



FadARA
Facultad de la
Armada

**SEDE EDUCATIVA UNIVERSITARIA
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR**



UNDEF
Universidad de la
Defensa Nacional



Licenciatura en Cartografía

Tesina

**Generación de cartografía digital rápida y libre, para
San Carlos de Bariloche, Argentina**

Alumno: Jorge Zabala

Director de Tesina: Lic. Mónica Fiore

Codirector de Tesina: Lic. Sergio Molina

Director de Carrera: Lic. Prof. Humberto Capecci

ÍNDICE

RESUMEN	4
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	6
CAPÍTULO 2. ÁREA DE TRABAJO	8
2.1. Bariloche. Reseña y ubicación	8
CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL QGIS, SISTEMAS y MARCOS DE REFERENCIA GEODÉSICO.....	12
3.1 Introducción al Qgis	12
3.2 Sistema de referencia	14
3.3 Marco de Referencia.....	15
CAPÍTULO 4. METODOLOGIA DE TRABAJO, ANTECEDENTES CARTOGRÁFICOS Y AVENZA MAPS	17
4.1 Metodología para la elaboración de cartografía digital.....	17
4.2 Imágenes Satelitales.....	17
4.3 Antecedentes Cartográficos	19
4.4 Modelos Digitales de Elevación (MDE).....	20
4.5 Confección de las curvas de nivel a partir del DEM.....	24
4.6. Datos técnicos del vuelo y la cámara fotogramétrica	26
4.7. Digitalización de objetos geográficos (Puntos, Líneas y Polígonos).....	28
4.8 Interpretación de Imágenes satelitales y herramientas de apoyo.....	29
4.9 Avenza maps	29
CAPÍTULO 5. DESCARGA DE IMÁGENES SATELITALES CON SAS PLANET Y QGIS	30
5.1 Proceso de Descarga Ráster con Sas Planet.....	30
5.2 Integración de imagen satelital en Qgis.....	32
5.3 Generación de la grilla y exportación del mapa en formato PDF.....	33
CAPÍTULO 6. RESULTADOS	34
6.1 Criterios de diseño	34
6.2. Configuración de la aplicación móvil.....	36
6.3 Calibración visual del mapa en Avenza Maps	38
6.4 Exportación de capa a formato Kml para visualización en Google Earth	41
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES.....	44
BIBLIOGRAFIA.....	46

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis se la dedico a Dios, quien me guio y me fortaleció con perseverancia, voluntad y constancia para enfrentar las adversidades de la vida diaria, permitiéndome así alcanzar mis metas.

A mi hija Catalina, la luz que ilumina mis días y la principal razón de mi esfuerzo, a mis hermanos, familiares, colegas, amigos y toda persona que de una u otra forma me brindo su apoyo para finalizar esta hermosa carrera profesional. A mi directora de Tesis la Lic. Mónica Fiore por su apoyo incondicional y su guía en todo momento y a mi co director Lic. Sergio Molina por su ayuda y experiencia en la materia. Finalmente extendiendo mi reconocimiento a las autoridades y profesores de la Escuela Ciencias del Mar quienes, con su dedicación y enseñanza, hicieron posible mi formación profesional."

RESUMEN

Esta tesis presenta una metodología innovadora para la creación de cartografía digital en forma rápida, accesible y gratuita. Este desarrollo permite que un usuario con conocimientos básicos de cartografía pueda realizar por sí mismo un mapa digital, mediante software de uso libre. La metodología está basada en la aplicación del Quantum GIS (QGIS 3.34) y el Avenza Maps y permite que el usuario pueda navegar en el terreno, sin recurrir al GPS o equipamientos técnicos sofisticados que no están al alcance de todos los usuarios. La generación de cartografía se realizó para la localidad de San Carlos de Bariloche, una de las ciudades más visitadas de la Patagonia Argentina por sus recursos naturales y atractivos turísticos. Para este análisis se seleccionó la zona con mayor cobertura de información de detalles naturales y artificiales del terreno para cubrir la mayor cantidad de objetos geográficos que permita representar una carta topográfica a una escala 1:50.000. Para la creación de la cartografía digital, se integraron diversas fuentes de información, incluyendo cartas topográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN), imágenes satelitales de alta resolución obtenidas a través de Sas Planet y Modelos Digitales de Elevación (MDE), con el fin de generar una representación detallada del terreno. La captura de entidades geográficas se realizó mediante la digitalización de puntos, líneas y polígonos en formato shapefile, empleando imágenes satelitales y cartografía topográfica preexistente como referencia espacial. Los resultados obtenidos muestran que la metodología aplicada permite la elaboración de cartografía digital confiable en tiempo real. Esta herramienta es beneficiosa por su accesibilidad, rentabilidad y participación comunitaria. Tiene la capacidad de funcionar sin conexión a internet lo que la convierte en una herramienta útil para utilizar en lugares del terreno o áreas con poca cobertura de red.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La información es una herramienta de competencia, que marca la diferencia al momento de realizar acciones que impactarán sobre la toma de decisiones. Las tareas de almacenamiento de la información de entes públicos y privados se van adecuando a la tecnología y a la aplicación de la informática. Sin embargo, muchas veces la abundancia de información disponible no va acompañada del desarrollo cartográfico y acceso libre a la información.

La cartografía digital permite actualizar y agrupar en corto tiempo y con distinto grado de detalle diferentes tipos de datos. Se ha vuelto una herramienta fundamental para el desarrollo de mapas geográficos que brindan información detallada sobre diferentes características del terreno (Pérez Heras et al., 2008). Es muy utilizada en agricultura, minería, ingeniería ambiental etc. ESRI (2007) señala que es una herramienta importante en el ámbito de la planificación energética ya que proporciona información que sirve para establecer una gestión eficaz de los recursos energéticos. El uso de esta herramienta permite el estudio, análisis e interpretación de la información cartográfica para los distintos usuarios.

En este sentido es relevante analizar la importancia y eficiencia de los objetos geográficos a representar mediante el uso de simbología libre que el usuario considere importante para la zona de trabajo por medio de la vectorización de puntos, líneas y polígonos apoyándose con mapas bases de múltiples servidores de uso gratuito.

En la actualidad existe una gran variedad de softwares para realizar cartografía, sin embargo, los costos de las licencias de algunos programas hacen que se vuelvan inaccesibles a muchos usuarios. Por este motivo, es necesario destacar a los softwares libres que permiten a cualquier usuario confeccionar cartografía digital en forma rápida para poder implementarla en la temática que lo desee.

La importancia de aplicar un software libre, específicamente Quantum GIS (QGIS), radica en que es de código abierto y brinda una amplia gama de posibilidades para el manejo de datos. Funciona en plataforma Windows, Linux Mac y Andriod. Entre las ventajas se destaca la creación de mapas de alta calidad, que satisfacen las necesidades de los usuarios.

La confección de cartografía digital rápida y libre, utilizando imágenes satelitales de alta resolución y curvas de nivel permite incorporar detalles naturales y artificiales del terreno, convirtiéndolo en una poderosa herramienta para análisis de datos espaciales de interés en diferentes áreas de trabajo.

La ciudad de San Carlos de Bariloche es la cabecera del departamento que lleva su mismo nombre, es una ciudad patagónica con 146.000 habitantes (INDEC, 2022) y la más poblada de la provincia de Río Negro. Esta ciudad es el destino turístico más visitado de la Patagonia y uno de los más visitados de la Argentina. Recibe alrededor de un millón de turistas anualmente.

En los últimos años ha crecido su población en forma contundente, y la información disponible es cada vez más abundante, por lo que se considera de gran utilidad la confección de cartografía actualizada de la zona. Actualmente la zona cuenta con: Carta topográfica oficial realizada en el año 1942 escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) por lo cual es de suma importancia poder actualizar la misma.

Debido a esto, se plantea como objetivo de esta tesina la generación de cartografía digital rápida y libre para el área de San Carlos de Bariloche, Argentina, que permita salidas graficas rápidas y gratuitas.

La organización del trabajo sigue la estructura utilizada para optimizar las tareas realizadas, simplificar los procesos y aumentar la eficacia de las herramientas tecnológicas utilizadas.

Luego de esta presentación se explica el área de estudio para la confección de la cartografía. Posteriormente se describe la descarga de imágenes satelitales mediante el software libre sas planet de origen ruso. Seguidamente se detalla el análisis y fotointerpretación para capturar los Objetos Geográficos a representar utilizando como mapa base las imágenes de alta resolución del mencionado software. El siguiente paso es generar una grilla con coordenadas planas y geográficas para luego importarlo desde la aplicación móvil avenza map para darle el uso a las diferentes herramientas, que permitan explorar sus diferentes usos para aplicarlos en el terreno.

CAPÍTULO 2

ÁREA DE TRABAJO

2.1 Bariloche. Reseña y ubicación

San Carlos de Bariloche, comúnmente conocida como Bariloche, es una ciudad ubicada a 832 m sobre el nivel del mar en el noroeste de la Patagonia argentina, en la provincia de Río Negro (Figura 2.1). Se encuentra en el Parque Nacional Nahuel Huapi, en la ribera sur del lago Nahuel Huapi, a 832 km de la ciudad de Viedma, la capital provincial.

Su ubicación ($41^{\circ}13' \text{ S}$; $71^{\circ}27' \text{ O}$) al pie de la cordillera de los Andes, le confiere un paisaje montañoso de gran belleza. La ciudad limita al norte con el lago Nahuel Huapi, al oeste con Chile, al sur con el lago Mascaridí y al este con la estepa patagónica.

El término Bariloche proviene de la palabra mapuche *buriloche* y significa gente del otro lado de la montaña haciendo referencia a los asentamientos Mapuches y comunidades que habitaban en la región.

La Figura 2.1 muestra el mapa bicontinental de la República Argentina y el área de trabajo de una imagen satelital de la Localidad de San Carlos de Bariloche.

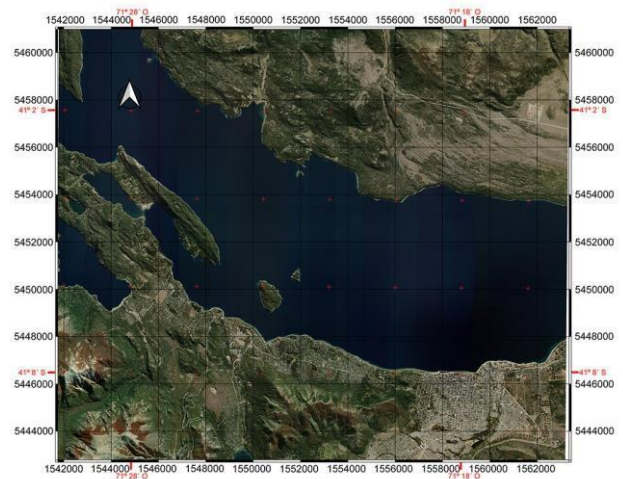
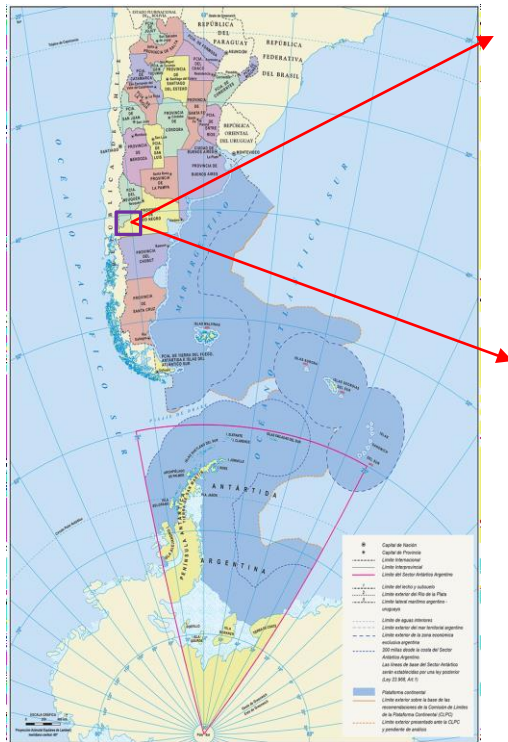


Figura 2.1. Área de Trabajo. Imagen descargada de la Localidad de San Carlos De Bariloche del Software sas Planet.

<http://www.sasgis.org/download>.

Entre los factores que han influido en el crecimiento poblacional se pueden mencionar algunos importantes que son:

Turismo: La principal industria de Bariloche, el turismo, ha impulsado el crecimiento poblacional ya que, un gran número de visitantes tanto nacionales como internacionales han decidido establecerse de forma permanente en la ciudad. Se caracteriza por recibir turistas durante todo el año, algo que lo diferencia de otros destinos que tienen carácter estacional.

Calidad de vida: La ciudad está rodeada de lagos y montañas, ofreciendo una naturaleza incomparable para disfrutar actividades al aire libre durante todo el año. Presenta una creciente oferta de servicios que lo convierte en un lugar ideal para quienes buscan una calidad de vida al aire libre en armonía con la naturaleza.

Aspecto inmobiliario: el desarrollo inmobiliario ha experimentado un importante crecimiento debido al incremento de la actividad turística, generando una amplia gama de oferta de propiedades en toda la ciudad. Este crecimiento ha favorecido la creación de una mayor cantidad de puestos de trabajo.

Conectividad: la construcción de nuevas rutas y el acceso al aeropuerto han conectado la ciudad con diferentes regiones del país, mejorando el crecimiento económico y consolidándose como un destino de primer nivel.

La Figura 2.2 muestra el nivel socioeconómico de la ciudad de San Carlos de Bariloche por segmentación social. La clase alta está rigurosamente en zonas residenciales, con altos ingresos y acceso a servicios de calidad. La clase media está compuesta principalmente por profesionales y empresarios y poseen un buen nivel de vida acorde a sus ingresos. Finalmente, la clase medio baja está concentrada en barrios periféricos y debido a sus bajos ingresos bajos, refleja una desigualdad social existente en la ciudad.

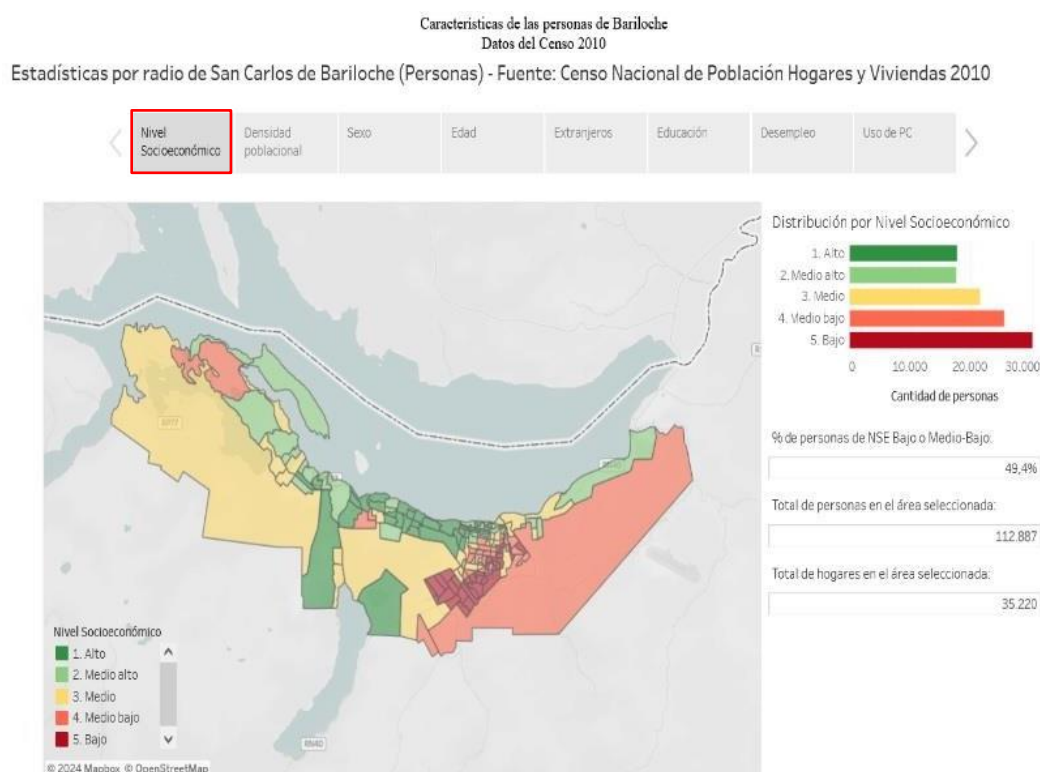


Figura 2.2. Estadística poblacional de San Carlos de Bariloche.
(https://www.bariloche.gov.ar/estadisticas_grafico.php?grafico=10)

La densidad poblacional (Figura 2.3), al igual que en otras ciudades, no es uniforme destacándose zonas con alta densidad (centro urbano) y otras con baja densidad (periferia). Desde la década de 1940 la actividad turística produjo un crecimiento

demográfico continuo, siempre por arriba de la media nacional. Este crecimiento fue en detrimento de los espacios rurales (Matossian, 2015).

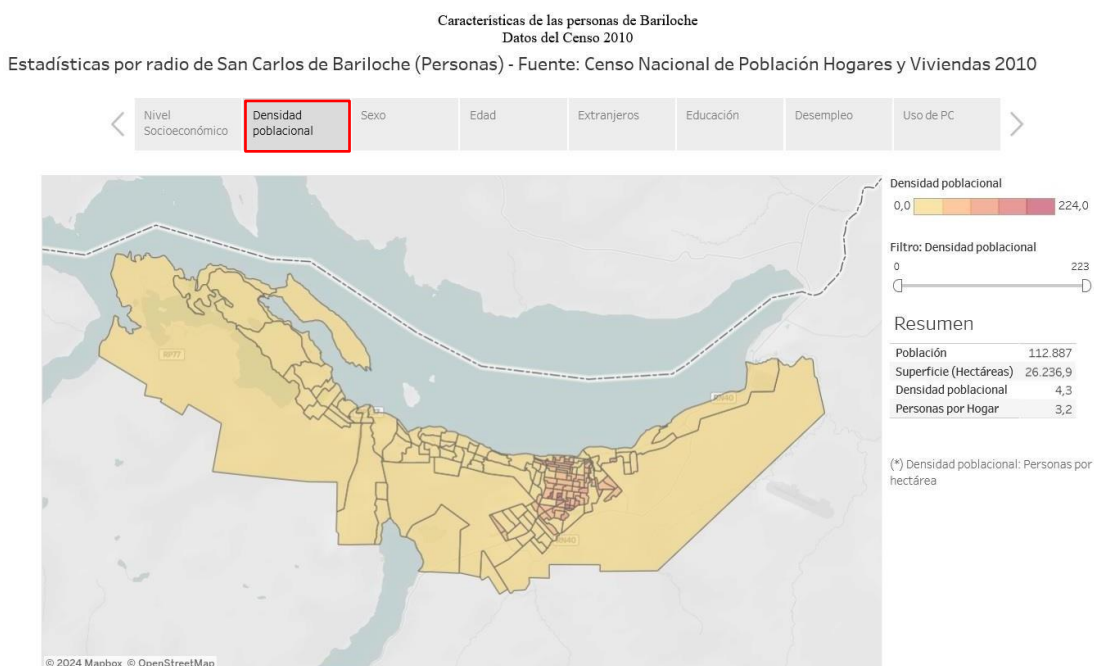


Figura 2.3. Estadística por radio de la Ciudad de San Carlos de Bariloche.
(https://www.bariloche.gov.ar/estadisticas_grafico.php?grafico=10)

La Figura 2.4 muestra la distribución por edad, de niños, jóvenes y adultos mayores en la población de Bariloche. Las niñas y niños representaban el 25.0% de la población total de Bariloche en 2022 (INDEC, 2022).

Características de las personas de Bariloche
 Datos del Censo 2010
 Estadísticas por radio de San Carlos de Bariloche (Personas) - Fuente: Censo Nacional de Población Hogares y Viviendas 2010

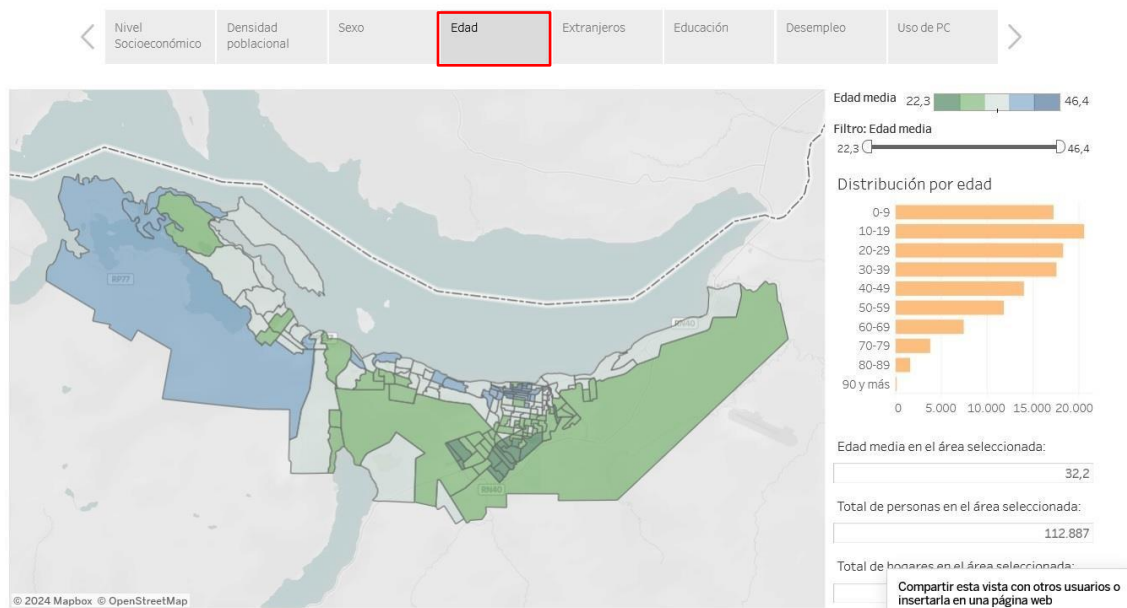


Figura 2.4. Estadística por edad. (https://www.bariloche.gov.ar/estadisticas_grafico.php?grafico=10)

En la Figura 2.5 se observan los resultados brindados por la estadística educacional, mostrando los diferentes niveles educativos disponibles.

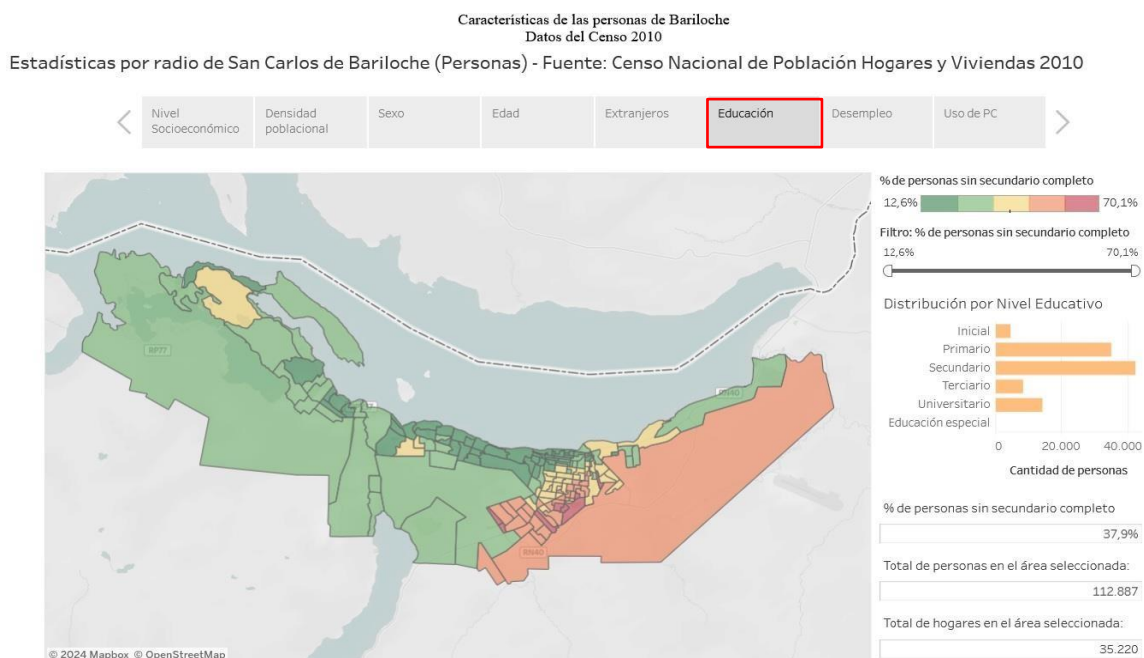


Figura 2.5 Estadística educacional.

(https://www.bariloche.gov.ar/estadisticas_grafico.php?grafico=10)

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DEL QGIS, SISTEMAS y MARCOS DE REFERENCIA GEODÉSICO

3.1 Introducción al Qgis

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta que procesa datos de eventos o entidades geoespaciales con el objetivo de generar nueva información mediante operaciones de manipulación y análisis que ayude a la toma de decisiones Vílchez (2000). En la última década los SIG se han convertido en una herramienta utilizada a nivel global para la toma de decisiones produciendo un alto impacto en la sociedad (Longley et al., 2015). Los SIG son utilizados para resolver problemas de planificación y gestión, en diferentes ámbitos y entorno (Gazaba, 2021; Cruz, 2022)).

Quantum Geographic Information System (QGIS) es un SIG de código abierto y gratuito que ofrece un conjunto completo de herramientas (edición, visualización, análisis entre otras) para trabajar con datos geoespaciales (Sandhya, 2020). Permite capturar almacenar, manipular y analizar información de alta calidad, editar datos vectoriales y ráster, realizar análisis espaciales complejos y crear aplicaciones personalizadas (Apriyono et al., 2018). En los últimos años ha incrementado la cantidad de usuarios y se ha convertido en una herramienta muy útil para aplicar en el ámbito geográfico y cartográfico.

QGIS posee una interfaz amigable, creada para que tanto usuarios principiantes como experimentados puedan usar fácilmente las herramientas y funcionalidades. Es compatible con una amplia variedad de formatos de datos espaciales, como Shapefiles, GeoJSON, KML y ráster, lo que la transforma en una solución útil en los SIG.

Por otra parte, ofrece un amplio conjunto de herramientas avanzadas para el análisis espacial, permitiendo realizar operaciones complejas sobre datos geográficos. Posibilita realizar desde cálculos de distancia, área y superposición de capas hasta análisis de redes y modelado de superficies, brindando a los usuarios la flexibilidad necesaria para abordar una gran variedad de problemas geográficos.

Además, proporciona un análisis avanzado, que abarca desde la preparación de datos hasta la generación de modelos predictivos, permitiendo una comprensión profunda de los fenómenos geográficos que permite análisis de proximidad, intersección, superposición entre las operaciones espaciales, para identificar relaciones y patrones geográficos.

El QGIS brinda una gran flexibilidad que permite la incorporación de Plugins (complementos) lo que amplía su funcionalidad y lo adapta a las distintas necesidades particulares de cada usuario.

La visualización de datos facilita la creación de mapas y gráficos de alta calidad en diferentes formatos. Por otra parte, la amplia gama de usuarios y el número de desarrolladores aseguran un soporte continuo y la constante evolución del programa, garantizando que siempre este a la vanguardia de las tecnologías geoespaciales.

En la parte de edición cartográfica contiene herramientas avanzadas que simplifican la creación de mapas temáticos. Además, incorpora la topología como un elemento clave para garantizar la integridad y coherencia de los datos vectoriales.

La capacidad de QGIS para conectarse a bases de datos espaciales como PostgreSQL / PostGIS y Spatialite es esencial para el manejo de grandes volúmenes de datos geográficos. Estas conexiones permiten almacenar, recuperar y analizar información espacial de manera eficiente, asegurando la integridad y consistencia de los datos.

En relación a los datos ráster, estos se utilizan en los SIG cuando se cuenta con información continua en toda un área y no es fácil de manejar en forma vectorial. Por lo general, los datos ráster están organizados en una cuadrícula de píxeles de tamaño regular con valores numéricos asociados, y son la base para los Modelos Digitales de Elevación (MDE). Estos modelos representan digitalmente la altitud del terreno, permitiendo realizar análisis detallados como la creación de curvas de nivel, el cálculo de pendientes y la delimitación de cuencas hidrográficas. Esta información es fundamental en diversas disciplinas, desde la geografía física hasta la ingeniería civil.

La resolución espacial de los datos ráster está determinada por los píxeles de la imagen y las imágenes ráster tienen una o más bandas que proporcionan múltiples características sobre la misma zona. Las formas más habituales de obtener datos ráster son la fotografía aérea y las imágenes por satélite (Roy et al., 2022).

La salida grafica del QGIS es la herramienta principal para diseñar y crear mapas personalizados (Vinod et al., 2022). Al combinar múltiples capas de información geográfica, agregar elementos gráficos como escalas, títulos y leyendas, y exportar el resultado en una variedad de formatos (PDF, JPG, GEOTIFF, PNG, SVG), se obtienen representaciones cartográficas de alta calidad y adaptadas a las necesidades específicas del usuario.

La importancia de un software libre como QGIS resulta fundamental debido a su naturaleza de código abierto y libre, lo cual permite una amplia personalización y adaptación a diversas necesidades para todos. Además, su activa comunidad de usuarios garantiza un constante desarrollo y soporte, ofreciendo una variedad de posibilidades inagotables para el tratamiento de datos geográficos geoespaciales.

3.2 Sistema de Referencia

En cartografía, los sistemas y marcos de referencia son fundamentales para ubicar con precisión puntos en la superficie terrestre y representarlos en un mapa.

El Sistema de referencia se basa en la adopción de convenciones, constantes y modelos que lo caracterizan. Todas éstas responden a diferentes técnicas de observación (hacia satélites y otros elementos en el espacio). Las convenciones adoptadas para definir un Sistema de Referencia Geocéntrico (Figura 3.2.1), en el cual su terna de coordenadas tiene su origen en el centro de masas de la Tierra son las siguientes:



Figura 3.2.1 Sistema de referencia geocéntrico WGS 84

<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Introduccion>

3.3 Marco de Referencia

El Marco de referencia es la materialización física de un sistema de referencia. Se trata de un conjunto de puntos fijos en la superficie terrestre cuyas coordenadas se conocen con precisión.

Para facilitar la interpretación de las posiciones de los puntos que componen las redes geodésicas, en lugar de utilizar coordenadas cartesianas geocéntricas (X, Y, Z), resulta más sencillo utilizar las coordenadas geodésicas (latitud, longitud y altura elipsoidal). Éstas últimas surgen de asociar un elipsoide de revolución al Sistema de Referencia (por ejemplo, el elipsoide WGS84) y aplicar una serie de ecuaciones para realizar la transformación.

Durante el año 2005 se iniciaron las mediciones para la actualización del marco de referencia geodésico POSGAR 2007 (Posiciones geodésicas argentinas).

Dicho marco se vinculó al Marco de Referencia Terrestre Internacional denominado ITRF05 (International Terrestrial Reference Frame 2005) y SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas).

La solución final publicada en el año 2009 consta de 178 coordenadas pertenecientes a pilares materializados sobre el terreno, y, además, todas las coordenadas de las

estaciones GPS permanentes que pertenecen a la red RAMSAC (Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo).

Por otra parte, con este Marco de Referencia se planteó el desafío de integrar a todas las redes Geodésicas Provinciales existentes y la del Proyecto de Apoyo al Sector Minero Argentino (PASMA). Para ello se midieron aproximadamente 500 puntos, a partir de los cuales, se lograron calcular los parámetros de transformación para integrar todas las Redes Geodésicas de Argentina en un único Marco de Referencia Geodésico Nacional, dando origen a una red de aproximadamente 4500 puntos (<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Introduccion>).

Posgar 2007 es el resultado de la integración de diversas redes geodésicas que cubren todo el territorio argentino. La Figura 3.2.2 muestra la integración de las redes geodésicas en el territorio.

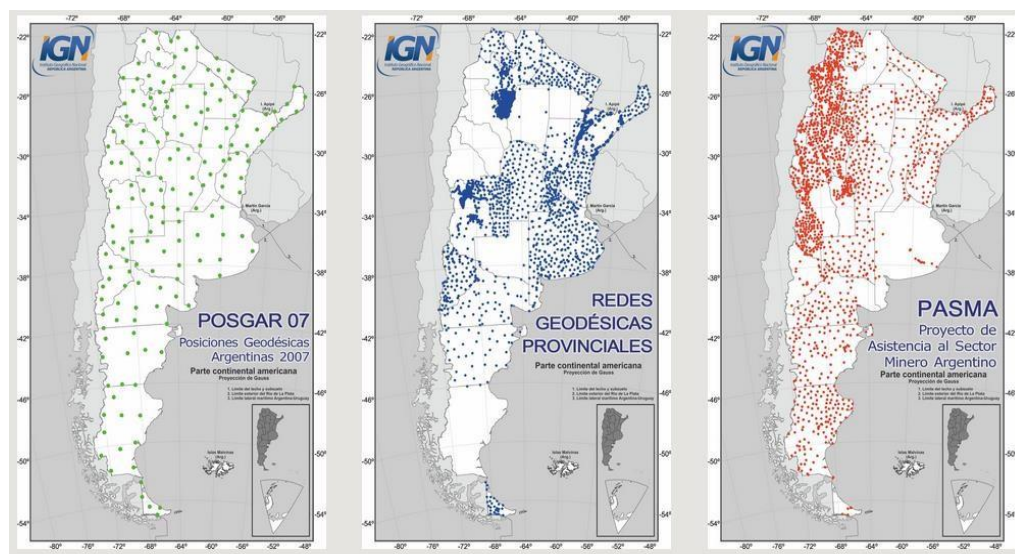


Figura 3.2.2 integración de las redes geodésicas en el territorio
<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Introduccion>

En la actualidad, la tendencia mundial es materializar los Marcos de Referencia Geodésicos mediante estaciones GPS permanentes. En este sentido, dentro del IGN, se ha generado un centro de procesamiento científico de datos GPS, de modo de poder calcular, mantener y actualizar el Marco de Referencia Geodésico Nacional, a partir del procesamiento de los datos provenientes de la red RAMSAC.

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) a través de la Ley Nacional de la Carta y la Disposición Administrativa 520/96, es el responsable Nacional del establecimiento, mantenimiento, actualización y perfeccionamiento del Marco de Referencia Geodésico Nacional (IGN, 2017).

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA DE TRABAJO, ANTECEDENTES CARTOGRAFICOS Y AVENZA MAPS

4.1 Metodología para la elaboración de cartografía digital

La metodología empleada para la elaboración de la cartografía digital en el marco de la tesis, se basa en la captura de datos vectoriales como puntos líneas y polígonos que representan las características geográficas de interés para la zona de trabajo sobre el programa Qgis 2.34 en formato shape. Se utiliza como mapa base Imágenes Satelitales de alta resolución (Bing maps y Google satélite obtenidas a través del Sas planet) a una escala 1:50.000.

El sistema de referencia utilizado es el WGS84 (sistema geodésico Mundial), que en la actualidad es uno de los sistemas de referencia más utilizados en el mundo.

4.2 Imágenes Satelitales

Se obtienen imágenes satelitales de alta resolución mediante la aplicación del software Sas planet de origen ruso para la digitalización y captura en gabinete a una escala de trabajo 1:50.000. La Figura 4.2.1 obtenida del servidor google satélite muestra la resolución espacial de un sector del área de trabajo de San Carlos de Bariloche.



Figura 4.2.1. Imagen satelital de un sector del área de trabajo (<http://www.sasgis.org/download/>)

La resolución de una imagen se refiere a la claridad y nitidez con la que se pueden apreciar los detalles. Se mide en píxeles por pulgada (PPI) o en megapíxeles. Una mayor resolución implica contar con una imagen más detallada.

La resolución espacial es el tamaño de las celdas individuales que componen el ráster. Designa al objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre una imagen. En un sistema fotográfico, suele medirse como la mínima separación a la cual los objetos aparecen distintos y separados en la fotografía (Chuvieco, 1995). La Figura 4.2.2 muestra un ráster de alta y baja resolución espacial para los detalles naturales y artificiales en el trabajo de gabinete.



Alta resolución

Baja resolución

Figura 4.2.2 Ráster de alta y baja resolución espacial de una imagen satelital Sas planet
(<http://www.sasgis.org/download/>)

4.3 Antecedentes Cartográficos

Se utilizan cartas topográficas suministradas por el IGN de la zona de estudio. Estas cartas proporcionan información complementaria para la verificación y el enriquecimiento de la cartografía digital. La Figura 4.3.1 muestra una carta topográfica de la zona de San Carlos de Bariloche correspondiente a la edición del año 1942.

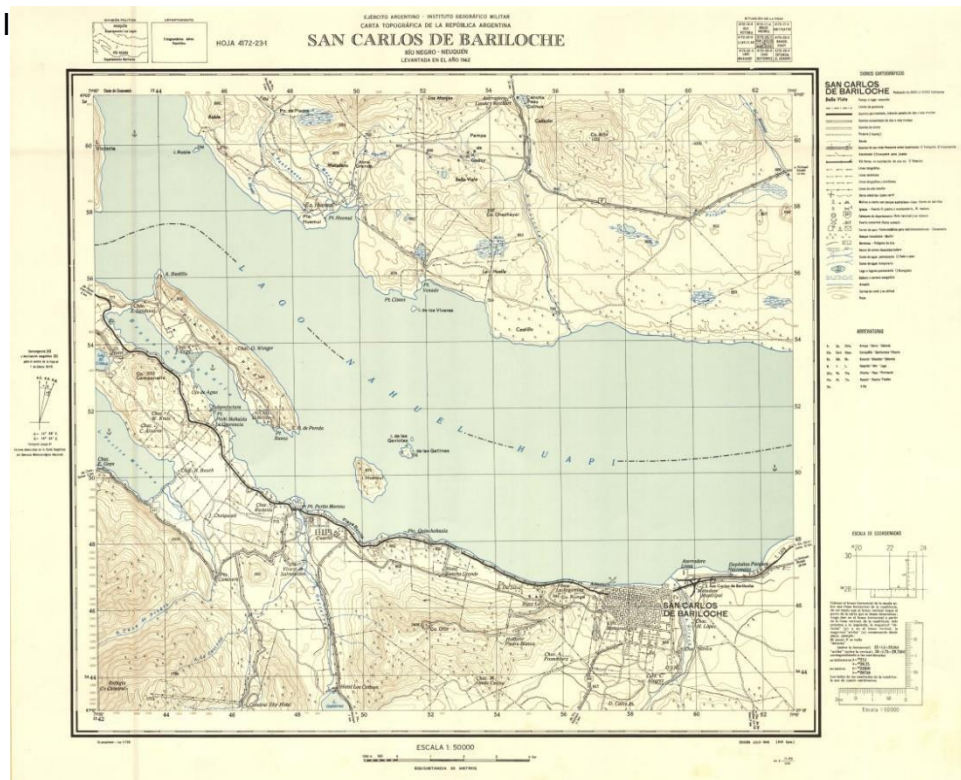


Figura 4.3.1. Carta topográfica del IGN. Fuente: IGN año de edición 1942

4.4 Modelos Digitales de Elevación (MDE)

Felícísimo (1994) describe a un Modelo Digital de Elevación (MDE) como un modelo simbólico, de estructura numérica y digital que procura representar la distribución espacial de la elevación del terreno. Los MDE también conocidos como DEM por su denominación en inglés (Digital Elevation Model) (MDE) proporcionan representaciones fundamentales de la forma tridimensional de la superficie terrestre y son útiles para una amplia gama de disciplinas (Guth et al., 2021).

Los MDE permiten describir la topografía del terreno (o relieve) a través de puntos distribuidos en forma homogénea sobre la superficie terrestre y cuya altura está referida al nivel medio del mar.

Las aplicaciones de un MDE son variadas, por ejemplo pueden ser utilizados para:

- Generación de curvas de nivel.
- Generación de mapas de pendiente.
- Creación de mapas en relieve.
- Planificación de vuelos en tres dimensiones
- Proyectos de grandes obras de ingeniería.

Para generar las curvas de nivel del área de estudio, se emplean modelos Ráster obtenidos del IGN. Estos modelos digitales de elevación sirvieron como base para la extracción de las curvas de nivel, utilizando el software Qgis. Se configuró la herramienta de extracción de curvas de nivel con una equidistancia de 20 m para la escala de trabajo 1:50.000, ajustada a las características del terreno.

A continuación, se detallan los pasos de descarga del MDE y la confección de las curvas de nivel mediante el programa Qgis:

1. Zoom sobre el área de interés.
2. Elección del producto, en este caso MDE 5m
3. Selección del cuadrante a descargar
4. Selección del vínculo Descargar Modelo
5. Volver al punto 3 para descargar otro cuadrante

Luego, para generar un mosaico, se descargan los cuatro archivos Ráster correspondientes a la localidad de San Carlos de Bariloche. Una vez obtenidos los archivos comprimidos (ZIP), se procede a descomprimirlos en una carpeta local, con el fin de tener todos los datos organizados y listos para ser procesados. En la Figura 4.4.1 se muestra el procedimiento de descarga de los MDE.

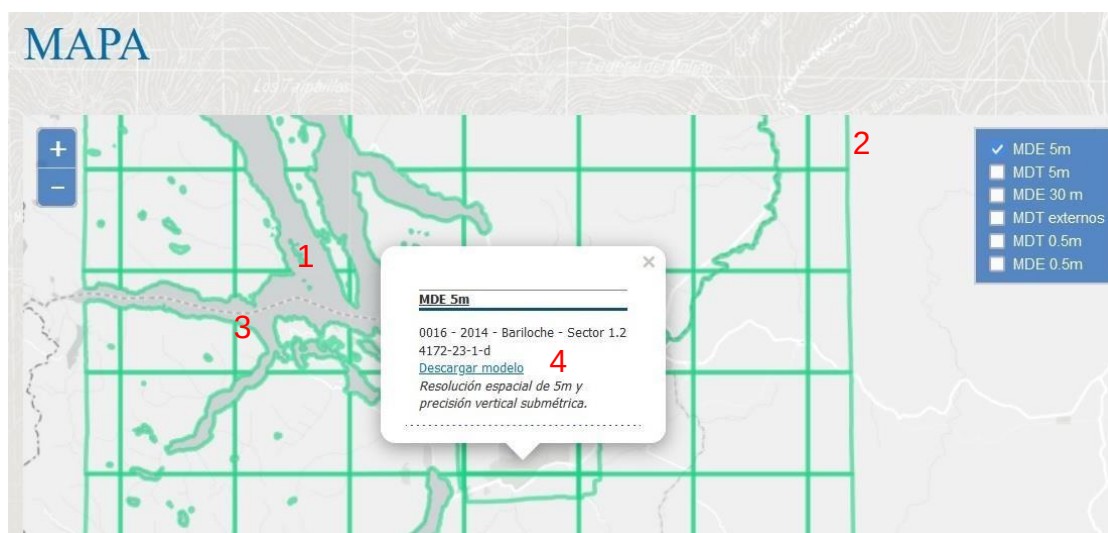


Figura 4.4.1. Procedimiento de descarga de los MDE

<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/ModeloDigitalElevaciones/Mapa>

Posteriormente se realiza la unión de los Ráster descargados para combinar el modelo con la herramienta del programa Qgis y generar las curvas de nivel.

Pasos en Qgis para combinar el modelo:

1. Abrir Qgis y en un nuevo proyecto añadir las imágenes IMG descargadas.
2. Agregar mapa base para una mejor comprensión de la zona.
3. En el menú Ráster – Misceláneas seleccionar Combinar

En la Figura 4.4.2 se muestra la combinación del modelo para la fusión del mosaico con el programa Qgis.

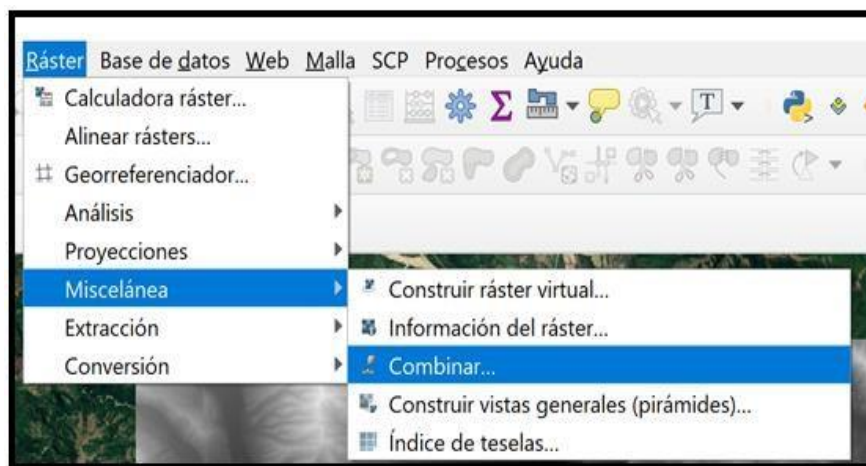


Figura 4.4.2. Combinación del modelo con el programa Qgis

Para armar el mosaico, se seleccionan los ráster de entrada que se desean combinar. Una vez elegidos los mismos, se inicia el proceso del mosaico haciendo clic en 'Ejecutar'. De esta manera, se crea un mosaico que integra todas las imágenes en una sola capa, facilitando su análisis y visualización." En la Figura 4.4.3 se muestra la integración de los modelos para crear el mosaico.

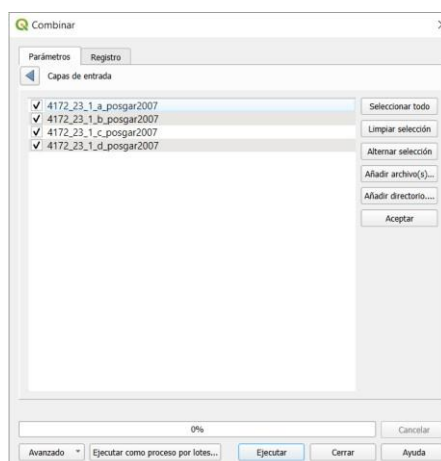


Figura 4.4.3. Integración de los modelos para crear el mosaico.

Una vez finalizado el proceso de combinación, la nueva capa estará disponible en la vista del Qgis. Esta capa, denominada 'Combinado', podrá ser utilizada directamente

para generar las curvas de nivel, enriqueciendo así el análisis topográfico del área de estudio.

Dado que el mosaico se encuentra actualmente en la memoria virtual, es necesario exportarlo a un formato de archivo tangible. Se elige Geo TIFF por ser un formato estándar en el entorno de los SIG, asegurando su portabilidad y accesibilidad para cualquier programa Gis.

La Figura 4.4.4 muestra el resultado final del proceso de combinación para crear el mosaico llamada combinado.

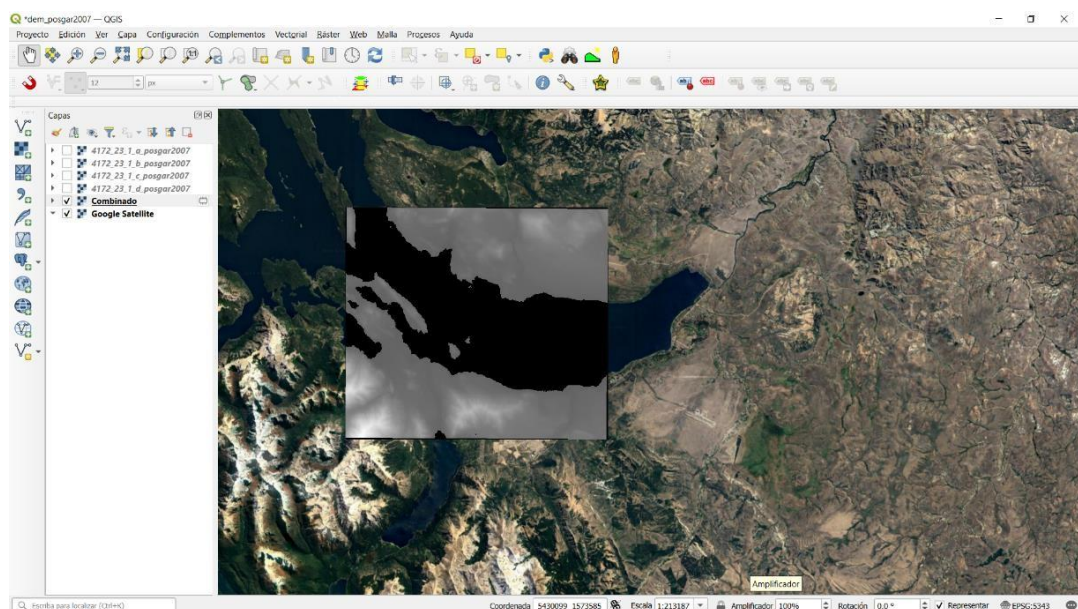


Figura 4.4.4. Integración de los modelos para crear el mosaico

4.5 Confección de las curvas de nivel a partir del MDE

Para la generación de las curvas de nivel, se empleó el Modelo Digital de Elevación (MDE) del Instituto Geográfico Nacional (IGN), que brinda una resolución espacial de 5 m. Esta precisión es crucial para la representación fiel de las variaciones altimétricas, posibilitando análisis topográficos detallados y obtener resultados confiables para la toma de decisiones. Posteriormente se realiza un suavizado de las curvas para que se ajusten a la imagen.

La Figura 4.5.1 muestra el procedimiento para la creación de las curvas de nivel a partir de un MDE.

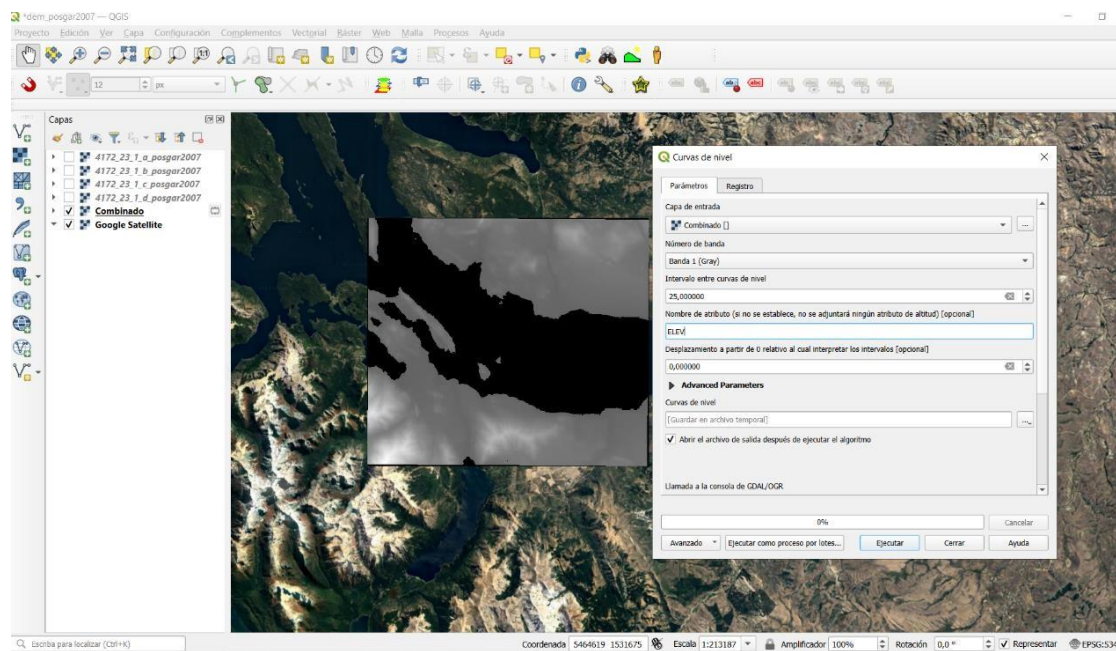


Figura 4.5.1. Procedimiento para la creación de las curvas de nivel a partir de un MDE

Como último paso se dan los parámetros de salida para la creación de las curvas de nivel en formato vectorial con una equidistancia de 25 m de acuerdo a la escala de trabajo y la morfología del terreno de la zona de estudio. La Figura 4.5.2 muestra la generación de las curvas de nivel en formato vectorial creado con las herramientas de geoprocesamiento del programa Qgis.

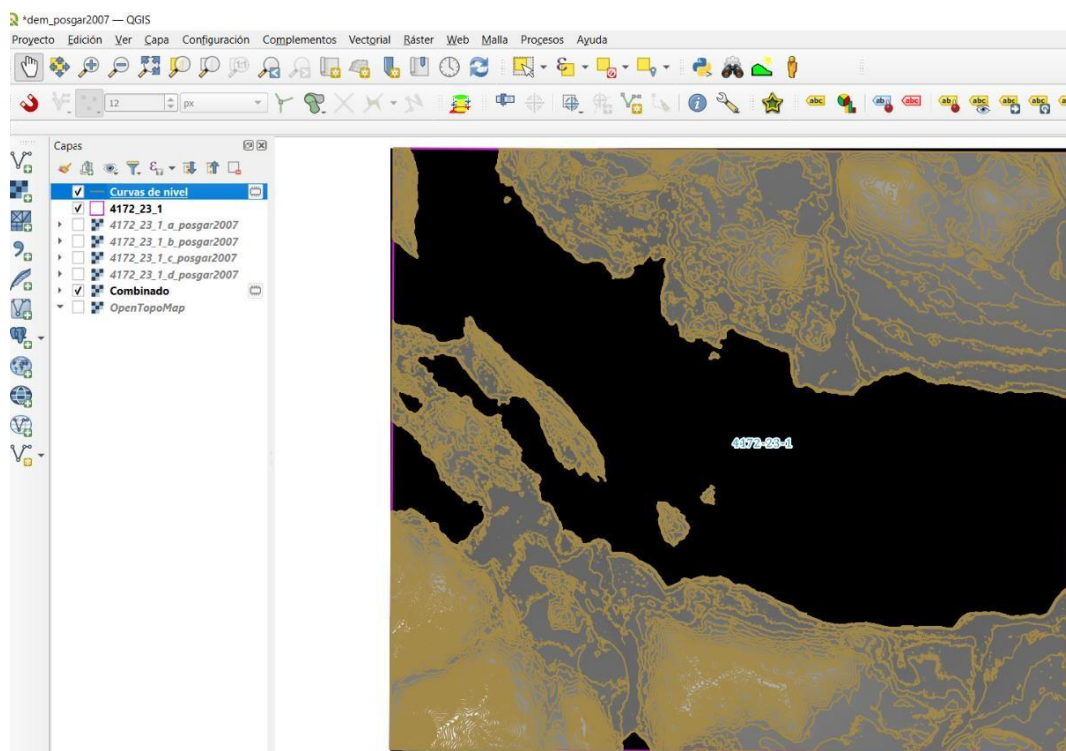


Figura 4.5.2. Generación de las curvas de nivel en formato vectorial con Qgis

4.6. Datos técnicos del vuelo y la cámara fotogramétrica

- Fecha del vuelo Marzo-abril 2014
- Sensor Vexcel UltraCam Xp (Figura 4.5.1)
- Características técnicas del modelo Resolución espacial 5 m
- Marco de referencia geodésico POSGAR 07
- Sistema de referencia vertical Sistema de Referencia Vertical Nacional 2016 (SRVN16)
- Unidades verticales Metro Formato IMG (32 bits flotante)
- A continuación, se pueden observar los valores estadísticos de las diferencias entre las alturas de una serie de puntos de control capturados en el área de interés y las alturas derivadas del MDE:
- Precisión vertical del modelo Cantidad de puntos utilizados 1195
- Máximo 2.46 m Mínimo -1.68 m
- Promedio -0.08 m
- Desvío estándar 0.61 m



Figura 4.6.1. Cámara fotogramétrica aérea Sensor Vexcel UltraCam Xp.

<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Fotogrametria/VuelosFotogrametricos>

Las Características de la cámara aérea se resumen en la Tabla 4.6.2

Tipo de sensor	CCD Matricial
Tamaño de imagen pancromático	17.310 × 11.310 pixels
Tamaño de pixel	6 µm
Distancia focal	100 mm
Color	4 Canales: RGB+NIR
Tamaño de imagen color	5.770 × 3.770 pixels
Tamaño de pixel	6 µm
Compensación de movimiento	TDI (50 pixels)
Conversión AD	14 bits
Resolución radiométrica	>12 bits (7.400 valores)
Almacenamiento	Unidades DX 4.2Tb
Plataforma giroestabilizada	Ultramount GSM3000
Sistema de navegación	Applanix POStack 510
Sistema de posicionamiento	Doble frecuencia: GPS+GLONASS
IMU	POSAV 510
Frecuencia registro IMU	200 Hz
Precisión roll/pitch (deg)	0.005°
Precisión kappa (deg)	0.008°
Dimensiones	45 cm x 45 cm x 60 cm
Peso	55 kg

Tabla 4.6.2. Características de la cámara aérea

4.7. Digitalización de objetos geográficos (Puntos, Líneas y Polígonos)

Se utilizan las herramientas de edición en Qgis 2.34 para la captura de objetos geográficos como, por ejemplo: hidrografía, red vial, planta urbana, edificaciones, vegetación, etc. La Figura 4.7.1 muestra la cobertura de los objetos geográficos digitalizados con las herramientas del programa QGIS en formato shape.

Shape: es un formato de almacenamiento de datos vectoriales de Environmental Systems Research Institute (Esri) para almacenar la ubicación, la forma y los atributos de las entidades geográficas. Hay tres formas de representar un shape mediante un punto, una línea y un polígono.

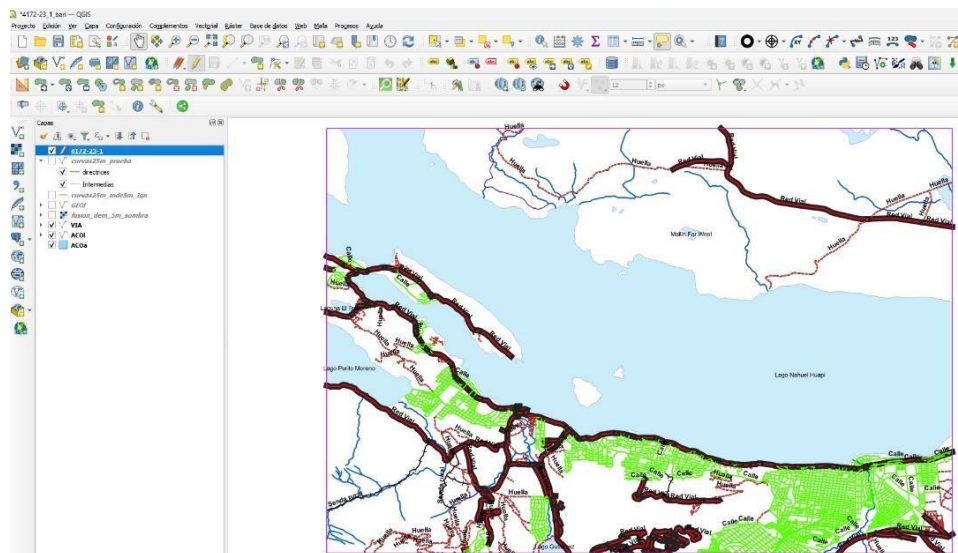


Figura 4.7.1. Cobertura de los Objetos Geográficos en formato shape

4.8 Interpretación de Imágenes satelitales y herramientas de apoyo

La imagen satelital de alta resolución se utiliza como base principal para la captura, la interpretación y la digitalización de los objetos geográficos. Asimismo, se complementan con el apoyo de antecedentes cartográficos como son las cartas topográficas para la toponimia y Google Earth para evacuar dudas sobre los objetos

geográficos a capturar para la digitalización y verificar la precisión de los datos a representar.

4.9 Avenza maps

Es una aplicación móvil de uso gratuito que permite descargar mapas detallados, realizar mediciones, seguir rutas y cargar mapas personalizados por el usuario. Es una herramienta ideal para utilizar en actividades al aire libre, desde senderismo, Trekking, cartografía y topografía.

Esta aplicación tiene la capacidad de funcionar sin conexión a internet lo que la convierte en una herramienta útil para utilizar en lugares del terreno o áreas con poca cobertura de red a lo largo de todo el territorio argentino.

La Figura 4.9.1 muestra la aplicación móvil Avenza maps para descargar en el dispositivo de uso libre y gratuito.

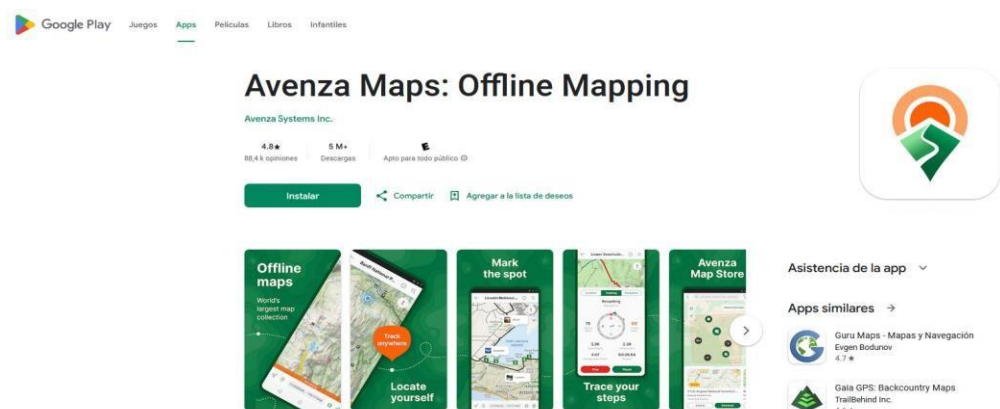


Figura 4.9.1 Aplicación Móvil avenza

Maps https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Avenza&hl=es_AR

CAPÍTULO 5

DESCARGA DE IMÁGENES SATELITALES CON SAS PLANET Y QGIS

5.1 Proceso de Descarga de Ráster con Sas Planet

En primer lugar, se inicia la descarga con el programa Sas Planet y se delimita el área de interés con la creación de un polígono. Posteriormente, se selecciona el servidor de mapas google satélite como fuente de datos para proceder con la descarga del ráster.

La Figura 5.1.1. Muestra el procedimiento de descarga de una imagen satelital con el programa Sas Planet.

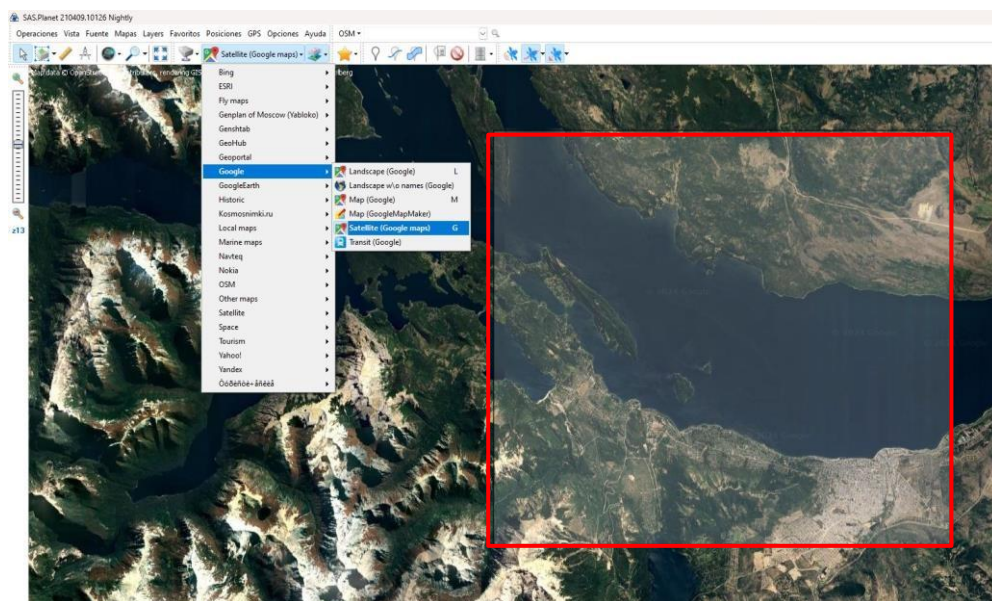


Figura 5.1.1. Descarga de imagen satelital con el Programa Sas Planet

Luego se configuran los parámetros de descarga, se selecciona el tipo de mapa y el nivel de zoom deseado. En la pestaña unir (stitch) se coloca el formato de salida y el sistema de proyección para garantizar la georreferenciación de la imagen. Es fundamental activar la extensión w (short ext) y seleccionar el nivel de zoom igual o

superior a 19 para obtener una imagen de alta resolución. La Figura 5.1.2. Muestra la configuración de descarga con el programa Sas Planet.

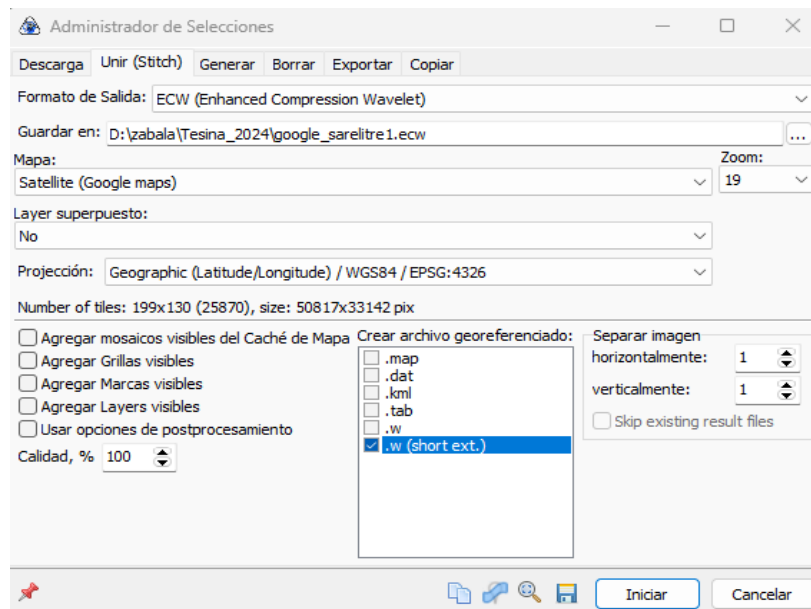


Figura 5.1.2. Configuración de descarga con el programa Sas Planet.

Aplicar un zoom de 19 implica una resolución espacial de 0,45m por píxel. Al aumentar el zoom, se incrementa la resolución espacial, permitiendo distinguir objetos más pequeños y detalles más nítidos en la imagen. Una vez finalizados los parámetros de descarga se indica “iniciar” para terminar el proceso del mismo. Es importante considerar que, a mayor resolución, se necesita mayor almacenamiento ya que el archivo es más pesado. Por lo tanto, es importante considerar la resolución y la escala de trabajo para representar los detalles naturales y artificiales en un mapa.

La Figura 5.1.3 muestra el parámetro del zoom y la finalización del proceso de descarga con el programa Sas Planet.

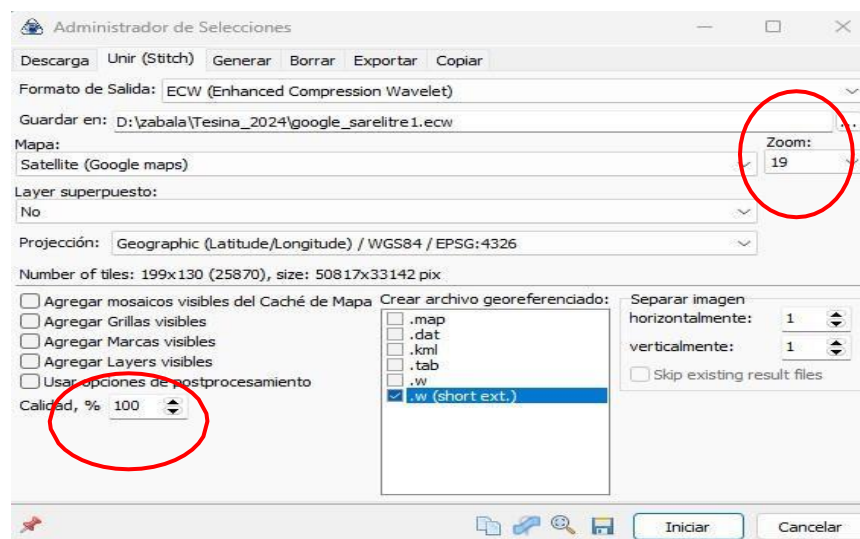


Figura 5.1.3 Parámetro del zoom y finalización de descarga

con el programa Sas planet.

5.2 Integración de imagen satelital en Qgis

Como último paso se procede a cargar la imagen satelital en el software Qgis. Esta imagen servirá como base cartográfica de referencia sobre la cual se llevan a cabo las tareas de digitalización. Al incorporar la imagen en QGIS, se obtiene una representación visual del área de estudio, lo que facilita la identificación y captura de los objetos geográficos de interés, ya sean puntos, líneas o polígonos, para el área de trabajo. La Figura 5.2.1 muestra en el programa Qgis 3.34 la carga de una imagen satelital para iniciar con la cobertura de trabajo en la localidad de San Carlos de Bariloche.

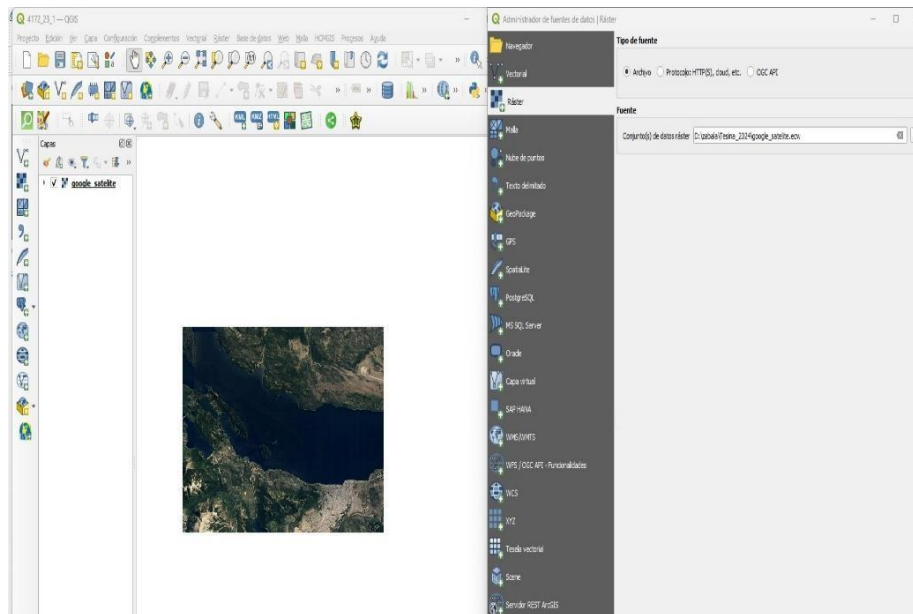


Figura 5.2.1. Carga de una imagen satelital con el programa Qgis

5.3 Generación de la grilla y exportación del mapa en formato PDF

Una vez finalizada la digitalización y realizado el control de los Objetos geográficos, se procede a generar la grilla en coordenadas geográficas y coordenadas planas para la exportación del mapa en formato Pdf (Georreferenciado). Esto permitirá navegar y utilizar las distintas herramientas que brinda el programa Avenza maps desde un dispositivo Móvil ya que por medio de esta aplicación se pueden visualizar los dos sistemas de coordenadas.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS

FINALIZACIÓN DE LA CARTA DIGITAL: USO DEL AVENZA MAPS

6.1 Criterios de diseño

Una vez finalizada la digitalización y simbolización de los vectores en QGIS, se procede a la generación de la salida gráfica, priorizando la obtención de una representación visual clara, precisa y atractiva. Para ello, se optimizan los parámetros de visualización, como el tamaño de fuente, la simbología y el contraste de colores, garantizando así la legibilidad y la comprensión de la información cartográfica.

Debe tenerse en cuenta, la distribución de los elementos (mapa principal, leyenda, grilla, escala, escala gráfica, norte, título, sistema de proyección y sistema de referencia y la jerarquía visual de la información. Se selecciona el formato de salida (Pdf) georreferenciado para asegurar la calidad y compatibilidad de la carta digital para la visualización y navegación de las distintas herramientas de la aplicación móvil avenza maps.

La Figura 6.1.1 muestra el resultado final de la carta digital para la zona de trabajo de San Carlos de Bariloche obtenida para ser exportada a la aplicación móvil Avenza Map.

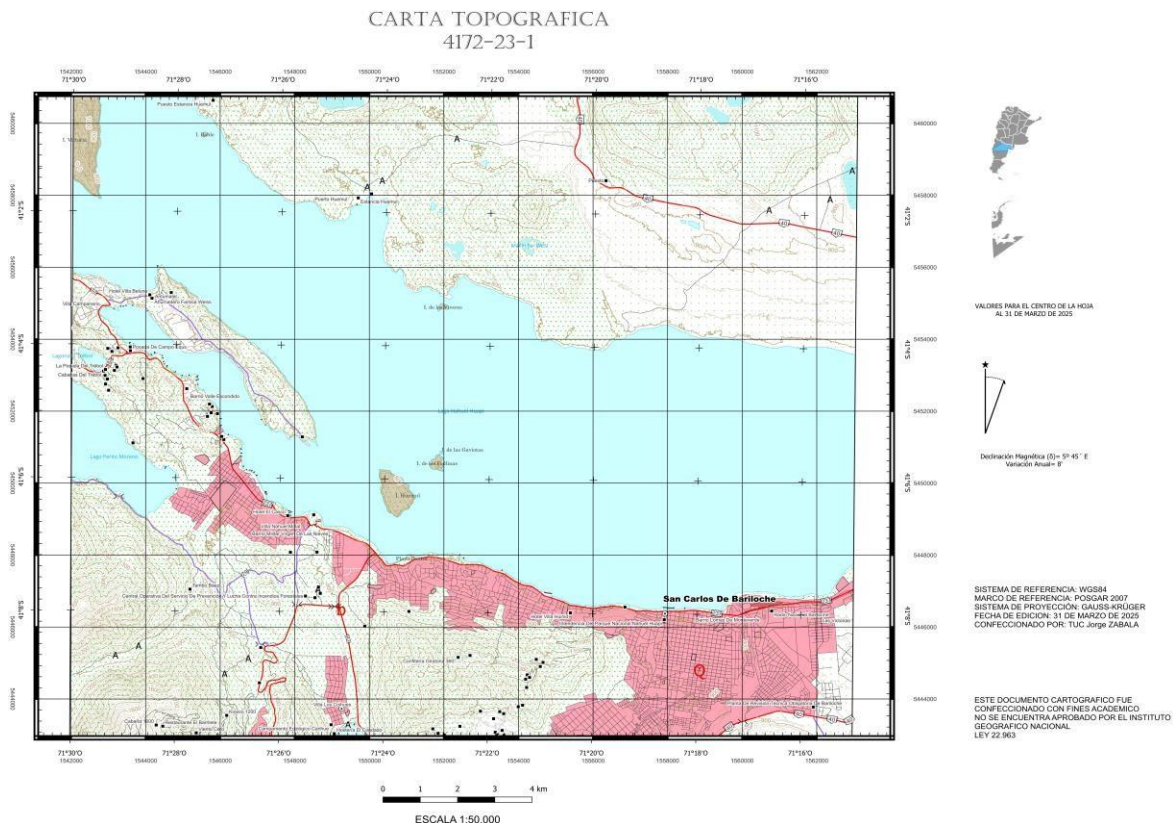


Figura 6.1.1 Carta digital finalizada en Qgis

Una vez finalizado el mapa digital se procede a la exportación del mismo en formato Pdf (georreferenciado) del programa Qgis, este es un proceso esencial para preservar la integridad de los datos espaciales. Al mantener las coordenadas asociadas a cada elemento del mapa, se garantiza una correcta visualización y análisis en la aplicación móvil, que permite realizar mediciones precisas, geolocalización de puntos y otras herramientas de interés para el usuario.

La Figura 6.1.2 muestra la imagen exportada en formato Pdf (georreferenciado) desde el programa Qgis de uso libre y gratuito.

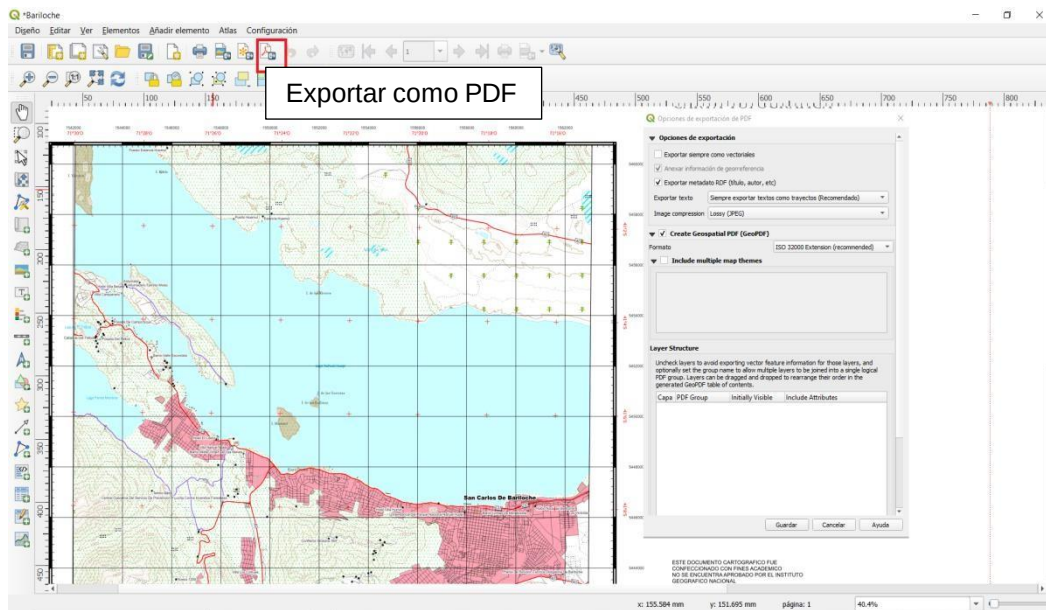


Figura 6.1.2 Imagen georreferenciada exportada en formato Pdf

Una vez finalizado este procedimiento y guardado el archivo en formato Pdf, se envía al dispositivo móvil y ya se está en condiciones de trabajar a través de la aplicación Avenza maps.

6.2 Configuración de la aplicación móvil

A continuación, se describen brevemente los pasos a seguir en la configuración del dispositivo móvil.

El primer paso para utilizar la aplicación es ingresar desde google play store y descargar la misma para su uso. Una vez finalizada su instalación se procede a abrir la aplicación para su configuración y uso.

Primero se inicia el programa y a continuación, se accede a la sección "mis mapas", donde se encuentra la biblioteca vacía. Desde allí, se selecciona la opción "importar" para buscar el archivo del mapa en el almacenamiento del dispositivo y agregarlo a la aplicación, en este caso denominado "Bariloche". La Figura 6.2.1 muestra la configuración del Avenza Maps del Dispositivo móvil.



Figura 6.2.1. Configuración del Avenza Map del dispositivo móvil. En la figura están indicados en rojo la secuencia de pasos realizada.

El siguiente paso es acceder al almacenamiento interno del dispositivo y ubicar el archivo de mapa exportado desde QGIS. Al seleccionarlo la aplicación cargará el mapa, mostrándolo en su interfaz para su análisis y navegación. La Figura 6.2.2 muestra el mapa digital desde la aplicación Avenza maps.

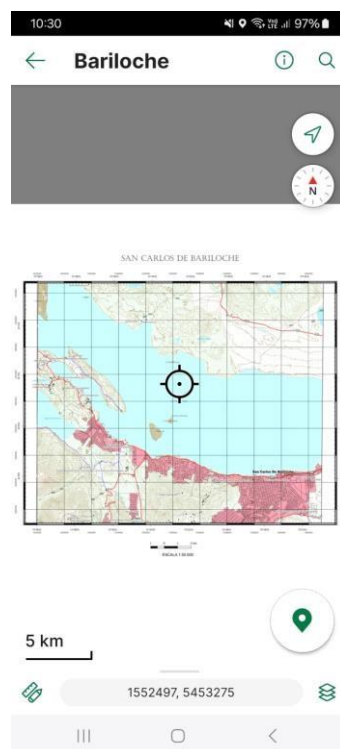


Figura 6.2.2. Mapa digital desde la aplicación Avenza maps.

6.3 Calibración visual del mapa en Avenza Maps

En esta etapa se verifica el posicionamiento del archivo PDF para realizar una calibración visual en el mapa utilizando la herramienta 'mirar' de Avenza Maps. Este paso es crucial para garantizar que la representación gráfica del mapa coincida con la ubicación geográfica y permita trabajar con precisión con las diversas herramientas de Avenza Maps, como la medición de distancias, la creación de rutas y la posición de puntos de interés. La Figura 6.3.1 muestra el posicionamiento del PDF para garantizar el sistema de coordenadas en el mapa digital.

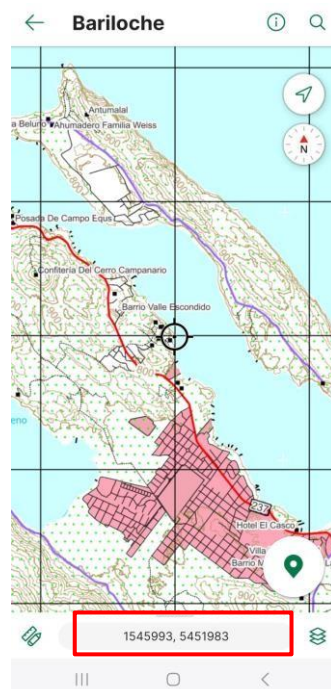


Figura 6.3.1. Posicionamiento del PDF para garantizar el sistema de coordenadas en el mapa digital.

Una vez controlado el mapa digital con su ubicación de posicionamiento, se accede a las diferentes herramientas de trabajo de campo que permiten marcar puntos de posición, mediar distancias y delimitar áreas de interés. Esto facilita la captura de datos geográficos de manera sencilla y precisa.

También se destaca la importancia de tomar fotografías y vincularlas al mapa para enriquecer los datos de campo, además de crear información por capa para clasificar el

tipo de información que se requiere para cartografiar. Esto muestra que sin lugar a dudas es una potente herramienta de apoyo para realizar tareas en el terreno.

La Figura 6.3.2 muestra los diferentes usos de herramientas que facilitan las tareas que se realizan en el terreno con la aplicación Avenza Maps.

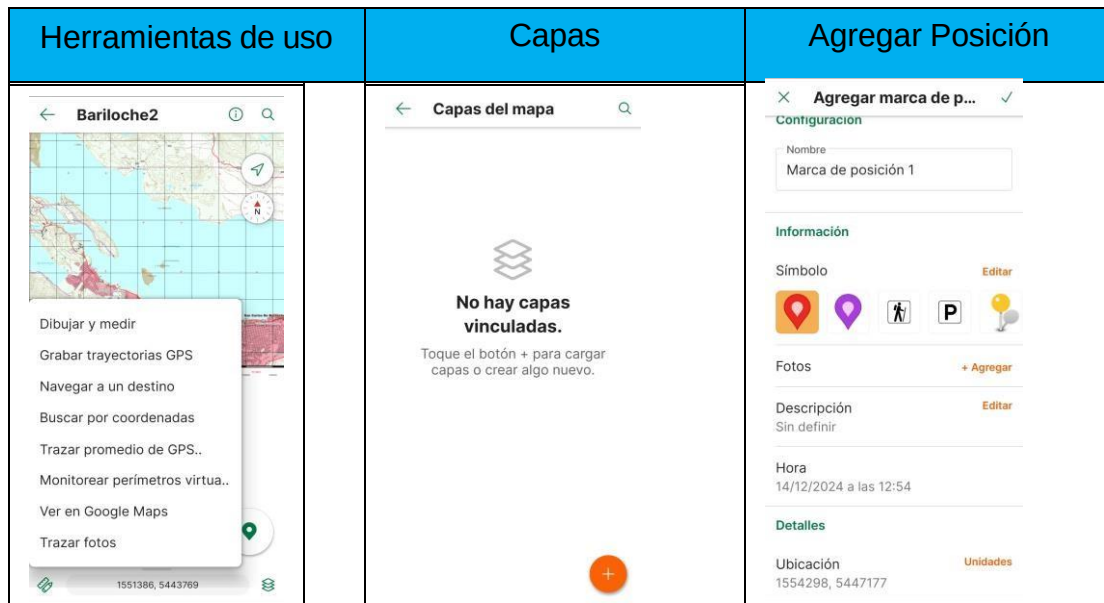


Figura 6.3.2 Herramientas que facilitan las tareas con la aplicación Avenza Maps.

Es fundamental destacar la importancia de las herramientas que permiten editar capas geográficas por geometría (puntos, líneas y polígonos). Estas funcionalidades facilitan la manipulación de los datos geoespaciales y permiten exportarlos en formatos estándar como Keyhole Markup Language (KML), Comma Separated Values (CSV) y GPS eXchange Format (GPX), que garantizan su compatibilidad con diversos softwares SIG. La Figura 6.3.3 muestra las herramientas de edición geométrica con puntos, líneas y polígonos en la aplicación Avenza maps.

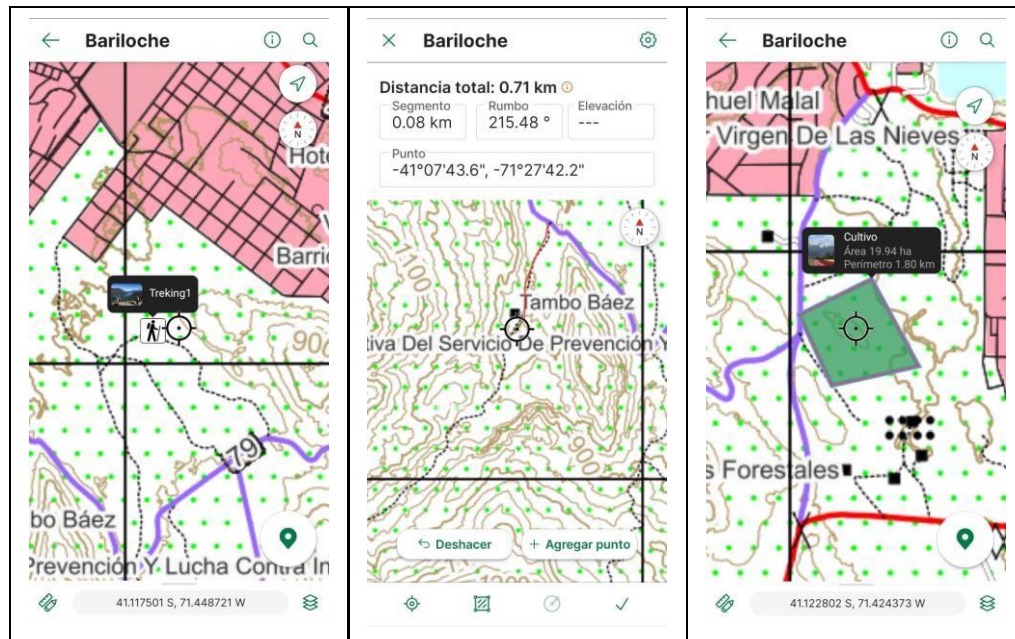


Figura 6.3.3 Herramientas de edición geométrica con puntos, líneas y polígonos en la aplicación Avenza Maps.

Finalmente se pueden exportar los datos en tiempo real en los tres formatos que son GPX, CVS y KML para poder trabajarlo en cualquier software GIS.

La Figura 6.3.4 muestra la capacidad de exportar capas en formatos KML, CSV y GPX, lo que permite una mayor flexibilidad en el uso de los datos.

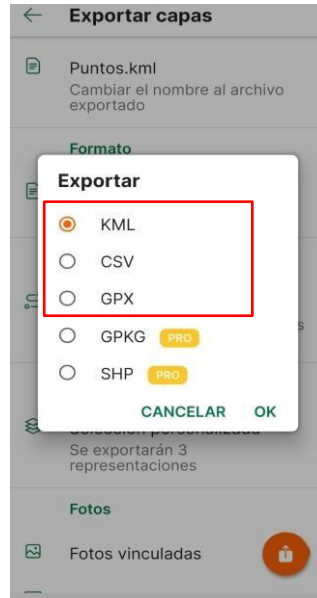


Figura 6.3.4 muestra los formatos de archivo KML, CSV y GPX disponibles para exportar capas

6.4 Exportación de capa a formato Kml para visualización en Google Earth

Con el objetivo de determinar la ubicación geográfica y el entorno de la zona de trabajo, la capa vial fue exportada al formato KML (Keyhole Markup Language) para su visualización en Google Earth. Este formato, compatible con Google Earth, permite la representación de datos geográficos en un entorno virtual, facilitando la comprensión del contexto espacial de la información.

La exportación se realizó utilizando el software Avenza map, asegurando que la geometría y los atributos de los objetos geográficos fueran transferidos correctamente. El archivo KML generado fue abierto en Google Earth, donde la capa se visualizó de manera precisa sobre el terreno.

Esta visualización permitió verificar la correcta ubicación geográfica de los elementos representados, así como explorar su relación con el terreno y otros elementos geográficos circundantes. La posibilidad de visualizar la capa en Google Earth facilita la comprensión del contexto geográfico de la información y permite compartirla de manera sencilla con otros usuarios, lo que resulta de gran utilidad para la toma de decisiones y la planificación de actividades en el área de trabajo. Como ejemplo de la precisión de la

ubicación geográfica, la Figura 6.4.1 muestra un vector relevado en el terreno superpuesto a un mapa base de Google Earth. Se destaca una línea de camino trazada en rojo, que sirve como referencia para llegar al Cerro Otto, demostrando la exactitud con la que se pueden representar los datos en esta plataforma.

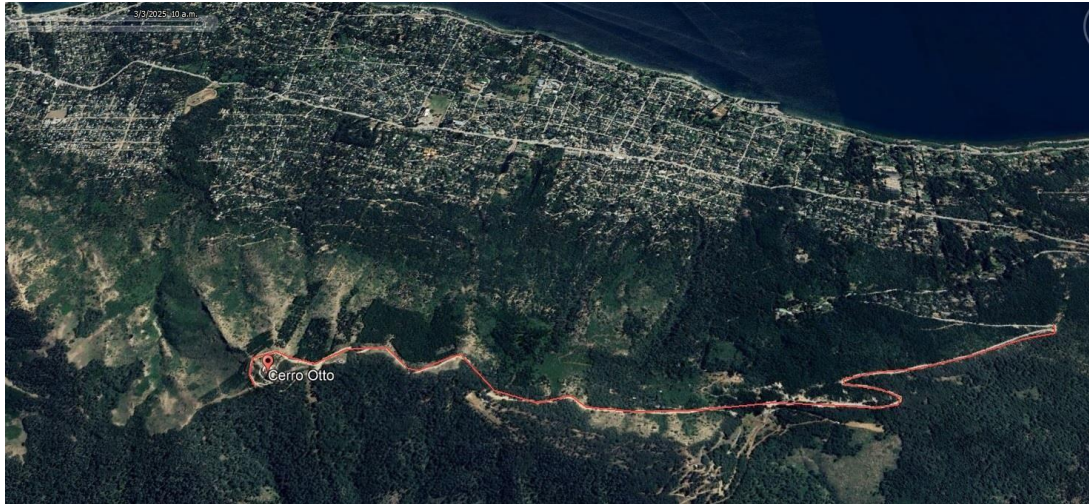


Figura 6.4.1 muestra la traza del recorrido demostrando la exactitud hasta el Cerro Otto.

La Figura 6.4.2 muestra la precisión con la que se puede ubicar geográficamente un punto de interés en Google Earth, utilizando como ejemplo el Monumento a Julio Argentino Roca. El punto relevado en el terreno se superpone con un mapa base, lo que permite verificar la exactitud de su ubicación. Este tipo de visualización es útil para controlar y validar la precisión de datos geográficos obtenidos en campo.



Figura 6.4.2 muestra el punto de interés del Monumento de Julio Argentino Roca

La Figura 6.4.3 muestra la precisión con la que un polígono relevado en terreno puede ser visualizado y verificado en Google Earth, utilizando la Laguna El Trébol como ejemplo. El polígono, que representa los límites de la laguna, se superpone con el mapa base de Google Earth, permitiendo una comparación directa y un control de la exactitud de la información geográfica obtenida en el campo. Esta visualización facilita la validación de datos y asegura la fidelidad de la representación espacial de la laguna.



Figura 6.4.3. Laguna el Trébol

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES

La elaboración de la Carta de línea digital de San Carlos de Bariloche a escala 1:50.000 se llevó a cabo mediante un proceso de generación indirecta, utilizando un entorno SIG de código abierto QGIS y datos geoespaciales de acceso público.

Se integraron diversas fuentes de información, incluyendo cartas topográficas del Instituto IGN, imágenes satelitales de alta resolución obtenidas a través de Sas Planet y modelos digitales de elevación, con el fin de generar una representación detallada del terreno. La captura de entidades geográficas se realizó mediante la digitalización de puntos, líneas y polígonos en formato shapefile, empleando imágenes satelitales y cartografía topográfica preexistente como referencia espacial.

Los resultados obtenidos demuestran la viabilidad de producir cartografía digital precisa y accesible utilizando recursos de código abierto, facilitando así, la difusión de información geoespacial a través de dispositivos móviles en tiempo real, con una precisión de aproximadamente 10 m, comparable a la de los sistemas de navegación satelital.

Además, se destaca la utilidad de la aplicación Avenza Maps en el ámbito de la cartografía y los SIG. Esta herramienta, al combinar funcionalidades de posicionamiento global (GPS) en dispositivos móviles con la capacidad de operar sin conexión a internet, permite realizar tareas de georreferenciación, medición, navegación y análisis espacial de manera eficiente. Su versatilidad la convierte en un recurso valioso para la recolección de datos de campo, la planificación y ejecución de proyectos de investigación, así como para la elaboración de mapas temáticos. La capacidad de compartir datos en tiempo real con otros usuarios facilita la actualización y el enriquecimiento de la información geoespacial.

En el contexto actual, la aplicación Avenza Maps se presenta como una herramienta crucial para la gestión de emergencias, incluyendo la respuesta a incendios,

inundaciones y otras situaciones críticas que requieren una toma de decisiones rápida y precisa. Su funcionalidad sin conexión garantiza el acceso ininterrumpido a información crítica, incluso en áreas con cobertura de internet limitada o nula, lo que resulta fundamental para la toma de decisiones.

La disponibilidad de mapas y datos precargados permite un despliegue rápido y una respuesta eficiente en situaciones de emergencia, lo que puede salvar vidas y minimizar los daños. Avenza Maps se distingue por su funcionalidad sin conexión, lo que la convierte en una solución ideal para entornos donde la cobertura de internet es escasa o inexistente.

Bibliografía

Apriyono, A., Yanto, Santoso, P.B., Sumiyanto, 2018. Soil classification based on cone penetration test (CPT) data in Western Central Java. AIP Conference Proceedings1941(1), 020004.

Cruz, R., 2022. Sistemas de información geográfica – Nivel I, IGN. Argentina

Chuvieco, E., 1995. Correcciones geométricas. Fundamentos de la teledetección espacial, segunda edición.

Eliakkiya, N. and Sankarganesh, E., 2023. Quantum Geographic Information System (QGIS) for Mapping of Study Areas. Biotica Research Today 5(1):70-72.

Felicísimo, A. M., 1994. Modelos Digitales del Terreno. Oviedo, España: Pentalfa. ISBN:84-7848-475-2.

Garzón, G. Jiménez, G y Vila, J., 2012.Introducción a los Modelos Digitales de Elevación en Topografía.

Gazaba, F., 2021 Introducción a los Sistemas de Información Geográfica con QGIS. Versión 1.0.

Guth, P.L.; Van Niekerk, A.; Grohmann, C.H.; Muller, J.-P.; Hawker, L.; Florinsky, I.V.; Gesch, D.; Reuter, H.I.; Herrera-Cruz, V.; Riazanoff, S.; et al., 2021. Digital Elevation Models: Terminology and Definitions. *Remote Sens.*,13, 3581. <https://doi.org/10.3390/rs13183581>

INDEC, 2022. Censo 2024.República Argentina. https://censo.gob.ar/wp-content/uploads/2023/12/censo2022_educacion.pdf

Instituto Geográfico Nacional, 2017. Informe de la Red de Nivelación de la República Argentina.BuenosAires, Argentina.

https://ramsac.ign.gob.ar/posgar07_pg_web/documentos/Informe_Red_de_Nivelacion_de_la_Republica_Argentina.pdf.

Instituto Geográfico Nacional, 2023. República Argentina.

<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/InformacionGeoespacial/CapasSIG>.

Longley, P.A; Goodchild, M.F; Maguire, D.J; Rhind, D.W., 2015. Geographic information systems and science (3rd ed.). Wiley.

Matossian, B., 2015. División social del espacio residencial y migraciones. El caso de San Carlos de Bariloche, Argentina. *Eure*, 41(124): 163184.

Olaya, V., 2014. Sistemas de Información Geográfica. Parte IV. Edición del autor.

Pérez Heras, A., Pérez, M., 2008. Curso de cartografía digital y sistemas de información geográfica. Instituto Geográfico Nacional, Agencia Española de Cooperación Internacional, Servicio Geográfico del Ejército.

Roy, L., Ganchaudhuri, S., Pathak, K., Dutta, A., Khanikar, G.P., 2022. Application of remote sensing and GIS in agriculture. *International Journal of Research and Analytical Reviews* 9(1), 460-481.

Sandhya, M.C., 2020. Exploring opportunities with open-source GIS. *International Journal of Engineering Research & Technology* 9(5), 731-736.

Tomlinson, R. E., 2007. *Pensando en un SIG : planificación del sistema de información geográfica dirigida a gerentes*. Tercera edición, Esri, 2007.

Vílchez, J. G., 2000. Introducción a los sistemas de información geoespacial. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad de los Andes, Talleres Gráficos Universitarios, Mérida.

Vinod, K., Yadav Pal, S., Ojha, S.N., 2022. Geospatial and temporal Studies on Climatic Parameters and Their Impact on Inland Fish Production: A Case Study. *International Journal of Bio-Resource and Stress Management* 13(3), 317-325