



# Guía Introductoria a **LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA CON QGIS**

Herramientas Básicas y Aplicaciones Ambientales

Gabriel Basílico | Gabriela Iglesias

**UFLO**  
UNIVERSIDAD

**LABIOC**

Laboratorio de Bioindicadores  
y Remedación



## **UFLO Universidad**

### **Rectora**

Arq. Ruth Fische

### **Vicerrectora de Docencia e Investigación**

Dra. Analía Verónica Losada

### **Facultad de Ingeniería**

#### **Decana**

Dra. Ana Faggi

### **Laboratorio de Bioindicadores y Remediación**

#### **Directora**

Ing. Gabriela Iglesias

2024- 214 pág.; 15 x 23 cm.

ISBN: 978-987-710-126-3

Diseño de portada: Cecilia Kowalewicz

Maquetación: Cecilia Kowalewicz

Edición: Hernán Cortés

© Editorial de la Universidad de Flores, 2024

Diciembre de 2024

La reproducción total o parcial de este libro, en cualquier forma que sea, idéntica o modificada, no autorizada por los editores, viola los derechos reservados; cualquier utilización debe ser previamente solicitada.

Basílico, Gabriel

Guía introductoria a los sistemas de información geográfica con QGIS : herramientas básicas y aplicaciones ambientales / Gabriel Basílico ; Gabriela Iglesias. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Universidad de Flores, 2024.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-987-710-126-3

1. Ingeniería Ambiental. I. Iglesias, Gabriela II. Título

CDD 577



# Índice

<b>Sobre los autores</b> .....	9
<b>Propósito del libro</b> .....	10
<b>PRIMERA PARTE: HERRAMIENTAS BÁSICAS DE UN SIG</b> .....	11
<b>Capítulo 1</b>	
<b>Introducción a los sistemas de información geográfica</b> .....	12
Componentes de un SIG .....	12
Datos geoespaciales .....	13
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Usos y aplicaciones de los SIG</b> .....	14
Introducción a los SIG .....	14
Tipos de datos y capas .....	14
Alcance y campos de aplicación de los SIG .....	16
Softwares SIG y licencias .....	17
El programa Quantum GIS (QGIS) .....	18
Compatibilidad y plataforma .....	18
Instalación del programa QGIS .....	18
Requerimientos de hardware y software .....	20
Instalación de complementos .....	20
<b>Capítulo 3</b>	
<b>Comenzando a trabajar con QGIS</b> .....	23
Nuevo proyecto .....	23
Mostrar u ocultar barras de herramientas y paneles .....	25
Obtener y cargar una capa SIG .....	26
Guardar el proyecto .....	29
Abrir proyecto guardado .....	29
Desplazarse en el mapa: zoom, paneo y scroll .....	29
Visualizar u ocultar capas .....	33

Trabajando con capas.....	34
Consultar información de un elemento.....	36
Ver la tabla de atributos.....	36
Otra forma de añadir capas.....	37
Etiquetados.....	38
Herramientas de selección.....	38
Más sobre la simbología.....	39

#### Capítulo 4

<b>Sistema de referencias de coordenadas y escalas.....</b>	<b>44</b>
Escalas.....	44
Sistemas de referencia de coordenadas.....	45
SRC del proyecto.....	46
SRC de las capas.....	47
Configurar proyección.....	48

#### Capítulo 5

<b>Capas vectoriales.....</b>	<b>50</b>
Crear capas vectoriales.....	50
Edición de capas vectoriales.....	55
Edición de capas de líneas y polígonos.....	59
Otras herramientas de edición.....	63
Herramientas de geoprocso.....	64
Herramientas de geometría.....	72
Herramientas de análisis.....	75
Herramientas de investigación.....	78
Herramientas de gestión de datos.....	80

#### Capítulo 6

<b>Tablas.....</b>	<b>84</b>
Agregar coordenadas desde tabla.....	84
Añadir capas en formato .csv.....	85
Opciones de registros y campos.....	87
Definición de geometría.....	88
Configuración de capa.....	88
Completar datos y agregar columnas.....	89
Cálculo de superficie, distancia y adquisición de coordenadas.....	90

#### Capítulo 7

<b>Capas desde servicios WMS (geomisiones).....</b>	<b>93</b>
---	-----------

<b>Capítulo 8</b>	
<b>Capas ráster</b> .....	<b>97</b>
Cargar datos ráster .....	97
Tamaño y resolución de la celda/píxel .....	98
Estructuras de datos ráster .....	99
Diferencias entre los modelos de datos ráster y vectorial .....	100
<b>Capítulo 9</b>	
<b>Introducción al procesamiento de imágenes satelitales</b> .....	<b>101</b>
Rasterización de datos vectoriales .....	102
Vectorización de datos ráster .....	104
Georreferenciación de una imagen .....	104
Fuentes de información ráster .....	107
Cómo adquirir y visualizar un ráster MDE .....	108
Particularidades y propiedades de la adquisición de imágenes satelitales .....	108
Adquirir y visualizar imágenes Landsat 8, Modis, Terra y Sentinel-2 .....	109
Características de las bandas .....	112
Combinación de bandas .....	113
Combinación de las bandas en QGIS .....	116
Corrección atmosférica y <i>pansharpening</i> .....	117
Procedimiento para la combinación de bandas .....	121
Herramientas de geoprocésamiento para ráster con QGIS y GRASS .....	123
<b>Capítulo 10</b>	
<b>Composición de mapas</b> .....	<b>131</b>
Crear una nueva composición de impresión .....	131
Propiedades y características de los elementos .....	139
Propiedades de la página .....	139
Mapa .....	140
Etiqueta o cuadro de texto .....	143
Leyenda o cuadro de referencias .....	144
Barra de escala y flecha del norte .....	145
Tabla de atributos .....	146
Imágenes .....	148
Impresión de la composición .....	148
<b>SEGUNDA PARTE: CASOS DE APLICACIÓN</b> .....	<b>151</b>

<b>Capítulo 11</b>	
<b>Delimitación y recorte de una cuenca hidrográfica</b>	<b>153</b>
Adquisición y carga de un MDE	154
Eliminación de depresiones mediante r.fill.dir	156
Aplicación de la herramienta r.watershed	158
Generación de un ráster de la cuenca con r.water.outlet	160
Conversión del ráster generado en una capa vectorial mediante r.to.vect	163
Vectorizar la red de drenaje	164
<b>Capítulo 12</b>	
<b>Elaboración de mapas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo ambiental</b>	<b>168</b>
Análisis de la amenaza	169
Análisis de la vulnerabilidad	174
Mapa de riesgo	179
<b>Capítulo 13</b>	
<b>Análisis de usos del suelo</b>	<b>186</b>
Adquisición de imágenes del área de estudio	187
Recorte del área de estudio	190
Combinación de bandas	190
Muestreo de datos	192
Complemento dzetsaka	193
Clasificación de los usos del suelo	194
Clasificar los usos por simbología	195
Exportar el reporte del análisis	196
<b>Capítulo 14</b>	
<b>Mapeo de variables ambientales</b>	<b>199</b>
Crear un nuevo proyecto y cargar una capa con las coordenadas y valores de las variables	199
Modificar la simbología de la capa	201
Aplicar la herramienta Interpolación IDW	204
<b>A modo de conclusión</b>	<b>209</b>
<b>Glosario</b>	<b>210</b>
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>212</b>



# Sobre los autores

## **Gabriel Basílico**

Es ingeniero en ecología por UFLO Universidad y doctor en ciencia y tecnología por la Universidad Nacional de General Sarmiento. Además, es investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) con lugar de trabajo en el Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia” y docente universitario en la Universidad Nacional de Lomas de Zamora y en UFLO. Trabaja en temas relacionados con la contaminación hídrica, el saneamiento, la remediación y la restauración ecológica, con foco en el desarrollo de soluciones basadas en la naturaleza para el tratamiento de aguas residuales. Su formación abarca el uso de sistemas de información geográfica y el análisis de imágenes satelitales.

## **Gabriela Iglesias**

Es ingeniera ambiental por UFLO Universidad y actualmente cursa una maestría en gestión sostenible del agua en la Universidad Nacional del Litoral. Dirige el Laboratorio de Bioindicadores y Remediación (LABIOC) de UFLO, con experiencia en análisis de laboratorio en control de calidad, muestreos ambientales, supervisión ambiental de proyectos de infraestructura financiados por organismos internacionales y desarrollo de proyectos ambientales. Se ha especializado en el uso de QGIS, una herramienta fundamental para el análisis y la visualización de datos ambientales en sistemas de información geográficos.

# Propósito del libro

Los sistemas de información geográfica (SIG) son herramientas útiles para la elaboración de cartografía temática, entre un gran número de otras aplicaciones en diversas ramas científicas y de la ingeniería. Por esta razón, esta guía fue pensada como parte de la bibliografía introductoria a los SIG de diversas carreras de grado y posgrado, y para cualquier persona interesada en comenzar a utilizar estos recursos.

En la primera parte de la guía se describen herramientas básicas de un SIG, en particular el software QGIS, por tratarse de un desarrollo de acceso libre y código abierto, un enfoque altamente interesante para la difusión y generación del conocimiento.

La segunda parte del libro está especialmente orientada a distintas aplicaciones ambientales de los SIG, por lo tanto, está destinada a profesionales y estudiantes de carreras ambientales. No obstante, y dada la gran variedad de posibilidades que brinda QGIS, se considera que cualquier persona que trabaje con información georreferenciada o tenga interés en elaborar mapas temáticos puede verse beneficiada con la lectura de este documento.

El abordaje de los distintos temas tratados a lo largo del libro es prioritariamente práctico, con ejemplos de proyectos que se desarrollan de forma independiente. Con el fin de que los contenidos sean accesibles para todo aquel interesado en los SIG, independientemente de su formación académica, se ha evitado utilizar un vocabulario excesivamente técnico. ¡Esperamos haberlo logrado!

Primera Parte

**HERRAMIENTAS  
BÁSICAS DE UN SIG**

## Capítulo 1

# Introducción a los sistemas de información geográfica

Los sistemas de información geográfica (SIG), también llamados *geographic information systems* (GIS), son un conjunto de herramientas informáticas que facilitan la elaboración de mapas temáticos a partir de datos geospaciales o geodatos. Dichos datos pueden ser adquiridos por fuentes oficiales (gratuitas o pagas), por información recopilada en gabinete y/o trabajo de campo.

Los SIG son un recurso esencial en la actualidad ya que permiten trabajar y vincular grandes volúmenes de información, optimizando los tiempos de análisis y mejorando la interpretación. Esto se debe a que, en ocasiones, una imagen puede transmitir más información que una descripción extensa.

## Componentes de un SIG

Los SIG están compuestos por varios elementos claves que trabajan en conjunto para gestionar y analizar geodatos de forma efectiva. Esto implica que no es suficiente con tener una computadora, sino que se requiere de un programa específico, un usuario que disponga de los conocimientos para utilizar el programa y los propios geodatos. Por lo cual, se puede indicar que los componentes mínimos que permiten la utilización de un SIG son:

- **Hardware:** Son los equipos físicos necesarios para ejecutar un SIG, como computadoras y dispositivos de almacenamiento.

- **Software:** Consiste en los programas informáticos diseñados específicamente para trabajar con datos geoespaciales. QGIS® es un ejemplo de software SIG de código abierto y gratuito, pero también existen otros programas en los que se paga una licencia.
- **Usuario:** Las personas capacitadas en el manejo y análisis de datos geoespaciales son esenciales para el funcionamiento efectivo de un SIG.
- **Procedimientos:** Se refiere a los métodos y procesos utilizados para capturar, almacenar, analizar y visualizar datos en un SIG. Esto puede incluir desde la adquisición de datos hasta la generación de informes y la toma de decisiones basadas en análisis espaciales
- **Geodatos:** Son la materia prima de un SIG. Estos datos pueden ser ráster (imágenes), vectoriales (puntos, líneas o polígonos) o tablas (base de datos con información asociada a coordenadas).

## Datos geoespaciales

Los datos geoespaciales o geodatos (vectores, ráster y tablas) hacen referencia a información específica asociada a una ubicación geográfica. Para su mejor entendimiento, se describen brevemente las propiedades y características de los principales geodatos en el uso de los SIG.

Los geodatos vectoriales son datos en los que puntos, líneas y/o polígonos tienen la capacidad de representar escenarios geográficos. Un ejemplo sencillo es la representación geográfica de un río o una ruta a través de una línea o la representación de masas de agua, como un lago, por medio de polígonos. En cambio, los ráster son conformados por celdas que representan en su conjunto una imagen, por ejemplo, un mapa digitalizado o una imagen satelital.

## Capítulo 2

# Usos y aplicaciones de los SIG

### Introducción a los SIG

Cuando se habla de los SIG, generalmente se los asocia a una disciplina que ha surgido recientemente, pero esto no es del todo cierto. Los SIG tienen su origen en la cartografía tradicional, con aplicación de uso habitual en el análisis de mapas con fines exploratorios, la delimitación de terrenos, entre otros. Sin embargo, distintas herramientas tecnológicas desarrolladas desde el siglo veinte permitieron informatizar esta disciplina, aumentando su uso y alcance.

La creación de mapas en papel es una tarea laboriosa y limitada por el tamaño físico del papel, y además la cantidad de información que puede representarse en un único mapa es bastante limitada. En cambio, los SIG permiten trabajar de forma sistemática y con datos prácticamente ilimitados. Asimismo, los SIG permiten elaborar y generar análisis derivados.

### Tipos de datos y capas

En los SIG, la información se carga y se representa mediante capas. Cada una de estas capas contiene y representa un determinado tipo de información que puede superponerse con otras capas.

Las capas pueden ser de diferentes tipos, como datos ráster (imágenes satelitales o mapas escaneados) y datos vectoriales (puntos, líneas y polígonos).

La capacidad de trabajar con diferentes tipos de datos en capas superpuestas permite crear representaciones visuales que facilitan la comprensión de los datos geográficos. Un ejemplo de ello es la superposición de una capa vectorial en forma de líneas que representan ríos y una capa ráster que representa la topografía de la superficie terrestre.

Es importante entender que cada geodato, dependiendo de su origen y tipo de información, se categoriza por una extensión propia (Figura 1). Los geodatos ráster son archivos con extensiones .tif, .jpg, .png u otras correspondientes a archivos de imágenes.

La información vectorial suele encontrarse en un tipo de archivo denominado *shapefile*, con la extensión .shp. Actualmente este tipo de archivos está siendo reemplazado por otro formato, tema que se tratará más adelante.



Figura 1. Tipos de extensiones de los archivos de los geodatos.  
(Fuente: Elaboración propia).

Se debe tener en cuenta que los archivos con extensión .shp se encuentran contruidos por un conjunto de archivos de diferentes extensiones, y si se elimina alguno ellos, se dañará la capa. Esto sucede porque cuando el usuario descarga la “capa” desde alguna fuente, obtendrá una carpeta comprimida, la cual obligatoriamente deberá descomprimir, y allí se encontrará con una serie de archivos de los cuales solo le interesará utilizar aquel que tenga la extensión .shp, o en su defecto, como se ve en la Figura 2, *Shape Source*. Actualmente existen otros formatos similares que permiten trabajar de formamás fácil con capas vectoriales, los cuales se tratarán más adelante.






Nombre	Fecha de mo...	Tipo	Tamañ
 doscientas_millas_sector_antartico.cpg	1/5/2024 18...	Archivo CPG	
 doscientas_millas_sector_antartico.dbf	1/5/2024 18...	Archivo DBF	
 doscientas_millas_sector_antartico.prj	1/5/2024 18...	Archivo PRJ	
 doscientas_millas_sector_antartico	1/5/2024 18...	DWG TrueView Shape Source	
 doscientas_millas_sector_antartico	1/5/2024 18...	DWG TrueView Compiled Shape	

Figura 2. Datos asociados a una capa vectorial.

Otro tipo de geodato utilizado son las tablas, que contienen información asociada a una o varias coordenadas específicas. De esta manera, las tablas permiten generar archivos vectoriales con una gran cantidad de datos asociados.

## Alcance y campos de aplicación de los SIG

El uso de los SIG se ha extendido a una amplia variedad de campos y aplicaciones. Desde la planificación urbana y la gestión de recursos naturales hasta la agricultura y el análisis epidemiológico. Esto se debe a que son una herramienta para la toma de decisiones basada en la ubicación geográfica y pueden aplicarse a diferentes contextos para resolver problemas concretos.

En la *Tabla 1* se mencionan algunas de las aplicaciones principales.

INVESTIGACIÓN	GUBERNAMENTAL	EMPRESARIAL
Modelización cartográfica	Información pública - catastro	Marketing: clientes potenciales
Estudios ambientales	Planificación de espacios protegidos	Estrategias de distribución

Modelos dinámicos	Ordenación territorial	Localización óptima
Teledetección	Planificación urbana	Elección de traza
Análisis socioambientales	Evaluación de recursos naturales	Geolocalización
Estudios de impacto ambiental		

*Tabla 1. Alcance y campos de aplicación de los SIG.  
(Fuente: Elaboración propia).*

## Softwares SIG y licencias

En el mercado informático actual existen diversas opciones de software SIG, cada uno con sus propias características y tipos de licencia.

La licencia de software es la autorización que otorga el autor o los autores a terceros para utilizar su creación o recurso. Por esta razón, se diferencian los softwares comerciales de los de código abierto y gratuitos.

Los softwares comerciales más utilizados en la actualidad son ArcGIS®, MapInfo Pro®, Global Mapper®, entre otros. En cuanto a los softwares SIG de código abierto y gratuitos, se destaca QGIS, el cual será aplicado y utilizado en esta guía ya que permite que cualquier usuario interesado en iniciarse en el mundo SIG pueda hacerlo con una herramienta gratuita.

Es importante destacar que las herramientas que posee cada software son similares. Además, es interesante tener en cuenta que QGIS se retroalimenta de las herramientas que diseñan los usuarios y que recibe actualizaciones periódicas. Por lo tanto, es probable que al momento de consultar esta guía existan versiones más recientes del programa. Sin embargo, esto no debería ser motivo de preocupación, ya que las actualizaciones no suelen alterar la metodología de uso de las herramientas básicas. Por el contrario, lo que se realiza es la incorporación de plugin y correcciones de errores, lo cual no modifica ni altera los principios de uso de esta guía.

## El programa Quantum GIS (QGIS)

QGIS es un SIG de acceso libre y gratuito de código abierto que cuenta con un gran número de usuarios y colaboradores a nivel global y se distribuye bajo Licencia Pública General GNU (<https://qgis.org/es/site/>). Su filosofía es colaborativa, lo que significa que cualquier persona con interés en el software puede contribuir a su desarrollo. Esto puede ser a través de la codificación, la documentación, la traducción, la realización de pruebas, la presentación de informes de errores o la donación de dinero para apoyar el proyecto.

Los usuarios y colaboradores de QGIS provienen de diversas disciplinas y sectores, incluyendo la academia, el gobierno, las organizaciones no gubernamentales y la industria. Esta diversidad de usuarios y colaboradores ha permitido que QGIS se desarrolle y evolucione para satisfacer una amplia gama de necesidades de SIG.

## Compatibilidad y plataforma

QGIS es compatible con diversos sistemas operativos, incluyendo Linux, Unix, Mac OSX®, Windows® y Android®. Además, soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vectoriales, ráster y bases de datos.

## Instalación del programa QGIS

Por tratarse de un software de código abierto, y debido al gran número de colaboradores que contribuyen al programa, QGIS se actualiza frecuentemente. Por lo tanto, se desarrollan nuevas versiones del programa en poco tiempo, las cuales se denominan mediante un número y el nombre de una ciudad. La versión más actualizada del programa puede descargarse de forma libre y gratuita desde la página web del proyecto (<https://qgis.org/es/site/forusers/download.html>).

En la *Figura 3* se muestra la página con el enlace para la descarga de QGIS versión 3.34.3-Prizren para Windows. También existe la posibilidad de utilizar el instalador de red OSGeo4W, opción que facilita la instalación de futuras actualizaciones. No obstante, si se desea actualizar la versión de QGIS sin utilizar el instalador de red, puede instalarse la versión más reciente primero y luego desinstalarse la versión más antigua. Es posible que al momento de descargar el programa el sitio web

haya cambiado de apariencia, sin embargo, resultará muy fácil encontrar la versión más reciente.



Figura 3. Acceso a la descarga de QGIS 3.34.3-Prizren para Windows®.

Por defecto, la instalación de QGIS generará una carpeta en el escritorio denominada **QGIS 3.34.3**, la cual contiene varios accesos directos (Figura 4). Para abrir el programa se hará doble clic en el ícono **QGIS Desktop 3.34.3**. Para más información sobre las diferentes alternativas que ofrece este programa, puede consultarse su guía de usuario (QGIS Project, 2023).

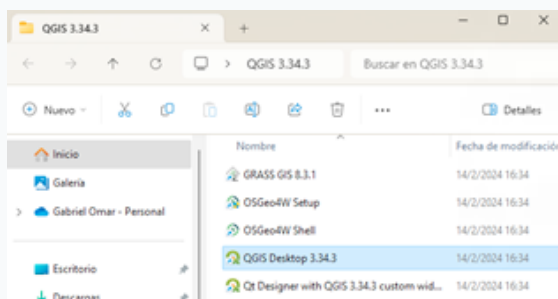


Figura 4. Acceso al programa QGIS Desktop 3.34.3.

## Requerimientos de hardware y software

Los requerimientos mínimos y recomendados de hardware y software para el uso de QGIS varían en función de la complejidad de las operaciones a realizar. Así, por ejemplo, algunas operaciones básicas con capas vectoriales se realizarán en fracciones de segundo con una PC estándar, mientras que el procesamiento de imágenes satelitales puede requerir un tiempo considerablemente mayor, incluso con un hardware potente. En la *Tabla 2* se incluyeron requerimientos mínimos y recomendados para distintos componentes del hardware.

La utilización de una tarjeta gráfica puede ser necesaria para trabajar con elementos 3D, mientras que para la mayoría de las operaciones más comunes no será indispensable. De forma similar, una pantalla más grande puede ser mucho más cómoda para trabajar, aunque también es posible adaptarse a pantallas más pequeñas.

COMPONENTE	REQUIRIMIENTO MÍNIMO	RECOMENDADO
Procesador	AMD Ryzen™ 5 o Intel® Core™ i5 o similares	AMD Ryzen™ 7 o Intel® Core™ i7 o superiores
RAM	8 GB	16 GB o superior
Almacenamiento	Disco duro o sólido de 256 GB	Disco sólido de 256 GB o superior + disco duro de 480 GB o superior

*Tabla 2. Requerimientos mínimos y recomendados de hardware para QGIS.  
(Fuente: Elaboración propia).*

## Instalación de complementos

Como lo indica su nombre, los complementos son pequeños programas que ejecutan funciones complementarias dentro de QGIS, es decir que no es necesario instalar uno o más complementos para el funcionamiento básico de QGIS, sino

que se instalan a medida que son requeridos por el usuario. Existe un gran número de complementos que permiten realizar operaciones o procesos específicos bajo QGIS. En este sentido, los complementos permiten personalizar QGIS según los usos y necesidades de cada usuario.

La instalación es sencilla, simplemente seleccionando la opción **Administrar e instalar complementos** dentro de la pestaña **Complementos** (Figura 5).



Figura 5. Acceso al menú *Administrar e instalar complementos*.

Esta acción despliega una ventana que permite buscar e instalar o desinstalar un complemento a elección del usuario (Figura 6).

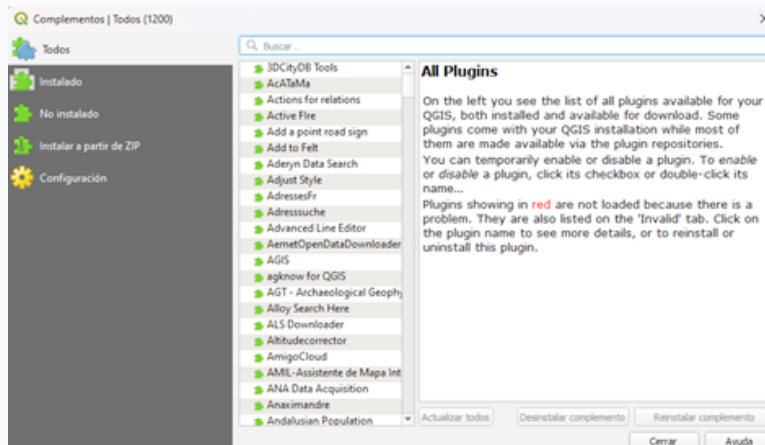


Figura 6. Menú de complementos.

A continuación, se comparten algunos complementos interesantes a la hora de utilizar la plataforma QGIS:

- **QuickMapServices:** Facilita la carga rápida de mapas base desde una variedad de fuentes en línea, como Google Maps, OpenStreetMap, Bing Maps y otros.
- **Processing:** Ofrece una amplia gama de herramientas de análisis y procesamiento de datos geoespaciales, donde se pueden realizar operaciones como cortar, unir, calcular estadísticas y más.
- **MMQGIS:** Brinda herramientas para el análisis y procesamiento de datos en QGIS. Incluye funciones para calcular áreas, longitud de líneas, *buffer*, crear grillas y más.
- **AutoFields:** Es útil para automatizar la actualización de atributos en capas vectoriales. Permite crear y gestionar campos calculados que se actualizan automáticamente en función de ciertas reglas o fórmulas, lo que ahorra tiempo y reduce la posibilidad de errores en la gestión de datos.

## Capítulo 3

# Comenzando a trabajar con QGIS

### Nuevo proyecto

Al iniciar el programa QGIS, se mostrará una pantalla similar a la presentada en la *Figura 7*. En esta pantalla se puede ver la denominada “interfaz gráfica de usuario” (IGU o *GUI* en inglés), que es la pantalla principal donde se trabajara en el nuevo proyecto. Alternativamente, desde esta pantalla inicial también se puede abrir un proyecto existente, para continuar trabajando en él.

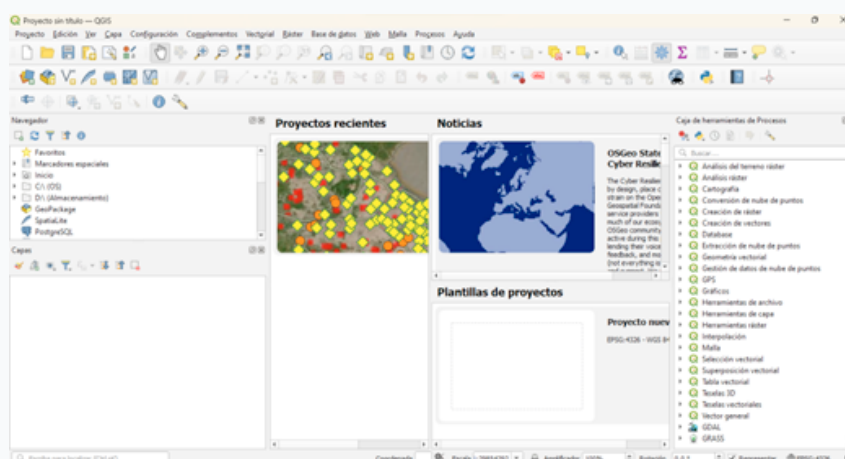



Figura 7. Pantalla inicial de QGIS.

En nuestro caso, al tratarse de un nuevo proyecto, se hará clic en el ícono  en la parte superior izquierda, o se presionará **Ctrl+N**. También se puede seleccionar la opción **Nuevo** dentro del menú **Proyecto** (Figura 8).

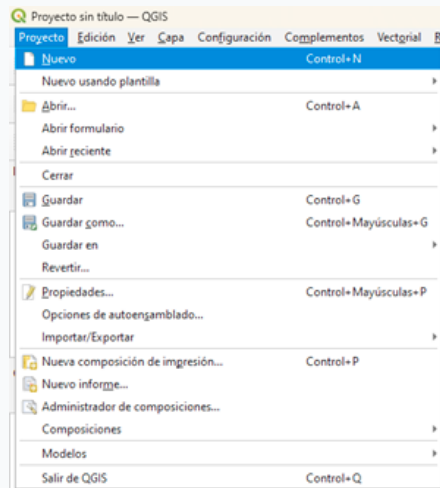


Figura 8. Creación de un nuevo proyecto.

Al crear un nuevo proyecto, se abrirá la IGU (Figura 9).

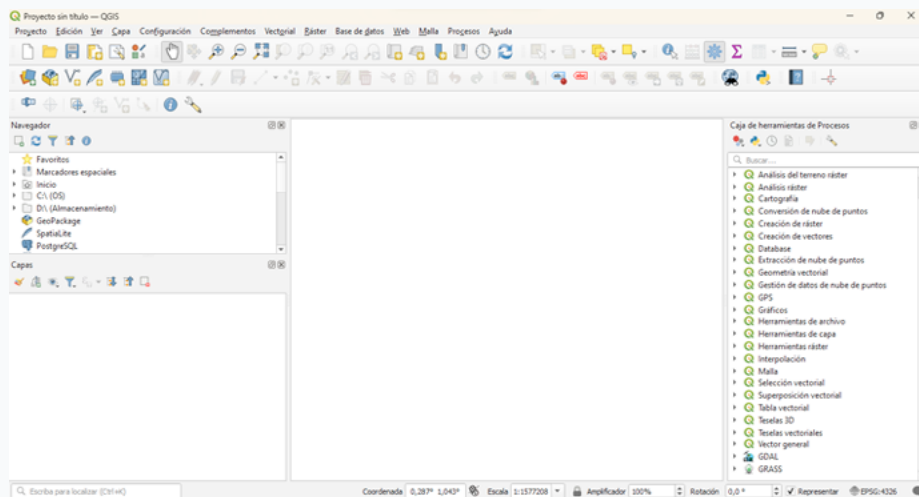
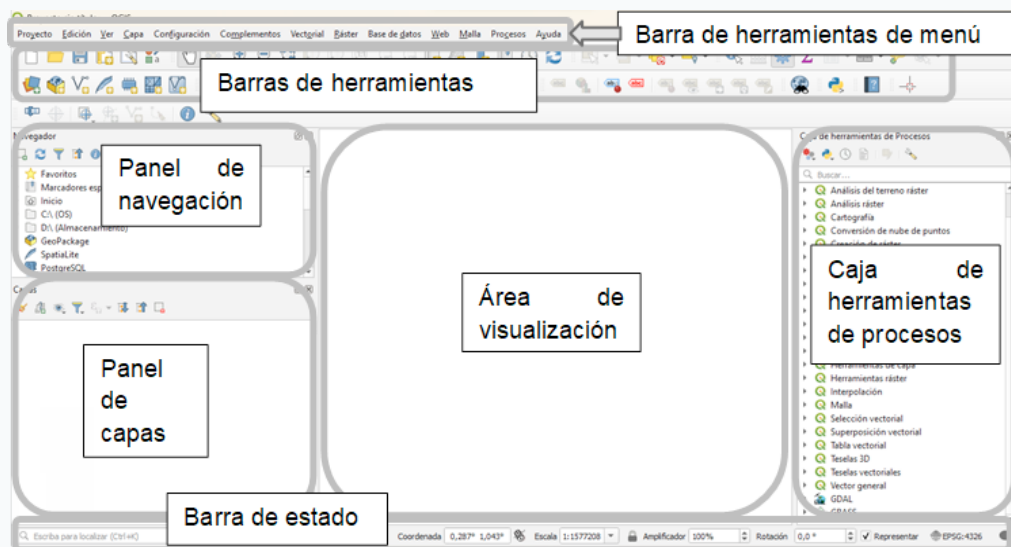


Figura 9. Interfaz gráfica de usuario (IGU).

En esta pantalla se puede distinguir varias partes o sectores: barra de herramientas de menú, barras de herramientas, área de visualización, paneles y barra de estado (*Figura 10*).



*Figura 10. Sectores de la IGU.*

Por el momento, se utilizará principalmente las barras de herramientas (de menú y generales), el panel de capas y la barra de estado. La caja de herramientas de procesos contiene herramientas más avanzadas que se utilizarán más adelante.

## Mostrar u ocultar barras de herramientas y paneles

Tanto las barras como los paneles indicados en la *Figura 10* pueden ocultarse o mostrarse mediante la opción **Paneles** del menú **Ver** (*Figura 11*). En adelante, la forma de acceder a determinada herramienta u opción se indicará de la siguiente manera: **Ver** → **Paneles**, donde **Ver** es una de las pestañas del menú y **Paneles** es una opción dentro de esta pestaña.

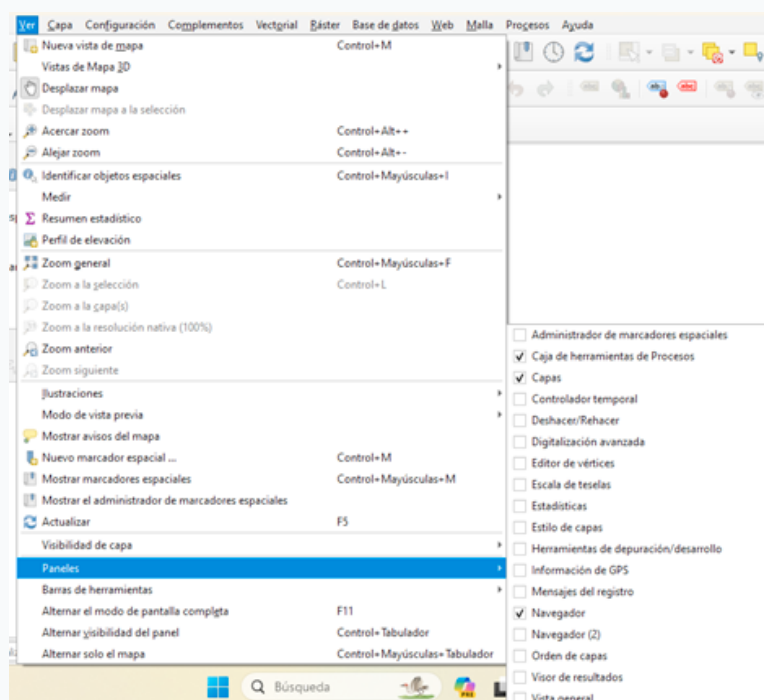


Figura 11. Alternativas para la visualización de paneles.

## IMPORTANTE

El aspecto general de la IGU debería ser similar para todos los usuarios, sin embargo, hay que tener en cuenta que la cantidad de herramientas y complementos disponibles puede ser variable.

¿Por qué ocurre esto? Simplemente porque existe una gran variedad de complementos que pueden ser descargados, en respuesta a las necesidades de cada usuario.

## Obtener y cargar una capa SIG

Como se mencionó anteriormente, un SIG permite visualizar o crear diferentes capas de información georreferenciadas.

Existen diversas instituciones, tanto gubernamentales como no gubernamentales y privadas, que generan capas SIG en distintos formatos/extensiones. Por ejemplo, en Argentina, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) es un organismo gubernamental que tiene entre sus funciones la de elaborar capas SIG del territorio nacional, la cual puede descargarse de forma libre y gratuita de su página web (<https://www.ign.gov.ar/NuestrasActividades/InformacionGeoespacial/CapasSIG>) (Figura 12).



Figura 12. Página web del IGN para la descarga de capas vectoriales. (Última consulta: mayo de 2024).

Entre las múltiples capas SIG vectoriales que se pueden descargar en esta página web, a modo de ejemplar se seleccionará la denominada **Límite internacional**, dentro de la categoría **Geodesia y demarcación**. Entre las opciones de descarga, se seleccionará **Descargar SHP** (Figura 13). Esta extensión hace referencia a un tipo de archivos vectoriales muy utilizados, denominados *shape* o *shapefile*.

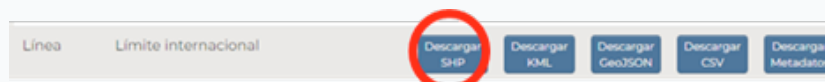


Figura 13. Opción de descarga de una capa shapefile (SHP).

De esta manera, se descargará una carpeta comprimida que deberá descomprimirse en una ubicación definitiva. De todos los archivos descargados se seleccionará solamente aquel con la extensión .shp. Con el proyecto abierto, arrastrar este archivo hasta el panel de capas manteniendo presionado el botón izquierdo del mouse (Figura 14), cargando así la capa en nuestro proyecto. Se puede observar que inmediatamente se visualiza la capa cargada (Figura 15).

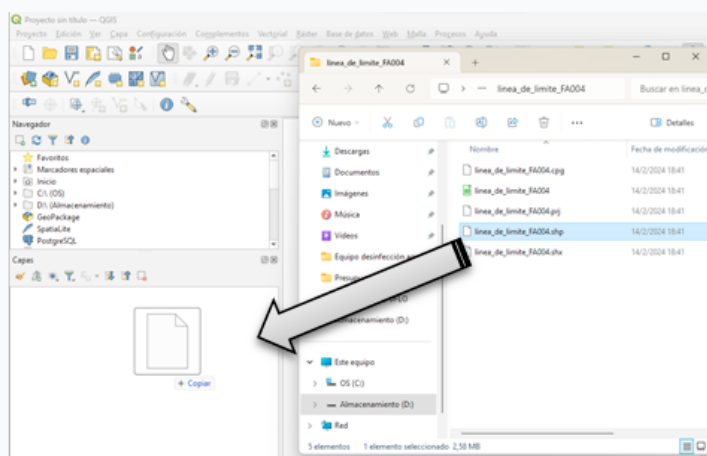


Figura 14. Carga de una capa shapefile en el panel de capas.

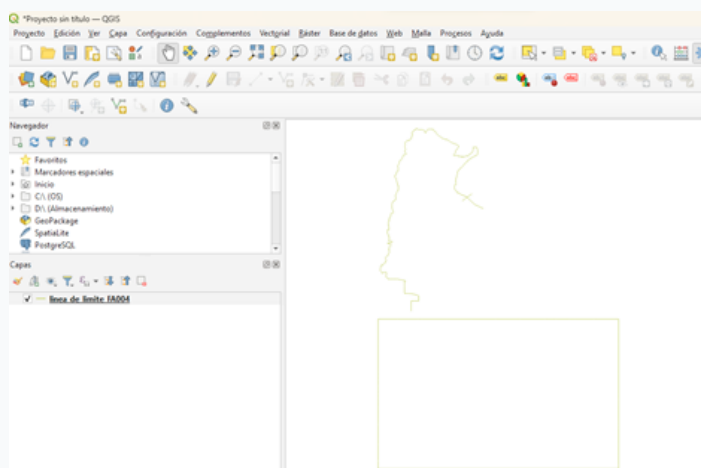


Figura 15. Visualización de la capa cargada.



### IMPORTANTE

Al descargar una carpeta correspondiente a una capa SIG, hacerlo en la ubicación definitiva (por ejemplo “Capas SIG IGN”). No cambiar la ubicación de la carpeta ni su contenido, ya que de otra forma no podrá visualizarse en el proyecto.

Tener en cuenta que, aunque solo se utiliza el archivo “.shp”, los demás archivos son necesarios y no deben eliminarse ni moverse.

## Guardar el proyecto

Antes de continuar, guardar el nuevo proyecto en una ubicación definitiva. Para ello, se seleccionará **Proyecto** → **Guardar como**. En este caso se denominará el proyecto como “Prueba1.qgz”. La extensión .qgz es la correspondiente a los proyectos de QGIS.

## Abrir proyecto guardado

Para abrir un proyecto guardado simplemente se puede buscar en su ubicación (carpeta) y hacer doble clic el archivo correspondiente. Otra alternativa es abrir el programa y luego seleccionar **Proyecto** → **Abrir** y buscar el proyecto de interés. Adicionalmente, se puede seleccionar de la lista de proyectos recientes, si es uno de los últimos proyectos en los que se ha trabajado.

Abrir el proyecto creado con anterioridad, denominado “Prueba1.qgz”. Como se puede ver, por el momento nuestro proyecto tiene una única capa. En este punto conviene hacer una aclaración importante: siempre se debe ejecutar el programa como administrador (lo que sucede por defecto habitualmente), de lo contrario no se podrá guardar cambios en el proyecto. Esta situación puede ocurrir a veces en computadoras que pertenecen a una red de trabajo, como en un aula de clases de computación.

## Desplazarse en el mapa: *zoom*, *paneo* y *scroll*

### Zoom

Toda la información que se cargue en forma de capas en el panel correspondiente se podrá visualizar en el área central de la pantalla. En esta área se podrá hacer *zoom* (acercarse o alejarse) y desplazarse en distintas direcciones, simplemente utilizando el *mouse*. Por ejemplo, para alejarse se puede girar la rueda del *mouse* hacia atrás, o en sentido inverso para acercarse a una parte del territorio representado, mientras que para desplazarse en distintas direcciones hay que mantener presionado el botón izquierdo y luego desplazar el *mouse*.

Una herramienta de visualización muy utilizada es la denominada **Zoom a la capa**. Mediante esta opción, se solicita al programa que muestre la extensión completa de una determinada capa. La forma de realizar esta acción es haciendo clic derecho sobre la capa de interés en el panel de capas y seleccionar la opción **Zoom a la capa** (Figura 16).

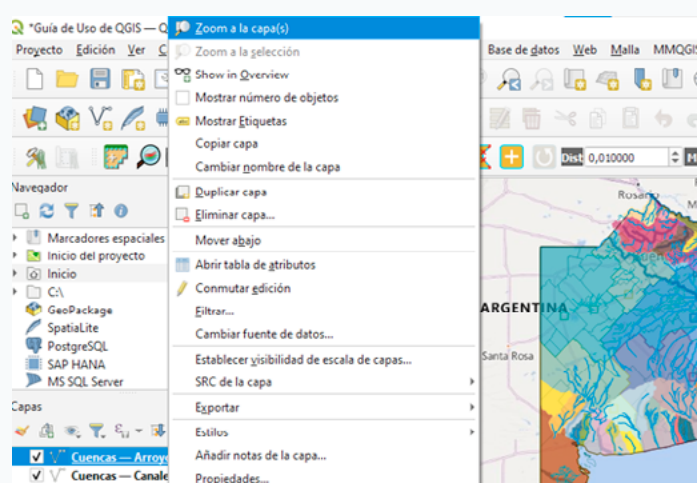


Figura 16. Zoom a la capa.

### Paneo

El *paneo* permite desplazar el mapa sin cambiar el nivel de *zoom*, lo cual es útil para explorar diferentes áreas sin perder el enfoque en los detalles.

- **Paneo (mano):** Seleccionar la herramienta de mano (paneo) en la barra de herramientas o presionar la barra espaciadora y hacer clic mientras se arrastra el mapa en la dirección deseada.
- **Teclas de dirección:** También se pueden usar las teclas de flecha (arriba, abajo, izquierda, derecha) para desplazar el mapa.

## Scroll

El *scroll* se refiere al uso de la rueda del *mouse* para ajustar el *zoom* del mapa de forma rápida y precisa.

- **Rueda del ratón:** Al girar la rueda del *mouse* hacia adelante, se hace *zoom in*, y al girarla hacia atrás, se hace *zoom out*. Este método es conveniente para hacer ajustes rápidos y fluidos al nivel de *zoom*.
- **Combinaciones con teclas:** Algunas combinaciones de teclado y *mouse* pueden facilitar el desplazamiento y el *zoom*. Por ejemplo, mantener presionada la tecla **Ctrl** mientras se usa la rueda del *mouse* puede ajustar el nivel de *zoom* más precisamente. Ver propiedades de la capa.

Además de la información gráfica que se visualiza en el centro de la pantalla, cada capa tiene propiedades que se pueden consultar haciendo clic derecho en la capa correspondiente, dentro del panel de capas. Esta acción despliega una ventana con múltiples opciones, algunas de las cuales se utilizarán más adelante. Por el momento, solo se consultarán las propiedades de la capa (*Figura 17*).

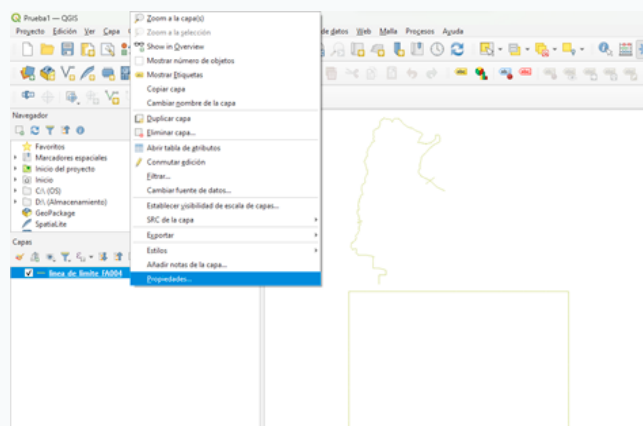


Figura 17. Propiedades de capa.

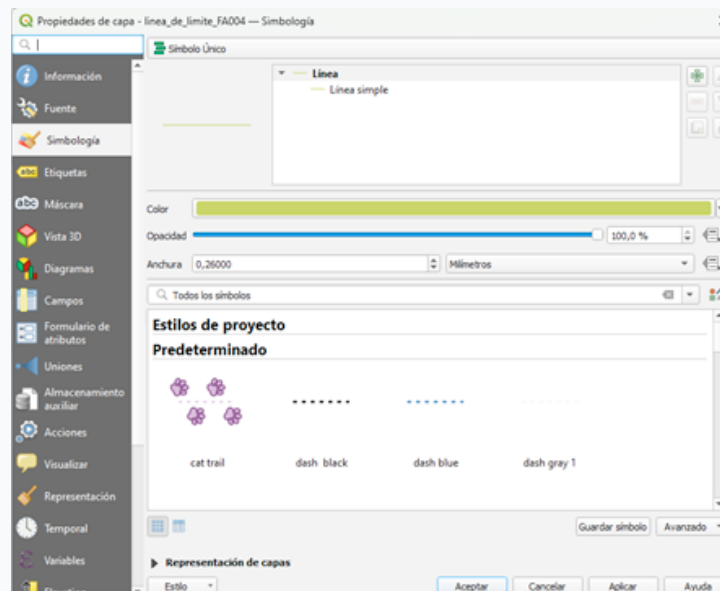
## ORDEN DE LAS CAPAS



Al trabajar con múltiples capas se debe tener en cuenta que el orden de las capas sí altera el resultado de la visualización.

Esto significa que el orden en el que aparezcan las capas en el panel de capas va a ser el orden de visualización en el área central.

Como se puede observar, la información de las propiedades de la capa es muy variada. Por ejemplo, se puede ver y modificar la simbología de la capa (*Figura 18*), es decir, cómo se representan los elementos de la capa en la pantalla y en los mapas a elaborar. Cabe destacar que esta capa en particular es una capa vectorial de líneas, por lo tanto, la simbología de la capa se refiere al tipo, color y grosor de las líneas, entre otras características. Como se mencionó, la simbología se puede cambiar; por ejemplo, se puede modificar el color y grosor de las líneas y estos cambios se visualizarán en el área central (*Figura 19*). Otra forma de modificar la simbología es haciendo doble clic en el símbolo de la capa (*Figura 20*).



*Figura 18. Simbología de la capa.*

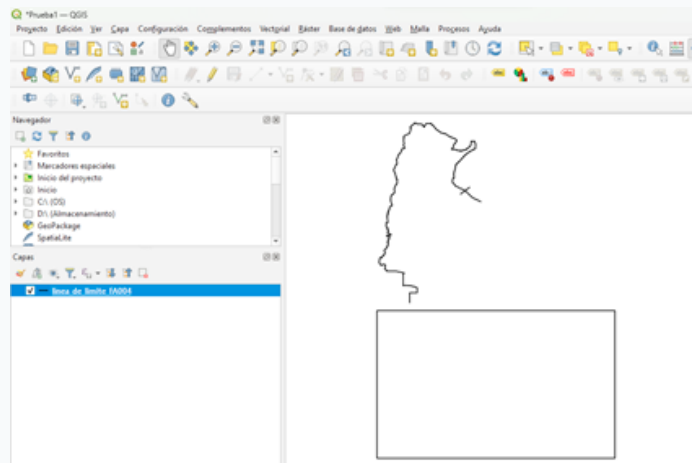


Figura 19. Visualización de los cambios en la simbología de la capa.

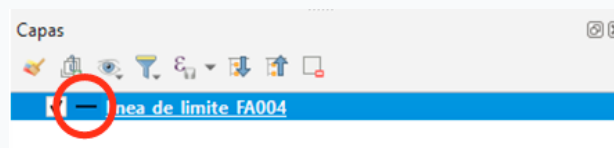


Figura 20. Símbolo de la capa.

## Visualizar u ocultar capas

Hasta el momento, la única capa cargada en nuestro proyecto es una capa visible. Sin embargo, cuando se trabaje con múltiples capas, puede ser útil ocultar una o más capas temporalmente en función de qué información se desee visualizar. La forma de visualizar u ocultar una capa es muy sencilla, simplemente se debe desmarcar el recuadro que posee cada capa a la izquierda para ocultar esa capa, o marcarlo si se desea visualizarla (Figura 21).

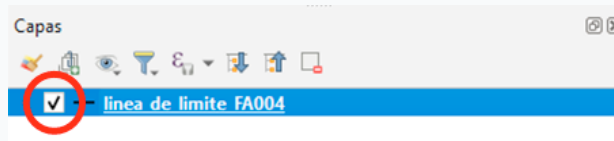


Figura 21. Visualizar u ocultar una capa.

## Trabajando con capas

Para continuar trabajando con nuestro proyecto, se han cargado dos capas adicionales desde la página del IGN: la capa **provincia** y la capa **segemar\_volcanes**. Estas capas también son vectoriales, pero, a diferencia de la cargada en primer lugar, son capas con geometrías de polígono y punto, respectivamente. Esto significa que los elementos que conforman la capa no son líneas, sino puntos o polígonos según corresponda. La forma de descargar estas capas es la misma de siempre: se selecciona la opción **Descargar SHP** en la capa de interés, se extrae la carpeta comprimida en una ubicación definitiva, abrimos la carpeta y se arrastra el archivo con la extensión **.shp** hasta el panel de capas de nuestro proyecto. Al cargar estas nuevas capas, nuestro proyecto ahora cuenta con tres, las cuales se visualizan en la *Figura 22*.

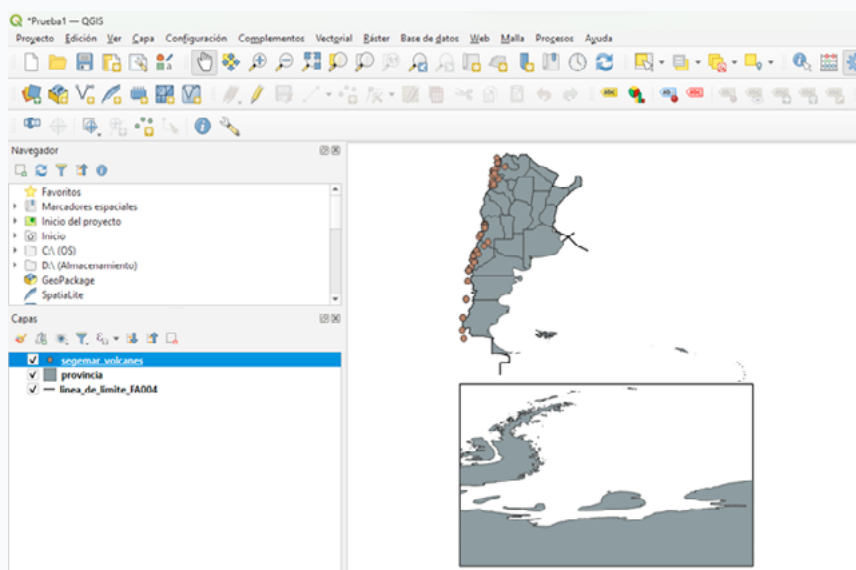
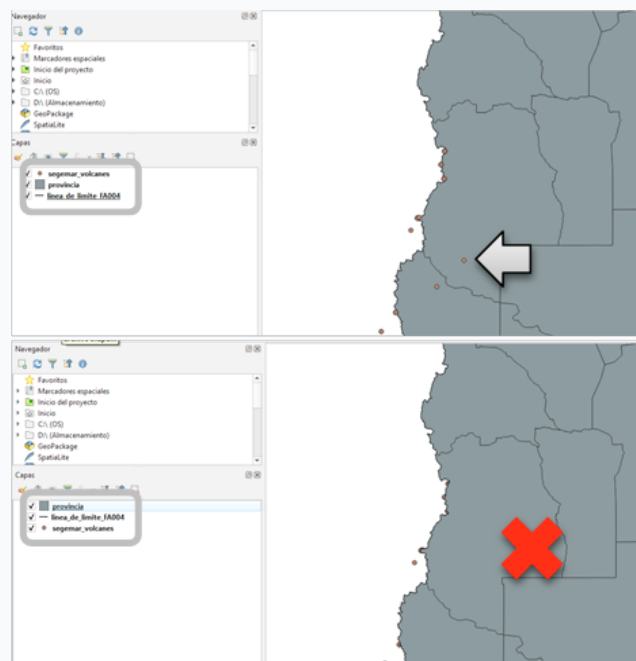


Figura 22. Visualización de tres capas vectoriales de punto, polígono y línea.

Al modificar el orden de las capas en el panel de capas, también cambia el orden en el cual las se visualizan en el área de trabajo. Esto se puede observar claramente en la *Figura 23*, donde al cambiar el orden en el que aparece la capa de puntos **segemar\_volcanes**, se visualizan menos volcanes, ya que algunos quedan ocultos detrás de la **capa provincia**. Es importante aclarar que no se está haciendo ninguna modificación a las capas, sino que los elementos de la capa que aparece en primer lugar se visualizan sobre las demás capas. Simplemente se deben seleccionar un orden de capas adecuado que permita mostrar toda la información relevante de todas las capas visibles. Un orden usual puede ser el siguiente:

1. Capa/s de punto
2. Capa/s de línea
3. Capa/s de polígono



*Figura 23. La visualización de la información depende del orden de las capas.*

## Consultar información de un elemento

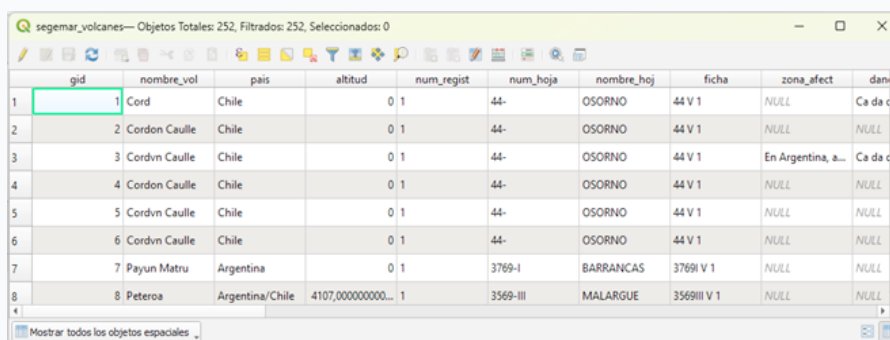
En ocasiones es necesario visualizar la información de un elemento de una capa. Para acceder a dicha información se puede acceder a la tabla de atributos y para modificar, eliminar y/o ampliar nuevos valores se puede utilizar la calculadora de campos.

La tabla de atributos muestra todos los registros y campos de la capa, permitiendo consultar y editar información detallada.

La calculadora de campos permite escribir expresiones para calcular nuevos valores o consultar valores específicos de campos existentes. Esta herramienta es muy poderosa para análisis más complejos y para extraer información específica de los atributos de los elementos.

## Ver la tabla de atributos

Cada capa que se haya cargado hasta ahora en nuestro proyecto tiene elementos, que como se mencionó pueden ser puntos, líneas o polígonos. Cada uno de estos elementos tiene atributos tales como la identificación, el nombre, etc. La información sobre los atributos de cada capa está contenida en la tabla de atributos de la capa (Figura 24), la cual puede consultarse haciendo clic derecho sobre la capa y seleccionando la opción **Abrir tabla de atributos**. También puede consultarse a partir de la herramienta localizada en la barra (Figura 25).



gid	nombre_vol	pais	altitud	num_regist	num_hoja	nombre_hoj	ficha	zona_afect	dani
1	Cord	Chile		0 1	44-	OSORNO	44 V 1	NULL	Ca da c
2	Cordon Caulle	Chile		0 1	44-	OSORNO	44 V 1	NULL	NULL
3	Cordvn Caulle	Chile		0 1	44-	OSORNO	44 V 1	En Argentina, a...	Ca da c
4	Cordon Caulle	Chile		0 1	44-	OSORNO	44 V 1	NULL	NULL
5	Cordvn Caulle	Chile		0 1	44-	OSORNO	44 V 1	NULL	NULL
6	Cordvn Caulle	Chile		0 1	44-	OSORNO	44 V 1	NULL	NULL
7	Payun Matru	Argentina		0 1	3769-I	BARRANCAS	3769I V 1	NULL	NULL
8	Peteroa	Argentina/Chile	4107,000000000...	1	3569-III	MALARGUE	3569III V 1	NULL	NULL

Figura 24. Tabla de atributos asociada a una capa vectorial.

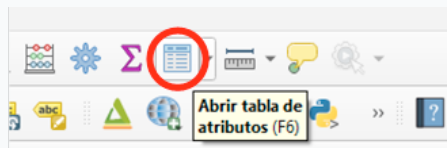


Figura 25. Tabla de atributos asociada a una capa vectorial.

## Otra forma de añadir capas

Como ya se mencionó, se puede cargar un geodato por arrastre desde la ubicación del archivo al panel de capas de QGIS. Sin embargo, existen otras opciones.

La forma más sencilla es a través del menú **Capa** → **Añadir capa** y luego eligiendo el tipo de capa que se desea añadir, tales como vectorial, ráster, de base de datos, de servicios web (WMS/WMTS), entre otros (Figura 26). Lo interesante de esta opción es que, al establecer la tipología previamente a elegir el archivo, QGIS solo permite la elección de los archivos con la extensión que habilite la categoría de la capa a cargar.

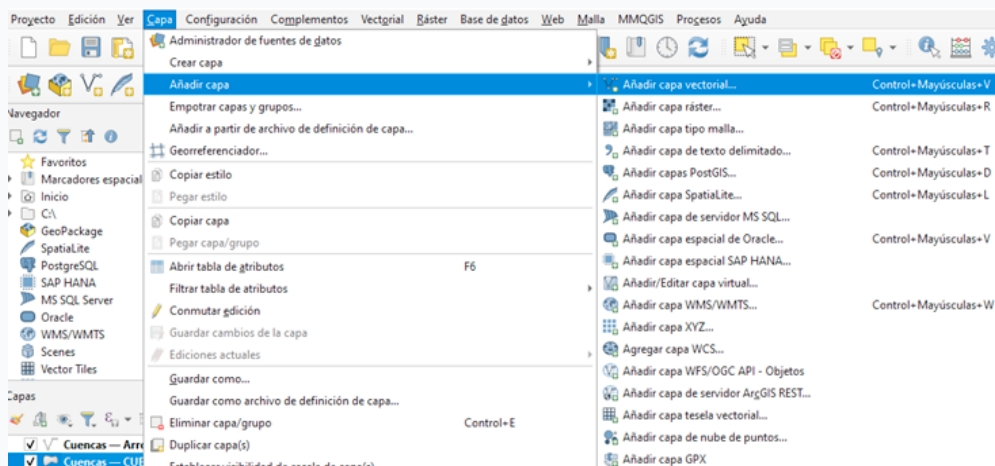
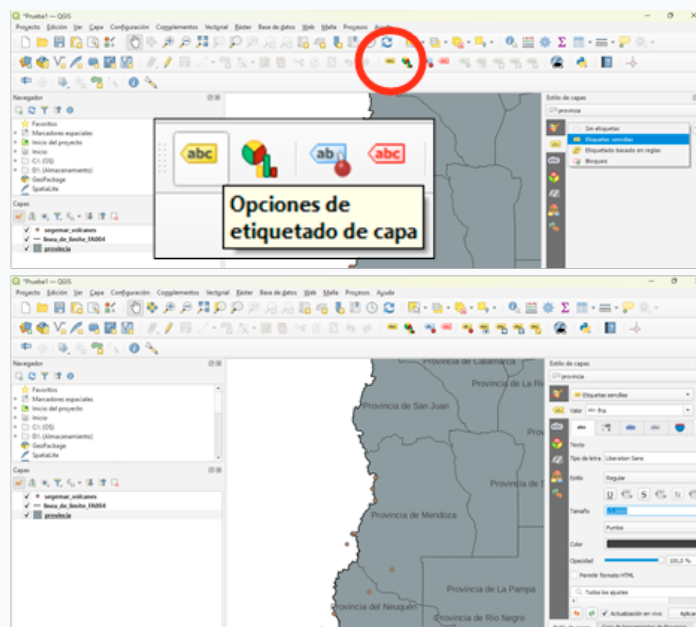


Figura 26. Añadir capa vectorial.

## Etiquetados

Hasta el momento se visualizan los puntos, líneas y polígonos que forman parte de las diferentes capas cargadas, sin embargo, dado que cada capa tiene asociada una tabla de atributos, es posible etiquetar los elementos de una capa de interés, por ejemplo, el atributo **nombre**. En la *Figura 27* se han realizado esta acción, seleccionando para ello la herramienta **Opciones de etiquetado de capa**, y luego la opción **Etiquetas sencillas** en el panel lateral que se desplegará la derecha. Se puede observar que el resultado de esta acción es que aparecen los nombres asociados a cada elemento de la capa de polígono **Provincia**, en este caso, los nombres de las diferentes provincias de la República Argentina.

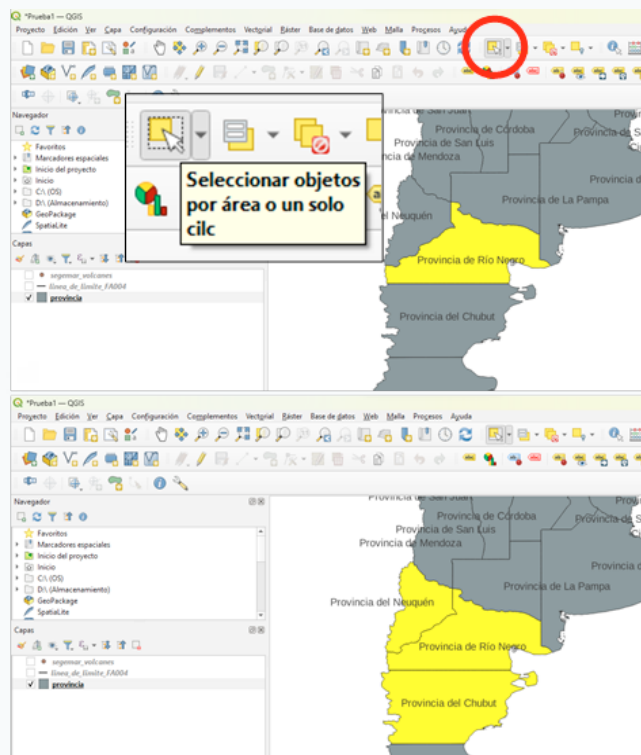


*Figura 27. Opciones de etiquetado de los elementos de una capa vectorial.*

## Herramientas de selección

Al trabajar con capas vectoriales, a menudo se debe seleccionar solo alguno/s de los objetos que conforman la capa, por ejemplo, para generar una nueva que contenga únicamente dichos objetos. Para llevar a cabo esta selección se utilizará

la herramienta **Seleccionar objetos por área o un solo clic**, ubicada en la barra de herramientas. Como lo indica su nombre, esta herramienta permitirá seleccionar uno o varios objetos de la capa activa, es decir, la capa resaltada en azul en el panel de capas. Como ejemplo, en la *Figura 28* se muestra el resultado de seleccionar uno o más polígonos (provincias), los cuales aparecerán resaltados en amarillo. Para realizar la selección de más de un objeto puede mantenerse presionado el botón izquierdo del *mouse* o hacer clic en cada objeto a seleccionar mientras se mantiene presionada la tecla **Ctrl**.



*Figura 28. Selección de objetos de una capa.*

## Más sobre la simbología

La simbología es una propiedad fundamental de una capa, ya que permite establecer de qué forma se visualizarán los elementos de ésta. Ya se han comentado cómo se puede modificar el color de un punto o el grosor de una línea, sin embargo, en estos casos se está trabajando con un tipo de simbología en particular que

corresponde a símbolo único. Esta opción es adecuada cuando todos los elementos que conforman una capa corresponden a una misma categoría, pero no resulta demasiado útil, por ejemplo, si se busca representar elementos que pertenecen a diferentes categorías, clasificados de acuerdo con un atributo de la capa, o mostrar con distintos colores un gradiente ambiental. Para estos casos, existen otros tipos de símbolos tales como **categorizado**, **graduado**, **basado en reglas**, etc.(Figura 29).

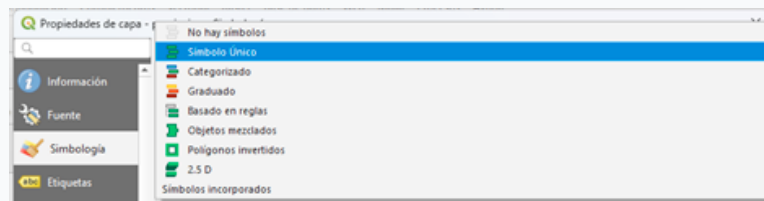


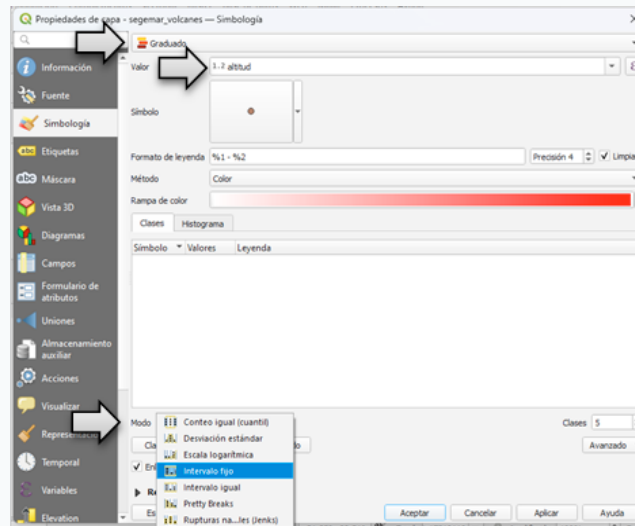
Figura 29. Otros tipos de simbología.

Continuando con el proyecto, se cambiará el tipo de simbología de la capa **segemar\_volcanes** e intentará clasificar sus elementos según la altitud de cada volcán, asignando diferentes colores a cada categoría de altitud. Pero antes se debe verificar que esa variable (la altitud) sea parte de la información que contiene la capa, consultando la tabla de atributos de ésta. Como se puede observar en la Figura 30, la altitud es uno de los atributos de la capa, por lo tanto, se puede utilizar esa información para clasificar los elementos de la capa (volcanes) según su altura sobre el nivel del mar (msnm).

gid	nombre_vol	pais	altitud	num_hoja	nombre_hoj	ficha	zona_affected	dan
1	Cord	Chile	0 1	44-	OSORNO	44 V 1	NULL	Ca da c
2	2. Cordón Caulle	Chile	0 1	44-	OSORNO	44 V 1	NULL	NULL
3	3. Cordón Caulle	Chile	0 1	44-	OSORNO	44 V 1	En Argentina, s...	Ca da c
4	4. Cordón Caulle	Chile	0 1	44-	OSORNO	44 V 1	NULL	NULL
5	5. Cordón Caulle	Chile	0 1	44-	OSORNO	44 V 1	NULL	NULL
6	6. Cordón Caulle	Chile	0 1	44-	OSORNO	44 V 1	NULL	NULL
7	7. Payún Matru	Argentina	0 1	3769-I	BARRANCAS	3769 V 1	NULL	NULL
8	89. Chaton	Chile	0 1	4372-IV	TREVELIN	4372V V 1	NULL	NULL

Figura 30. Tabla de atributos de la capa segemar\_volcanes.

La forma de llevar a cabo esta acción es seleccionando un tipo de símbolo graduado, que despliega un menú de opciones mostrado en la *Figura 31*.



*Figura 31. Propiedades de la capa: simbología.*

En el ejemplo, se seleccionará el valor **altitud**, atributo que será utilizado para la clasificación, y el modo **Intervalo fijo**, que clasificará los volcanes en diferentes rangos de altitud (*Figura 32*). Como ejemplo, se seleccionará un tamaño de intervalo de 2000 y se presionará **Clasificar** o simplemente la tecla **Enter**, generando de esta manera los intervalos de 0-2000 msnm, 2000-4000 msnm, etc. (*Figura 33*). Otra alternativa interesante es modificar el color de los símbolos de cada intervalo, por ejemplo, mediante una rampa de color azul en lugar de roja (*Figura 33*). Para finalizar, se presiona **Aplicar** y luego **Aceptar**. El resultado es la modificación de la simbología de la capa **segemar\_volcanes**, la cual ahora muestra cada volcán con un color diferente de acuerdo con su altitud (*Figura 34*).

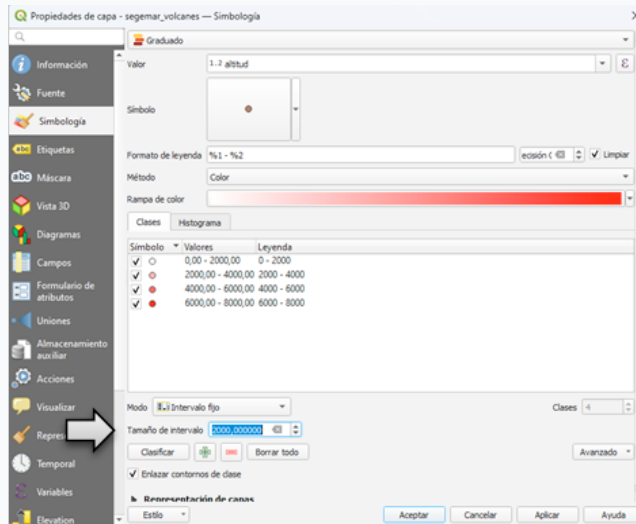


Figura 32. Parámetros de la simbología de tipo graduado.

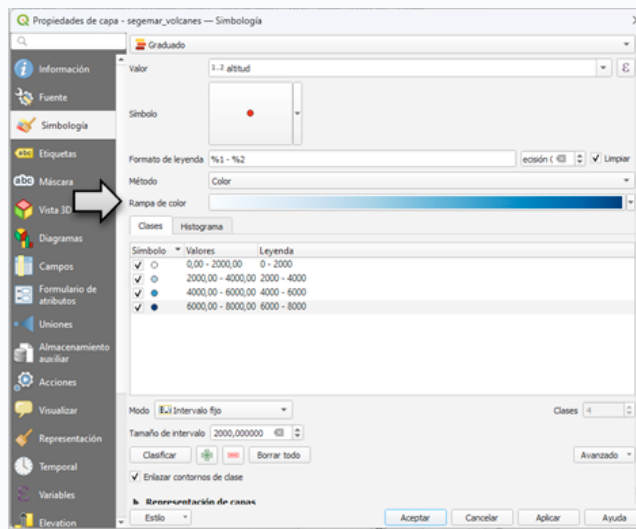


Figura 33. Modificación de la rampa de color.

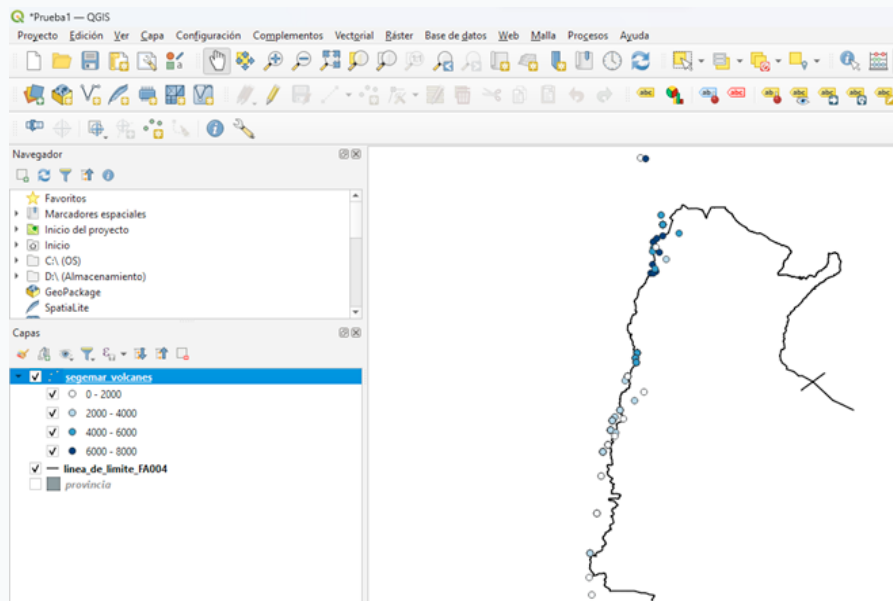


Figura 34. Resultado observado luego del cambio de tipo de simbología.

## Capítulo 4

# Sistema de referencias de coordenadas y escalas

### Escalas

Los mapas son representaciones gráficas simplificadas de un territorio, y esa simplificación debe respetar una relación matemática entre las distancias representadas en el mapa y las reales en el territorio. Esa relación se denomina **escala**. Por ejemplo, una escala 1:1000 indica que 1 unidad de distancia en el mapa equivale a 1000 unidades de distancia en el terreno. Así, 1 cm en el mapa trazado en una escala 1:1000 equivale a 10 m en el terreno (=1000 cm). Otro ejemplo son los mapas que representan países, que suelen publicarse a escalas de alrededor de 1:10.000.000, donde 1 cm equivale a 100 km.

Dado que los mapas son representaciones, se debe de incluir siempre la escala utilizada, la cual puede ser de tipo **gráfica** o **numérica** tal cual se muestra en la *Figura 35*.

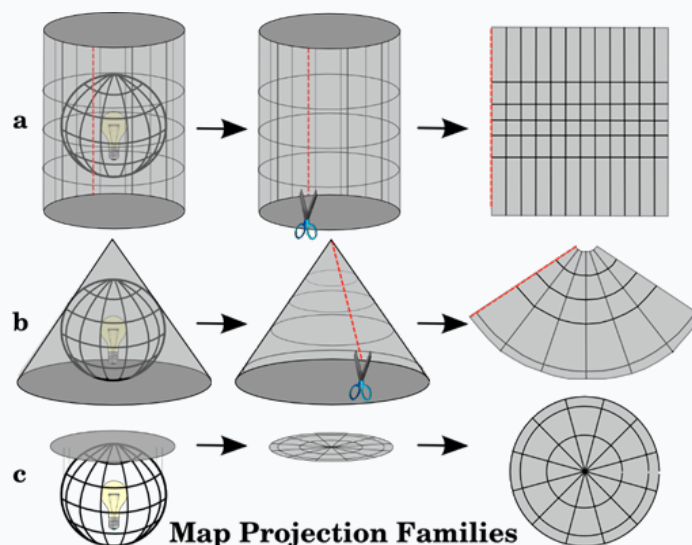


Figura 35. Tipos de escalas gráfica y numérica.

## Sistemas de referencia de coordenadas

Los sistemas de referencia de coordenadas (SRC) son marcos de referencia geoespacial que proporcionan un contexto para ubicar puntos en la Tierra de forma precisa. Estos sistemas incluyen sistemas geodésicos globales, como WGS84, y sistemas de proyección locales, como UTM (Universal Transverse Mercator). Los sistemas de referencia en QGIS o cualquier otro SIG son fundamentales para la precisión en la representación de datos, ya que aseguran que las coordenadas geográficas se mapeen correctamente en el espacio y que los elementos se posicionen correctamente en los mapas. Si las capas poseen una referencia diferente se posicionarán en diferentes sitios, generando errores en el proyecto.

Los sistemas proyectados se agrupan en tres clases y se representan en la *Figura 36*: a) cilíndricos, b) cónicos y c) planos. Cada clase constituye un modo de representar la superficie del globo terrestre.



*Figura 36. Sistema de referencia de coordenadas.*  
(Fuente: QGIS Documentation  
[https://docs.qgis.org/3.34/es/\\_images/projection\\_families.png](https://docs.qgis.org/3.34/es/_images/projection_families.png)).

Los SRC son necesarios para que los datos geoespaciales se proyecten y visualicen correctamente en un mapa. Al definir la SRC en un proyecto, se determina el criterio y la metodología que se utilizará para ubicar la información asociada a las

coordenadas. Si las capas tienen asociados diferentes SRC, pueden surgir distorsiones. En resumen, el SRC es el sistema que define cómo se proyectan los datos del espacio tridimensional de la Tierra en un mapa.

Cuando se inicia un proyecto nuevo en QGIS, por defecto ya tiene un SRC predefinido. Sin embargo, cuando se carga la primera capa al proyecto, se asigna como SRC del proyecto el de la capa cargada. El problema surge cuando se debe de trabajar con capas que poseen diferentes SRC. Por ello, a continuación, se detalla información básica para conocer y modificar las SRC del proyecto y de sus capas.

## SRC del proyecto

Como se mencionó, por defecto el proyecto tiene un SRC asociado y eso lo que se puede visualizar en el margen inferior derecho, tal como se representa en las Figuras 37 y 38 o dirigiéndose a **Proyecto** → **Propiedades**. En ambos casos, se visualizará una ventana que contiene todas las opciones de SRC para trabajar. Únicamente se debe seleccionar aquella que sea necesaria para trabajar, luego presionar **Aplicar** y **Aceptar**.

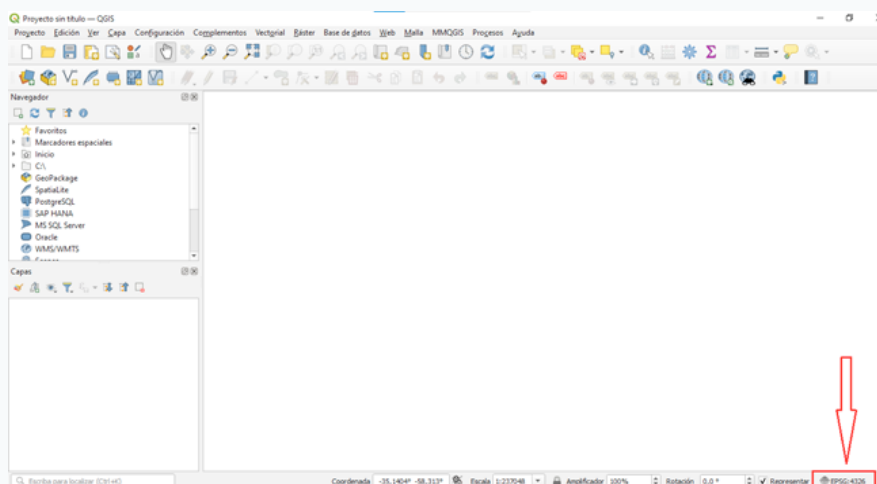


Figura 37. Sistema de referencia de coordenadas del proyecto.

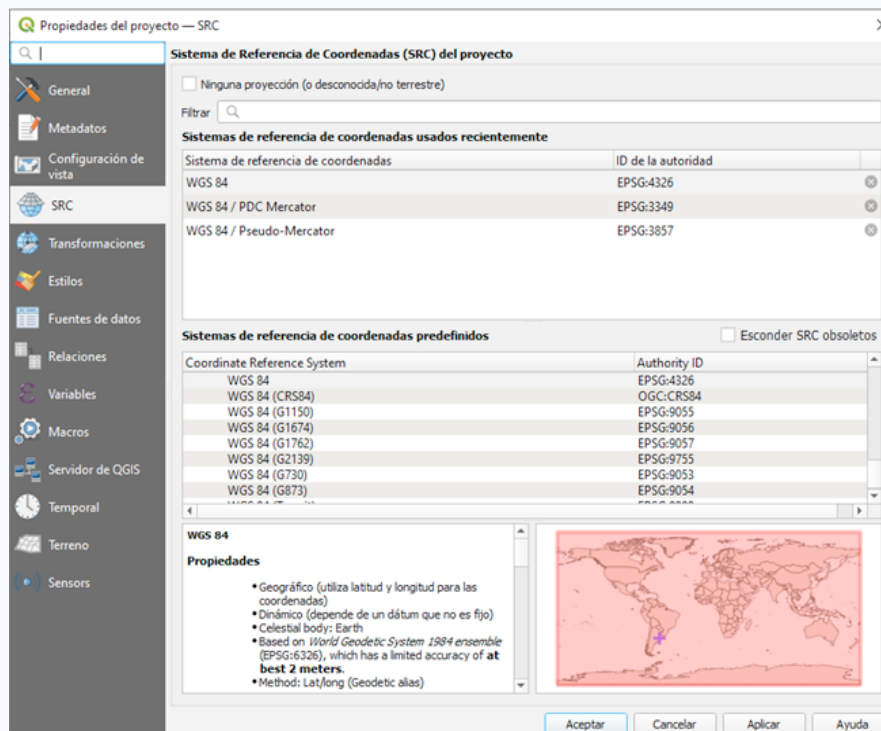


Figura 38. Selección de un SRC.

Si bien se recomienda utilizar el SRC **EPSG:4326**, en ocasiones se trabajará con información de terceros que tendrá un SRC diferente. Por ello, es de suma importancia conocer el SRC de ese archivo para unificarlo con nuestro SRC de trabajo.

## SRC de las capas

Las capas son información geográfica que fue trabajada en un SRC específico, que puede coincidir con el SRC del proyecto en elaboración o puede que no. Para corroborar el SRC de la capa existen diferentes alternativas.

Para definir el SRC de una capa específica, con el *mouse* se debe hacer clic derecho en la capa en el **Panel de capas**, seleccionar **Propiedades** → **Fuente**. Otra forma es posicionarse sobre la capa, hacer clic con el botón derecho y posicionarse sobre **SRC de la capa**, allí se desplegará un menú donde se podrá visualizar esta opción (Figura 39).

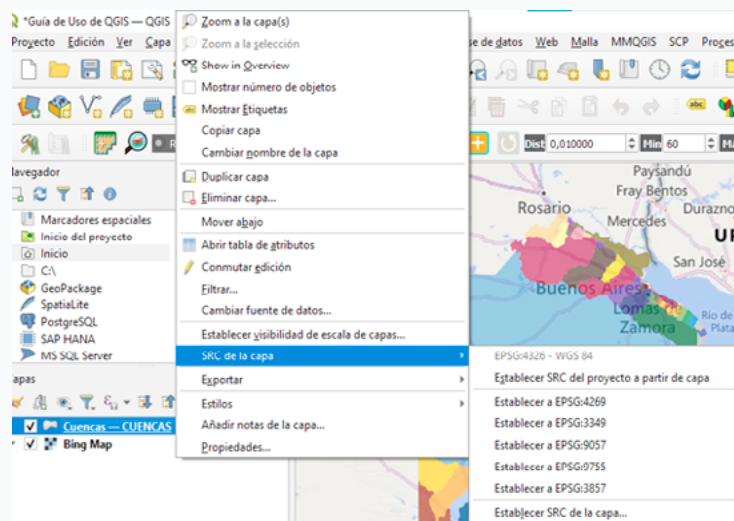


Figura 39. Visualizar y/o establecer la SRC de una capa.

## Configurar proyección

Una vez conocido el SRC, puede surgir la necesidad de cambiarlo y ello dependerá de cómo se desee hacerlo. En ese caso, se puede utilizar la herramienta **Reproyectar capa**, la cual permite cambiar el SRC de una capa para que coincida con el SRC de otra. Esto se hace mediante **Vectorial** → **Herramientas de gestión de datos** → **Reproyectar capa** (Figura 40), que despliega una ventana para establecer los parámetros del algoritmo (Figura 41). La capa de entrada es la capa que se desea reproyectar y el SRC objetivo es, justamente, el SRC al cual se desea reproyectar dicha capa. Es importante tener en cuenta que, si se combinan capas con diferentes SRC en un proyecto, QGIS intentará reproyectarlas automáticamente para que coincidan, pero pueden surgir problemas si los SRC son diferentes.

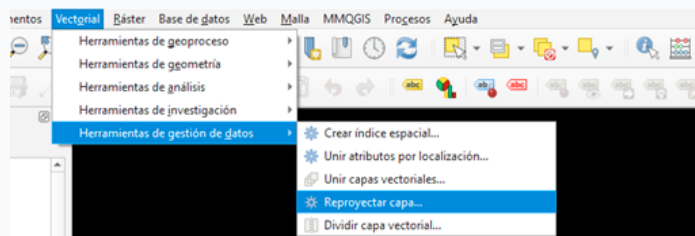


Figura 40. Herramienta Reproyectar capa.

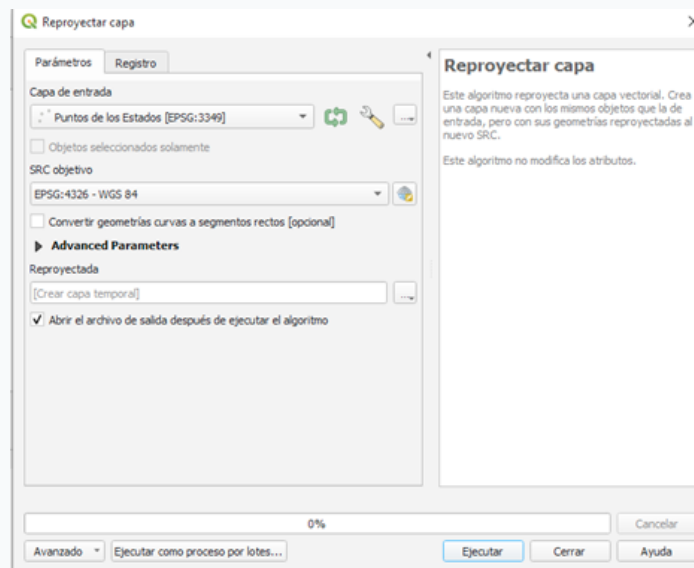


Figura 41. Parámetros de la herramienta *Reproyectar capa*.

## Capítulo 5

# Capas vectoriales

### Crear capas vectoriales

Las capas de tipo vectorial que se han cargado hasta ahora en nuestro proyecto “Prueba1” provienen de una fuente externa, en nuestro caso el IGN de la República Argentina. Es el momento de crear nuestras propias capas vectoriales, lo cual resulta fundamental para la mayoría de los proyectos que buscan representar en distintos mapas temáticos información propia recopilada en el campo o extraída de otras fuentes. Básicamente se puede crear dos tipos de capas vectoriales, de tipo shape (o *shapefile*) y GeoPackage. Actualmente se prefiere el uso de capas GeoPackage por su mejor integración de metadatos y mayor facilidad a la hora de compartir información. Otras ventajas de los archivos GeoPackage son la posibilidad de almacenar varias capas, tanto vectoriales como ráster, incluir diferentes tipos de geometrías en un mismo archivo, mayores posibilidades para los atributos de las capas, etc. Sin embargo, la utilización de capas *shapefile* también es una alternativa válida, en especial para proyectos básicos.

A continuación, se podrá crear una capa de archivo *shapefile*. Antes de comenzar, se han realizado algunas modificaciones sobre la simbología de la capa **provincia**, en particular se seleccionó otro color y una opacidad del 60% (Figura 42). Al disminuir la opacidad de una capa se podrá visualizar los elementos de las capas ubicadas “por detrás” de la capa, es decir, aquellas ubicadas por debajo en el panel de capas.

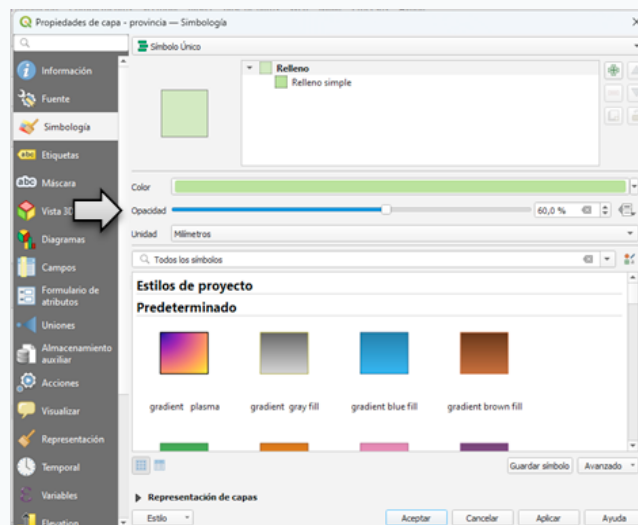


Figura 42. Modificación de la opacidad.

Se podrá crear una capa seleccionado el menú **Capa** → **Crear capa** → **Nueva capa de archivo shape** (Figura43). En este caso se desplegará una ventana que nos permitirá especificar las propiedades de la nueva capa a crear (Figura44).

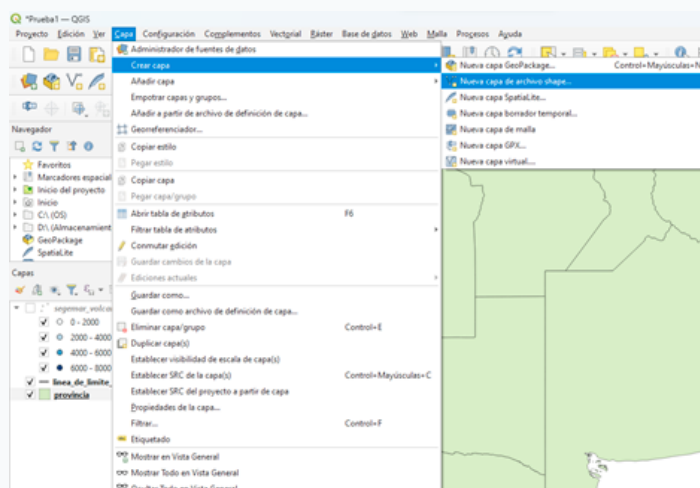


Figura 43. Creación de una capa shapefile (shape).

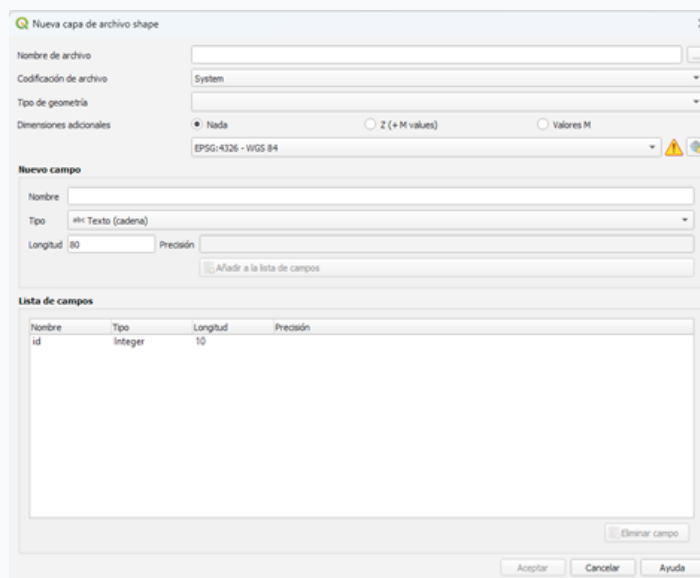


Figura 44. Propiedades de una capa shape.

A fin de crear la capa, las propiedades que se debe especificar como mínimo son **Nombre de archivo** y **Tipo de geometría** (Figura 45). En la opción **Nombre de archivo** se especifica la ruta en la cual se guardará el archivo *shape* a crear, mientras que en **Tipo de geometría** se puede seleccionar una de varias opciones, según el tipo de información que se busca representar. Como nombre de la capa se seleccionará **Puntos\_Prueba1**, dentro de una carpeta con el mismo nombre. En el caso de la geometría, dado que se trata de puntos de interés relevados en el terreno, se selecciona capa de **Punto** (Figura 45).

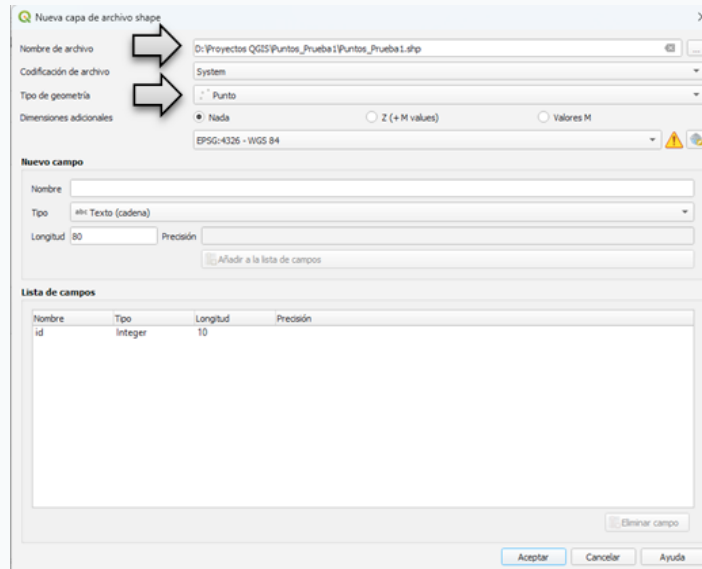


Figura 45. Definición de propiedades básicas de la capa.

Las demás propiedades de la capa también pueden modificarse si es necesario. Por ejemplo, podría cambiar el SRC o agregarse un nuevo campo a la tabla de atributos de la capa a crear. Por defecto, la capa tiene un atributo llamado **Id**, de tipo “integer” y longitud 10, que permitirá identificar mediante un número a cada elemento de la capa que se cargue. También es posible agregar un nuevo campo, es decir, un nuevo atributo de la capa a crear. El tipo de campo se refiere a si en esa columna de la tabla de atributos se podrán cargar datos de tipo numérico, texto, etc., mientras que la longitud es el número máximo de caracteres del campo. En el caso de la capa creada, el tipo “integer” indica que el campo admite solo números enteros, de hasta 10 dígitos (longitud).

Como resultado del procedimiento se creó una capa que se visualiza en el panel (Figura 46).

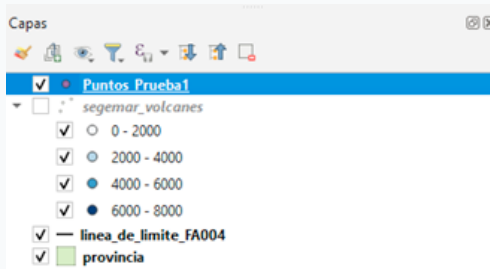


Figura 46. Nueva capa vectorial de puntos creada.

El procedimiento para crear una capa vectorial GeoPackage también es muy sencillo. Por ejemplo, para crear una capa de punto denominada **Puntos\_GeoPackage** simplemente se debe seleccionar la opción **Capa** → **Crear capa** → **Nueva capa GeoPackage** y establecer el nombre y ubicación del archivo a crear y el tipo de geometría (Figura 47). Como se puede observar en la Figura 48, la creación de una capa GeoPackage genera un único archivo con extensión .gpkg, mientras que la creación de una capa shape genera varios tipos de archivos diferentes, los cuales están asociados entre sí.

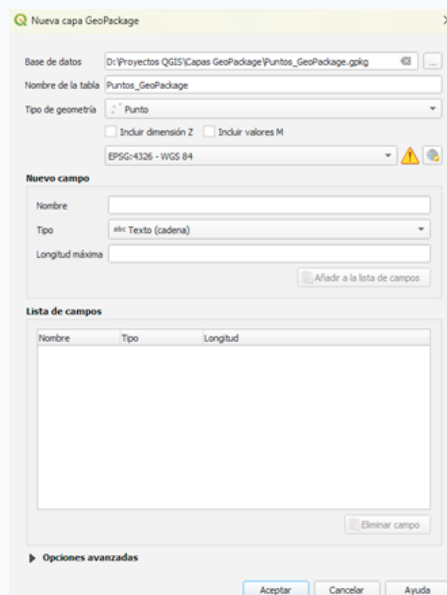


Figura 47. Propiedades de una nueva capa GeoPackage.

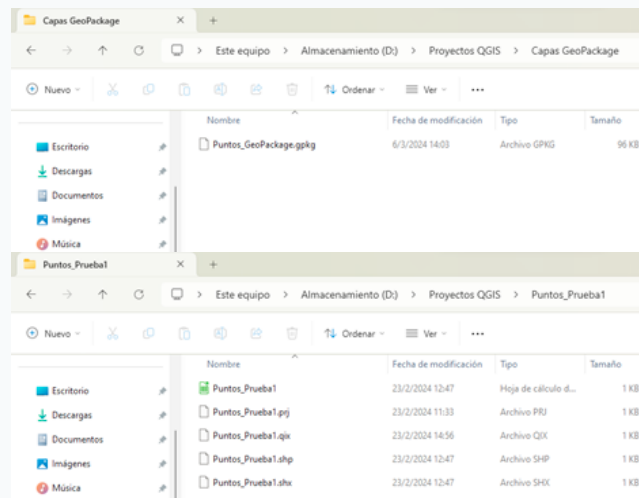


Figura 48. Diferencias entre archivos de capas GeoPackage (arriba) y shapefile (abajo).

## Edición de capas vectoriales

La capa de puntos creada recientemente aún no contiene elementos, dado que no se han cargado. Para agregar o modificar elementos de una capa vectorial, se debe seleccionar la capa y utilizar la herramienta “Conmutar edición” (Figura 49).

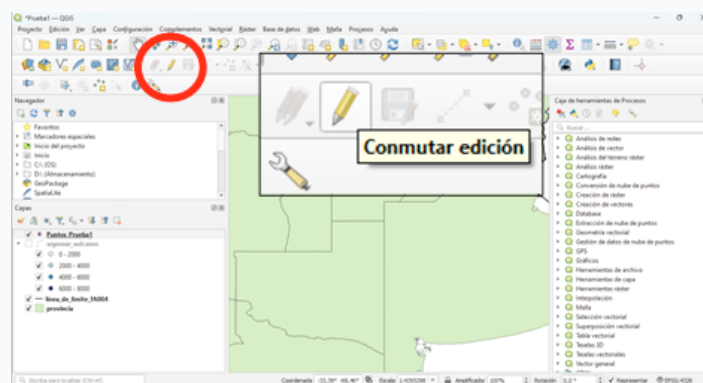


Figura 49. Edición de capas.

Al hacer clic sobre **Conmutar edición** se puede observar algunos cambios en nuestra pantalla (Figura 50). En primer lugar, en el panel de capas se indica que la capa está siendo editada (se observa un lápiz sobre el símbolo de la capa) y, por otra parte, se habilitaron otras herramientas que nos permitirán sumar nuevos elementos a la capa o editar los existentes.

Ahora se podrá añadir nuevos elementos (puntos, en este caso) a la capa, mediante la herramienta indicada. Al hacer clic sobre el ícono **Añadir punto**, se observa que, al pasar el puntero del *mouse* sobre el área de visualización, éste ha cambiado. Si ahora hacer clic sobre el lugar exacto del mapa en el cual se desea agregar un punto, se desplegará una ventana en la cual se debe ingresar la identificación del elemento, en el campo **Id** (Figura 51).

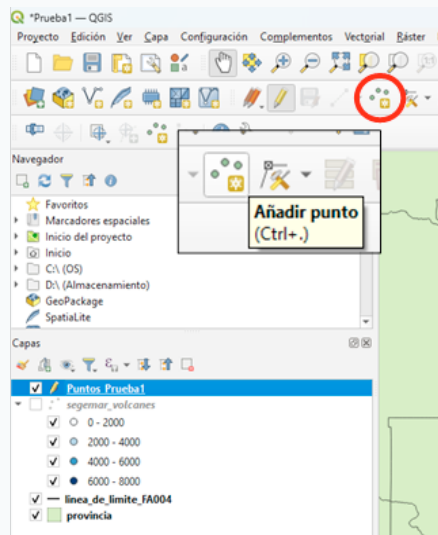


Figura 50. Herramienta Añadir punto.

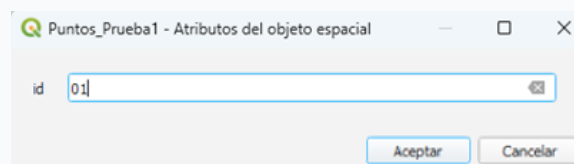


Figura 51. Identificación de los objetos o elementos de una capa.

Al hacer clic en **Aceptar**, se verá el punto marcado en el área de visualización. Se puede repetir la operación para agregar tantos elementos como sean necesarios, en nuestro caso se han agregado cinco puntos a la capa. Si no se desea agregar nuevos puntos, se selecciona **Guardar cambios de la capa** (Figura 52) y luego hacer clic sobre **Conmutar edición**. Por el momento se han finalizado la edición de nuestra nueva capa de punto, sin embargo, se puede agregar nuevos puntos o modificar los existentes (eliminarlos o cambiarlos de ubicación) en cualquier momento.

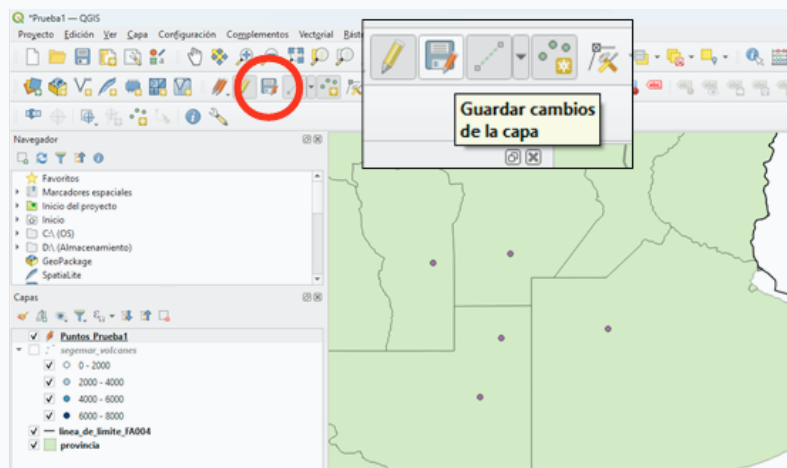


Figura 52. Visualización de los nuevos objetos creados (puntos).

Imaginar que al revisar nuestros datos se observa que la localización de uno de los puntos cargados es incorrecta. Para corregirlo, simplemente se presiona nuevamente **Conmutar edición** y luego se selecciona la **Herramienta de vértices – Capa actual** (Figura 53), hacer clic en el punto a modificar y hacer clic nuevamente en la ubicación correcta (Figura 54). Finalmente se presiona **Guardar cambios de la capa** y luego **Conmutar edición**.

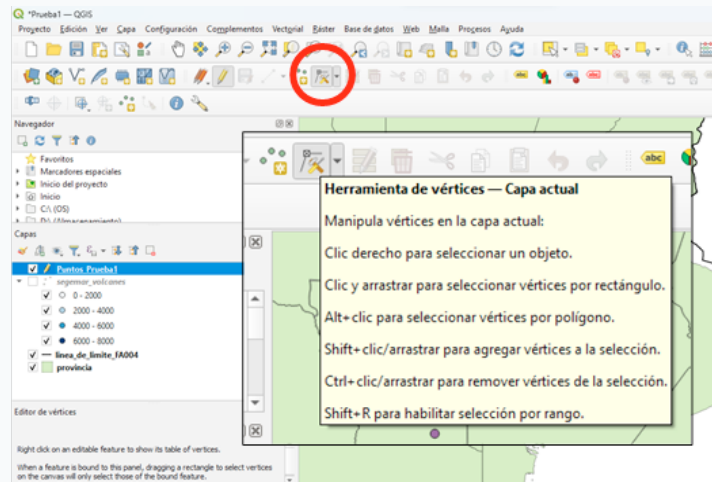


Figura 53. Herramienta de vértices – Capa actual.

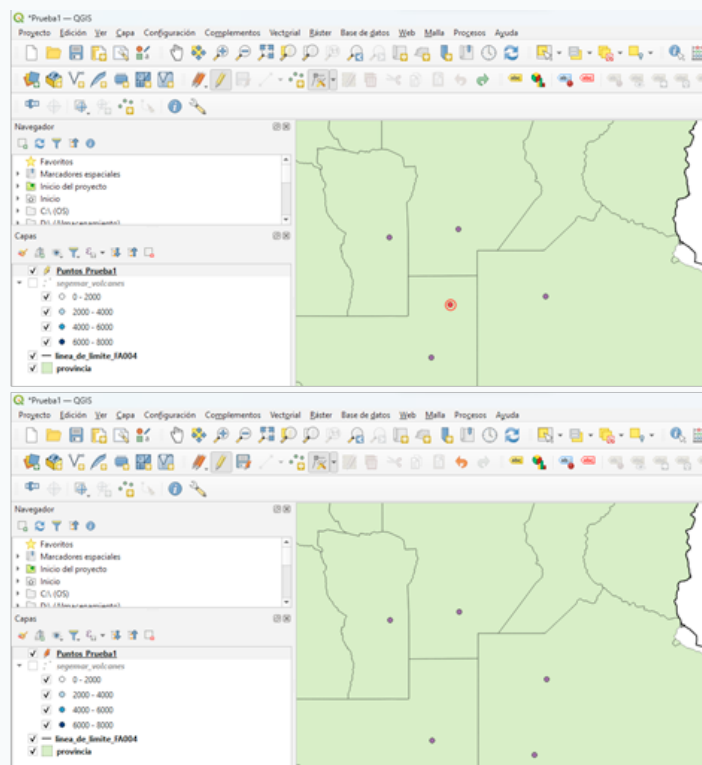


Figura 54. Modificación de la ubicación de un elemento de la capa.

## Edición de capas de líneas y polígonos

El procedimiento para crear capas vectoriales de líneas y de polígonos es el mismo que para una capa de puntos, sin embargo, al momento de editar las capas creadas, se podrá disponer de herramientas diferentes. Se podrá crear una nueva capa de línea, pero en este caso se seleccionará la opción **Nueva capa de archivo shape** (o **Nueva capa GeoPackage**) desde la barra de herramientas (Figura 55). Nuevamente se abrirá una ventana en la cual especificará las propiedades de la capa, en particular el nombre y el tipo de geometría. En este caso, en tipo de geometría se seleccionará **Cadena de líneas**. Al aceptar los cambios se crea una nueva capa que denominará **Líneas\_Prueba1** la cual se editara a continuación. Al conmutar la edición de la capa, en este caso se habilitan las herramientas **Añadir líneas** y, nuevamente, la **Herramienta de vértices – Capa actual** (Figura 56).

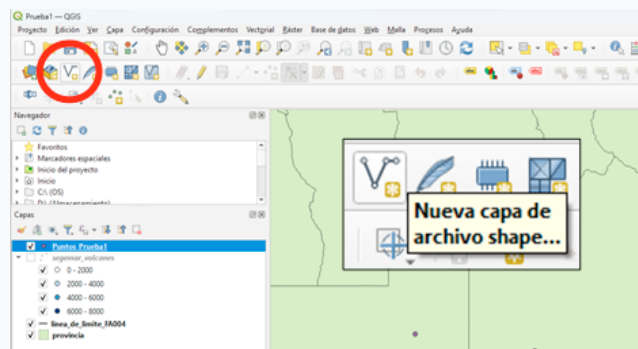


Figura 55. Creación de una nueva capa de líneas.

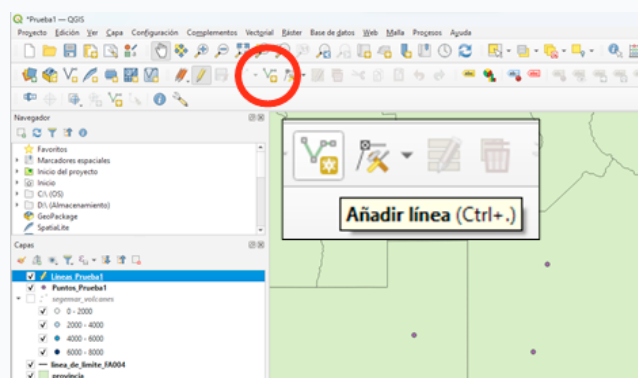


Figura 56. Herramienta Añadir línea.

Dado que se trata de una capa de línea, los elementos que se podrá crear en este caso son justamente líneas que se trazan directamente sobre el área de trabajo, haciendo clic izquierdo en cada vértice. Luego hacer clic derecho para finalizar el trazado y asignar una identificación a la línea creada (Figura 57). Como siempre, para finalizar la edición primero se guardará los cambios de la capa y se conmutará la edición. Luego, y como en cualquier otra capa, se puede modificar la simbología de acuerdo con nuestra preferencia (Figura 58).

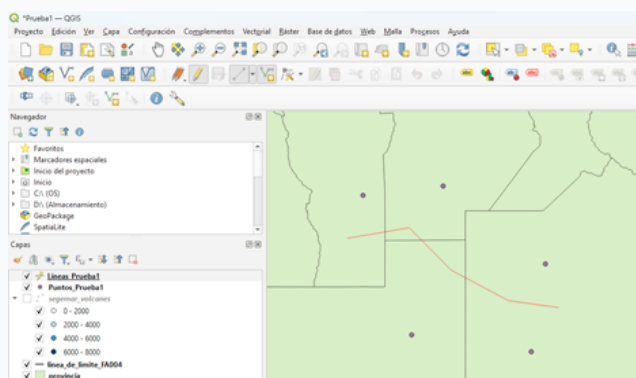


Figura 57. Visualización de la línea creada.

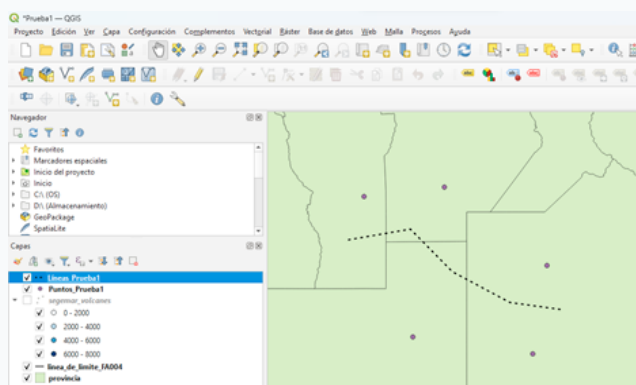


Figura 58. Modificación de la simbología.

Se podrá repetir el procedimiento, pero ahora para crear una capa de polígono denominada “Polígonos\_Prueba1”. En este caso, las herramientas de edición con

las que se cuentan son **Añadir polígono** y, como en las capas de punto y línea, la **Herramienta de vértices – Capa actual** (Figura 59).

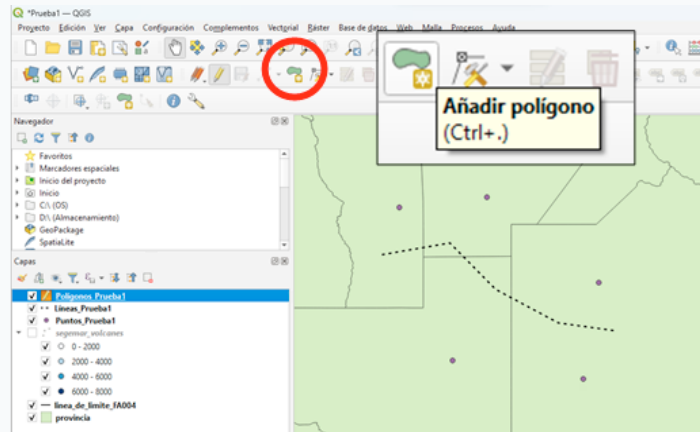


Figura 59. Herramienta para la creación de un polígono dentro de una nueva capa.

El procedimiento para trazar el polígono es similar al del trazado de líneas, haciendo clic izquierdo para crear los vértices y clic derecho para cerrar el polígono e identificarlo (Figura 60). Como la capa de polígono creada está ubicada en primer lugar en el panel de capas, el polígono creado no permite la correcta visualización de las capas siguientes, por lo tanto, es recomendable reordenarlas (Figura 61).

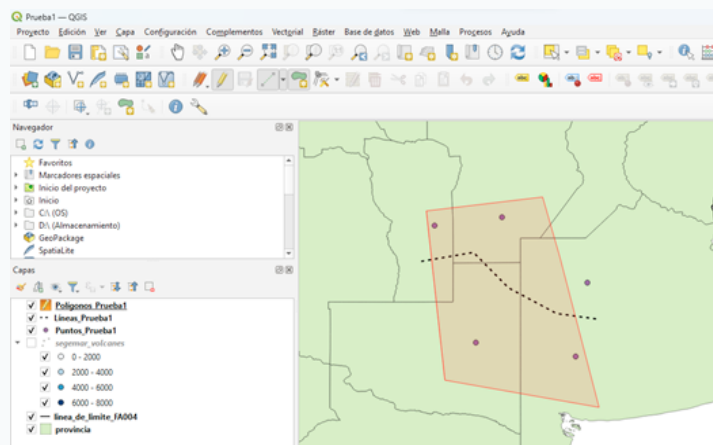


Figura 60. Visualización del polígono creado.

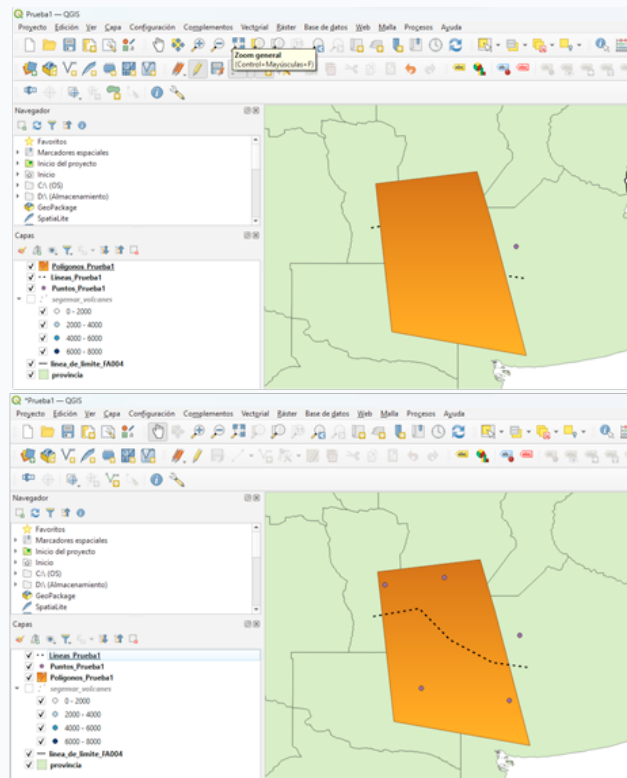


Figura 61. Ordenamiento incorrecto (arriba) y correcto (abajo) de las capas.

Otros tipos de digitalización de polígonos y líneas es la digitalización en flujo y la digitalización con curva. Estas opciones son útiles para realizar bordes curvos o irregulares (Figura 62). También es posible digitalizar una forma circular (Figura 63).

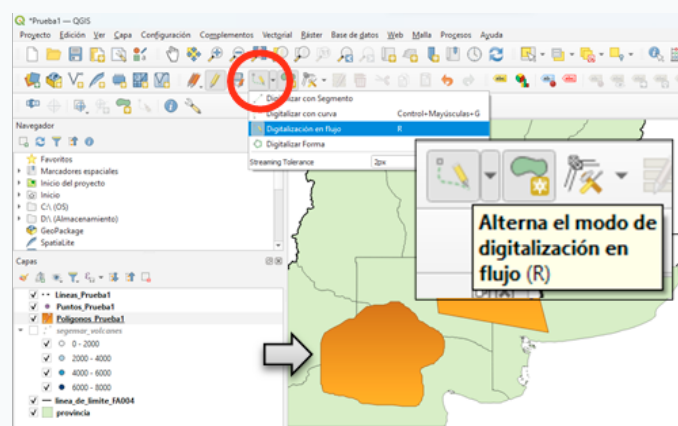


Figura 62. Digitalización en flujo.

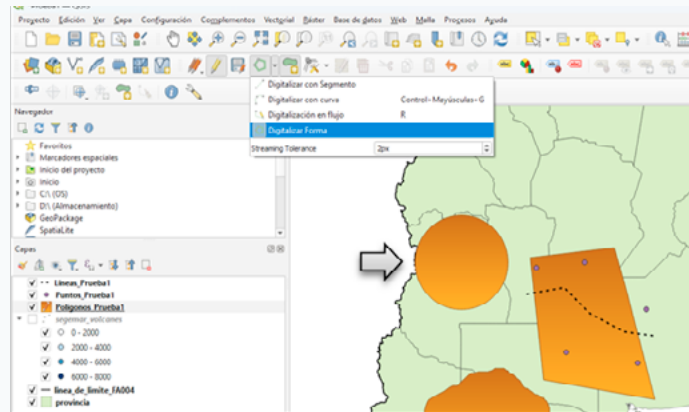


Figura 63. Digitalizar forma.

## Otras herramientas de edición

En la Figura 64, se puede observar una lista de otras herramientas de edición que pueden estar disponibles o no según el tipo de geometría de la capa. A modo de ejemplo se podrá editar la capa de polígono **Polígonos\_Prueba1** recientemente creada. Se seleccionará la herramienta **Escalar objeto(s)** y luego se hará clic en un polígono de la capa. Se abrirá un cuadro en el cual se indicará un determinado factor de escala para ampliar ( $>1$ ) o reducir ( $<1$ ) el polígono. En este caso, dado el factor de escala elegido (1,2), el resultado es la ampliación del polígono (Figura 65).

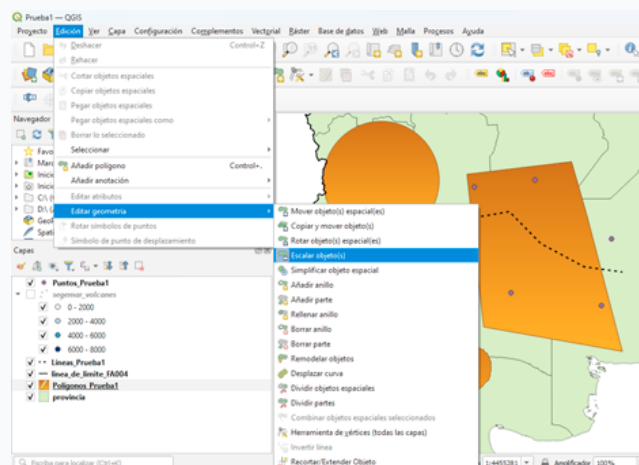


Figura 64. Herramienta Escalar objetos.

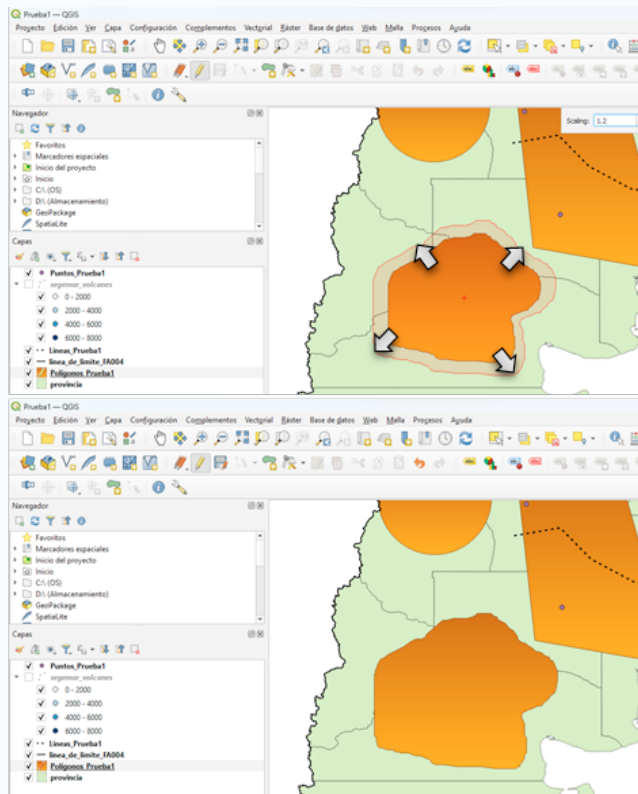


Figura 65. Resultado del escalamiento con un factor de escala  $f = 1,2$ .



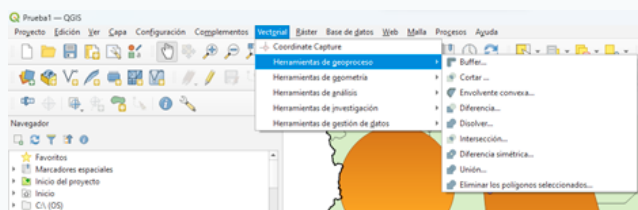
### IMPORTANTE

El uso de algunas de estas herramientas puede requerir reproyectar la/s capa/s de trabajo para obtener resultados con mayor precisión.

## Herramientas de geoprocreso

Las herramientas de geoprocreso son algoritmos que permiten realizar operaciones relativamente complejas sobre los elementos de una capa vectorial o trabajar entre distintas capas vectoriales. Estas herramientas pueden encontrarse en la

pestaña **Vectorial**, y abarcan las indicadas en la *Figura 66*. En la *Tabla 3* se describen brevemente cada una de estas herramientas de geoproceto.



*Figura 66. Herramientas de geoproceto para capas vectoriales.*

HERRAMIENTA	USO
<b>Buffer</b>	Se utiliza para definir y crear un “área de influencia” o <i>área buffer</i> alrededor de uno o más objetos de una capa vectorial (punto, línea o polígono).
<b>Cortar</b>	Sirve para cortar los elementos de una capa vectorial “de entrada” con los de otra capa, la cual debe ser una capa de polígono (llamada capa de superposición). Todos los elementos de la capa de entrada que estén dentro de algún polígono de la capa de superposición se conservarán en una nueva capa de salida.
<b>Envoltante convexa</b>	Genera una envoltante convexa alrededor de uno o más elementos de una capa de línea o polígono.
<b>Diferencia</b>	Extrae los objetos espaciales de la capa de entrada que caen fuera, o traslapan parcialmente en la capa de superposición.
<b>Disolver</b>	Combina objetos de una capa vectorial creando nuevos objetos.

<b>Intersección</b>	Genera nuevos objetos espaciales a partir de la superposición de los objetos de dos capas vectoriales.
<b>Diferencia simétrica</b>	Extrae las partes de los objetos espaciales de las capas de entrada y superposición que no coinciden.
<b>Unión</b>	Este algoritmo comprueba el solapamiento entre los objetos espaciales en la capa de entrada y crea objetos espaciales separados para las partes que se solapan y las que no se solapan.
<b>Eliminar los polígonos seleccionados</b>	Combina polígonos seleccionados de la capa de entrada con ciertos polígonos adyacentes, borrando su límite común.

Tabla 3. Descripción de las herramientas de geoprocreso para capas vectoriales.  
(Fuente: QGIS 3.34.3-Prizren).



### CAPA BORRADOR

Al trabajar con algoritmos de geoprocresamiento, análisis, investigación, etc., el resultado es una capa de salida borrador temporal, que estará disponible en el panel de capas solo para la sesión de trabajo actual. Si el programa se cierra, las capas temporales serán borradas y no estarán disponibles para futuras sesiones de trabajo.

Por lo tanto, si se desea seguir trabajando con una capa borrador, ésta debe ser guardada haciendo clic derecho sobre la capa y seleccionando la opción “Hacer permanente”.

Con el objetivo de clarificar el uso de las herramientas de geoprocreso de capas vectoriales, se continuará trabajando con el proyecto “Prueba1”, en el cual se editó la capa **Polígonos\_Prueba1**, con el resultado de la superposición de algunos elementos de la capa (*Figura 67*). Esto se logró mediante **Edición** → **Editar geometría** → **Desplazar objeto(s) espacial(es)**.

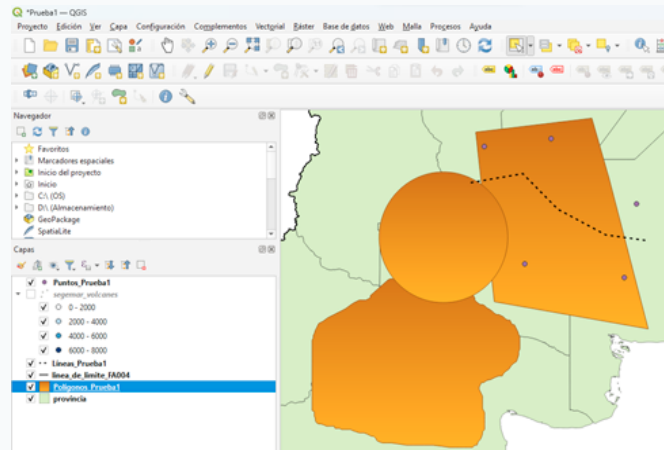


Figura 67. Capa de polígonos editada.

Utilizando la herramienta **Cortar**, se seleccionará como capa de entrada la capa **Líneas\_Prueba1** y como capa de superposición la capa **Polígonos\_Prueba1** (Figura 68). En el caso de esta herramienta en particular, los parámetros o instrucciones que es necesario establecer, como mínimo, son una capa de entrada y una capa de superposición. El resultado de la operación será la creación de una nueva capa de salida borrador temporal (ver recuadro). Es interesante observar que cada algoritmo cuenta con una descripción, ubicada en el sector derecho de la ventana emergente.

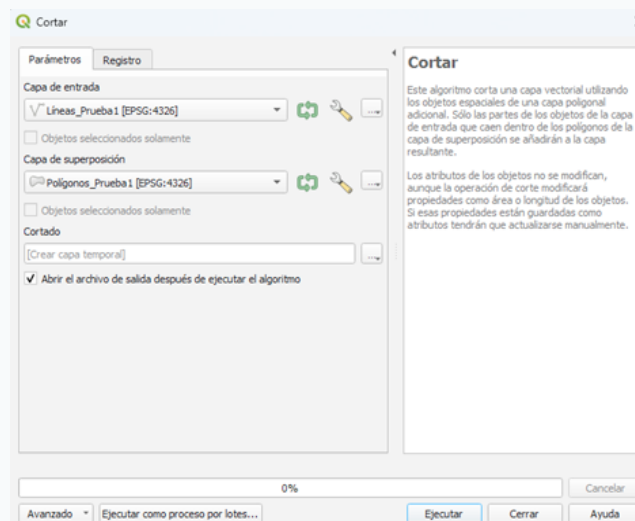
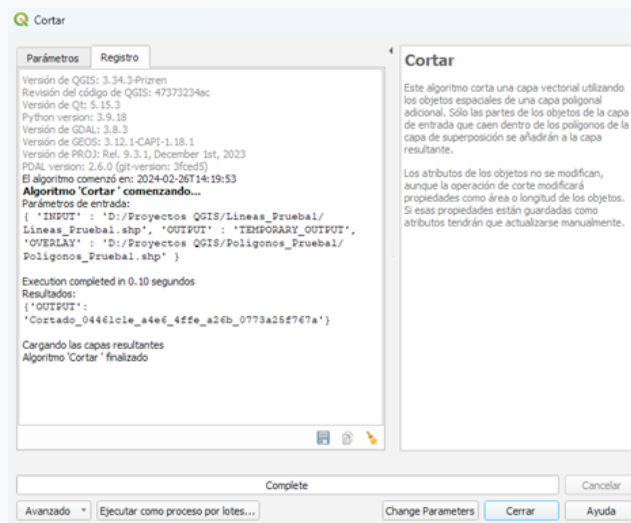


Figura 68. Parámetros del algoritmo Cortar.

La capa de entrada es la capa que cortar utilizando el “molde” o contorno de la capa de superposición. Una vez seleccionadas ambas capas, para finalizar, es necesario presionar **Ejecutar**. Dependiendo de la cantidad y complejidad de los objetos de las capas y de los recursos de memoria disponibles, la operación puede realizarse casi automáticamente o demorar algún tiempo, luego del cual aparecerá un recuadro con el registro de la operación ejecutada (*Figura 69*).



*Figura 69. Registro de la ejecución del algoritmo Cortar.*

Al cerrar la ventana emergente, en el panel de capas se puede observar que se creó una nueva con el resultado de la operación anterior, es decir, el corte de los elementos de la capa **Líneas\_Prueba1** con el contorno de los polígonos de la capa **Polígonos\_Prueba1**. Esta nueva capa borrador, denominada por defecto **Cortado**, aparece en primer lugar en el panel. Si se presta atención a la *Figura 70* se puede observar que los elementos de esta capa (en línea roja) son los segmentos de la capa original (en línea negra punteada) que caen dentro de los polígonos de la capa de superposición. Vale aclarar que, en las versiones más recientes de QGIS, las capas creadas a partir de la ejecución de un algoritmo son de tipo GeoPackage.

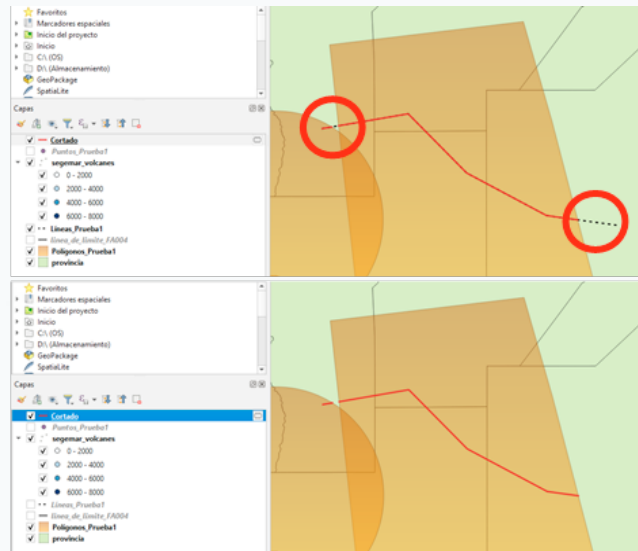


Figura 70. Resultado de la aplicación del algoritmo Cortar.

Utilizando ahora el algoritmo **Diferencia**, con las mismas capas de entrada y superposición que en el ejemplo anterior, se verá que el resultado es el opuesto (Figura 71). Los elementos que contiene la nueva capa de salida (denominada por defecto **Diferencia**) son, en este caso, aquellos segmentos de la capa de entrada que se hallan fuera de los polígonos de la capa de superposición.

Para ejemplificar el uso de la herramienta **Intersección** se creó una capa de polígono denominada **Forma1** (Figura 72). Al utilizar esta herramienta, se puede observar que el resultado es, al menos visualmente, el mismo que se hubiese obtenido con la herramienta **Cortar**. Sin embargo, la diferencia entre ambos algoritmos consiste en que la herramienta **Intersección** conserva los atributos de ambas capas (Figura 73), mientras que la herramienta **Cortar** solo conserva los de la capa de entrada.

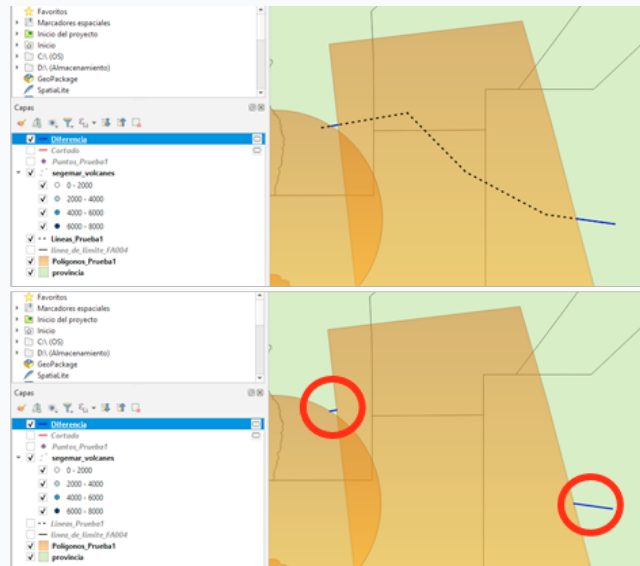


Figura 71. Resultado de la aplicación del algoritmo Diferencia.

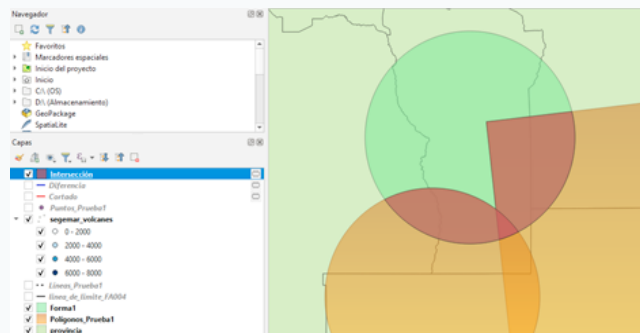


Figura 72. Resultado de la aplicación del algoritmo Intersección.

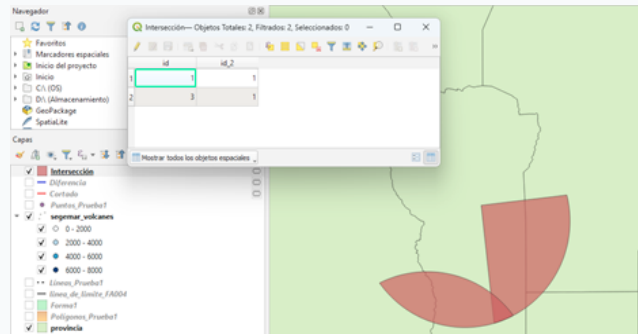


Figura 73. Tabla de atributos de la capa Intersección mostrando atributos de ambas capas de origen.

La herramienta **Unión** permitirá generar nuevos objetos espaciales a partir de una capa de entrada. Estos objetos serán generados a partir de las partes de los objetos de la capa de entrada que no se superpone con otros objetos, más las partes que constituyen la superposición de los objetos de la capa (Figura 74).

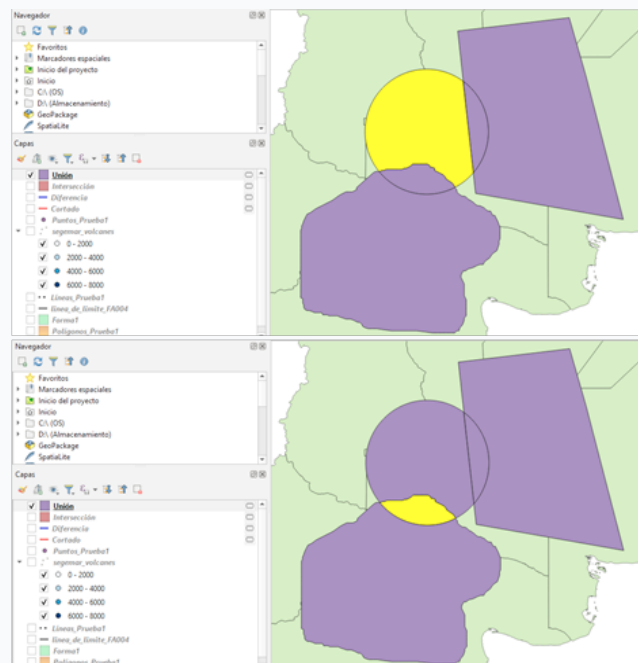


Figura 74. Resultado de la aplicación del algoritmo Unión.

## Herramientas de geometría

Las herramientas de geometría permiten crear nuevos objetos espaciales relacionados con la geometría de una capa, transformar un tipo de geometría en otro, verificar la validez (en relación con la geometría) de los objetos de una capa, etc. Se puede acceder a estas herramientas en **Vectorial** → **Herramientas de geometría** (Figura 75).

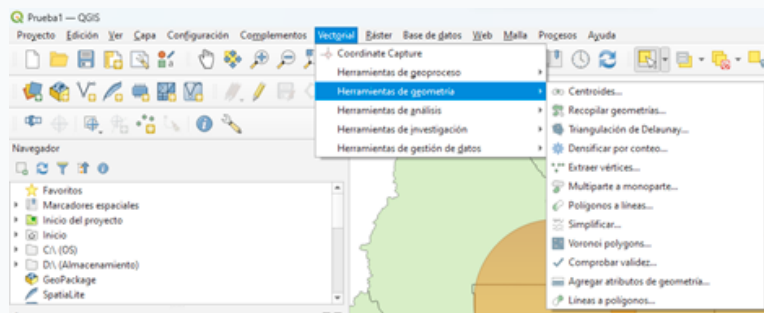


Figura 75. Menú de herramientas de geometría para capas vectoriales.

Algunos ejemplos de herramientas de geometría son **Centroides**, **Polígono a líneas**, **Líneas a polígonos** y **Comprobar validez**. Mediante la herramienta **Centroides** se genera una nueva capa de punto con los centroides o baricentros de cada polígono de una capa de entrada determinada, en este caso, la capa borrador **Unión** generada anteriormente (Figura 76).

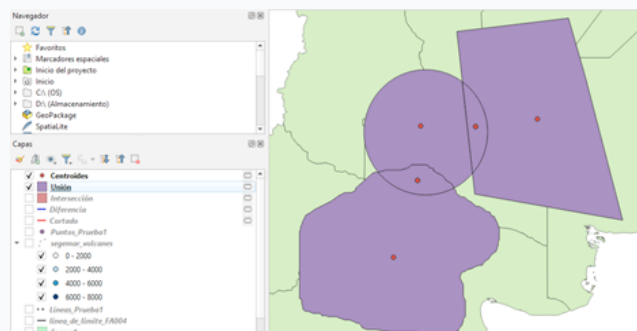


Figura 76. Resultado de la aplicación de la herramienta Centroides.

La herramienta **Polígono a líneas** transforma los elementos de una capa de polígono en objetos de una nueva capa de línea. Para aplicar esta herramienta En el ejemplo, antes se seleccionará un único polígono de la capa **Polígonos\_Prueba1** (capa de entrada) (Figura 77). Al momento de establecer los parámetros de la operación se seleccionará esta capa como capa de entrada y se marca la opción **Objetos seleccionados solamente** (Figura 78), indicando de esta manera que no nos interesa trabajar con todos los polígonos de esa capa, sino únicamente con el seleccionado. El resultado es una nueva capa de línea en la cual el objeto espacial creado corresponde al contorno del polígono original (Figura79).

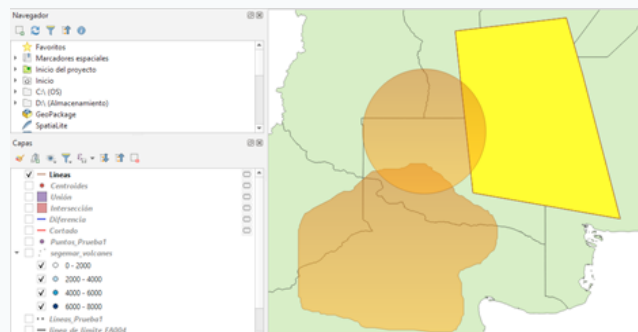


Figura 77. Selección de un objeto de la capa de entrada Polígonos\_Prueba1.

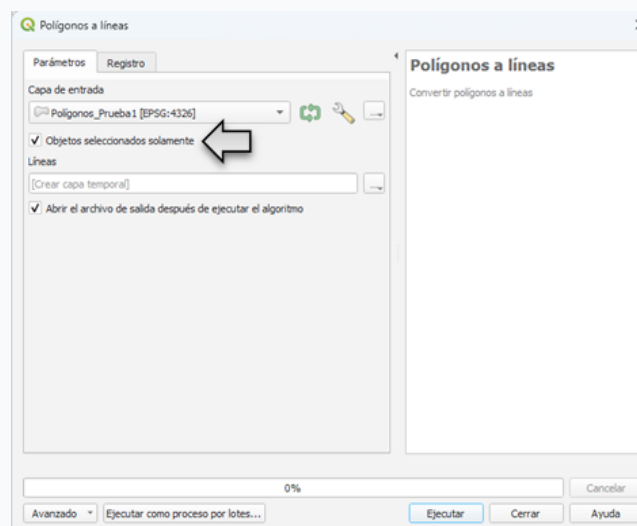


Figura 78. Establecimiento de parámetros para el algoritmo Polígonos a líneas.

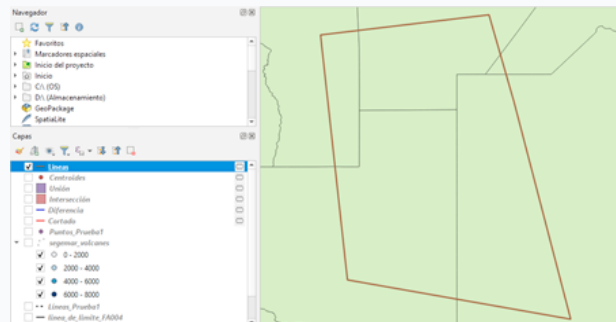


Figura 79. Resultado de la aplicación del algoritmo Polígonos a líneas.

La herramienta **Líneas a polígono** permite crear una capa de polígono a partir de una capa de línea (capa de entrada). En el ejemplo, la capa de entrada seleccionada es **Líneas\_Prueba1** y el resultado es una capa borrador temporal de polígono denominada por defecto “Polígono”, que se puede observar en la *Figura 80*.

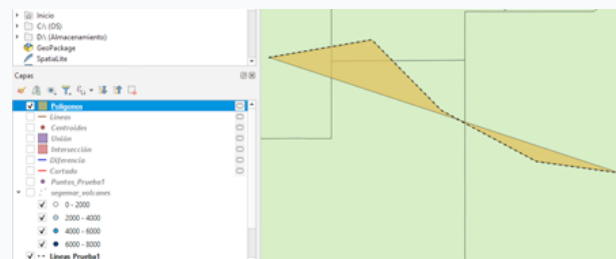


Figura 80. Resultado de la aplicación del algoritmo Líneas a polígono.

Finalmente, la herramienta **Comprobar validez** permite clasificar las geometrías en válidas, no válidas y errores en capas de polígono. Como ejemplo, si se aplica la herramienta a la capa **Polígonos** anteriormente creada, se puede observar que el resultado consiste en tres nuevas capas: dos capas de polígono denominadas **Salida válida** y **Salida no válida** y una capa de punto denominada **Salida errónea** (*Figura 81*). Como se puede observar, la geometría de la capa fue clasificada como no válida y se detectó un error, esto es debido a que en el polígono existe una auto intersección.

Aplicando la misma herramienta a la capa **Polígonos\_Prueba1**, se observa que el resultado es diferente, existiendo únicamente geometrías válidas (Figura 82).

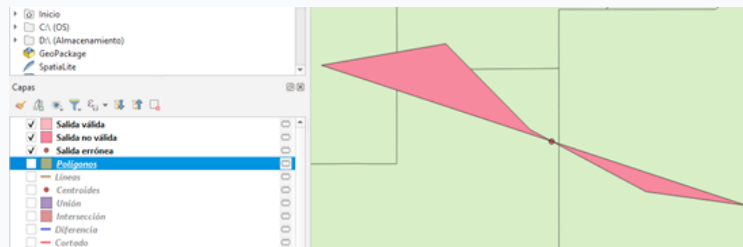


Figura 81. Resultado de la aplicación del algoritmo Comprobar validez a una capa con geometrías no válidas.

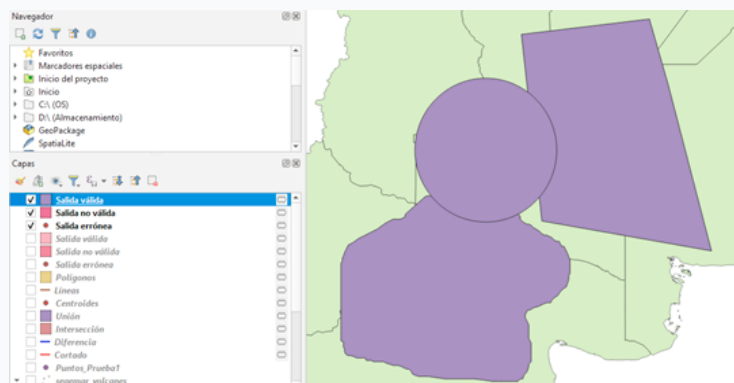


Figura 82. Resultado de la aplicación del algoritmo Polígonos a líneas a una capa con geometrías válidas.

## Herramientas de análisis

Para acceder a las herramientas de análisis debe seguirse la ruta **Vectorial** → **Herramientas de análisis** (Figura 83). La aplicación de estos algoritmos permite realizar análisis básicos sobre los elementos de una o dos capas vectoriales o alguno de sus atributos (Tabla 4).

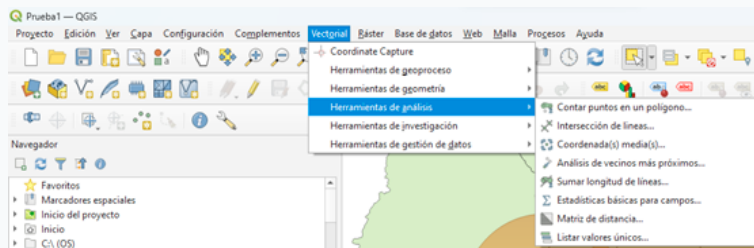


Figura 83. Menú de herramientas de análisis para capas vectoriales.

HERRAMIENTA	USO
<b>Contar puntos en un polígono</b>	A partir de una capa de polígonos y una capa de puntos, crea una capa de polígonos idéntica a la original, pero con un campo adicional que indica el número de elementos de la capa de puntos que caen dentro de cada polígono.
<b>Intersección de líneas</b>	Este algoritmo crea una capa de puntos que corresponden a los puntos de intersección entre los objetos de dos capas de líneas.
<b>Coordenada(s) media(s)</b>	Genera una capa de punto con el centro de gravedad de las geometrías de una capa vectorial de puntos, líneas o polígonos.
<b>Análisis de vecinos más próximos</b>	Ejecuta el análisis de vecinos más próximos, dando como resultado un archivo HTML.
<b>Sumar longitud de líneas</b>	A partir de una capa de polígono y una de línea, se crea una capa de polígono idéntica a la original, pero con dos campos adicionales: número de líneas y longitud. Estos campos corresponden a la cantidad de líneas que atraviesan cada polígono y a la sumatoria de su longitud total, respectivamente.

<p><b>Estadísticas básicas para campos</b></p>	<p>Calcula las estadísticas básicas (recuento, intervalo, suma, valor medio, mediana, etc.) para un campo determinado de la capa seleccionada. El resultado es un archivo HTML.</p>
<p><b>Matriz de distancia</b></p>	<p>Calcula la distancia entre cada elemento de una capa de punto y los demás. El resultado es una capa de punto en cuya tabla de atributos se indican las distancias entre cada par de puntos.</p>
<p><b>Lista de valores únicos</b></p>	<p>Genera un archivo HTML conteniendo una lista de valores únicos, es decir, valores que solo aparecen una vez en un campo determinado de la tabla de atributos correspondiente a la capa seleccionada.</p>

Tabla 4. Descripción de las herramientas de análisis para capas vectoriales.  
(Fuente: QGIS 3.34.3-Prizren).

En el caso de herramientas tales como **Análisis de vecinos más próximos**, **Estadísticas básicas para campos** o **Lista de valores únicos**, el resultado de la ejecución de los algoritmos es un archivo HTML, en lugar de una capa vectorial. En este caso, a fin de visualizar dichos archivos, se deberá ingresar a **Procesos** → **Visor de resultados** (Figura 84).

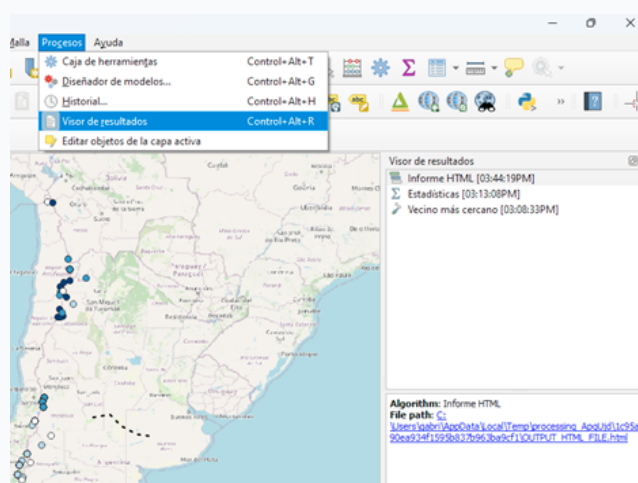


Figura 84. Visor de resultados.

## Herramientas de investigación

La categoría **Herramientas de investigación** (Figura 85) incluye algunos algoritmos básicos que resultan útiles para llevar a cabo distintas tareas de investigación tales como el establecimiento de puntos de muestreo aleatorios o regulares para el muestreo de aguas, suelo, vegetación, etc., en el territorio. A continuación, se ejemplifica el uso de algunas de estas herramientas.

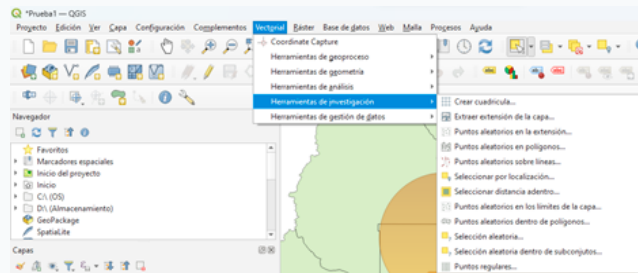


Figura 85. Menú de herramientas de investigación para capas vectoriales.

Mediante el uso de los algoritmos **Puntos aleatorios en la extensión**, **Puntos aleatorios sobre líneas** o **Puntos aleatorios dentro de polígonos** se genera una capa de puntos que establece puntos aleatorios en la extensión de la capa o en la geometría correspondiente (líneas o polígonos, según corresponda).

De forma similar, mediante la herramienta **Puntos regulares** se establece una grilla de puntos localizados a una distancia regular dentro de la extensión de la capa. Puede resultar útil recordar que la extensión de una capa está definida por la ubicación de todos los objetos espaciales que contiene, los cuales se hallan circunscritos a un área determinada y georreferenciada, equivalente a la extensión de la capa. Así, por ejemplo, la extensión de la capa **Polígonos\_Prueba1** es inferior a la de la capa **provincia**.

Las Figuras 86 y 87 muestran la utilización de las herramientas **Puntos aleatorios dentro de líneas** y **Puntos aleatorios dentro de polígonos**. En ambos casos es necesario establecer el número de puntos aleatorios a definir.

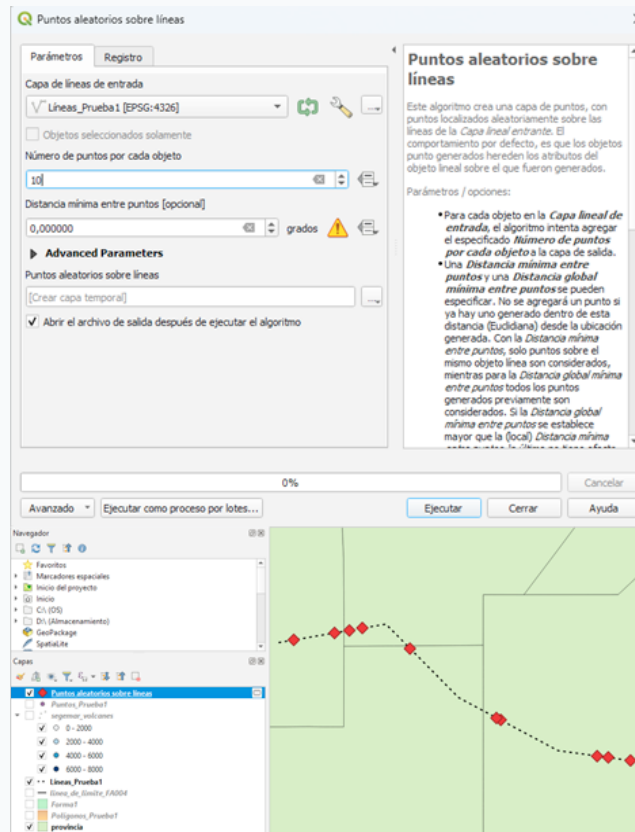


Figura 86. Establecimiento de parámetros (arriba) y resultado (abajo) de la aplicación del algoritmo Puntos aleatorios dentro de líneas.

La capa de puntos generada en cada caso tiene, como siempre, asociada una tabla de atributos con dos campos correspondientes a la identificación de cada punto. Sin embargo, si se desea obtener las coordenadas geográficas de cada punto para, por ejemplo, cargar los puntos en un GPS y marcarlos en el terreno, se deberá modificar la tabla de atributos para agregar dos nuevos campos correspondientes a la latitud y longitud, procedimiento que será ejemplificado más adelante (ver sección *Tablas*).

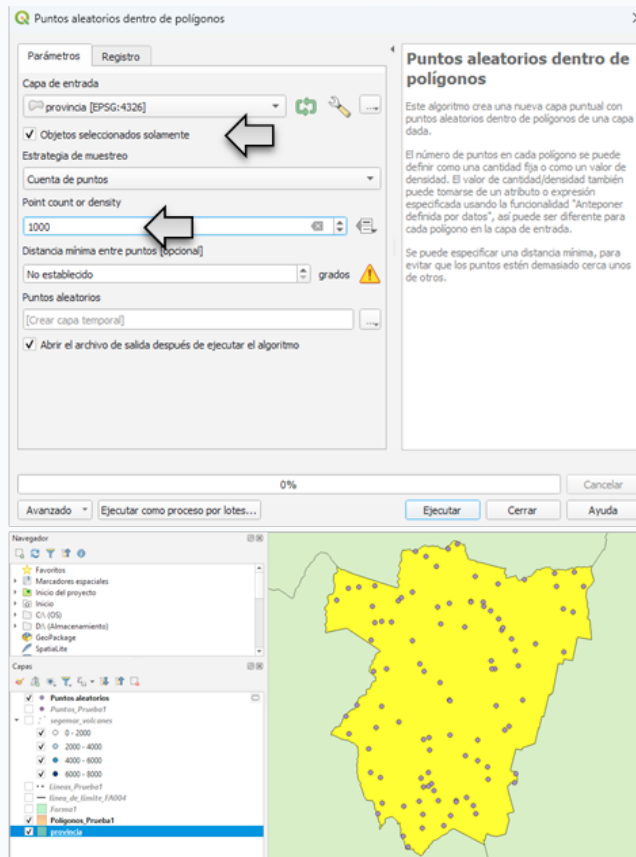


Figura 87. Establecimiento de parámetros (arriba) y resultado (abajo) de la aplicación del algoritmo Puntos aleatorios dentro de polígonos.

## Herramientas de gestión de datos

Las herramientas de gestión de datos nos permiten, por ejemplo, unir o dividir capas vectoriales o reproyectar una capa (Figura 88).



Figura 88. Menú de herramientas de gestión de datos.

Una de las herramientas de gestión de datos más utilizadas es **Reproyectar capa**, la cual ya se han mencionado con anterioridad. Mediante este algoritmo, las geometrías de una capa vectorial son reproyectadas a un nuevo SRC, conservando sus atributos.

Esta operación es requerida, por ejemplo, si se busca establecer un área *buffer* alrededor de un polígono (herramienta de geoprocso **Buffer**), pero la capa de entrada tiene un SRC geográfico en lugar de proyectado. También puede ser necesaria esta acción si se va a aplicar la herramienta de investigación **Puntos regulares**. La conveniencia de trabajar con un SRC proyectado radica en que, en este tipo de sistemas, las unidades de medida de distancia son establecidas en metros o kilómetros en lugar de grados.

En la *Figura 89* se observa que al intentar establecer un área *buffer* alrededor del polígono seleccionado de la capa **provincia**, aparece un símbolo de atención, dado que para ese SRC (EPSG:4326) las distancias están definidas en grados por tratarse de un sistema geográfico. Entonces, para poder trabajar con unidades de distancia adecuadas, antes deberá reprojectarse la capa a un SRC local de tipo proyectado, por ejemplo, “EPSG:5345 – POSGAR 2007 / Argentina 3”. Para ello, se utiliza la herramienta **Reproyectar capa** (*Figura 90*). Como parámetros del algoritmo, se selecciona la capa de entrada **provincia** y como SRC objetivo **EPSG:5345 – POSGAR 2007 / Argentina 3**. En el ejemplo se seleccionó la opción **Objetos seleccionados solamente**, pero por defecto el algoritmo se aplicará a toda la capa de entrada.

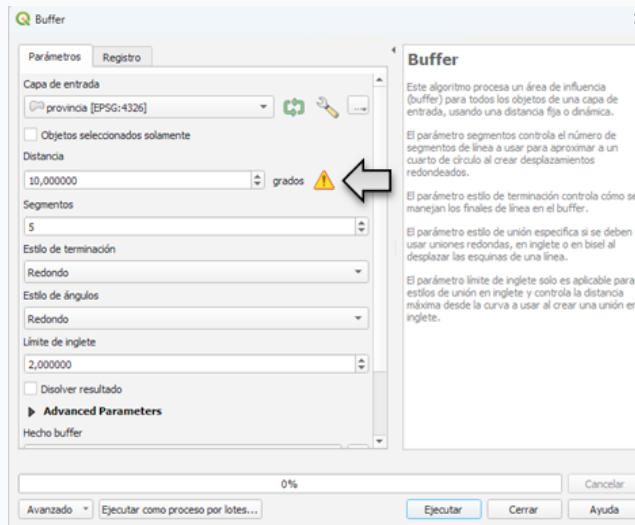


Figura 89. Unidad de distancia establecida en grados.

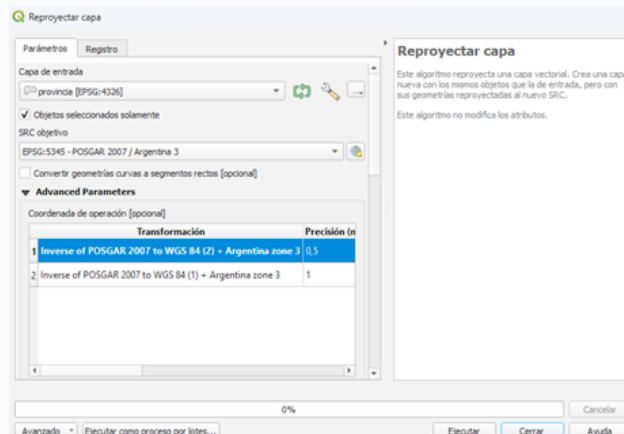


Figura 90. Establecimiento de parámetros para el algoritmo Reproyectar capa.

La capa reproyectada generada en el paso previo puede utilizarse como base para el establecimiento de un área *buffer*, ya que las distancias están establecidas en unidades de longitud (kilómetros). La ejecución del algoritmo **Buffer** sobre la capa reproyectada genera una nueva capa vectorial (**Hecho\_buffer**) con un área *buffer* de 10 km alrededor del polígono seleccionado (Figura 91).

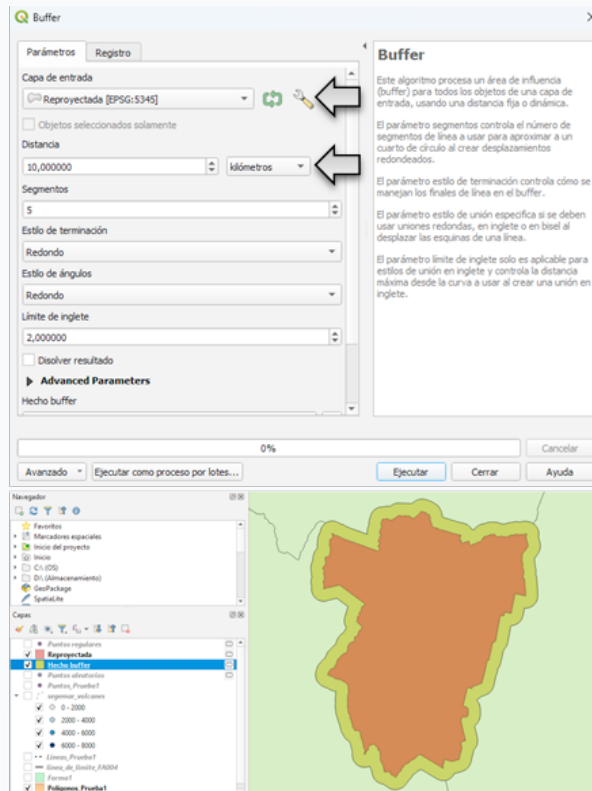


Figura 91. Resultado de la aplicación del algoritmo Buffer a la capa reproyectada.

## Capítulo 6

# Tablas

### Agregar coordenadas desde tabla

En ocasiones no se dispone de un archivo *shapefile*, pero si de un reporte en formato.csv (comma separated values) o .xls (formato Excel®) (Figura 92). Este tipo de archivos se pueden cargar a QGIS y comenzar a trabajar con dicha información. Un ejemplo de usar de estos archivos es cuando se realizan tareas de campo como monitoreos de vegetación y se registra la ubicación geográfica de cada elemento relevado. Si se desea trasladar dicha información en un geodato *shape*, se deben respetar ciertas condiciones:

- La extensión del archivo más utilizada es.csv, por lo que se recomienda guardar el archivo con esa extensión.
- La organización de la información en cada archivo debe de respetar el mismo orden, lógica y metodología de separación, sea por comas (,), punto y coma (;), dos puntos (:) o tabular.
- Debe de contener la ubicación geográfica.
- Las celdas del archivo deben estar configuradas en formato texto.

id,x,y	id	x	y
0,-6661012,-4401079	0	-6661012	-4401079
1,-6647341,-4455942	1	-6647341	-4455942
2,-6610273,-4357238	2	-6610273	-4357238
3,-6673481,-4441646	3	-6673481	-4441646
4,-6687593,-4459281	4	-6687593	-4459281

Figura 92. Ingreso de geodatos desde tablas.

Estas tablas no solo se adquieren del trabajo de campo, también se pueden obtener desde plataformas como el IGN (Figura 93).



Figura 93. Descarga de datos .csv desde la página web del IGN de la República Argentina. (Última consulta: mayo 2024).

## Añadir capas en formato .csv

Este tipo de geodatos no se pueden cargar por arrastre de archivo, sino debe hacerse desde la barra de herramientas **Capa** → **Añadir capa** → **Añadir capa de texto delimitado**.

Aquí se abrirá la siguiente ventana (Figura 94):

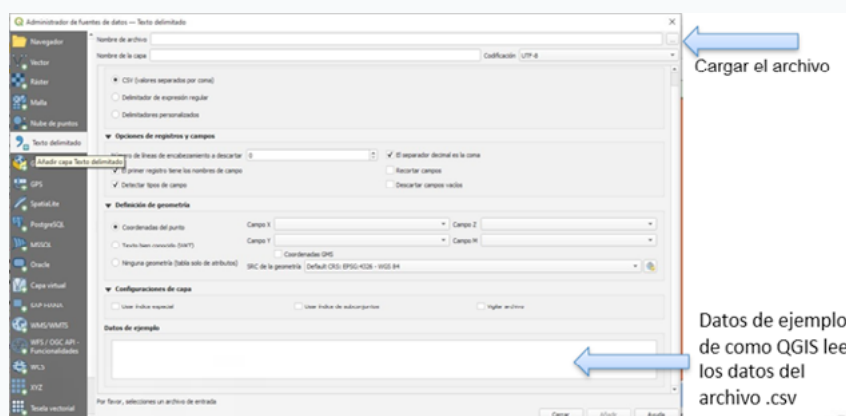


Figura 94. Cargar de datos en formato .csv.

Como puede observarse, en la parte inferior de la ventana hay un espacio donde se expone como el programa “lee” o “entiende” los datos del archivo. Por ello, es importante, previo a cargar la capa, revisar que los datos se lean de forma adecuada. Si los separadores utilizados en el archivo son reconocidos correctamente, se generarán nuevas columnas; en caso contrario, los datos aparecerán en una única columna (Figura 95).

Datos de ejemplo

	timestamp	latitud	longitud	altitud	horizontalAccuracy	verticalAccuracy	
1	2022-08-20 13:39:55 +0000	-34.632.687	-58.462.744	39.256.212	14.054.696	14.054.696	0.260118
2	2022-08-20 13:40:19 +0000	-34.632.746	-58.462.655	42.575.183	13.981.161	13.981.161	0.680553
3	2022-08-20 13:40:29 +0000	-34.632.804	-58.462.568	38.429.510	14.114.685	14.114.685	1.509.867
4	2022-08-20 13:40:43 +0000	-34.632.770	-58.462.458	33.556.183	14.060.657	14.060.657	1.803.179
5	2022-08-20 13:41:39 +0000	-34.632.791	-58.462.352	31.484.792	14.248.017	14.248.017	0.000000
6	2022-08-20 13:42:01 +0000	-34.632.745	-58.462.256	31.614.670	14.177.752	14.177.752	2.249.373
7	2022-08-20 13:42:15 +0000	-34.632.694	-58.462.160	32.439.218	14.682.738	14.682.738	0.000000

timestamp;latitud;longitud;altitud;horizontalAccuracy;verticalAccuracy;speed;course
Fecha
1 2022-08-20 13:39:55 +0000;-34.632.687;-58.462.744;39.256.212;14.054.696;14.054.696;0.260118;-1.000.000
2 2022-08-20 13:40:19 +0000;-34.632.746;-58.462.655;42.575.183;13.981.161;13.981.161;0.680553;-1.000.000
3 2022-08-20 13:40:29 +0000;-34.632.804;-58.462.568;38.429.510;14.114.685;14.114.685;1.509.867;-1.000.000
4 2022-08-20 13:40:43 +0000;-34.632.770;-58.462.458;33.556.183;14.060.657;14.060.657;1.803.179;59.857.611
5 2022-08-20 13:41:39 +0000;-34.632.791;-58.462.352;31.484.792;14.248.017;14.248.017;0.000000;40.737.920
6 2022-08-20 13:42:01 +0000;-34.632.745;-58.462.256;31.614.670;14.177.752;14.177.752;2.249.373;81.255.931
7 2022-08-20 13:42:15 +0000;-34.632.694;-58.462.160;32.439.218;14.682.738;14.682.738;0.000000;57.012.790
8 2022-08-20 13:42:26 +0000;-34.632.619;-58.462.072;33.428.431;14.638.707;14.638.707;0.000000;67.875.839

Figura 95. Separadores reconocidos (arriba) y no reconocidos (abajo).

En caso de que el archivo no se reconozca de forma automática, la ventana nos permite modificar la forma en la que el programa debe leerlo. Para ello, se dispone de las opciones de Formato de archivo, Opciones de registros y campos, Definición de geometría y Configuración de capa (Figura 96).

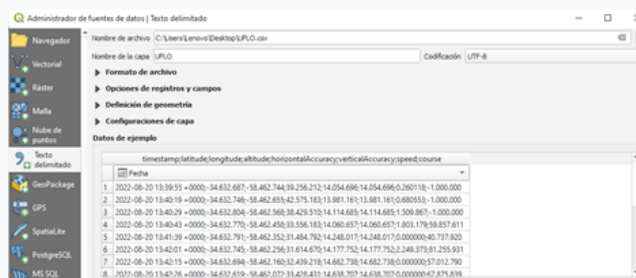


Figura 96. Opciones del administrador de fuentes de datos.

En ocasiones, el programa no logra detectar cuál es el separador de la información, esto suele suceder cuando los datos usan la coma (,) como separador de decimales y la separación de la información es por punto y coma (;). Entonces se deben modificar las opciones **Formato de archivo**, eligiendo **Delimitadores personalizados** y tildando **Punto y coma** (Figura 97).

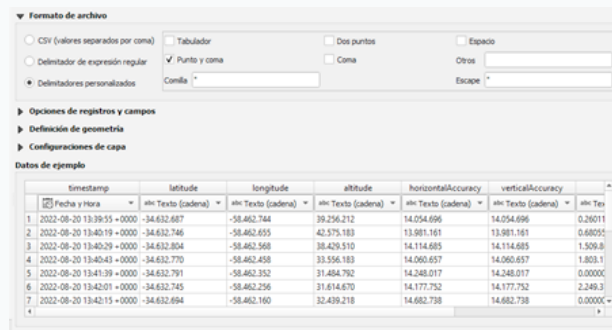


Figura 97. Selección de delimitadores personalizados.

## Opciones de registros y campos

También se pueden utilizar otros delimitadores, estos normalmente se deducen de la previsualización de **Datos de ejemplo**. Por ejemplo, en algunos archivos la coma será el separador decimal; en ese caso, deberá utilizarse otro signo para la separación de los datos en columnas (por ejemplo,;) y establecer la coma como separador decimal (Figura 98).

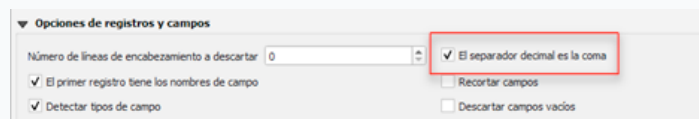
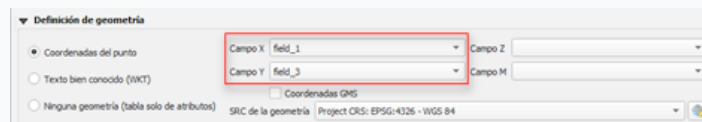


Figura 98. Selección de la coma (,) para la separación decimal.

## Definición de geometría

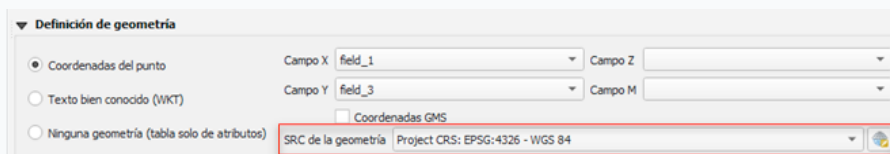
Al trabajar con un documento que posee mucha información, se debe indicarle al programa cuál es la información que representa la latitud (norte o sur) y cuál representa la longitud (este u oeste). Por ello, en este apartado se debe indicar en el **Campo X** la longitud y en el **Campo Y** la latitud (*Figura 99*).



*Figura 99. Establecimiento de los campos correspondientes a latitud y longitud.*

## Configuración de capa

En este menú se debe indicar el SRC a la cual corresponde la información geográfica, se recomienda utilizar **EPSG:4326** (*Figura 100*).



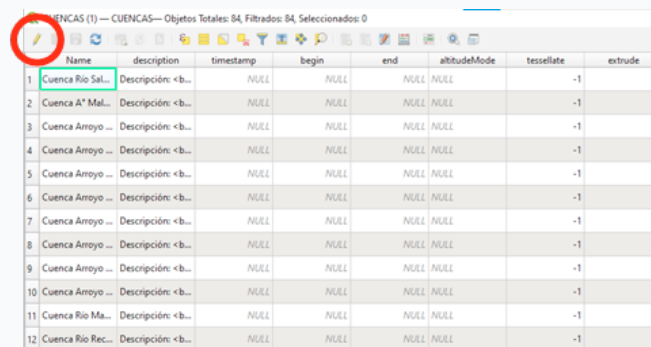
*Figura 100. Establecimiento del SRC.*

Una vez que se visualizan correctamente las coordenadas en **Datos de Ejemplo**, hacer clic en **Añadir**. Aquí es importante ver el icono correspondiente a la geometría de la capa en la caja de capas, ya que si no se carga con el icono de polígono, línea o punto significa que no se cargó correctamente. En tal caso se deberá repetir y corregir hasta que la capa se cargue correctamente.

## Completar datos y agregar columnas

Para visualizar la información asociada a un elemento en QGIS hay que ir a la tabla de atributos. Para acceder a ella, se debe hacer clic derecho del sobre la capa y seleccionar **Abrir tabla de atributos**.

Desde la tabla de atributos se puede visualizar información asociada a la capa. En ocasiones, la cantidad de datos en columnas es muy extensa y se desea que se presenten en un orden diferente o se prefiera ocultarlas. En la *Figura 101* se visualiza una tabla de atributos de una capa, en la cual se desea ocultar aquellas columnas que no contengan valores de interés. Aquí nos interesa eliminar las columnas que no poseen información, en las que solo se visualiza **NULL**. Como ya se ha visto, para editar se debe estar en condición de **Conmutar edición**.



	Name	description	timestamp	begin	end	altitudeMode	tessellate	extrude
1	Cuenca Rio Sal...	Descripción: <b...	NULL	NULL	NULL	NULL	-1	0
2	Cuenca A* Mal...	Descripción: <b...	NULL	NULL	NULL	NULL	-1	0
3	Cuenca Amoyo ...	Descripción: <b...	NULL	NULL	NULL	NULL	-1	0
4	Cuenca Amoyo ...	Descripción: <b...	NULL	NULL	NULL	NULL	-1	0
5	Cuenca Amoyo ...	Descripción: <b...	NULL	NULL	NULL	NULL	-1	0
6	Cuenca Amoyo ...	Descripción: <b...	NULL	NULL	NULL	NULL	-1	0
7	Cuenca Amoyo ...	Descripción: <b...	NULL	NULL	NULL	NULL	-1	0
8	Cuenca Amoyo ...	Descripción: <b...	NULL	NULL	NULL	NULL	-1	0
9	Cuenca Amoyo ...	Descripción: <b...	NULL	NULL	NULL	NULL	-1	0
10	Cuenca Amoyo ...	Descripción: <b...	NULL	NULL	NULL	NULL	-1	0
11	Cuenca Rio Ma...	Descripción: <b...	NULL	NULL	NULL	NULL	-1	0
12	Cuenca Rio Rec...	Descripción: <b...	NULL	NULL	NULL	NULL	-1	0

*Figura 101. Tabla de atributos.*

Para poder cambiar el orden de las columnas u ocultarlas se debe hacer clic en el icono de organizar columnas (🔧), se abrirá una ventana donde se listan todas las columnas que se disponen en la tabla, aquí se podrán organizar seleccionando y desplazando de arriba hacia abajo para cambiar el orden. A su vez, si se desmarca un campo, éste se dejará de ver en la tabla de atributos (*Figura 102*).

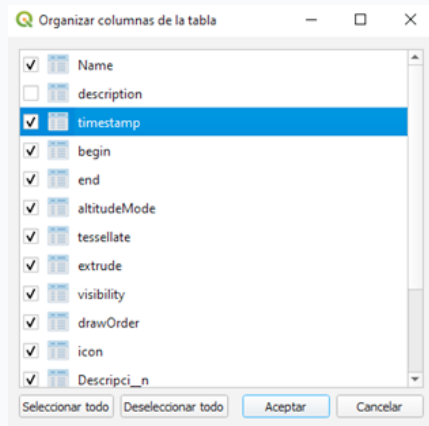


Figura 102. Lista de columnas (campos) de la tabla de atributos.

En caso de necesitar agregar o eliminar información se debe hacer clic en **Conmutar edición**. Al conmutar edición se habilitan herramientas de edición que se visualizan en la Figura 103.

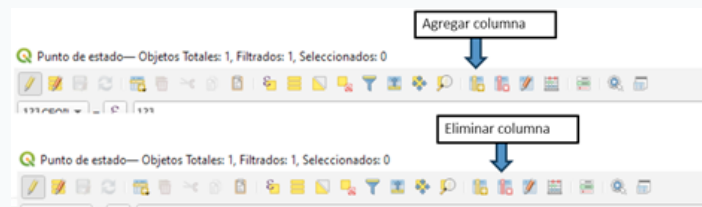


Figura 103. Herramientas de edición de tablas.

## Cálculo de superficie, distancia y adquisición de coordenadas

Para agregar nuevas columnas (campos) con información relevante se debe ir a la tabla de atributos y luego a la **Calculadora de campos** (Figura 104).

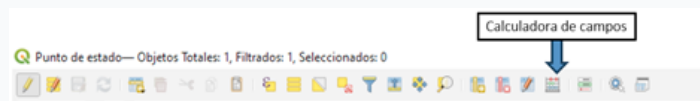


Figura 104. Calculadora de campos.

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para agregar un campo (Figura 105):

1. Tildar la opción de **Crear un campo nuevo**.
2. Indicar el **Nombre del campo de salida**.
3. Establecer el **Tipo de campo de salida**. Este parámetro es importante y define la tipología del nuevo campo. Si es una fecha, se deberá elegir fecha; si es una coordenada, se deberá elegir número con decimales e indicar la precisión de 4 ya que en las coordenadas planas se usa el formato de un número entero y cuatro decimales.
4. En la ventana **Expresión** se carga la fórmula u expresión que utilizará QGIS para el cálculo de los valores del nuevo campo.
5. El apartado **Previsualizar** permite visualizar el tipo y formato del resultado.

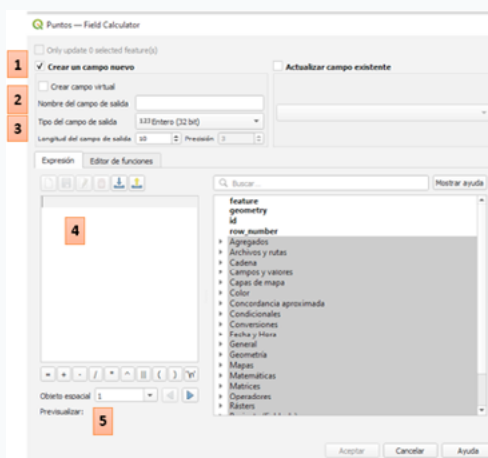


Figura 105. Creación de un nuevo campo.

A continuación, a modo de ejemplo, se indican las expresiones a utilizar según el tipo de resultado de interés:

- a. Latitud: \$y
- b. Longitud: \$x
- c. Superficie (m2): \$área
- d. Superficie (ha): \$área/10000

La calculadora de campos es un espacio de creación de fórmulas para trabajar y visualizar información contenida en la base de datos de cada capa.

Por ejemplo, la definición de la expresión \$y creará un nuevo campo correspondiente a la latitud (Figura 106).

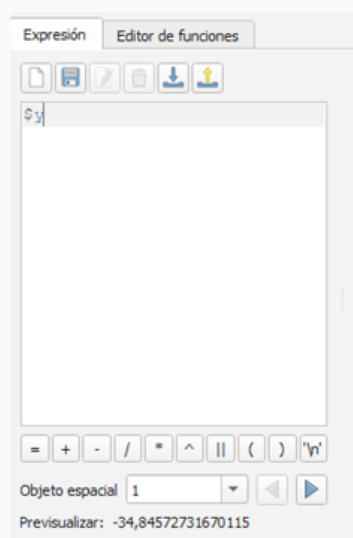


Figura 106. Expresión para la creación de un campo conteniendo la latitud.

Tener en cuenta que estos son algunos ejemplos sencillos, pero las posibilidades de generación de información son mucho más amplias.

## Capítulo 7

# Capas desde servicios WMS (Geomisiones)

Como ya se ha mencionado, es posible cargar capas a QGIS provenientes de diferentes plataformas. Sin embargo, la información que dispondrá la capa será estática; en cambio, un WMS y WFS se diferencia porque es un servicio vivo, que actualizará automáticamente sus vistas al desplazar o ampliar el mapa (siempre que haya conexión a Internet). Entonces se puede decir que WMS (Web Mapping Service) y WFS (Web Feature Service) son fuentes de información similares a una página web y se puede acceder a él siempre que se tenga una conexión con el servidor (Internet y existencia de la información).

¿Cuál es la diferencia entre WMS y WFS? Para explicarlo de modo sencillo, se puede decir que WMS es información geográfica en formato ráster, mientras que WFS es información geográfica en formato vectorial.

Como se explicó, los WMS y WFS son datos vivos que se cargan por medio de un URL (enlace o *link*). Por ejemplo, algunos sitios web de la República Argentina que ofrecen datos geoespaciales de acceso libre y gratuito son:

- Infraestructura de Datos Espaciales de la Argentina: <https://www.idera.gob.ar>.
- Asociación Metropolitana de Buenos Aires: <http://bam21.org.ar/gis/>.
- Unidad de Servicios de Información Geográfica de la Ciudad de Buenos Aires: <http://usig.buenosaires.gob.ar/>.

A continuación, se podrá ejemplificar la carga de un servicio WMS/WFS. Para ello, es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Ingresar a una página proveedora de capas en formato WMS/WFS. Ej. <https://www.idera.gov.ar>

2. Elegir la opción de Geoservicios (Figura 107)



Figura 107. Selección de la fuente de datos.

3. Desplazarse por la página y elegir el organismo del cual se desea adquirir la capa, posicionarse sobre WFS y con el botón derecho copiar el URL (Figura 108):

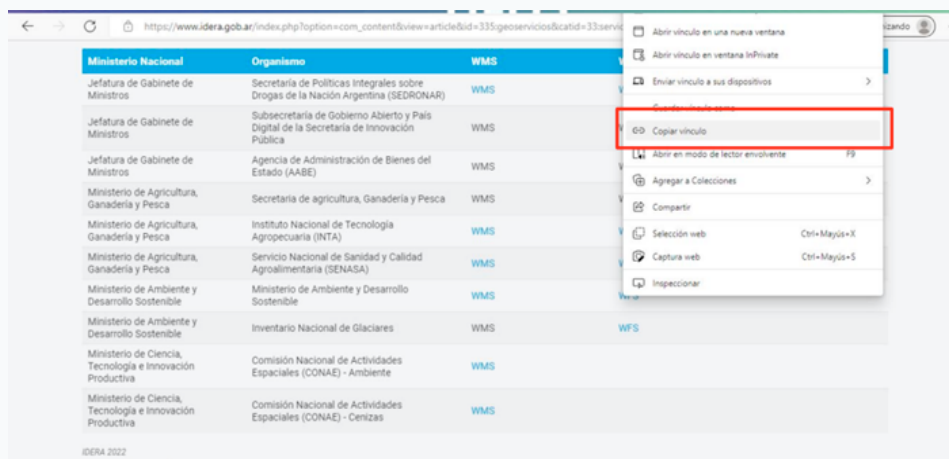


Figura 108. Selección de un servidor.

4. En nuestro proyecto de QGIS, dirigirse al menú **Administrador de fuentes de datos**, seleccionar **Nuevo** e indicar nombre y URL (*Figura 109*):

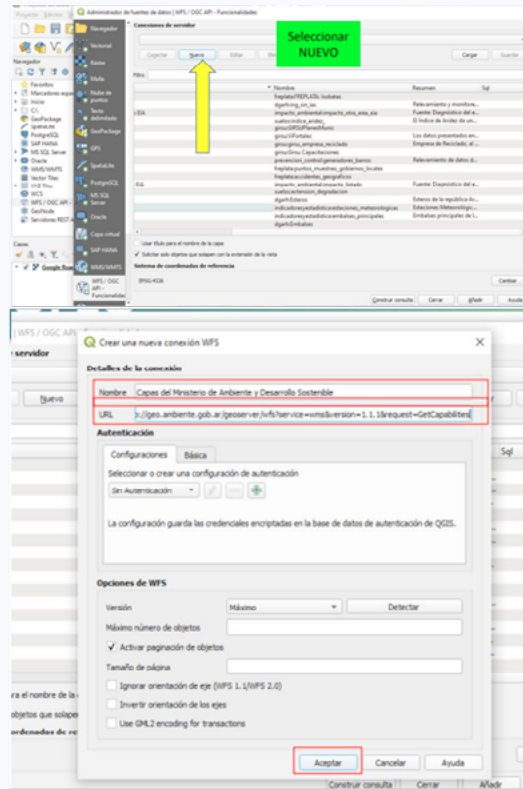


Figura 109. Administrar fuente de datos.

5. Seleccionar **Conectar** para vincular el servidor (*Figura 110*):



Figura 110. Conexión con el servidor.

6. Se cargarán en el panel inferior todas las capas disponibles. Para cargar alguna de ellas, se deberá seleccionar y hacer clic en **Añadir** (Figura 111).

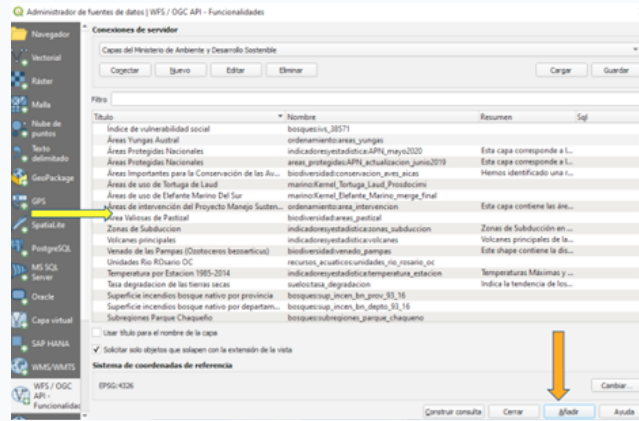


Figura 111. Selección de capas a cargar.

## Capítulo 8

# Capas ráster

Dentro de los geodatos utilizados en QGIS se incluyen los ráster. Éstos corresponden a imágenes y representan datos espaciales en una matriz de celdas o píxeles y cada una representa información como la elevación, la temperatura o la reflectancia.

Los datos ráster se utilizan cuando se desea mostrar información que es continua en un área y no se puede dividir fácilmente en objetos vectoriales. Por ejemplo, se utilizan geodatos vectoriales cuando se puede representar la topografía mediante líneas, puntos y/o polígonos como rutas, ríos o cuencas, pero cuando se debe de trabajar con información compleja se debe recurrir a los geodatos ráster, ya que cada píxel contiene información precisa sobre el área cubierta, permitiendo capturar detalles y variaciones continuas en el terreno.

Los ráster son imágenes digitales recopiladas por aviones, drones, satélites, sensores terrestres y acuáticos, imágenes digitales y mapas escaneados.

Se trata de cualquier tipo de imagen digital representada en mallas. Divide el espacio en celdas regulares (píxeles), donde cada una de ellas representa un único valor. Los formatos usuales para archivos ráster son .tif, .jpg, .jp2, .img.

### Cargar datos ráster

Al igual que los geodatos vectoriales, los rásterse pueden cargar mediante el arrastre del documento hacia el panel de capas de QGIS o por medio del panel de herramientas **Capa** → **Añadir capa** → **Añadir capa ráster** (Figura 112).

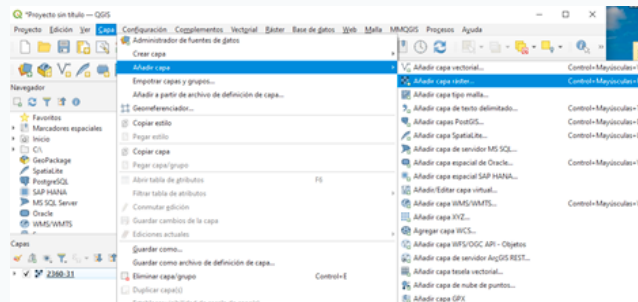


Figura 112. Añadir capa ráster.

Luego, hacer clic en "...", seleccionar el archivo ráster y hacer clic en **Añadir** (Figura 113).

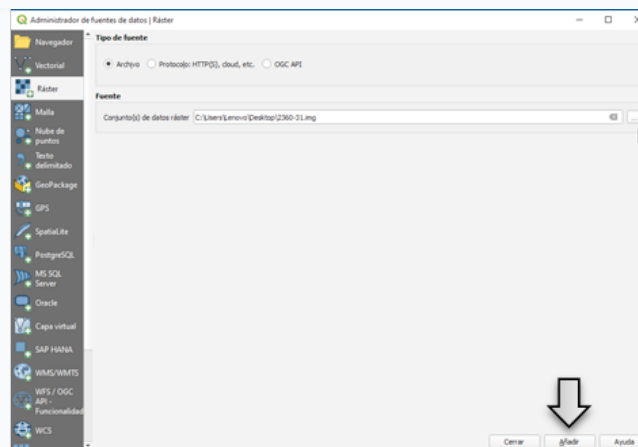


Figura 113. Administrador de fuente de datos ráster.

## Tamaño y resolución de la celda/píxel

El ráster está compuesto por una matriz de píxeles organizada en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada píxel (también llamado celda) contiene un valor que representa información.

Cada píxel representa una región geográfica y el valor en ese píxel representa alguna característica de dicha región (Figura 114).

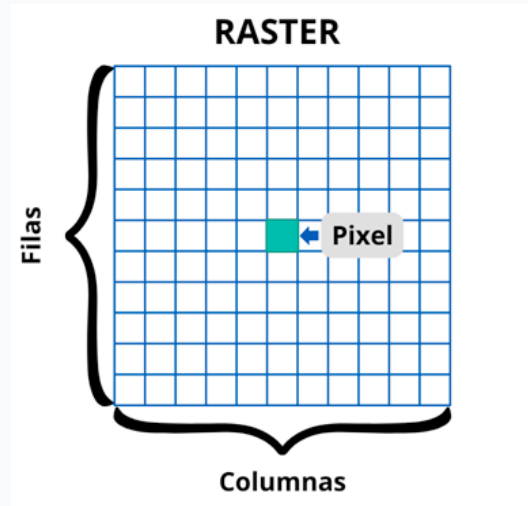


Figura 114. Celdas o píxeles en capas ráster.

La resolución corresponde al tamaño del área en el terreno que cada píxel de un ráster representa. Por ejemplo, en una imagen satelital con una resolución de 30 metros, cada píxel corresponde a un cuadrado de 30 m x 30 m en la superficie terrestre. La resolución afecta la precisión y el nivel de detalle de la información espacial, de forma que una resolución más alta (píxeles más pequeños) ofrece más información y por ende más detalles del terreno, pero también genera archivos más grandes y requiere mayor capacidad de procesamiento.

La elección de la resolución del ráster dependerá del objetivo de su procesamiento. Para muchas aplicaciones, la resolución más utilizada es de 30 m x 30 m, aunque también existen productos ráster con una resolución mucho más alta (por ejemplo, 5 m x 5 m).

## Estructuras de datos ráster

Las estructuras de datos ráster son matrices de celdas o píxeles organizadas en

filas y columnas. Este formato es especialmente útil para representar datos continuos y es ampliamente utilizado en estudios ambientales.

Los datos ráster pueden clasificarse en varios tipos según su contenido y uso:

- **Imágenes:** Fotografías aéreas y las imágenes satelitales.
- **Temáticos:** Mapas de uso del suelo.
- **Análisis:** Modelos Digitales de Elevación (MDE).

## Diferencias entre los modelos de datos ráster y vectorial

Tanto los modelos ráster como los vectoriales son recursos para representar de forma gráfica un área de la superficie terrestre. Dichos modelos por medio de los recursos y herramientas de QGIS permiten realizar análisis sobre esa información. Ambos modelos son válidos para diferentes aplicaciones, pero también presentan diferencias principales se describen en la *Tabla 5*.

RÁSTER	VECTORIAL
Mayor belleza gráfica que en los modelos vectoriales.	Se usan estos modelos cuando se requiere velocidad y efectividad.
Las imágenes ráster se basan en píxeles, no son modificables en la escala, y usan una mayor cantidad de recursos.	Se basan en geometrías vectoriales como líneas, puntos o polígonos, son modificables en la escala, y usan pocos recursos.
Las imágenes ráster tienen calidad fotográfica, dado que son esencialmente imágenes.	Requieren una gran cantidad de trabajo para lograr calidad fotográfica.
Entrada de datos (extensión de los archivos): “.tif”, “.jpg”, “.png” u otras que se utilicen en archivos de imágenes.	Entrada de datos (extensión del archivo): “.shp”, “.gpkg”.

*Tabla 5. Diferencias entre capas ráster y vectoriales.*

## Capítulo 9

# Introducción al procesamiento de imágenes satelitales

Las imágenes satelitales constituyen un tipo de ráster ampliamente usado. El procesamiento de este tipo de imágenes es un recurso esencial en los estudios ambientales, la teledetección y la geoinformática, ya que permite la interpretación y análisis de datos obtenidos desde satélites artificiales.

Las imágenes satelitales permiten disponer de una visión detallada y ampliada de la superficie de la Tierra, capturando información en diferentes bandas espectrales, desde el visible hasta el infrarrojo y el radar.

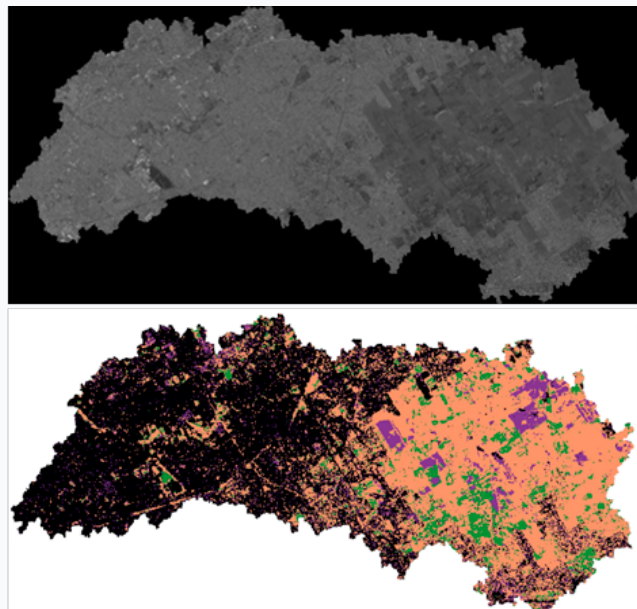
El procesamiento de imágenes satelitales incluye diferentes etapas:

- Adquisición de datos (obtener la imagen desde alguna plataforma).
- Corrección radiométrica y geométrica para eliminar distorsiones y errores.
- Clasificación y análisis de las imágenes.

Es importante saber que las imágenes satelitales se registran en diferentes bandas del espectro electromagnético, lo que genera una imagen monocromática que se visualiza en escalas de grises con una paleta de 256 tonos. De este modo, cada píxel de la imagen puede contener un valor que oscila entre el negro (valor 0) y el blanco (valor 256).

Las bandas de las imágenes de satélites se clasifican a través de tres canales: rojo, verde y azul y la combinación de ellas permitirá generar imágenes con diferentes tonalidades. Esto quiere decir que las imágenes obtenidas a simple vista serán monocromáticas y que por medio de su geoprocesamiento (combinación/mezcla de bandas) se podrá generar representaciones más o menos realistas en colores.

A continuación, se muestra una imagen satelital monocromática de una cuenca hidrográfica y la misma cuenca luego de haber realizado su geoprocesamiento, combinando diferentes bandas (*Figura 115*).



*Figura 115. Vista de una imagen satelital monocromática (arriba) y luego de un determinado geoprocesamiento (abajo).*

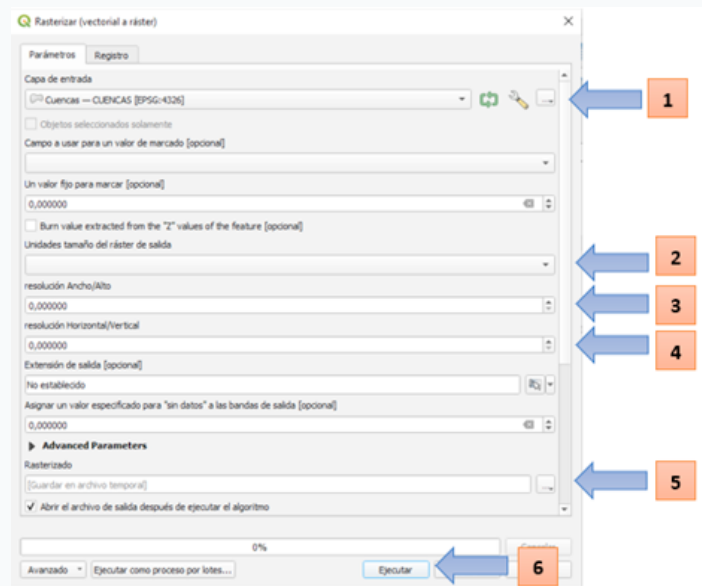
*(Fuente: Elaboración propia con base en imágenes Landsat 8, provincia de Buenos Aires, año 2021).*

## **Rasterización de datos vectoriales**

La rasterización es el proceso de convertir datos vectoriales a ráster. Para ello, se debe acceder al menú **Procesos** → **Caja de Herramientas**.

Una vez abierta la caja de herramientas de procesos, buscar **Rasterizar** (vectorial a ráster) y abrir la herramienta haciendo doble clic con el *mouse*. En la ventana de trabajo se deberá completar los parámetros de la capa de salida (*Figura 116*).

- **Capa de entrada** (1): Aquí se seleccionará la capa vectorial (*shape*) que se desea convertir/rasterizar.
- Elegir **Unidades tamaño del ráster de salida** (2) el valor **píxel**.
- Definir el tamaño del píxel (3 y 4). Como ya se mencionó, se utiliza generalmente una resolución de 30 m x 30 m. Sin embargo, dicha resolución dependerá de las necesidades del trabajo.
- **Rasterizado** (5): Aquí se colocará el nombre del archivo rasterizado. Tener en cuenta que, si no se selecciona el lugar de guardado del archivo, se generara un archivo temporal.
- Presionar **Ejecutar** (6): Ejecuta el algoritmo de rasterizado.



*Figura 116. Parámetros para el rasterizado de una capa vectorial.*

## Vectorización de datos ráster

La vectorización de datos ráster corresponde a la conversión de una capa ráster a vectorial. Esta conversión es utilizada generalmente para simplificar la representación gráfica de una capa ráster. Por ejemplo, un ráster que represente el uso del suelo puede tener diferentes valores para bosques, ejidos urbanos y cuerpos de agua. Clasificar estos objetos facilita la identificación y la conversión a una capa vectorial (polígonos, puntos y líneas) de áreas homogéneas dentro del ráster.


Otra posibilidad de vectorización podría ser la conversión de un modelo de elevación digital (MDE o *DEM*, en inglés) en contornos vectoriales. Primero, el MDE, que es un ráster, se clasifica en intervalos de elevación. Luego, QGIS crea líneas de contorno o curvas de nivel. Este proceso transforma los datos de una matriz de celdas en una serie de líneas vectoriales precisas que se pueden utilizar para análisis topográficos, trazado de rutas y caminos y otras aplicaciones.

Cabe resaltar que el procesamiento de geodatos ráster puede requerir bastantes recursos computacionales. Esto se debe que el programa debe procesar mucha información en simultáneo.

## Georreferenciación de una imagen

Como parte del trabajo usual en QGIS u otro SIG, puede existir la necesidad de cargar a un proyecto una imagen digitalizada que no tenga asociadas coordenadas geográficas. Un ejemplo sencillo de visualizar es la georreferenciación de mapas impresos. Estos mapas pueden digitalizarse y cargarse en QGIS como una imagen, pero este archivo no tendrá asociadas coordenadas geográficas, es decir que la imagen no se encuentra georreferenciada. Por lo tanto, QGIS no sabrá dónde ubicarla en el espacio. Para asignar una coordenada geográfica a cada punto de la imagen, se utiliza la herramienta de georreferenciación.

El primer paso es disponer del archivo en una extensión ráster. Luego, abrir QGIS, dirigirse al menú, **Capa** → **Georreferenciador**, aquí se habilitará una ventana de trabajo de QGIS, donde se realizará la georreferenciación de la imagen de interés. A continuación, se detallan los pasos a seguir:

- a) Cargar la imagen mediante el botón  Una vez seleccionada la imagen a georreferenciar se podrá visualizar en la ventana de trabajo.
- b) Configurar la georreferenciación. Para, ello dirigirse a **Configuración** → **Transformation Settings...** (Figura 117).

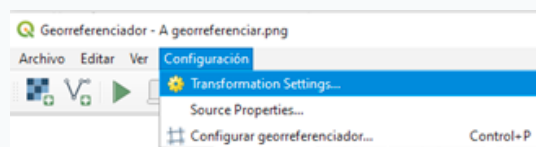


Figura 117. Herramienta para la georreferenciación.

Aquí se abrirá una ventana (Figura 118) donde se debe cargarlos parámetros para georreferenciar la imagen, siguiendo estos pasos:

- **Tipo de transformación (1).** Aquí se selecciona como se van a registrar los puntos de las coordenadas. En este caso, se utiliza la opción “Polinomial 1”, la cual nos exige entre 3 y 4 puntos de referencia de coordenadas. También puede utilizarse una transformación lineal u otras.
- **Target CRS(2).** CRS significa Coordinate Reference System (SRC, en español). Aquí por defecto se utilizará el SRC del proyecto. En este caso se elegirá **EPSG:4326**.
- **Output file (3).** Aquí se indicará la ruta donde se guardará la capa ráster georreferenciada.
- Finalmente se hará clic en **Aceptar (4)**.

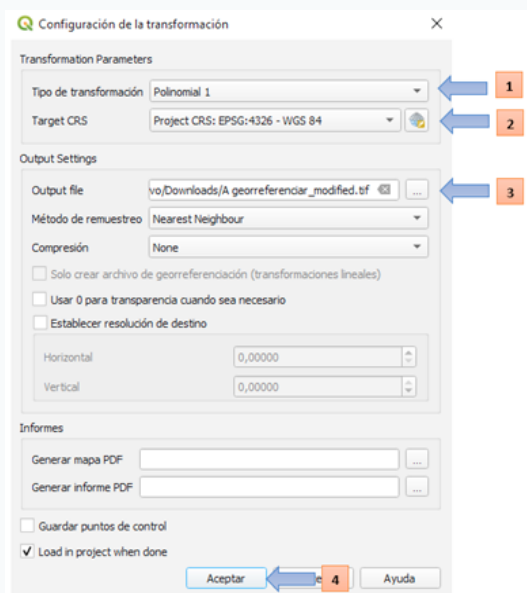



Figura 118. Parámetros para la georeferenciación de una imagen.

c) Agregar los puntos de las coordenadas de referencia sobre la imagen. Para ello, seleccionar el icono de **Añadir punto** (  ). Aquí el cursor se convertirá en una cruz, la cual permitirá indicar sobre la imagen la ubicación de la coordenada a referenciar. Al hacer clic sobre la ubicación se habilitará una nueva ventana, donde se podrá cargar la coordenada de forma manual o referenciarla sobre un mapa base (Figura 119).

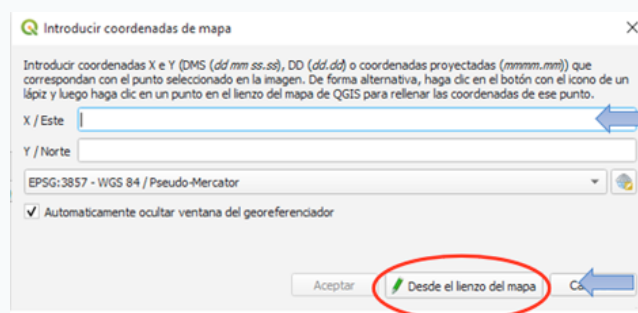
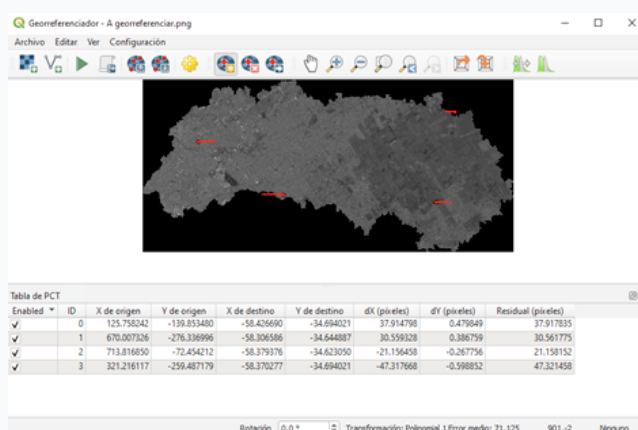


Figura 119. Introducción de coordenadas para la georeferenciación de una imagen.

Debido a la tipología de referenciación, QGIS requiere que se defina un mínimo de 3 puntos. Una vez indicados se podrá ver en la ventana de georreferenciación en la primera interfaz la imagen y en la segunda la lista de coordenadas referenciadas en la imagen (*Figura 120*).



*Figura 120. Coordenadas seleccionadas para la georreferenciación de una imagen.*

d) Luego de haber referenciado los puntos se deberá georreferenciar la imagen mediante el icono **Comenzar**  **georreferenciado**.

e) La imagen georreferenciada se habrá generado, se cargará automáticamente en el panel de capas y se guardará en la ruta preestablecida.

## Fuentes de información ráster

Existen organismos públicos y privados que elaboran productos ráster, siendo en su mayoría las instituciones gubernamentales las que nos permiten el acceso libre y gratuito. Como paso previo, suele ser necesario registrarse en la página web correspondiente y declarar el uso que se le podrá dar a la información. Un ejemplo es la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE, <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae>), organismo gubernamental de la República Argentina que dispone de un amplio catálogo de imágenes satelitales. También se puede acceder a las imágenes provistas por organismos oficiales de otros países tales como el United States Geographical Survey (USGS, <https://earthexplorer.usgs.gov/>).

## Cómo adquirir y visualizar un ráster MDE

Los MDE son recursos ráster que, tras su procesamiento, nos permitirán generar mapas con niveles, pendientes, relieve, análisis de riesgos, entre otros.

Existen varias fuentes que nos pueden proveer de estas capas. A nivel nacional, por medio del Instituto Geográfico Nacional (IGN), se puede descargar MDE con una resolución de 30 m de todo el territorio argentino. Allí se podrá definir y elegir cómo buscar la información, si es a partir de carta topográfica (si ya se sabe la identificación de la carta de interés) o por provincia o departamento/partido.

## Particularidades y propiedades de la adquisición de imágenes satelitales

A la hora de adquirir imágenes satelitales, dependiendo de la plataforma y el satélite elegido, se nos requerirá definir algunas particularidades y propiedades del producto que se desea adquirir. Muchos de los satélites que capturan imágenes de la superficie lo hacen siguiendo una órbita determinada, es decir que van capturando las imágenes a medida que transitan dicha órbita. Por lo tanto, solo existirán imágenes de una determinada región de interés en determinadas fechas. Asimismo, puede suceder que el día en que el satélite capturó la imagen haya habido nubosidad y no se pueda visualizar correctamente la superficie. Es por ello por lo que, previo a la descarga de imágenes satelitales, se deben considerar dichas particularidades y adaptarse a los recursos disponibles.

A continuación, se describe brevemente algunas herramientas para seleccionar y descargar imágenes satelitales de distintas plataformas.

### ***Filtrar por rango de fechas***

Filtrar por rango de fechas permite seleccionar imágenes satelitales tomadas en un periodo específico. Al establecer un rango de fechas, se puede comparar imágenes de antes y después de un evento particular, facilitando el monitoreo de cambios y tendencias en el área de interés.

Dependiendo del satélite, se podrán obtener imágenes en diferentes periodos, por ejemplo, el Landsat 8 cada 16 días, Terra cada uno o dos días, etc.

## ***Filtrar las imágenes por región de interés***

Filtrar las imágenes por región de interés significa seleccionar solo aquellas imágenes que cubren un área geográfica específica que se desea estudiar. Esto asegura que las imágenes sean relevantes para el proyecto en cuestión, sin embargo, a menudo la imagen no abarca toda la región de estudio y se deberán descargar las imágenes adyacentes y luego, por medio de las herramientas de QGIS, unir las.

## ***Filtrar las imágenes por porcentaje de nubes***

El porcentaje de nubes recomendado para filtrar imágenes satelitales depende del objetivo de análisis y las condiciones del área de interés. Para la mayoría de los estudios, tales como el análisis de vegetación y uso del suelo, un porcentaje de nubosidad menor o igual a 30% es aceptable. Sin embargo, la elección final del porcentaje de nubes depende de las necesidades específicas del proyecto y las condiciones de la región de estudio.

## **Adquirir y visualizar imágenes Landsat 8, Modis, Terra y Sentinel-2**

Para comenzar a trabajar con imágenes satelitales en QGIS, el primer paso es conseguir las imágenes. Para ello se puede buscar y adquirir de los satélites Landsat 8, Modis, Terra y Sentinel-2 u otros mediante distintas plataformas. Es importante tener presente que, si bien muchos de estos recursos son gratuitos, en general se requerirá el registro del usuario indicando sus datos personales y la finalidad de uso de las imágenes (investigación, docencia, etc.).

A continuación, se describe brevemente las características de cada satélite y la metodología para acceder a las imágenes.

### ***Landsat 8***

Es un satélite de observación terrestre lanzado por la NASA (National Aeronautics and Space Administration) en 2013 y captura imágenes multispectrales y térmicas. Estas imágenes pueden ser utilizadas para estudios de vegetación, uso del suelo, gestión del agua y desastres naturales.

Este satélite tiene un ciclo de rotación de 16 días, es decir, el tiempo que le demanda capturar imágenes de la misma área. Hay dos opciones para acceder a estas imágenes. La primera, realizar la descarga desde la página de la CONAE, y la segunda, hacerlo desde la página de USGS Earth Explorer.

Para la descarga desde CONAE (República Argentina) se deben seguir estos pasos:

- a) Ingresar a la página de CONAE (<https://catalogos.conae.gov.ar/landsat8/>).
- b) Registrarse o iniciar sesión (usuarios ya registrados).
- c) Definir la fecha y región de interés. Para definir la región de la cual se desea adquirir las imágenes se puede seleccionar del menú desplegable la provincia o, en su defecto, cargar las coordenadas o seleccionar el área de interés sobre el mapa.
- d) Hacer clic en **Buscar**.
- e) Es posible que no haya resultados debido a que el día indicado el satélite no haya pasado por la región, por lo cual se recomienda cambiar las fechas hasta obtener resultados.
- f) Puede que haya más de un resultado, en tal caso se recomienda descargar aquellas imágenes que posean baja nubosidad. Luego, hacer clic en **Descargar producto**.

Por su parte, para la descarga desde USGS Earth Explorer se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a) Ingresar a la página de USGS Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).
- b) Registrarse o iniciar sesión.
- c) En la sección **Search Criteria**, seleccionar el área de interés mediante la búsqueda por coordenadas, nombre de lugar o dibujando un polígono en el mapa.

d) En **Data Sets**, seleccionar **Landsat** y luego **Landsat Collection 1 Level-1**.

e) Definir las fechas de interés.

f) Haz clic en **Results** para visualizar las imágenes disponibles y descargar aquella/s de interés.

## **Modis / Terra**

El satélite Terra es parte del sistema de observación de la Tierra de la NASA. Fue lanzado en 1999 y captura datos en 36 bandas espectrales. Modis proporciona información diaria sobre la cobertura de la Tierra, la temperatura del océano, la radiación solar y la composición atmosférica. Terra tiene un ciclo de aproximadamente uno o dos días, lo que permite obtener imágenes frecuentes y actualizadas. Para acceder a las imágenes, deben seguirse los siguientes pasos:

a) Acceder a la página de NASA Earthdata (<https://www.earthdata.nasa.gov/>).

b) Registrarse o iniciar sesión.

c) Utilizar la herramienta de búsqueda, seleccionando **Modis** y eligiendo el producto adecuado (por ejemplo, **MOD09GA** para imágenes diarias de reflectancia de la superficie).

d) Definir el área y las fechas de interés.

e) Descargar los archivos HDF correspondientes.

## **Sentinel-2**

Es una misión de observación terrestre de la Agencia Espacial Europea (ESA) que consta de dos satélites, Sentinel-2A y Sentinel-2B, lanzados en 2015 y 2017 respectivamente. Están equipados con el sensor MSI (Multispectral Instrument), que captura datos en 13 bandas espectrales. Las imágenes de Sentinel-2 son utilizadas para monitoreo de la vegetación, gestión del agua, agricultura y desastres naturales.

Sentinel-2 tiene un ciclo de cinco días cuando ambos satélites están operativos. Para acceder a las imágenes se debe ingresar a la página <https://dataspace.copernicus.eu/> y seguir los siguientes pasos:

- a) Registrarse iniciar sesión y acceder a Sentinel Hub (**Analyze data** → **Sentinel Hub**).
- b) Establecer el área de interés y el rango de fechas.
- c) Seleccionar el producto Sentinel-2 y buscar las imágenes disponibles.
- d) Descargar las imágenes seleccionadas.

## Características de las bandas

Se podría decir que las bandas de las imágenes satelitales son las capas que la conforman, cada una de ellas capturando un tipo diferente de radiación. Por ejemplo, una imagen de puede tener bandas correspondientes a luz visible (como el rojo, verde y azul) y otras a radiación no visible, como el infrarrojo.

Cada banda brinda información específica y se usa para distintos fines. Las bandas visibles se combinan para formar una imagen en color “natural o real”. En cambio, las bandas de infrarrojo se utilizan para analizar características tales como la salud de las plantas o la humedad del suelo. A continuación, se describen brevemente los tipos de bandas:

### *Espectro visible*

- **Rojo:** Captura la luz roja visible. Es útil para identificar vegetación saludable y áreas urbanas.
- **Verde:** Captura la luz verde visible. Ayuda a diferenciar entre la vegetación y el agua.
- **Azul:** Captura la luz azul visible. Es importante para observar cuerpos de agua y analizar la calidad del agua.

### ***Infrarrojo cercano***

Sirve para estudiar la vegetación, ya que las plantas sanas reflejan más de esta radiación. También se utiliza para distinguir entre vegetación y suelo erosionado o sin vegetación.

### ***Infrarrojo de onda corta***

Estas bandas son útiles para identificar la humedad en la vegetación y el suelo y observar los cambios en la estructura del suelo y la geología.

### ***Infrarrojo térmico***

Captura la radiación térmica emitida por la superficie de la Tierra. Se utiliza para medir la temperatura de la superficie, lo cual es útil para estudios meteorológicos y climáticos, detección de incendios y monitoreo de fenómenos térmicos.

### ***Pancromáticas***

Captura una amplia gama de longitudes de onda del espectro visible en una sola banda en blanco y negro. Estas bandas tienen una resolución espacial más alta.

## **Combinación de bandas**

Las imágenes de las distintas bandas se pueden combinar para producir una imagen en color real o de color falso, en función del orden y las bandas escogidas. Esto se hace aplicando cada uno de los tres colores primarios (rojo, verde, azul) a una banda distinta de la imagen.

El máximo de bandas que se pueden emplear por composición es de tres y la apariencia dependerá de las bandas espectrales que se asignen a los canales rojo, verde y azul del monitor. Por ejemplo, para las imágenes obtenidas desde Landsat 8 se podrán combinar para obtener:

### **Imagen de color natural**

Se combinan en la secuencia de 4, 3 y 2. Esta combinación involucra a las tres bandas visibles y se le asigna a cada una de ellas su verdadero color, resultando una combinación que se aproxima a los colores naturales de la de la superficie terrestre (*Figura 121*).



*Figura 121. Combinación de bandas correspondientes a color natural.*

### **Imagen de infrarrojo**

Se combinan en la secuencia 5, 4 y 3. Esta combinación de bandas tiene buena sensibilidad a la vegetación verde (la cual aparecerá representada en una tonalidad roja) debido a la alta reflectividad en el infrarrojo y la baja en el visible, representando de forma clara caminos y masas de agua (*Figura 122*).



*Figura 122. Combinación de bandas correspondientes a infrarrojo.*

## **Uso agrícola**

Se combinan en la secuencia 6, 5 y 2. Con la combinación de estas bandas se pueden detectar zonas de uso agrícola, que aparecerán representadas en una tonalidad verde brillante (Figura 123).



*Figura 123. Combinación de bandas para análisis de uso agrícola.*

## **Imagen para vegetación vigorosa**

Se combinan en la secuencia 5, 6 y 2. Esta combinación es utilizada para resaltar y analizar la salud y densidad de la vegetación (Figura 124).



*Figura 124. Combinación de bandas para análisis de vegetación.*

## **Falso color para detección de zonas urbanas**

Se combinan en la secuencia 7, 6 y 4. Las áreas urbanas aparecen en tonos magentas mientras que las zonas con vegetación se representan en tonos verdes claros (Figura 125).



*Figura 125. Combinación de bandas correspondientes a falso color.*



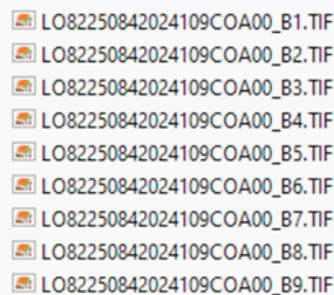
### **IMPORTANTE**

Los sensores de los satélites de teledetección miden la radiación reflejada (reflectancia) por el sistema atmósfera-superficie de la Tierra iluminado por el sol. Sin embargo, la atmósfera de la Tierra no es completamente transparente, ya que los gases y los aerosoles absorben y dispersan la radiación en diferentes longitudes de onda. Por lo tanto, la calidad de la imagen capturada por los sensores dependerá de que tan perturbada se encuentre la atmósfera (Vermote et al., 1997).

## **Combinación de las bandas en QGIS**

Al descargar la imagen satelital de algunas de las plataformas mencionadas se obtendrá una carpeta comprimida con una serie de imágenes de la misma área, de

las cuales cada una corresponde a una banda específica y se identificará con la letra “B” seguida de un número (correspondiente a la banda) al final del nombre (Figura 126). Si se desea combinar las bandas 5, 4 y 3, se debe combinar en ese orden las imágenes que finalicen con “B5”, “B4” y “B3”. Es importante tener en cuenta que en ocasiones no se dispone de todas las bandas. Si eso ocurriera y se desea combinar bandas, se deberá de descargar otra imagen con diferentes parámetros de búsqueda.

A list of nine satellite image file names, each preceded by a small icon of a document with a red 'X' in the top right corner. The file names are: LO82250842024109COA00\_B1.TIF, LO82250842024109COA00\_B2.TIF, LO82250842024109COA00\_B3.TIF, LO82250842024109COA00\_B4.TIF, LO82250842024109COA00\_B5.TIF, LO82250842024109COA00\_B6.TIF, LO82250842024109COA00\_B7.TIF, LO82250842024109COA00\_B8.TIF, and LO82250842024109COA00\_B9.TIF.

LO82250842024109COA00\_B1.TIF  
LO82250842024109COA00\_B2.TIF  
LO82250842024109COA00\_B3.TIF  
LO82250842024109COA00\_B4.TIF  
LO82250842024109COA00\_B5.TIF  
LO82250842024109COA00\_B6.TIF  
LO82250842024109COA00\_B7.TIF  
LO82250842024109COA00\_B8.TIF  
LO82250842024109COA00\_B9.TIF

Figura 126. Bandas de una imagen satelital.

Si bien no es obligatorio, es recomendable hacer algunas correcciones de las imágenes para mejorar la calidad de éstas. Para ello, se utilizan las herramientas de corrección atmosférica y *pansharpening*.

## Corrección atmosférica y *pansharpening*

Estas herramientas se utilizan para mejorar la calidad y precisión de las imágenes satelitales (Figura 127).

- **Corrección atmosférica:** Elimina las distorsiones causadas por la atmósfera, mejorando la exactitud de los datos de reflectancia, que es la propiedad de un cuerpo de reflejar la luz.
- ***Pansharpening*:** Aumenta la resolución espacial de las imágenes multiespectrales. Esto se logra por medio del refinado pancromático

(combinación de una imagen pancromática con una imagen multiespectral de baja resolución).

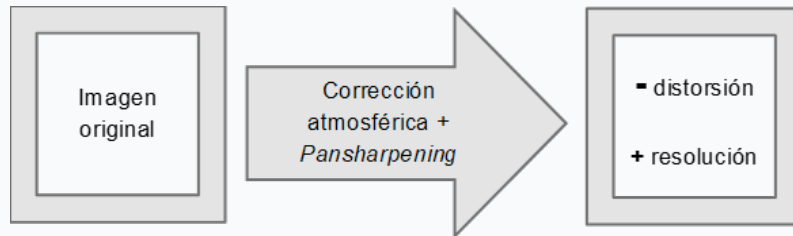


Figura 127. Algunas herramientas para mejorar la calidad de las imágenes satelitales.

Para realizar estas correcciones en QGIS se utiliza el complemento **Semi-Automatic Classification Plugin**. En el caso de este plugin se recomienda adquirirlo desde la página web del proyecto QGIS y luego cargarlo. Para ello, se detallan los siguientes pasos:

a) Buscar en el navegador “plugin SCP 7.10.11” y descargarlo desde la página oficial de QGIS (Figura 128), la descarga será un archivo comprimido.

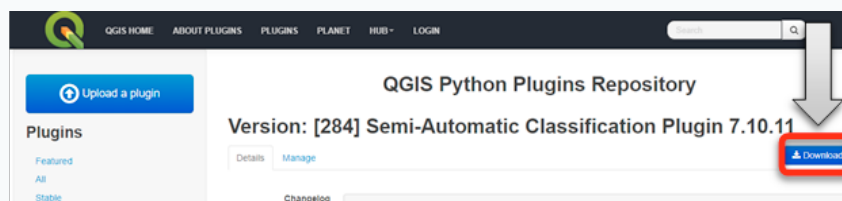


Figura 127. Algunas herramientas para mejorar la calidad de las imágenes satelitales.

b) Dirigirse a la barra de menú **Complementos**. Se abrirá una ventana, donde se deberá seleccionar **Instalar a partir de ZIP**. Aquí deberán dirigirse a los puntos suspensivos (...) y seleccionar la carpeta descargada. Luego seleccionar **Instalar complemento** y **Cerrar** (Figura 129).

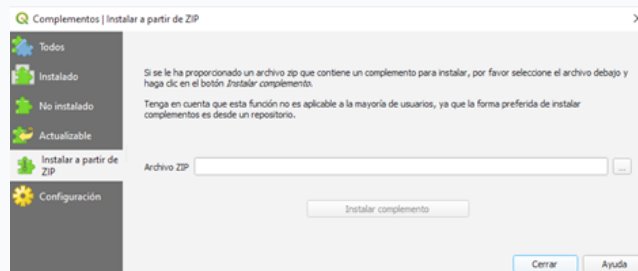


Figura 129. Instalación del complemento descargado.

Es importante una aclaración: si el complemento ya estaba instalado, puede ocurrir que, aunque se cargue satisfactoriamente no figure en la barra de menú la opción **SCP**. En ese caso, se deberá de eliminar y volver a instalar la versión comprimida.

Una vez instalado el complemento, en la barra del menú aparecerá la opción **SCP**. Se debe hacer clic, ir a **Preprocesamiento** y seleccionar el tipo de satélite que nos brindó las imágenes a trabajar. En esta ocasión, se seleccionará **Landsat**. Aquí se abrirá una ventana donde se cargarán las imágenes. A continuación, se mencionan los pasos a seguir (Figura 130).

1. Hacer clic en la carpeta amarilla. Se elegirá la carpeta que contenga las imágenes a procesar.
2. Al descargar la carpeta con las imágenes se descargará en conjunto un archivo MTL, el cual deberá seleccionarse.
3. Tildar todos los parámetros de corrección.
4. Hacer clic en **RUN** y luego seleccionar la carpeta donde se guardarán las imágenes procesadas.

Tener en cuenta que este proceso demandará unos minutos, debido a la cantidad de datos a procesar.

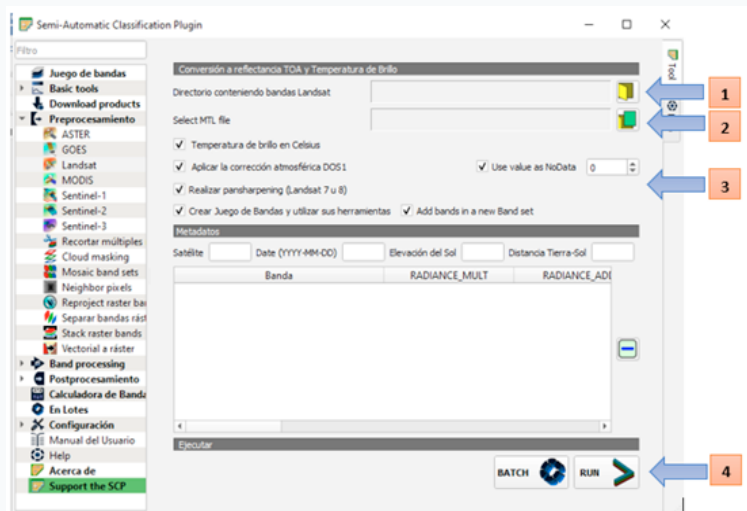


Figura 130. Corrección de imágenes satelitales.

Luego de procesar las imágenes se obtendrán nuevas imágenes con las correcciones realizadas. QGIS respeta el nombre de las imágenes creadas, sin embargo, para identificar el tipo de procesamiento les adicionara en los nombres los prefijos **PAN** o **RT**.

Aquellas imágenes que inicien con el prefijo **PAN** corresponden a las que se le mejoró la resolución espacial (*pansherping*). Esto quiere decir que se mejoró la cantidad y calidad de la información contenida en la imagen con pixeles de 30 m x 30 m a 15 m x 15 m. En cuanto a las de prefijo **RT**, son las imágenes que contienen la corrección atmosférica, sin las distorsiones causadas por la atmósfera, mejorando la exactitud de los datos de reflectancia.

## RT

Reflectancia en el límite superior de la atmósfera (Top of Atmosphere Reflectance o TOA).

## Procedimiento para la combinación de bandas

Como ya se mencionó, se combinarán las imágenes en el orden y número según el objetivo del geoprocésamiento. Para ello, luego de corregirlas se procede a combinar las bandas. Para lograr esto se deberá de tener los archivos cargados en QGIS en el panel de capas, luego ir a la barra de menú **Ráster** → **Miscelánea** → **Combinar**.

Se ejemplifica el proceso para obtener una imagen a color natural a partir de imágenes obtenidas por el satélite Landsat 8 (Figura 131). Para lograrlo, se combinará las imágenes en el orden 4, 3 y 2:

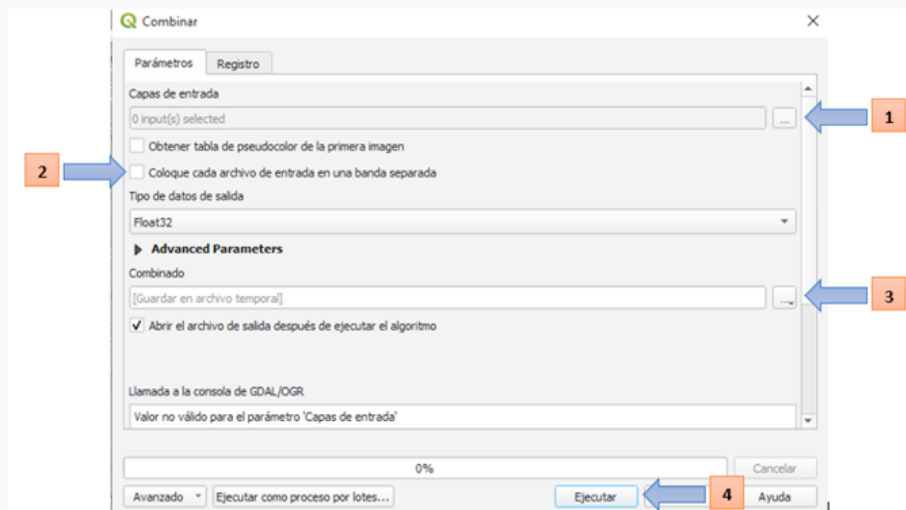


Figura 131. Parámetros de la herramienta Combinar.

- Seleccionar las imágenes a combinar (1). Cuando se eligen las imágenes, se deberán tildar y ordenar mientras se arrastra el archivo de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba respetando el orden que pide la secuencia (Figura 132).
- Tildar la opción **Coloque cada archivo en una banda separada** (2).
- En caso de requerir guardar el archivo, hacer clic en los puntos suspensivos (...) y guardar archivo en la ruta correspondiente (3).

- Presionar Ejecutar(4).

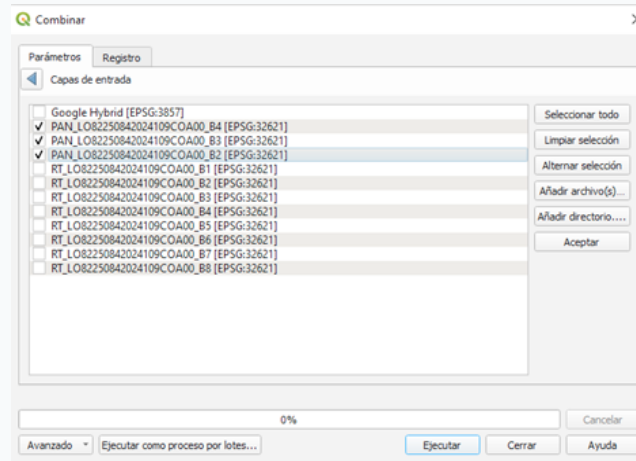


Figura 132. Ordenamiento de bandas para una imagen en color natural.

Como resultado de la combinación de bandas, se obtiene una imagen en color natural (Figura 133).

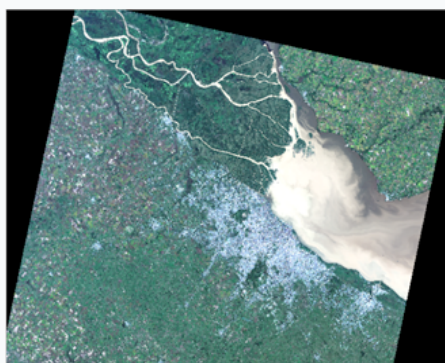


Figura 133. Imagen geoprocesada a color natural a partir de imágenes extraídas del satélite Landsat 8 de la plataforma USGS Earth Explorer el 29-4-2024.



### RECORDAR

**MDT (Modelo Digital de Terreno):** Representa la superficie del terreno desnudo, sin incluir elementos tales como edificios, vegetación u otras estructuras.

**MDE (Modelo Digital de Elevaciones):** Representa las elevaciones del terreno que incluye todos los elementos sobre la superficie, como edificios, árboles, y cualquier otra estructura.

## Herramientas de geoprocesamiento para ráster con QGIS y GRASS

Las herramientas de geoprocesamiento ráster en QGIS y GRASS permiten realizar operaciones entre la matriz de celdas (píxeles). Algunas de las herramientas más comunes son las de **Reclasificar**, **Mapa de Relieve** y **Curvatura**.

### **Reclasificar (r.reclass)**

La herramienta **r.reclass** permite la clasificación de la información contenida en un ráster. Un ejemplo de usar de esta herramienta es la clasificación de las pendientes de un área de estudio por medio de la asignación de nuevos valores a rangos específicos de los píxeles del ráster.

El uso de esta herramienta es sencillo y no requiere de muchos recursos como otrosprocesamientos. A continuación, se detallan los pasos a seguir.

El primer paso es adquirir el geodato ráster. Para este ejemplo nos interesa clasificar las diferentes pendientes de un terreno, lo que requerirá de un MDT.

Como ya se mencionó en otros apartados, existen diferentes proveedores de este tipo de rásters. En este caso se descargará un MDT de 5 metros de la página del IGN, de la región de Ushuaia, Tierra del Fuego (*Figura 134*).

**BÚSQUEDA POR PROVINCIA, DEPARTAMENTO / PARTIDO**

Provincia: TIERRA DEL FUEGO

Dpto./Partido: USHUAIA

Tipo de producto: MDT 5m

Código de Seguridad: UMR

Buscar Volver

Figura 134. Parámetros de búsqueda de MDT del IGN.

Luego de realizar la búsqueda, la página ofrecerá diferentes opciones de descarga. El MDT se descargará dentro de una carpeta comprimida, la cual se deberá descomprimir para cargar a QGIS (Figura 135).

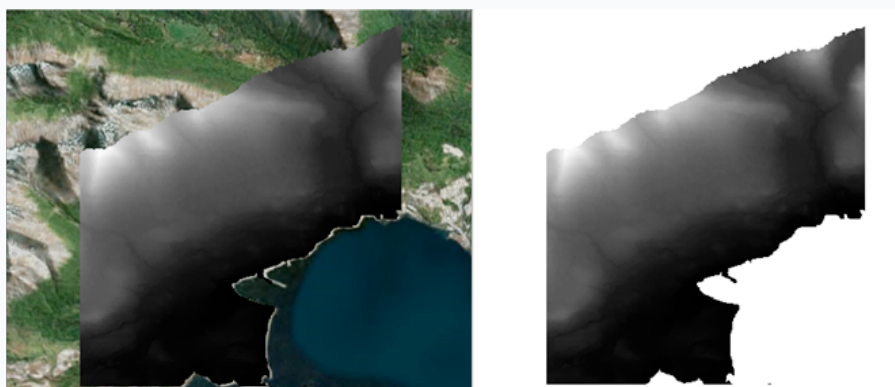


Figura 135. MDT de Ushuaia, Tierra del Fuego.  
(Fuente: IGN).

Una vez cargado se procederá a utilizar la herramienta. Para ello se debe dirigir a la caja de procesos y buscar la herramienta **r.reclass** (Figura 136).

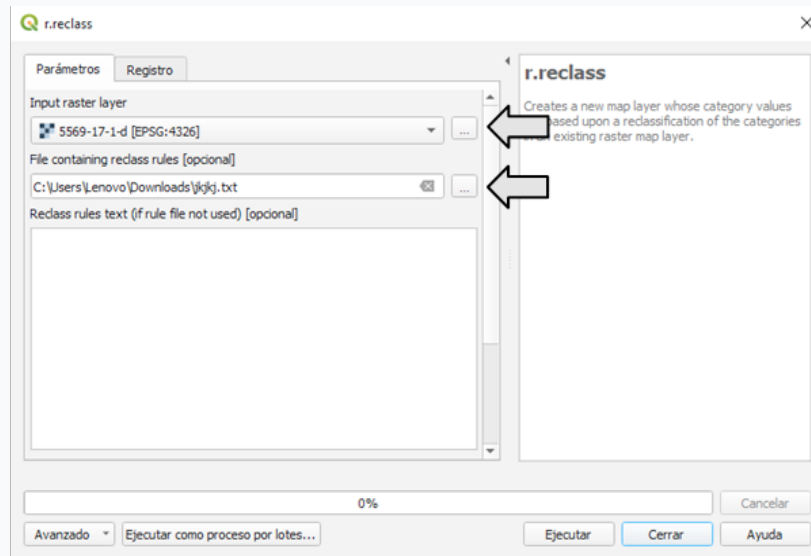


Figura 136. Ventana de configuración de la herramienta *r.reclass*.

En **Input ráster layer** se deberá cargar el MDT y en **File containing reclass rules** las condiciones de clasificación. En este caso se requerirá agrupar las pendientes en categorías, las que deberán ser cargadas mediante un archivo de texto, por ejemplo, en un block de notas.

El formato y las condiciones deberán de respetar la siguiente lógica (Ecuación 1):

```
valor_inicial thru valor_final = nuevo_valor NOMBRE (descripción)
```

Ecuación 1

Ejemplo del desglose de la regla para la primera categoría de pendiente:

0.0000 thru 2.0000 = 1 PLANO (0-2%)

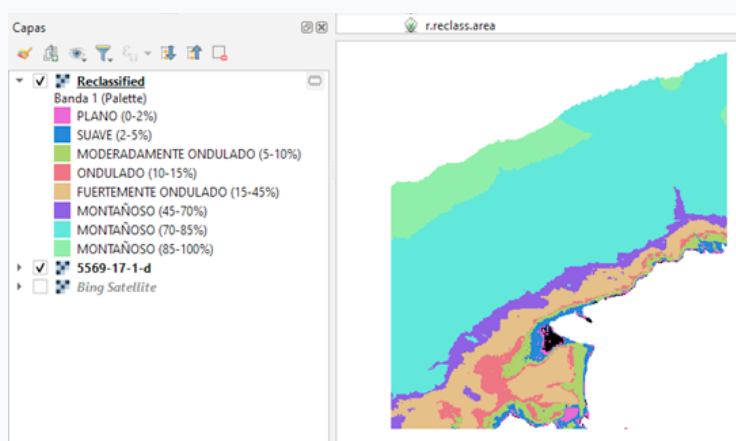
- **Rango:** De 0.0000 a 2.0000.
- **Nuevo valor:** 1.
- **Descripción:** PLANO (pendiente del 0 al 2%).

En la *Figura 137* se ejemplifican ocho reglas de clasificación para un sitio con alta variabilidad de pendientes:



*Figura 137. Ejemplificación del contenido de File containing reclass.*

Luego de cargar el archivo con las condiciones de clasificación hacer clic en **Ejecutar**. Aquí se creará una nueva capa ráster con la clasificación (*Figura 138*).



*Figura 138. Capa MDT clasificada mediante la herramienta r.reclass.*

Es importante recordar que siempre se puede cambiar la simbología para resaltar las áreas de mayor interés de estudio.

### **Mapa de relieve (Hillshade)**

Esta herramienta de geoprocésamiento permite generar una imagen en escala de grises que simula la iluminación de la superficie terrestre, mejorando la visualización del relieve.

Para ello se debe cargar un ráster MDE a QGIS, luego abrir la herramienta **Hillshade** desde la caja de herramientas de procesos (*Figura 139*). Una vez habilitada la herramienta se deberán cargar ciertas condiciones, las cuales se explican a continuación.

Los pasos que seguir son:

- La capa de entrada será el MDE a geoprocésar.
- **Factor Z:** Este valor escala las elevaciones del terreno (eje Z). Un valor de 1 permite representar las altitudes reales, mientras que valores mayores que 1 son indicados si se desea visualizar cambios en la topografía en un relieve relativamente plano.
- **Azimuth of the light:** Este valor determina la dirección de la luz en grados desde el Norte ( $0^\circ$ ). Un valor común es 315 (correspondiente al noroeste).
- **Altitude of the light:** Este valor determina la altura del sol en grados sobre el horizonte. Un valor común es 45.
- **Shading mode:** Seleccionar **Traditional** para un sombreado estándar.
- **Output layer:** Especificar el nombre y la ubicación del archivo de salida o geoprocésado.
- Ejecutar la herramienta.

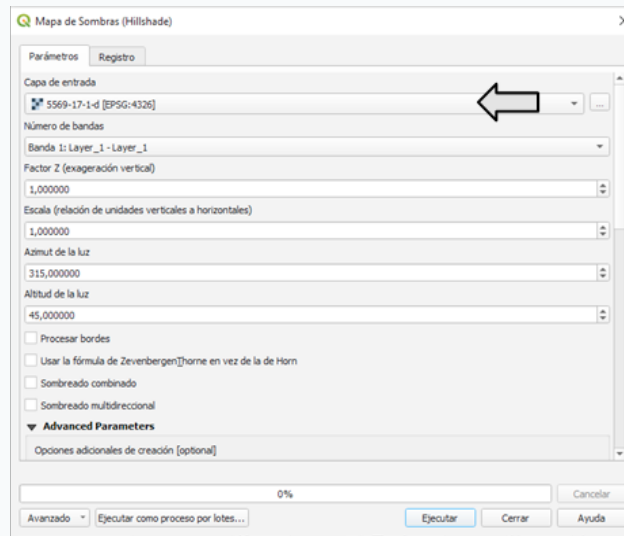


Figura 139. Ventana de la herramienta Mapa de Sombras (Hillshade).

Como resultado se obtendrá una nueva capa ráster tal como se puede observar en la Figura 140.



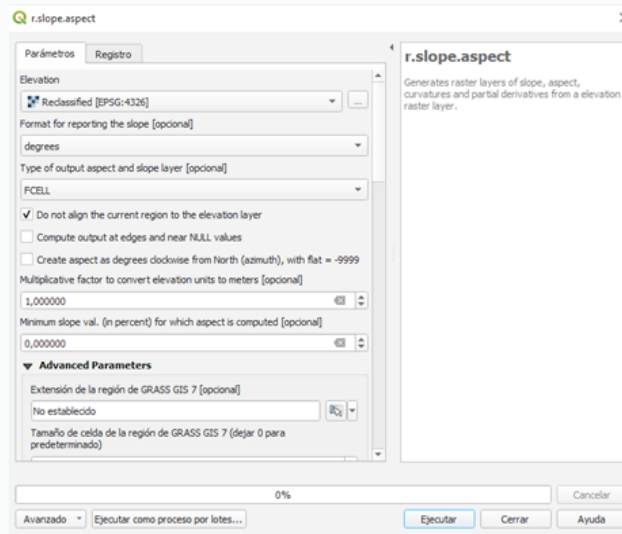
Figura 140. Mapa de sombras a partir de un MDE obtenido con la herramienta Hillshade.

## Curvatura (*r.slope*):

La herramienta de cálculo de curvatura o *slope* permite analizar la curvatura de la superficie terrestre a partir de un MDE. Esta herramienta calcula la curvatura del perfil y del plano, lo que puede ser útil para diversos análisis geomorfológicos y de gestión del agua.

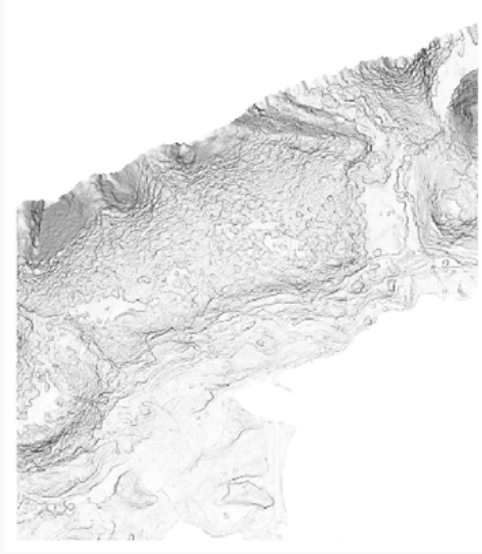
Para acceder a ella hay que dirigirse a la caja de herramientas de procesos y buscarla dentro de **GDAL** → **Ráster (análisis)** → **Curvatura o Slope**, donde se habilitará una ventana de configuración de la herramienta (*Figura 141*).

Una vez que se accede a la herramienta se deberá cargar la capa de entrada (capa ráster a geoprocesar) y mantener el resto de los parámetros establecidos por defecto (de considerar otros parámetros, pueden modificarse).



*Figura 141. Ventana de la herramienta r.slope.*

Como resultado se obtendrá una nueva capa ráster tal como se puede observar en la *Figura 142*.



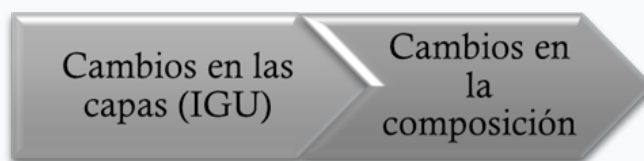
*Figura 142. Mapa de curvaturas a partir de un MDE obtenido con la herramienta r.slope.*

## Capítulo 10

# Composición de mapas

### Crear una nueva composición de impresión

Hasta el momento se han trabajado con capas de información, pero siempre en el entorno de la IGU. Sin embargo, para elaborar un mapa en formato PDF o de imagen, se tendrá que crear una nueva composición de impresión, utilizando para ello el diseñador de impresión. Aunque son interfaces distintas, es importante recalcar que los cambios que se realicen en la IGU se verán reflejados, por defecto, en la composición (*Figura 143*).



*Figura 143. Relación entre IGU y composición.*

Antes de continuar, se podrá instalar un complemento que nos permitirá buscar y seleccionar, desde servidores en línea, un *Web Map Service* (WMS) para cargar y visualizar un “mapa base” en nuestro proyecto. Para ello, se buscará e instalará el complemento **QuickMapServices** (QMS) (*Figura 144*).

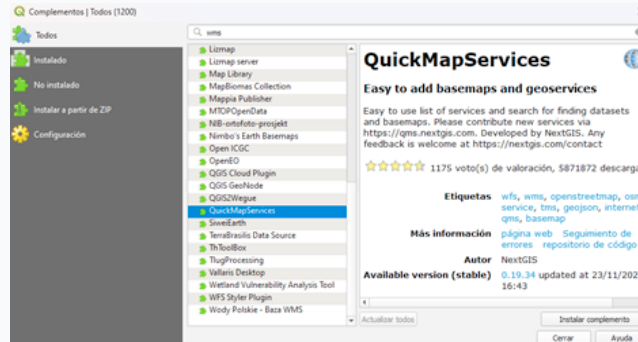


Figura 144. Instalación del complemento QuickMapServices.

Una vez instalado el complemento, se puede buscar un determinado WMS mediante **Web** → **QuickMapServices** → **Search QMS** (Figura 145). En este caso se realizará una búsqueda con la palabra clave “OpenStreetMap”, cuyos resultados aparecerán en un recuadro ubicado abajo a la izquierda de la pantalla. Entre los resultados de la búsqueda se seleccionará el QMS **OpenStreetMap** y se presionará **Add**, observando que se ha cargado un nuevo mapa base (Figura 146).

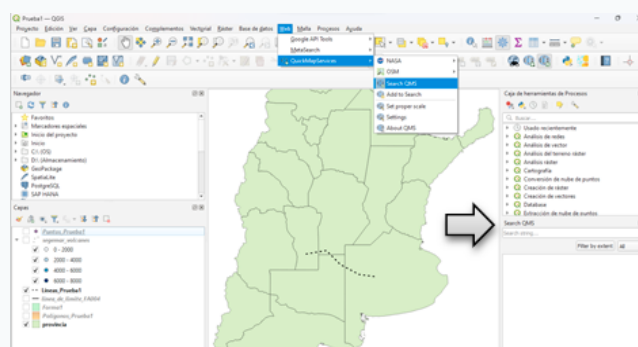


Figura 145. Herramienta de búsqueda Search QMS.

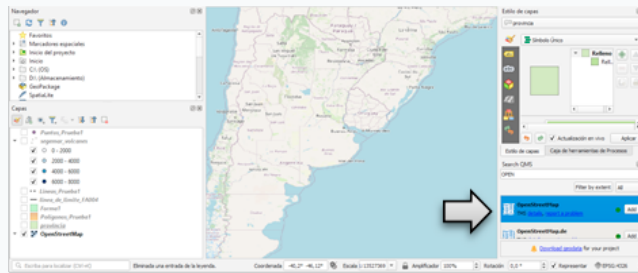


Figura 146. Selección del QMS OpenStreetMap.

Con el mapa base cargado, ahora sí se podrá crear un mapa temático mediante la herramienta **Nueva composición de impresión** (Figura 147). Al hacer clic sobre este ícono se abrirá una ventana que permitirá establecer un nombre o título para cada mapa o composición a elaborar. Como ejemplo, se creará una primera composición que se denominará “Mapa1”.

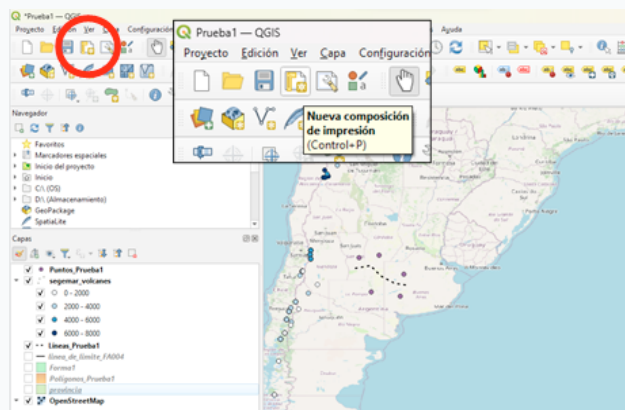
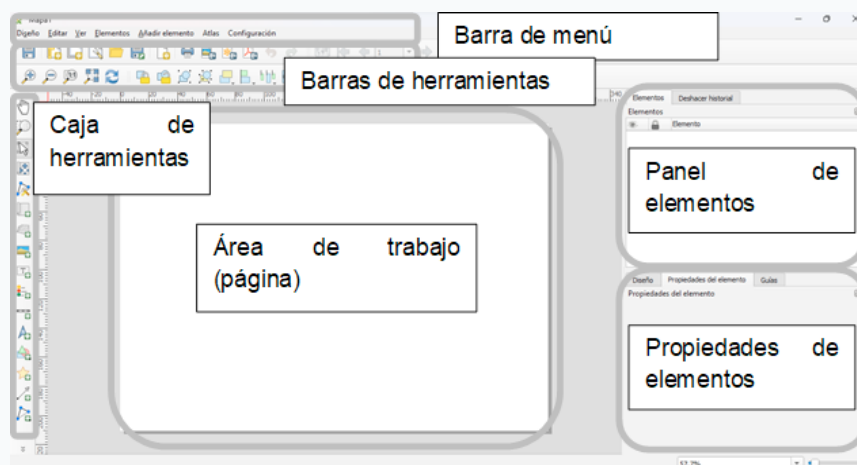


Figura 147. Opción para crear una Nueva composición de impresión.

Al crear una nueva composición, automáticamente se abrirá una nueva interfaz o ventana de trabajo (diseñador de impresión) que nos permitirá elaborar los distintos mapas temáticos requeridos. Como ya se mencionó, la IGU y el diseñador de impresión están vinculados y permanecen abiertos en ventanas diferentes. Los

componentes del diseñador de impresión incluyen el área de trabajo (página), la barra de menú, las distintas barras de herramientas, la caja de herramientas, el panel de elementos y el panel de propiedades de los elementos, entre otros, además de guías horizontales y verticales que permitirán ubicar adecuadamente los elementos dentro de la página (*Figura 148*).



*Figura 148. Diseñador de impresión.*

Los elementos que se podrán incluir en nuestra composición son, por ejemplo, un recuadro con el título del mapa, el mapa en sí a representar, la “flecha del norte”, una escala gráfica, una leyenda, una tabla de atributos, una imagen, etc. Para incluir un elemento en particular se debe seleccionarlo de la caja de herramientas, ubicada a la izquierda de la pantalla. En la *Tabla 6* se muestra un resumen con la descripción de las herramientas disponibles en esta caja.

Se podrá comenzar a trabajar con nuestra composición. El primer elemento que se podrá incorporar en el área de trabajo es un mapa. Para añadir cualquier elemento puede usarse tanto la caja de herramientas como la pestaña “Añadir elemento” (*Figura 149*). Se seleccionará la herramienta **Añadir mapa** y luego se traza el área donde se desea que se represente el mapa dentro de la página, manteniendo presionado el botón izquierdo del *mouse* (*Figura 150*). Como se puede observar, el mapa se halla vinculado con la IGU: las capas que se visualicen en la IGU (en el orden en el que se encuentren en el panel de capas) son las que se representarán en el mapa. Si se realiza un cambio en la IGU, éste se verá reflejado en nuestra composición.

HERRAMIENTA	USO
<b>Desplazar composición</b>	Permite el desplazamiento a través del área de trabajo.
<b>Zoom</b>	Acerca o aleja la vista del área de trabajo.
<b>Seleccionar / Desplazar elemento</b>	Selecciona o mueve un elemento dentro del área de trabajo.
<b>Desplazar contenido del elemento</b>	Mueve el contenido del elemento, no el elemento en sí. Por ejemplo, permite el desplazamiento dentro de un mapa incluido en el área de trabajo.
<b>Editar elemento de nodos</b>	Edita un elemento de nodos (polilínea o polígono).
<b>Desplazar contenido del elemento</b>	Añade un mapa asociado con las capas cargadas y visibles de la IGU. Al modificarse la visualización de las capas en la IGU, el mapa también se modificará en la composición (salvo que se indique lo contrario).
<b>Añadir Mapa 3D</b>	Añade un mapa 3D.
<b>Añadir Imagen</b>	Añade una imagen ráster o SVG (Scalable Vector Graphics).
<b>Añadir Etiqueta</b>	Añade una etiqueta o cuadro de texto.
<b>Añadir Leyenda</b>	Añade una caja de leyenda que permitirá interpretar la información visualizada en el mapa.
<b>Añadir Barra de escala</b>	Añade una escala gráfica.
<b>Añadir Flecha del Norte</b>	Añade una flecha del norte o rosa de los vientos.

<b>Añadir Forma</b>	Añade una forma geométrica.
<b>Añadir Marcador</b>	Añade un marcador.
<b>Añadir Flecha</b>	Añade una flecha.
<b>Añadir Elemento nodo</b>	Añade un elemento nodo (polilínea o polígono).
<b>Añadir HTML</b>	Añade un marco HTML.
<b>Añadir Tabla de atributos</b>	Añade la tabla de atributos de una determinada capa.
<b>Añadir Tabla fija</b>	Añade una tabla fija cualquiera.
<b>Añadir Perfil de elevación</b>	Añade un perfil de elevación.

Tabla 6. Herramientas básicas para la elaboración de composiciones.

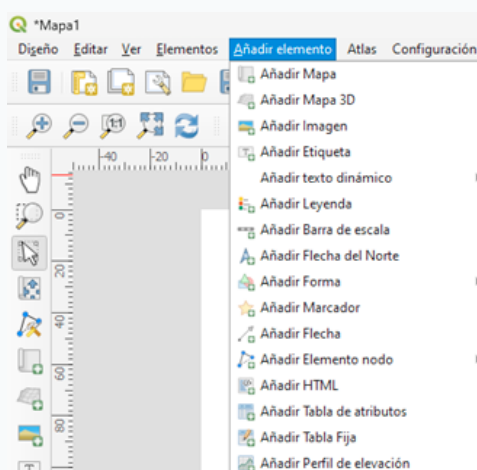


Figura 149. Menú de elementos que pueden ser añadidos a la composición.

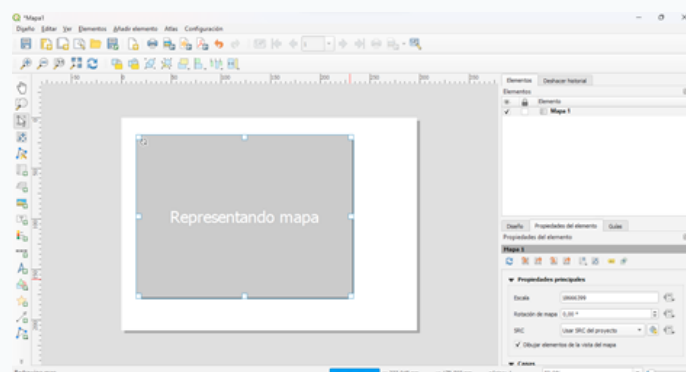


Figura 150. Agregado de un mapa a la composición.

## ORDEN DE LOS ELEMENTOS

Al igual que el orden de las capas en el panel de capas establece el orden de visualización en la IGU, ocurre lo mismo en el caso de los elementos en una composición. Los elementos que estén en más arriba en el panel de elementos son los que se visualizarán primero.

Por lo tanto, si se establece un orden incorrecto, los elementos que quedan “atrás” (más abajo en la lista de elementos) serán ocultados por los anteriores.

Además del mapa, se incorpora otros elementos como un cuadro de texto con el título del mapa, una barra de escala, una leyenda y una flecha que indica el norte. También se puede observar que sobre el mapa se han establecido marcadores que indican latitud y longitud (Figura 151). Esta composición es ilustrativa de algunos elementos que pueden añadirse, sin embargo, sería necesario continuar trabajando para obtener una versión definitiva del mapa temático.

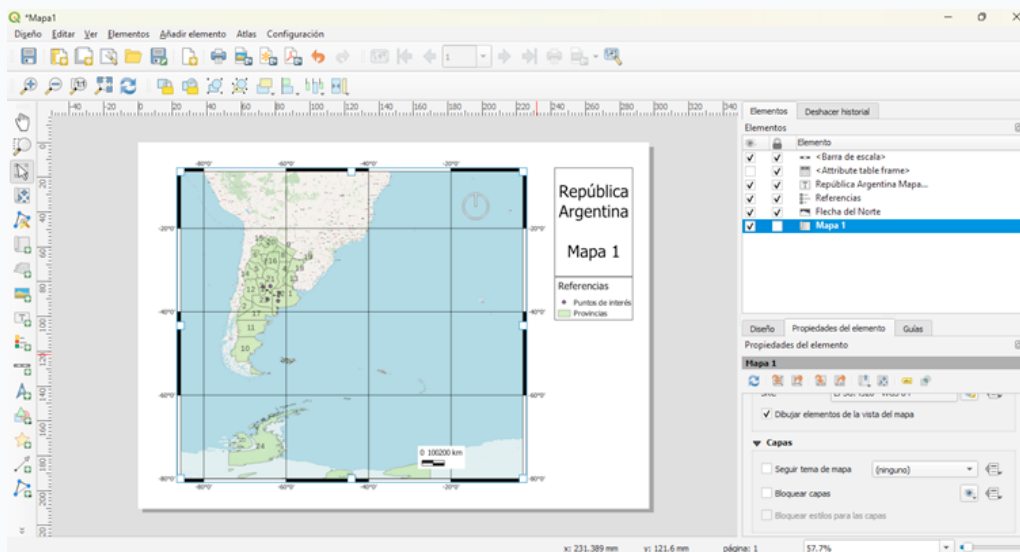


Figura 151. Composición en la que se representa un mapa de la República Argentina.

Algo importante a destacar es que, a medida que se vayan incorporando nuevos elementos, éstos aparecerán en el panel de elementos, en el orden que hayan sido añadidos (los más recientes, arriba). Este orden se puede modificar simplemente mientras se arrastra un elemento a una posición superior o inferior en la lista, o incluso eliminarlo de la lista haciendo clic derecho y seleccionado **Borrar elemento**.

Por otra parte, al marcar o desmarcar las casillas de la primera columna, se podrá visualizar o dejar de visualizar un elemento en la composición. La segunda casilla, que por defecto se encuentra desmarcada, al marcarse permite bloquear un elemento, anclándolo al lugar que ocupa en la página e impidiendo la opción de **Desplazar contenido del elemento**. El bloqueo de los elementos es recomendable cuando ya se haya terminado de editar la composición, a fin de impedir su modificación.

Antes de continuar se podrá guardar y cerrar nuestra composición y regresar a la IGU, con el objetivo de explicar el procedimiento para abrir una composición guardada y continuar trabajando en ella. En nuestro caso, el proyecto tiene una única composición que se guardó como “Mapa1”, sin embargo, se podrán tener múltiples composiciones para el mismo proyecto.

En la *Figura 152* se observa la herramienta **Mostrar administrador de composiciones**, simplemente se debe hacer clic en dicha herramienta y se abrirá una ventana que nos permitirá seleccionar la composición con la cual se desea continuar

trabajando. Luego de presionar **Mostrar** se abrirá la composición seleccionada. Mediante el administrador de composiciones también se puede duplicar una composición, eliminarla o cambiar su nombre.

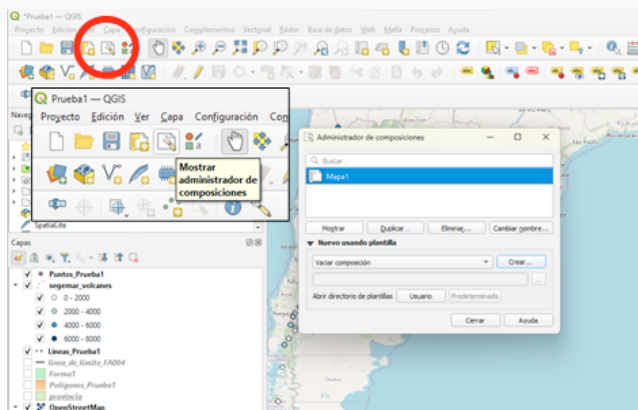


Figura 152. Administrador de composiciones.

## Propiedades y características de los elementos

En esta sección se podrá hacer foco en algunas propiedades de los principales elementos que se pueden añadir a nuestra composición, las cuales se observarán en el panel inferior derecho simplemente haciendo clic sobre el elemento en el panel de elementos. Los elementos mínimos que debería contener una composición son el mapa en sí, un cuadro de texto con el título e información del mapa, la leyenda, la barra de escala o una escala numérica y la flecha del norte.

## Propiedades de la página

La página es el área de trabajo de nuestra composición, es decir, la base sobre la cual se añadirán los elementos. Haciendo clic en algún lugar en blanco de la página se podrá acceder a sus propiedades, como el **Tamaño** (A4, carta, etc.) y la **Orientación** (vertical u horizontal).

## Mapa

Las propiedades principales de un mapa son la **Escala**, la **Rotación** y el **SRC** (Figura 153). La escala puede fijarse en función de las necesidades de representación del terreno en el mapa simplemente cambiando el valor de ésta. De igual manera, el mapa podría rotarse si fuese necesario. Respecto al SRC, si bien por defecto se establece el mismo que el del proyecto, también podría modificarse. Una función importante es **Actualizar vista previa de mapa** (Figura 153), que permite justamente actualizar la vista del mapa si se realizó alguna modificación de las capas en la IGU. Una aclaración importante es que esta función solo actualizará la vista previa siempre y cuando no esté marcada la opción **Bloquear capas** dentro de las propiedades de **Capas** del mapa. Al bloquear las capas, cualquier modificación que se haga en las capas en la IGU no se verá reflejada en la composición.

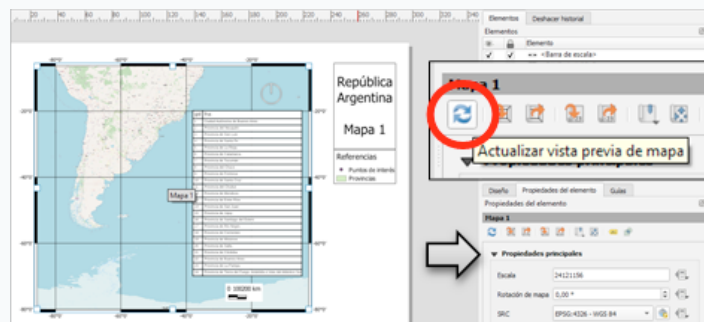


Figura 153. Propiedades principales y actualización de la vista previa del mapa.

En la mayoría de los mapas a crear, será necesario establecer una grilla a modo de referencia, indicando las coordenadas geográficas mediante líneas o marcadores en el marco del mapa. El procedimiento para representar una grilla de líneas o marcadores requiere de algunos pasos que se muestran en las Figuras 154 a 158. En primer lugar, se debe buscar la opción **Cuadrículas** dentro de las propiedades del mapa (Figura 156). Luego, al presionar +, se crea una grilla denominada “Cuadrícula 1”, que se podrá configurar mediante la opción **Modificar rejilla**. Esta opción despliega una ventana con las propiedades de la rejilla.

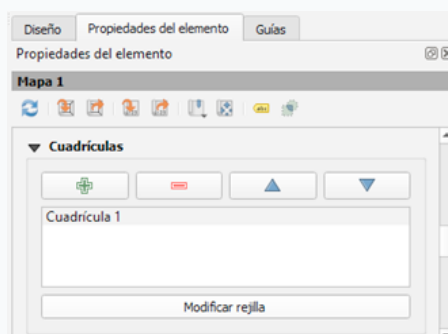


Figura 154. Opción para añadir una cuadrícula al mapa.

Mediante la configuración de la **Apariencia** podrán establecerse el tipo de cuadrícula, el SRC y el intervalo de representación de las líneas de la grilla. Además, podrá modificarse el estilo de las líneas de la cuadrícula, entre otras propiedades (Figura 155). La definición del SRC de la grilla es fundamental para la correcta visualización de ésta. Si el SRC del proyecto es de tipo geográfico, una alternativa es utilizar el mismo SRC para la cuadrícula. De esta manera, las coordenadas serán de tipo geográfico y así se representarán en el mapa. Pero si el SRC del proyecto es de tipo proyectado y se busca representar una grilla en coordenadas geográficas, se tendrá que modificarlo.

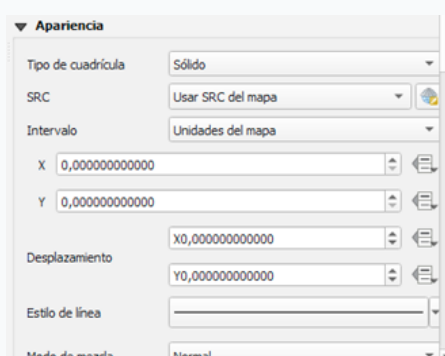


Figura 155. Propiedades de la cuadrícula añadida.

De forma similar, la opción **Marco** permitirá seleccionar características del marco del mapa tales como estilo, tamaño, etc. (Figura 156). Si se desean mostrar coordenadas de referencia en el marco del mapa, se debe tildar la opción **Dibujar coordenadas**, que habilita un menú para establecer el formato de las coordenadas, su ubicación en el marco, tipo de letra, etc. (Figura 157).

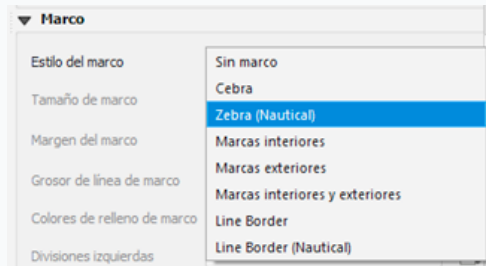


Figura 156. Estilo de marco del mapa.



Figura 157. Opciones para la anotación de las coordenadas en el mapa.

Como resultado de la creación de la “Cuadrícula 1” y la modificación de sus propiedades, se han establecido en nuestro mapa una grilla con líneas cada 20° de latitud (líneas horizontales) y longitud (líneas verticales), con sus correspondientes valores anotados en el marco del mapa (Figura 158). La creación de grillas o cuadrículas no se limita a establecer paralelos y meridianos a modo de referencia geográfica, sino que también se utilizan en estudios ambientales, ecológicos,

poblacionales o cualquier otro que requiera la sectorización de un territorio, el establecimiento de puntos o áreas de muestreo regulares, etc.

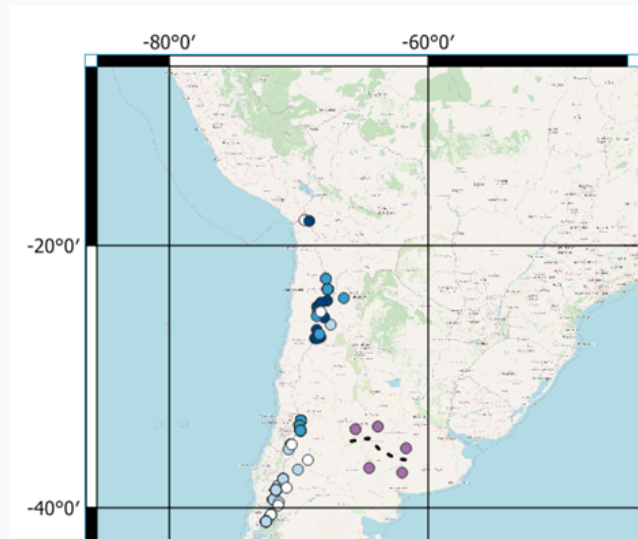


Figura 158. Visualización de paralelos y meridianos.

## Etiqueta o cuadro de texto

Los cuadros de texto son un elemento fundamental de la composición, en particular para indicar su título, una descripción breve, etc. La propiedad principal de la etiqueta es el texto en sí, es decir, su contenido. Otras propiedades o características son la **Apariencia**, la **Posición y tamaño**, la **Rotación**, el **Marco** y el **Fondo**. La apariencia se refiere al tipo y tamaño de letra del texto y su alineación dentro del cuadro de texto. En cambio, la posición y tamaño se refiere al tamaño y posición del cuadro de texto dentro de la página.

### SRCY BARRA DE ESCALA

Dado que la barra de escala está asociada a un mapa con un determinado SRC, si la selección de dicho SRC no es adecuada, la escala gráfica podría no ser exacta, indicando distancias aproximadas.

Para mayor exactitud en la representación de distancias, se recomienda seleccionar un SRC local, es decir, desarrollado para la ubicación geográfica que se busca.

## Leyenda o cuadro de referencias

Todo mapa temático deberá necesariamente contar con una caja o cuadro de referencias o leyenda que permita la interpretación de lo observado en el mapa, es decir, entender qué es lo que se está viendo en el mapa. Al añadir una leyenda, por defecto se muestran todas las capas del proyecto, pero es posible mostrar únicamente aquellas de interés para nuestra composición. La simbología y nombre de cada elemento de la leyenda serán, también por defecto, idénticos a los de las capas correspondientes. Algunas propiedades principales de la leyenda son el **Título**, el **Mapa** al cual está asociada la leyenda (puede haber más de un mapa en nuestra composición) y el **Arrangement** (arreglo) de símbolos y texto dentro del cuadro. Por otra parte, la configuración de los **Elementos de la leyenda** será fundamental para establecer qué elementos serán mostrados en el cuadro y en qué orden (*Figura 159*). La opción **Auto actualizar** se encuentra marcada por defecto, esto implica que cada cambio realizado en la simbología, nombre u orden de las capas en la IGU se replicará en la leyenda. Si se desmarca esta opción se tendrá la oportunidad de modificar el nombre y orden de las capas y seleccionar cuáles eliminar de la leyenda mediante el signo – (*Figura 160*), pero estos cambios no afectarán de ninguna manera a las capas cargadas en el IGU, solo impactarán en la composición. En la *Figura 161* se muestra el resultado de la incorporación del título **Referencias** en el recuadro de leyenda, así como la reorganización de los elementos, eliminando aquellos que no se visualizan en el mapa. Para cambiar el nombre de un elemento de la leyenda simplemente se debe hacer doble clic sobre el mismo y se abrirá una lista de opciones.

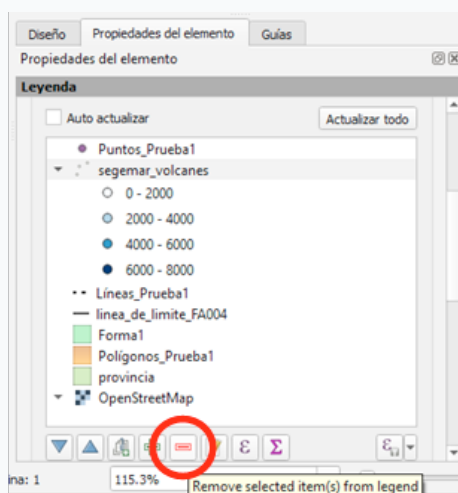


Figura 159. Opción para eliminar elementos de la leyenda.

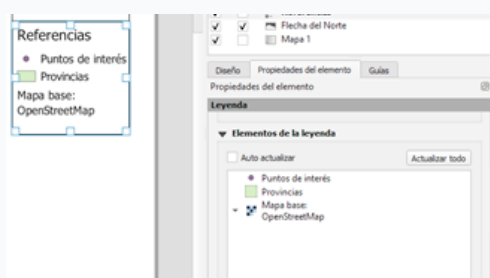


Figura 160. Modificación de los elementos de la leyenda.

## Barra de escala y flecha del norte

La inclusión de una escala gráfica o numérica y una flecha que indique el norte geográfico es indispensable en cualquier mapa. Ambos elementos pueden añadirse fácilmente en cualquier punto de la página simplemente manteniendo el botón izquierdo del *mouse* y arrastrándolo hasta el tamaño deseado. Luego puede reubicarse dentro de la página mediante la herramienta **Seleccionar/Desplazar elemento**, utilizando el *mouse*.

Las propiedades principales de la barra de escala son **Mapa** y **Estilo**. La configuración del mapa permite establecer a qué mapa de nuestra composición está asociada la barra de escala (como ya se mencionó, se podrá tener más de un mapa en una composición). El estilo se refiere al aspecto o tipo de escala a mostrar (recuadro simple, recuadro doble, etc.). Otras propiedades importantes que pueden ser configuradas son las **Unidades** de representación de la escala (metros, kilómetros, etc.), el ancho y alto de los **Segmentos** de la barra, el **Marco**, etc. Si bien el tamaño de la barra de escala debería cambiar su tamaño automáticamente al cambiar la escala del mapa, algunas veces esto no ocurre, por lo que se recomienda que la barra sea añadida una vez que ya no se vaya a modificar la escala del mapa.

En relación con la flecha del norte, ésta puede ser seleccionada entre múltiples imágenes SVG precargadas en el programa o una imagen ráster cualquiera desde el ordenador.

## Tabla de atributos

Añadir una tabla de atributos puede ser interesante si se desea mostrar determinadas características (atributos) de los elementos de una o más capas, como el nombre, coordenadas geográficas, área, altura, etc. Las propiedades de las tablas de atributos mostradas como parte de la composición son variadas, pero lo fundamental es establecer cuál es la capa a la cual corresponde la tabla de atributos y cuáles son los campos o atributos de esta tabla que se desea mostrar. Por ejemplo, en nuestra composición se podrá incluir una tabla de atributos correspondiente a la capa **provincia** (*Figura 161*). Haciendo clic en **Atributos** se desplegará una ventana que permite indicar cuáles atributos mostrar y en qué orden (*Figura 162*). Para eliminar aquellos campos que no son relevantes, los que se seleccionará en el recuadro superior haciendo clic en cada uno de ellos y se presionará el signo – y luego **Aceptar**.

El resultado es la tabla de atributos mostrada en la *Figura 163*, en la cual se conservaron únicamente dos atributos, **gid** y **fna**. Cabe aclarar que, para poder visualizar las etiquetas numéricas en la composición, previamente se seleccionó la opción **Etiquetas sencillas** para el campo **gid** de la capa **provincia** en el IGU, y luego se actualizó el mapa en la composición. La **Apariencia** y el **Estilo de fuentes y texto** son otras propiedades de la tabla que pueden modificarse fácilmente en la composición.



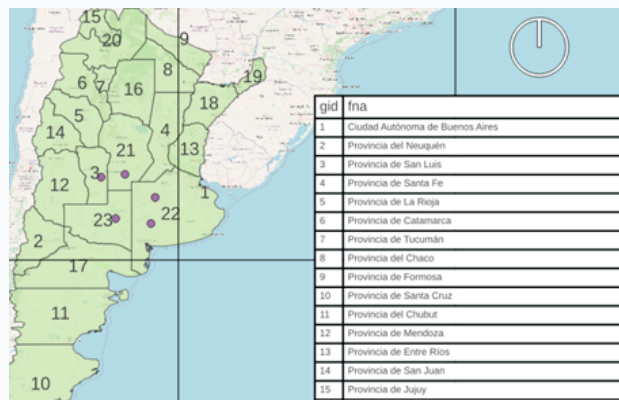


Figura 163. Aspecto de la tabla de atributos añadida a la composición.

## DISEÑO Y GUÍAS

Además de las propiedades del elemento, en el panel inferior derecho pueden modificarse parámetros de diseño de la composición, tales como la resolución de exportación, etc.

También pueden establecerse o establecer guías horizontales o verticales en la extensión de la página.

## Imágenes

Las imágenes son elementos complementarios de un mapa temático, que a veces puede ser interesante incluir en la composición. Las propiedades principales de las imágenes son el **Tipo** (ráster o SVG), el **Tamaño** y **ubicación**, etc.

## Impresión de la composición

Al finalizar el trabajo de edición de la composición, es necesario exportarla como archivo de imagen, SVG o PDF a fin de imprimir nuestro mapa o incluirlo en un

documento, compartirlo, etc. Por ejemplo, la forma de lograr la “impresión” de nuestra composición como imagen es mediante la opción **Diseño** → **Exportar como imagen** (o SVG o PDF) (Figura 164).

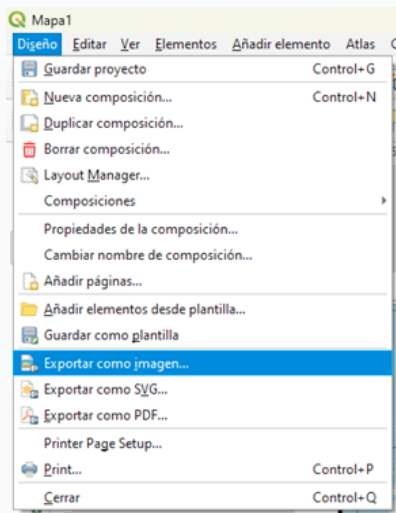


Figura 164. Impresión de la composición como imagen.

Al hacer clic en esta opción pueden aparecer uno o más mensajes de información y luego se tendrá que indicar en qué carpeta y con qué nombre se guardará nuestro mapa. Una vez hecho esto aparecerá una ventana que nos permitirá configurar las **Opciones de Exportación de Imagen**, en particular la resolución, ancho y alto de la página (Figura 165).

Al presionar **Guardar**, luego de unos segundos aparecerá un mensaje indicado que la exportación fue realizada con éxito (o no, si existe algún problema) en la carpeta correspondiente. En la Figura 166 puede apreciarse el resultado de la exportación de nuestra composición como archivo de imagen PNG.

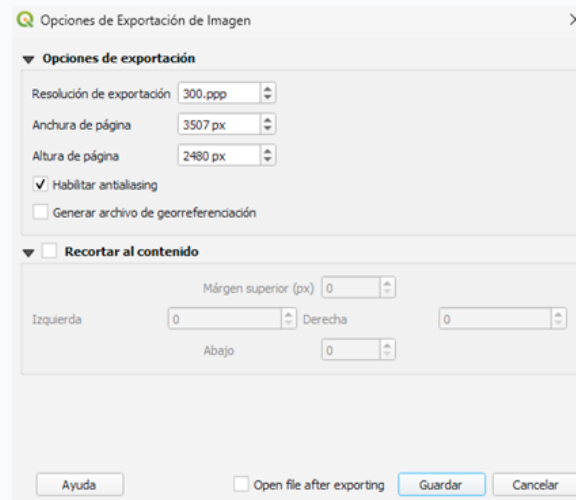


Figura 165. Opciones de exportación de la composición como imagen.

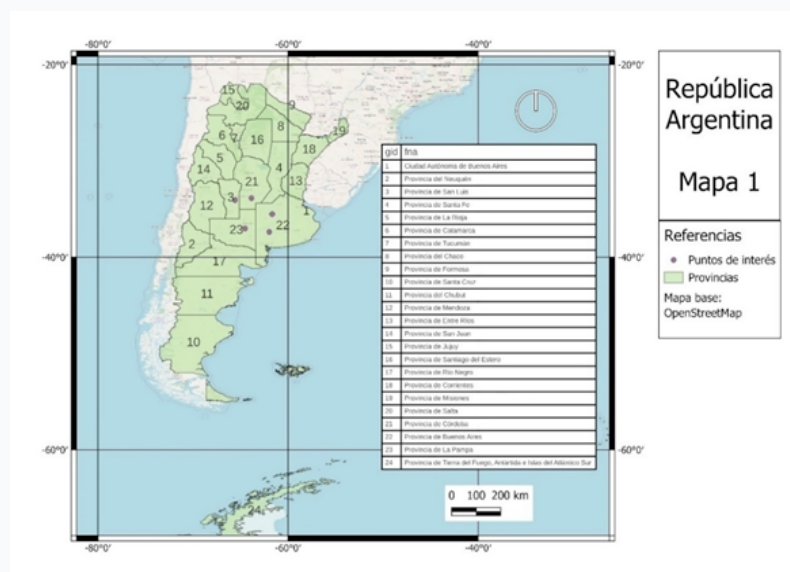


Figura 166. Aspecto de la composición exportada como imagen.

Segunda Parte

**CASOS**

**DE APLICACIÓN**

La segunda parte de esta guía tiene como objetivos:

- Mostrar algunas aplicaciones prácticas de QGIS en el ámbito de las ciencias ambientales.
- Ejemplificar la posibilidad de uso de herramientas de procesos de QGIS, GDAL y GRASS.

Los casos seleccionados son los siguientes:

- Delimitación y recorte de una cuenca hidrográfica.
- Elaboración de mapas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo ambiental.
- Análisis de usos del suelo.
- Mapeo de variables ambientales.

## Capítulo 11

# Delimitación y recorte de una cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica o cuenca de drenaje es una superficie del territorio definida por la topografía y delimitada por una línea imaginaria (“divisoria de aguas”), que drena hacia una corriente en un lugar determinado (Chow et al., 1994). El programa QGIS nos permite delimitar una cuenca hidrográfica de una forma relativamente sencilla, a partir de un modelo digital de elevación (MDE) o de terreno (MDT). Estos modelos son básicamente capas ráster en las cuales los píxeles tienen un determinado color en una escala, de acuerdo con el valor de la altura de ese píxel de terreno sobre el nivel del mar u otro nivel arbitrario. Mientras que los MDE (o *DEM*, en inglés) muestran las alturas de los puntos más altos en una determinada área, incluyendo edificaciones, vegetación, etc., los MDT muestran la topografía real del terreno y por lo tanto son más adecuados para la delimitación de una cuenca, la creación de curvas de nivel, etc. Sin embargo, a veces se cuenta solo con un MDE y su utilización es también válida para muchas aplicaciones.

GRASS GIS (Geographic Resources Analysis Support System) es un proyecto colaborativo que brinda herramientas o algoritmos de geoprocetamiento de capas ráster y vectoriales que permiten una gran variedad de operaciones avanzadas, entre ellas la delimitación de cuencas hidrográficas. Para conocer más sobre los

algoritmos GRASS, puede consultarse el material disponible en la página del proyecto (<https://grass.osgeo.org/>). Las versiones más nuevas de QGIS cuentan con un *plugin* GRASS instalado por defecto, pero en versiones anteriores este programa debía instalarse opcionalmente al momento de instalar QGIS. A continuación, se propone una serie de pasos para la delimitación de una cuenca hidrográfica en QGIS con herramientas GRASS:

1. Adquirir un MDT o MDE del área de interés.
2. Cargar el MDT o MDE como capa ráster en nuestro proyecto.
3. Eliminar las depresiones mediante el algoritmo GRASS **r.fill.dir**, que genera una capa ráster sin depresiones.
4. Aplicar el algoritmo GRASS **r.watershed** sobre la capa generada en el punto anterior. Esta operación genera varias capas ráster, de las cuáles se utilizará solo algunas.
5. Aplicar el algoritmo GRASS **r.water.outlet** sobre la capa **Drainage direction** (dirección de drenaje) creada en el punto anterior, marcando como salida de la cuenca la desembocadura de ésta, definida sobre la capa también creada en el punto anterior denominada **Number of cells that drain through each cell** (número de celdas que drenan a través de cada celda).
6. Generar una capa vectorial de polígono a partir del ráster creado, mediante el algoritmo GRASS **r.to.vect**.
7. Vectorizar la red de drenaje mediante el algoritmo GRASS **r.to.vect**, tomando como base el ráster **Stream segments**.

## Adquisición y carga de un MDE

Las fuentes para la adquisición de un MDE o MDT pueden ser públicas o privadas. En la República Argentina, el IGN elabora y provee gratuitamente MDE con diferentes resoluciones, abarcando la totalidad de la superficie del país. Los mismos pueden descargarse desde la plataforma MDE-Ar v2.0 (<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/ModeloDigitalElevaciones/Introduccion>) (Figura 167).

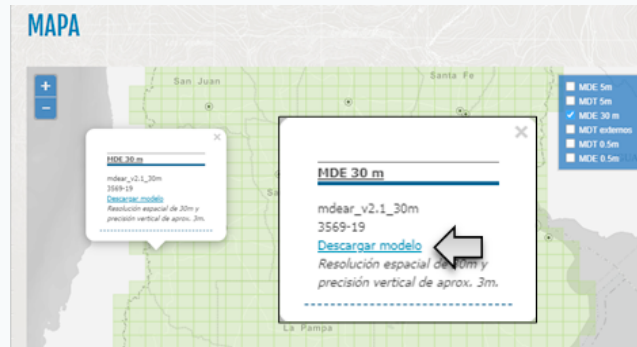


Figura 167. Descarga de un MDE desde la página del IGN de la República Argentina.

Una vez descargado el MDE de interés, simplemente se carga en el panel de capas mientras se arrastra el archivo desde su carpeta original, como ya se hizo anteriormente con otros archivos. Al realizar esta acción se visualiza el MDE con una escala de colores grises (Figura 168). Como en cualquier capa, se puede cambiar la simbología del MDE cargado seleccionando, por ejemplo, una rampa de color que asigna un rojo intenso a los píxeles con las mayores alturas y un color más claro para las zonas más bajas del mapa (Figura 169).

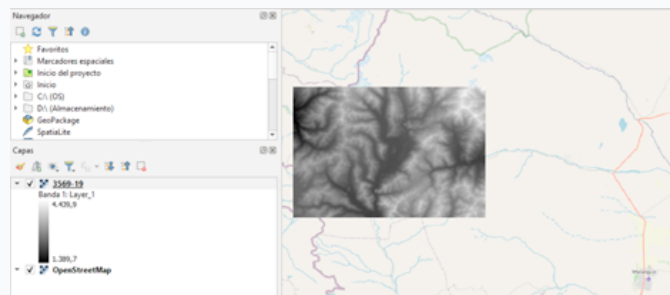


Figura 168. Visualización del MDE cargado.

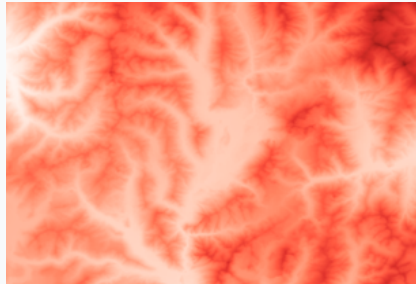
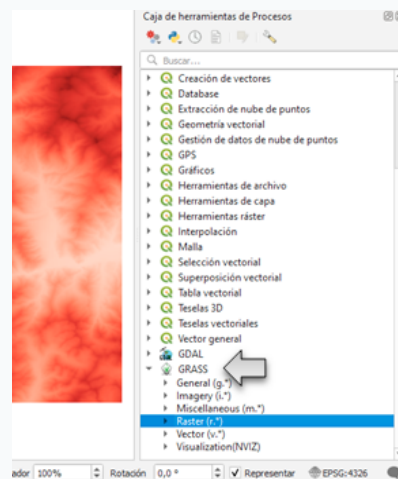


Figura 169. Cambio de la simbología del MDE.

## Eliminación de depresiones mediante r.fill.dir

Sobre el MDE original se podrá aplicar la herramienta GRASS **r.fill.dir**, a fin de eliminar las depresiones del terreno que podrían generar errores en los pasos posteriores del proceso de delimitación de la cuenca. Para ello, se selecciona la opción **GRASS** → **Ráster(r.\*)** → **r.fill.dir** en la **Caja de herramientas de Procesos** (Figura 170).



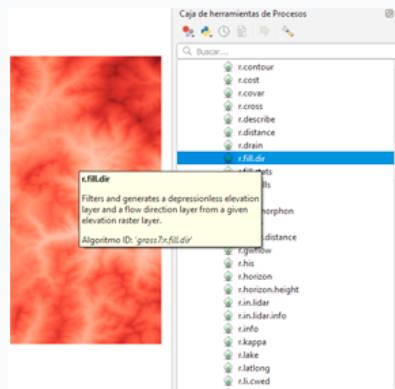


Figura 170. Ubicación del algoritmo GRASS *r.fill.dir* dentro de la Caja de herramientas de Procesos.

Mediante el algoritmo **r.fill.dir** el programa va a generar, entre otras capas ráster, un nuevo MDE sin depresiones con el cual se seguirá trabajando luego. Dentro de los parámetros a establecer para la ejecución del algoritmo, lo principal es indicar el MDE original a partir del cual se va a generar este nuevo MDE sin depresiones, en nuestro caso será el ráster **3566-19 [EPSG:4326]** descargado desde la página del IGN (Figura 171).

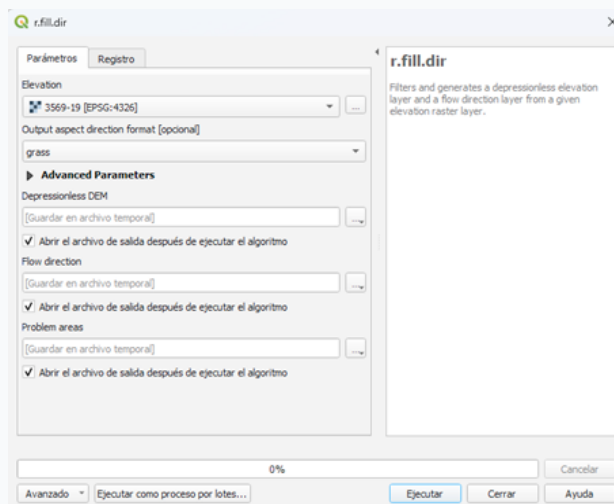


Figura 171. Establecimiento de parámetros del algoritmo GRASS *r.fill.dir*.

La ejecución del algoritmo **r.fill.dir** da como resultado tres nuevas capas ráster denominadas **Flow direction**, **Depressionless DEM** y **Problem areas** (Figura 172).

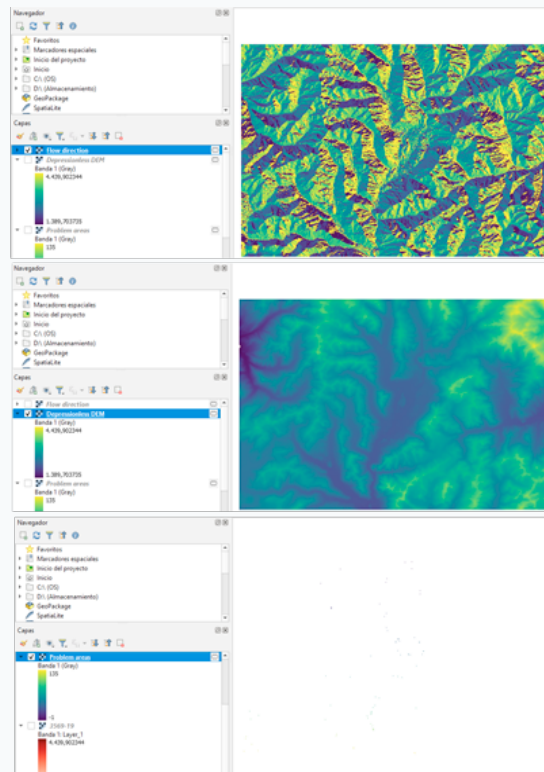


Figura 172. Capas creadas a partir de la aplicación del algoritmo GRASS *r.fill.dir*.

## Aplicación de la herramienta *r.watershed*

El siguiente paso es la ejecución del algoritmo GRASS *r.watershed* al ráster **Depressionless DEM** generado en el punto anterior. Al consultar la información sobre este algoritmo en la página web del proyecto GRASS (<https://grass.osgeo.org/grass83/manuals/r.watershed.html>), se accede a una descripción de éste y a una lista de los parámetros de la herramienta. Para que el algoritmo se ejecute correctamente, como mínimo debe seleccionarse el ráster de elevación (**Depressionless DEM**) y el **Minimum size of exterior watershed basin** (Figura 173), que en el manual aparece como **threshold**. Si bien el cuadro de diálogo marca este parámetro como opcional, en la práctica, si no se define un valor, puede pasar que el algoritmo no se ejecute. Para

el ejemplo, se seleccionó un valor de 100 para este parámetro. Cuanto menor sea el valor establecido, mayor será el tiempo de ejecución del algoritmo y mayor será el nivel de detalle en los resultados.

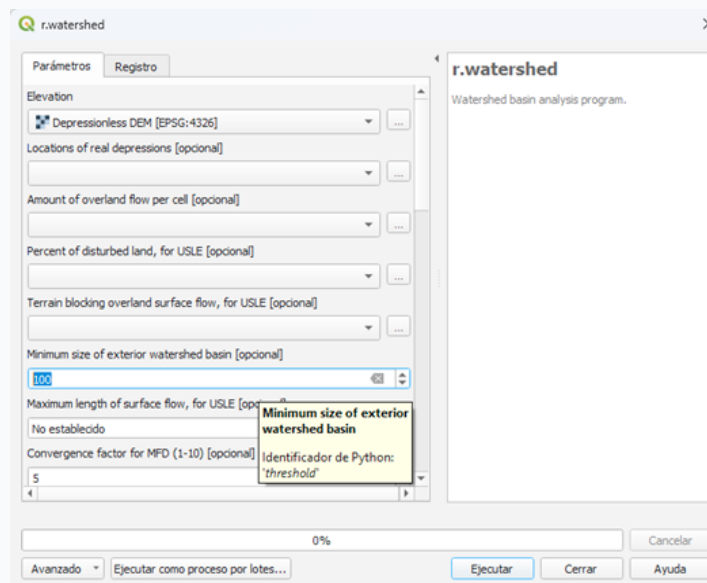


Figura 173. Establecimiento de parámetros del algoritmo GRASS *r.watershed*.

Como se puede observar en la Figura 174, la ejecución del algoritmo *r.watershed* genera múltiples ráster, cada uno de ellos valioso en sí mismo para un determinado objetivo. A fin de delimitar una cuenca, se trabajará con dos de las capas generadas: **Number of cells that drain through each cell** y **Drainage direction**, seleccionando un curso de agua dentro de nuestro MDE para el cual se trazará su cuenca de drenaje. En este caso será el arroyo Santa Helena, de la provincia de Mendoza, Argentina (Figura 175). Posteriormente se utilizará la capa **Stream segments** para trazar la red de drenaje, es decir, las líneas que representan los cursos de agua.

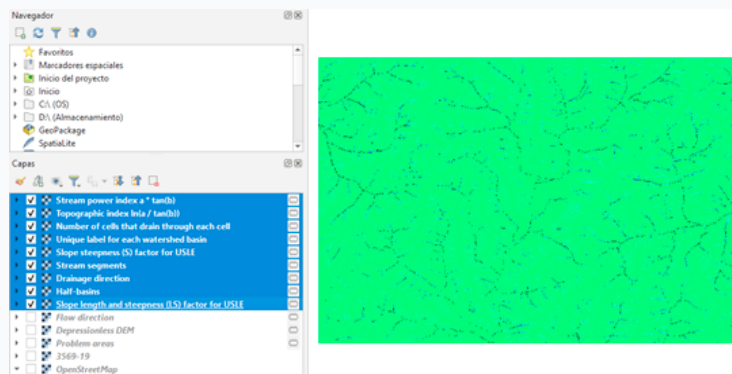


Figura 174. Capas creadas a partir de la aplicación del algoritmo GRASS r.watershed.

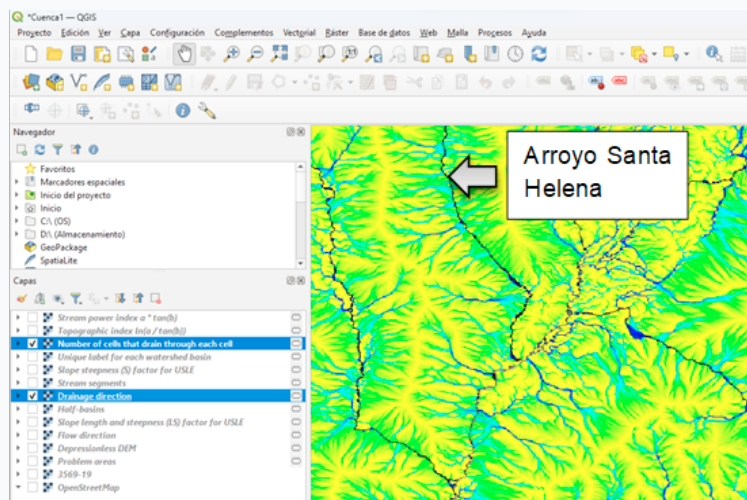


Figura 175. Capas por utilizar para la delimitación de la cuenca del arroyo Santa Helena.

## Generación de un ráster de la cuenca con r.water.outlet

La aplicación del algoritmo GRASS r.water.outlet va a permitir delimitar la cuenca hidrográfica a partir del ráster **Drainage direction** generado en el punto anterior. Para ello es necesario seleccionar dicho ráster como parámetro **Drainage direction ráster**. El otro parámetro indispensable por establecer para la ejecución del algoritmo son las coordenadas de la desembocadura de la cuenca. Esto se logra

presionando los puntos suspensivos (...) a la derecha de la opción **Coordinates of outlet point** y luego seleccionando el punto de la desembocadura de la cuenca que nos interesa delimitar sobre el ráster **Number of cells that drain through each cell** (Figura 176). Esta acción también podría realizarse sobre el ráster **Stream segments**. En ambos casos, la selección de la desembocadura se realiza visualmente teniendo en cuenta que los píxeles más oscuros representan las celdas a través de las cuales drena mayor cantidad de agua (Figura 177).

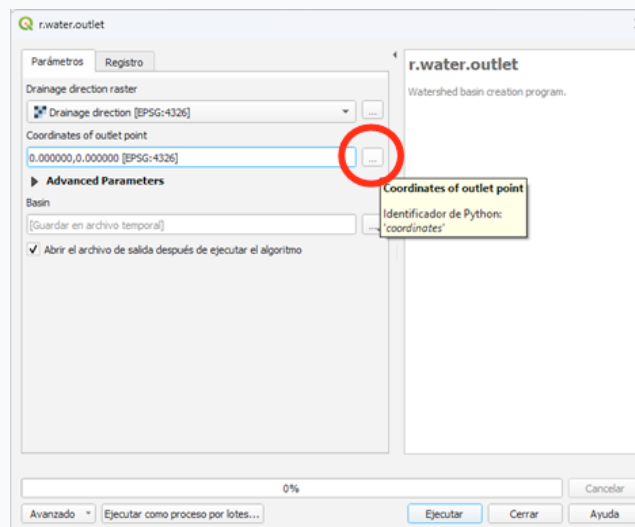


Figura 176. Establecimiento de parámetros del algoritmo GRASS *r.water.outlet*.

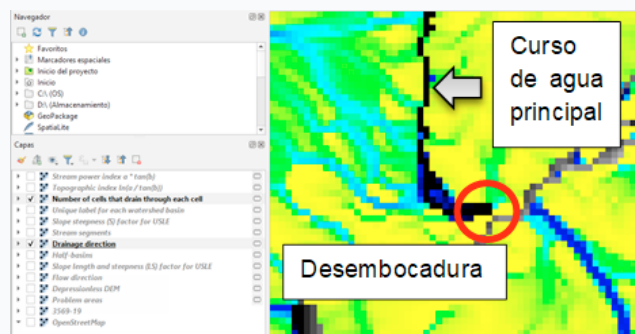


Figura 177. Definición del punto de drenaje para la cuenca utilizando la capa *Number of cells that drain through each cell*.

Una vez marcado el punto de la desembocadura, aparecerán sus coordenadas en la ventana correspondiente (Figura 178).

Al ejecutar el algoritmo, se genera una nueva capa ráster denominada por defecto **Basin** (cuenca, en inglés), que representa los límites de la cuenca seleccionada (Figura 179).

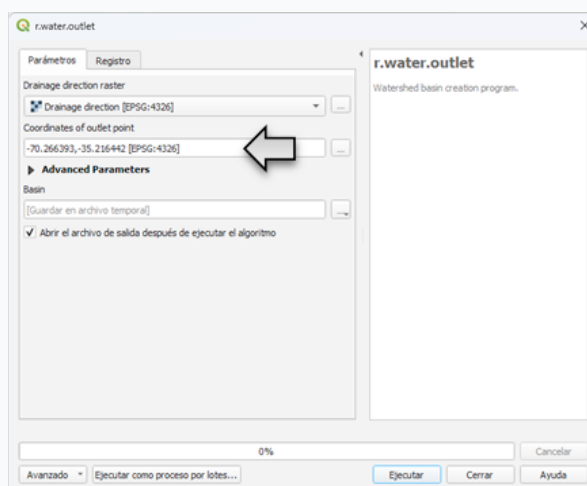


Figura 178. Parámetros para el algoritmo GRASS *r.water.outlet* ya establecidos, incluyendo las coordenadas del punto de drenaje.

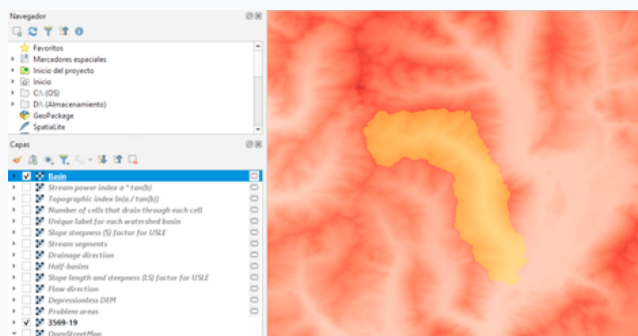


Figura 179. Resultado de la aplicación del algoritmo *r.water.outlet*.

## Conversión del ráster generado en una capa vectorial mediante r.to.vect

Una cuenca hidrográfica es, esencialmente, una superficie, y por lo tanto suele ser representada mediante una capa vectorial de polígono. Para poder convertir el ráster **Basin** en una capa vectorial, se utilizará la herramienta GRASS **r.to.vect**. Se establecerá como capa de entrada el ráster **Basin** y se seleccionará la opción **Smooth corners of area features**, que suaviza los bordes del polígono a generar (Figura 180).

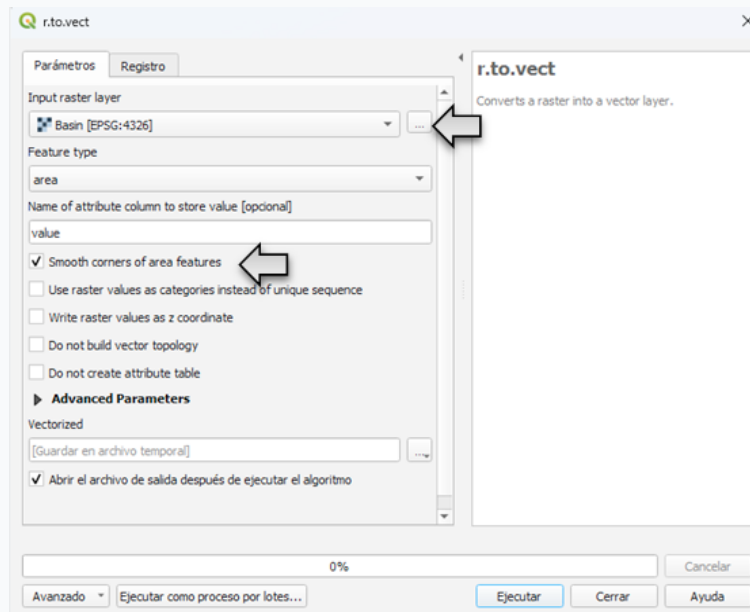


Figura 180. Aplicación del algoritmo GRASS r.to.vect para la vectorización de la capa ráster creada.

La ejecución del algoritmo genera una capa denominada **Vectorized**, la cual posee un elemento (polígono) que representa la cuenca del arroyo Santa Helena (Figura 181).

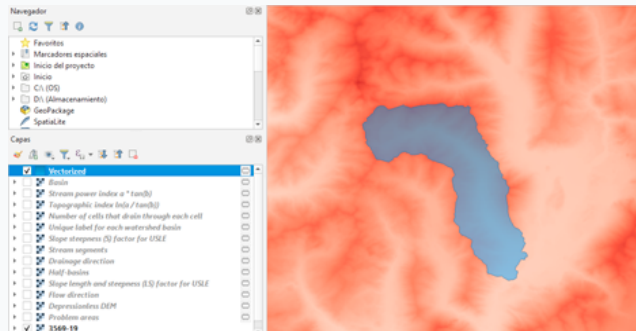


Figura 181. Resultado de la vectorización mediante el algoritmo *r.to.vect*.

## Vectorizar la red de drenaje

Si bien en los pasos anteriores se han establecido los límites de la cuenca de interés dentro de nuestro MDE, usualmente también es necesario trazar la red de drenaje, es decir, los cursos de agua que forman parte de la cuenca. Para ello se podrá convertir la capa ráster **Stream segments** (Figura 182) en una capa vectorial de líneas, denominada también **Vectorized** (Figura 183).

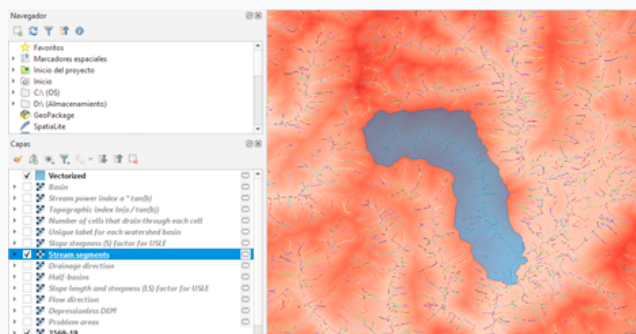


Figura 182. Visualización de la red de drenaje.

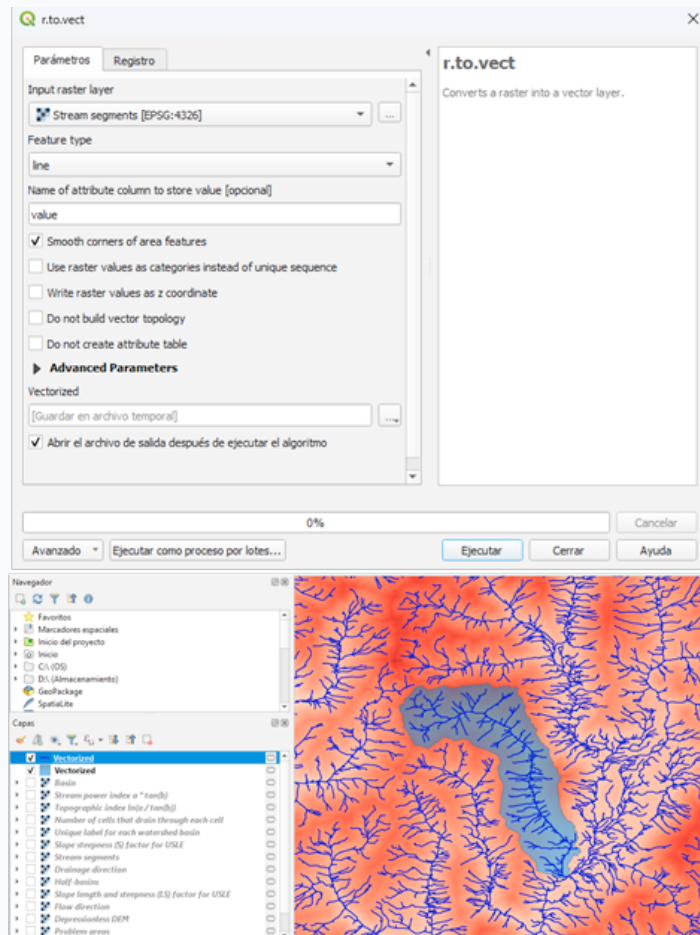


Figura 183. Vectorización de redes de drenaje.

Finalmente, y como solo nos interesa visualizar únicamente la red de drenaje de la cuenca en estudio y no de toda la extensión del MDE, se podrá cortar la capa de entrada **Vectorized** (cursos de agua) con la capa de superposición **Vectorized** correspondiente a la cuenca (Figura 184). Estas capas tienen idéntico nombre (por defecto), pero son de diferente tipo (línea y polígono).

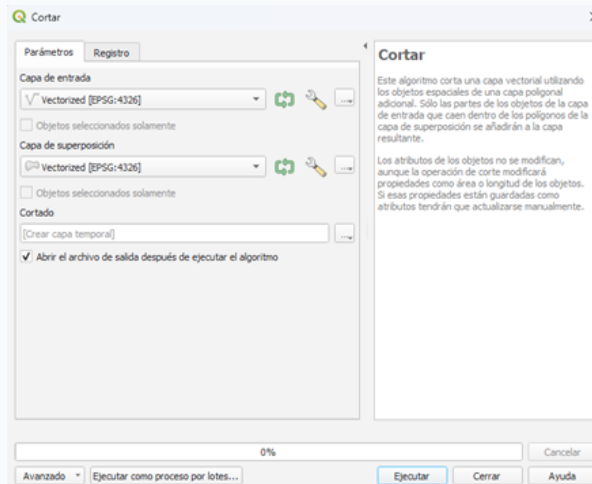


Figura 184. Definición de parámetros para el recorte de la red de drenaje.

Ya se han generado la red de drenaje de la cuenca, que aparece bajo el nombre **Cortado** (Figura 185). A fin de comparar nuestros resultados con la cartografía existente, se puede visualizar ambas capas sobre el mapa base **OpenStreetMap**, observándose que el trazado del arroyo Santa Helena obtenido a partir del MDE coincide con el del mapa base, al menos parcialmente (Figura 186). Como nos interesa conservar estas capas temporales, se guardará como capas GeoPackage mediante la ya conocida opción **Hacer permanente**. Las demás capas pueden ser eliminadas si no van a ser utilizadas.

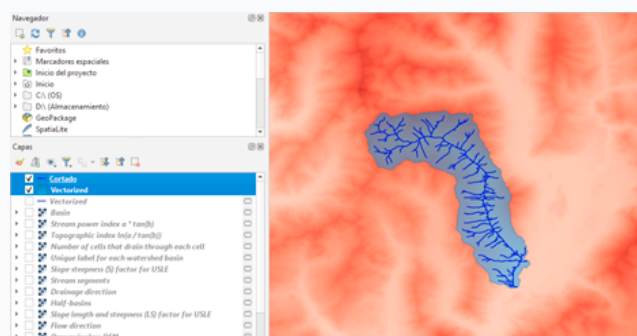


Figura 185. Visualización de la red de drenaje de la cuenca del arroyo Santa Helena.

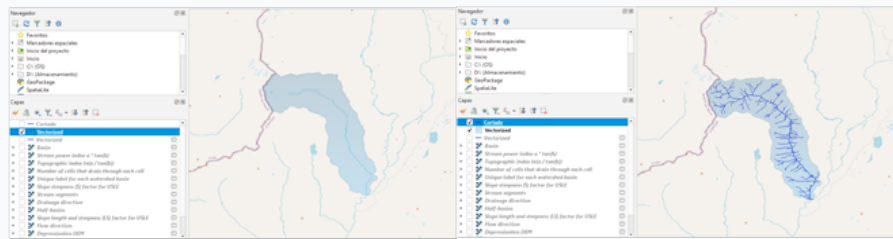


Figura 186. Comparación de la red de drenaje generada con el mapa base.

Es importante destacar que al aplicar un algoritmo o serie de algoritmos de geo-procesamiento siempre va a existir un error, ya que éstos son herramientas que permiten crear un modelo de la realidad basado en información limitada. En el caso particular del trazado de una cuenca o una red de drenaje, la información de base es un MDE que tiene una determinada resolución espacial: a mayor resolución, menor será el error. Sin embargo, estos errores pueden ser corregidos fácilmente editando las capas creadas. Por ejemplo, podría compararse el trazado de la red de drenaje con una imagen satelital actualizada, modificándola de ser necesario.

La aplicación de distintos algoritmos GRASS permitió trazar los límites de una cuenca hidrográfica y su red de drenaje. Adicionalmente, mediante éstas y otras herramientas también se podrá:

- Delimitar subcuencas y calcular sus áreas.
- Clasificar segmentos de arroyos según su orden lótico.
- Analizar los usos del suelo dentro de la cuenca.
- Trazar curvas de nivel para el área de la cuenca.
- Delimitar áreas por debajo o por encima de determinada cota topográfica, entre otros.

## Capítulo 12

# Elaboración de mapas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo ambiental

La elaboración de mapas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo ambiental es una herramienta fundamental para el análisis, la prevención y la gestión de desastres ambientales, tanto de origen natural como humano. En esta sección se desarrollan algunas ideas aplicables a la elaboración de estos mapas, utilizando conceptos del trabajo de Renda et al. (2017).

Conceptualmente, la elaboración de un mapa de riesgo ambiental requiere como paso previo el análisis independiente de las amenazas y de la vulnerabilidad. Por amenazas se entiende cualquier evento o fenómeno de origen natural o humano que puede causar un daño a la vida de las personas, al ambiente o a la propiedad. Algunas amenazas naturales son las inundaciones, los incendios forestales o los sismos, mientras que los accidentes con materiales peligrosos o la contaminación del suelo son ejemplos de amenazas de origen humano. La vulnerabilidad se refiere a las características y condiciones de vida de una población que la predisponen en mayor o menor medida a sufrir los efectos de una determinada amenaza e incluye varias dimensiones socioambientales como características demográficas, nivel socioeconómico, educativo, materiales y condiciones de la vivienda, hacinamiento, presencia de asentamientos, etc. Por otra parte, en el análisis del riesgo también se tiene en cuenta la capacidad de resiliencia de una comunidad, es decir, en qué medida esa comunidad puede sobreponerse a un desastre ambiental.

De esta manera, ante una misma amenaza, el riesgo ambiental o riesgo de desastre será mayor en una comunidad altamente vulnerable y poco resiliente. Esta idea puede ser expresada como una función matemática (*Ecuación 2*), en la cual, la amenaza, la vulnerabilidad y la exposición son factores que incrementan el riesgo de desastre. Por el contrario, a mayor resiliencia de la comunidad, este riesgo disminuye (Renda et al., 2017):

$$\text{Riesgo de desastre} = (\text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad} \times \text{Exposición}) / \text{Resiliencia}$$

### *Ecuación 2*

Considerando lo anterior, la propuesta metodológica para la elaboración y análisis de mapas de riesgo puede sintetizarse en los siguientes pasos o etapas:

1. Análisis de la amenaza
2. Análisis de la vulnerabilidad
3. Mapa de riesgo
4. Análisis del mapa de riesgo

## **Análisis de la amenaza**

Es evidente que cada territorio estará sujeto a una o múltiples amenazas ambientales específicas relacionadas con la topografía, la meteorología, el tipo de vegetación, etc. Así, por ejemplo, la amenaza de inundación será mayor en un área baja del terreno o lindante a un arroyo que en un terreno ubicado en una zona más alta. Por lo general, el análisis de cada amenaza debe realizarse de forma independiente de otras, elaborando un mapa para cada amenaza específica. Sin embargo, también hay que tener en cuenta que una amenaza puede dar origen a otras amenazas secundarias.

Siguiendo la propuesta de Renda et al. (2017), a fines de caracterizar una amenaza es necesario:

- a) Definir la zona de responsabilidad: Implica identificar cuál es la zona afectada por la/s amenaza/s (barrio, distrito, comuna, municipio, varios municipios, etc.).
- b) Identificar el origen de la amenaza.
- c) Definir el parámetro de medición del peligro: Cada evento adverso tendrá un parámetro de medición del peligro específico. Por ejemplo, en el caso de las inundaciones, este parámetro será la altura del agua.
- d) Caracterizar las manifestaciones de la amenaza (atributos de ponderación): Implica conocer los atributos de ponderación que permiten cuantificar el grado o nivel de la amenaza (magnitud, duración, extensión, intensidad, severidad, frecuencia, recurrencia).
- e) Seleccionar un indicador de representación gráfica de la amenaza: Cada amenaza tendrá un indicador de representación gráfica específico. Por ejemplo, para el caso de las inundaciones serán las curvas de nivel o cotas topográficas.
- f) Caracterizar la zona de impacto: Topografía, condiciones del terreno, infraestructura existente, etc.

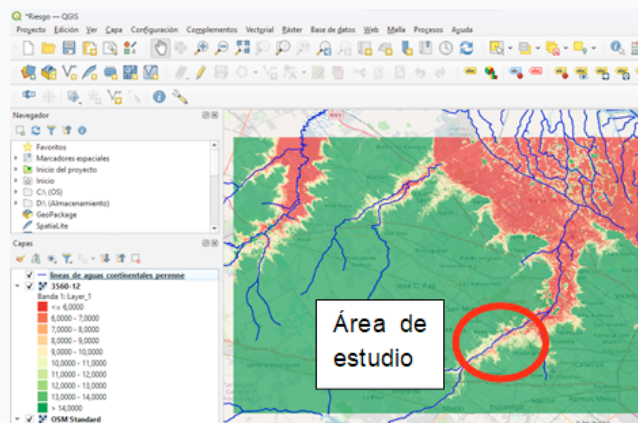
A partir del análisis de la amenaza se podrá identificar zonas del territorio en las cuales el nivel de la amenaza sea alto, medio o bajo.

A continuación, se desarrolla un ejemplo de elaboración de un mapa de amenaza de inundaciones, teniendo en cuenta que se trata justamente de un ejemplo hipotético, con fines didácticos, y no representa necesariamente todas las condiciones que pueden modificar el nivel de la amenaza (magnitud de las precipitaciones, características de las redes pluviales, etc.).

El área de estudio seleccionada corresponde a un sector de la cuenca media del río Reconquista, provincia de Buenos Aires, Argentina. El parámetro de medición del peligro es la altura del agua, la cual alcanzará determinadas cotas topográficas en respuesta a la magnitud de las precipitaciones y su distribución en el tiempo, las características de la cuenca hidrológica (topografía, tipos y usos de suelo, etc.), condiciones de humedad del suelo, entre otras. A fines de simplificar el ejercicio, se han establecido arbitrariamente cotas que permitirán delimitar las áreas con

mayor o menor nivel de amenaza relativo. Sin embargo, la altura del agua está relacionada con el caudal de un curso de agua y éste a su vez con las características de las precipitaciones y la cuenca (Seoane, 2021). Por lo tanto, en un caso real, el establecimiento de los niveles de amenaza deberá basarse no solo en la topografía, sino también en el resultado de la aplicación de modelos matemáticos que simulen la altura del agua ante determinados eventos de precipitaciones.

Se podrá crear un nuevo proyecto QGIS al que se llamará “Riesgo” y luego se cargará el MDE con resolución de 30 m denominado **3560-12**, correspondiente al área de estudio, descargado previamente desde la página del IGN MDE-Ar (<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/ModeloDigitalElevaciones/Mapa>). La necesidad de trabajar con un MDE tiene relación con que la amenaza de inundación está relacionada con la topografía, y en particular con las cotas topográficas, justamente la información que brindan estos modelos. También se cargará la capa vectorial **líneas\_de\_aguas\_continental\_perenne** desde la página del IGN (<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/InformacionGeoespacial/CapasSIG>) y la capa **OpenStreetMap**, a modo de referencia geográfica. En este último caso, se utilizará la opción **Web** → **QuickMapServices** → **OSM** → **OSM Standard**. Luego de cambiar la simbología de las capas, el resultado de la visualización será el observado en la *Figura 187*. Para la simbología del MDE se seleccionó un intervalo de valores de elevación entre 5 y 15 msnm, un método de interpolación **Discreto**, una rampa de color **RdYlGn** (acrónimo de *Red-Yellow-Green*, en inglés) y un modo de clasificación **Intervalo igual** con diez clases de color (*Figura 188*). Esta simbología nos permite identificar sectores altos y bajos del terreno, mediante una escala de color.



*Figura 187. Ubicación del área de estudio.*

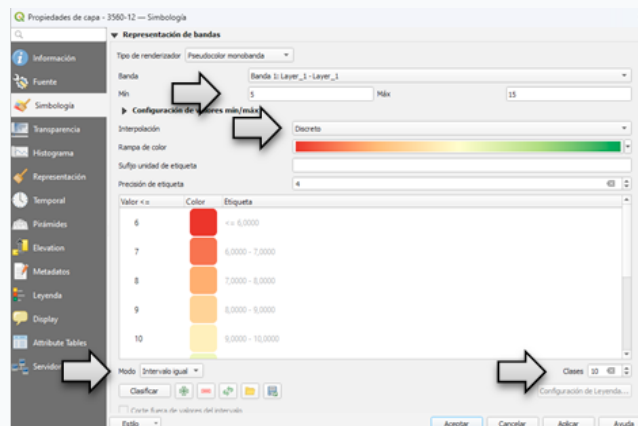


Figura 188. Modificación de la simbología del ráster.

## DISEÑO Y GUÍAS

Las curvas de nivel son líneas trazadas en un mapa que unen puntos del terreno que se encuentran a la misma altura respecto del nivel del mar u otro plano arbitrario.

La visualización de las curvas de nivel en un mapa o carta topográfica permite llevar a cabo análisis topográficos y geomorfológicos, trabajos de arquitectura e ingeniería civil, entre otros.

Una posibilidad interesante disponible en QGIS es la creación de curvas de nivel a partir de un MDE. La visualización de las curvas de nivel facilita la interpretación de la topografía, por lo tanto, suele ser de gran utilidad en múltiples campos de estudio. A modo de ejemplo, se podrá generar curvas de nivel a partir del MDE cargado. Para ello, se podrá ejecutar un algoritmo ráster para la extracción de curvas de nivel mediante la opción **Ráster** → **Extracción** → **Curvas de nivel**, que abrirá la ventana visualizada en la Figura 189. Como **Capa de entrada** se selecciona el MDE y en el parámetro **Intervalo entre curvas de nivel** y se ingresa 5, es decir que se trazarán curvas de nivel con una equidistancia de 5 msnm. El resultado del procesamiento se puede observar en la Figura 190. A fin de visualizar el valor de cada curva de nivel, se seleccionó la opción **Etiquetas sencillas**, tomando como base para el etiquetado el

campo **ELEV** de la capa **Curvas de nivel**. Esta es una capa borrador, por lo tanto, es necesario guardarla a fin de no perder la información para futuras sesiones de trabajo. La visualización de las curvas de nivel es complementaria a la interpretación de la topografía a partir de la escala de colores.

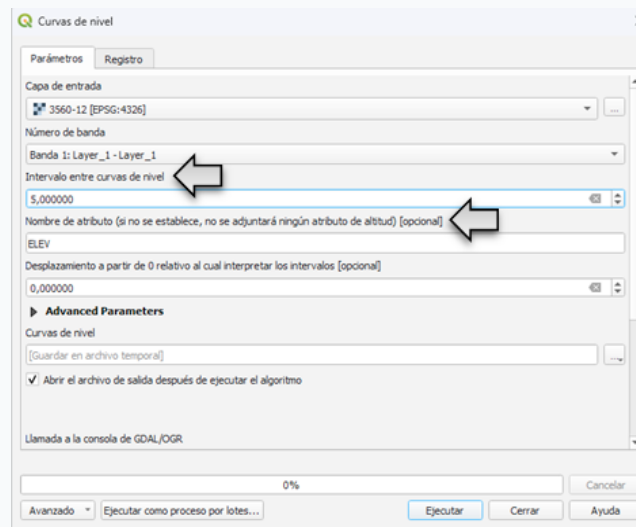


Figura 189. Establecimiento de parámetros del algoritmo Curvas de nivel.

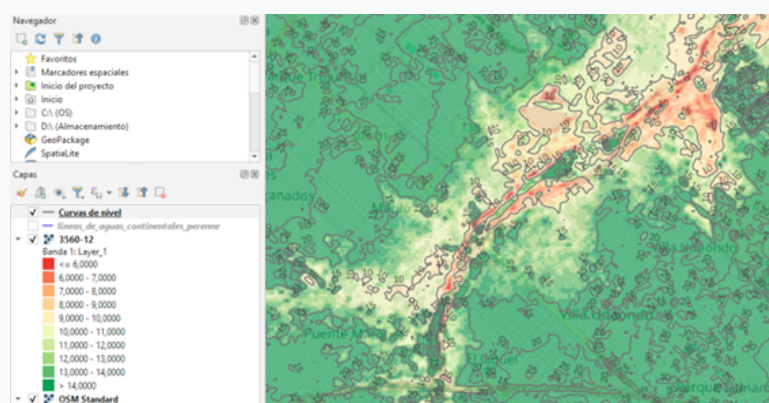
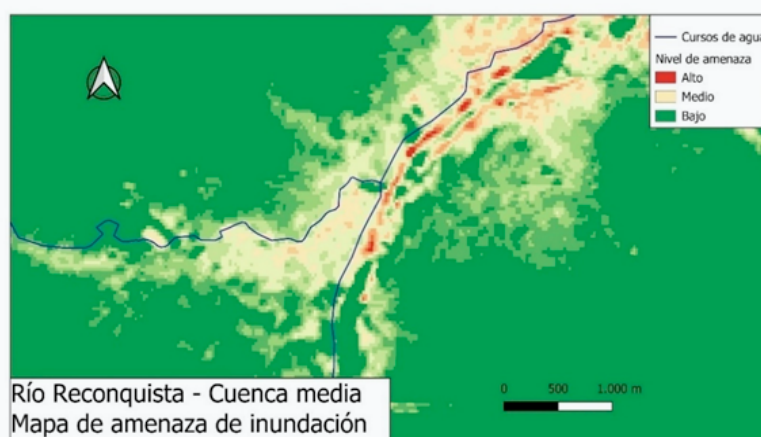


Figura 190. Resultado de la aplicación del algoritmo Curvas de nivel.

La *Figura 191* muestra el mapa de amenaza de inundación elaborado únicamente con base en el MDE y el establecimiento de cotas arbitrarias a las que podría llegar el nivel del agua en una inundación. También se representan los cursos de agua, cuyo trazado se encuentra basado en relevamientos de cierta antigüedad, y que en este caso no refleja con exactitud el recorrido actual de los ríos y arroyos. Esta discordancia se debe a la propia dinámica de los cursos de agua, que van cambiando sus recorridos con el tiempo, y a las modificaciones topográficas derivadas de rectificaciones, rellenos, construcción de terraplenes, vías de transporte, puentes, presas, etc. Desde luego, en un trabajo real, la capa que representa los cursos de agua debería modificarse para reflejar la posición actual de las líneas de agua.



*Figura 191. Mapa de amenaza de inundación para un sector de la cuenca media del río Reconquista, provincia de Buenos Aires. Caso hipotético a modo de ejemplo.*

## **Análisis de la vulnerabilidad**

Según Renda et al. (2017), el análisis de la vulnerabilidad implica:

- a) Conocer la distribución de la ocupación del suelo.
- b) Identificar los elementos expuestos en el territorio.
- c) Determinar el grado de exposición y vulnerabilidad de una sociedad frente a la amenaza.

De esta manera se podrá clasificar los diferentes sectores del territorio en función de la vulnerabilidad alta, media o baja.

Existen varias alternativas metodológicas para la clasificación de áreas del territorio de acuerdo con su vulnerabilidad, las cuales deberán ser analizadas en función de los objetivos y fuentes de datos disponibles. En el ejemplo, se tomará como fuente de información el Índice de Calidad de Vida elaborado por investigadores del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNPBA) (<https://icv.conicet.gov.ar/>). Este índice representa la calidad de vida de la población de cada radio censal del país en una escala de colores, con base en datos censales correspondientes a dos grupos de indicadores: socioeconómicos y ambientales. Para el ejemplo, se asume que, a mayor calidad de vida, menor será la vulnerabilidad ambiental.

Solo a fines de simplificar el análisis, se calculó el valor promedio del IVC de los territorios linderos al río Reconquista correspondientes a dos municipios (7,23 y 5,86, respectivamente) en el tramo evaluado. Estos valores corresponden al promedio del IVC de los radios censales de cada municipio dentro del área delimitada por los polígonos correspondientes, que fueron trazados como parte de una nueva capa vectorial (**Polígonos\_vulnerabilidad**) (Figura 191). Para trabajar con un mayor nivel de detalle, en una aplicación real debería considerarse el valor de cada radio censal en lugar de los promedios. En el ejemplo se asignó un color verde para el polígono 1 (Ituzaingó) y naranja para el polígono 2 (Moreno) (Figura 192). El valor de los índices fue incorporado como un nuevo campo en la tabla de atributos, denominado “IVC” (Figura 193).

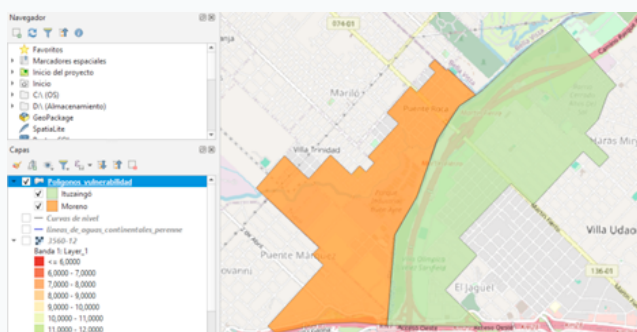


Figura 192. Resultado de la aplicación del algoritmo Curvas de nivel.

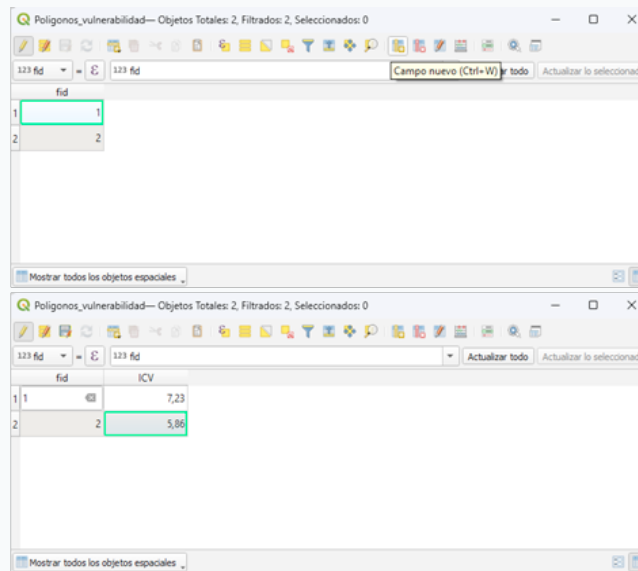


Figura 193. Creación de un nuevo campo en la tabla de atributos de la capa Polígonos\_vulnerabilidad.

Para la elaboración del mapa de vulnerabilidad (Figura 194) se representa la capa vectorial **Polígonos\_vulnerabilidad**. Se estableció arbitrariamente que un valor del  $IVC > 7$  implica una vulnerabilidad baja, mientras que un valor  $5 < IVC < 7$  corresponde a una vulnerabilidad media. Es importante remarcar que los valores del IVC seleccionados para definir las clases o niveles de vulnerabilidad fueron establecidos arbitrariamente, únicamente con fines didácticos. En una aplicación real deberían considerarse fuentes de información adicionales, incluso relevamientos de campo, entre otras.

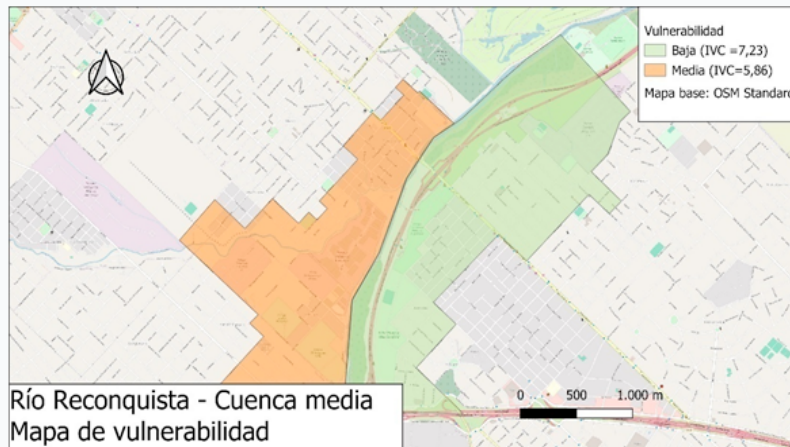


Figura 194. Mapa de vulnerabilidad socioambiental para un sector de la cuenca media del río Reconquista, provincia de Buenos Aires. Caso hipotético a modo de ejemplo.

Dado que el análisis posterior del nivel de riesgo requiere cruzar la información de amenaza y vulnerabilidad, es conveniente trabajar con el mismo tipo de información (ráster o vectorial). Como se comentó anteriormente, la información de base para la identificación y delimitación de la amenaza de inundación corresponde a una capa ráster con los valores de cotas topográficas (MDE), pero la capa correspondiente a la vulnerabilidad es de tipo vectorial. Por lo tanto, se podrá transformar la capa vectorial **Polígonos\_vulnerabilidad** en una capa ráster mediante un algoritmo GRASS. Antes, se podrá reprojectar la capa vectorial en un SRC local (EPSG:22175) para mayor exactitud.

Una vez reprojectada la capa, se seleccionará el algoritmo **v.to.rast**, utilizado para transformar capas vectoriales en capas ráster. El parámetro más importante que seleccionar es la capa de entrada, que será la capa recientemente reprojectada. También se debe seleccionar una fuente para los datos ráster (parámetro **Source of ráster values**), justamente para establecer a partir de qué información se construirá la nueva capa. Se seleccionará **Attr**, estableciendo de esta manera que el tipo de información de base será un atributo de la capa de entrada, en este caso el campo **IVC**, que contiene los valores del índice para cada polígono a rasterizar. Como parámetro avanzado se debe establecer la extensión de la capa de salida, la cual será calculada a partir de la capa vectorial reprojectada. También se indicará el nombre y ubicación del archivo de salida, en este caso **Ráster\_IVC** (Figura 195).

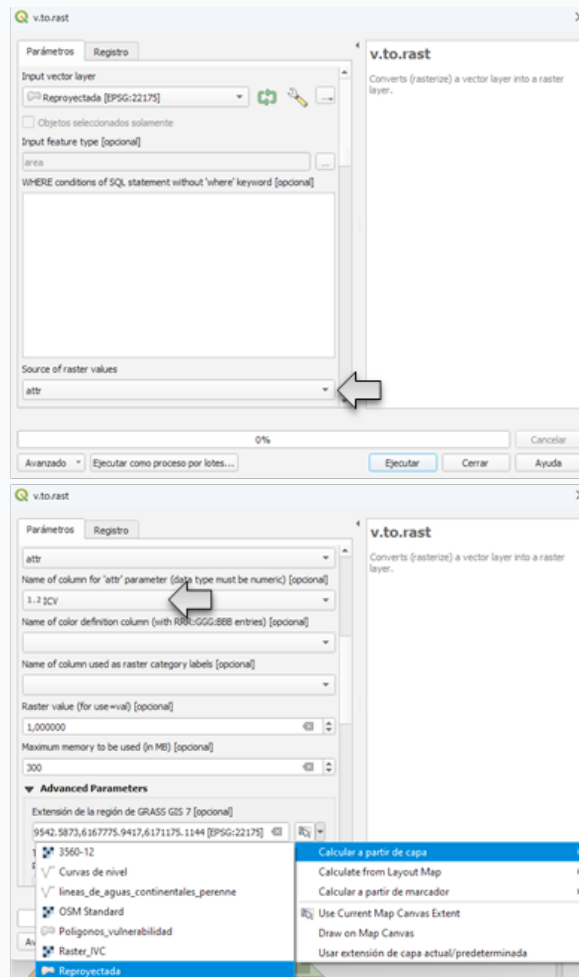


Figura 195. Establecimiento de parámetros básicos y avanzados del algoritmo v.to.rast.

Una vez ejecutado el algoritmo, el resultado es la creación de una nueva capa ráster en la cual se tendrá píxeles de dos colores distintos, correspondientes a niveles de vulnerabilidad media (a la que se asignó un color naranja) y baja (color verde) (Figura 196).



Figura 196. Resultado de la aplicación del algoritmo *v.to.rast*.

## Mapa de riesgo

La elaboración del mapa de riesgo consiste básicamente en combinar/superponer los mapas de amenaza y vulnerabilidad generados en las etapas previas. Para ello, se debe tener en cuenta que una amenaza de idéntica magnitud tendrá mayores efectos adversos en una comunidad vulnerable y/o poco resiliente. En el trabajo de Renda et al. (2017) se proponen los siguientes pasos para la elaboración de mapas de riesgo:

- a) Estimar el daño que causa la amenaza en los elementos expuestos.
- b) Asignar categorías de riesgo para los escenarios de riesgo identificados. Teniendo en cuenta la combinación entre amenaza, vulnerabilidad, exposición y resiliencia, el riesgo de desastre puede clasificarse en cuatro categorías:
  1. **Alto, no mitigable:** Combinación de amenaza alta o media en condiciones de vulnerabilidad alta o baja capacidad de respuesta de las organizaciones locales (defensa civil, bomberos, municipio, etc.), sin posibilidad de implementar acciones estructurales o no estructurales para reducir la amenaza y/o la vulnerabilidad.
  2. **Alto, mitigable:** Combinación idéntica a la categoría anterior,

sin embargo, en estas zonas sí es posible algún tipo de acción para mitigar la amenaza y/o la vulnerabilidad.

**3. Medio:** Combinación de amenaza media o baja en condiciones de vulnerabilidad media o baja y mediana capacidad de respuesta de las organizaciones locales.

**4. Bajo:** Combinación de amenaza y vulnerabilidad bajas, con adecuada capacidad de respuesta de las organizaciones locales.

c) Definición de zonas: Áreas de seguridad, de atención prioritaria a nivel de viviendas, infraestructuras, servicios y equipamiento.

Volviendo a nuestro ejemplo, anteriormente se han generado capas ráster que representan la amenaza de inundación y la vulnerabilidad socioambiental. En el primer caso, la información de base fue un MDE del área bajo estudio sobre el cual se clasificaron las zonas del terreno de acuerdo con su cota topográfica. En el caso de la vulnerabilidad, se toma como base un índice que da cuenta de la calidad de vida promedio de la población, y por lo tanto nos permitió estimar qué sectores son más o menos vulnerables. Es el momento de integrar la información de la amenaza y la vulnerabilidad para generar un mapa de riesgo de inundaciones. Nuevamente, es importante señalar que el resultado será una aproximación, ya que se trata de un ejemplo con fines didácticos.

Para llevar a cabo el cruce e integración de la información sobre la amenaza y la vulnerabilidad, se puede utilizar la calculadora ráster. Esta herramienta nos permite realizar operaciones entre bandas de una o más capas ráster. Como se puede observar en la *Figura 197*, en el recuadro a la izquierda aparecen las bandas ráster con las cuales se podrá trabajar. También se indicará cuál será la capa de resultado, la cual se denominará “Riesgo”. Lo más importante será definir la expresión de la calculadora ráster, en la cual se indicará qué operaciones matemáticas deberá realizar el programa con las bandas de cada capa. En este caso se han solicitado que el programa seleccione aquellos píxeles que cumplan con dos condiciones simultáneas (función AND), relacionadas con la amenaza y la vulnerabilidad que definirían un nivel de riesgo alto:

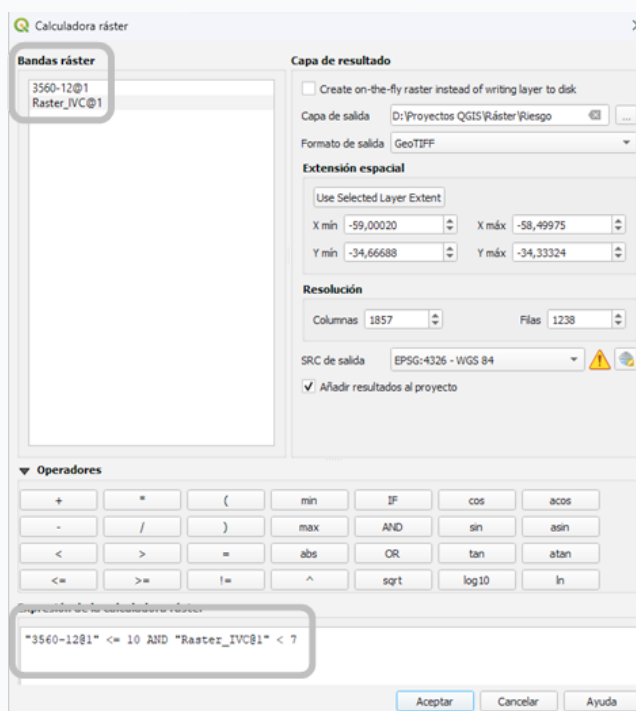
1. Condición relacionada con la amenaza: Que tenga una cota topográfica menor o igual que 10 msnm ( $3560-12@1 \leq 10$ ) y

2. Condición relacionada con la vulnerabilidad: Que tenga un valor del IVC menor que 7 (**Raster\_IVC@1<7**)

En resumen, la expresión resultante es la siguiente (*Ecuación 3*):

$$3560-12@1 \leq 10 \text{ AND Raster\_IVC@1} < 7$$

*Ecuación 3*



*Figura 197. Utilización de la calculadora ráster.*

El resultado del cálculo es una nueva capa ráster que permite identificar y delimitar zonas con un nivel de riesgo de inundaciones alto. Luego de cambiar la simbología de la capa, se observa píxeles color rojo y otros blancos (*Figura 198*). Los píxeles rojos representan un riesgo de inundación alto, ya que corresponden a territorios con amenaza alta (terrenos bajos) y vulnerabilidad media (menor calidad de vida).

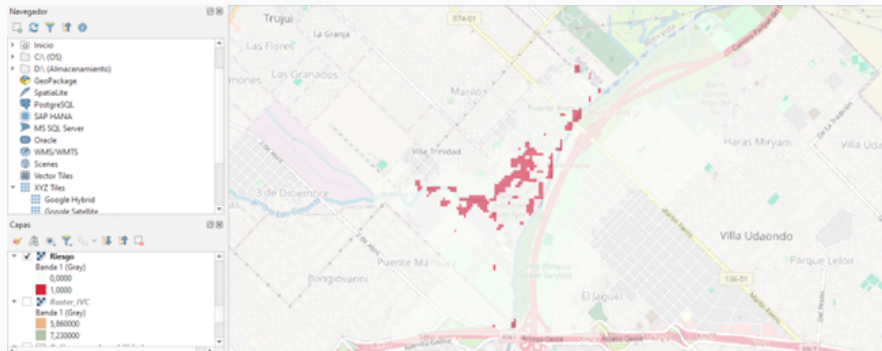


Figura 198. Ráster generado en el cual se identifican en rojo las áreas con riesgo alto de inundación.

Repitiendo el proceso, se puede identificar los píxeles que presentan un riesgo de inundaciones bajo (Figura 199). En este caso, el nombre del ráster será **Riesgo\_1** y la expresión a ingresar en la calculadora ráster será la siguiente (Ecuación 4):

$$3560-12@1 \geq 14 \text{ AND Raster\_IVC}@1 > 7$$

Ecuación 4

Ésta asigna un valor de 1 a los píxeles que cumplan simultáneamente con las condiciones de cota topográfica mayor o igual que 14 msnm y valor del IVC mayor que 7.

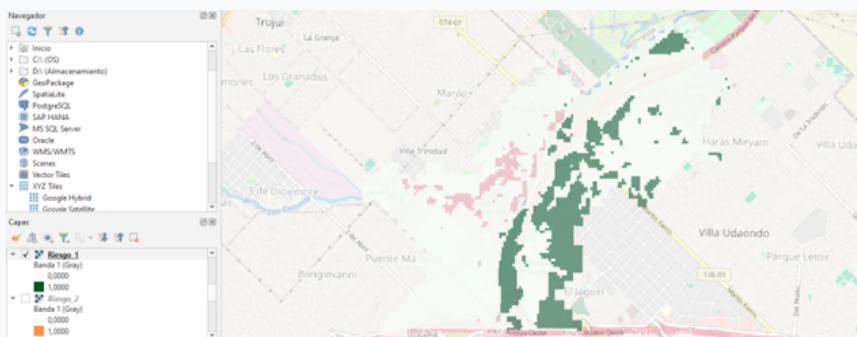


Figura 199. Ráster generado en el cual se identifican en verde las áreas con riesgo bajo de inundación.

Por último, se podrá crear un ráster que permita identificar los sectores del área de estudio que tienen un nivel de riesgo de inundación medio (Figura 200). En este caso, la expresión de la calculadora ráster será la siguiente (Ecuación 5):

$$\text{Riesgo}@1 = 0 \text{ AND } \text{Riesgo\_1}@1 = 0$$

Ecuación 5

Ésta asigna un valor de 1 a todos los píxeles que no se hayan clasificado como de riesgo alto ( $\text{Riesgo}@1 = 0$ ) ni bajo ( $\text{Riesgo\_1}@1 = 0$ ). Dado que no es posible que un mismo píxel se haya clasificado con nivel de riesgo alto y bajo simultáneamente, también podría haberse utilizado la función **OR** en lugar de **AND**. La función **OR** asignaría un valor igual a 1 a todos los píxeles en los cuales se cumpliera una condición o la otra.

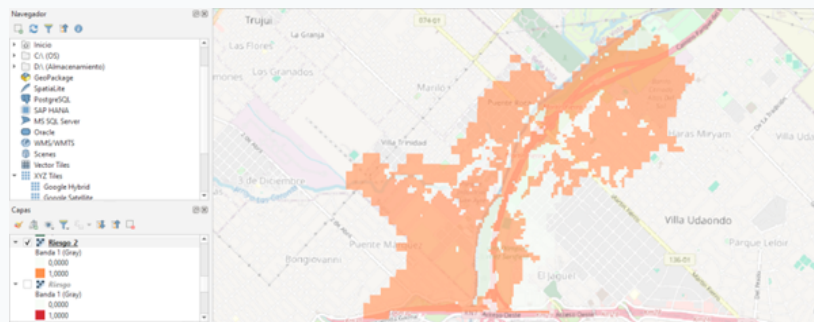


Figura 200. Ráster generado en el cual se identifican en verde las áreas con riesgo medio de inundación.

Ahora se procede a realizar las últimas operaciones que darán como resultado nuestro mapa de riesgo de inundaciones. En primer lugar, se aplicará la herramienta **Poligonizar (ráster a vectorial)** a las capas ráster calculadas, a fin de crear polígonos a partir de los ráster creados. Hallar la herramienta en **Ráster** → **Conversión** → **Poligonizar (ráster a vectorial)**. Una vez creadas las capas vectoriales correspondientes, en cada una de ellas es necesario seleccionar únicamente los polígonos de los sectores de interés, eliminando el resto. Por ejemplo, en la capa

que representa un nivel de riesgo bajo, únicamente se conservarán los polígonos que representan píxeles de color verde, eliminando los demás.

Finalmente, se incluyen otras capas vectoriales elaboradas por el IGN que representan las plantas depuradoras de líquidos cloacales y las áreas industriales. El objetivo de esta operación es identificar puntos y áreas críticas que podrían verse afectadas ante una inundación.

En la *Figura 201* se puede observar el mapa de riesgo de inundaciones elaborado, en el cual pueden identificarse sectores con diferentes niveles de riesgo dentro del área de estudio. Estos sectores fueron delimitados con base en el análisis independiente de la amenaza de inundación y la vulnerabilidad socioambiental y la integración posterior de ambas capas mediante la calculadora ráster.

Considerando que los criterios para establecer categorías de amenaza, vulnerabilidad y riesgo pueden ser variables, los mapas resultantes también pueden presentar diferencias, pero en todo caso deberá explicitarse la metodología para la elaboración de cada uno de estos mapas. También es fundamental recordar que, en una aplicación real, la modalidad de trabajo será usualmente interdisciplinar, involucrando a profesionales de diferentes campos, tales como ingeniería ambiental, hidrología, sociología, geografía, etc. Por último, es importante destacar que, junto con otros organismos estatales, el IGN ha elaborado diferentes capas SIG sobre amenazas y fenómenos de origen biológico, geodinámico e hidrometeorológico, así como también sobre vulnerabilidad social y otras que se hallan disponibles en la página web del organismo (<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/InformacionGeoespacial/CapasSIG>).

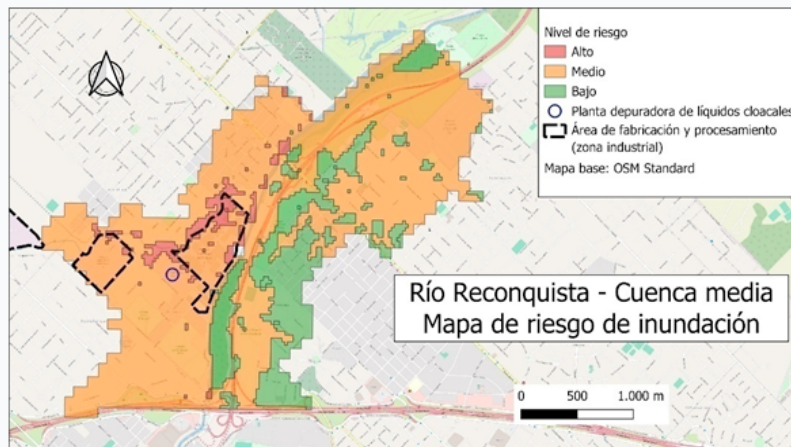


Figura 201. Mapa de riesgo de inundaciones para un sector de la cuenca media del río Reconquista, provincia de Buenos Aires. Caso hipotético a modo de ejemplo.

## Capítulo 13

# Análisis de usos del suelo

El análisis de usos del suelo en una región determinada puede llevarse a cabo mediante la aplicación de distintas herramientas de QGIS para caracterizar y comparar los usos, permitiendo evaluar e identificar el impacto antrópico sobre áreas específicas. También, puede usarse para la planificación y gestión territorial. A continuación, se presenta una propuesta metodológica con los pasos necesarios para llevar a cabo este análisis, desde la adquisición de imágenes hasta la generación del reporte del uso del suelo. Estos son los pasos por seguir:

1. **Adquirir las imágenes del área de estudio:** El primer paso es obtener las imágenes satelitales necesarias para el análisis del área de estudio.
2. **Recortar el área de estudio:** Una vez obtenidas las imágenes, es necesario recortar la zona de interés para enfocar el análisis en el área específica que se desea estudiar (esto se hace para reducir el tamaño de los datos y facilitar el procesamiento).
3. **Combinar las bandas:** Para resaltar y diferenciar los usos del suelo, se combinan las bandas de los ráster. La secuencia de la combinación dependerá del satélite que captó la imagen y la combinación que mejor resalte los distintos usos del suelo.
4. **Muestreo de datos:** A partir de una capa de polígono, se pueden identificar y delinear los diferentes usos del suelo, procedimiento también llamado muestreo. La cantidad de categorías de uso del suelo dependerá del tipo de estudio.
5. **Complemento Dzetsaka:** Este complemento realizará la clasificación

de los usos del suelo mediante la categorización automática de los diferentes usos a partir de las imágenes procesadas y el monitoreo realizado.

6. **Clasificar los usos del suelo:** Utilizando el complemento Dzetsaka se procede a clasificar los diferentes usos del suelo en la imagen. Este paso implica asignar categorías a cada área basada en las características espectrales y otros criterios definidos.

7. **Clasificar los usos por simbología:** Una vez creada la capa ráster con la clasificación de usos, se asignan símbolos y colores para representar cada tipo de uso del suelo en el mapa.

8. **Exportar el reporte del análisis realizado:** Finalmente, se descarga un archivo que contiene información sobre el área afectada por cada uso del suelo, lo que permite realizar análisis cuantitativos y generar informes detallados.

## Adquisición de imágenes del área de estudio

La adquisición dependerá de las necesidades de estudio. En este caso, se ejemplificará desde el proveedor USGS Earth Explorer (*Figura 202*) (Link: <https://earthexplorer.usgs.gov/>). Hay que recordar que para acceder a las imágenes se requiere el registro previo en la página web.

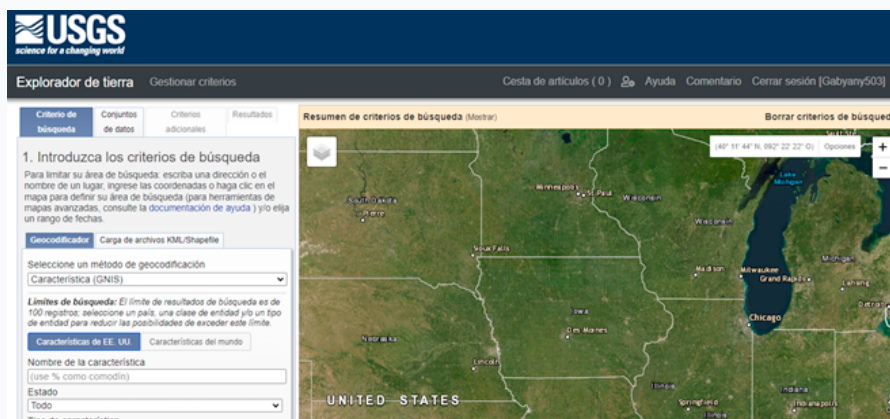
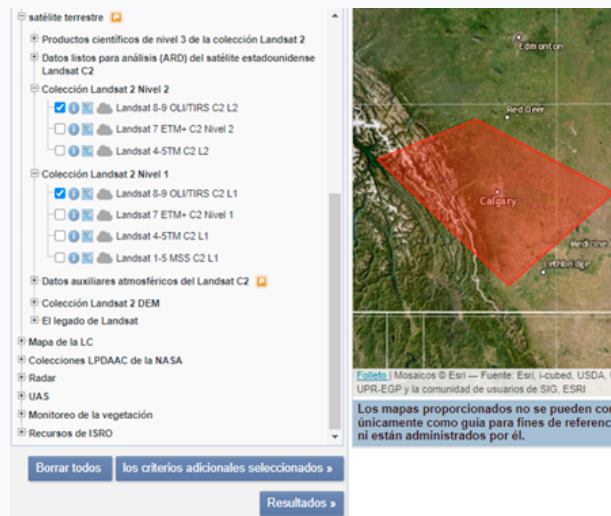


Figura 202. Plataforma del USGS para la adquisición de imágenes satelitales.

En el navegador se deberán de definir los parámetros de búsqueda, en la pestaña de **Criterios de búsqueda**. En la pestaña de **Conjuntos de datos** se deberá definir el proveedor satelital, se recomienda los de Landsat 8 según la *Figura 203*.



*Figura 203. Definición de criterios de búsqueda de imágenes satelitales.*

En la pestaña **Polígono** se debe definir el área de interés de búsqueda de las imágenes (*Figura 203*). Se recomienda que el polígono delimite el área de influencia directa e indirecta, con el fin de obtener un mayor alcance y, por ende, de posibilidades de imágenes a descargar.

Para marcar el polígono, se puede hacer clic sobre el mapa hasta crear el polígono de interés. Luego se deberá indicar el rango de fechas de búsqueda (*Figura 204*), donde se recomienda un periodo mínimo de un mes. En relación con la cubierta de nubes, el máximo recomendado es 30%. Una vez definido los parámetros de búsqueda, hacer clic en **Resultados**.

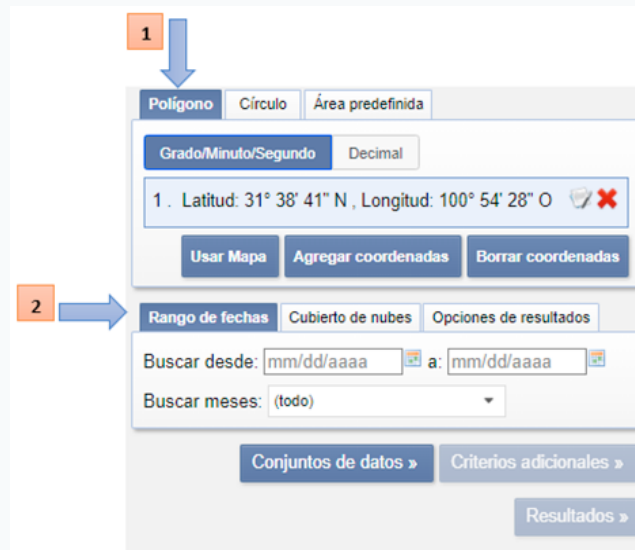


Figura 204. Parámetros de búsqueda de imágenes satelitales.

Dentro de los resultados, dependiendo de los parámetros de búsqueda definidos, se tendrán varias opciones de descarga por cada imagen de muestra. Por ejemplo, la opción indicada como una huella marca en el mapa el área de la imagen sobre la superficie terrestre y la que posee una flecha verde permite la descarga de todas las bandas (Figura 205). Luego se cargará el archivo descargado en un nuevo proyecto de QGIS.

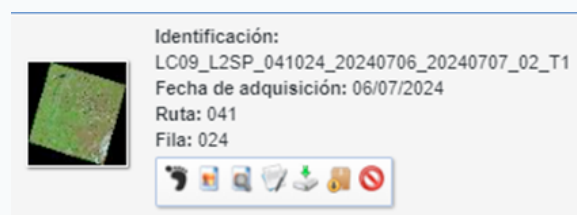


Figura 205. Opciones para previsualización y descarga de imágenes satelitales.

## Recorte del área de estudio

En QGIS se cuenta con varias opciones para recortar una imagen ráster. Entre ellas, se puede hacer el recorte por medio de una capa *shape*. Para ello, acceder a **Ráster** → **Extracción** → **Cortar ráster por capa de máscara** (Figura 206).

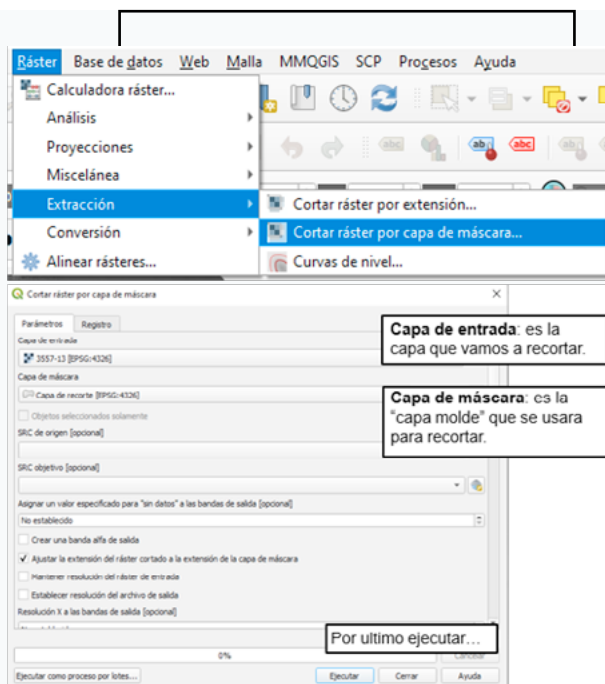


Figura 206. Recorte de capas ráster.

## Combinación de bandas

Para resaltar y diferenciar los usos del suelo, se combinan las bandas para obtener el falso color. En esta guía se utilizará imágenes captadas por el satélite Landsat 8. También se pueden utilizar imágenes provenientes de otros satélites, siempre que se respete la secuencia de las bandas.

### **Combinar las bandas a Falso Color para una imagen Landsat 8 (secuencia 5, 4, 3)**

Esta combinación de bandas tiene buena sensibilidad a la vegetación verde (la

cual aparecerá representada en una tonalidad roja, debido a la alta reflectividad en el infrarrojo y la baja en el visible) y permite identificar claramente caminos y masas de agua.

Las tonalidades más habituales en una composición en falso color son:

- **Rojo:** Indica una vegetación sana y bien desarrollada.
- **Rosa:** Áreas vegetales menos densas o con vegetación menos desarrollada.
- **Blanco:** Áreas con escasa o nula vegetación.
- **Azul oscuro o negro:** Indica la presencia de agua.
- **Marrón:** Vegetación arbustiva muy variable.
- **Beige-dorado:** Zonas de transición, prados secos asociados a matorral ralo.

Una vez procesada la imagen a falso color, se puede resaltar y/o mejorar la imagen por medio de **Simbología** → **Representación de capas**. Se espera obtener como resultado una imagen similar a la *Figura 207*.



*Figura 207. Imagen resultada de la composición de bandas Landsat 8 (bandas 5, 4, 3).*

## Muestreo de datos

Con esta capa se identificarán los diferentes usos del suelo, es decir que se indicará al programa qué polígonos corresponden a un uso del suelo conocido, por ejemplo, uso agrícola. Luego, en el paso posterior, el programa utilizará esa información para clasificar el resto de los píxeles de la imagen satelital en alguna de las categorías de uso del suelo establecidas. La cantidad de usos del suelo a definir dependerá del criterio y de las necesidades del análisis. Para la creación de esta capa *shapefile*, la cual será la que identificará mediante una serie de polígonos los tipos de suelo, se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Crear una capa vectorial de polígono.
2. Conmutar la edición de la capa e iniciar el muestreo de usos de suelo.

Dentro de la misma capa vectorial se crearán una serie de polígonos. Cada polígono creado representará una categoría o tipo de uso suelo y se deberá asignar el mismo Id (la identificación que solicitará QGIS por cada polígono creado) a todos los polígonos correspondientes a la misma categoría. Por ejemplo, a todos los polígonos creados a partir de la selección del color rojo de la imagen, se asignará el Id 1 y así sucesivamente. Para este ejemplo se consideró cuatro tipos de suelos.

### ***Polígonos creados sobre las superficies de color***

- Rojo (vegetación sana) = Id 1
- Rosa (vegetación en transición) = Id 2
- Blanco (nula vegetación) = Id 3
- Azul oscuro o negro (agua) = Id 4

Mientras más polígonos creados, más recursos se le dará a QGIS para identificar el uso del suelo en toda la extensión de la imagen. El resultado de este procedimiento se puede observar en la *Figura 208*.

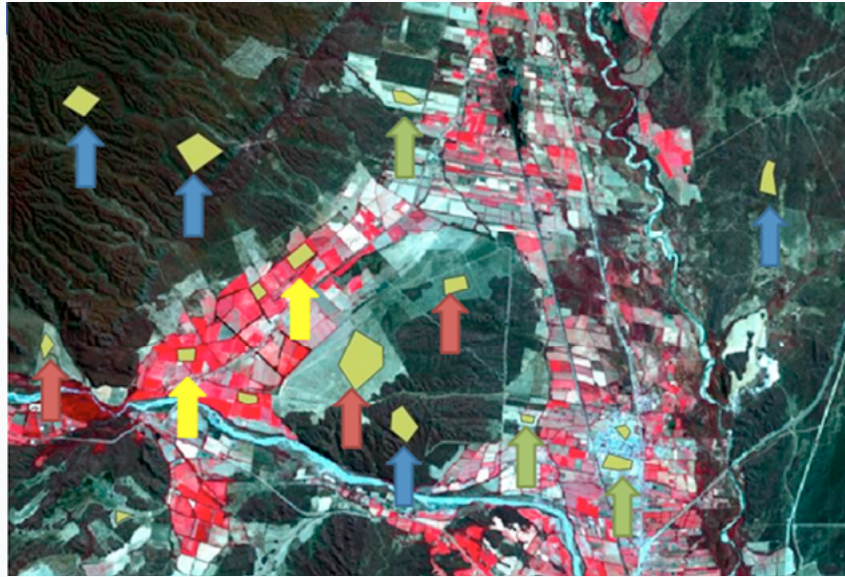


Figura 208. Capa shapefile de polígono a utilizarse en la clasificación automática de usos del suelo.

## Complemento dzetsaka

Este complemento realizará el trabajo de la clasificación de los usos del suelo. Para ello, se deberá descargar desde **Complementos** → **Administrar e instalar complementos** y buscar e instalar el complemento **dzetsaka** (Figura 209).

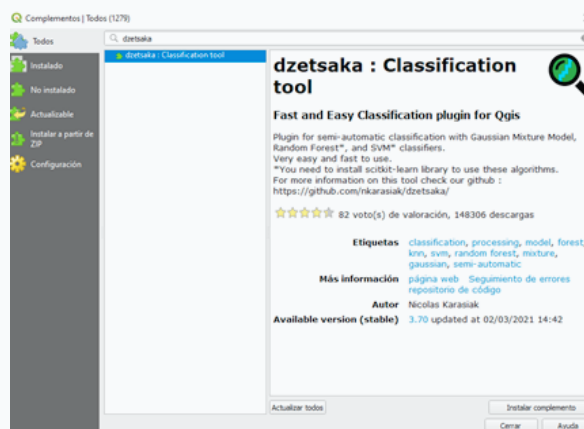


Figura 209. Opciones para previsualización y descarga de imágenes satelitales.

Una vez instalado, se podrá utilizar la herramienta yendo a la barra de menú **Complementos** → **dzetsaka: Classification tool**.

## Clasificación de los usos del suelo

Al acceder a la herramienta **Classification tool**, se abre una ventana en la cual se deberá cargar el ráster resultado de la combinación de bandas, la capa vectorial de polígono elaborada en el punto anterior y luego hacer clic en **Perform the classification** (Figura 210). Luego de unos segundos se generará una nueva capa ráster correspondiente a los usos del suelo (Figura 211).

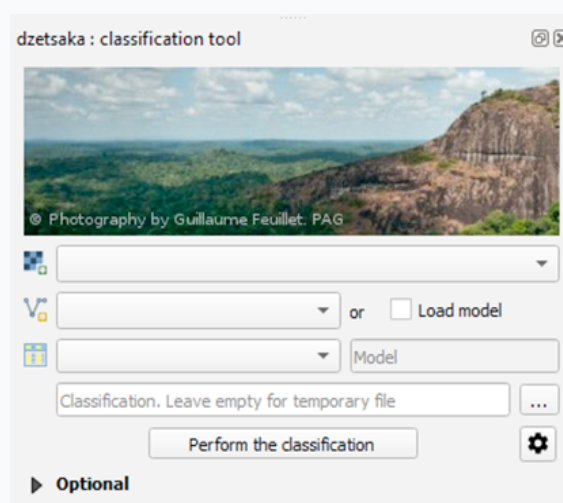
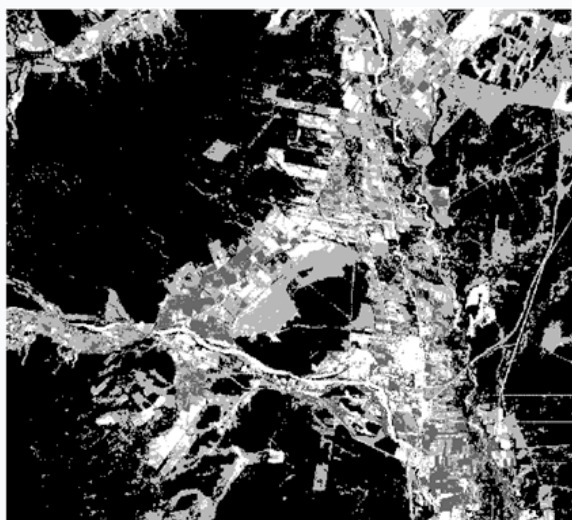


Figura 210. Ventana del complemento dzetsaka.



*Figura 211. Ventana del complemento dzetsaka.*

## **Clasificar los usos por simbología**

Una vez creada la capa ráster con la clasificación de usos, se observa que es una imagen monocromática. Para poder visualizar y representar más claramente los distintos usos del suelo, se puede modificar la simbología, asignado un color distinto a cada categoría de uso del suelo. Por ejemplo, puede seleccionarse como **Tipo de renderizador, pseudocolor monobanda, Interpolación lineal, Modo intervalo común y 4 clases**, las cuales corresponden a las categorías de uso del suelo (*Figura 212*). El resultado se observa en la *Figura 213*.

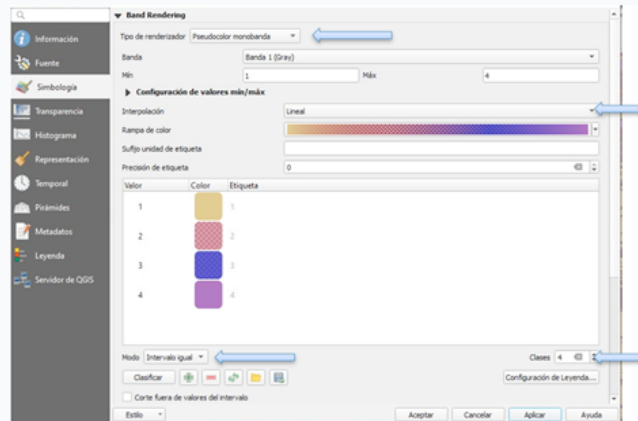


Figura 212. Modificación de la simbología de la capa ráster generada.

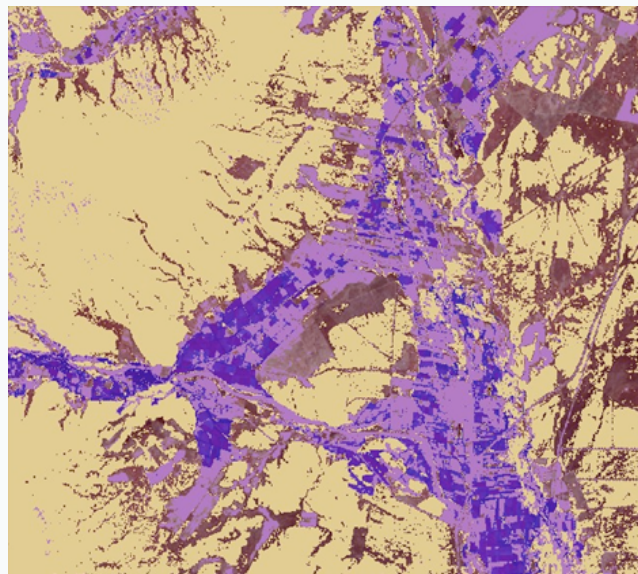


Figura 213. Resultado luego del ajuste de la simbología.

## Exportar el reporte del análisis

Finalmente, puede descargarse un archivo que contiene información sobre

el área correspondiente a cada categoría de uso del suelo, según la clasificación realizada. Para acceder a la información y exportarla, dirigirse a **Procesos** → **Caja de herramientas de procesos** y luego buscar el algoritmo GRASS **r.report**. Al hacer clic en esta herramienta se habilitará una ventana de trabajo (Figura 214), en la cual se deberá agregar en la capa ráster geoprocesada (1) e indicar la unidad en la cual se realizará el reporte (2) (en este caso se recomienda indicar **h**, que corresponde a la unidad hectáreas). Por el último, presionar **Ejecutar** (3).

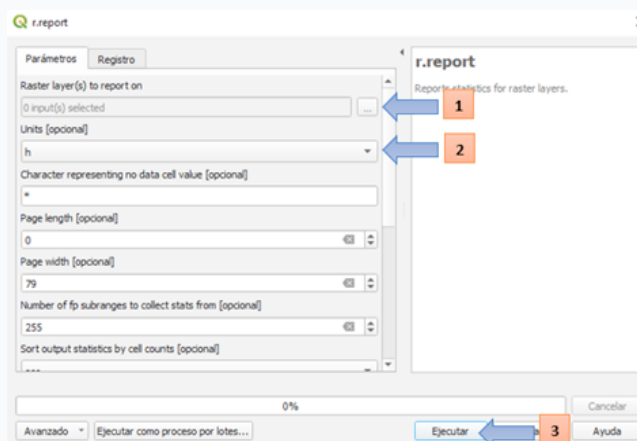


Figura 214. Parámetros del algoritmo r.report.

Aquí se obtendrá un reporte en el cual se identificará la superficie correspondiente a cada categoría de uso del suelo (Figura 215).

Reporte: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

RASTER MAP CATEGORY REPORT

LOCATION: temp\_location Sat Sep 24 00:53:29 2022

north: -2887755 east: 279885  
 REGION south: -2911305 west: 253725  
 res: 30 res: 30

MASK: none

MAP: (untitled) (rast\_632e7f3830dad3 in PERMANENT)

Category Information	
# description	hectares
3	4812.300
4	10,053.810
2	13,962.960
1	32,777.730
TOTAL	61,606.800

Línea 1, columna 1 100% UNIX (LF) UTF-8

Figura 215. Reporte del área de cada categoría de uso del suelo.

## Capítulo 14

# Mapeo de variables ambientales

Las variables ambientales son características medibles del ambiente tales como la temperatura, la concentración de material particulado en el aire, la biodiversidad, el pH del agua, la conductividad eléctrica del suelo, etc. La variación geográfica de estas características puede indicar, por ejemplo, la existencia de procesos de deterioro ambiental. Por lo tanto, a menudo es de gran utilidad mapear estas variables. A continuación, se detallan los pasos a seguir para mapear variables utilizando QGIS mediante la herramienta de **Interpolación IDW**:

1. Crear un nuevo proyecto y cargar una capa con las coordenadas y valores de las variables.
2. Modificar la simbología de la capa.
3. Aplicar la herramienta **Interpolación IDW**.

### **Crear un nuevo proyecto y cargar una capa con las coordenadas y valores de las variables**

En la *Tabla 7* se indican las coordenadas geográficas de 13 puntos de un monitoreo de calidad de aire, junto a los valores de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> y COV medidos en cada punto. Tanto la ubicación de los puntos de monitoreo como los valores de las distintas variables son ficticios.

id	Latitud	Longitus	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	COV (ppm)
1	-34,90035	-57,84624	53	33	0,7
2	-34,89051	-57,80741	47	29	0,5
3	-34,93251	-57,81209	61	38	0,8
4	-34,93041	-57,84483	49	31	0,6
5	-34,93309	-57,76836	58	36	0,9
6	-34,91679	-57,78917	45	27	0,4
7	-34,96185	-57,80695	52	34	0,7
8	-34,98254	-57,74520	60	39	0,8
9	-34,94881	-57,87992	55	32	0,6
10	-34,90816	-57,91453	48	30	0,5
11	-34,86288	-57,86869	57	35	0,9
12	-34,86749	-57,82379	50	33	0,7
13	-34,98561	-57,82285	42	28	0,4

Tabla 7. Monitoreo de variables de calidad de aire (datos imaginarios).

Esta tabla puede ser cargada en nuestro proyecto de QGIS como una capa de puntos a partir de un archivo .csv. Al cargar el archivo, es necesario revisar que los valores de los parámetros se lean como “decimal” (Figura 216), ya que se si carga erróneamente como “texto”, QGIS no detectara estos valores para interpolar (ver Capítulo 6: Tablas).

**Datos de ejemplo**

id	Latitud	Longitud	PM10 (µg/m³)	PM2.5 (µg/m³)	COV (ppm)
1	-34,90035	-57,84624	53	33	0,7
2	-34,89051	-57,80741	47	29	0,5
3	-34,93251	-57,81209	61	38	0,8
4	-34,93041	-57,84483	49	31	0,6

Figura 216. Datos de ejemplos al cargar una capa en formato .csv.

Una vez cargada la capa, se recomienda revisar la tabla de atributos y confirmar que todos los campos se encuentren completos, caso contrario se deberá completar manualmente, o mediante la calculadora de campos, o reiterar la carga de la capa hasta su correcta lectura (Figura 217).

id	Latitud	Longitud	PM10 (µg/m³)	PM2.5 (µg/m³)	COV (ppm)
1	-34,90035	-57,84624	53	33	0,7
2	-34,89051	-57,80741	47	29	0,5
3	-34,93251	-57,81209	61	38	0,8
4	-34,93041	-57,84483	49	31	0,6
5	-34,93309	-57,76836	58	36	0,9
6	-34,91679	-57,78917	45	27	0,4
7	-34,96185	-57,80695	52	34	0,7
8	-34,98254	-57,7452	60	39	0,8
9	-34,94881	-57,87992	55	32	0,6
10	-34,90816	-57,91453	48	30	0,5
11	-34,86288	-57,86869	57	35	0,9
12	-34,86749	-57,82379	50	33	0,7
13	-34,98561	-57,82285	42	28	0,4

Figura 217. Tabla de atributos con la carga de los valores correctamente.

## Modificar la simbología de la capa

Una vez cargado y reconocido el archivo .csv, se modificará su simbología (Figura 218). En este caso seleccionar la opción **Graduado** y definir qué variable se utilizarán para la graduación (PM10). Luego, se clasifica (5 clases) y modifica la rampa de color, asignando un color verde a los valores más bajos de PM10 y color rojo a los más altos.

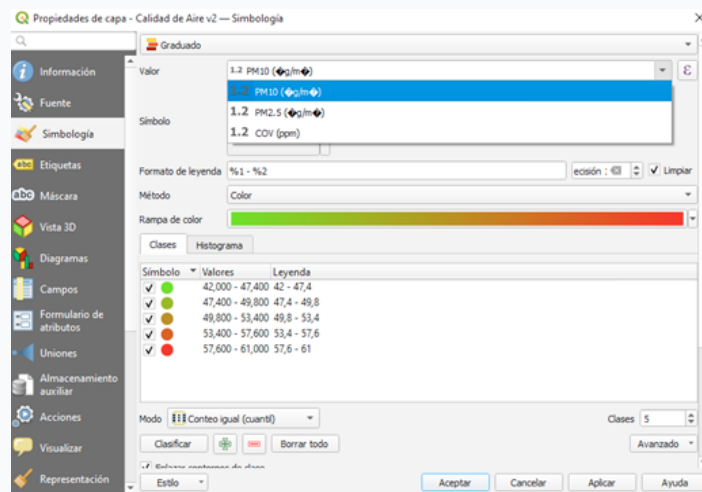


Figura 218. Propiedades de la capa – Simbología.

Como resultado, en la Figura 219 se observa que el color asignado a cada punto de muestreo guarda relación con el valor de PM10 medido endicho punto.

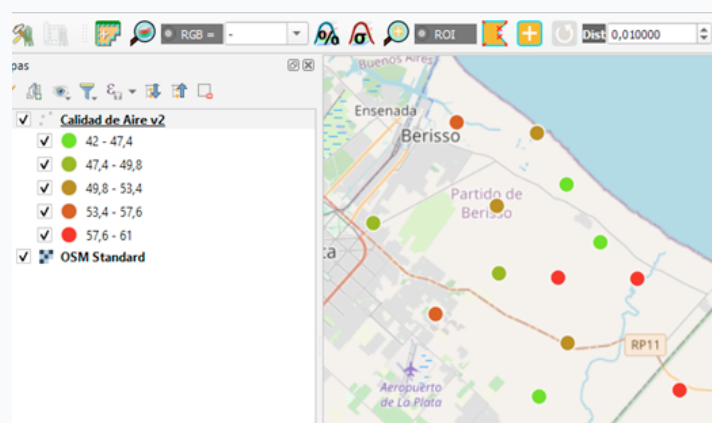
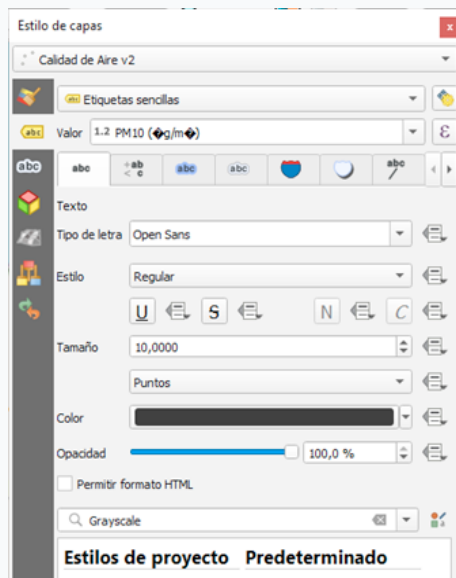


Figura 219. Resultado de la modificación de la simbología con base en los valores de PM10 por punto de monitoreo.

Un recurso útil es añadir etiquetas con los valores de la variable de interés a los puntos de muestreo, haciendo clic derecho del *mouse* sobre la capa y seleccionando la opción **Mostrar etiquetas**. Puede suceder que al seleccionar esta opción los valores mostrados sean los de otro campo de la capa, en tal caso se debe seleccionar el campo correcto, es decir, la variable que se desea mostrar. Seleccionando la herramienta **Opciones de etiquetado** se habilitará una ventana donde se podrá definir qué campo se utilizará para el etiquetado y además cambiar la fuente y tamaño de la etiqueta (*Figura 220*).



*Figura 220. Ventana de las propiedades de las etiquetas.*

En la *Figura 221* se puede apreciar el etiquetado de cada punto de muestreo indicando el valor del parámetro **PM10**.

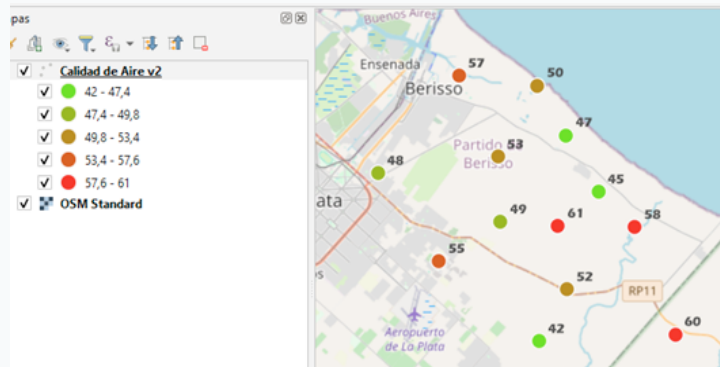


Figura 221. Representación de la capa con etiquetas.

## Herramienta de interpolación IDW

La interpolación espacial es un conjunto de métodos que permiten predecir, con un cierto grado de incertidumbre, los valores de una variable ambiental en todos los puntos dentro de un territorio determinado, a partir de valores conocidos medidos solamente en algunos puntos del área de estudio. El programa QGIS brinda varias alternativas para la interpolación<sup>1</sup>, una de ellas consiste en la herramienta **IDW**, por las siglas en inglés de distancia media ponderada. Para acceder a este algoritmo se debe seguir la ruta **Procesos** → **Caja de herramientas** y seleccionar la herramienta **IDW**, que abrirá una ventana de trabajo (Figura 222).

---

<sup>1</sup>Para más información sobre las alternativas de interpolación en QGIS, puede consultarse la página [https://docs.qgis.org/3.34/es/docs/gentle\\_gis\\_introduction/spatial\\_analysis\\_interpolation.html](https://docs.qgis.org/3.34/es/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html).

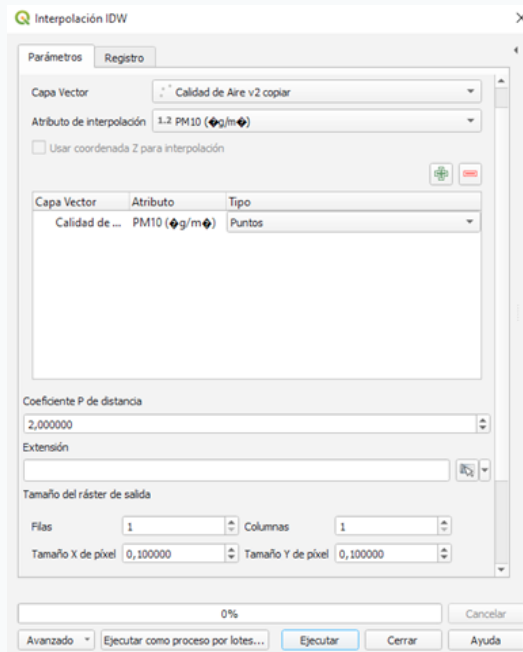


Figura 222. Ventana de configuración de la herramienta Interpolación IDW.

La configuración deberá seguir los siguientes pasos:

1. **Capa vector:** Seleccionar la capa de puntos que contiene los datos a interpolar.
2. **Atributo de interpolación:** Aquí se seleccionará la variable ambiental en estudio (sino figura como opción es porque la celda está configurada como texto y debe estar como número). Una vez seleccionada del menú desplegable, hacer clic en el botón + (Figura 223).



Figura 223. Atributo de Interpolación.

3. **Coeficiente P de distancia:** Aquí por defecto mantener el valor “2”.
4. **Extensión:** Aquí lo que pregunta es cuál es el área de trabajo. Se puede seleccionar una capa base que defina esa área o seleccionarla con el cursor del *mouse*.
5. **Tamaño del ráster:** Por defecto se coloca el valor de 10 o 30. Sin embargo, dependiendo del área de trabajo, se tendrá que asignar un valor diferente. Esto siempre dependerá del área de cobertura del estudio, ya que lo que importará será la cantidad de filas y columnas asignadas. A mayor cantidad de ellas, mayor exactitud de interpolación tendrá el ráster generado
6. Por último, hacer clic en **Ejecutar**.

En la *Figura 224* se representa el producto de la interpolación con la herramienta **IDW**, que consiste en un ráster creado a partir de los puntos de muestreo que se encuentran etiquetados.

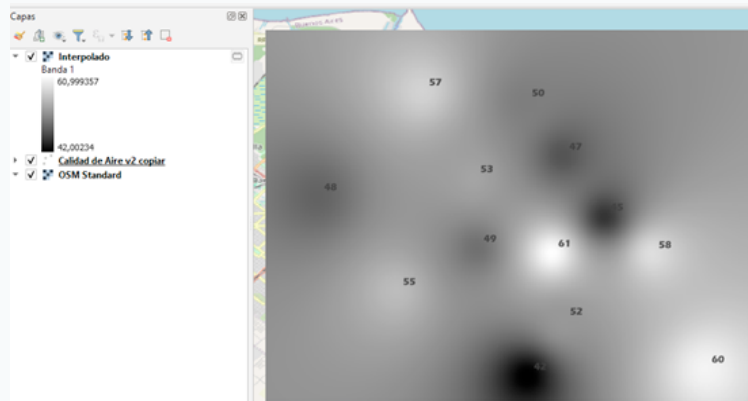


Figura 224. Ráster con la interpolación de los valores del parámetro PM10 mediante la herramienta IDW.

Una vez creada la interpolación se podrá configurar su simbología. Se recomienda el **Tipo de renderizador** pseudocolor monobanda y establecer un mínimo de 5 **Clases**, **Interpolación** lineal y elegir una **Rampa de color** (Figura 225).

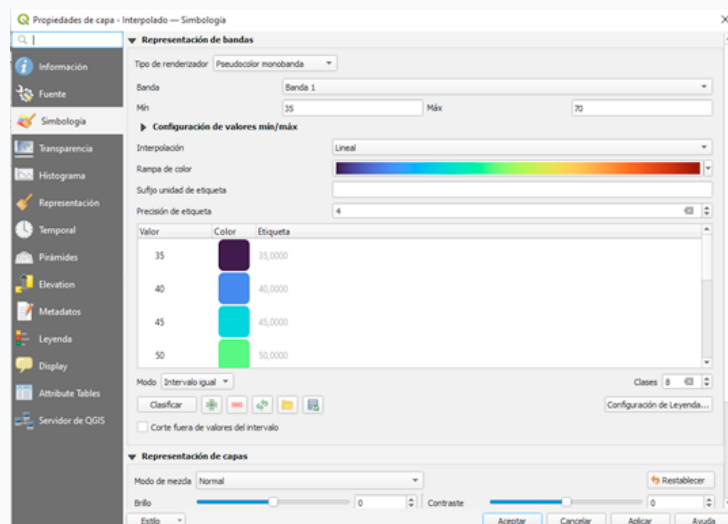
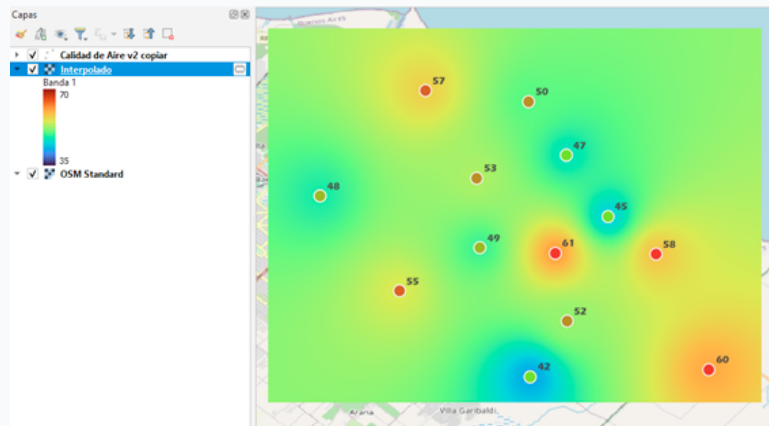


Figura 225. Configuración recomendada de la simbología de la capa de interpolación.

Luego de la modificación de la simbología se podrá obtener una representación semejante a la *Figura 226*.



*Figura 226. Producto final del uso de la herramienta de Interpolación.*

# A modo de conclusión

El uso de sistemas de información geográfica ha demostrado ser una herramienta esencial en múltiples campos de estudio y, en particular, para la representación y análisis de información ambiental. Uno de los aspectos más destacados de los SIG es la posibilidad de usar un software libre y gratuito de alta calidad, como el programa QGIS.

A medida que las tecnologías continúan evolucionando, es crucial que los estudiantes y profesionales se mantengan actualizados con las últimas herramientas y técnicas, ya que la formación continua es esencial, especialmente en tiempos donde estos recursos facilitan y dinamizan los procesos.

A través de esta guía introductoria se han abordado múltiples herramientas y aplicaciones de QGIS, sin embargo, las posibilidades de uso de este programa son mucho más amplias, por lo que se invita a los lectores a continuar profundizando en ellas, tan interesantes como indispensables para el desarrollo de proyectos y estudios ambientales.

# Glosario

**Análisis espacial:** Proceso de examinar patrones, relaciones y tendencias en datos geospaciales para obtener información significativa.

**Aplicaciones de los SIG:** Diversos campos y usos de los sistemas de información geográfica, como planificación urbana, gestión de recursos naturales, agricultura, análisis epidemiológico, entre otros.

**Archivo .shp:** Formato de archivo que contiene información vectorial en un SIG, asociado con otros archivos complementarios.

**Buffer:** Zona de influencia alrededor de un punto, línea o polígono en un SIG, utilizada para análisis de proximidad.

**Capas:** Representaciones visuales de datos geospaciales superpuestas en un SIG para crear mapas temáticos.

**Geodatos:** Información utilizada en un SIG que puede ser de tipo ráster (imágenes), vectorial (puntos, líneas, polígonos) o tabular (base de datos con coordenadas).

**Geodatos ráster:** Datos geospaciales representados por píxeles en una cuadrícula como imágenes satelitales.

**Geodatos vectoriales:** Datos geospaciales representados por puntos, líneas y polígonos que describen objetos geográficos.

**Geoprocesamiento:** Conjunto de operaciones y análisis espaciales realizados en un SIG para obtener información geográfica.

**Georreferenciación:** Proceso de asignar coordenadas geográficas a datos espaciales para su ubicación precisa en la Tierra.

**Gradiente ambiental:** Variación espacial de una o más características ambientales tales como el pH del suelo, la temperatura del agua o la concentración de un gas en la atmósfera. Puede ser representado a través de una graduación de colores en un mapa temático.

**Interfaz gráfica de usuario (IGU):** Espacio donde interactúan los usuarios con el software SIG para realizar tareas y análisis.

**Mapa temático:** Representación visual de datos geospaciales mediante símbolos, colores y etiquetas para comunicar información específica.

**Sistema de información geográfica (SIG):** Conjunto de herramientas informáticas que permiten la captura, almacenamiento, análisis y visualización de datos geospaciales.

**Tablas:** Conjunto de datos con información asociada a coordenadas específicas utilizadas para generar archivos vectoriales en un SIG.

# Referencias bibliográficas

Chow, V. T., Maidment, D. R. y Mays, L. W. (1994). *Hidrología aplicada*. McGraw-Hill Interamericana.

QGIS Project (2023). *QGIS Desktop 3.34 User Guide*. <https://docs.qgis.org/3.34/pdf/en/QGIS-3.34-ServerUserGuide-en.pdf>

Renda, E., Rozas Garay, M., Moscardini, O. y Torchia, N. (2017). *Manual para la elaboración de mapas de riesgo*. Ministerio de Seguridad de la Nación. <https://www.argentina.gob.ar/sinagir/institucional/mapas-de-riesgo/manual-elaboracion>

Seoane, R. S. (2021). ¿Qué es una cuenca? Modelos matemáticos en una cuenca de drenaje. En L. De Cabo y P. L. Marconi (Eds.). *Estrategias de remediación para las cuencas de dos ríos urbanos de llanura: Matanza-Riachuelo y Reconquista* (pp. 11-27). Fundación de Historia Natural Félix de Azara. <https://www.fundacionazara.org.ar/img/libros/estrategias-de-remediacion.pdf>

Vermote, E. F., Tanré, D., Deuze, J. L., Herman, M. & Morcette, J. J. (1997). Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 35(3), 675-686. [10.1109/36.581987](https://doi.org/10.1109/36.581987)





Los sistemas de información geográfica (SIG) son herramientas útiles para la elaboración de cartografía temática, entre un gran número de otras aplicaciones en diversas ramas científicas y de la ingeniería. Por esta razón, esta guía fue pensada como parte de la bibliografía introductoria a los SIG de diversas carreras de grado y posgrado, y para cualquier persona interesada en comenzar a utilizar estos recursos. El abordaje de los distintos temas tratados a lo largo del libro es prioritariamente práctico, con ejemplos de proyectos que se desarrollan de forma independiente.