos a agregar, cadena usada para concatenar los resultados, y por último la expresión utilizada para ordenar los resultados. Solo para esta función mostraremos la estructura tabulada para entender mejor sus parámetros:

```
aggregate(  
    layer,  
    aggregate,  
    expression  
    [,filter]  
    [,concatenator:=”]  
    [,order_by]  
)
```

Una capa de ciudades podría tomar los distintos tipos de rutas que pasan por ella y que las almacene en un nuevo campo.

```
aggregate(  
    'natural_earth_vector -- ne_10m_roads',  
    'concatenate_unique',  
    type,  
    intersects(  
        $geometry,  
        buffer(  
            geometry(  
                @parent),  
            0.4  
        )  
    ),  
    ', '  
)10
```

¹⁰Según la propia documentación de QGIS, se recomienda no utilizar la variable \$geometry, y en su lugar utilizar @geometry. Usaremos indistintamente las dos formas en este libro.

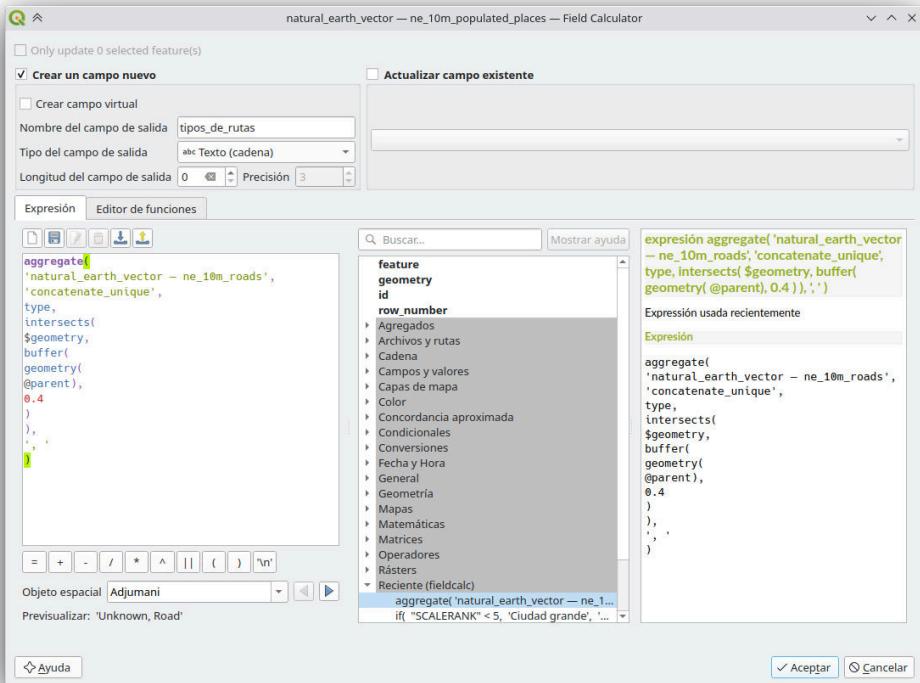


Figura 5.85: Tipos de rutas que pasan por una ciudad. El algoritmo recolecta en el campo «tipos_de_rutas» cada una de los tipos de caminos que pasan por cada ciudad, separados por coma. Al ser muchos puntos y caminos, el proceso toma un tiempo considerable en ejecutarse. La variable @parent se usa para acceder al objeto de la capa de origen.

Se podría hacer que la capa de países almacene la suma de todas las longitudes de caminos que intersecan:

```
aggregate(
    'natural_earth_vector -- ne_10m_roads',
    'sum',
    $length,
    intersects(
        $geometry,
        geometry(
            @parent
        )
    ),
    ,
)
```

También se puede hacer un recuento automático de aeropuertos localizados dentro de cada país. QGIS calcula automáticamente en un nuevo campo de la capa de países cuántos aeropuertos hay en ese territorio:

```
aggregate(
    'natural_earth_vector -- ne_10m_airports',
    'count',
    'fid',
    intersects(
        $geometry,
        geometry(
            @parent
        )
)
```

```
),  
, ,  
)
```

Se recomienda revisar la lista de todas las operaciones que puede hacer la función «Aggregate», en la ventana de ayuda en la parte derecha de la calculadora.

Range Entre otra de las funciones de agregados se encuentra «range», que devuelve el rango de valores de un campo o expresión. Necesariamente el argumento deberá ser numérico. Para el campo «POP_RANK» de la capa de países («countries») se obtiene:

```
range("POP_RANK") → 17
```

Count Distinct Similar a la función rango, se tiene «count_distinct», que calcula cuántos valores distintos hay en un campo. Por ejemplo para la misma capa de países («countries») el campo «ADMIN» arroja:

```
count_distinct("ADMIN") → 258
```

5.1.9.3. Cadena

Las operaciones que se pueden hacer con tipos texto o cadena son variadas y muy fáciles de utilizar. Muchas de ellas tienen similitud con las que pueden realizarse en software de gestión de planillas de cálculo. Solo como muestra se describen a continuación algunas de estas a modo de ejemplo.

Concatenado La concatenación es, de alguna manera, la unión secuencial de textos en una misma línea. Se utiliza «concat» con la siguiente sintaxis:

```
concat('texto 1', 'texto 2')
```

Esto devuelve la cadena literal «texto 1texto2». Se podrían utilizar atributos y cadenas estáticas para concatenar, con más de un argumento.

Supongamos que queremos ver en la etiqueta de cada país el nombre de cada país de la forma «País: Argentina», entonces debemos ir a las «Propiedades de la capa» → «Etiquetas» → «Valor» y hacer clic sobre el ícono  y anotar la siguiente expresión en el constructor de expresiones:

```
concat('País: ', "NAME")
```

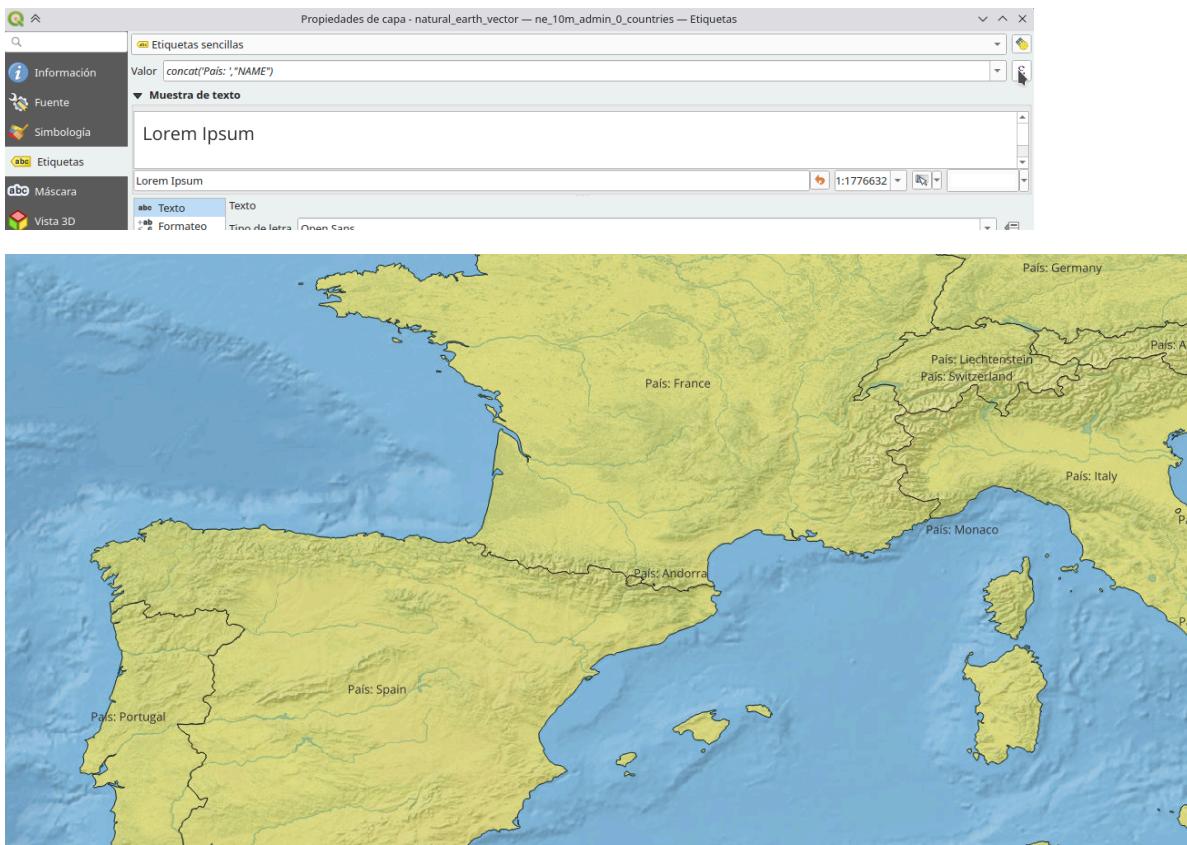


Figura 5.86: Capa de Países etiquetados con el texto fijo ('País: ') y el valor de atributo «NAME».

Otra forma de concatenar es con la doble barra vertical o «pleca» (||), con la diferencia que si el valor del atributo es nulo (NULL) no se mostrarán ninguna de las cadenas. Se lo utiliza de la siguiente forma:

```
'País: ' || NAME
```

Si tuviéramos una capa con registros de personas en el que figure nombre y apellido, se podría concatenar en un nuevo campo para que quede toda la cadena junta en el formato que uno desee. Para esto abrimos la calculadora de campos y creamos un nuevo atributo llamado por ejemplo «nombre_completo» y en la expresión ponemos:

```
concat(APELLIDO, ', ', NOMBRE) → «García, Alfonzo»
```

Con el comando «format» se pueden lograr resultados similares pero con otra sintaxis en su estructura.

Formato Dada una cadena es posible darle un formato particular.

- Para formatear fechas la función es «format_date». Por ejemplo la siguiente expresión formatea la hora actual «now()»:

```
format_date( now(), 'hh:mm AP') → '12:54 P. M.'
```

- Es posible formatear cadenas para que utilicen solo letras minúsculas, mayúsculas, o letras capitales con «upper», «lower» y «title»:

```
upper('Texto') → 'TEXTO'  
lower('Texto') → 'texto'  
title('Texto') → 'Texto'
```

Parte de una cadena A veces es necesario extraer una parte de una cadena, utilizando ciertos parámetros o expresiones regulares.

- Las operaciones «left» y «right» permiten extraer una cantidad determinada de caracteres a la izquierda o a la derecha de una cadena, respectivamente:

```
left('García, Alfonzo', 5) → 'García'
```

- Por ejemplo, las operaciones «lpad» y «rpad» se utilizan para completar o recortar una cadena a una cierta cantidad de caracteres:

```
lpad('García', 10, 'x') → 'xxxxGarcía'
lpad('García', 3, 'x') → 'Gar'
```

- En la misma línea que «lpad» y «rpad», tenemos «substr», que permite devolver una parte de una cadena con los argumentos de posición de inicio y longitud:

```
substr('Cadena a recortar', 3, 10) → 'dena a rec'
```

- El comando «replace» permite reemplazar una parte de la cadena por otra. Puede servir para eliminar caracteres:

```
replace('32-9456321-9', '-' ,') → '3294563219'
```

5.1.9.4. Matemáticas

Las operaciones matemáticas que permite realizar QGIS son muy completas y su utilización es muy similar a cualquier otro programa CAS o calculadora digital. Solo mostraremos algún que otro ejemplo de interés para el uso cotidiano de QGIS.

Redondeo y acotamiento

- La operación «round» redondea el resultado de una operación especificando la cantidad de decimales. Por ejemplo, cuando calculamos el área de un polígono en un campo de tipo real y queremos acotar la cantidad de cifras de precisión o también si queremos redondear a la unidad:

```
round($area,3) → 54,123
round($area) → 54
```

- «Floor()» y «ceil()» son dos operaciones matemáticas que redondean un número por debajo o arriba respectivamente. El resultado es entero.
- «abs()» calcula el valor absoluto de un número cualquiera.

Operaciones QGIS permite utilizar los símbolos aritméticos tradicionales (suma, resta, multiplicación, etc) a los cuales se adicionan algunas operaciones matemáticas que también se pueden encontrar en calculadoras científicas o sistemas CAS. Detallaremos solo algunas a modo de ejemplo:

- De exponente: «exp()», «sqrt()», «ln()», «log()» y «log10()», donde se pueden calcular potencias, raíz cuadrada y logaritmos naturales, de base específica y decimal.
- Trigonométricas con argumento en radianes: «sin()», «cos()», «tan()», «asin()», «acos()», «atan()».

Aleatorización

- Se pueden generar números *randomizados* o *aleatorios* enteros entre dos números determinados con el comando «rand()»:

```
rand(0,10) → 3
```

- Para números reales se puede realizar lo mismo con el comando «randf()»:

```
randf(0,10) → 9.661894723642249
```

Para ambos casos es posible ingresar un argumento al final como semilla ¹¹.

¹¹Una semilla (aleatoria) es un número utilizado para inicializar un generador de números pseudoaleatorios, donde dado el mismo número semilla, un generador de números aleatorios generará los mismos números aleatorios cada vez que se ejecute la expresión.

Escalado Las operaciones «scale_linear()» y «scale_exp()» permiten realizar escalado de valores entre dos rangos determinados, dados sus valores mínimos y máximos de entrada y salida.

Por ejemplo si queremos escalar el número 7 de un rango original [0;10] para llevarlo a escala [0;100], de forma lineal:

```
scale_linear(7,0,10,0,100) → 70
```

O bien usando los mismos rangos anteriores pero exponencialmente de segundo grado, donde el último argumento es el exponente de la escala, que también puede ser real:

```
scale_exp(7,0,10,0,100,2) → 49
```

También se puede usar una curva polinómica para escalar valores. El mismo ejemplo anterior pero de grado 5:

```
scale_polynomial(7,0,10,0,100,5) → 16,807
```

5.1.9.5. Conversiones

Entero, real y cadena

- A veces se guardan datos numéricos en campos de tipo texto y como tales no es posible hacer ciertas operaciones. Por ejemplo si se tiene un campo de códigos enteros dentro de un tipo texto (string) y queremos ver la tabla ordenada de menor a mayor observaremos el siguiente comportamiento:

NAME_TR	NAME_VI	NAME_ZH	codigo
nezya	Indonesia	印度尼西亚	1
alk Cum...	Cộng hòa Nh...	中华人民共和国	10
jal	Sénégal	塞内加尔	100
ra	Nigeria	奈及利亚	101
i	Bénin	贝宁	102
la	Angola	安哥拉	103
tistan	Croatia	克罗地亚	104
nya	Slovenia	斯洛文尼亚	105
	Qatar	卡塔尔	106
Arabist...	À Rập Saudi	沙特阿拉伯	107
ana	Botswana	波札那	108
abve	Zimbabwe	辛巴威	109
	Israel	以色列	11
iristan	Bulgaria	保加利亚	110
nd	Thái Lan	泰国	111

Figura 5.87: Tabla ordenada por campo «codigo» de tipo «string o cadena». Al ordenar vemos los valores 1, 10, 101, etc. Este comportamiento se debe precisamente a que QGIS evalúa los números como si fueran textos.

Para solucionar este problema editamos con clic derecho sobre el nombre del campo y elegimos la opción de «Ordenar...», donde escribimos la siguiente linea:

```
to_int("codigo")
```

NAME_TR	NAME_VI	NAME_ZH	codigo
nezya	Indonesia	印度尼西亚	1
ya	Malaysia	马来西亚	2
	Chile	智利	3
ra	Bolivia	玻利维亚	4
	Peru	秘鲁	5
tin	Argentina	阿根廷	6
elia Kan...	Căn cứ quân ...	NULL	7
Cumhu...	Cộng hòa Síp	赛普勒斯	8
stan	Án Đô	印度	9
alk Cum...	Cộng hòa Nh...	中华人民共和国	10
	Israel	以色列	11
n	Palestine	巴勒斯坦	12
an	Liban	黎巴嫩	13
oya	Ethiopia	埃塞俄比亚	14
y Sudan	Nam Sudan	南苏丹	15

Figura 5.88: Tabla ordenada por campo «codigo», de tipo «string» pero convertida al vuelo en «entero».

- De igual forma es posible hacer conversión de tipo «string» a «real» con el comando «to_real()».
- Inversamente a los dos ejemplos anteriores la función «to_string()» pasa de tipo numérico a cadena de texto.
- En lo que a conversiones de tipo coordenadas se refiere, el comando «to_dms()» permite pasar de formato decimal a sexagesimal:

```
to_dms(-64.123456, 'x', 2) → '-64°7`24.44~'
to_dms(-64.123456, 'x', 2,'aligned') → '64°07`24.44~0'
```

Angular

- «radians()» convierte grados sexagesimales en radianes.
- «degree()» realiza la operación opuesta a la anterior.

Fecha y tiempo

- El comando «to_date()» permite dar formato de fecha a un campo de tipo string. Es necesario especificar el formato en el que está escrito y el idioma, por ejemplo:

```
to_date('24 diciembre, 2023','d MMMM, yyyy','es') → '2023-12-24'
```

- La operación «to_time()» convierte de texto a hora de forma similar al caso anterior.

```
to_time('12-32','HH-mm') → '12:32:00'
```

- Si tenemos fecha y hora en un campo se pueden combinar los dos casos anteriores mediante «to_datetime()»:

```
to_datetime('9 julio, 2021 @ 12:34','d MMMM, yyyy @ HH:mm','es') → '2021-07-09 12:34:00'
```

- Una operación interesante es «age()», que calcula la diferencia entre dos fechas:

```
age('2021-12-31','2021-04-30') → '245 días'
age(to_date(now()),'2021-12-31') → '719 días'
```

(El comando «now()» selecciona el «datetime» actual del sistema operativo, y «to_date» lo convierte solo a fecha para que pueda calcular la diferencia)

- Las operaciones «year()», «month()», «day()», «hour()», «minute()», «day()» y «second()» generan extractos de tiempo de cualquier «datetime()».

5.1.9.6. Geometría

Las operaciones en la «Calculadora de campos» con geometría permiten entre otras cosas encontrar el valor del área de un polígono, longitud de polilíneas, coordenadas de un punto, etc. Como los cálculos son relativos a los SRC utilizados en el proyecto y los propios de cada capa, se recomienda tener presente la sección 2.2.

Notar que en algunos comandos utilizan «\$geometry» que no es más que el dato de la geometría del objeto actual.

Área

- El operador «\$area» permite calcular la superficie elipsoidal de un polígono sin importar en qué SRC se encuentra la capa, donde se hace la siguiente observación: *El área calculada por esta función respeta tanto la configuración del elipsoide del proyecto actual como la de las unidades de área. Por ejemplo, si se ha establecido un elipsoide para el proyecto, entonces el área calculada será elipsoidal y si no se ha establecido ningún elipsoide, entonces el área calculada será planimétrica.*
- El comando «area(\$geometry)» calcula el área planimétrica de una geometría en el SRC proyectado. La ayuda de la función aclara que: *Los cálculos siempre son planimétricos en el Sistema de Referencia Espacial (SRE) de esta geometría y las unidades del área devuelta coincidirán con las unidades del SRE. Esto difiere de los cálculos hechos por la función \$area, que hará cálculos elipsoidales basados en el elipsoide del proyecto y la configuración de las unidades de superficie.*

Para entender mejor la diferencia entre las distintas formas de calcular el área que ofrece QGIS puede ser de ayuda la siguiente gráfica, donde se visualizan los dos tipos de superficies:

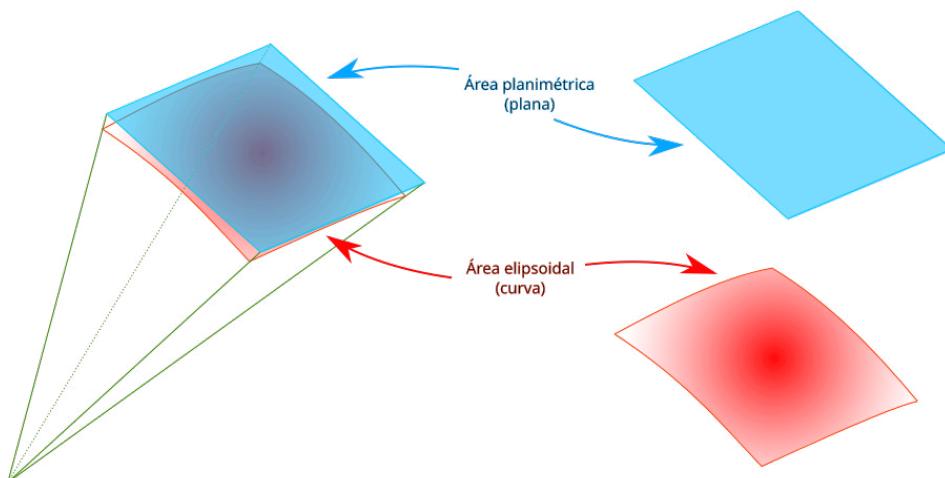


Figura 5.89: La figura muestra una porción «rectangular» de territorio y su proyección al centro de la tierra. La roja toma la forma del elipsoide, y la azul es proyectada y plana. Las dos áreas tienen naturaleza diferente, y de allí su diferencia. El área elipsoidal usa líneas geodésicas en los bordes de su geometría, en cambio la otra posee líneas rectas sobre el plano proyectado.

Longitud o perímetro

- Al igual que con el área, es posible calcular la longitud de una geometría lineal o el perímetro de una poligonal mediante el operador «\$length». QGIS advierte que: *La longitud calculada por esta función respeta tanto la configuración del elipsoide del proyecto actual como la de las unidades de longitud. Por ejemplo, si se ha establecido un elipsoide para el proyecto, entonces la longitud calculada será elipsoidal y si no se ha establecido ningún elipsoide, entonces la longitud calculada será planimétrica.*
- Con «length(\$geometry)» también es posible calcular la longitud de la geometría actual, pero se advierte que: *Los cálculos siempre son planimétricos en el Sistema de Referencia Espacial (SRE) de esta geometría y las unidades de la longitud devuelta coincidirán con las unidades del SRE. Esto difiere de los cálculos hechos por la función \$length, que hará cálculos elipsoidales basados en el elipsoide del proyecto y la configuración de las unidades de longitud.*

- Para calcular el perímetro de un polígono se recomienda utilizar el operador «\$perimeter», donde se advierte que: *El perímetro calculado por esta función respeta tanto la configuración del elipsoide del proyecto actual como la de las unidades de distancia. Por ejemplo, si se ha establecido un elipsoide para el proyecto, entonces el perímetro calculado será elipsoidal y si no se ha establecido ningún elipsoide, entonces el perímetro calculado será planimétrico.*
- Asimismo, el comando «perimeter(\$geometry)» hará lo propio con geometrías poligonales pero considerando lo siguiente: *Los cálculos siempre son planimétricos en el Sistema de Referencia Espacial (SRE) de esta geometría y las unidades del perímetro devuelto coincidirán con las unidades del SRE. Esto difiere de los cálculos hechos por la función \$perimeter, que hará cálculos elipsoidales basados en el elipsoide del proyecto y la configuración de las unidades de distancia.*

Al igual que para el cálculo de áreas, las longitudes pueden ser líneas rectas o geodésicas, y de allí obtenemos sus diferencias de medición.

Coordenadas

- El centroide de una geometría no es más que su centro geométrico y se lo calcula con el operador «centroid(\$geometry)». Este comando puede ser utilizado en combinación con otras operaciones para la determinación de intersecciones por ejemplo.
- La coordenada «x» de un punto se puede calcular con «\$x»¹². Si se utiliza «x(\$geometry)» también se puede utilizar para encontrar el centroide, con la salvedad que para geometrías del tipo polígono o polilínea se devolverá la coordenada «x» del centroide. Se puede combinar con el comando «round()» para quitar decimales innecesarios si así se lo requiere:

```
$x → 31.80972219999995
round($x,6) → 31.809722
```

- Para el cálculo de la coordenada «y» se utilizan comandos similares: «\$y» e «y(\$geometry)».
- El cálculo de las coordenadas se realiza en el SRC de la capa, por lo que en el caso de la capa de países que estamos utilizando en los ejemplos la coordenada «x» es sinónimo de longitud, y la «y» es latitud. Si por ejemplo si se tiene una capa en un SRC diferente al 4326 (WGS 84) y se necesita obtener los datos de latitud y longitud se deberá utilizar el operador «transform()». Supongamos que la geometría de la capa tiene SRC 3857 (Web Mercator), para obtener la coordenada x en grados se tendría que aplicar:

```
x(transform($geometry, 'EPSG:3857', 'EPSG:4326'))
y(transform($geometry, 'EPSG:3857', 'EPSG:4326'))
```

5.2. Análisis ráster

Aprenderemos a utilizar algunos procesos que son de uso habitual en la labor con capas ráster y que tienen que ver con el análisis de los datos que contienen o derivan de ellas. No abordaremos por el momento la calculadora ráster, que merece una sección aparte.

5.2.1. Interpolaciones

En esta sección realizaremos interpolaciones ráster de diverso origen metodológico. Las técnicas de interpolación son utilizadas en el ámbito de la cartografía y la geomática para estimar valores desconocidos en ubicaciones intermedias a partir de datos conocidos en puntos (vectorial) dispersos no necesariamente ordenados o uniformes en su distribución.

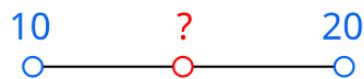


Figura 5.90: Interpolación de un valor entre dos puntos. Podríamos pensar que el valor buscado es cercano a 15, sin embargo eso respondería a un modelo lineal, y como veremos más adelante no siempre se da así.

¹²La propia documentación de QGIS indica que es mejor utilizar x(@geometry) en su lugar, aunque en la versión actual el comando «\$x» todavía funciona.

La elección del método de interpolación depende de varios factores, como la distribución de los datos, la variabilidad espacial, y la naturaleza del fenómeno que se está modelando. Existen métodos que se adaptan mejor a ciertos casos conocidos, aunque es muy común realizar pruebas y comparaciones entre varios métodos para determinar cuál se ajusta mejor a los datos y al contexto específico de la problemática.

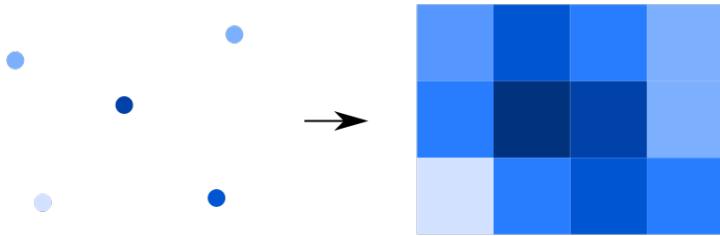


Figura 5.91: Modelo de interpolación de puntos a ráster. Nótese que la intensidad del tono en los puntos se ve reflejado en los valores del ráster, donde cada celda representa un píxel. Si un píxel se encuentra en la posición exacta de un punto, tomará su valor, pero donde no existan puntos se calcula una interpolación que depende del método utilizado.

QGIS posee cuatro herramientas de interpolación en el panel de «Caja de herramientas de procesos»:

TIN (Triangulated Irregular Network):

La superficie se divide en una red de triángulos irregulares que conectan puntos de datos conocidos. Cada triángulo tiene una superficie plana, y la interpolación se realiza calculando los valores dentro de cada triángulo de manera lineal.

Es especialmente útil cuando los datos están distribuidos de manera irregular y no siguen un patrón sistemático. Se utiliza comúnmente en terrenos topográficos y modelado tridimensional.

IDW (Inverse Distance Weighting):

La idea central es asignar pesos a los puntos de datos conocidos en función de su proximidad a la ubicación a interpolar. Puntos más cercanos tienen un peso mayor en la estimación del valor desconocido.

Funciona bien cuando se espera que los valores cercanos geográficamente tengan una mayor influencia en el punto a interpolar. Es útil en situaciones donde se espera que la influencia disminuya con la distancia.

Mapa de calor (Estimación de Densidad de Núcleo)

Este tipo de mapa destaca áreas donde hay una mayor concentración de puntos y ayuda a identificar patrones de distribución espacial.

Facilita la visualización de la intensidad de fenómenos en áreas geográficas, como la densidad de crímenes, avistamientos de aves, ubicaciones de servicios, etc.

Densidad lineal Interpolación de densidad de líneas

La densidad lineal se calcula dividiendo la longitud total de los elementos lineales por la unidad de área, generalmente kilómetros por kilómetro cuadrado o metros por hectárea. Esto proporciona una medida de cuántos kilómetros o metros de elementos lineales existen en una determinada área.

La densidad lineal es útil para analizar patrones de distribución de elementos lineales en relación con el área circundante. Por ejemplo, puede ayudar a identificar áreas con alta densidad de carreteras o ríos en comparación con otras áreas.

5.2.1.1. Interpolación TIN

Comenzaremos analizando un ejemplo con datos descargados del Servicio Meteorológico Nacional Argentino (SMN). Tenemos una capa de puntos (estaciones meteorológicas) sobre el territorio continental Argentino con datos de temperatura máxima y mínima para el día 27/12/2023. Convertiremos esos puntos en un ráster con temperaturas interpoladas mediante el método de «Interpolación TIN» ().

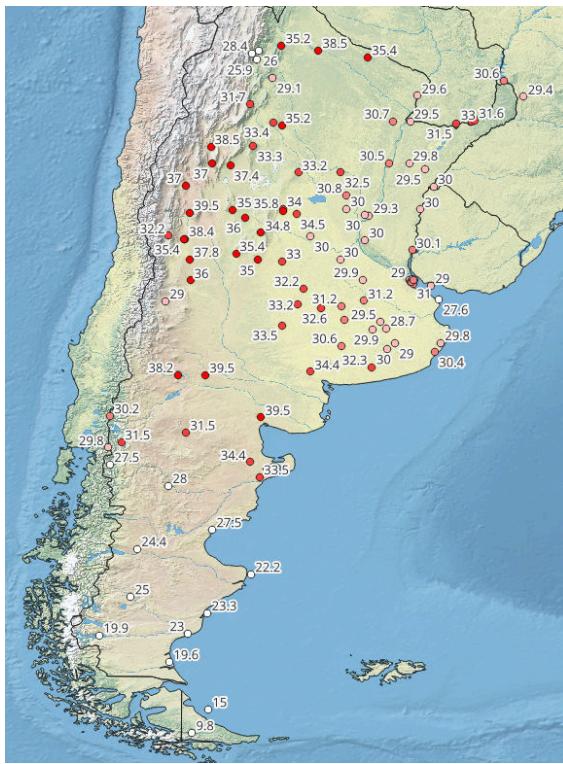


Figura 5.92: El dataset muestra una región central con temperaturas claramente superiores a los 30 grados C.

Nota: Aclararemos antes de comenzar con este proceso que para el caso particular a analizar se presupone que la interpolación de temperaturas en el territorio se comporta de forma lineal aunque esto no sea realmente así, ya que depende de muchos factores, pero nos sirve para mostrar las capacidades de la herramienta.

Activamos el proceso desde el panel «Caja de herramientas de procesos» y configuramos los parámetros de forma que tome la capa de puntos y sus valores de temperaturas máximas (obs_TMAX) haciendo clic en el botón «+»:

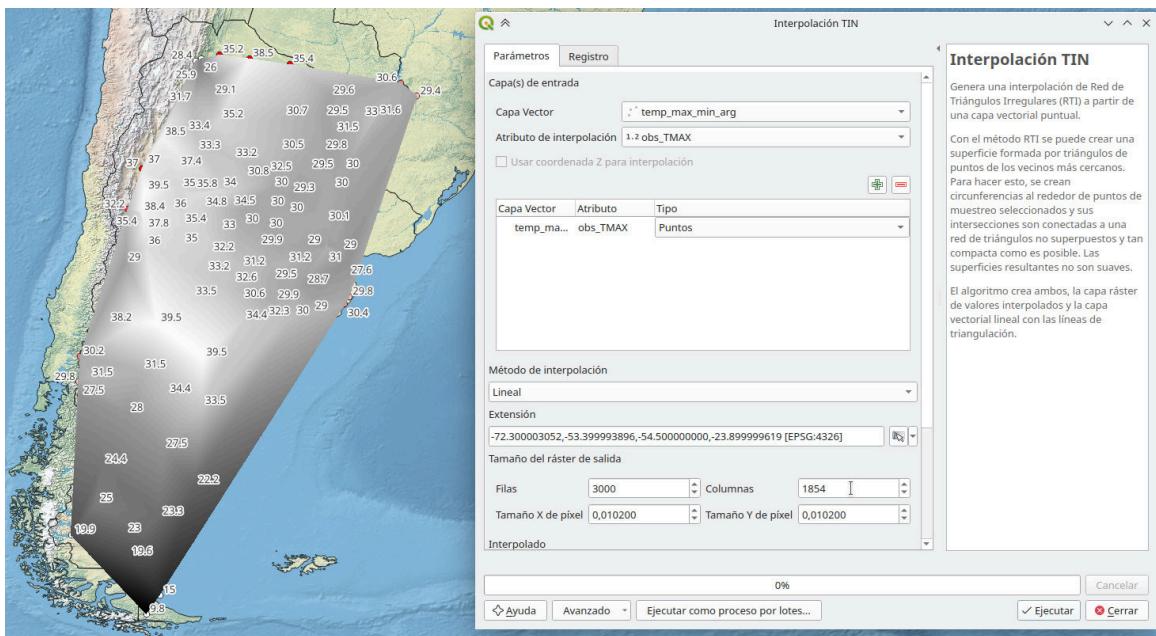


Figura 5.93: Se configuró como extensión del ráster a la misma capa de temperaturas y en la resolución de salida se optó por 3000 filas (las columnas se calculan automáticamente en proporción a la extensión elegida).

El ráster de salida de interpolación TIN muestra en distintos tonos de gris las temperaturas de los puntos. Para interpretar mejor este dato podemos elegir un estilo más apropiado, segmentado en estratos:

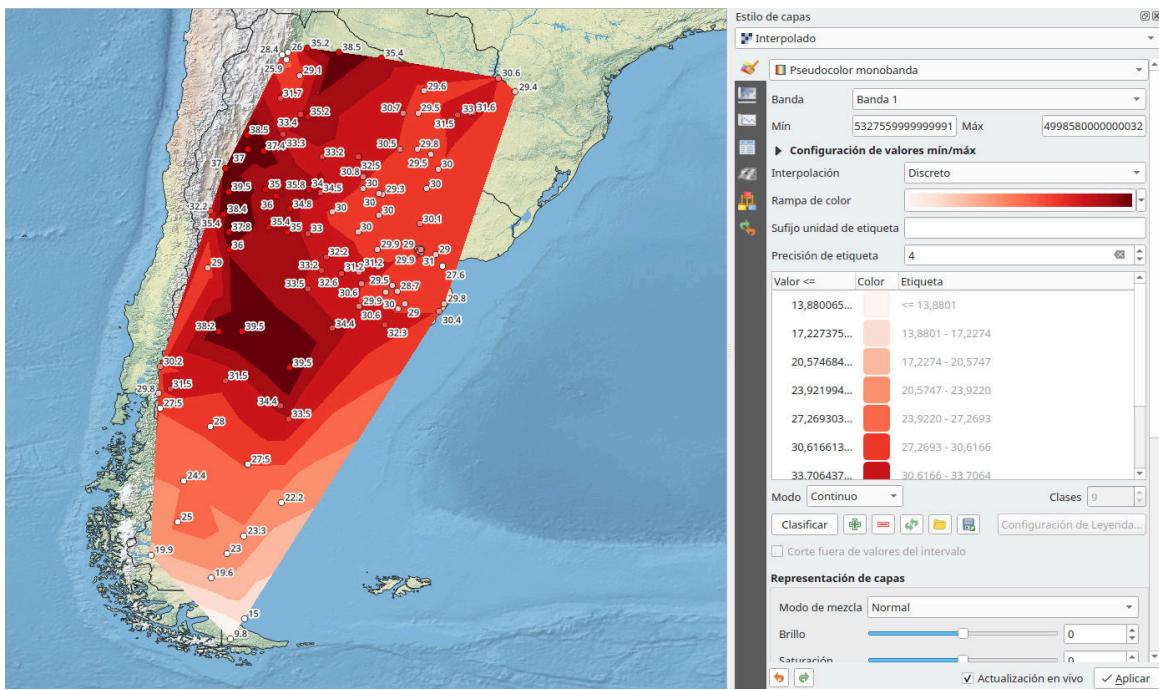


Figura 5.94: Sobre la capa ráster se observa la capa de puntos original, a modo de comparativa.

Si bien estos métodos de interpolación aplican generalmente sobre puntos, también es posible utilizar geometrías de líneas para obtener rásteres interpolados. Veremos a continuación el caso inverso a la extracción de curvas de nivel, es decir que partiendo de ellas obtendremos un modelo digital de elevaciones (DEM) utilizando Interpolación TIN.

Para ello tomamos las curvas generadas para la *Isla de Cabrera* y configuramos el valor de elevación (ELEV) como parámetro de entrada del algoritmo, la extensión será la misma capa de curvas y como tamaño de salida en 2000 filas (recordemos que las columnas se auto-calcularán en función de las filas):

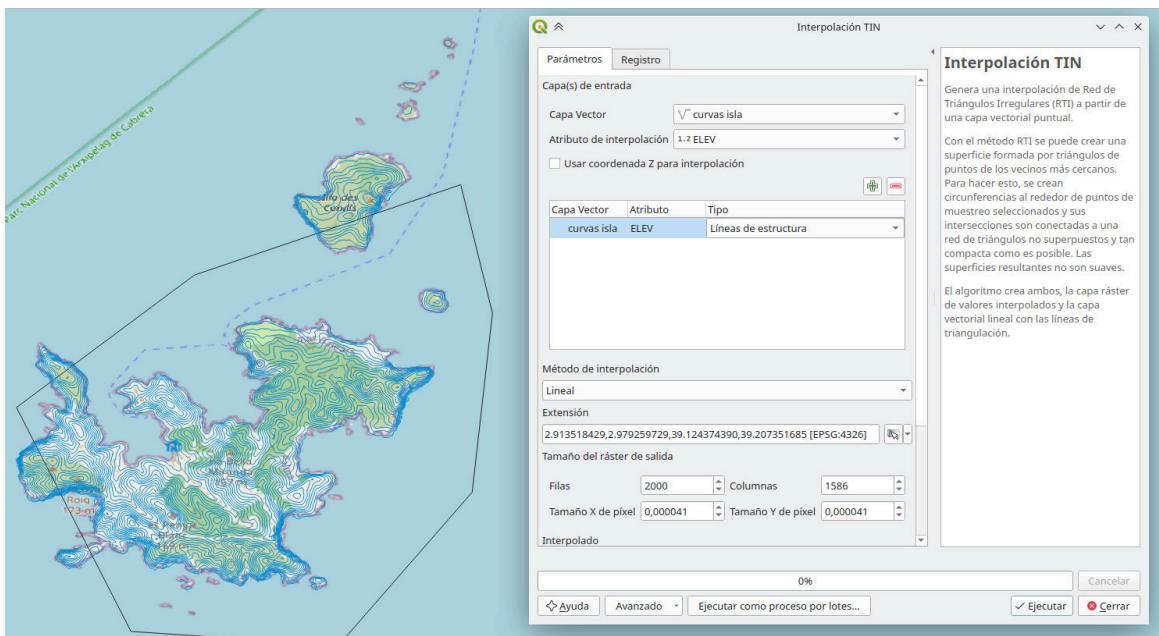


Figura 5.95: *Isla de Cabrera* con las curvas de nivel calculadas previamente. Nótese que las curvas de nivel se tomaron como tipo de «Líneas de estructura».

La salida muestra un mapa de elevaciones similar al que descargamos con el complemento *SRTM Downloader*:

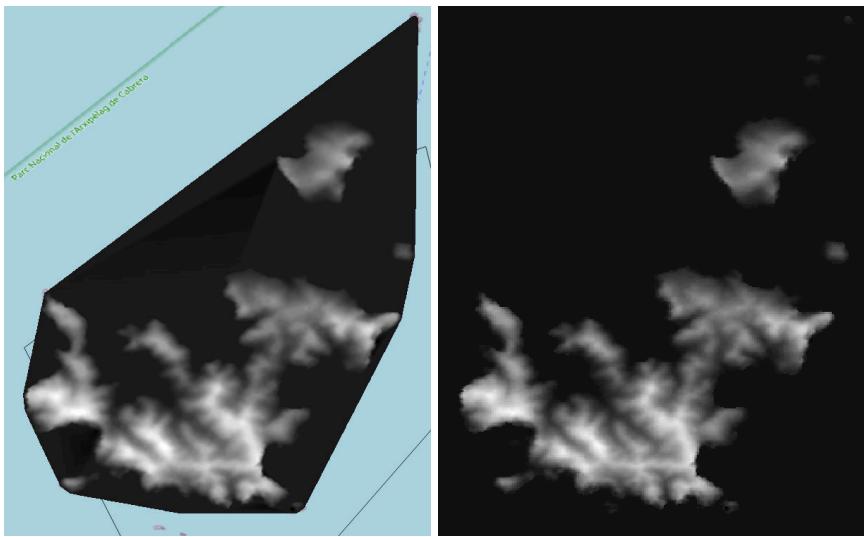


Figura 5.96: La imagen de la izquierda muestra el DEM interpolado a partir de las curvas de nivel, y de lado derecho el DEM descargado original. Se observa mayor resolución espacial en el DEM calculado debido a la cantidad de filas y columnas configuradas en este caso (2000x1586) para el ráster de salida.

5.2.1.2. Interpolación IDW

De forma similar puede utilizarse el método de «Interpolación IDW» (ⓘ) para generar un ráster a partir de una capa de puntos con valores numéricos a generalizar en una extensión. Según el resumen de la herramienta «el método genera una interpolación de Distancia Inversa Ponderada (DIP) desde una capa vectorial puntual», es decir que «los puntos muestrados son ponderados durante la interpolación de tal manera que la influencia de un punto relativo a otro disminuye con la distancia hacia el punto desconocido que se desea crear».

Para el caso particular de las estaciones meteorológicas que estamos analizando habrá que considerar que este método de interpolación influye fuertemente en el resultado final y por tanto será necesario considerarlo dentro de los parámetros de hipótesis. Tomando los mismos datos de entrada y considerando el «Coeficiente P de distancia» igual a 5, se tiene la siguiente salida:

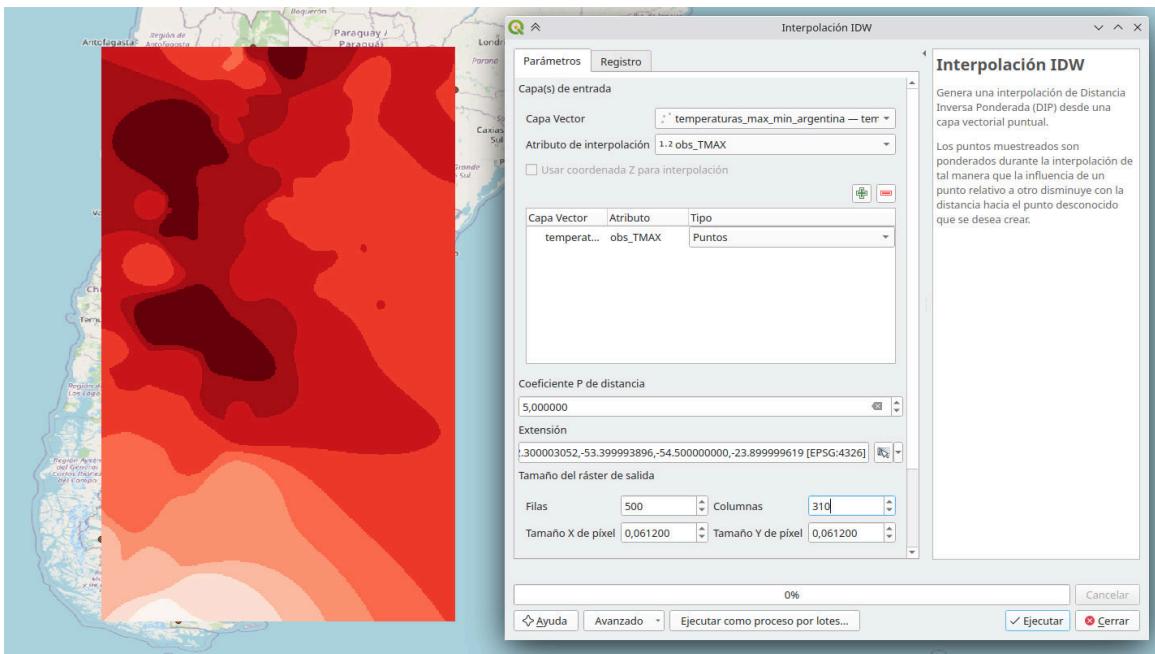


Figura 5.97: El método de interpolación IDW devuelve un ráster con datos calculados en toda su extensión, a diferencia del TIN que solo genera valores en su envolvente convexa. Se ha generado un estilo de interpolado discreto similar al utilizado anteriormente.

El coeficiente de distancia determina el grado de influencia que tienen los puntos relativo a su distancia, a valores más altos se incrementa la influencia de puntos más cercanos.

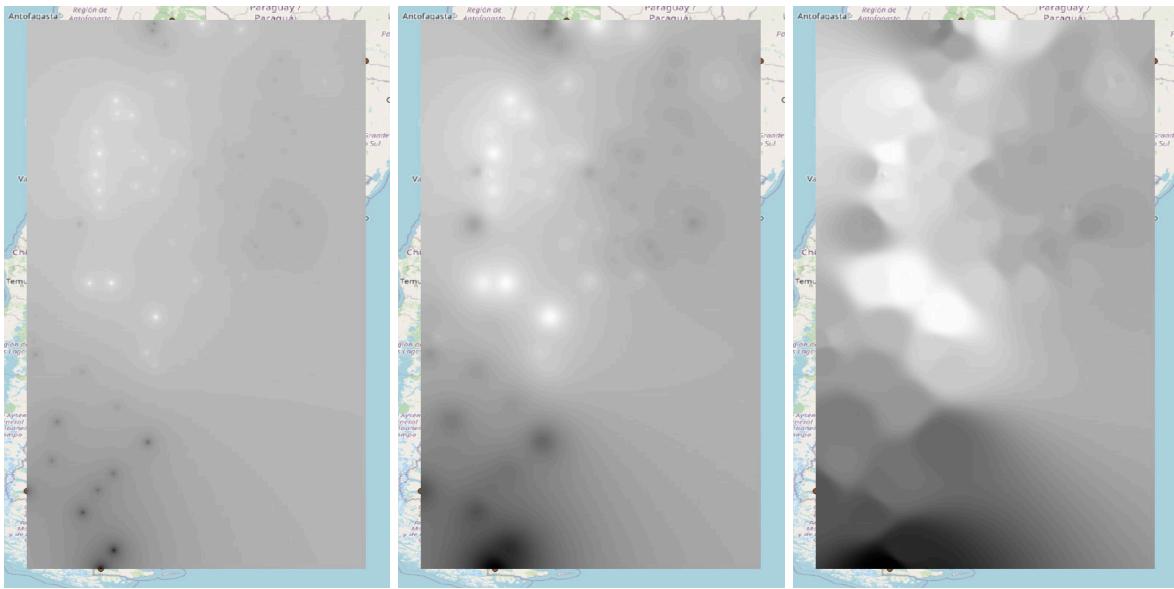


Figura 5.98: Interpolación IDW con distintos coeficientes de distancia, de izquierda a derecha $P=1$, $P=2$ y $P=5$.

Nota: Como se ha mencionado anteriormente es necesario cotejar los valores calculados con datos reales relevados en territorio. No solo en este caso sino siempre que se trabaje con modelos. Es recomendable contrastar los datos calculados con puntos de control y estimar el grado de confianza que se tiene sobre el mismo estableciendo a la vez márgenes de error prudentes de forma que no deriven luego en conclusiones erróneas.

5.2.1.3. Densidad lineal

Otro de los casos de interpolación que podemos analizar es el de «Densidad lineal» (🔗), un algoritmo que como ya se ha definido anteriormente aplica sobre líneas y genera un ráster donde la salida destaca la densidad de líneas en el territorio. Podemos estudiar el caso de las rutas Argentinas y su ponderación por importancia («scalerank»):

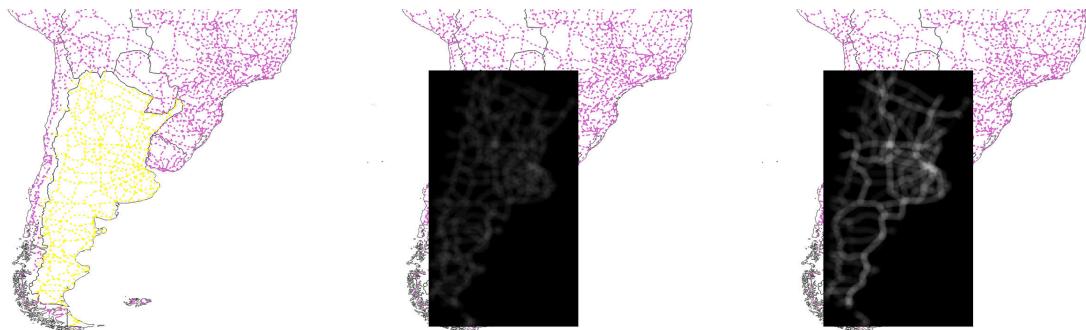


Figura 5.99: La primer imagen muestra la selección de las rutas Argentinas. En la segunda imagen se ha calculado la densidad lineal en un radio de 50km. La tercera imagen se ha recalculado con igual radio pero ponderando la importancia de cada ruta (invirtiendo previamente la escala de los valores de «scalerank»).

El algoritmo toma una capa de entrada (rutas) y calcula su densidad, considerando o no un factor de peso para cada objeto geográfico. En el caso de la imagen se observa claramente la diferencia entre el cálculo de densidad de líneas y el cálculo ponderado.

5.2.1.4. Mapa de calor

Por último, veremos el caso de la interpolación «Mapa de Calor (Estimación de Densidad de Núcleo)» (👉). El algoritmo crea un ráster de densidad o mapa de calor a partir de una capa vectorial de puntos. Como ya se ha dicho, los mapas de calor permiten una fácil identificación de focos y puntos de agrupamiento.

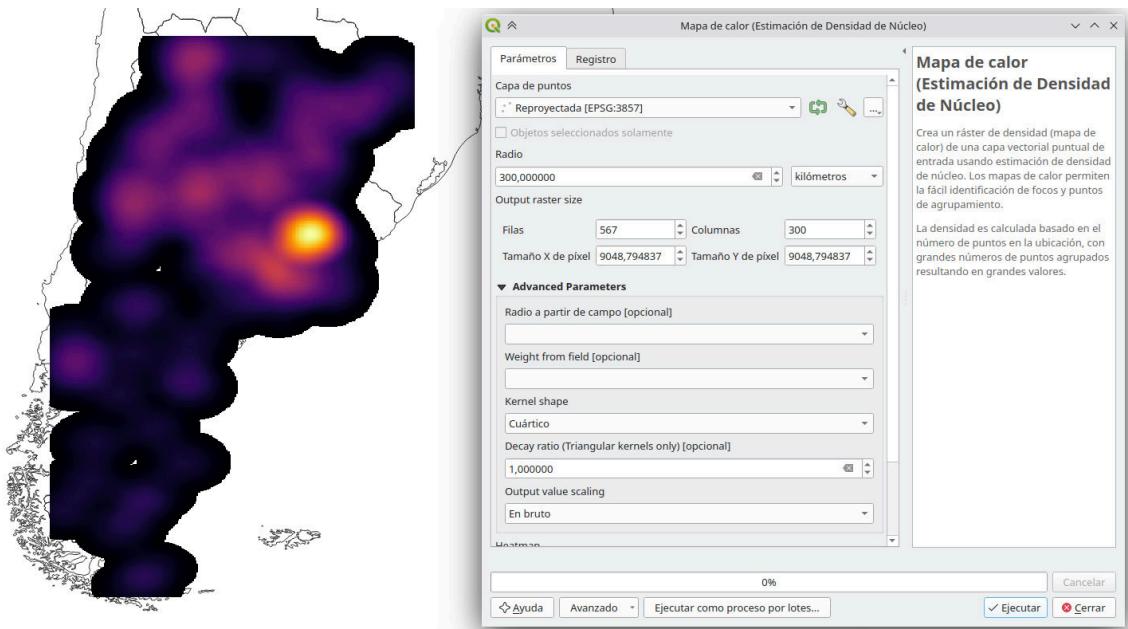


Figura 5.100: En el cálculo se utilizó el «Kernel» *Cuántico*. Al no configurar peso diferenciado para cada punto y tener un radio fijo el resultado refleja con más densidad la zona donde se encuentra la ciudad *Capital de la República Argentina, Buenos Aires*.

Nota: En todos los casos se utilizaron capas con el mismo SRC (EPSG:4326). Es posible que el algoritmo genere datos erróneos si los SRC no son iguales.

5.2.2. Mapa de Sombras (Hillshade)

El algoritmo calcula el sombreado del relieve de un DEM (visto en el capítulo 2, en la sección «Agregado de capas ráster»). El sombreado simula la iluminación solar a cierta altura y posición (azimut y elevación), poniendo de manifiesto el relieve de valles y montañas.

A modo de ejemplo calcularemos el *hillshade* de la *Isla de Cabrera* extraído anteriormente y del cual ya poseemos el DEM correspondiente. Accedemos a la herramienta desde panel de «Caja de herramientas de procesos» y sin cambiar ningún parámetro obtenemos el siguiente resultado:

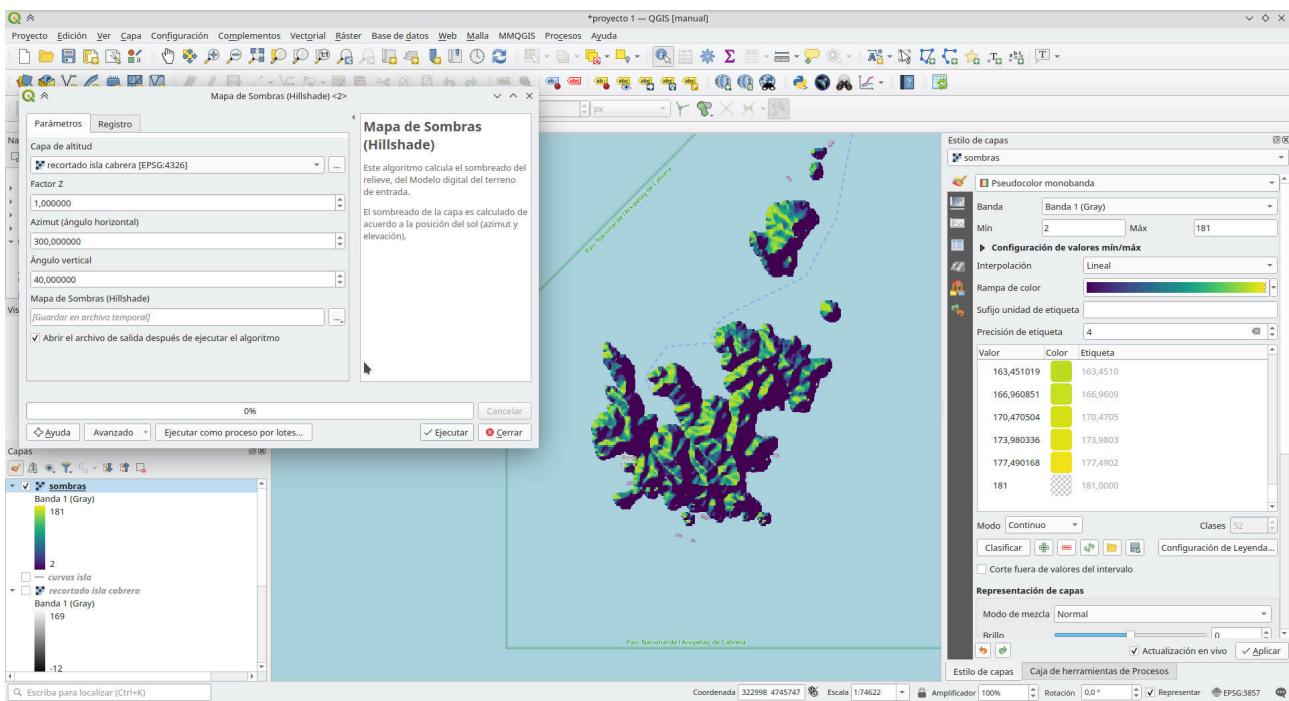


Figura 5.101: *Mapa de sombras (Hillshade)* de la *Isla de Cabrera*. Se han tomado los parámetros del algoritmo por defecto. Para mejorar la visualización se configuró el estilo de la capa de hillshade en pseudocolor monobanda (rampa de color *viridis*) con transparencia en el color amarillo para el valor 181 que coincide con el valor de color sobre el mar.

Es interesante analizar el mapa de sombras o relieve en conjunto con las curvas, de forma que se puedan observar mejor los valles y elevaciones:

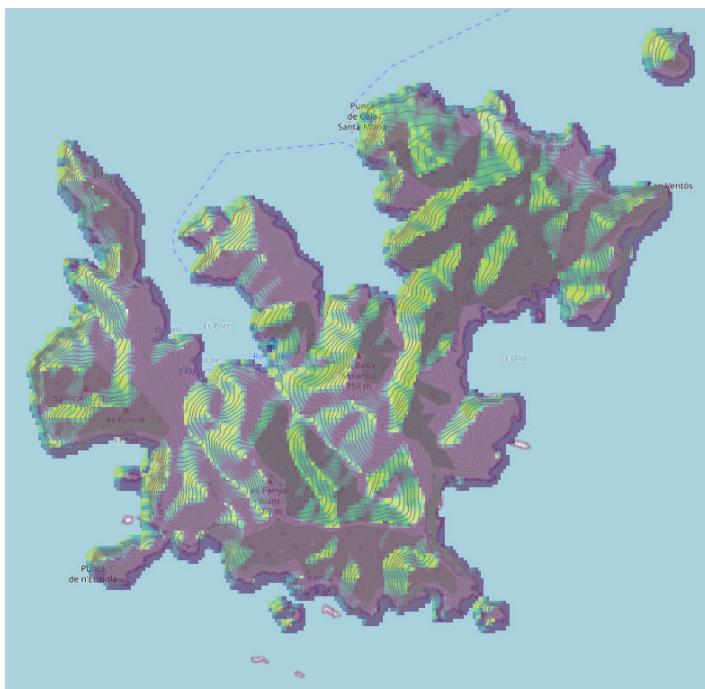


Figura 5.102: Capa ráster de *hillshade* con 50 % de transparencia sobre la base de *OpenStreetMap*, y sobre ellas las curvas de nivel calculadas con anterioridad. Todos estos datos en conjunto ayudan a entender la geografía del lugar.

5.2.3. Perfil de elevación

Un «Perfil de elevación» es una representación bidimensional del terreno a lo largo de una linea. También conocido como *corte de terreno* o *perfil topográfico*, permite entender en una gráfica simple las distintas altitudes

que toma el terreno a lo largo de una ruta o traza. Es útil por ejemplo en la planificación de caminos o trazas de vías de ferrocarril, ya que con los perfiles se observa claramente como se eleva el terreno.

QGIS posee un panel propio para realizar perfiles de elevación a partir de una capa ráster DEM (o capas vectoriales con dato de elevación), que se puede activar desde el menú «Ver» → «Perfil de elevación» ().

Tomemos por caso de análisis un perfil topográfico de la *Isla de Mallorca*. Una vez activado el panel agregamos la capa ráster DEM «combinar» desde el botón «Add Layer» () a la lista de capas disponibles. Luego trazamos una linea por donde queremos conocer el perfil, y para ello hacemos clic en el botón «Capture curve» ():

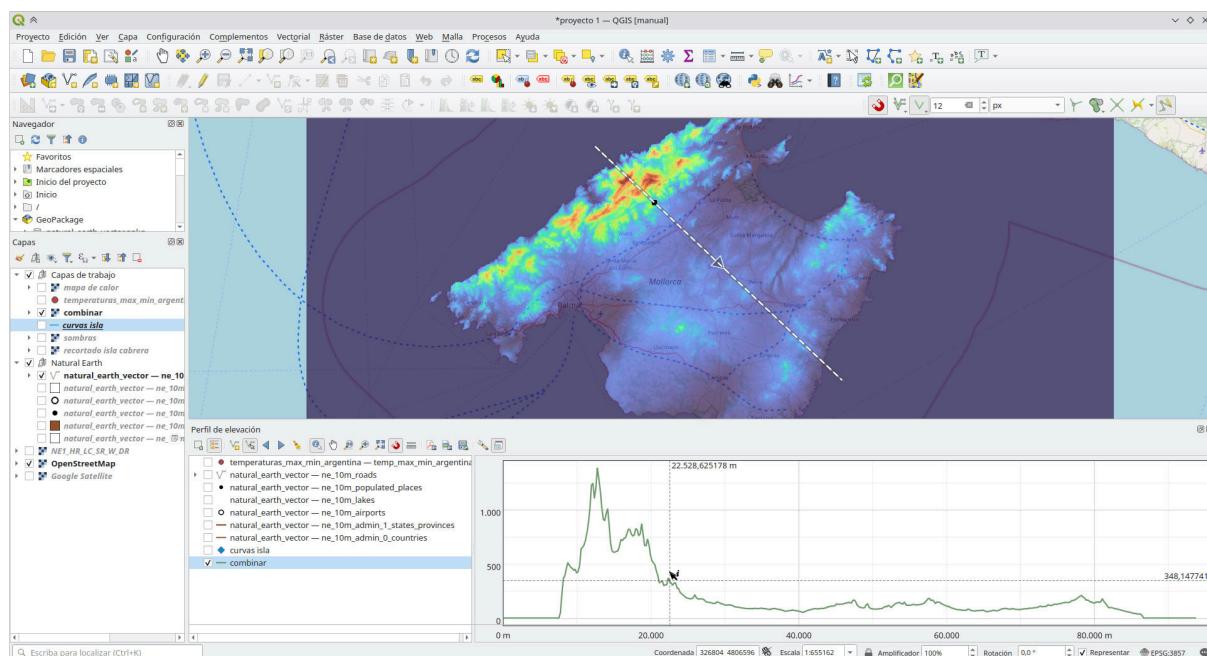


Figura 5.103: El perfil muestra un corte en el territorio que sigue la linea trazada y las elevaciones obtenidas del DEM «combinar». En la gráfica es posible seguir las coordenadas con el movimiento del cursor.

Las trazas no necesariamente son líneas rectas, también pueden tener quiebres siguiendo rutas:

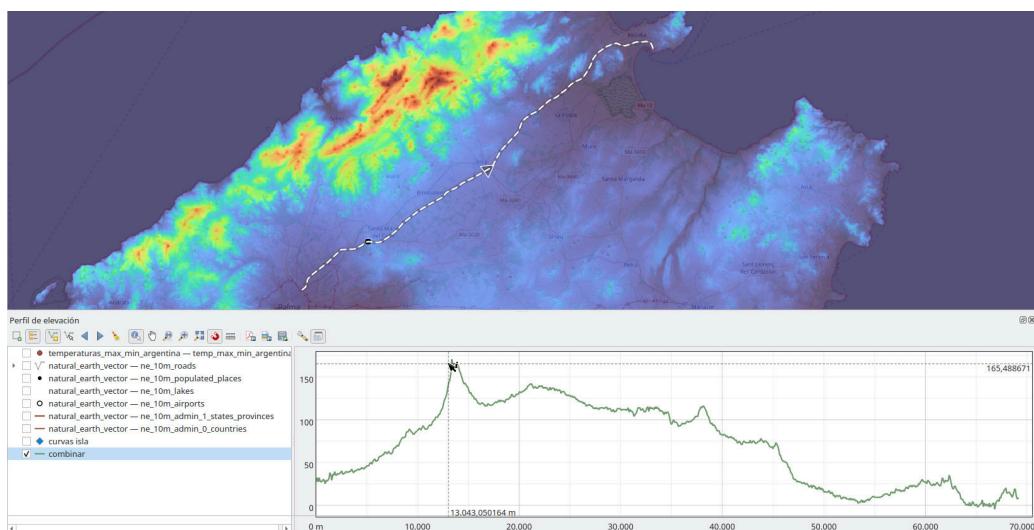


Figura 5.104: Perfil sobre la traza de la ruta *Palma-Alcúdia* en la *Isla de Mallorca*. Se observa que el punto más alto del camino es de aproximadamente 165m a 13km del inicio. Por lo que se observa en la imagen de relieve, la traza parece estar en un valle del terreno.

Nota: Es posible seleccionar un objeto vectorial de una capa de líneas como traza para el perfil,

para ello se puede utilizar el botón «Capture Curve From Feature» (). En este caso, si por ejemplo se tiene una ruta o camino ruta ya trazado, se lo puede usar como linea del perfil.

Los perfiles topográficos también pueden obtenerse a partir de capas vectoriales lineales como curvas de nivel, pero éstos deberán tener el dato de elevación configurado en la pestaña «Elevation» dentro de las propiedades de la capa:

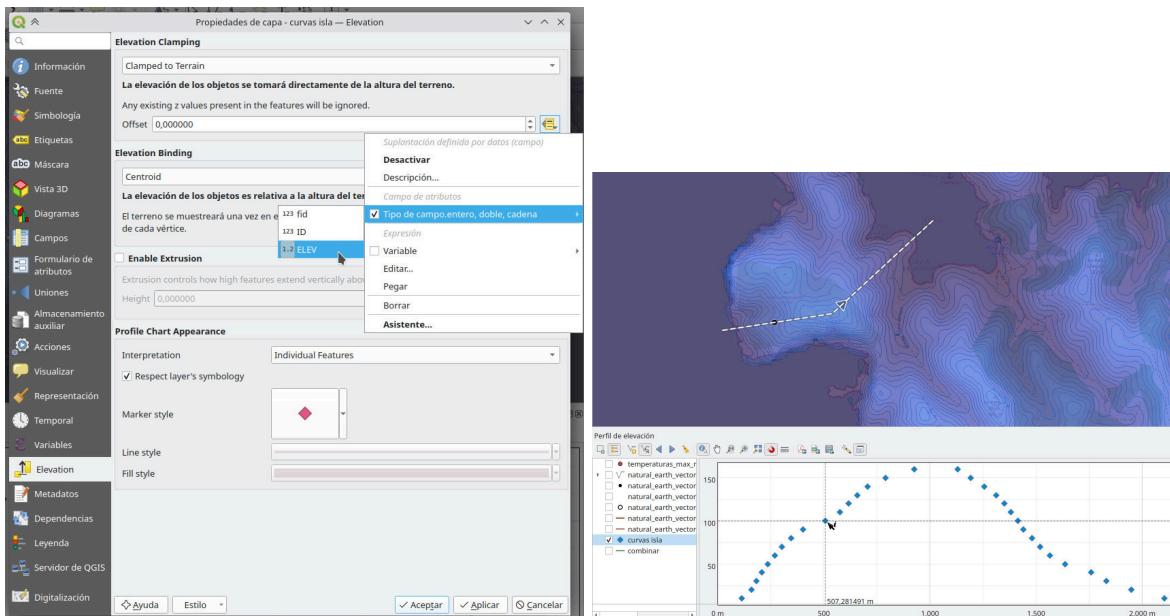


Figura 5.105: En la imagen izquierda se ha elegido el campo «ELEV» como valor de elevación para la capa «curvas_isla» calculada en el capítulo 3 (3.6.2.3). A la derecha se ha trazado una linea quebrada que pasa por varias curvas de nivel y forma el perfil de elevación.

5.2.4. Estadísticas de capa ráster

Este algoritmo se encuentra en la «Caja de herramientas de procesos», y básicamente hace un resumen estadístico de una capa raster por banda. Su uso es simple, solo hay que elegir la capa raster y banda. Su salida es un informe (texto o html) con los siguientes datos:

- Archivo analizado
- Valor mínimo
- Valor máximo
- Rango
- Suma
- Valor promedio
- Desviación estándar
- Suma de los cuadrados

5.2.5. Información de ráster

Similar al proceso anterior, esta herramienta () permite mostrar información estadística y geográfica de cada banda de una capa ráster. Se accede desde el menú «Ráster» → «Miscelánea» y su salida es un informe de texto o html:

```

1 Driver: GTiff/GeoTIFF
2 Files: *****/NE1_HR_LC_SR_W_DR.tif
3 Size is 21600, 18880
4 Coordinate System is:
5 GEOGCRS["NGS 84",
6   DATUM["World Geodetic System 1984",
7     ELLIPSOID["NGS 84",6378137.298,298.257223563,
8       LENGTHUNIT["metre",1]],
9     PRIMEM["Greenwich",0,
10       ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433]],
11     CS[ellipsoidal,2],
12       AXIS["geodetic latitude (Lat)",north,
13         ORDER[1],
14         ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433]],
15       AXIS["geodetic longitude (Lon)",east,
16         ORDER[2],
17         ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433]],
18     ID["EPSG",4326]]
19 Data axis to CRS axis mapping: 2,1
20 Origin = (-180, 0.00000000000000, 90, 0.00000000000000)
21 Pixel Size = (0.0166666666666670,-0.0166666666666670)
22 Metadata:
23   AREA_OR_POINT=Area
24   TIFFTAG_DATETIME=2012-07-16 09:41:02
25   TIFFTAG_RESOLUTIONUNIT=1 (pixels/inch)
26   TIFFTAG_SOFTWARE=Adobe Photoshop CS3 Macintosh
27   TIFFTAG_XRESOLUTION=72
28   TIFFTAG_YRESOLUTION=72
29 Image Structure Metadata:
30   INTERLEAVE=PIXEL
31 Corner Coordinates:
32   Upper Left (-180, 0.000000, 90, 0.000000) (-180d 0' 0.00000000" E, 90d 0' 0.00000000" N)
33   Lower Left (-180, 0.000000, -90, 0.000000) (-180d 0' 0.00000000" E, 90d 0' 0.00000000" S)
34   Upper Right (-180, 0.000000, 90, 0.000000) (-180d 0' 0.00000000" E, 90d 0' 0.00000000" N)
35   Lower Right (-180, 0.000000, -90, 0.000000) (-180d 0' 0.00000000" E, 90d 0' 0.00000000" S)
36   Center (-180, 0.000000, -90, 0.000000) (-180d 0' 0.00000000" E, 90d 0' 0.00000000" S)
37   Band 1 Block=21600x1 Type=Byte, ColorInterp=Red
38     Min=-9, Max=255,000
39     Minimum=-9,000, Maximum=255,000, Mean=153.017, StdDev=48.582
40   Metadata:
41     STATISTICS_APPROXIMATE=YES
42     STATISTICS_MAXIMUM=255
43     STATISTICS_MEAN=153.01689594356
44     STATISTICS_MINIMUM=49
45     STATISTICS_STDDEV=48.5819689956
46     STATISTICS_VALID_PERCENT=100
47   Band 2 Block=21600x1 Type=Byte, ColorInterp=Green
48     Min=-94, Max=255,000
49     Minimum=-94,000, Maximum=255,000, Mean=188.867, StdDev=27.638
50   Metadata:
51     STATISTICS_APPROXIMATE=YES
52     STATISTICS_MAXIMUM=255
53     STATISTICS_MEAN=188.86695899471
54     STATISTICS_MINIMUM=94
55     STATISTICS_STDDEV=27.637819231165
56     STATISTICS_VALID_PERCENT=100
57   Band 3 Block=21600x1 Type=Byte, ColorInterp=Blue
58     Min=-53, Max=255,000
59     Minimum=-53,000, Maximum=255,000, Mean=207.748, StdDev=19.556
60   Metadata:
61     STATISTICS_APPROXIMATE=YES
62     STATISTICS_MAXIMUM=255
63     STATISTICS_MEAN=207.74809744268
64     STATISTICS_MINIMUM=93
65     STATISTICS_STDDEV=19.556252031366
66     STATISTICS_VALID_PERCENT=100

```

Figura 5.106: Salida de información de la capa NE1_HR_LC_SR_W_DR de *Natural Earth*.

5.2.6. Muestra de valores ráster

El algoritmo «Muestra de valores ráster» crea una nueva capa vectorial a partir de una capa vectorial de puntos y los valores ráster correspondientes sobre ellos. Para capas ráster multi-banda todos los valores de banda son muestreados en los puntos. Se accede desde la «Caja de herramientas de procesos»:

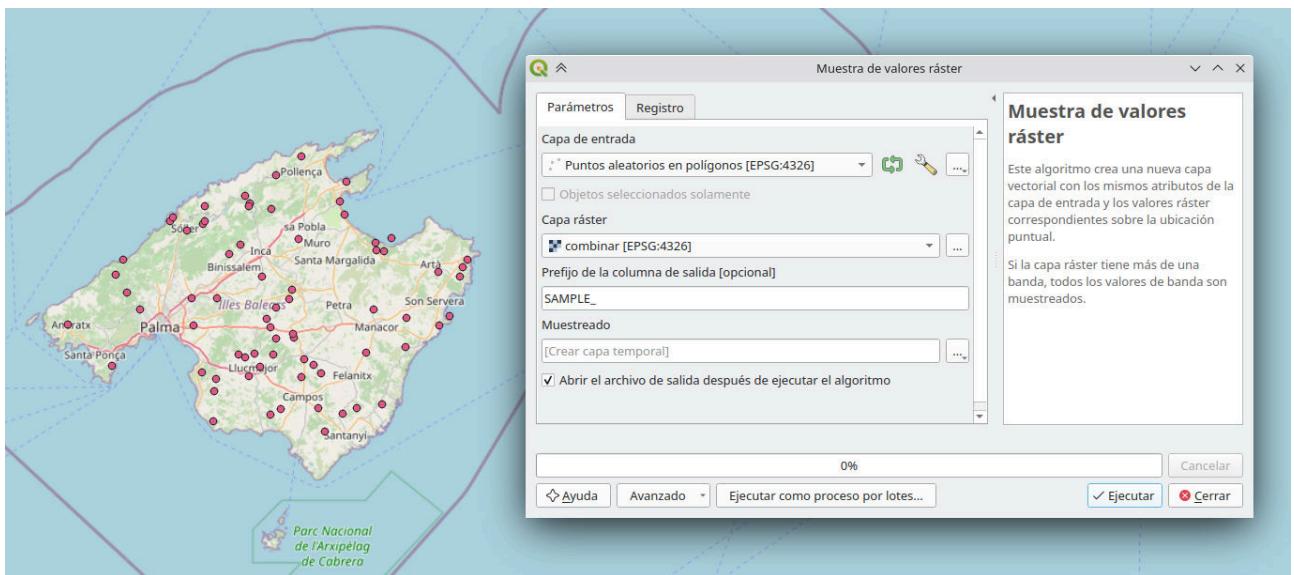


Figura 5.107: Muestra de valores ráster sobre una capa de puntos aleatorios de la *Isla de Mallorca*.

Una vez ejecutado el proceso se puede ver cómo la capa de puntos ha tomado del ráster el valor correspondiente a su ubicación:

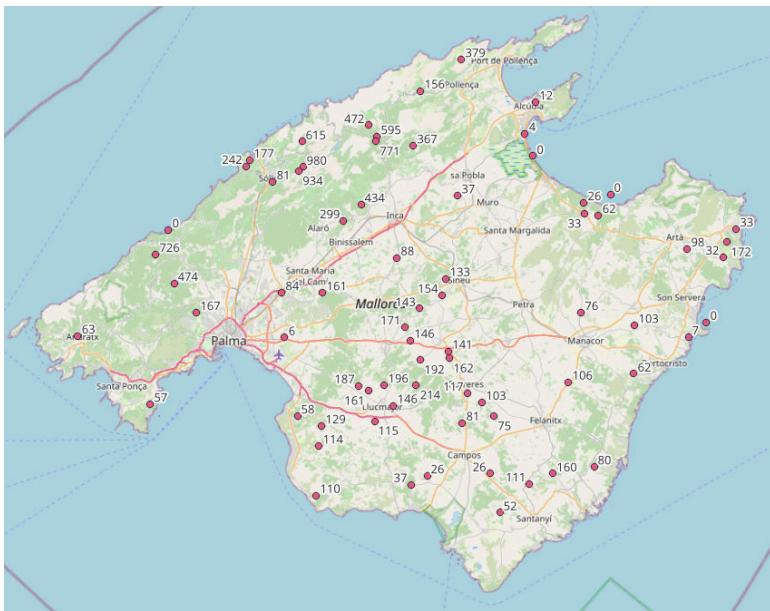


Figura 5.108: Se configuró el etiquetado de la capa de salida para que muestre los valores extraídos.

5.2.7. Estadísticas de zona

Dada una capa vectorial poligonal sobre la extensión de una capa ráster es posible calcular estadísticas de una banda de esta última en cada uno de los polígonos de entrada. Por ejemplo, si creamos una grilla con divisiones de 10km x 10km sobre la isla de Mallorca, podemos hacer que QGIS calcule parámetros estadísticos de la capa ráster sobre cada uno de las divisiones de la grilla:

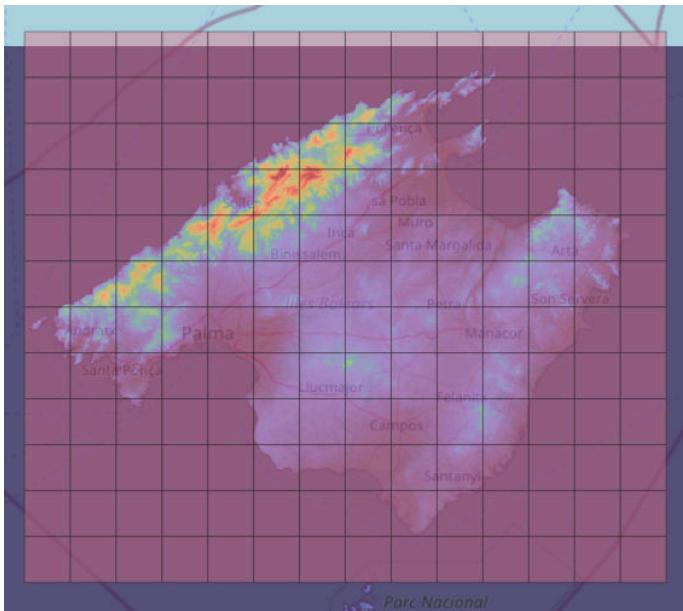


Figura 5.109: Grilla sobre la *Isla de Mallorca*, donde se solapa con el ráster DEM.

El algoritmo se encuentra en la «Caja de herramientas de procesos» bajo el nombre de «Estadísticas zonales»:

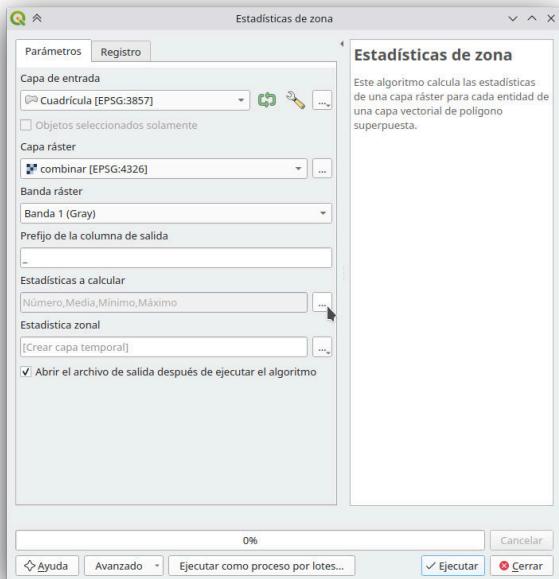


Figura 5.110: En la opción «Estadísticas a calcular» se han elegido «Número», «Media», «Mínimo» y «Máximo».

Al consultar uno de los polígonos de la grilla observamos los valores calculados:

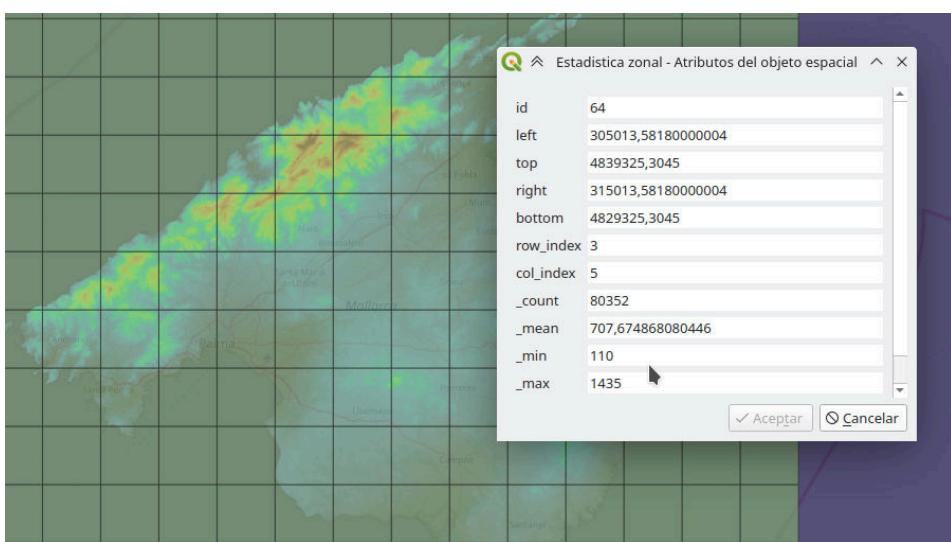


Figura 5.111: El algoritmo contabilizó 80352 valores en esa zona y calculó los parámetros solicitados.

5.2.8. Reclasificar por tabla

El algoritmo reclasifica una banda de una capa ráster de forma que asigna nuevos valores de clase sobre la base de rangos especificados en una tabla dada. La idea detrás de este proceso es generar una nueva capa ráster a partir de otra donde los valores se estratifican por rangos, de forma similar a cuando se genera un estilo categorizado (discreto), como por ejemplo:

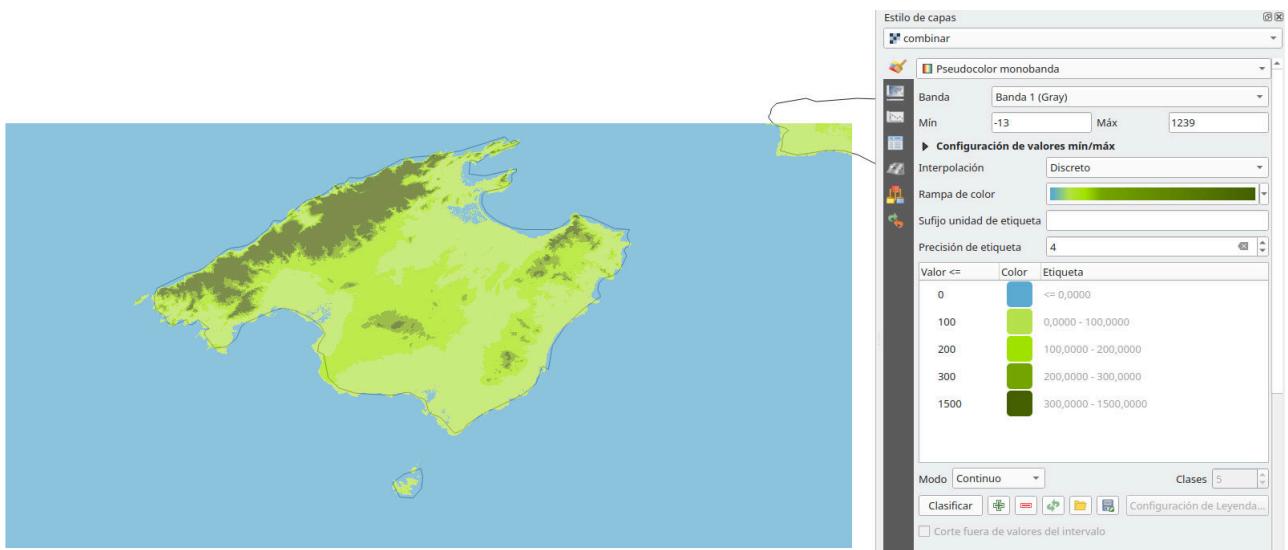


Figura 5.112: En la imagen se observa que los valores del raster DEM de la Isla de Mallorca van del -13 al 1239, y el estilo de interpolación discreta muestra categorías de colores para distintos rangos de valores.

En la imagen anterior se observa una representación temporal del conjunto de datos original con distintas categorías:

- menos de 0 → celeste
- de 0 a 100 → verde muy claro
- de 100 a 200 → verde claro
- de 200 a 300 → verde
- y de 300 a 1500 → verde oscuro

Para generar un ráster con la clasificación anterior, activaremos la herramienta «Reclasificar por tabla» desde la «Caja de herramientas de procesos» y configuraremos la tabla anterior para la imagen DEM descargada para la Isla de Mallorca en la opción «Tabla de Reclasificación»:

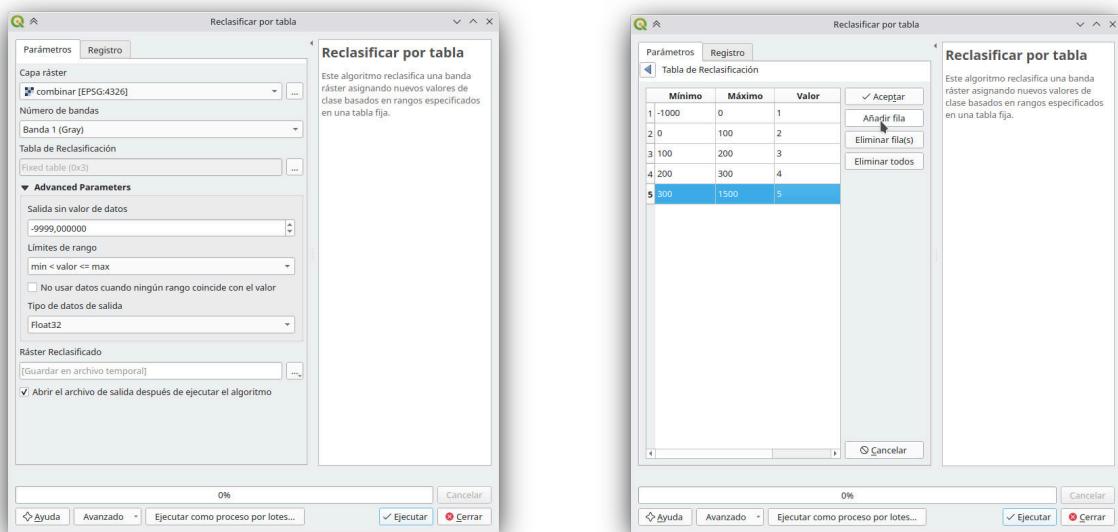


Figura 5.113: La tabla de reclasificación toma rangos de valores de una banda y los convierte en otros valores.

En este caso en particular cada rango fue reclasificado en valores del 1 al 5 para la banda 1 (única en el DEM original):

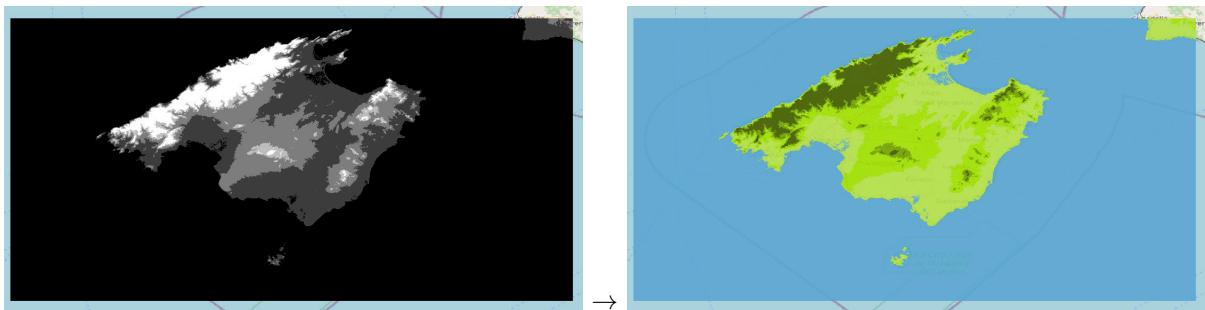


Figura 5.114: La primera imagen muestra la reclasificación en tonos de grises monobanda, la segunda utiliza la misma paleta de colores que la imagen de la figura 5.112.

5.2.9. Informe de valores únicos de capa ráster

Este proceso calcula el número de valores únicos que contiene una capa ráster y calcula el área de cada uno de ellos. Se lo puede utilizar cuando disponemos de un ráster categorizado y necesitamos conocer cuáles categorías contiene y qué área tiene cada una de ellas, como por ejemplo podría ser un mapa de cultivos, donde cada categoría representa un tipo de cultivo diferente.

Como ejemplo, utilizaremos esta herramienta en el ráster generado anteriormente con el proceso «Reclasificar por tabla», de forma que se pueda conocer qué área tiene cada categoría (que de antemano sabemos que son 5). Antes de aplicar el algoritmo hemos reproyectado la capa al sistema EPSG:3857 (métrico) y un recorte, ya que el ráster original contenía una parte de la *Isla de Menorca*.

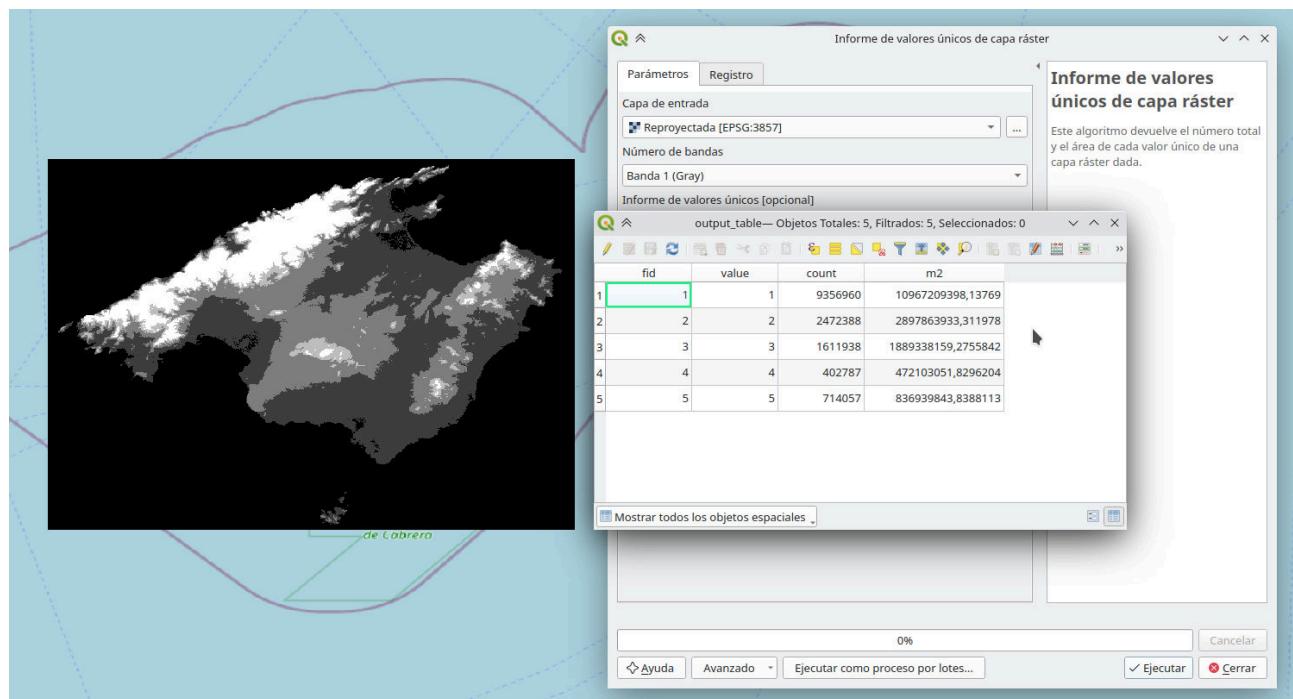


Figura 5.115: La herramienta genera un informe HTML y una tabla.

En la imagen se observa la tabla donde se muestra cada valor («value») con su correspondiente conteo («count») de píxeles y área en metros cuadrados. El valor «1» corresponde al área pintada en negro, que es el agua.

5.3. Modelizador

El modelizador permite armar sistemas de algoritmos que se conectan entre sí, en paralelo o simultáneo, dando lugar a procesos compuestos más complejos. Se accede desde el panel de procesos haciendo clic en el botón .

El siguiente ejemplo muestra el modelo donde se toma una capa («entrada 1») y hace una unión por localización con otra capa («entrada 2»), luego rehace campos de acuerdo a una tabla predefinida y por último carga la salida en el proyecto:

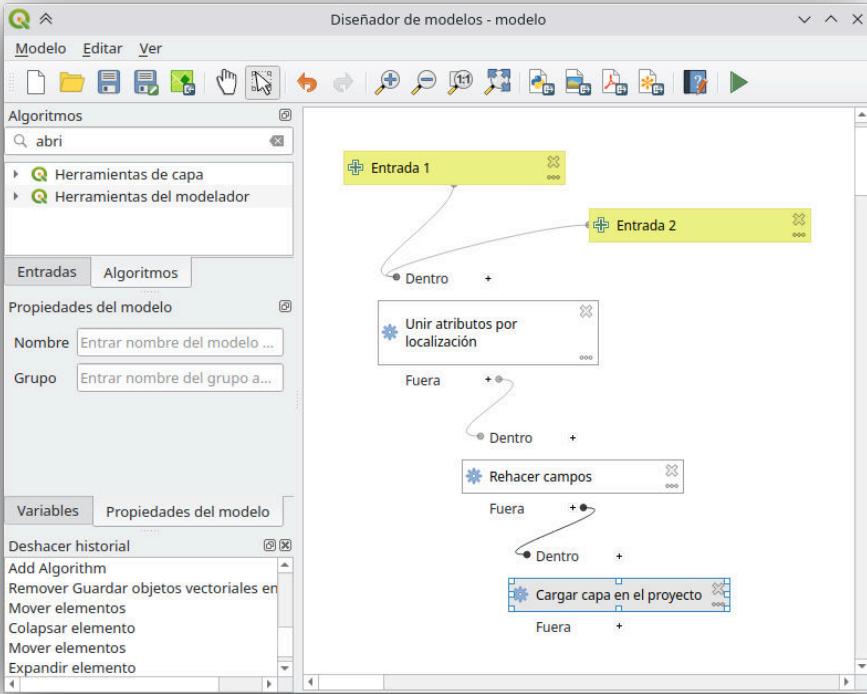


Figura 5.116: Al aplicar el modelo el programa solicitará cargar las dos capas de entrada y automáticamente iniciará los procesos del modelo.

La adopción de modelos cobra sentido cuando hay que realizar trabajos en donde se tienen que aplicar una cadena de procesos automáticos, sobre todo cuando su aplicación es recurrente. Los modelos permiten ahorrar tiempo a la vez que evita errores por repetición manual.

Los modelos pueden utilizar todos los algoritmos presentes en la caja de herramienta de QGIS, sean ráster o vectoriales, y además permite multiplicidad de formatos de entrada como capas propias del proyecto, archivos en disco, conexiones a BBDD, expresiones, y un largo etcétera.

Capítulo 6

Anexos

6.1. Complementos

Este anexo tiene como objeto presentar una serie de complementos o plugins que alternativamente pueden ser utilizados en QGIS y que potencian el trabajo cotidiano. Como se ha visto anteriormente, los complementos no son parte del núcleo de QGIS y se instalan desde el menú superior «Complementos» → «Administrar e instalar complementos...» ().

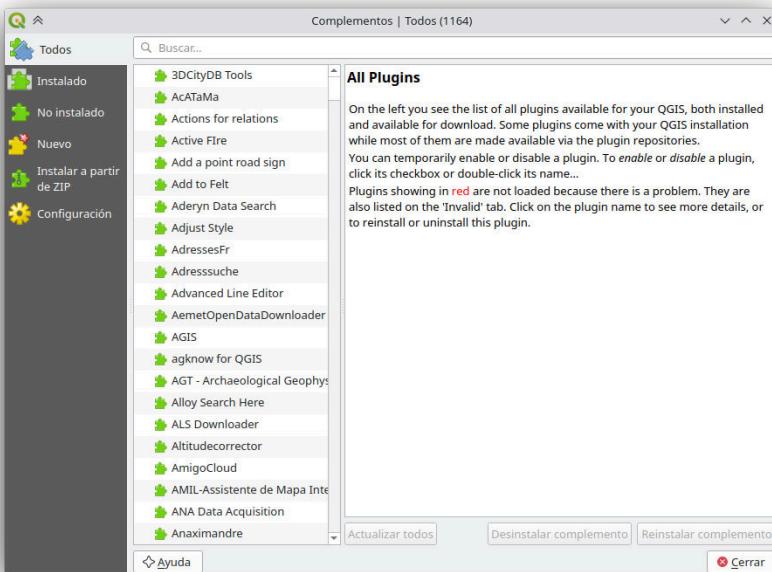


Figura 6.1: Gestor de complementos. La mayoría de los complementos están en idioma inglés, por lo que se sugiere buscar por palabras clave en ese idioma dentro del cuadro de búsqueda.

Nota: Siempre es recomendable buscar en primer lugar las herramientas o procesos que se quieran realizar en la «Caja de herramientas de procesos», y si no se lo encuentra entonces si buscar un complemento.

El gestor de complementos buscará actualizaciones al activarlo, por lo que se necesita conexión a internet activa para descargarlos desde repositorio. Alternativamente se puede instalar desde un archivo ZIP, aunque no es lo que recomendamos salvo raras excepciones (complementos en desarrollo, versiones antiguas, etc.).

Para instalar un complemento solo basta con seleccionarlo y hacer clic sobre el botón de «Instalar complemento». Y una vez instalado es posible desactivarlo si no se lo necesita, simplemente destildando la casilla que se encuentra a la izquierda de su nombre.

En la configuración es posible activar o desactivar otros repositorios de complementos, como los experimentales. De igual forma, se recomienda utilizar solamente el repositorio de complementos estables así como también mantenerlos actualizados.

Por último, también a modo de recomendación, debemos ser prudentes con la cantidad de complementos instalados en el sistema, ya que podría suceder que alguno de ellos entre en conflicto con otro, y en el caso de tener muchos de ellos en desuso, desactivarlos desde el mismo gestor de complementos.

6.1.1. Street View

Este complemento (💡) permite abrir una ventana en un navegador web con la vista de Google Street View en un punto cualquiera del mapa, si es que la misma está disponible como servicio. Al instalarlo se crea una entrada en el menú «Complementos» y un botón en la barra de herramientas superior que con solo activarlo ya podemos utilizarlo haciendo clic en el mapa.

Nota: Existe un complemento similar, y más integrado a los paneles de QGIS llamado «go2streetview», pero requiere de la introducción de una API de *Google* para funcionar, y en caso de tenerla lo recomendamos por sobre el plugin «Street View» porque tiene más herramientas, como por ejemplo visualizar la cobertura en un mini-mapa o chequear la fecha de las imágenes, entre otras.

6.1.2. autoSaver

Ciertamente guardar las modificaciones de un proyecto o de sus capas periódicamente es una buena costumbre para evitar pérdidas de datos por cierres inesperados de aplicaciones, cortes de luz, etc. Por ello, si no tenemos ese hábito o bien no queremos preocuparnos de recordar el guardado cada tanto en tanto, el plugin autoSaver (🕒) es de mucha utilidad. Se puede programar el guardado del proyecto y/o capas en edición por un intervalo de tiempo arbitrario (por defecto 10 minutos) como así también generar un archivo de guardado «*.bak» en paralelo.

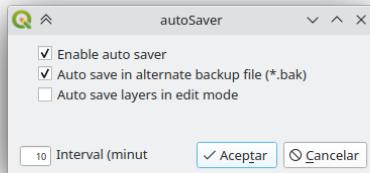


Figura 6.2: Complemento autoSaver.

Nota: Alternativamente se puede instalar otro complemento, llamado «Automatic Backup» que permite hacer lo mismo.

6.1.3. Lat Lon Tools

«Lat Lon Tools» (📍) es un complemento ideal para cuando se trabaja con la toma de puntos GPS, ya que tiene herramientas que permiten capturar coordenadas en un SRC determinado y copiarlas automáticamente en el portapapeles del sistema operativo.



Figura 6.3: El plugin activa una barra con una serie de herramientas interesantes para el trabajo con captura de coordenadas.

A su vez, contiene herramientas para desplazarse hacia un punto si se ingresan las coordenadas en el panel correspondiente «Zoom to Coordinate», o listar una serie de coordenadas dadas o capturadas en el mapa con la herramienta «Multi-Location Zoom». También permite hacer conversiones directas entre coordenadas mediante la ventana «Coordinate conversion», cuyo uso es muy intuitivo.

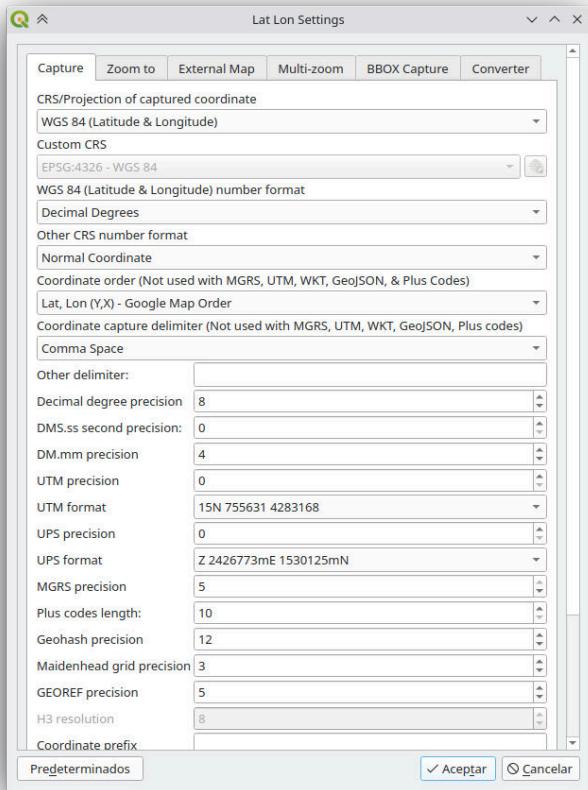


Figura 6.4: Ventana de configuración del complemento *Lat Lon Tools*.

6.1.4. Group Stats

El complemento «Group Stats» (excel icon) permite aumentar las funcionalidades de QGIS mediante una herramienta que genera *tablas dinámicas* con datos de una misma capa. Las *tablas dinámicas* son muy utilizadas en sistemas de planillas de cálculo como *MS Excel* o *LibreOffice Calc*.

El siguiente ejemplo muestra una tabla que resulta de la capa de países («countries»), donde se contabiliza la cantidad de países en cada continente «CONTINENT» segmentados por el ranking de población «POP_RANK»:

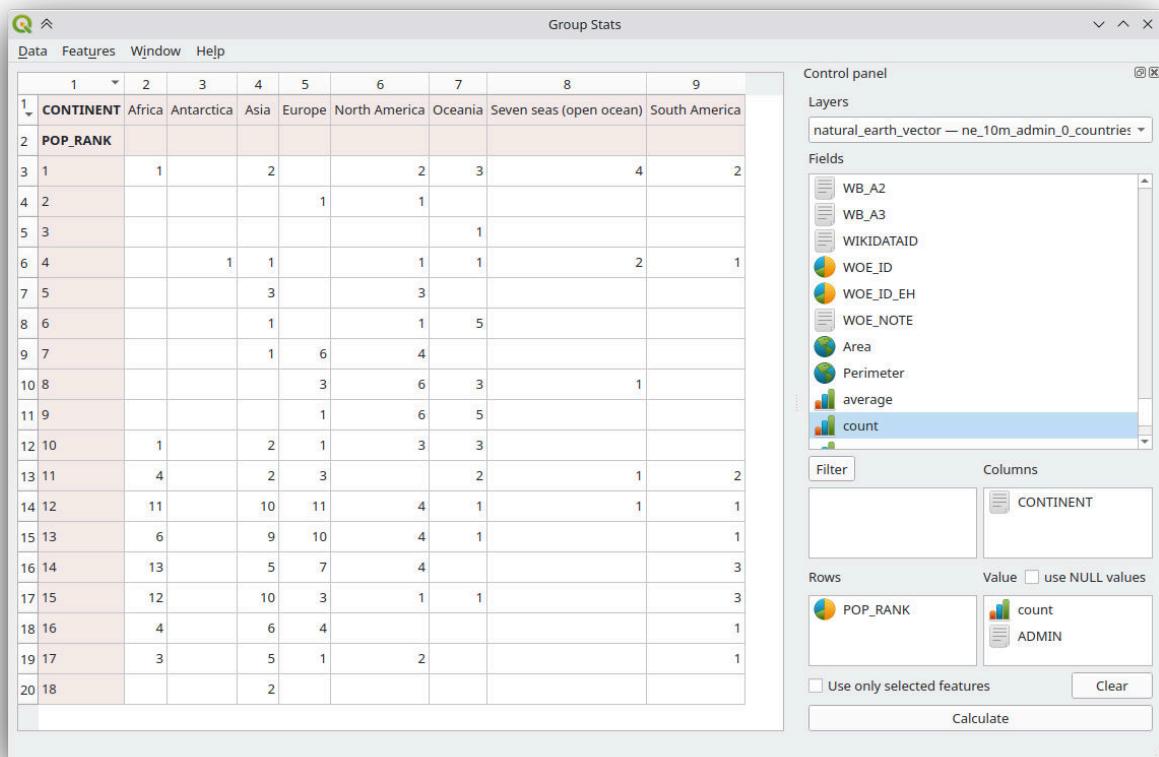


Figura 6.5: La herramienta opera «count» (cuenta) sobre los valores existentes en «ADMIN» y los dispone en filas de acuerdo a los valores de «POP_RANK» y columnas según «CONTINENT». Por ejemplo, para «África» tenemos un solo país en el ranking «1», para «Europa» hay 4 países en el puesto «16» de acuerdo a la clasificación dada en el dataset de *Natural Earth*.

Su uso es bastante sencillo, y solo hay que arrastrar y soltar los campos y operaciones en los recuadros «Rows», «Columns» y «Value». El recuadro «Filter» permite aplicar filtros previos al cálculo mediante la calculadora de campos.

Group Stats también permite que la selección que hagamos en la tabla se refleje en el mapa:

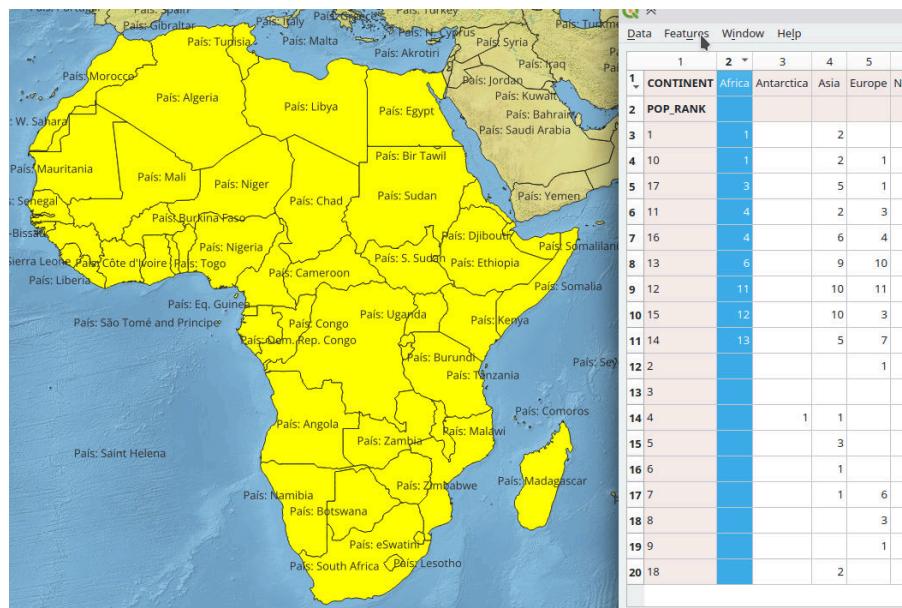


Figura 6.6: Al dividir en grupos por continentes es posible seleccionar la columna «Africa» y luego indicarle al complemento que nos muestre esa selección. También puede hacerse por filas o celdas individuales.

Por último, será posible exportar los datos de la tabla resumen a la memoria del portapapeles o como archivo CSV en el disco desde el menú «Data».

6.1.5. DataPlotly

Este complemento utiliza la librería de gráficos plotly y reúne diversas herramientas de análisis gráfico estadístico en un solo panel () , pudiendo elegir el tipo de gráfico y sus parámetros de entrada de forma sencilla. Si bien QGIS posee herramientas de generación de gráficos en su núcleo¹ esta herramienta los brinda de forma dinámica desde un panel propio, pudiendo cambiar parámetros en directo y de forma muy sencilla.

Por ejemplo, el siguiente es una gráfica de barras de población de ciudades chinas («populated_places» con filtro en Feature Subset «"SOV0NAME" = 'China'») al 2050 («POP2050») segmentadas por el campo «ADM1NAME». Para obtener la gráfica solo hay que hacer clic sobre el botón «Crear Diagrama» que se encuentra en la parte inferior:

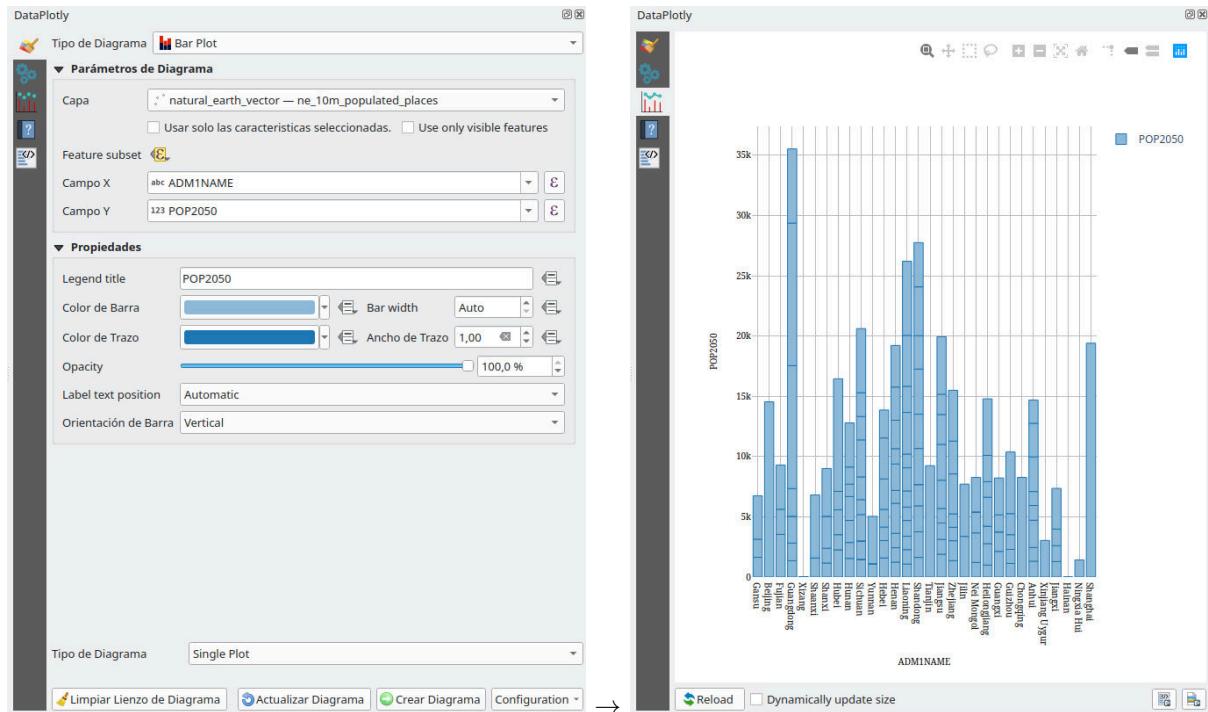


Figura 6.7: Diagrama de barras con la población de *China* proyectada al 2050 agrupadas por provincias. El complemento es muy versátil en su configuración.

Si se quieren cambiar algunos parámetros o si algo no salió como se esperaba, se puede volver a la primer pestaña del panel y modificar lo que se crea necesario. Se deberá «Limpiar Lienzo de Diagrama» y volver a generar el diagrama para ver los resultados nuevos. La gráfica resultante se puede guardar como *html* o como imagen desde la botonera en la parte inferior derecha.

Un ejemplo para mostrar de gráficas tipo *scatterplot* o *diagramas de dispersión*, puede ser el siguiente, donde se compara el área y perímetro de los lagos² («lakes») para conocer si existe algún tipo de correlación entre variables:

¹Dentro de la sección «Gráficos» en el panel «Caja de herramientas de procesos» podemos encontrar «Diagrama de barras», «Diagrama de caja», «Histograma de capa vectorial», «Trazado de dispersión de capa vectorial», etc.

²Probablemente esta relación no tenga sentido como variable de estudio, pero es útil a fines prácticos para mostrar cómo funciona el complemento.

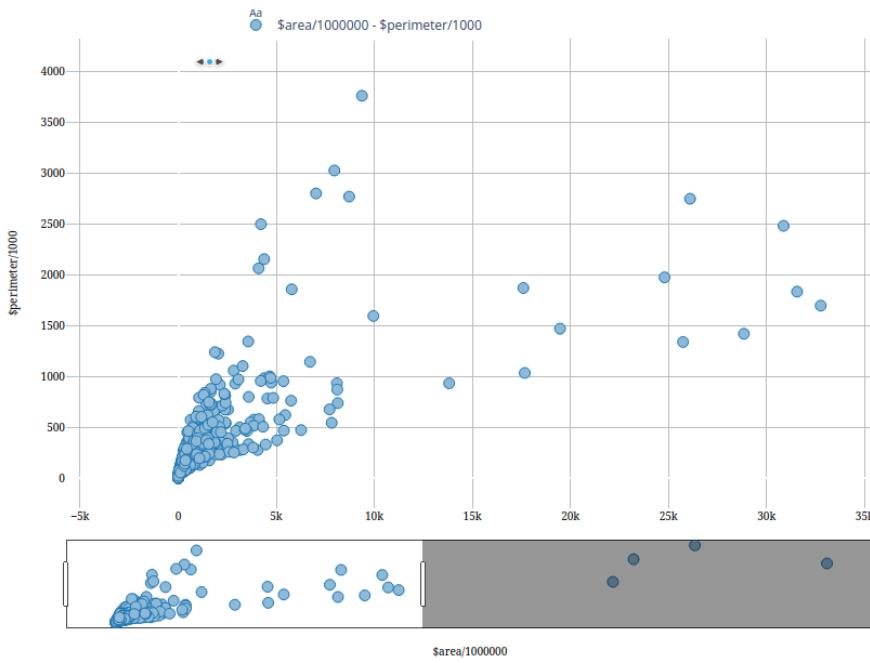


Figura 6.8: Área versus perímetro de lagos. La gráfica sugiere que hay dispersión entre los puntos. En la parte inferior de la gráfica se configuró un deslizador donde se puede modificar dinámicamente el rango que se quiere visualizar.

Otro tipo de gráfica que se puede hacer es el clásico *pie chart* o *diagrama de torta*. La siguiente figura muestra el dataset completo de aeropuertos («airports») donde se contabiliza la cantidad de objetos por tipo de aeropuerto:

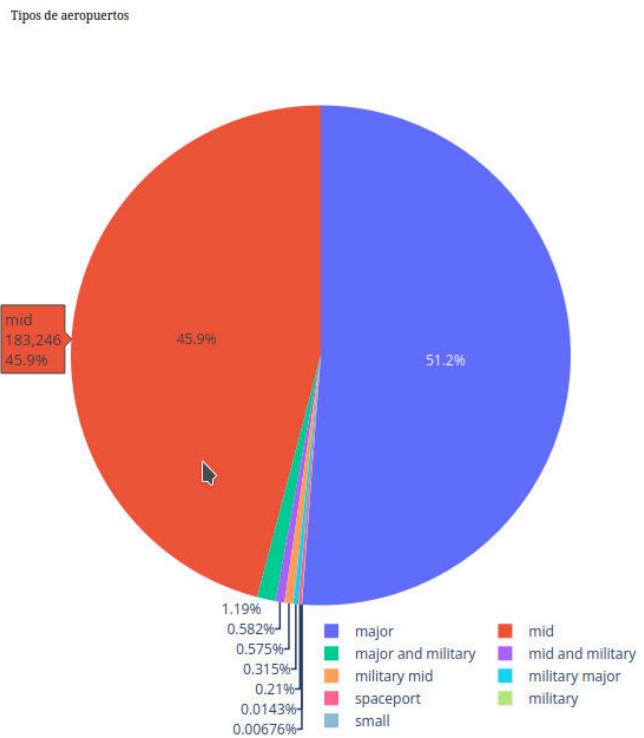


Figura 6.9: El complemento aplica colores aleatorios para cada categoría. Al pasar el cursor por encima de cada una se muestra la categoría a la que pertenece.

6.1.6. Qgis Cloud

QgisCloud () es un servicio de publicación de mapas online, con versión gratuita (limitada en espacio de almacenamiento y características) y otra versión paga con servicios WMS incluido.

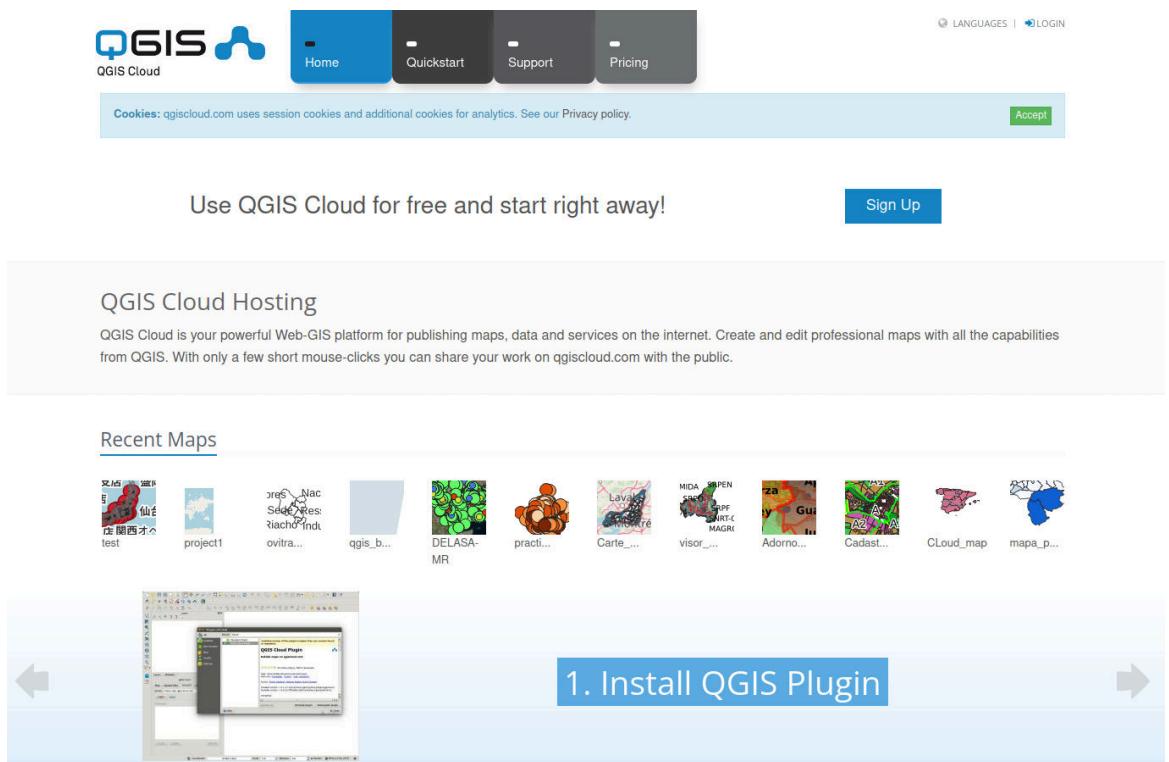


Figura 6.10: Web de QgisCloud.

El complemento que se puede instalar en QGIS permite acceder al servicio privado de QgisCloud directamente desde el programa, configurando el proyecto, estilos, visibilidad de capas, etc de forma simple y sencilla.

Para utilizar el plugin se pueden seguir estos pasos como guía.

6.1.7. Qfield

Qfield () es un complemento desarrollado por Opengis, una empresa que está apostando fuerte dentro del ecosistema QGIS. Es un software en permanente desarrollo y que continuamente implementa nuevas características.

Qfield es un potente recolector de datos en campo, captura datos del territorio y los lleva a la nube (o al proyecto de QGIS). Posee una app para móviles que según sus creadores nace del mismo núcleo de QGIS, como si fuera una versión reducida del mismo para teléfonos inteligentes.

En principio es posible configurar un proyecto en QGIS que se sincroniza con la App en el dispositivo móvil, luego es posible tomar datos, modificar capas en el territorio y volver a sincronizar el proyecto desde el teléfono hacia el proyecto en la computadora. Aquí se explica cómo funciona.

Nota: También recomendamos otra App que permite recolectar datos de forma integrada en QGIS llamada Mergin Maps. Aquí dejamos un enlace para conocer cómo funciona.

6.1.8. QuickOSM

El complemento *QuickOSM* () permite descargar datos acotados de *OpenStreetMap* directamente desde el proyecto Overpass³. Su uso es relativamente sencillo ya que posee varios ajustes predeterminados que ayudan a entender cómo se hacen las consultas.

³ Overpass API provee herramientas de consultas directas al servidor, sin embargo también puede instalarse una instancia propia del software para uso más intensivo y personalizado.

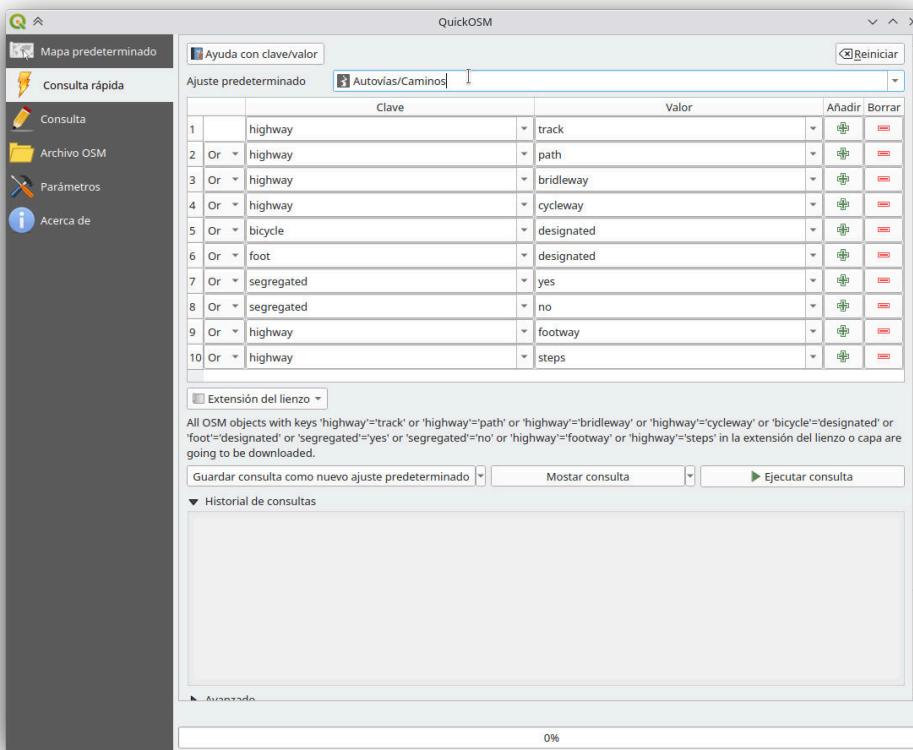


Figura 6.11: Consulta predeterminada de «Caminos». Se observa el operador lógico «Or» para cada «clave/valor» de forma que la consulta sea verdadera para cualquiera de ellos.

Una vez realizada la consulta, ésta quedará guardada en el historial de consultas. Además es posible guardar las consultas y elegir qué tipo de geometría descargar.

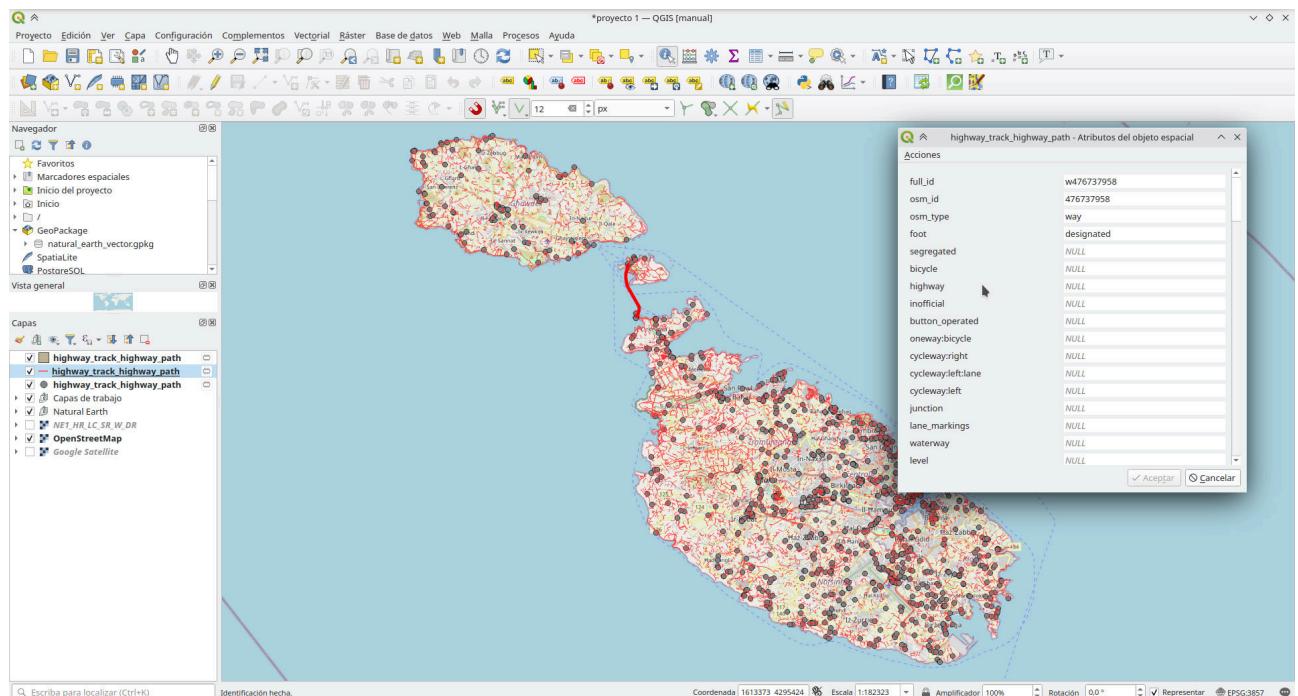


Figura 6.12: Datos descargados para la región de la *Isla de Malta*.

6.1.9. ORS Tools

OpenRoutesService Tools es un complemento que permite hacer uso de las capacidades de proceso del servicio homónimo en la nube, como cálculo de ruteos, isócronas o matrices de distancias tomando como base los datos de *OpenStreetMap*.

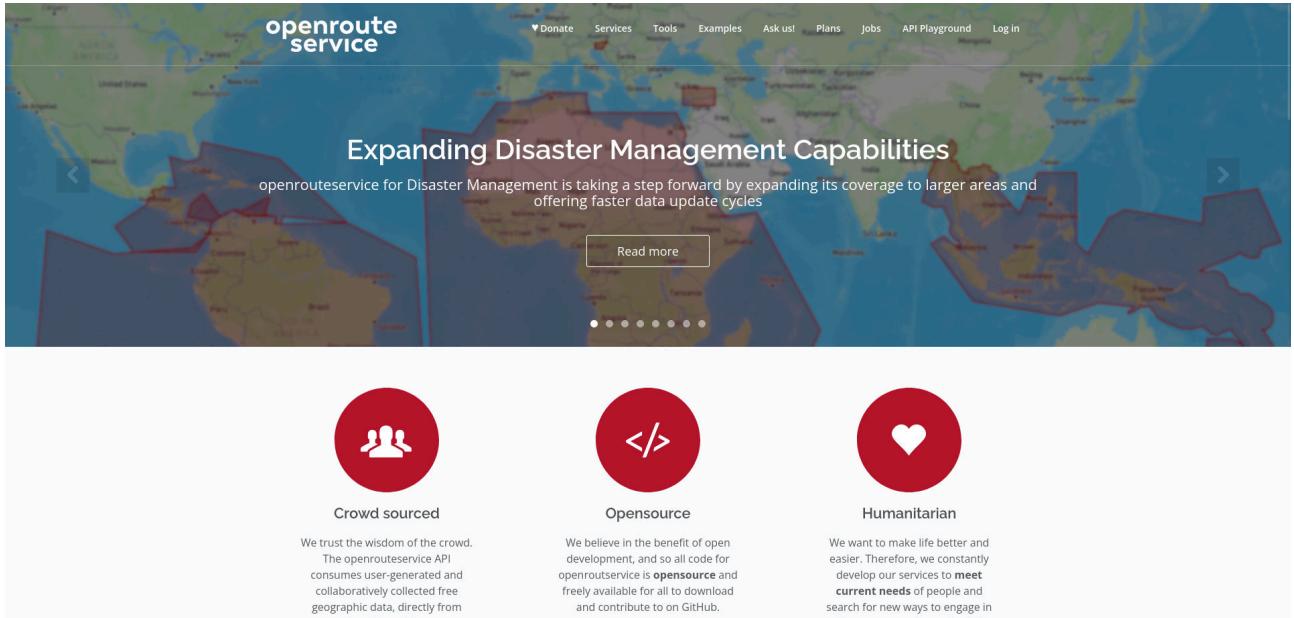


Figura 6.13: Web del proyecto OpenRouteService, una empresa que ofrece diversos servicios de localización utilizando la potencia de los datos de *OpenStreetMap*.

El plugin diseñado para QGIS ofrece, una vez logueados en el sistema, herramientas de análisis de rutas como por ejemplo el cálculo de ruteo punto a punto. Se accede al complemento desde el botón en la barra de herramientas (☞) y al hacer clic se mostrará una ventana emergente que habrá que configurar:

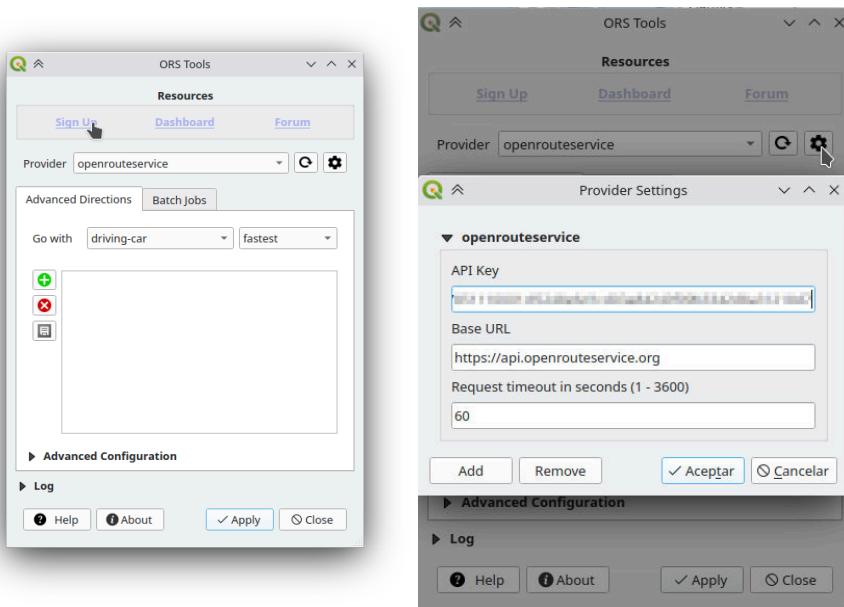


Figura 6.14: Una vez generado el token en la web, se deberá ingresar el mismo en el «API Key», haciendo clic en la rueda de configuración del plugin.

Para buscar la ruta entre dos puntos hay que hacer clic en el botón «Add waypoints» (✚) y luego clic en el mapa los punto que se desea calcular la ruta.

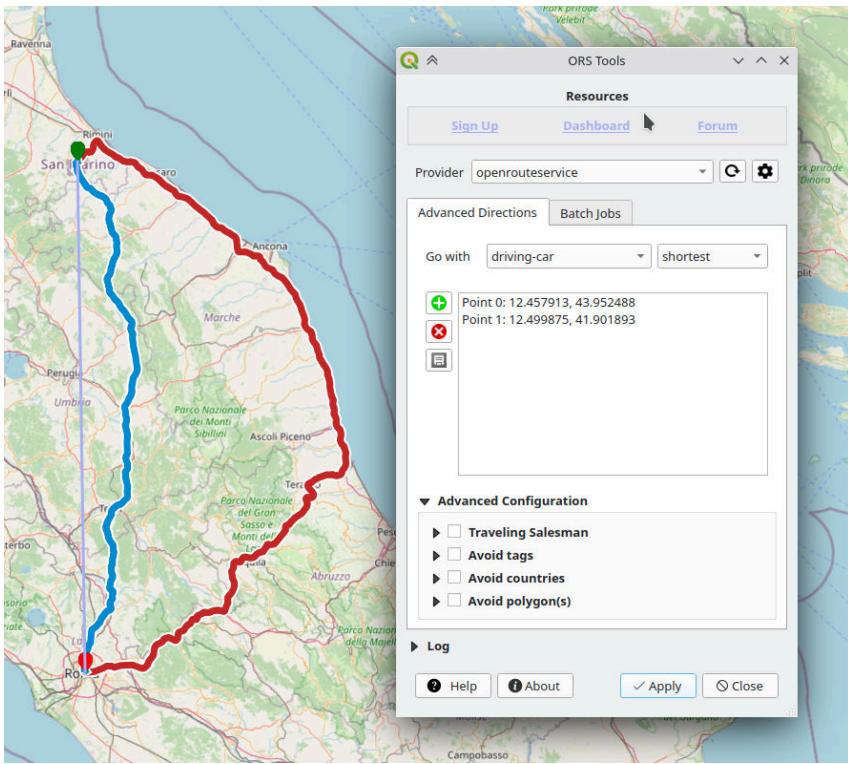


Figura 6.15: En rojo se muestra el cálculo de ruta más rápida que se puede hacer en auto, y en azul la más corta. En las configuraciones avanzadas se pueden configurar parámetros específicos.

Desde la pestaña Batch Jobs (trabajos en lote) se acceden a otras herramientas interesantes:

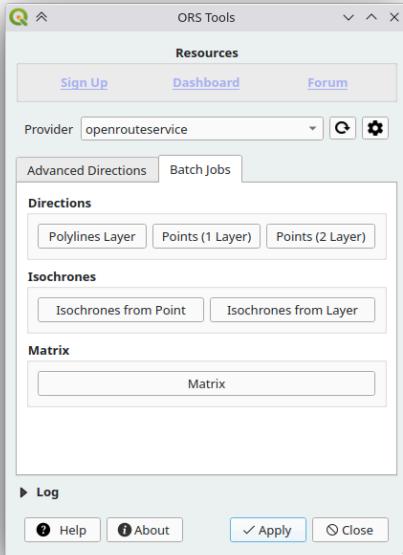


Figura 6.16: Desde la pestaña de trabajos en lote se pueden calcular ruteos, isócronas y matrices de distancias.

No detallaremos cada una de ellas, pero mostraremos una que es realmente interesante y permite responder a una pregunta muy simple, ¿cuál es la distancia que se puede recorrer en 5 minutos a pie desde un punto? Esto se resuelve con isócronas:

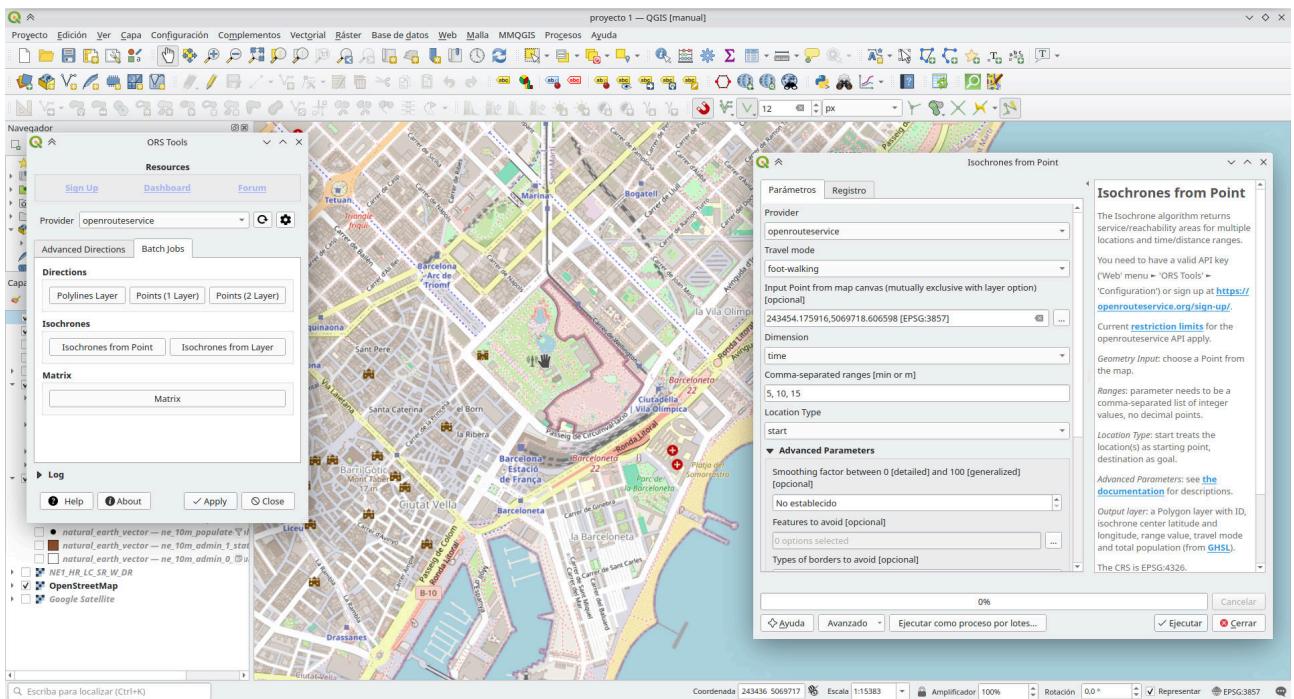


Figura 6.17: Configuración del cálculo de isócronas a 5, 10 y 16 minutos a partir de un punto, caminando. En este ejemplo el punto se encuentra el centro del parque del *Zoológico de Barcelona* (41.3879798,2.1869210).

En el resultado se observa las tres isócronas calculadas:



Figura 6.18: La isócrona marcada en celeste es la de 5 minutos. Como se puede observar prácticamente no se sale del parque con 5 minutos de caminata.

6.2. Fuentes de datos abiertos

En esta sección se recopilarán diversos sitios que pueden resultar de interés para quienes quieran profundizar conocimientos en el mundo de los *Sistemas de Información Geográfica* y datos espaciales con licencia abierta. El listado no es exhaustivo, sin embargo entendemos que cubre de forma suficiente las temáticas más utilizadas en SIG.

6.2.1. Datos vectoriales

6.2.1.1. OpenStreetMap

Si bien hemos utilizado la capa base de *OpenStreetMap* a lo largo de todo el libro, ahora veremos cómo utilizar sus datos como fuente de información georreferenciada. Existen varias formas de obtener datos de *OpenStreetMap*, una es como ya se ha visto en la sección de complementos el 6.1.8, que extrae datos desde el propio programa QGIS. Otra forma es directamente desde el sitio de *OpenStreetMap*:

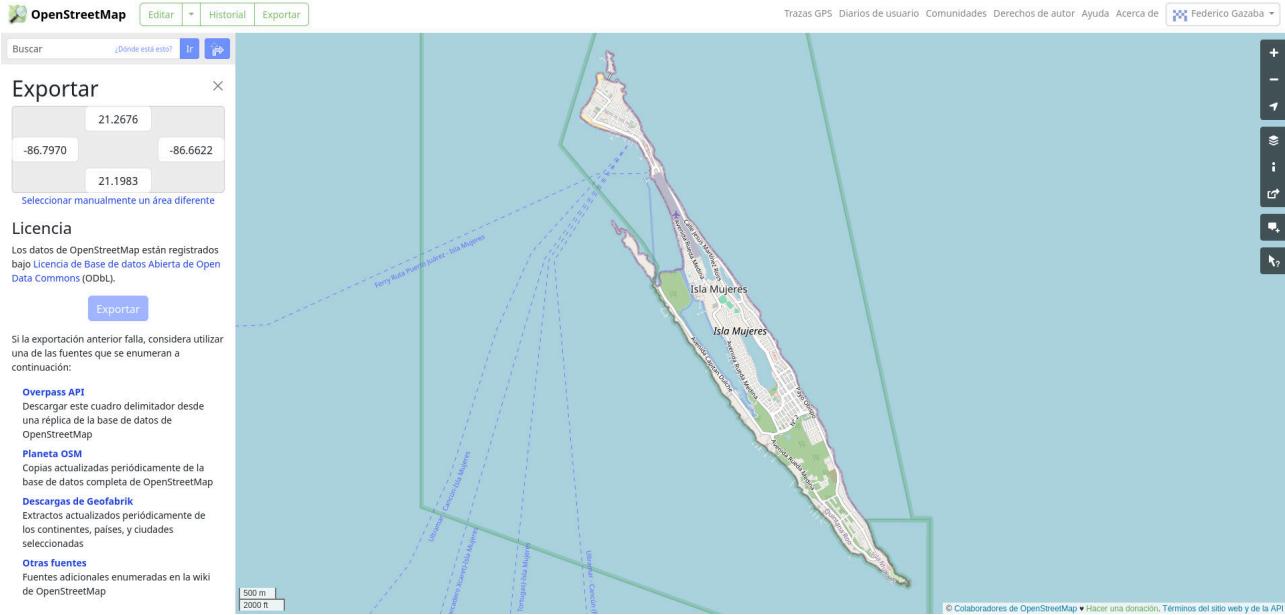


Figura 6.19: Descarga de datos vectoriales de la «Isla Mujeres», frente a las costas de *Cancún, México*.

Una de las ventajas que tiene este tipo de descargas es su simpleza, solo hay que ubicarse en una región y presionar sobre el botón «Exportar» ubicado en la barra superior. La gran desventaja es lo acotado del tamaño de descarga, que limita bastante la región que puede descargarse a la vez. Por ello, si se necesita mayor extensión a descargar se sugieren los sitios que se describen a continuación.

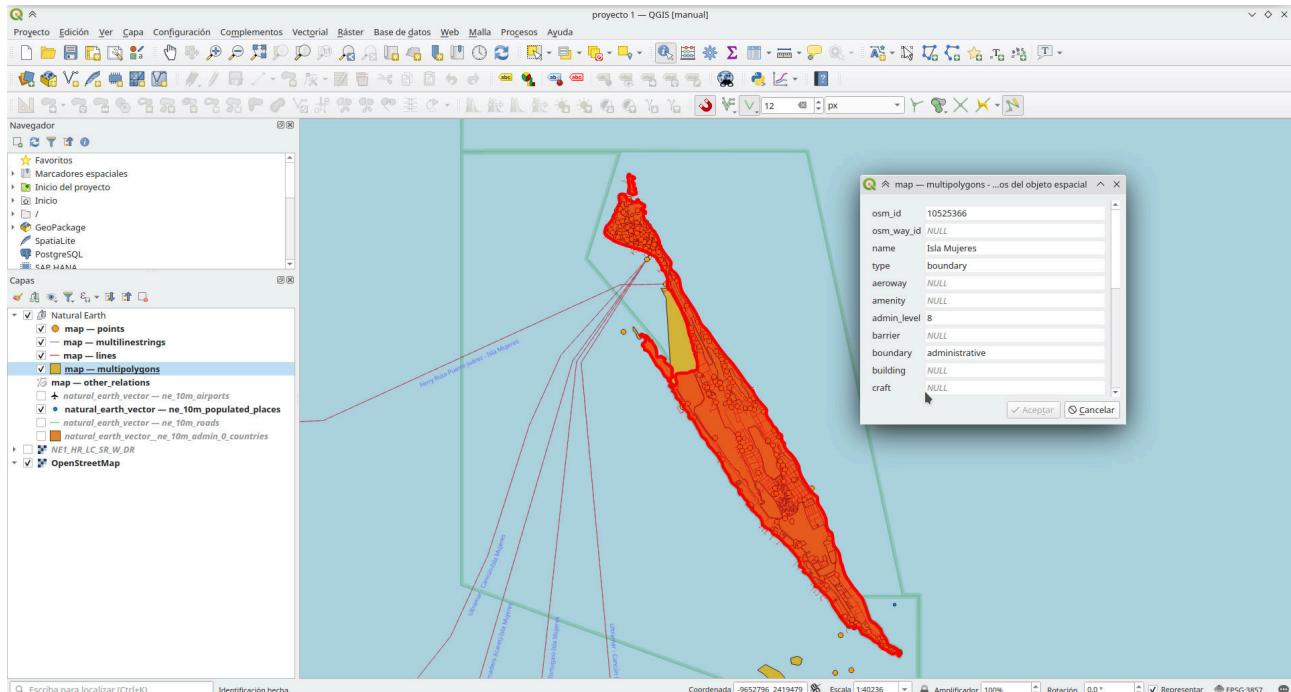


Figura 6.20: Los mismos datos descargados desde OpenStreetMap en QGIS. El archivo se guarda en el disco con el nombre de «map.osm».

6.2.1.2. Planet OSM

Perteneciente al propio proyecto de *OpenStreetMap* se tiene el sitio *Planet OSM*, que diariamente genera una copia de toda la base de datos de *OpenStreetMap*. En sí *Planet OSM* funciona más bien como un repositorio de respaldo más que un portal de descarga de datos espaciales de *OpenStreetMap*. Estos archivos son realmente gigantes y no son prácticos de trabajar dentro de QGIS, por lo que se sugiere consultar sitios como *overpass turbo* o *Geofabrik* para la descarga de datos de *OpenStreetMap* por regiones.

6.2.1.3. overpass turbo

El portal ofrece una consola (con asistente) donde es posible escribir el código necesario para consultas de datos de *OpenStreetMap*.

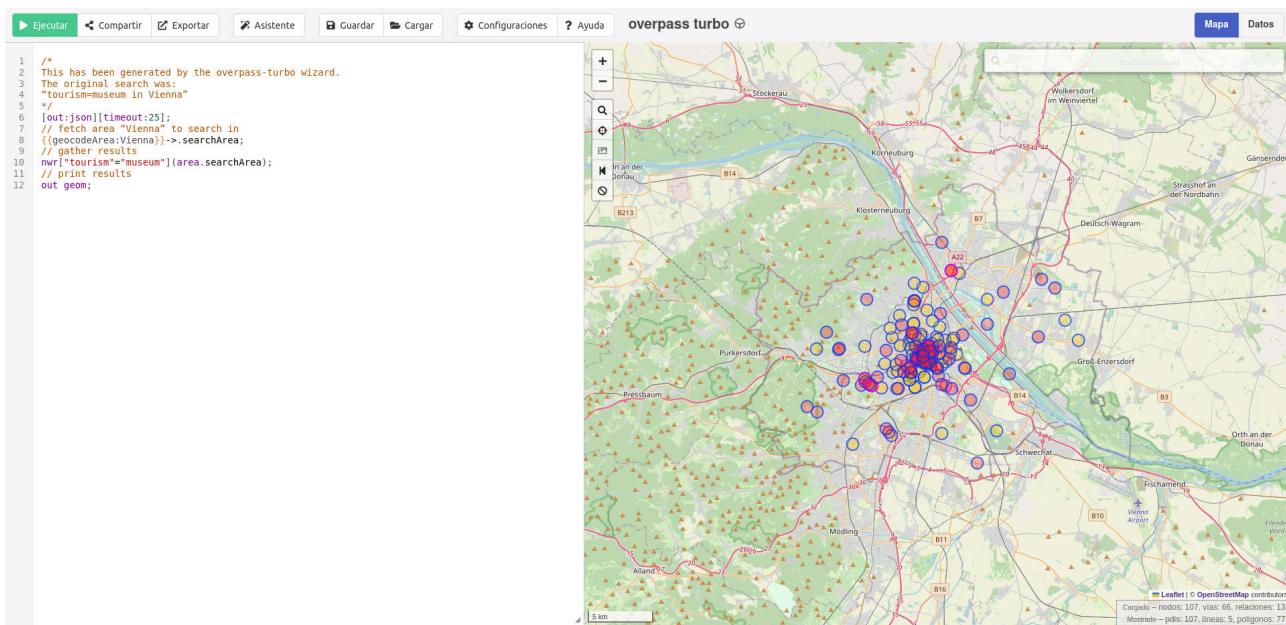


Figura 6.21: Consulta de Museos en la Ciudad de Viena, Austria. Desde el menú «Exportar» ubicado en la barra superior se muestran distintas opciones de formato de descarga, todos ellos de lectura compatible en QGIS.

La sintaxis utilizada es la misma que la utilizada en el plugin *QuickOSM* (6.1.8). El asistente de *overpass turbo* es muy útil cuando no se conoce el lenguaje de consulta.

6.2.1.4. GeoFabrik

El sitio *GeoFabrik* ofrece datos previamente encapsulados y actualizados provenientes de *OpenStreetMap*. Ellos extraen, seleccionan, y procesan geodatos de forma sencilla (y gratuita), lista para ser usada en un SIG, lo que hace la diferencia respecto al propio sitio de *OpenStreetMap* donde las consultas son más bien acotadas en su extensión. Además proveen geo herramientas diversas como geocoding y ruteo, entre otras.

Figura 6.22: Sitio oficial de *Geofabrik*, «Geo Fábrica» en alemán.

El formato de archivo por defecto para todas las regiones es el *PBF*, que es el que utiliza el proyecto *OpenStreetMap* para los datos crudos, que QGIS puede leer sin inconvenientes. Sin embargo, a nivel país, se pueden descargar comprimidos ZIP en formato *Shapefile*.

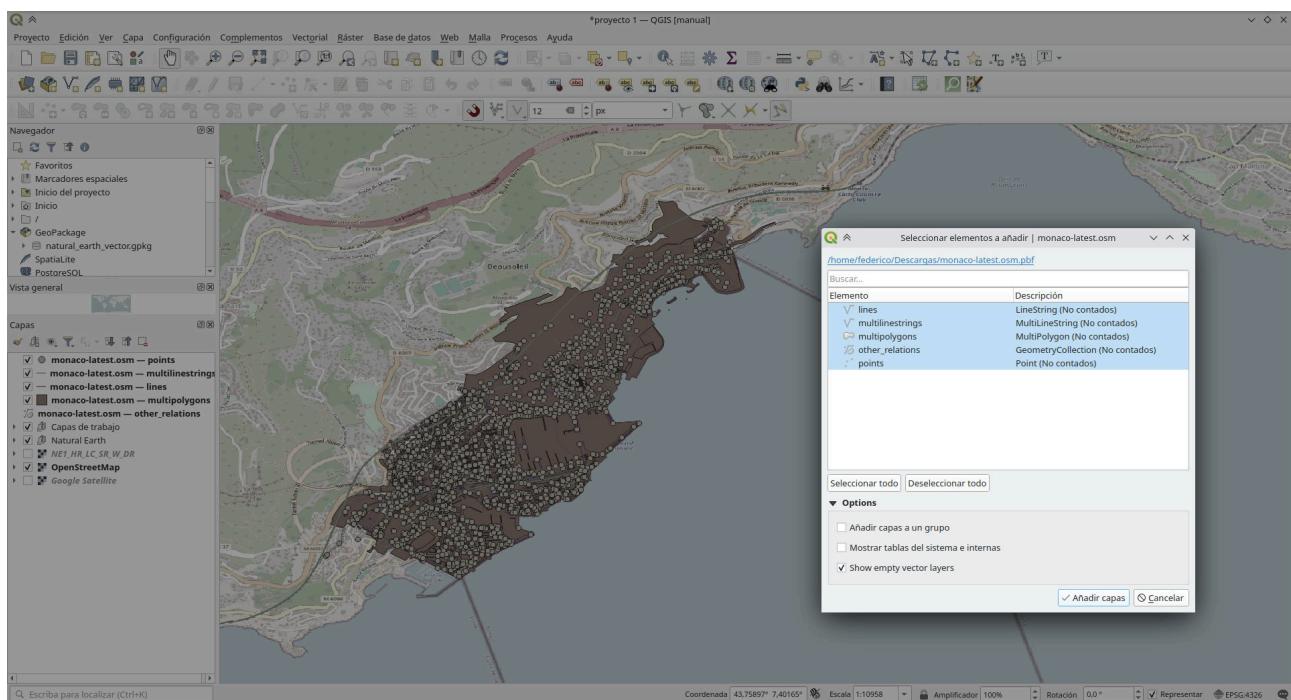


Figura 6.23: Datos del Principado de Mónaco descargados como *PBF* desde *Geofabrik*.

Nota: Hay que tener especial cuidado al cargar los datos dentro de QGIS ya que, dependiendo de la extensión de cada país, es posible que el programa tarde bastante tiempo en renderizar a la vez que consumirá más y más recursos de la computadora.

6.2.2. Datos ráster

6.2.2.1. Copernicus

El sitio Copernicus contiene información del programa espacial homónimo de la *Unión Europea* para el beneficio de ciudadanos europeos, en principio. Ofrece servicios de información basados en datos de observación de la

Tierra, cuyo programa es gestionado por la *Comisión Europea* en asociación con: *Estados miembros, European Space Agency (ESA), European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT), European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), EU Agencies y Mercator Océan*.

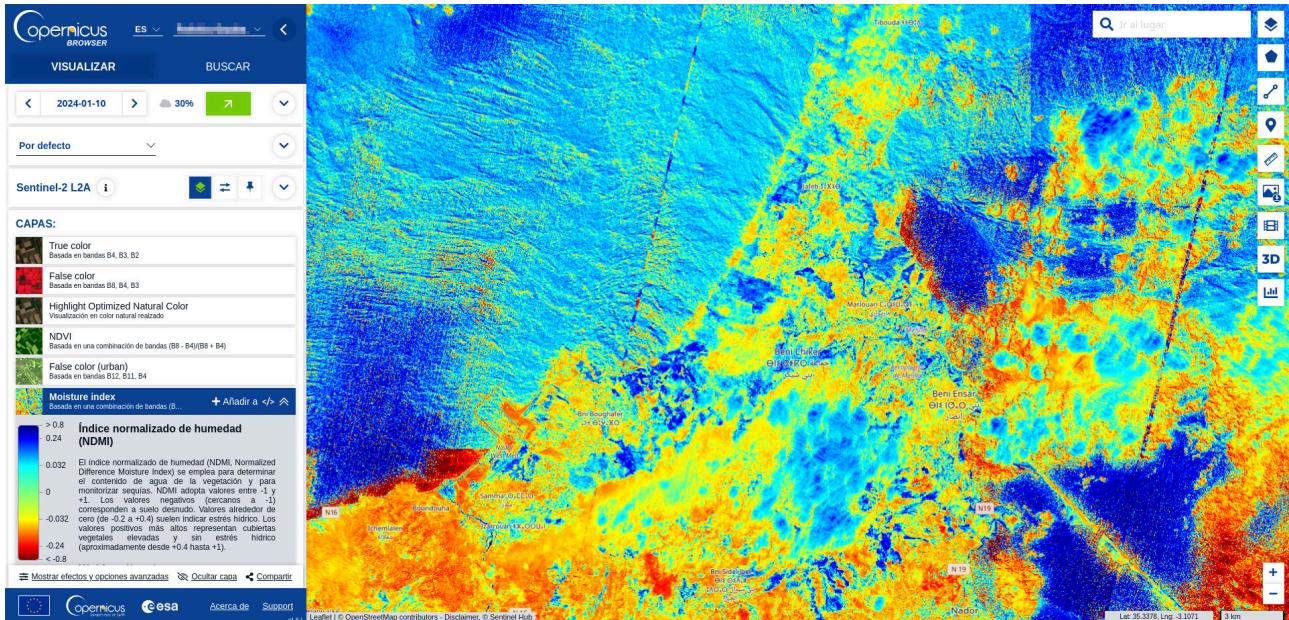


Figura 6.24: Vista del visualizador que ofrece el programa *Copernicus*.

Una vez logueados en el visualizador, se ofrece una cantidad interesante de datos globales de distintos satélites y sistemas de medición terrestres, aéreos y marítimos. Los servicios de información proporcionados son gratuitos y accesibles de forma abierta a los usuarios.

6.2.2.2. FIRMS NASA

La *NASA* posee un portal de datos específico para la visualización y gestión de datos de fuego o focos de calor observados satelitalmente llamado *FIRMS* (*Fire Information for Resource Management System*). El mismo dispone de información de fuego activo como también su historial por filtro de calendario. El dato proviene de satélites de los programas *Modis/Terra and Aqua/VIIRS/Suomi NPP* y es accesible desde el mismo portal o bien mediante geoservicios.

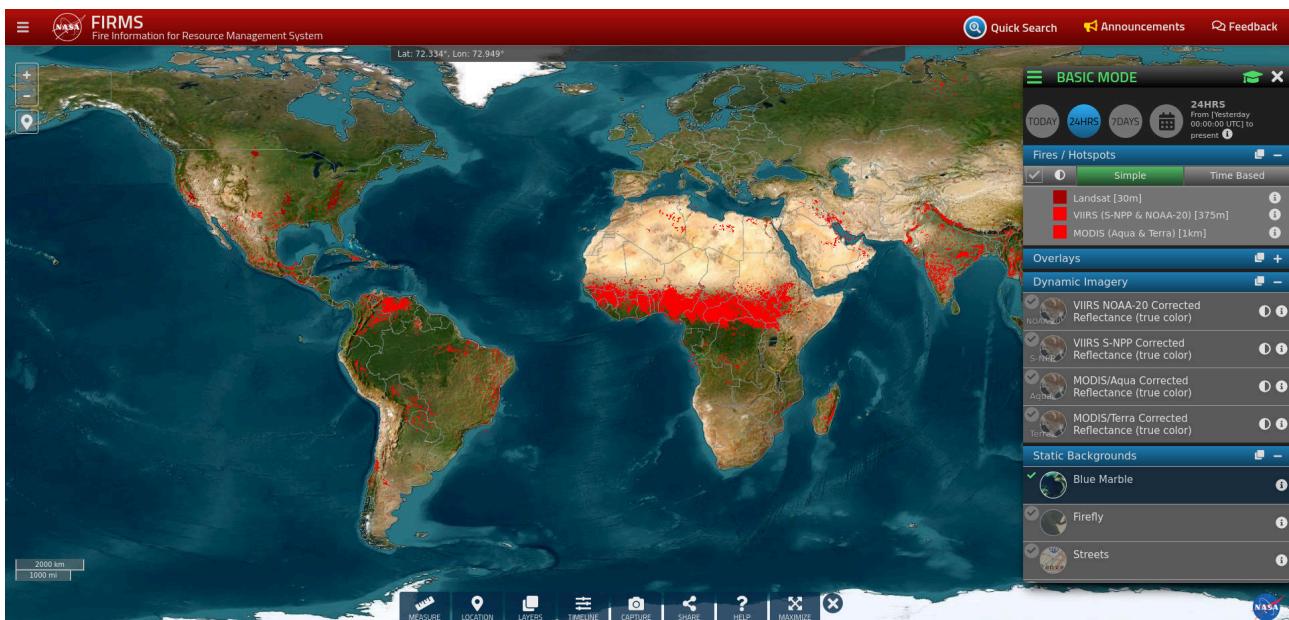


Figura 6.25: Visualizador FIRMS con datos actualizados a 24hs.