



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE
ALMACENAMIENTO DE RESERVORIOS E IDENTIFICACIÓN
DE ÁREAS PARA NUEVOS ALMACENAMIENTOS EN AZUAY
PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

AUTORAS: LEIDY MIREYE BRITO VACA

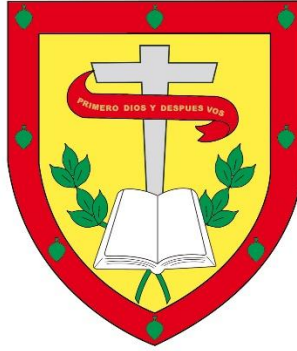
FANNY MARIBEL RAMÓN ZUMBA

DIRECTOR: ING. VICTOR MANUEL CHACÓN CEDEÑO

CUENCA - ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE
RESERVORIOS E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PARA NUEVOS
ALMACENAMIENTOS EN AZUAY

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

AUTORAS: LEIDY MIREYE BRITO VACA

FANNY MARIBEL RAMÓN ZUMBA

DIRECTOR: ING. VICTOR MANUEL CHACÓN CEDEÑO

CUENCA - ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Leidy Mireye Brito Vaca y Fanny Maribel Ramón Zumba portadore(a)s de las cédulas de ciudadanía N^o **1400963060** y **0105354559**. Declaramos ser autore(a)s de la obra: **"DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE RESERVORIOS E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PARA NUEVOS ALMACENAMIENTOS EN AZUAY"**, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **12 de septiembre de 2025**

F: 
Leidy Mireye Brito Vaca
1400963060

F: 
Fanny Maribel Ramón Zumba
0105354559

Cuenca, 15 de septiembre de 2025

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Víctor Manuel Chacón Cedeño con CI: 0102519071, Docente de la Universidad Católica de Cuenca en calidad de director de tesis del trabajo de titulación **“DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE RESERVORIOS E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PARA NUEVOS ALMACENAMIENTOS EN AZUAY”**, doy fe, que el mismo fue realizado por las Srtas: Fanny Maribel Ramón Zumba y Leidy Mireye Brito Vaca, bajo mi tutoría y supervisión.

Atentamente,



Ing. Victor Manuel Chacón Cedeño
**DOCENTE UNIVERSIDAD CATÓLICA DE
CUENCA**

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios pues es mi fortaleza y guía en el camino, a mi madre Martha Vaca, ya que sin su apoyo nada de esto sería posible pues a pesar de la distancia su amor y su bendición siempre me acompañan, a mis abuelos Silvia y Luis, que con su amor y apoyo incondicional me han forjado como la persona que soy actualmente, a mi hijo Neyder que ha sido mi motivación más grande y ejemplo de paciencia que cada paso que doy es para asegurarle un futuro lleno de amor y oportunidades, a mi padre que desde la gloria de Dios me da su bendición, a mi esposo por su amor y comprensión, y por brindarme el tiempo necesario para formarme como profesional. Este logro lo comparto con todos ellos.

Leidy Brito Vaca

Como dijo Mahatma Gandhi “Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado”, es por ello que hoy cierro otro capítulo de mi vida y lo dedico con el corazón lleno de gratitud a mi Tía Teresa Ramón que, gracias a su esfuerzo, sacrificio, motivación constante, paciencia y amor, hoy tengo la oportunidad de ser una profesional.

Fanny Ramón Zumba

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por regalarme la vida y poder disfrutarla, a mis padres y a mi familia que me acompañó en este largo proceso universitario, que han estado conmigo apoyándome incondicionalmente, en especial a mi madre Martha que a pesar de las adversidades siempre estuvo presente siendo un pilar fundamental, a mi hijo Neyder por su paciencia, cariño y apoyo incondicional, a mi padre Wilson que desde la gloria de Dios hoy está regocijándose, a todos ellos que siempre confiaron en mí hoy les agradezco.

A mis docentes que me han acompañado y compartido su sabiduría a través de sus enseñanzas en toda mi formación académica y que son un ejemplo en mi formación profesional.

Leidy Brito Vaca

Agradezco primeramente a Dios por haberme brindado la salud, el entendimiento y la sabiduría para lograr cada meta que me he propuesto y así cumplir con este objetivo de ser profesional, a mi Tía Teresa por su amor y dedicación, a mis docentes que con sabiduría me impartieron sus conocimientos y a cada una de las personas que me acompañaron y me motivaron a lo largo de este trayecto.

Fanny Ramón Zumba

RESUMEN

El desarrollo de este proyecto se centra en la provincia del Azuay, el cual se basa en la utilización de Sistemas de Información Geográfica, cuyo objetivo es determinar la capacidad de almacenamiento e identificar nuevas áreas para reservorios, puesto que la provincia destaca en la producción agrícola y ganadera.

Se planteó una secuencia metodológica basado en programas y softwares, como: GOOGLE EARTH, permite la identificación de los espejos de agua; EARTHDATA NASA, facilita la obtención de mapas DEM (modelo digital de elevación) y ARCMAP, visualiza los mapas DEM, donde se extraen las curvas de nivel con una equidistancia vertical de 5 metros. Para representar la inclinación del terreno se crean mapas de pendientes basado en las curvas de nivel, el cual da paso a la creación de los TIN (red irregular triangular). Al realizar la combinación entre los espejos de agua y los TIN, este permite determinar las características físicas de los reservorios, tales como: área y volumen.

Se determinaron 126 reservorios existentes en la provincia, en donde más del 50% se encuentran dispersos en el cantón Santa Isabel; así también se determinaron 8 posibles áreas para emplazar nuevos reservorios, de los cuales 3 se encuentran presentes en el cantón Cuenca y 1 reservorio en cada uno de los cantones: Camilo Ponce Enríquez, Gualaceo, Sigsig, Nabón, Sevilla de Oro – El Pan.

Palabras clave: reservorios, área, volumen, programas, software.

ABSTRACT

The development of this project is focused on the province of Azuay. It is based on the use of Geographic Information Systems to determine storage capacity and identify new areas for reservoirs, as the province is notable for its agricultural and livestock production.

A methodological sequence using programs and software was proposed, such as: GOOGLE EARTH, which enables the identification of water bodies; NASA Earthdata, which provides digital elevation model (DEM) maps; and ArcMap, which allows for the visualization of DEM maps, where contour lines with a vertical equidistance of 5 meters are extracted. To represent the slope of the terrain, slope maps are generated based on the contour lines, leading to the creation of TINs (Triangular Irregular Networks). By combining the water bodies and the TINs, it was possible to determine the physical characteristics of the reservoirs, such as area and volume.

A total of 126 existing reservoirs were identified in the province, with more than 50% located in the Santa Isabel canton. Additionally, eight possible areas for new reservoirs were identified, three of which are located in the Cuenca canton and one reservoir in each of the following cantons: Camilo Ponce Enríquez, Gualaceo, Sigsig, Nabón, and Sevilla de Oro – El Pan.

Keywords: reservoirs, area, volume, programs, software

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT	VIII
INDICE DE GRAFICOS	XI
INDICE DE TABLAS	XIII
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	15
1.1. Introducción.....	15
1.2. Planteamiento del problema.....	16
1.3. Justificación	19
1.4. Objetivos.....	20
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE	21
2.1. Estado del arte.....	21
2.2. Marco teórico	23
2.2. Marco legal	39
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	42
3.1. Enfoque de la investigación	42
3.2. Nivel o alcance de la investigación.....	43
3.3. Diseño de la investigación	43
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de información	44

3.7. Metodología aplicada.....	46
3.8. Diagrama de flujo para la obtención del volumen de los reservorios.....	56
3.9. Análisis multicriterio.....	58
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS	60
4.1. Mapa de puntos GOOGLE EARTH	60
4.2. Mapas de pendiente por cuadrante.....	61
4.3. Cálculo de volumen por cuadrante.	64
4.4. Mapas temáticos: Áreas Protegidas, Parques Nacionales, Bosques Protectores. .	72
4.5. Mapas de reservorios propuestos.	74
4.6. Aplicación de análisis multicriterio	82
CAPÍTULO V: ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN.....	86
5.1. Análisis estadístico de reservorios existentes.	86
5.2. Análisis estadístico de reservorios propuestos.....	88
5.3. Estadística del análisis multicriterio.	90
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
6.1. Conclusiones.....	95
6.2. Recomendaciones	96
BIBLIOGRAFÍA.....	97

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Mapa de estudio de la Provincia del Azuay	18
Gráfico 2. Imagen satelital Landsat8	46
Gráfico 3. Color natural de la imagen satelital	47
Gráfico 4. Banda 3 y Banda 6 de la imagen satelital Landsat8.	48
Gráfico 5. Índice de agua.	49
Gráfico 6. Represa Hidroeléctrica Labrados.....	50
Gráfico 7. Clasificación No Supervisada de la Represa Hidroeléctrica Labrados.	51
Gráfico 8. Cantón Santa Isabel.	52
Gráfico 9. Clasificación Supervisada.....	53
Gráfico 10. Clasificación No Supervisada.....	54
Gráfico 11. Reservorios identificados y trazo de polígono.....	55
Gráfico 12. Ejemplo de resultados de volumen y áreas de los reservorios.....	56
Gráfico 13. Coordenadas de los reservorios de la provincia de Azuay	60
Gráfico 14. Mapa de pendientes del primer cuadrante.	61
Gráfico 15. Mapa de pendientes del segundo cuadrante.....	62
Gráfico 16. Mapa de pendientes del tercer cuadrante.....	62
Gráfico 17. Mapa de pendientes del cuarto cuadrante.	63
Gráfico 18. Mapa de pendiente del quinto cuadrante	63
Gráfico 19. Identificación de reservorios del primer cuadrante.	65
Gráfico 20. Identificación de reservorios del segundo cuadrante.....	66
Gráfico 21. Identificación de reservorios del tercer cuadrante.	67
Gráfico 22. Identificación de reservorios del cuarto cuadrante.	70
Gráfico 23. Identificación de reservorios del quinto cuadrante.	71
Gráfico 24. Mapa temático de Áreas Protegidas y Bosques Protectores.....	72

Gráfico 25. Mapa temático de Centros Poblados, Zonas de Inundaciones y vías principales de la provincia del Azuay.	73
Gráfico 26. Mapa combinado de Zonas de Inundaciones, Centros Poblados, Áreas protegidas, Bosques Protectores y vías principales de la provincia del Azuay.....	74
Gráfico 27. Propuesta 1, ubicado en el cantón Cuenca.....	75
Gráfico 28. Propuesta 2, ubicado en el cantón Cuenca.....	76
Gráfico 29. Propuesta 3, ubicado en el Cantón Camilo Ponce Enríquez.....	77
Gráfico 30. Propuesta 4, ubicado en el cantón Cuenca.....	78
Gráfico 31. Propuesta 5, ubicado en el cantón Gualaceo.	79
Gráfico 32. Propuesta 6, en el cantón Sigsig.	80
Gráfico 33. Propuesta 7, ubicado en los límites Sevilla de Oro y El Pan.....	81
Gráfico 34. Propuesta 8, ubicado en el cantón Nabón.	82

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites provinciales.....	17
Tabla 2. Tipo de suelos.....	33
Tabla 3. Características de lagunas identificadas.....	49
Tabla 4. Identificación de los cuerpos de agua del gráfico 8.	54
Tabla 5. Análisis Multicriterio.	59
Tabla 6. Resultados obtenidos del primer cuadrante.....	65
Tabla 7. Resultados obtenidos del segundo cuadrante.....	66
Tabla 8. Resultados obtenidos del tercer cuadrante.	67
Tabla 9. Resultados obtenidos del cuarto cuadrante.	70
Tabla 10. Resultados obtenidos del quinto cuadrante.....	71
Tabla 11. Ventajas y desventajas de cada uno de los factores valorados.	83
Tabla 12. Valores obtenidos del software ArcMap de la distancia de vías a los reservorios y su capacidad de almacenamiento.	84
Tabla 13. Valoración distancia del reservorio a la vía – y capacidad de almacenamiento del reservorio	84
Tabla 14. Aplicación del análisis Multicriterio.....	85
Tabla 15. Número de reservorios por cantón.....	86
Tabla 16. Área por cantón.....	87
Tabla 17. Volumen por cantón.	87
Tabla 18. Número de reservorios por cantón.....	88
Tabla 19. Área por cantón.....	89
Tabla 20. Volúmenes por cantón.....	89
Tabla 21. Análisis del Reservorio 1.....	90
Tabla 22. Análisis del Reservorio 2	91

Tabla 23. Análisis del Reservorio 3.	91
Tabla 24. Análisis del Reservorio 4.	92
Tabla 25. Análisis del Reservorio 5.	92
Tabla 26. Análisis del Reservorio 6.	93
Tabla 27. Análisis del Reservorio 7.	93
Tabla 28. Análisis del Reservorio 8.	94

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. Introducción

La gestión adecuada de los recursos hídricos es de vital importancia en el contexto actual, donde la demanda de agua para usos múltiples, como el abastecimiento de agua potable, la irrigación agrícola, la generación de energía y la conservación del medio ambiente, se encuentra en constante aumento. En este sentido, el estudio de la capacidad de almacenamiento de los reservorios en la provincia del Azuay y la identificación de áreas estratégicas para la construcción de nuevos almacenamientos de agua, conocidos como reservorios se convierten en elementos importantes en este proyecto para garantizar la disponibilidad sostenible de este recurso vital.

La planificación adecuada de los recursos hídricos debe basarse en una evaluación de la capacidad de almacenamiento de los reservorios existentes y la identificación de ubicaciones estratégicas para la construcción de nuevos reservorios, lo que permitirá satisfacer las necesidades crecientes de la población y garantizar la seguridad hídrica en la región.

La evaluación de la capacidad de almacenamiento de los reservorios es esencial para una planificación eficiente y sostenible del recurso hídrico, ya que determina la disponibilidad de agua en momentos críticos, como sequías o períodos de alta demanda. La capacidad de almacenamiento de los reservorios juega un papel importante en la gestión hídrica.

Este estudio contribuirá a la gestión óptima de los recursos hídricos en una región caracterizada por su relevancia en la producción agrícola y la generación de energía hidroeléctrica, lo que lo coloca en un marco de importancia nacional e internacional. Además, cumple con los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, especialmente el

Objetivo 6, que busca garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.

1.2. Planteamiento del problema

El cambio variable del clima, el aumento de la demanda del agua y la degradación del suelo han ido ampliando la problemática de la escasez del agua, provocando bajo rendimiento en los cultivos y la disminución de áreas de riego (Cuadros Quispe & Mercado Torres, 2021), este hecho no es lejano de la provincia del Azuay, ubicada en Ecuador.

No obstante, para dar solución a esta problemática existen varias alternativas a favor de la seguridad hídrica, como presas y reservorios artificiales (Cuadros Quispe & Mercado Torres, 2021). Frente a esto es necesario contar con información, realizar un estudio y un diseño que permita su construcción.

Este trabajo de titulación se centra en estudiar los reservorios ya existentes dentro de la provincia del Azuay, de la misma forma proporcionar áreas que cumplan con las necesidades para la creación de reservorios que favorecerán a la población. La importancia de abordar este problema radica en la necesidad de garantizar un suministro adecuado de agua para la población, la agricultura y otras actividades clave en la provincia.

A pesar de la relevancia de este problema, existe un vacío de conocimiento y no se tiene un dato exacto en cuanto a la cantidad y capacidad de los reservorios existentes en el Azuay, y de la misma forma no se tiene identificadas áreas que pueden ser aptas e idóneas para la creación de nuevos reservorios. Esta falta de información dificulta la toma de decisiones informadas y la planificación estratégica en la gestión de recursos hídricos de la provincia.

1.2.1. Delimitación del problema

El área de estudio para esta investigación tendrá cabida solo en la provincia del Azuay, para ello se realizará un análisis de los accidentes geográficos e hidrográficos.

Las variables de análisis son la capacidad de los reservorios en la provincia del Azuay, así como las opciones de áreas para la creación de nuevos sistemas de reservorios. En ese sentido, a nivel teórico, la investigación se basará en los conceptos relacionados con la gestión de recursos hídricos, la capacidad de almacenamiento de reservorios y los factores geográficos que influyen en la selección de ubicaciones apropiadas para la creación de nuevos sistemas de reservorios.

Así mismo, no explorará cuestiones políticas o administrativas relacionadas con la gestión de agua en la provincia del Azuay. Se hará más énfasis en los aspectos geográficos para la determinación de volúmenes de los reservorios existentes y la identificación de áreas aptas para la creación de nuevos reservorios.

1.2.2. Zona de estudio

La zona de estudio para la investigación propuesta se circunscribe a la provincia del Azuay, situada al sur del Ecuador, se divide en 15 cantones (Gráfico 1), cada uno posee parroquias rurales y urbanas, cuyos límites comprenden:

Tabla 1. Límites provinciales.

NORTE	CAÑAR
SUR	LOJA
ESTE	MORONA SANTIAGO
SURESTE	ZAMORA CHINCHIPE
OESTE	GUAYAS
SUROESTE	EL ORO

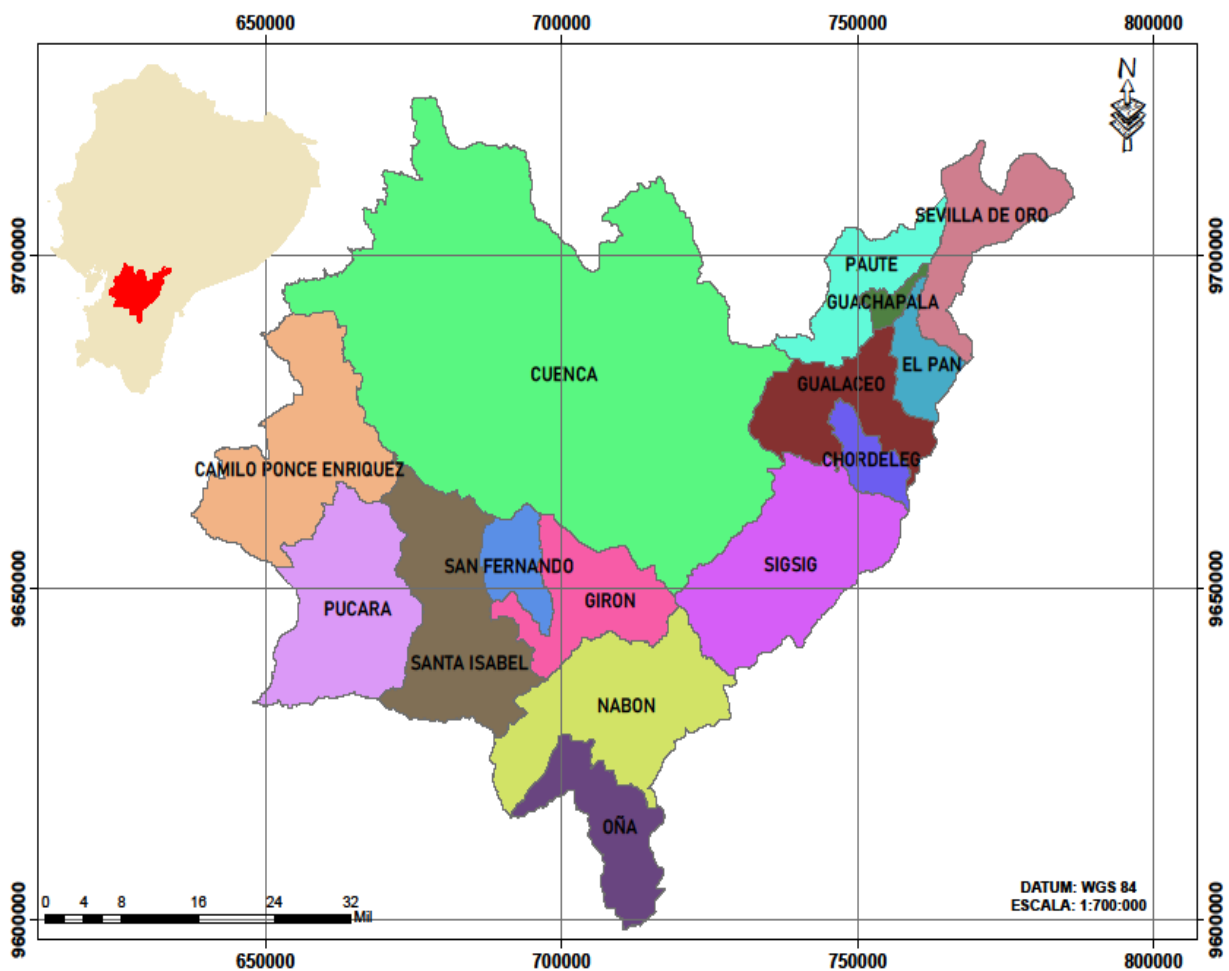
Fuente: (GOBIERNO PROVINCIAL AZUAY, 2019)

Estos límites geográficos abarcan un área diversa en términos de topografía, climatología y fuentes hídricas. El área de estudio tiene una extensión de 8471 km² (información obtenida del software ArcMap), y es multi diverso, posee: 29 bosques protectores, 2 parques nacionales (El Cajas y Rio Negro Sopladora, este segundo no se considera debido a que su extensión es mínima dentro de la provincia del Azuay), 1 área

nacional de recreación Quimsacocha y 3 áreas de conservación y uso sostenible del cóndor andino (Vargas, Muñiz, Kohn, & Bustamante, 2018).

Debido a la gestión hídrica del Ecuador, la provincia del Azuay destaca con su producción agrícola y ganadera. También cuenta con numerosos ríos y afluentes, los principales ríos son: Tomebamba, Yanuncay, Machángara, Tarqui, Paute, Santa Bárbara; que presentan oportunidades significativas para la creación de reservorios que contribuyan a la mitigación de episodios de sequía y a la satisfacción de las demandas de agua de la población y las actividades económicas locales.

Gráfico 1. Mapa de estudio de la Provincia del Azuay



Fuente. Elaborado en el software ArcMap.

1.3. Justificación

El agua, un componente esencial de la naturaleza y un elemento fundamental en la vida de la Tierra, desempeña un papel indispensable en los procesos biológicos que hacen posible la existencia de la vida en nuestro planeta. Además de su importancia como recurso vital, el agua también juega un rol significativo en la esfera económica e industrial, siendo un recurso inestimable para una amplia gama de actividades industriales (García, Cedeño, & Piza, 2020). La gestión de recursos hídricos desempeña un papel muy importante en el desarrollo económico, social y ambiental de la región.

Los reservorios representan una fuente de agua que puede abastecer no solo a la población, sino también a las actividades ganaderas, agrícolas, pecuarias y sobre todo es de gran ayuda en temporadas de sequías.

Debido a los efectos del cambio climático que pueden acentuar la variabilidad de las precipitaciones, se considera una evaluación de la capacidad de los reservorios ya existentes dentro de la provincia y de la misma forma identificar de áreas idóneas para la creación de nuevos sistemas de almacenamiento de agua, reduciendo la dependencia de las condiciones climáticas y mejorando la planificación a largo plazo para los diferentes sectores, aprovechando los afluentes de agua existentes, convirtiéndose en una opción viable y sostenible, para abastecer a una comunidad y sus actividades.

La novedad y relevancia de esta investigación radica en su enfoque integral en revisiones bibliográfica y la identificación de áreas idóneas para la creación de nuevos sistemas, esto garantizará la obtención de conocimientos actualizados y aplicables a la realidad específica del Azuay.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la capacidad de los reservorios existentes en la provincia del Azuay y a su vez realizar un análisis geográfico para la creación de nuevos reservorios para el aprovechamiento de la población.

1.4.2. Objetivos específicos

- Contabilizar y depurar los reservorios actuales que posee la provincia del Azuay mediante información geográfica.
- Calcular los volúmenes de agua en los reservorios existentes del Azuay mediante el uso de las diferentes herramientas del software ArcMap.
- Identificar espejos de agua donde se puedan emplazar nuevos sistemas de reservorios en beneficio de la sociedad.
- Proponer opciones de áreas y cuantificar el agua almacenada a través del uso del sistema de información geográfico.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1. Estado del arte

Con respecto al tema de reservorios, en el cual hace referencia Suquilanda y Tacuri (2021), realizó un “Estudio para la optimización del volumen de agua en los embalses de Mazar y Amaluza en la provincia del Azuay-Ecuador”. Utilizaron modelos computacionales y cartografía para mejorar la gestión del agua, construyeron modelos hidrológicos e hidráulicos utilizando el software HEC-HMS y HEC-ResSim. La propuesta específica era redistribuir el 27% del volumen total del embalse de Mazar hacia el embalse de Amaluza, asegurando una operación eficiente sin comprometer la capacidad operativa o la generación de electricidad. Este enfoque innovador hace hincapié en la importancia de las soluciones de ingeniería y la modelización hidráulica en la gestión de los depósitos, destacando el valor de la optimización en la generación de energía y la sostenibilidad ambiental.

En el estudio realizado por Vega (2020), revela la coexistencia de dos modelos de gestión del agua en Ambato: el modelo gubernamental jerárquico tradicional y un modelo de red de respaldo por las provincias. A pesar de la considerable escasez de agua en la región, el estudio recomienda aumentar la participación ciudadana en las plataformas municipales y provinciales para contrarrestar el alto consumo de agua de calidad en las zonas rurales. Se desata la "nueva cultura del agua", como una base para satisfacer la demanda de agua en el sector.

De acuerdo al estudio realizado por Cortez (2020), titulado "Evaluación Hidrogeológica para la Identificación de Nuevas Fuentes de Agua Subterránea para la Ciudad de Oruro", utilizó una metodología detallada para identificar zonas adecuadas para la extracción de agua subterráneas para satisfacer la creciente demanda de agua. El estudio combinó técnicas de análisis geofísicos, geológicos e hidrológicos para identificar y perforar

tres nuevos puntos en ubicaciones estratégicas. El análisis hidrológico detallado confirmó la presencia de capas acústicas adecuadas y optimizó su colocación para una máxima eficiencia de los recursos hídricos.

Para Sigüencia (2020) en su documento "Diseño de la captación y reservorio del sistema de agua para la parroquia de Guaytacama, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi", elaboró un proyecto integral para mejorar el suministro de agua en la parroquia de Guaytacama, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. La metodología incluyó un estudio hidrológico para determinar el caudal disponible y análisis topográficos para ubicar la infraestructura de captación y reservorio. Los resultados indicaron la viabilidad de la opción más económica para asegurar la provisión eficiente de agua durante periodos de escasez.

En el documento de Huiñisaca (2019), "Análisis de la Implementación de Micro Reservorios en la Gestión del Agua, desde el Ámbito de Desarrollo Local en el Cantón San Fernando", evalúa la implementación de micro reservas en la gestión del agua de 2015 a 2016 en el Cantón de San Fernando. El estudio encontró que estas reservas mejoraban significativamente la gestión del agua y la productividad agrícola, contribuyendo al desarrollo local promoviendo la participación de las comunidades y optimizando el uso de los recursos hídricos.

La participación en micro reservorios revitalizó la productividad local y generó interés en la comunidad campesina, inspirando un cambio positivo en la percepción y participación de la comunidad en el desarrollo local. Esto destaca la importancia de iniciativas de gestión y su potencial para impulsar el desarrollo sostenible.

Martínez (2012), en su documento titulado "Diagnóstico del Inventario de Recursos Hídricos en la Provincia del Azuay", realiza un análisis amplio de los recursos hídricos de la provincia de Azuay, centrándose en la disponibilidad y la gestión del agua. El estudio

identifica cuestiones críticas como la variabilidad de la calidad del agua, los impactos ambientales y socioeconómicos y propone recomendaciones para mejorar la gestión del agua mediante una planificación integrada y sostenible.

Terán (2021), en "Plan de Manejo Ambiental para la Cuenca Alta del Río Tahuando, Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura", evalúa los impactos ambientales de actividades como agricultura, ganadería, turismo y minería en la Cuenca Alta del Río Tahuando, Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura. Utilizando un flujo promedio de 1.91 m³/s y una captación de 161.20 L/s, se propone medidas para mitigar impactos negativos.

Por su parte, Belmonte et al (2020) realizaron un estudio denominado "Identificación de áreas prioritarias para la gestión del agua en el Chaco salteño, Argentina". El estudio tuvo como objetivo generar herramientas de análisis de la información para apoyar la adopción de decisiones e identificar áreas críticas para futuros proyectos y recursos. La investigación utilizó un enfoque participativo y una metodología de evaluación Multi-Criterio, teniendo en cuenta las variables socioambientales y la accesibilidad del agua. El estudio identificó a Rivadavia como la zona más crítica para la ordenación del agua en Salta.

Identificar nuevos sitios de almacenamiento de agua es común, y los estudios a menudo amplían su alcance por incluir evaluaciones de impacto ambiental y social para minimizar el daño ecológico y cumplir con requisitos legales y sociales locales. Sin embargo, las diferencias en métodos y enfoques de gestión deben adaptarse a las condiciones locales para maximizar la eficiencia y sostenibilidad de nuevos almacenamientos.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Recursos hídricos

Los recursos hídricos, según la definición de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe abarcan tanto el agua dulce como la salobre, sin importar su calidad, en

diversas fuentes, ya sean cuerpos de agua continentales, superficiales o subterráneas (CEPAL, 2022). En las últimas décadas, el uso del agua ha experimentado un aumento constante a nivel global, incrementándose aproximadamente en un 1% anual desde la década de los 80 del siglo pasado. Se proyecta que esta tendencia de crecimiento de la demanda de agua a nivel mundial continúe, manteniendo un ritmo similar hasta el año 2050. Esto implica un incremento estimado del 20% al 30% por encima del nivel actual de uso de los recursos hídricos (ONU, 2019).

La disponibilidad y acceso a los recursos hídricos a menudo están intrínsecamente ligados a la tenencia de la tierra, especialmente en contextos rurales. Un dato revelador es que, a nivel global, menos del 20% de los propietarios de tierras son mujeres. Esta desigualdad se acentúa en regiones como el norte de África y Asia occidental, donde las mujeres representan menos del 5% de los propietarios de tierras (ONU, 2019).

Según lo expuesto se puede argumentar que esta desigualdad en la tenencia de la tierra y su conexión con el acceso a los recursos hídricos plantea desafíos significativos en términos de equidad y desarrollo sostenible. La gestión adecuada de los recursos hídricos se vuelve esencial para abordar estas disparidades y garantizar un acceso equitativo al agua, un recurso vital para la vida y el bienestar de las comunidades en todo el mundo.

2.2.2. Gestión integrada de recurso hídricos

La gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), como su nombre lo sugiere, se enfoca en coordinar los intereses relacionados con el uso, control, aprovechamiento, preservación y sostenibilidad de los sistemas hídricos (Martínez Valdés & Villalejo García, 2018).

En este contexto, la GIRH se percibe como un proceso que busca el desarrollo y la administración conjunta del agua, la tierra y los recursos asociados, con el objetivo de

maximizar los beneficios económicos y sociales de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas fundamentales. Este enfoque apunta a guiar el desarrollo de políticas públicas relacionadas con los recursos hídricos, logrando un equilibrio entre el progreso económico y social y la preservación de los ecosistemas (Martínez Valdés & Villalejo García, 2018).

Es importante destacar que la gestión tradicional de los recursos hídricos ha estado históricamente influenciada por criterios de ingeniería y economía, prestando una atención limitada a los aspectos políticos y sociales. Como resultado, la escasez de agua se ha interpretado principalmente como un fenómeno natural, en lugar de reconocer su origen como un proceso socialmente construido, causado y determinado (Pinos & Malo, 2018).

En consecuencia, se puede decir que el enfoque de la GIRH representa un cambio significativo en la forma en que se aborda la gestión de los recursos hídricos, reconociendo la interdependencia de los aspectos económicos, sociales y ambientales, y promoviendo una mayor equidad en el acceso y uso del agua.

2.2.3. Importancia de la Gestión integrada de recurso hídricos

La gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) surge como una respuesta a la "crisis del agua", que se manifiesta en la presión insostenible sobre este recurso debido al aumento constante de la demanda, la contaminación y el crecimiento demográfico (Martínez Valdés & Villalejo García, 2018). En este contexto, la GIRH se fundamenta en la premisa de que los diversos usos del agua son tanto excluyentes como interdependientes.

La GIRH se sustenta en varios postulados clave:

1. Busca integrar la gestión del agua para todos sus fines, con el propósito de maximizar los beneficios globales y minimizar los conflictos entre los usuarios.

2. Promueve la integración de intereses económicos, sociales y ambientales, tanto de quienes utilizan directamente el agua como de la sociedad en su conjunto.
3. Considera la gestión integral de todos los aspectos del agua, incluyendo su cantidad, calidad y patrones de disponibilidad, que influyen en sus usos y usuarios.
4. Aborda la gestión de todas las etapas del ciclo hidrológico de manera conjunta.
5. Se enfoca en la gestión a nivel de cuencas, acuíferos y sistemas hídricos interconectados.
6. Integra la gestión de la demanda de agua con la gestión de la oferta, buscando un equilibrio sostenible.
7. Reconoce la importancia de coordinar la gestión del agua con la gestión de la tierra, otros recursos naturales y los ecosistemas relacionados.

En definitiva, la importancia de la GIRH radica en su capacidad para abordar de manera integral los desafíos relacionados con el agua, considerando sus múltiples dimensiones y promoviendo un enfoque equitativo y sostenible en la gestión de este recurso vital.

2.2.4. Reservorios

Un reservorio es un tipo de estructura diseñada para almacenar el agua de lluvia directa de la escorrentía en una ubicación específica (MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018). Su propósito principal radica en proporcionar un espacio físico para el almacenamiento de una porción del agua disponible (GAD Provincial de Imbabura, 2022).

2.2.4.1. Clasificación

Para llevar a cabo la regularización del agua de manera organizada, se disponen de varios tipos de reservorios, los cuales son seleccionados en función de las condiciones

específicas que requiera el proyecto. En el ámbito ejecutivo de obras, se destacan principalmente cuatro categorías de reservorios, que son: elevados, apoyados, enterrados y semienterrados (Herrera Domínguez, 2019).

- *Reservorios enterrados y semi enterrados:* conocidos también como cisternas. Estos reservorios tienen su depósito de agua completamente o parcialmente enterrado, siendo comunes las formas rectangulares y circulares, con esta última presentando ventajas en términos de resistencia a las presiones internas. Para su construcción, se emplean materiales como albañilería de piedra, ladrillo y concreto armado (Saavedra, 2021).
- *Reservorios apoyados:* son aquellos que tienen su cimentación y piso directamente sobre la superficie del terreno. Al igual que los enterrados, se utilizan formas rectangulares y circulares, con preferencia por esta última en términos de resistencia a las presiones internas. Los materiales de construcción varían según la capacidad de abastecimiento y pueden incluir albañilería de piedra, ladrillo, concreto armado y elementos metálicos (Saavedra, 2021).
- *Reservorios elevados:* son estructuras de almacenamiento de agua posicionadas por encima del nivel del terreno natural y sostenidas por columnas, pilotes o paredes. Estos desempeñan un papel importante en los sistemas de distribución de agua, tanto desde una perspectiva económica como hidráulica y de mantenimiento eficiente del servicio (OPS, 2005). En estos reservorios, se destacan dos componentes esenciales: la estructura de soporte, relacionada con la altura del nivel de agua y el soporte del depósito, y el depósito de almacenamiento, también conocido como "cuba", que almacena el volumen del líquido según la demanda existente y cuya forma se elige considerando factores económicos y arquitectónicos de edificios cercanos (Saavedra, 2021).

- *Reservorios excavados:* la construcción de estos reservorios es a nivel del suelo, por lo general se construyen en terrenos donde su superficie sea plana, su almacenamiento está basado mediante infiltración de agua subterránea, escorrentías o agua lluvia. Para la construcción de este tipo de reservorios es recomendable el uso de geomembranas de esa forma se obtendría un mejor funcionamiento (Clubensayos, 2014).

2.2.4.2. Factores relacionados al diseño de los reservorios

Las particularidades relacionadas con el diseño, forma y ubicación de los reservorios dependen de diversos factores que deben ser considerados detenidamente. Entre ellos están:

- *Topografía:* es de gran importancia en la determinación de la ubicación adecuada del reservorio. En el caso de reservorios destinados al riego presurizado, se busca un punto más bajo que permita agrandar la capacidad de almacenamiento. Es esencial calcular la diferencia de altura vertical entre el nivel máximo del agua en la compuerta y el nivel del terreno circundante, lo que servirá para determinar la altura del reservorio sobre el suelo, maximizando así su capacidad y evitando problemas de rebosamiento (Bongiovanni & Anze, 2019).
- *Profundidad de la capa freática:* desempeña un papel relevante en el diseño del reservorio. Esta profundidad influye en la excavación necesaria y en la columna de agua que el reservorio será capaz de almacenar. Por lo general, se busca profundizar lo máximo para aumentar la capacidad de almacenamiento, reducir la superficie expuesta y minimizar la evaporación. Además, una menor profundidad de la capa freática disminuye la penetración de luz en el fondo, lo que a su vez reduce el crecimiento de algas (Bongiovanni & Anze, 2019).
- *Estructuras ya existentes:* es factible aprovechar acequias preexistentes, modificándolas y ensanchándolas para convertirlas en el propio reservorio. Las estructuras ya presentes

pueden determinar la ubicación, forma y límites del reservorio, así como las dimensiones del mismo. El ancho y la longitud del reservorio variarán en función del volumen de agua deseado y las condiciones específicas del lugar (Bongiovanni & Anze, 2019).

- *Cosecha de agua de lluvia*: en situaciones en las que se recolecta agua de lluvia, como es común en campos con producción bajo cubierta, los reservorios se diseñan con una altura superior al nivel de la compuerta de ingreso de agua. Esto se hace para garantizar la capacidad necesaria para almacenar el volumen estimado de agua de lluvia. Esto no solo aumenta la disponibilidad de agua, sino que también mejora su calidad y evita problemas de encharcamiento debido a las descargas de canaletas de lluvia (Bongiovanni & Anze, 2019).
- *Dimensiones del material elegido para revestir*: es importante considerar las dimensiones comerciales del material elegido para revestir el reservorio. El uso de materiales como geomembranas y mantas de silo bolsa es común en estos casos y debe ajustarse a las dimensiones previstas en el diseño (Bongiovanni & Anze, 2019).

2.2.5. Capacidad de almacenamiento

La capacidad del almacenamiento de un reservorio viene en función del volumen de regulación para atender las variaciones de acuerdo a las necesidades del consumo (OPS, 2005).

De acuerdo a la capacidad que se requiere, es necesario considerar un diseño óptimo vinculado a la capacidad del reservorio. Para este cálculo se toma a consideración de manera paramétrica la compensación de las variaciones horarias de consumo humano y las probabilidades de irregularidades en el funcionamiento del sistema de agua (Herrera Domínguez, 2019).

2.2.6. Factores que influyen en la capacidad de almacenamiento

Cuando un reservorio no recibe un adecuado manejo, o su diseño y construcción no cumplen con estándares óptimos, es posible que se produzcan pérdidas significativas, que pueden afectar tanto una porción considerable como la totalidad del volumen de agua almacenado. Estas pérdidas pueden deberse a procesos de evaporación o infiltración en general (MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018).

Evaporación: Cuando un reservorio carece de protección, como sombras proporcionadas por árboles, o si su superficie de agua es amplia y poca profundidad, la evaporación del agua almacenada tiende a aumentar. En regiones de clima árido y semiárido del trópico seco, estas condiciones pueden llevar a una pérdida diaria de agua por evaporación de alrededor de 10 mm (MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018).

Para mitigar este problema de evaporación, se pueden implementar diversas medidas:

- Establecer y mantener una cobertura abundante de sombra alrededor de los reservorios, lo que ayudaría a reducir la exposición directa al sol y, por ende, la evaporación.
- Diseñar los reservorios de manera que sean más profundos que anchos, lo que resulta en una superficie de agua más pequeña expuesta al sol y al viento, lo que disminuiría la evaporación.
- Elegir ubicaciones estratégicas para la construcción de los reservorios, donde la incidencia del sol de la tarde tenga menos impacto en la superficie del agua y, por lo tanto, se reduzca la evaporación.

Infiltración: La infiltración de agua es un problema significativo cuando el vaso del reservorio no cuenta con una impermeabilización adecuada. En tales situaciones, la pérdida

de agua almacenada puede ser total en un período de tiempo relativamente corto, que podría ser de horas o días (MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018).

Se puede prevenir de la siguiente manera:

- De preferencia trabajar en áreas con suelos arcillosos en lugar de suelos porosos y permeables, ya que los suelos arcillosos son menos propensos a la infiltración del agua.
- Llevar a cabo una impermeabilización completa del vaso del reservorio. Esto se puede lograr utilizando diferentes métodos, como la aplicación de lodo arcilloso, el uso de plástico negro o la instalación de geomembranas para garantizar que no haya filtraciones no deseadas.

Escapes: Los escapes de agua pueden convertirse en un problema significativo cuando se presentan fallas constructivas en el reservorio. Estas fallas pueden manifestarse a través de porosidad en las paredes del vaso, perforaciones o fisuras, lo que conduce a la pérdida rápida del agua captada (MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018).

Para mitigar los escapes debidos a fallas constructivas, se recomiendan varias medidas preventivas:

- Utilizar materiales de buena calidad al momento de la construcción del reservorio. Esto asegurará que las estructuras sean sólidas y resistentes a posibles defectos.
- Mantener un cuidado especial en el reservorio, especialmente en regiones tropicales donde se utiliza plástico como material impermeabilizante. El calor extremo puede causar daños al plástico, lo que podría llevar a la formación de fisuras o perforaciones.
- Se debe prestar atención al estado de las estructuras de mampostería u hormigón del reservorio durante la temporada de verano. Evitar que estas estructuras se sequen por

completo es importante, ya que las altas temperaturas pueden provocar la formación de grietas y fisuras.

2.2.7. Características Geográficas y Geológicas de la Provincia de Azuay

La provincia del Azuay, ubicada al sur de Ecuador, tiene una geografía diversa que abarca desde las altas cumbres de la Cordillera de los Andes hasta las fértiles tierras bajas de la cuenca del Amazonas. Su topografía se caracteriza por numerosas montañas, valles y cuencas fluviales, que le confieren un relieve accidentado y variado. Algunas de las áreas de gran altitud incluyen el Parque Nacional Cajas, conocido por sus lagunas glaciares y Parma, y el Volcán El Cajas, que se encuentra a unos 4.450 metros sobre el nivel del mar.

Geológicamente hablando, Azuay se encuentra en la intersección de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, lo que la convierte en una zona tectónicamente activa. Esto crea una variedad de formaciones geológicas, incluidas rocas volcánicas, sedimentarias y metamórficas. La presencia de fallas geológicas y la actividad sísmica asociada es una consideración importante al planificar y construir infraestructura hidrológica en una región (Auquilla, Van den Berg, & Alvear, 2021).

Otra característica de la provincia del Azuay es la diversidad de su suelo, influenciado por factores climáticos, geológicos y topográficos. Las áreas con elevaciones más altas están dominadas por suelos orgánicos y acuíferos, mientras que las áreas más bajas tienen suelos aluviales y coluviales que son particularmente adecuados para la agricultura. Las diferencias en la composición y propiedades del suelo crean desafíos y oportunidades para el desarrollo de la infraestructura de gestión y almacenamiento de agua en la provincia (Wolf, 1982).

Además de la geología y la topografía, Azuay se ve afectada por una variedad de climas, que van desde el subtropical en las tierras bajas hasta el frío alpino en las elevaciones más altas. La región recibe abundantes precipitaciones, especialmente durante la temporada

de lluvias de diciembre a mayo. La distribución irregular de las precipitaciones y fenómenos climáticos como El Niño y La Niña pueden afectar gravemente el suministro y la gestión del agua en la provincia (Acuña, 2023).

2.2.8. Tipos de Suelo y su Influencia en la Capacidad de Almacenamiento de Reservorios

Para comprender mejor la relación entre el tipo de suelo y la capacidad de almacenamiento de agua, en la Tabla 2 se resume los principales tipos de suelo en la provincia y sus respectivas capacidades de retención de agua. Esta tabla proporciona una referencia útil para los profesionales e investigadores que trabajan en proyectos relacionados con la gestión de recursos hídricos en Azuay, ayudando a identificar las áreas más adecuadas para el establecimiento de infraestructura de almacenamiento de agua y mejorando la eficiencia de la gestión de este importante recurso.

Tabla 2. Tipo de suelos.

Tipo de suelo	Capacidad de almacenamiento de agua
Andasoles	Alta capacidad de retención de agua debido a su alto contenido de materia orgánica y arcilla. Ideal para la construcción de embalses y la captación de agua.
Inceptisoles	Capacidad moderada de retención de agua. Adecuados para la construcción de reservorios con medidas de manejo y control adecuadas.
Entisoles	Baja capacidad de retención de agua debido a su poca evolución. Pueden presentar desafíos para el almacenamiento de agua, pero son utilizables con tecnologías de control de erosión.
Histosoles	Alta capacidad de retención de agua debido a su origen orgánico. Aptos para la construcción de embalses en zonas de alta montaña.
Vertisoles	Capacidad variable de retención de agua debido a su comportamiento expansivo. Pueden presentar desafíos para la construcción de embalses, pero son adecuados para ciertos tipos de almacenamiento.
Alfisoles	Capacidad de retención de agua intermedia. Su idoneidad para la construcción de reservorios varía según su contenido de arcilla y grado de desarrollo.

Fuente: (Usón Murillo, Boxiadera Llobet, Bosch Serra, & Martín, 2010)

2.2.9. Riesgos Naturales Asociados a la Construcción de Almacenamientos

La construcción de instalaciones de almacenamiento, como embalses, plantea una serie de riesgos naturales que deben evaluarse cuidadosamente para garantizar la seguridad y sostenibilidad de estas estructuras. Uno de los mayores riesgos es la actividad sísmica en la zona. Las zonas con alta actividad sísmica requieren embalses especialmente diseñados para resistir terremotos y así evitar rupturas que pueden provocar inundaciones catastróficas e importantes pérdidas económicas y humanas. Por lo tanto, el análisis de la sismicidad local es un paso crítico en la planificación y construcción de cualquier infraestructura de almacenamiento de agua (Godoy, et al., 2019).

Otro riesgo importante son los deslizamientos de tierra, que pueden ser causados por condiciones naturales y la intervención humana. Para construir un embalse en una zona propensa a deslizamientos de tierra, se requiere una investigación geotécnica detallada para garantizar la estabilidad del terreno. Los deslizamientos de tierra pueden dañar la integridad estructural de los embalses, impedir el flujo normal de agua y contaminar los recursos hídricos (Rivera & Teresa, 2024). Por ello, son necesarias medidas preventivas, como la estabilización de taludes y el monitoreo constante de las condiciones del suelo.

La erosión también es un riesgo importante para los proyectos de almacenamiento de agua, el aumento del flujo de agua causado por la liberación de embalses puede acelerar la erosión de las riberas de los ríos aguas abajo, afectar la flora y la fauna locales y cambiar las condiciones de vida de las comunidades cercanas. Para controlar la erosión, se pueden utilizar técnicas como la revegetación y estructuras de control de sedimentos para reducir el impacto del flujo de agua (Willems, et al.).

El riesgo de inundaciones también debe considerarse cuidadosamente al planificar un reservorio, aunque estas medidas tienen como objetivo controlar las inundaciones, los errores

de diseño o una mala gestión pueden provocar la liberación incontrolada de grandes volúmenes de agua, especialmente en eventos climáticos extremos. Esto puede tener efectos devastadores en las comunidades río abajo. La implementación de sistemas de alerta temprana y planes de evacuación es esencial para mitigar posibles impactos adicionales (Verdugo, 2023).

El cambio climático crea cierta incertidumbre en la gestión de los riesgos asociados a la construcción de instalaciones de almacenamiento. A medida que cambian las precipitaciones y se producen sequías más frecuentes, los supuestos hidrológicos utilizados en el diseño de embalses pueden cambiar. Esto puede llevar a una subestimación de la capacidad necesaria para manejar flujos de agua extremos, comprometiendo la eficiencia y seguridad de estas estructuras. Adaptar el diseño a estas nuevas realidades climáticas es un desafío que requiere una revisión constante de los datos climáticos y una planificación flexible y adaptativa (Fuentes & Pretel, 2021).

2.2.10. Importancia de la Topografía en la Identificación de Áreas para Nuevos Embalses

La topografía es indispensable a la hora de determinar las ubicaciones adecuadas para la construcción de nuevos embalses, lo que afecta significativamente a todos los aspectos de estas estructuras, desde la planificación inicial hasta la operación y el mantenimiento. Un análisis detallado del terreno ayuda a determinar la viabilidad de los sitios de almacenamiento de agua mediante la evaluación de características como la pendiente del terreno, la elevación y las características del valle que pueden afectar el almacenamiento y el flujo de agua (Sanrtos & Izquierdo, 2024).

La topografía determina la elección del lugar, se prefieren las áreas con valles profundos y estrechos porque requieren menos material para construir represas y pueden

almacenar grandes cantidades de agua en un área relativamente pequeña. La topografía afecta no sólo a la capacidad de almacenamiento del embalse, sino también a su seguridad, ya que las pendientes pronunciadas pueden aumentar el riesgo de deslizamientos de tierra y erosión, comprometiendo así la estructura de la presa (Gámez, 2022).

La topografía afecta el diseño del yacimiento, la altura y el ancho de la presa, el tipo de materiales utilizados y la forma de la estructura de salida dependen de las características topográficas del sitio. Un diseño razonable que aproveche al máximo el terreno natural puede reducir en gran medida los costos de construcción y mejorar la eficiencia de la recolección y distribución del agua del embalse (Franco, 2022).

La topografía también es importante para evaluar el impacto ambiental de nuevos embalses, una comprensión detallada de la topografía es esencial para predecir cómo los embalses afectarán los flujos superficiales y subterráneos, la flora y fauna nativas y los ecosistemas acuáticos y terrestres. Asimismo, permite planificar medidas de mitigación que protejan el entorno natural y minimicen los cambios en el paisaje y el hábitat (Flores & Alcalá, 2022).

Una comprensión más profunda del terreno permite una mejor gestión de riesgos y seguridad de las represas. Al comprender cómo fluirá el agua si falla una presa y cómo las diferentes elevaciones afectan la distribución del agua, los ingenieros y planificadores pueden desarrollar planes de emergencia y sistemas de alerta temprana más efectivos para proteger a las comunidades río abajo.

2.2.11. Evaluación Hidrológica de Cuencas y Fuentes de Agua en Azuay

Las evaluaciones hidrológicas permiten determinar el agua disponible en la cuenca del Azuay, lo cual es fundamental para asegurar un suministro adecuado de agua para fines domésticos, agrícolas e industriales. Utilizando estaciones hidrográficas y de medición de

precipitaciones ubicadas en toda la región, los datos recopilados ayudan a modelar el comportamiento de la cuenca en respuesta a diferentes condiciones climáticas y de uso de la tierra. El modelo es esencial para predecir la escasez o el excedente de agua y diseñar una infraestructura hídrica eficiente (Fernández, Picón, & Quito, 2022).

Las evaluaciones hidrológicas permiten determinar el agua disponible en la cuenca del Azuay, lo cual es fundamental para asegurar un suministro adecuado de agua para fines domésticos, agrícolas e industriales. Utilizando estaciones hidrográficas y de medición de precipitaciones ubicadas en toda la región, los datos recopilados ayudan a modelar el comportamiento de la cuenca en respuesta a diferentes condiciones climáticas y de uso de la tierra. El modelo es esencial para predecir la escasez o el excedente de agua y diseñar una infraestructura hídrica eficiente (Mendez, 2021).

Otro aspecto importante de la evaluación hidrológica es la identificación y monitoreo de áreas sujetas a eventos extremos como inundaciones y sequías. En Azuay, donde el cambio climático es significativo, se deben establecer sistemas de alerta temprana y planes de gestión de riesgos para proteger a las comunidades y la infraestructura crítica. La eficacia de estos sistemas depende en gran medida de datos hidrológicos precisos y actualizados (Mendez, 2021).

2.2.13. Métodos y Tecnologías para la Estimación de la Capacidad de Almacenamiento

La estimación de la capacidad de almacenamiento de yacimientos es una tarea crítica que requiere el uso de métodos y tecnologías avanzados para garantizar la precisión y eficiencia de la ingeniería hidrológica. Se utilizan varios métodos y herramientas de ingeniería para evaluar la viabilidad de estas estructuras de almacenamiento de agua y optimizar su diseño y operación (Quillay & Portilla, 2023).

El método implica la evaluación de arroyos y ríos, incluidas mediciones de los caudales y precipitaciones asociados. Utilizando secuencias históricas y modelos estadísticos, se puede predecir el comportamiento del agua en diferentes escenarios climáticos y de uso de la tierra, planificando así de manera más efectiva el tamaño y la capacidad de los embalses (Salazar, 2021).

Técnicamente, el sistema de información geográfica (SIG), es una herramienta esencial en este proceso. Los SIG pueden integrar y analizar grandes cantidades de datos geográficos y ambientales, facilitando la visualización del área de la cuenca, la topografía y otros factores clave que influyen en el diseño del embalse. Estos sistemas son esenciales para realizar simulaciones y modelar diversos escenarios de operación y almacenamiento de yacimientos (Buzai & Montes, 2021).

Otra tecnología relacionada es la teledetección, que utiliza imágenes satelitales y fotografías aéreas para recopilar información sobre la extensión y las características de las cuencas sin requerir un trabajo de campo intensivo. Esto es especialmente útil en zonas remotas o de difícil acceso. Por ejemplo, las imágenes de radar y la tecnología lidar (detección y alcance de luz) pueden producir modelos de elevación digitales que ayudan a los ingenieros a comprender mejor la topografía de la cuenca y planificar de manera efectiva la ubicación y el diseño del yacimiento.

También es importante la modelización hidráulica e hidrológica utilizando software moderno para modelar el comportamiento del agua en los embalses. Estos modelos pueden ayudar a predecir cómo los cambios en el uso de la tierra, el clima y las prácticas de gestión del agua afectarán la capacidad y la seguridad de los embalses. Software como HEC-HMS y SWAT se utilizan ampliamente para este propósito y brindan una comprensión detallada del

flujo de agua y la capacidad de almacenamiento en diversas condiciones (Calderón & Mendoza, 2024).

2.2. Marco legal

De acuerdo con la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua (ASAMBLEA NACIONAL, 2014).

Art. 4.- Principios de la Ley. Esta Ley se fundamenta en los siguientes principios:

- a) La integración de todas las aguas, sean estas, superficiales, subterráneas o atmosféricas, en el ciclo hidrológico con los ecosistemas;
- b) El agua, como recurso natural debe ser conservada y protegida mediante una gestión sostenible y sustentable, que garantice su permanencia y calidad;
- c) El agua, como bien de dominio público, es inalienable, imprescriptible e inembargable;
- d) El agua es patrimonio nacional y estratégico al servicio de las necesidades de las y los ciudadanos y elemento esencial para la soberanía alimentaria; en consecuencia, está prohibido cualquier tipo de propiedad privada sobre el agua;
- e) El acceso al agua es un derecho humano;
- f) El Estado garantiza el acceso equitativo al agua;
- g) El Estado garantiza la gestión integral, integrada y participativa del agua; y,
- h) La gestión del agua es pública o comunitaria. (págs. 3-4)

Art. 10.- Dominio hídrico público. El dominio hídrico público está constituido por los siguientes elementos naturales:

- a) Los ríos, lagos, lagunas, humedales, nevados, glaciares y caídas naturales;

- b) El agua subterránea;
- c) Los acuíferos a los efectos de protección y disposición de los recursos hídricos;
- d) Las fuentes de agua, entendiéndose por tales las nacientes de los ríos y de sus afluentes, manantial o naciente natural en el que brota a la superficie el agua subterránea o aquella que se recoge en su inicio de la escorrentía;
- e) Los álveos o cauces naturales de una corriente continua o discontinua que son los terrenos cubiertos por las aguas en las máximas crecidas ordinarias;
- f) Los lechos y subsuelos de los ríos, lagos, lagunas y embalses superficiales en cauces naturales;
- g) Las riberas que son las fajas naturales de los cauces situadas por encima del nivel de aguas bajas;
- h) La conformación geomorfológica de las cuencas hidrográficas, y de sus desembocaduras;
- i) Los humedales marinos costeros y aguas costeras; y,
- j) Las aguas procedentes de la desalinización de agua de mar.

Las obras o infraestructura hidráulica de titularidad pública y sus zonas de protección hidráulica se consideran parte integrante del dominio hídrico público. (pág. 5)

De acuerdo con el Reglamento General de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (Decreto Ejecutivo 650, 2015).

Art. 14.- Evaluación de la Agencia de Regulación y Control del Agua. - Conforme a lo previsto en el artículo 21 de la Ley corresponde a la Secretaría del Agua la evaluación periódica de la gestión de regulación y control de la Agencia, que consistirá en la evaluación

del cumplimiento de la agenda regulatoria y del plan de control correspondiente aprobados por el Directorio. (págs. 4-5)

Art. 64.- Zonas de Protección Hídrica: Extensión y Modificación. - La zona de protección hídrica tendrá una extensión de 100 metros de anchura medidos horizontalmente a partir del cauce o de la máxima extensión ordinaria de la lámina de agua en los embalses superficiales, pudiéndose variar por razones topográficas, hidrográficas u otras que determine la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional. La extensión indicada podrá modificarse en las siguientes circunstancias:

- a) En las zonas próximas a la desembocadura de los cursos de agua en el mar;
- b) En el entorno inmediato de los embalses; y,
- c) Cuando las condiciones topográficas o hidrográficas de los cauces y márgenes lo hagan necesario para la seguridad de personas y bienes. (pág. 22)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

La investigación se llevará a cabo siguiendo una metodología estructurada y específica que abordará cada uno de los objetivos planteados.

3.1. Enfoque de la investigación

Esta investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y cuantitativo. Según Salas Ocampo (2019), considerado como mixto una comprensión más amplia de los fenómenos estudiados al utilizar diferentes tipos de datos y evidencia, pues combina la riqueza de los datos cualitativos con el rigor y la objetividad de los datos cuantitativos.

Enfoque cualitativo: se fundamenta en textos, discursos, palabras, dibujos, gráficos e imágenes como fuentes de información. Esta investigación busca comprender los significados que son atribuidos por los sujetos estudiados a través del análisis de estos elementos y la vida social (Sánchez Flores, 2019). Se empleará en la identificación de áreas propicias para la creación de nuevos reservorios, considerando aspectos geográficos, ambientales ya que implica una evaluación cualitativa de la idoneidad de las áreas. Así también la revisión bibliográfica, uno de los métodos utilizados para alcanzar los objetivos, implica la recopilación y análisis cualitativo de información cualitativa contenida en fuentes bibliográficas, informes técnicos y estudios previos. Se pretende obtener información valiosa basada en la experiencia de otros estudios.

Enfoque cuantitativo: se focaliza en fenómenos que pueden ser medidos y al mismo tiempo utiliza técnicas numéricas para realizar el análisis de los datos que han sido recopilados. El objetivo principal es explicar, describir, predecir y controlar los fenómenos, esto mediante el uso riguroso de la métrica y la cuantificación en la recolección, procesamiento, análisis e interpretación de los resultados (Sánchez Flores, 2019). El enfoque cuantitativo se aplicará en el análisis de la capacidad de acumulación de agua en los

reservorios existentes. Se emplearán datos numéricos para cuantificar la cantidad de agua que pueden retener los reservorios y evaluar su eficiencia en la gestión hídrica. Por otro lado, el análisis geoespacial, una herramienta cuantitativa fundamental, se utilizará para evaluar las áreas geográficas en términos de topografía, disponibilidad de afluentes y capacidad de retención natural. Lo que se conseguirá con el manejo de varias capas de información como la topográfica.

3.2. Nivel o alcance de la investigación

El nivel de la investigación será exploratorio y descriptivo.

Investigación descriptiva: Tiene como objetivo recopilar datos e información sobre las dimensiones del objeto de estudio. Es necesario para brindar información detallada de un suceso, fenómeno, contexto, comunidad o situación. Para esta investigación se describirán los reservorios existentes en la provincia, incluyendo su capacidad de almacenamiento.

3.3. Diseño de la investigación

Para obtener los objetivos de la investigación, se llevará a cabo un diseño específico que consiste en lo siguiente:

Investigación Bibliográfica: Para abordar el primer objetivo específico de investigar fuentes bibliográficas que proporcionen información de los reservorios existentes en la provincia, se llevará a cabo una revisión de informes técnicos, literatura científica y documentos gubernamentales relacionados con los reservorios en Azuay. Esta revisión permitirá recopilar datos históricos y actuales sobre los reservorios en la provincia.

Análisis de Capacidad de Reservorios: Para determinar el segundo objetivo específico de analizar las capacidades de acumulación de agua en los reservorios del Azuay, se utilizarán datos recopilados de fuentes bibliográficas.

Identificación de Áreas para Nuevos Reservorios: Con el propósito de lograr el tercer objetivo específico de proponer opciones de áreas donde pueden emplazarse nuevos sistemas de reservorios, se llevará a cabo un análisis geográfico detallado de la provincia del Azuay. Se emplearán sistemas de información geográfica (SIG) para evaluar factores como la topografía, el uso de suelos, asentamientos poblacionales y áreas protegidas, con el fin de identificar áreas adecuadas para la creación de nuevos reservorios. También se incluirá un análisis multicriterio para determinar la factibilidad de los nuevos reservorios, el cual permitirá saber si es alternativa recomendable.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para llevar a cabo la investigación, se utilizarán diversas técnicas e instrumentos:

Revisión bibliográfica: Se investigó en las bases de datos académicas y gubernamentales, así como documentos técnicos y científicos relacionados con los reservorios en la provincia, así como, sobre técnicas y mejores prácticas en la gestión de recursos hídricos.

Sistemas de Información Geográfica (SIG): La utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) se presenta como una herramienta fundamental para la identificación y cartografía de áreas geográficas idóneas destinadas a la construcción de nuevos reservorios. En este contexto, se aprovecha la versatilidad y funcionalidad de los archivos shapefile (shapes) para integrar datos geoespaciales relevantes en el entorno del software ArcMap. A través de este proceso, se lleva a cabo un minucioso análisis espacial que permite la identificación y selección de lugares óptimos, con especial énfasis en evitar zonas de riesgo, áreas protegidas, áreas pobladas, entre otros criterios. La combinación de herramientas SIG y ArcMap posibilita una evaluación detallada de factores clave como la topografía, la hidrología y el uso del suelo, contribuyendo así a la toma de decisiones

informadas y al diseño de estrategias de desarrollo hidráulico sustentables en la provincia del Azuay.

Análisis de cuadrantes: La implementación del análisis de cuadrantes es una decisión metodológica que mejora la precisión y facilita la gestión de datos para determinar la capacidad de almacenamiento e identificar nuevas áreas dentro de la provincia del Azuay. Esta técnica divide el área de estudio en segmentos más manejables, permitiendo una evaluación detallada y sistemática de la topografía, hidrología y condiciones geológicas de cada área.

Al desglosar el territorio en cuadrantes, los investigadores pueden:

- **Mayor Precisión:** Al centrarse en áreas más pequeñas, obtiene una mayor resolución de datos y una interpretación más detallada de las características del terreno.
- **Análisis espacial simplificado:** permite procesar conjuntos de datos más pequeños simultáneamente, lo que reduce la complejidad computacional y facilita un análisis más rápido.
- **Áreas Prioritarias:** algunos cuadrantes pueden considerarse más favorables para el desarrollo de yacimientos, permitiendo una asignación más eficiente de recursos y esfuerzos.
- **Gestión de información geográfica:** la subsección Cuadrantes ayuda a organizar y gestionar archivos de forma y otros datos geoespaciales en su software SIG.
- **Facilita la integración multidisciplinaria:** los cuadrantes pueden ser evaluados de forma independiente por expertos de diferentes disciplinas, lo que permite un enfoque colaborativo e interdisciplinario.

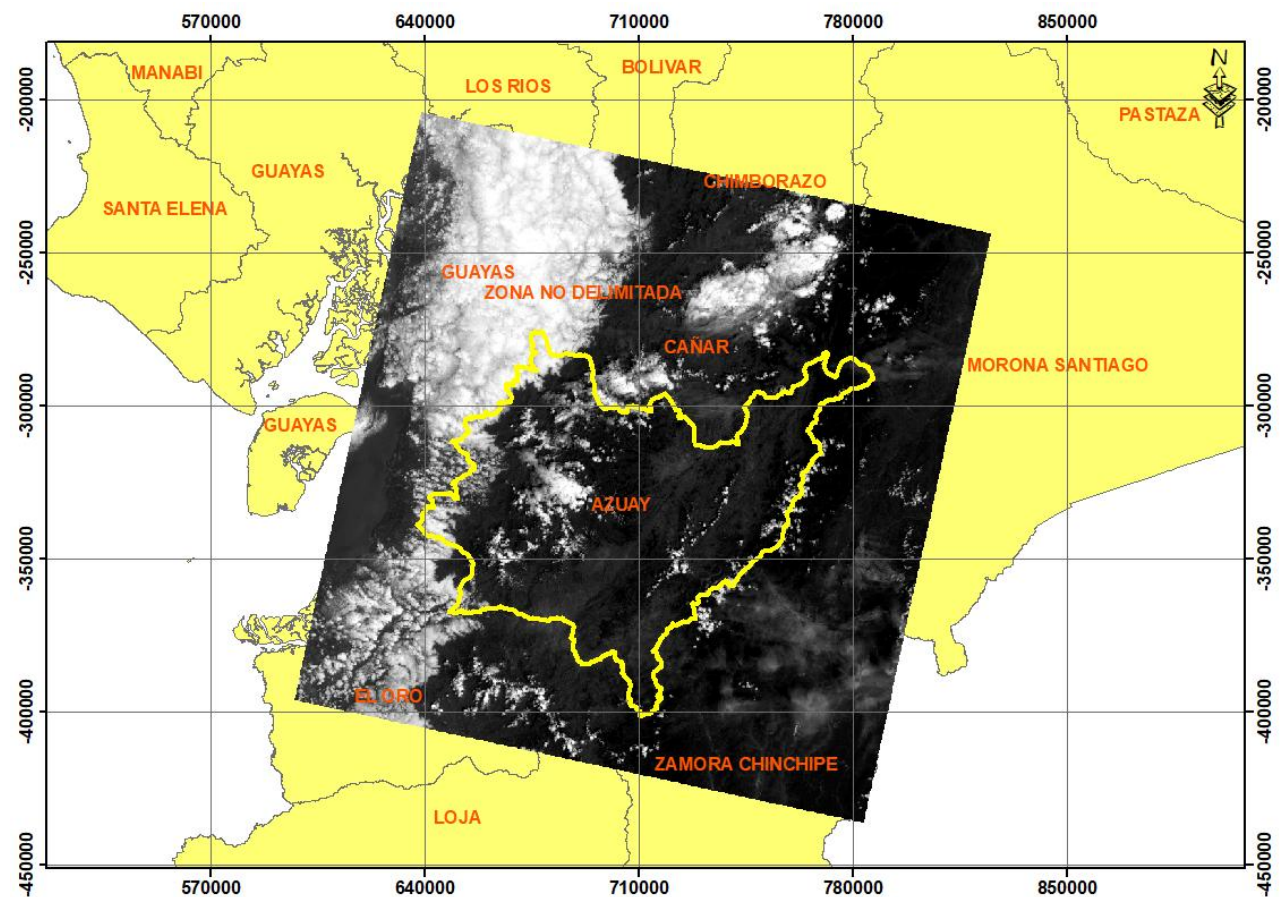
La selección por cuadrante es beneficiosa para la organización de los datos geospaciales y la precisión del procesamiento de la información, optimizando el uso de recursos y el tiempo de análisis.

3.7. Metodología aplicada.

3.7.1. Mediante imágenes Satelitales

Para la aplicación de esta metodología se utilizan imágenes satelitales LANDSAT8 o SENTINEL, estas son descargadas de la página del Servicio Geológico USGS, mediante el servidor (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), (Espinoza, 2022), en este estudio se trabajó con imágenes satelitales LANDSAT8 que corresponden al periodo 2022 – 2023.

Gráfico 2. Imagen satelital Landsat8

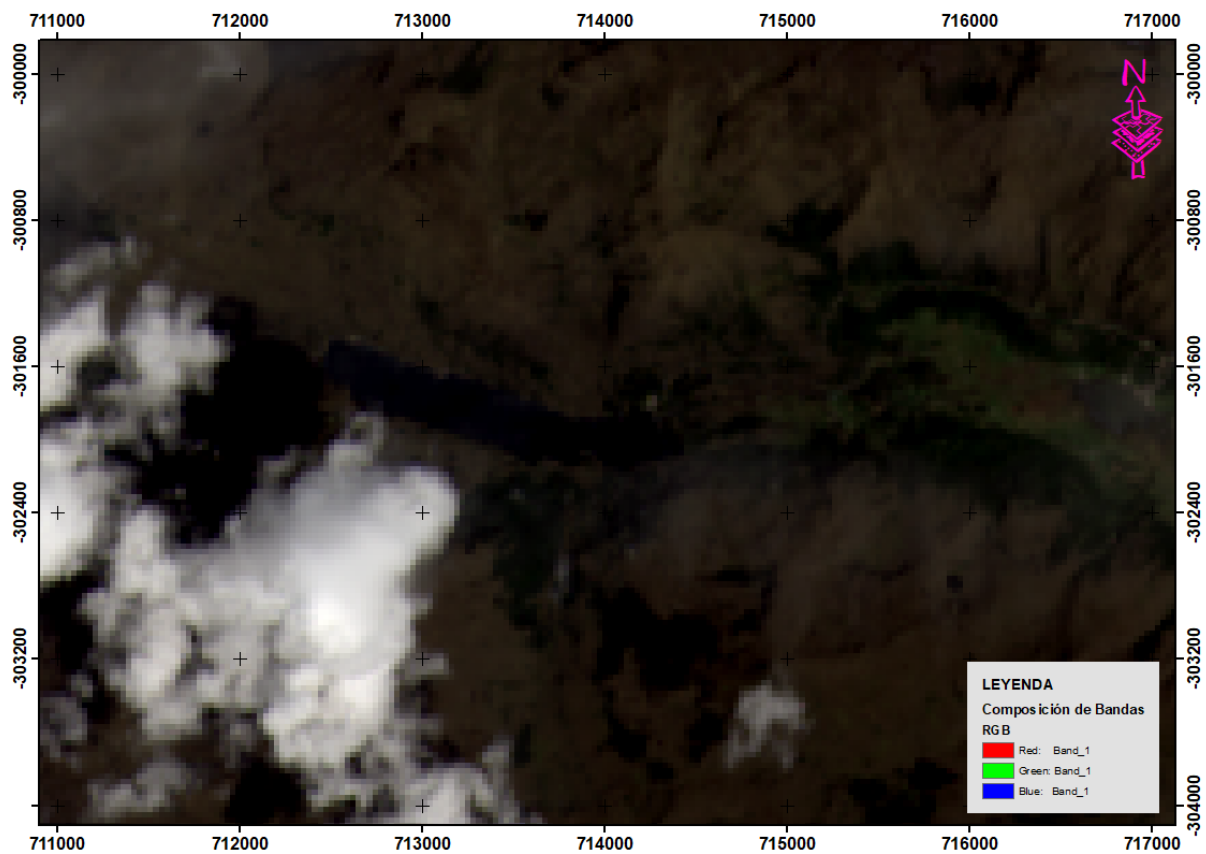


Fuente. Elaborado en el software ArcMap

Al ser una imagen satelital muy extensa no se visualiza con claridad los cuerpos de agua, a excepción de los cuerpos de gran magnitud, como es el caso de la Represa Hidroeléctrica de Labrados y la Central Hidroeléctrica de Mazar.

En el Gráfico 3, mediante el recorte de la imagen satelital se identifica la Represa Hidroeléctrica de Labrados, que se encuentra limitado entre las provincias del Azuay y del Cañar. Se realiza la composición de las bandas 2, 3 y 4, del cual se obtiene el color natural y se visualiza las características terrestres, tomando similitud a la imagen que perciben los ojos humanos.

Gráfico 3. Color natural de la imagen satelital



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

Para determinar los cuerpos de agua existentes en un área determinada se realiza el cálculo de índice diferencial de agua normalizado (NDWI), este permite identificar los

cuerpos de agua dentro de las imágenes satelitales (Espinoza, 2022). Para ello se aplica la siguiente fórmula en base a las bandas:

$$\text{NDWI} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR})$$

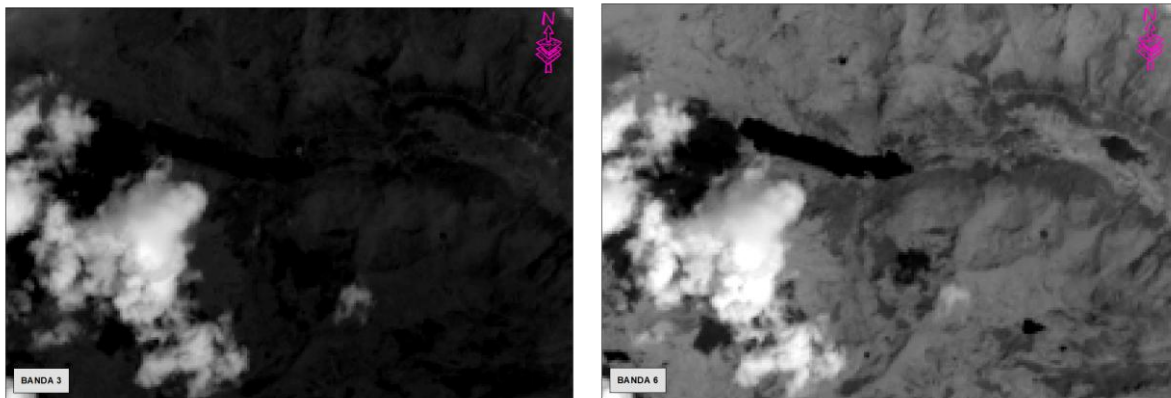
NIR: banda verde,

SWIR: infrarrojo de onda corta

NDWI: varía entre -1 y +1, los valores más altos representan cuerpos de agua.

Las bandas son utilizadas para identificar cuerpos de agua, detectar vegetación y evaluar la salud del suelo, en este análisis se trabaja con las bandas 3 y 6.

Gráfico 4. Banda 3 y Banda 6 de la imagen satelital Landsat8.



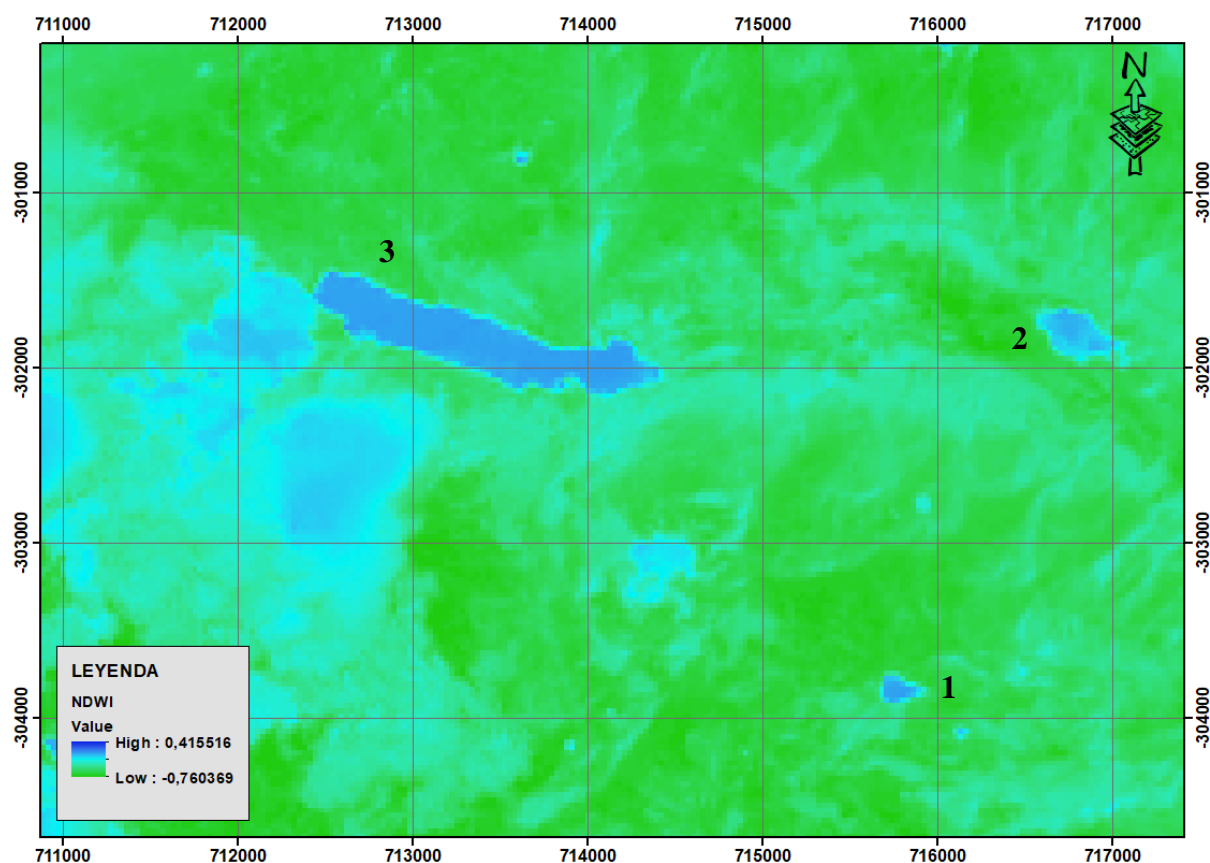
Fuente. Elaborado en el software ArcMap

Para el cálculo del NDWI se utiliza la herramienta Ráster Calculator del software ArcMap, en donde se realiza la operación utilizando las bandas B3 y B6 obtenidas de la imagen satelital, en donde se tiene la siguiente expresión y cuyo resultado es:

$$\text{NDWI: } (B3 - B6) / (B3 + B6)$$

En el Gráfico 5 se identifican 3 cuerpos de agua con tonos azules y la presencia de nubosidad con una tonalidad azul tendiendo a celeste.

Gráfico 5. Índice de agua.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

Con esta metodología se logra determinar la represa hidroeléctrica y dos lagunas aledañas, permitiendo calcular el área, en la Tabla 3 se muestra el resultado de la información obtenida.

Tabla 3. Características de lagunas identificadas.

#RO.	NOMBRE	AREA (M2)	UBICACIÓN
1	Laguna Redondo	7404	Parroquia Chiquintad
2	Laguna S/N	92.719	Parroquia Checa
3	Represa Hidroeléctrica El Labrados	617.013	Límite Prov. entre Azuay y Cañar

Las imágenes satelitales con un porcentaje bajo de nubosidad permiten determinar reservorios grandes y medianos, mientras que los reservorios pequeños no se aprecian con claridad, debido a que las celdas son demasiado grandes y la resolución no es favorable.

3.7.2. Clasificación Supervisada y No supervisada

En esta metodología se trabaja mediante ortofotos (imagen área), estas son extraídas del programa web Google Earth, se componen de 3 bandas espectrales, rojo, verde y azul (RGB), que corrigen geoméricamente eliminando distorsión y deformaciones que puede ocasionar el relieve del terreno o la inclinación de la cámara.

En la clasificación Supervisada es necesario reconocer el campo, de esta forma se define y se clasifica según sus características, en este caso se realizó tres clasificaciones, área verde, agua e infraestructura.

Mientras que en la clasificación No Supervisada no es necesario conocer el campo, solo determinar el número de clases a través de las herramientas del ArcMap.

En el Gráfico 6, se identifica la Represa Hidroeléctrica de Labrados, la cual será utilizada para aplicar la clasificación No Supervisada que permite determinar el cuerpo de agua y demás características.

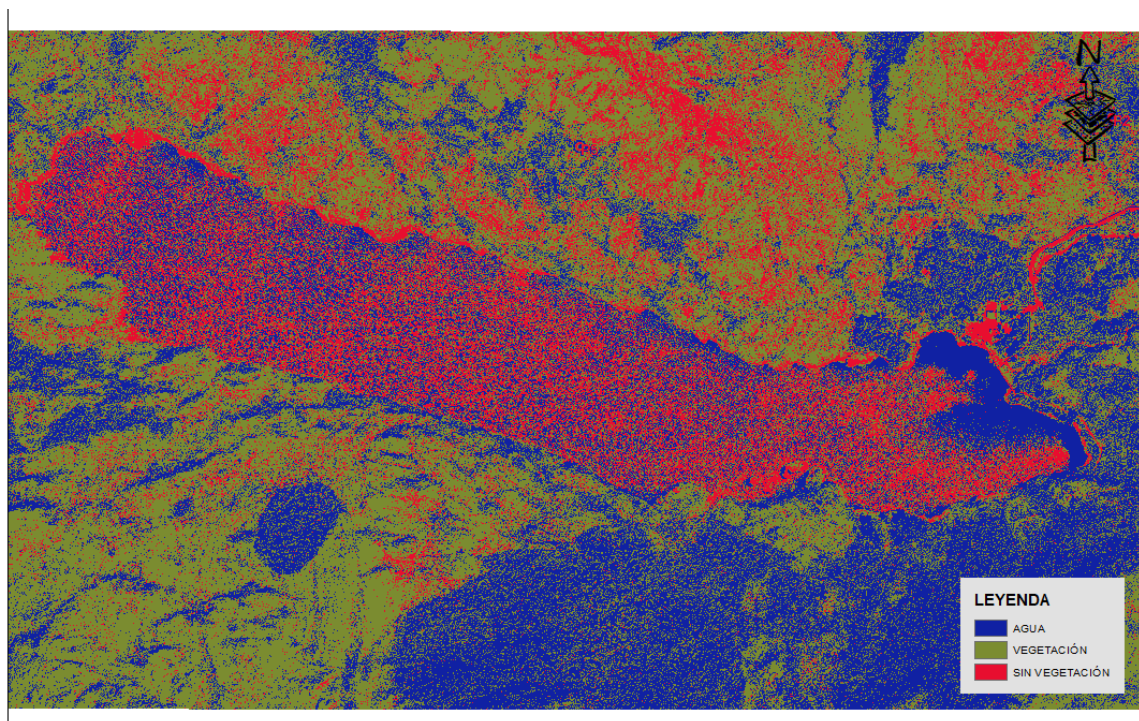
Gráfico 6. Represa Hidroeléctrica Labrados.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

En el gráfico 7 se tiene la representación de la clasificación No Supervisada, se visualiza las diferentes tonalidades que describe la presencia de agua, vegetación y sin vegetación, observando la imagen se denota confusión debido a que los colores se sobreponen no identificando con claridad las variables determinadas.

Gráfico 7. Clasificación No Supervisada de la Represa Hidroeléctrica Labrados.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

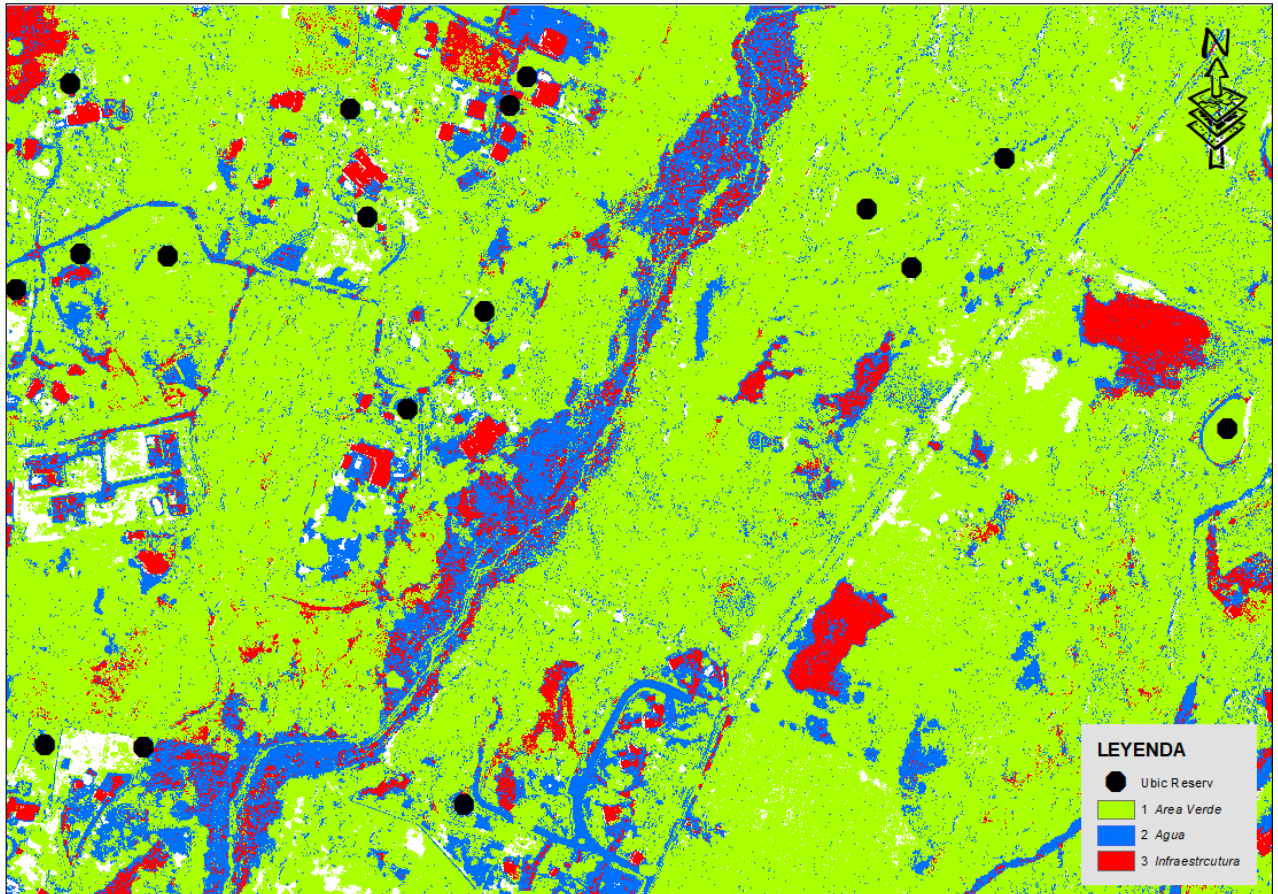
Utilizando la misma metodología para clasificación No Supervisada e incluyendo la clasificación supervisada con una nueva imagen perteneciente al cantón Santa Isabel, en donde existe la presencia de varios cuerpos de agua (reservorios), vegetación, infraestructuras, vías y áreas sin vegetación

Gráfico 8. Cantón Santa Isabel.

Fuente. Elaborado en el software ArcMap

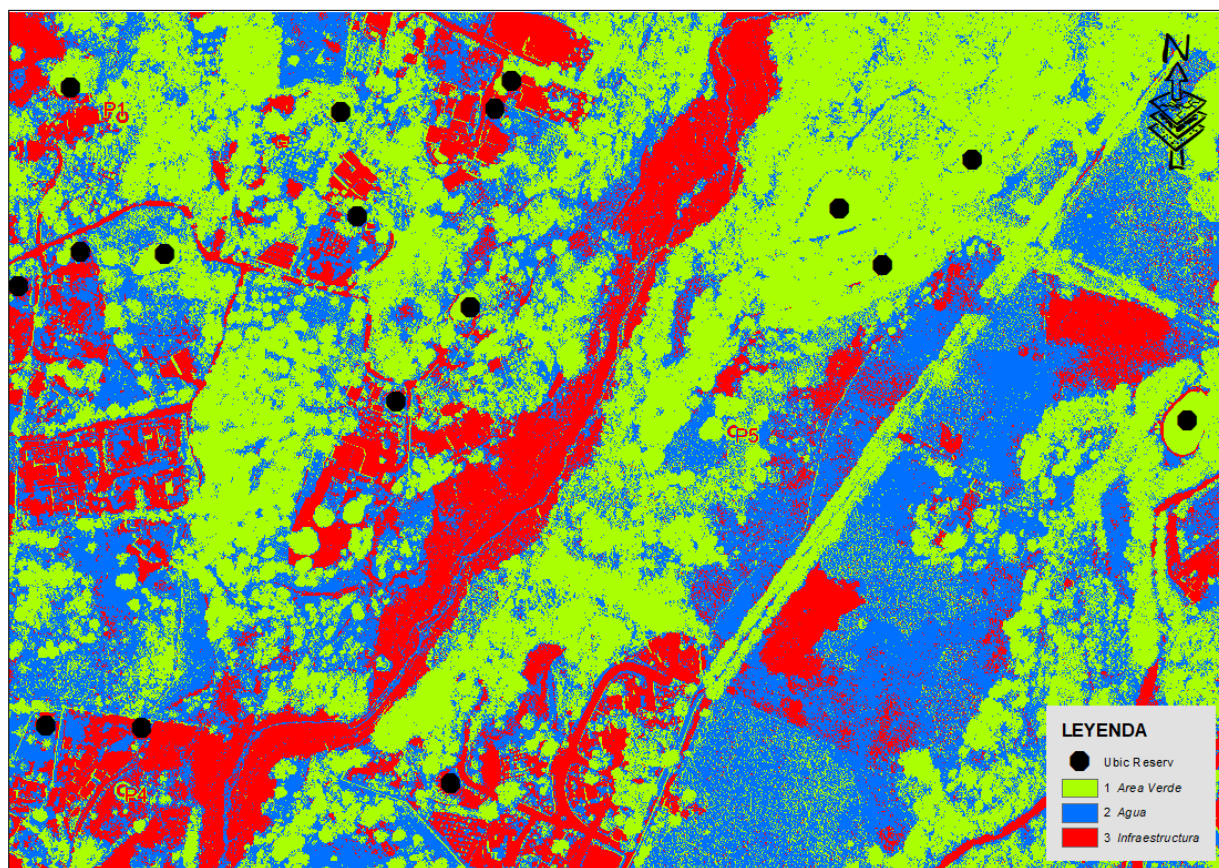
En el Gráfico 9 se tiene el resultado de la clasificación Supervisada, en la cual se realiza la agrupación de forma manual, identificando áreas verdes (vegetación), cuerpos de agua e infraestructura encontrados, visualizando que los colores están sobrepuestos obteniendo un resultado equívoco por lo que se incluye un shapefile de puntos que representa los reservorios no identificados mediante la clasificación.

Gráfico 9. Clasificación Supervisada.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

En el Gráfico 10 se trabaja con la Clasificación No supervisada, esta se realiza en base a la herramienta de ArcToolbox, en la imagen se observan los resultados agrupados en 3 clases que se determinó para esta clasificación, donde existe un nivel más alto de confusión y por ende un resultado incorrecto, por lo que se incluye un shapefile de puntos que no fueron identificados por el software.

Gráfico 10. Clasificación No Supervisada.

Fuente. Elaborado en el software ArcMap

De acuerdo al Gráfico 8 se realiza una tabla en donde se identifican los cuerpos de agua y se determinan las áreas, que no fueron identificados por esta metodología.

Tabla 4. Identificación de los cuerpos de agua del gráfico 8.

#RO.	AREA (M2)	UBICACIÓN
1	1018	Cantón Santa Isabel
2	2652	Cantón Santa Isabel
3	1915	Cantón Santa Isabel
4	1702	Cantón Santa Isabel
5	216	Cantón Santa Isabel
6	251	Cantón Santa Isabel
7	225	Cantón Santa Isabel
8	422	Cantón Santa Isabel
9	689	Cantón Santa Isabel
10	150	Cantón Santa Isabel
11	230	Cantón Santa Isabel
12	629	Cantón Santa Isabel
13	347	Cantón Santa Isabel

En el software al aplicar esta metodología, no se identifica correctamente los cuerpos de agua, por ello requiere una imagen nítida y un área de imagen pequeña que resultaría extenso cubrir toda el área de la provincia.

3.7.3. Clasificación manual mediante Google Earth.

Dentro de la metodología aplicada se presenta el proceso que se sigue mediante el software ArcMap para definir las capacidades de volumen de todos los reservorios analizados. Google Earth es un programa web en donde representa tridimensionalmente el planeta Tierra a través de imágenes satelitales, facilitando la identificación y ubicación de los reservorios contabilizados manualmente para este proyecto. Se delimita cada uno de los reservorios de forma manual, trazando polígonos.

Gráfico 11. Reservorios identificados y trazo de polígono.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

Existen varias plataformas para la visualización y obtención de un modelo digital (DEM), se optó por trabajar con el programa EARTHDATA NASA que brinda una resolución de 10 x 10 metros, con información detallada y necesaria para cada cantón, por ende, se procede a dividir en cinco cuadrantes, facilitando la descarga.

Las curvas de nivel son líneas que representan en un mapa topográfico el relieve de un terreno, en este proyecto la equidistancia vertical entre curvas será de 5 metros, estas fueron extraídas en base a las cualidades proporcionados por los DEM descargados.

El mapa de pendientes permite el cambio de elevación de un modelo digital, dando continuidad con el proceso, en este caso la creación de los TIN. Los TIN son medios digitales para representar la morfología triangular de la superficie (González, 2015), que combinado con el shape de polígonos da como resultado final la capacidad de almacenamiento de los reservorios.

Gráfico 12. Ejemplo de resultados de volumen y áreas de los reservorios.



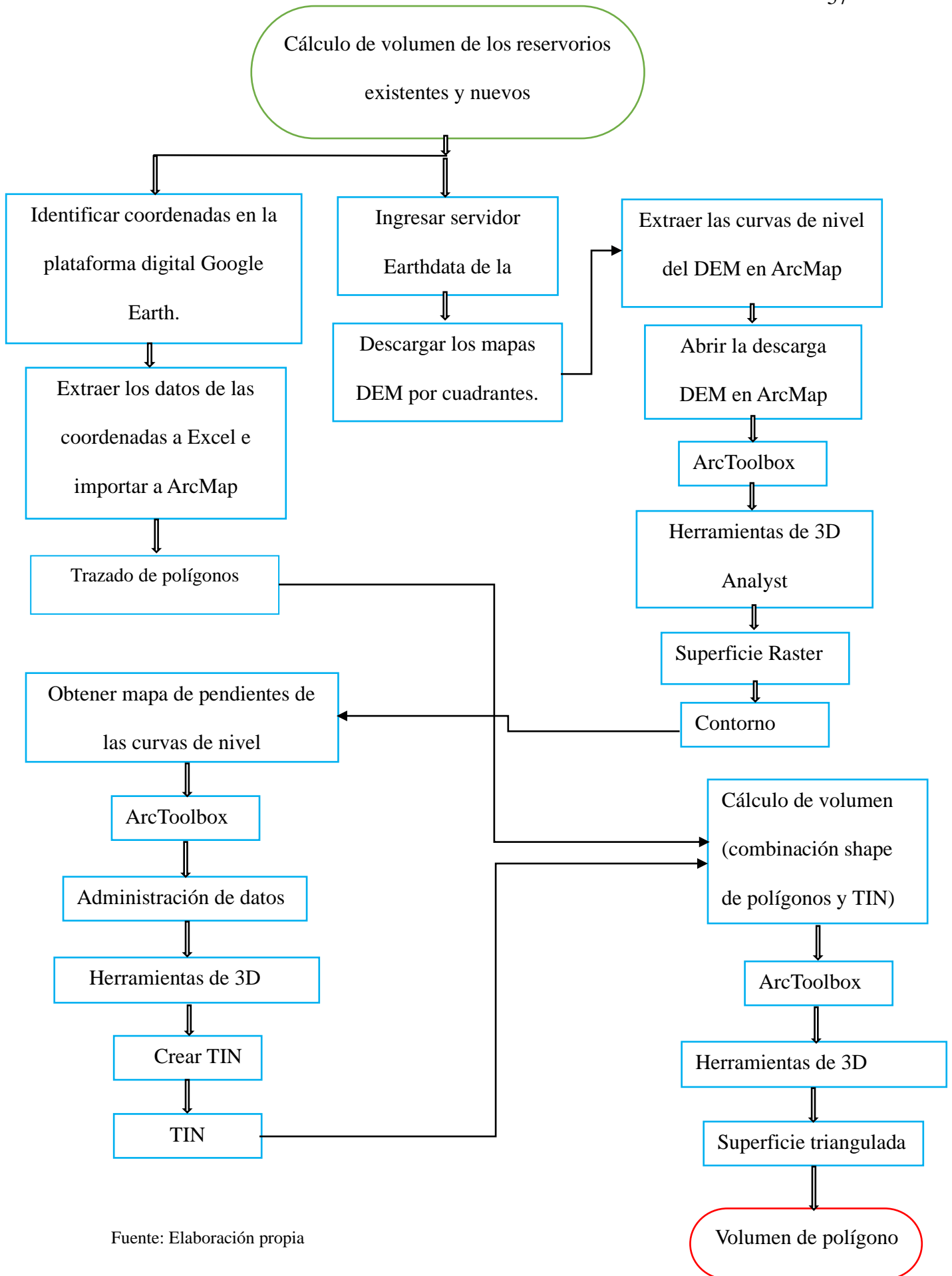
FID	Shape *	Name	cuota	Volume2	SArea2
0	Polígono ZM	45	2475	15198,302044	2325,252039
1	Polígono ZM	46	2555	871,162006	142,908651

Fuente. Elaborado en el software ArcMap

El mismo proceso es realizado en todos los cuadrantes, tanto para los reservorios existentes, como para los propuestos.

3.8. Diagrama de flujo para la obtención del volumen de los reservorios.

Se presenta un diagrama de flujo que proporciona una mejor visualización con respecto al proceso realizado y las herramientas aplicadas para la obtención de los resultados, en este caso el volumen de cada uno de los reservorios existentes y propuestos.



3.9. Análisis multicriterio

Para los reservorios propuestos se incrementó un análisis multicriterio permitiendo una comparación de su factibilidad entre ellos, se plantea los siguientes parámetros que darán valor a esta evaluación.

Accesibilidad vial. - Se refiere a la facilidad con la que personas y vehículos pueden desplazarse de manera eficiente y segura a través de las vías públicas y en el entorno urbano. La accesibilidad vial busca garantizar que todas las personas, independientemente de sus capacidades físicas o condiciones puedan desplazarse con comodidad y seguridad por los espacios urbanos y rurales.

Centros poblados. - Es un área geográfica que alberga una comunidad o población en un determinado territorio, estos pueden variar en su tamaño y complejidad que van desde pequeños pueblos hasta grandes ciudades.

Capacidad de almacenamiento. - Hace referencia a la capacidad máxima de agua que puede abarcar un sistema, estructura o área ya sea natural o específico.

Áreas protegidas. - Son áreas designadas para la conservación de la biodiversidad, ecosistemas y los recursos naturales. Estas zonas están sujetas a un régimen de protección especial que evitan la explotación descontrolada o degradación.

Bosques protectores. - Son áreas forestales que preservan y mejoran los servicios ecológicos, como la protección del suelo, la regulación del clima, conservación del agua y de la misma forma protegen de los desastres naturales.

Zonas de inundación. - Son áreas de terreno que por su ubicación geográfica y características hidrográficas son propensas a llenarse de agua cuando se presentan lluvias

intensas, deshielos o crecidas de ríos, lagos o mares. Estas zonas suelen encontrarse cerca de ríos, valles o llanuras aluviales y están expuestas a inundaciones de manera natural.

Una vez definido los parámetros, estos se subdividen de tres a cuatro categorías según requiera la clasificación de cada parámetro, la letra R define a la palabra reservorio y el número que le acompaña corresponde al nombre asignado, que va de acuerdo a la cantidad, en este caso 8. Se asignará un puntaje máximo de 4 y mínimo de 1 en base a la subdivisión de cuatro categorías, y un puntaje máximo de 3 y mínimo de 1 en base a la subdivisión de tres categorías, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. Análisis Multicriterio.

		RESERVORIOS								
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	APTO
ACCESIBILIDAD	CON ASFALTO (4)									4
	CON LASTRE (3)									
	CON TROCHA (2)									
	CON SENDERO (1)									
VIAS CERCANAS (VC)	SIN VC (4)									4
	CON VC 50m A 100m (3)									
	CON VC 25m A 50m (2)									
	CON VC 0m A 25m (1)									
CENTROS POBLADOS (CP)	SIN CP < 1KM (3)									3
	CON CP < 1KM (2)									
	CON CP > 1KM (1)									
VIVIENDAS	SIN VIVIENDAS CERCANAS (3)									3
	CON MENOS DE CINCO VIVIENDAS CERCANAS (2)									
	CON MAS DE CINCO VIVIENDAS CERCANAS (1)									
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (CA)	CON CA > 200 m3 (4)									4
	CON CA 100 m3 A 200 m3 (3)									
	CON CA 50 m3 A 100 m3 (2)									
	CON CA 0 m3 A 50 m3 (1)									
AREAS PROTEGIDAS (AP)	SIN AP < 1KM (3)									3
	CON AP < 1KM (2)									
	CON AP > 1KM (1)									
BOSQUES PROTECTORES (BP)	SIN BP < 1KM (3)									3
	CON BP < 1KM (2)									
	CON BP > 1KM (1)									
ZONA DE INUNDACIÓN (ZI)	SIN ZI < 1KM (3)									3
	CON ZI < 1KM (2)									
	CON ZI > 1KM (1)									
TOTAL										27
PORCENTAJE										100%

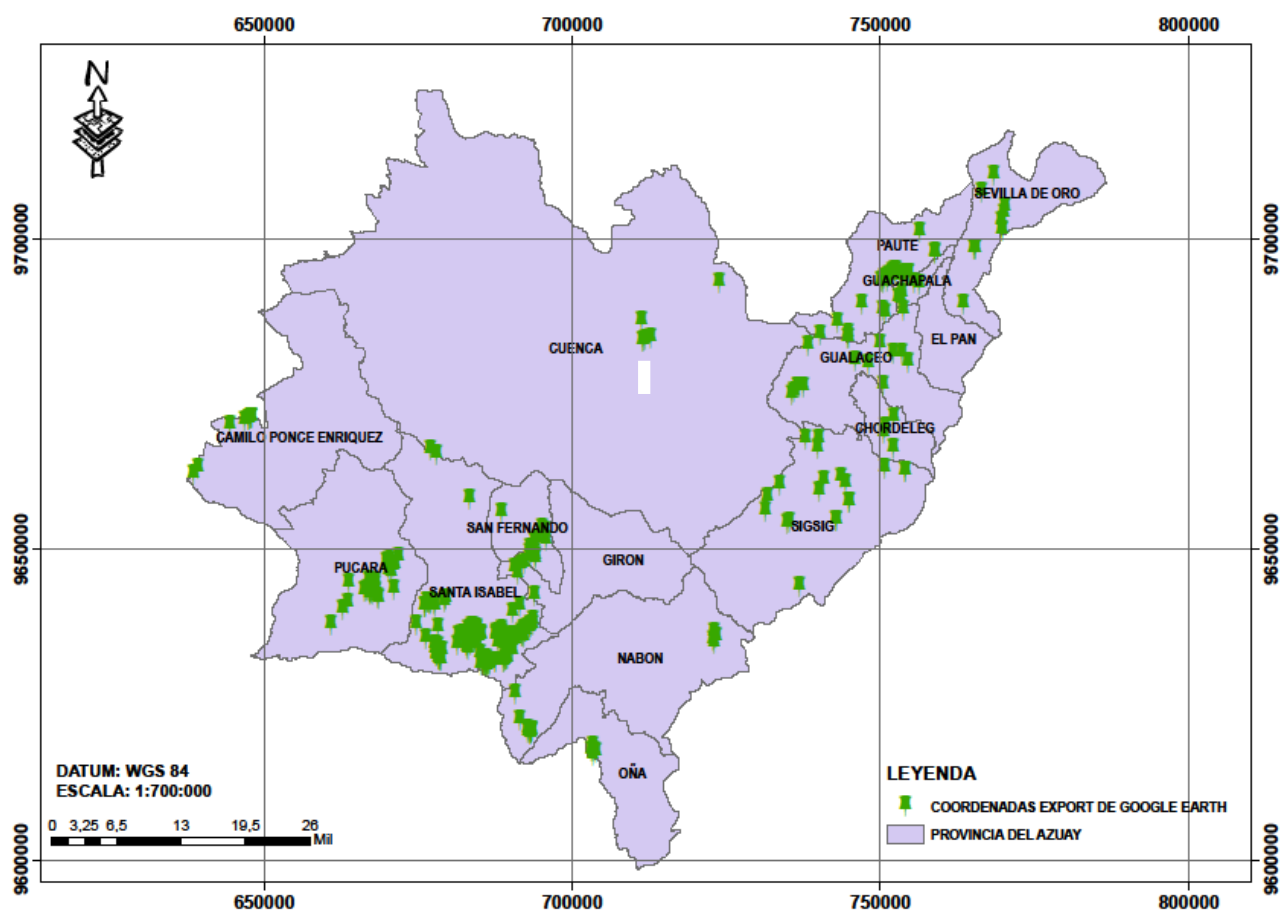
Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. Mapa de puntos GOOGLE EARTH

Realizada la exploración en el programa web de Google Earth dio como resultado un total de 366 coordenadas identificadas como reservorios. Importado los datos en el software ArcMap se transforman de coordenadas a un shape de puntos, se realiza una depuración que descarta varios de estos puntos que pertenecían a sombras, arbustos y peñas, dejando un total de 126 puntos considerados como reservorios, como muestra en el Gráfico 13.

Gráfico 13. Coordenadas de los reservorios de la provincia de Azuay



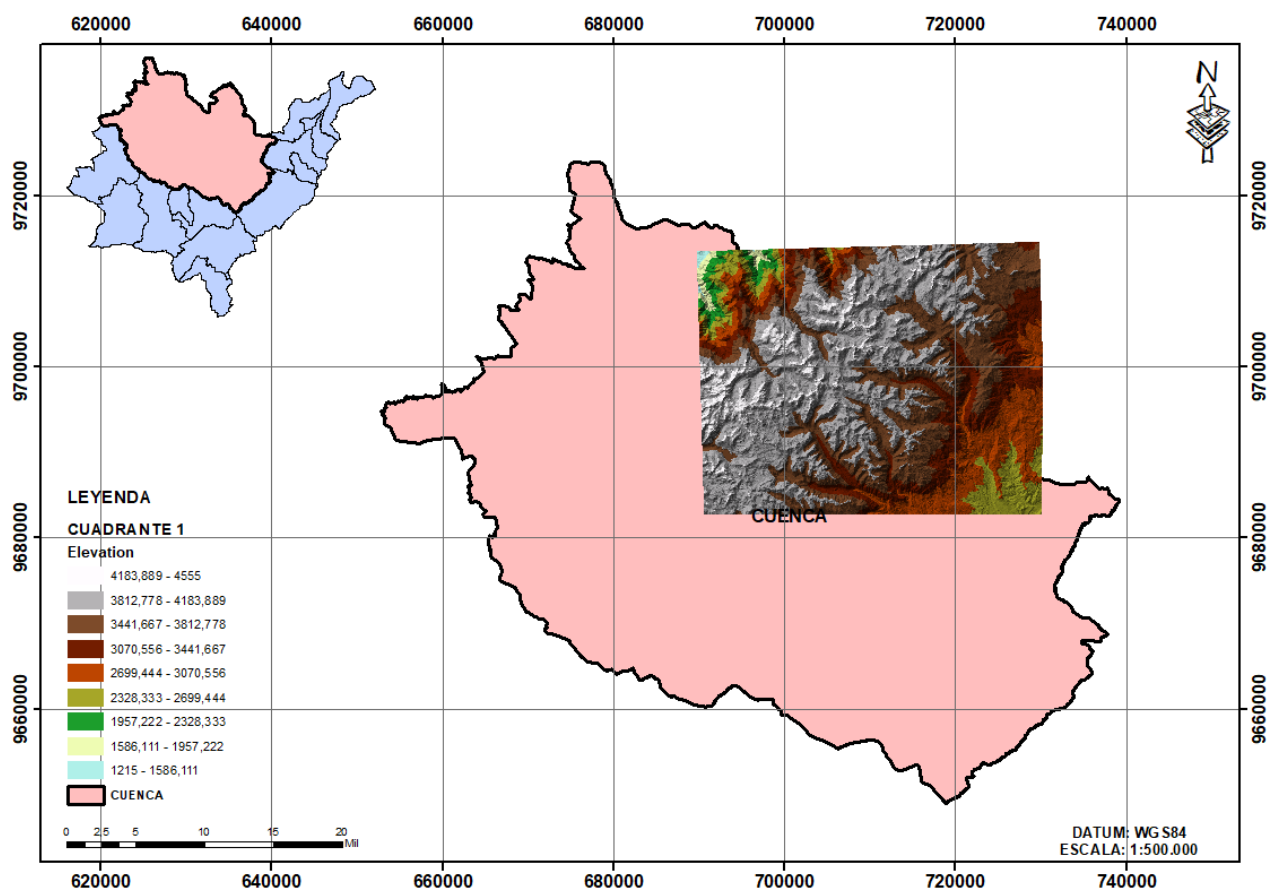
Fuente. Elaborado en el software ArcMap.

4.2. Mapas de pendiente por cuadrante.

Para este análisis se trabajó con cinco cuadrantes, los cuales han permitido crear los mapas de pendientes en los diferentes cantones de la provincia. Y mediante sus características obtener resultados válidos.

El primer cuadrante se ubica al norte de la provincia, abarcando los reservorios existentes en el cantón Cuenca.

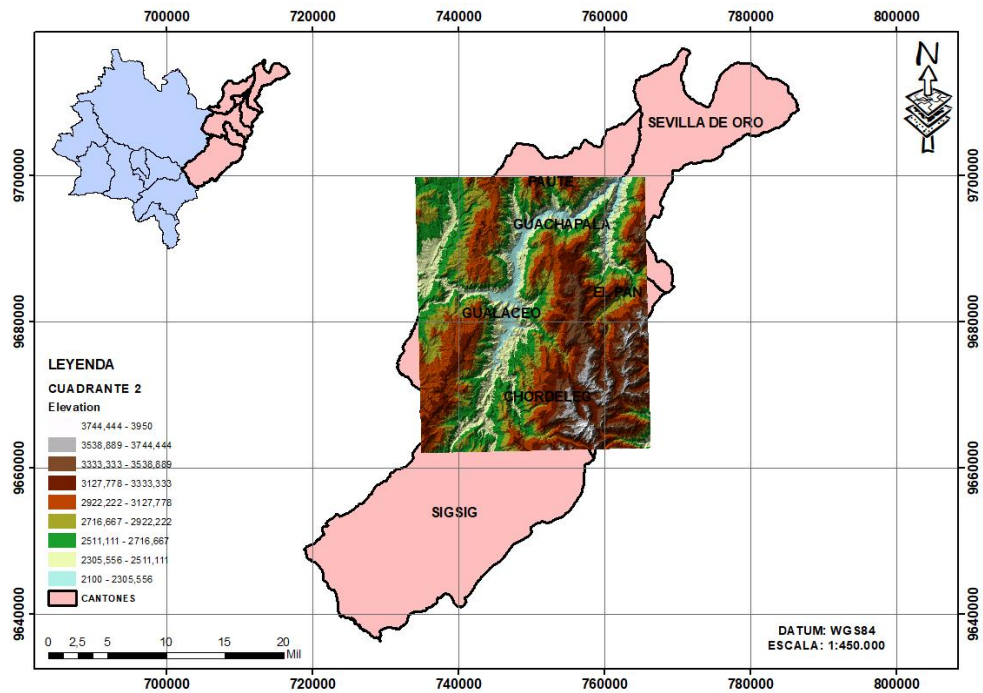
Gráfico 14. Mapa de pendientes del primer cuadrante.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

El segundo cuadrante se ubica al Noreste de la provincia, el cual abarca los cantones de Sevilla de Oro, Guachapala, Gualaceo, El Pan, Chordeleg y la parte Norte del Sigsig.

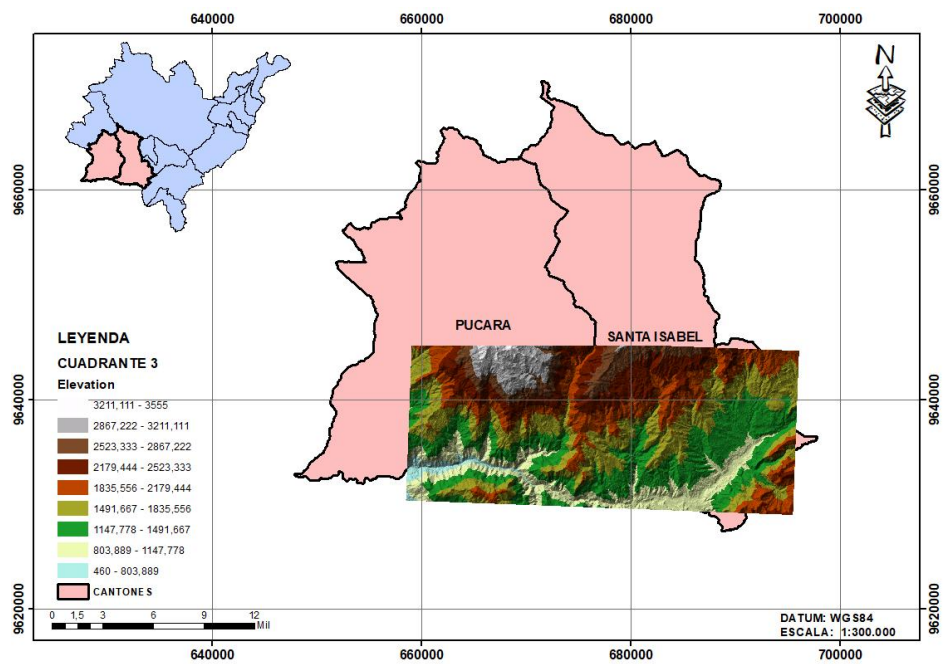
Gráfico 15. Mapa de pendientes del segundo cuadrante.



Fuente: Elaborado en el software ArcMap

El tercer cuadrante se ubica al Sur de la provincia y abarca la parte Sur de los cantones de Pucará y Santa Isabel.

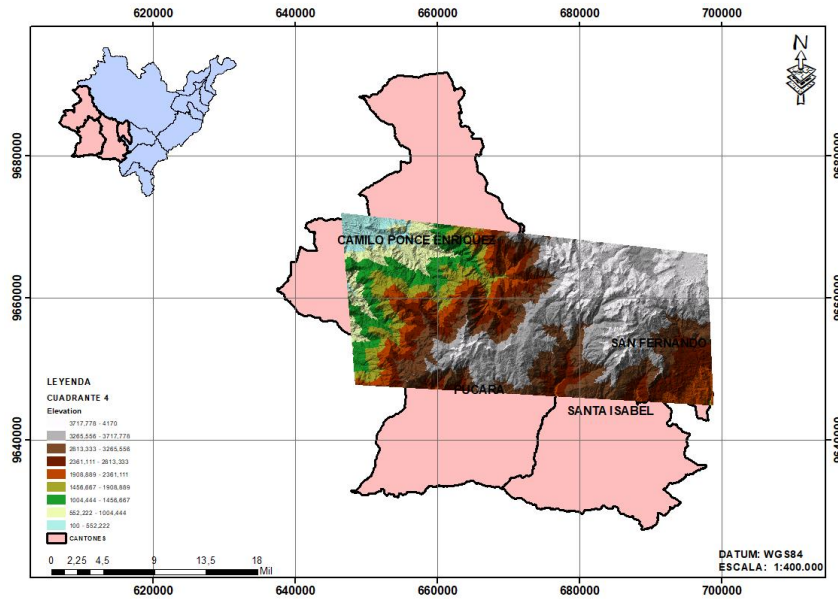
Gráfico 16. Mapa de pendientes del tercer cuadrante.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

El Cuarto cuadrante se ubica al Oeste de la provincia y abarca los cantones de Camilo Ponce Enríquez, San Fernando y la parte Norte de los cantones de Pucará y Santa Isabel.

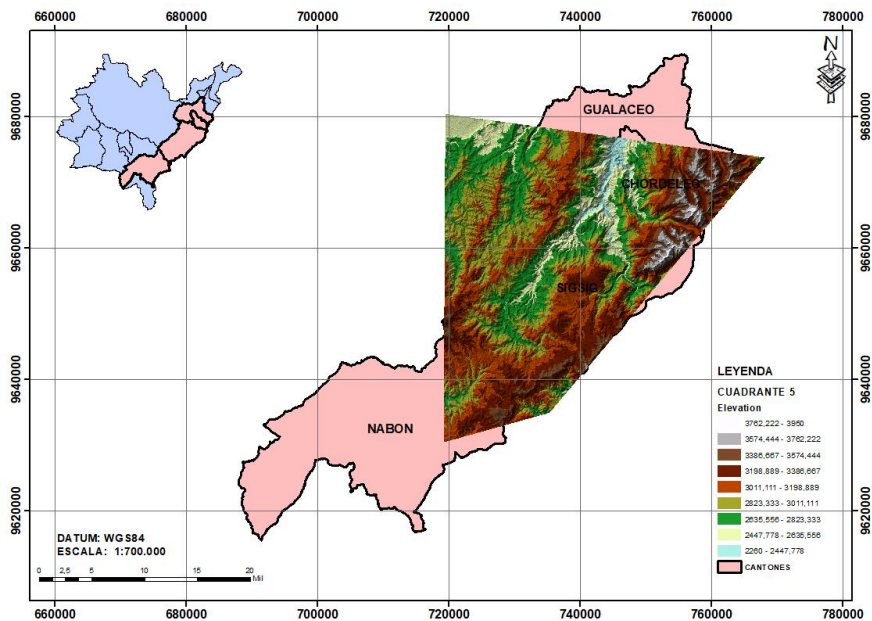
Gráfico 17. Mapa de pendientes del cuarto cuadrante.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

El quinto cuadrante se ubica al Sureste de la provincia y abarca los cantones de Nabón, Sigsig, Chordeleg y la parte Sur de Gualaceo.

Gráfico 18. Mapa de pendiente del quinto cuadrante

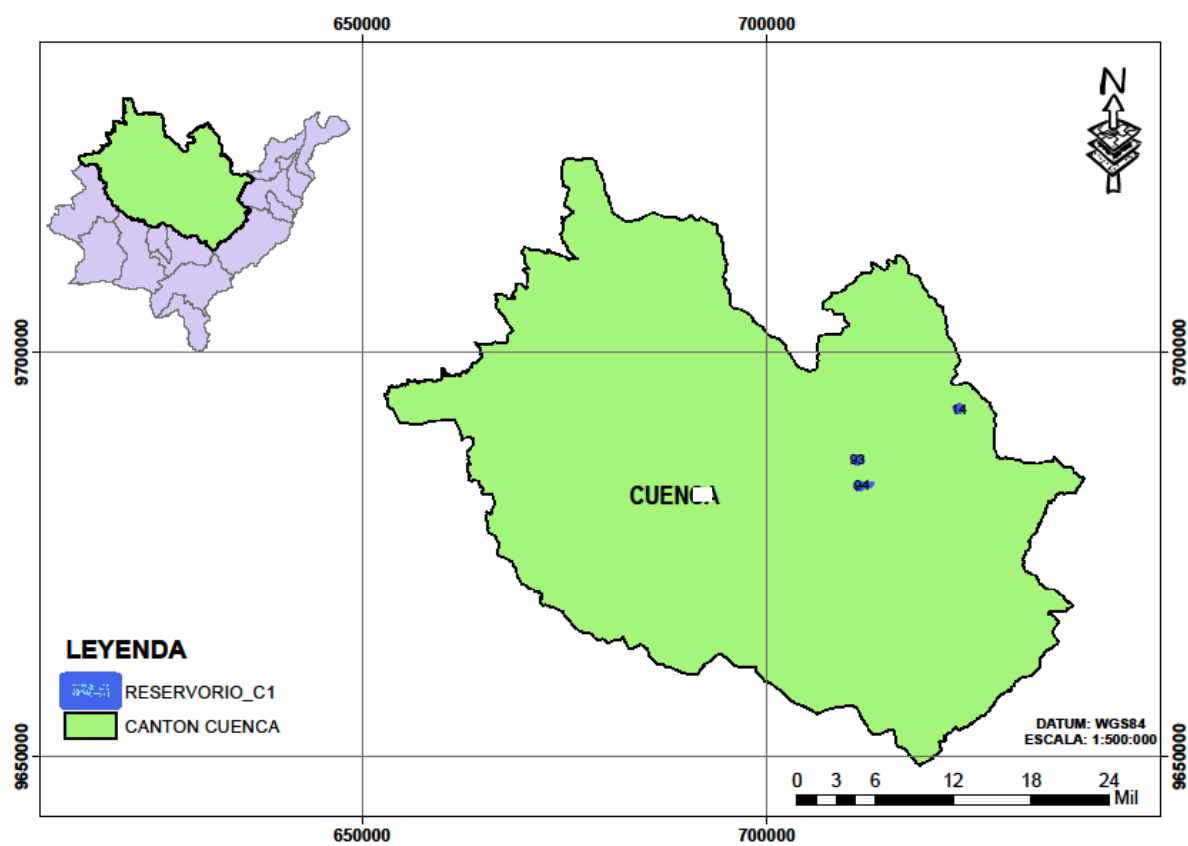


Fuente. Elaborado en el software ArcMap

4.3. Cálculo de volumen por cuadrante.

Con los reservorios establecidos se procede a calcular el área superficial que ocupa cada reservorio dentro del cuadrante respectivo. Esto se logra mediante el análisis de las curvas de nivel y la aplicación de algoritmos geoespaciales que permiten estimar la extensión plana. Posteriormente, se determina el volumen de almacenamiento a través de la integración del área superficial y la profundidad estimada, la cual se infiere a partir del relieve y las características hidrográficas. En los siguientes mapas se presentan y categoriza cada reservorio, en las tablas se muestran los resultados. Esta información se presenta de manera que los investigadores pueden interpretar rápidamente las dimensiones y la capacidad de almacenamiento de cada uno de estos. La tabla muestra su código identificativo, el área en metros cuadrados, el volumen en metros cúbicos y el cantón al que pertenecen, (algunos de los puntos se encuentran sobrepuestos debido a su cercanía).

En el primer cuadrante se identificaron 6 reservorios pertenecientes al cantón Cuenca, en el Gráfico 19 se visualizan los puntos haciendo referencia a cada reservorio y en la Tabla 6 los resultados de cada uno y el cantón al que pertenecen.

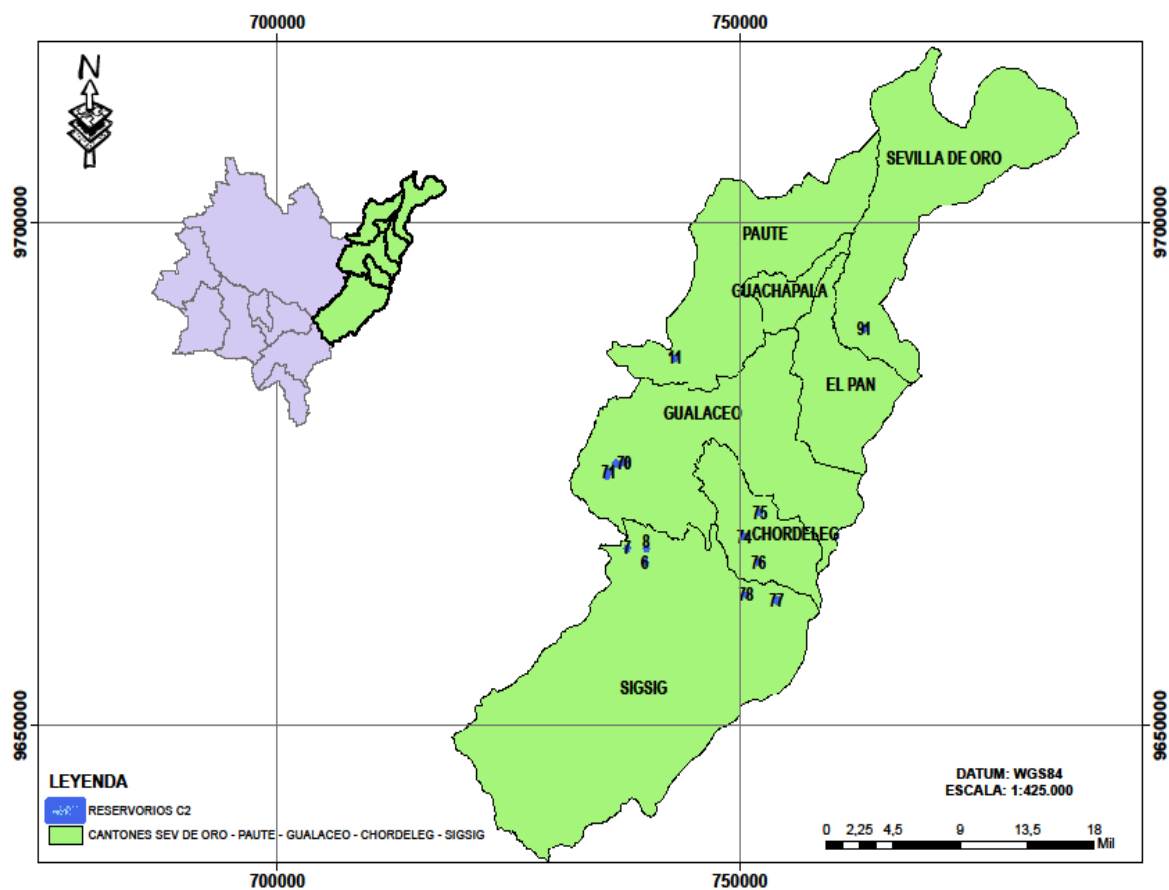
Gráfico 19. Identificación de reservorios del primer cuadrante.

Fuente. Elaborado en el software ArcMap

Tabla 6. Resultados obtenidos del primer cuadrante.

PUNTO	AREA (M2)	VOLUMEN (M3)	CANTON	CUADRANTE
14	622.16	990.60	CUENCA	CUADRANTE 1
92	91.97	47.78	CUENCA	CUADRANTE 1
93	5793.30	18659.96	CUENCA	CUADRANTE 1
94	562.56	1853.24	CUENCA	CUADRANTE 1
95	49.77	49.12	CUENCA	CUADRANTE 1
96	63.53	40.45	CUENCA	CUADRANTE 1

En el segundo cuadrante se identificaron 13 reservorios pertenecientes a los cantones Sigüig, Gualaceo, Paute y Sevilla de Oro, en el Gráfico 20 se visualizan los puntos haciendo referencia a cada reservorio y en la Tabla 7 se observan los resultados de cada uno de ellos.

Gráfico 20. Identificación de reservorios del segundo cuadrante.

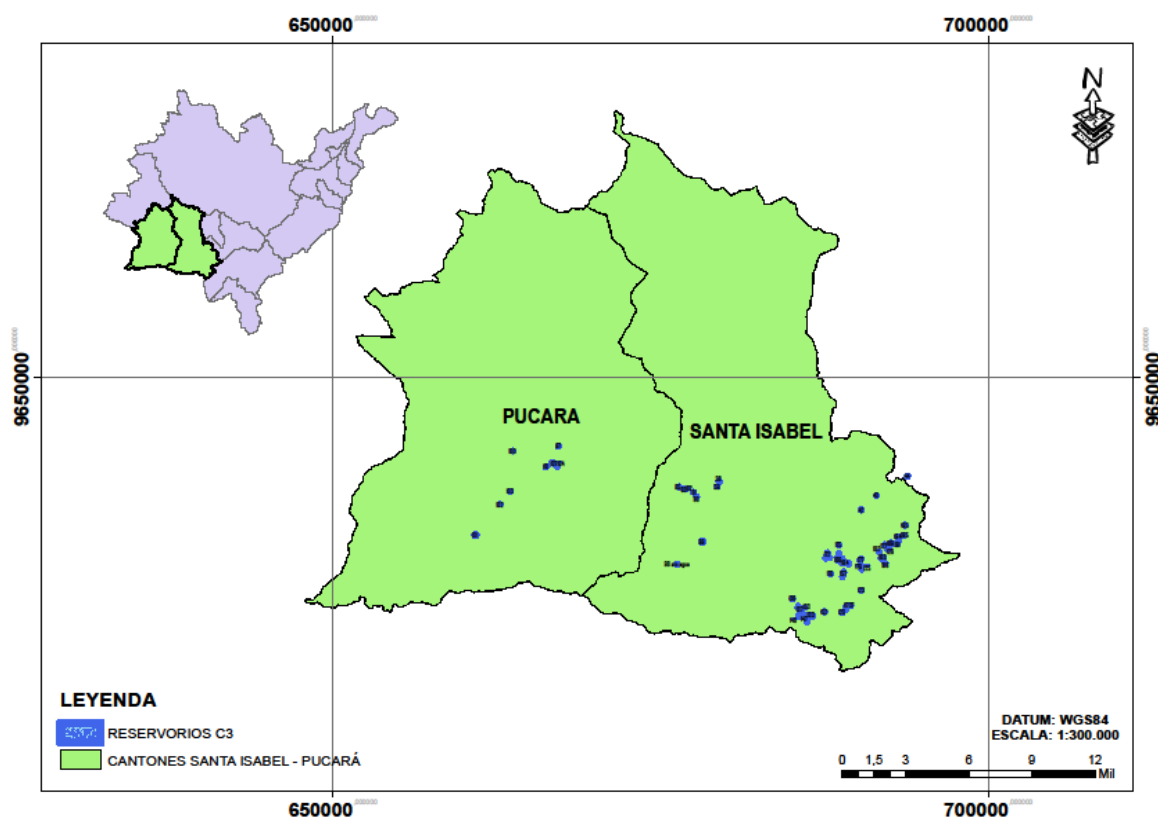
Fuente. Elaborado en el software ArcMap

Tabla 7. Resultados obtenidos del segundo cuadrante.

PUNTO	AREA (M2)	VOLUMEN (M3)	CANTON	CUADRANTE
6	735.49	1709.47	SIGSIG	CUADRANTE 2
7	83.73	42.11	SIGSIG	CUADRANTE 2
8	412.29	508.16	SIGSIG	CUADRANTE 2
11	239.60	332.97	PAUTE	CUADRANTE 2
70	1043.82	2128.02	GUALACEO	CUADRANTE 2
71	25.68	2.80	GUALACEO	CUADRANTE 2
72	157.53	98.14	GUALACEO	CUADRANTE 2
74	109.70	64.02	CHORDELEG	CUADRANTE 2
75	26.92	7.13	CHORDELEG	CUADRANTE 2
76	417.11	1800.78	CHORDELEG	CUADRANTE 2
77	4800.53	22806.52	SIGSIG	CUADRANTE 2
78	167.71	151.33	SIGSIG	CUADRANTE 2
91	248.67	255.95	SEVILLA DE ORO	CUADRANTE 2

En el tercer cuadrante se identificaron 86 reservorios pertenecientes a los cantones Santa Isabel y Pucará, en el Gráfico 21 se visualizan los puntos haciendo referencia a cada reservorio y en la Tabla 8 se observan los resultados de cada uno de ellos.

Gráfico 21. Identificación de reservorios del tercer cuadrante.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

Tabla 8. Resultados obtenidos del tercer cuadrante.

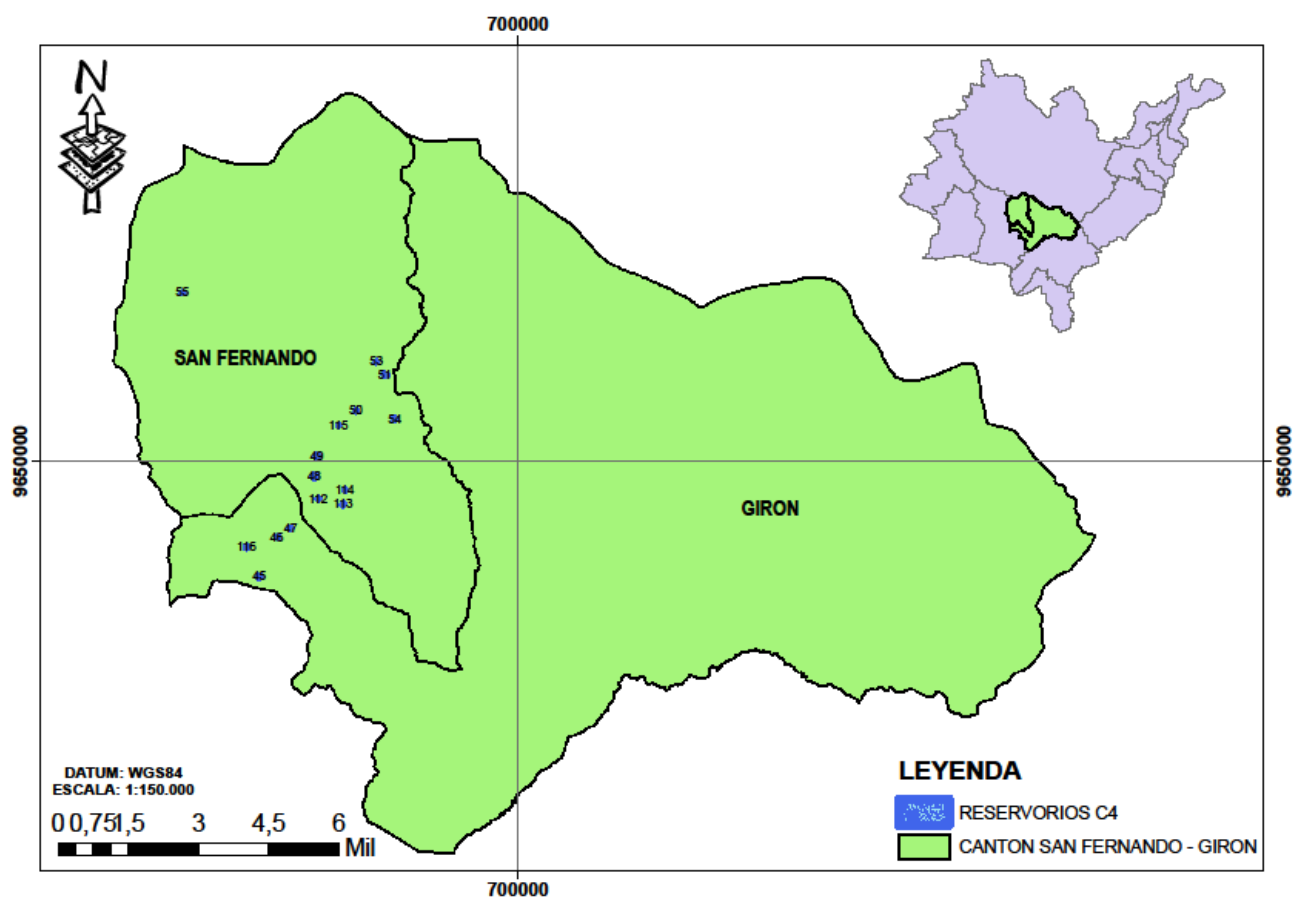
PUNTO	AREA (M2)	VOLUMEN (M3)	CANTON	CUADRANTE
37	945.43	1009.15	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
38	44.74	6.83	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
39	352.40	704.79	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
41	9.06	2.51	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
42	937.82	1405.94	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
43	221.47	121.85	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
57	99.90	160.17	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
58	51.53	127.04	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
59	136.18	116.20	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
60	87.15	76.55	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
62	226.74	352.69	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
63	87.93	64.49	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3

64	108.23	129.41	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
65	131.71	171.76	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
97	948.47	1908.92	PUCARÁ	CUADRANTE 3
99	2422.24	2415.80	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
100	330.21	328299.49	PUCARÁ	CUADRANTE 3
101	6414.15	27983.36	PUCARÁ	CUADRANTE 3
102	260.80	505.31	PUCARÁ	CUADRANTE 3
103	101.43	67.02	PUCARÁ	CUADRANTE 3
104	110.58	63.01	PUCARÁ	CUADRANTE 3
105	383.84	1241.86	PUCARÁ	CUADRANTE 3
106	207.09	339.00	PUCARÁ	CUADRANTE 3
107	204.57	351.10	PUCARÁ	CUADRANTE 3
108	270.44	541.50	PUCARÁ	CUADRANTE 3
109	273.15	513.74	PUCARÁ	CUADRANTE 3
110	158.72	128.94	PUCARÁ	CUADRANTE 3
117	1553.18	3694.98	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
118	264.21	478.99	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
119	355.39	349.62	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
120	2241.39	4008.96	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
121	1515.48	1460.58	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
122	305.90	519.72	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
123	1097.65	2254.95	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
126	775.65	1797.92	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
127	787.72	497.03	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
128	46.62	98.72	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
129	366.05	321.78	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
130	193.08	436.10	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
131	166.10	79.78	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
132	215.48	430.95	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
133	185.82	150.18	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
134	156.35	79.29	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
136	152.62	99.74	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
137	482.56	473627.46	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
138	2.56	0.05	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
139	54.62	22.64	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
142	298.12	505.67	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
145	189.66	98.65	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
146	387.96	569.69	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
147	93.92	38.17	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
148	429.68	42268.61	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
149	381.89	492.44	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
150	225.51	247.80	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
151	372.34	556.56	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
152	390.65	490.61	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
153	115.11	111828.87	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
154	152.10	219.49	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
157	182.65	135.38	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
158	58.01	33.95	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3

159	11.83	1.45	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
160	79.97	73.16	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
163	307.95	695.21	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
164	370.56	711.80	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
165	153.50	177.80	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
166	322.51	227.09	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
167	44.62	4.85	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
168	150.32	1715.72	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
169	697.48	1045.63	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
171	777.83	1347.47	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
172	1236.73	2282.05	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
174	238.06	255.68	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
175	289.53	441.92	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
176	10.31	1.44	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
177	258.92	87.01	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
179	93.02	50.53	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
182	162.31	348.11	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
183	449.25	710.11	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
184	155.39	163.50	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
186	8.96	1.33	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
180	527.24	1065.67	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
191	81.32	40.62	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
193	271.48	514.84	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
194	3637.69	8059.78	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
195	673.16	488.91	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3
195	1338.86	1454.84	SANTA ISABEL	CUADRANTE 3

En el cuarto cuadrante se identificaron 15 reservorios pertenecientes a los cantones Girón y San Fernando, en el Gráfico 22 se visualizan los puntos haciendo referencia a cada reservorio y en la Tabla 9 los resultados de cada uno de ellos.

Gráfico 22. Identificación de reservorios del cuarto cuadrante.



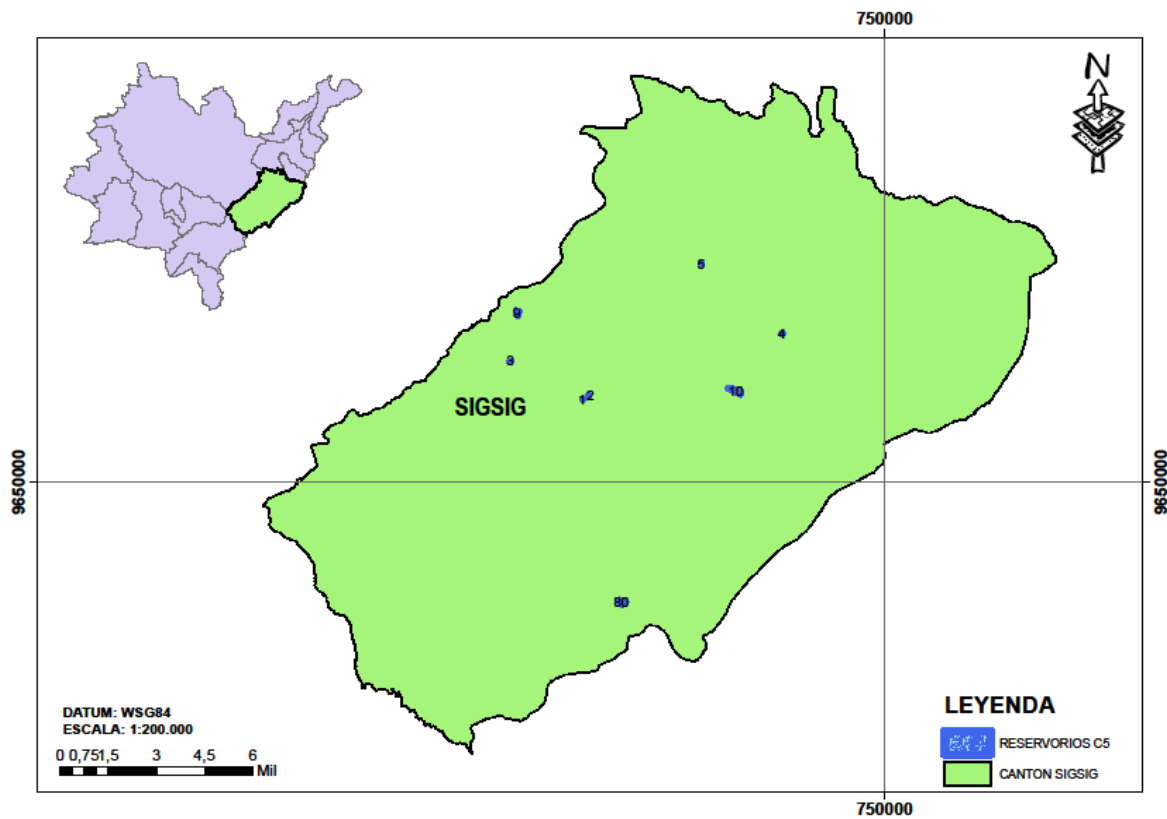
Fuente. Elaborado en el software ArcMap

Tabla 9. Resultados obtenidos del cuarto cuadrante.

PUNTO	AREA (M2)	VOLUMEN (M3)	CANTON	CUADRANTE
45	2325.25	15198.30	GIRON	CUADRANTE 4
46	142.91	871.16	GIRON	CUADRANTE 4
47	340.85	786.02	GIRON	CUADRANTE 4
48	8722.91	68133.71	SAN FERNANDO	CUADRANTE 4
49	4815.31	23654.99	SAN FERNANDO	CUADRANTE 4
50	613.43	4013.41	SAN FERNANDO	CUADRANTE 4
51	730.80	2419.04	SAN FERNANDO	CUADRANTE 4
52	63.46	298.36	SAN FERNANDO	CUADRANTE 4
53	53.62	18.16	SAN FERNANDO	CUADRANTE 4
54	374.41	1655.69	SAN FERNANDO	CUADRANTE 4
112	349.53	1250.02	SAN FERNANDO	CUADRANTE 4
113	1474.51	13710.56	SAN FERNANDO	CUADRANTE 4
114	230.79	1616.07	SAN FERNANDO	CUADRANTE 4
115	171.69	614.78	SAN FERNANDO	CUADRANTE 4
116	1523.35	9023.99	GIRON	CUADRANTE 4

En el quinto cuadrante se identificaron 6 reservorios pertenecientes al cantón Sigsig, en el Gráfico 23 se visualizan los puntos haciendo referencia a cada reservorio y en la Tabla 10 los resultados de cada uno de ellos.

Gráfico 23. Identificación de reservorios del quinto cuadrante.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

Tabla 10. Resultados obtenidos del quinto cuadrante.

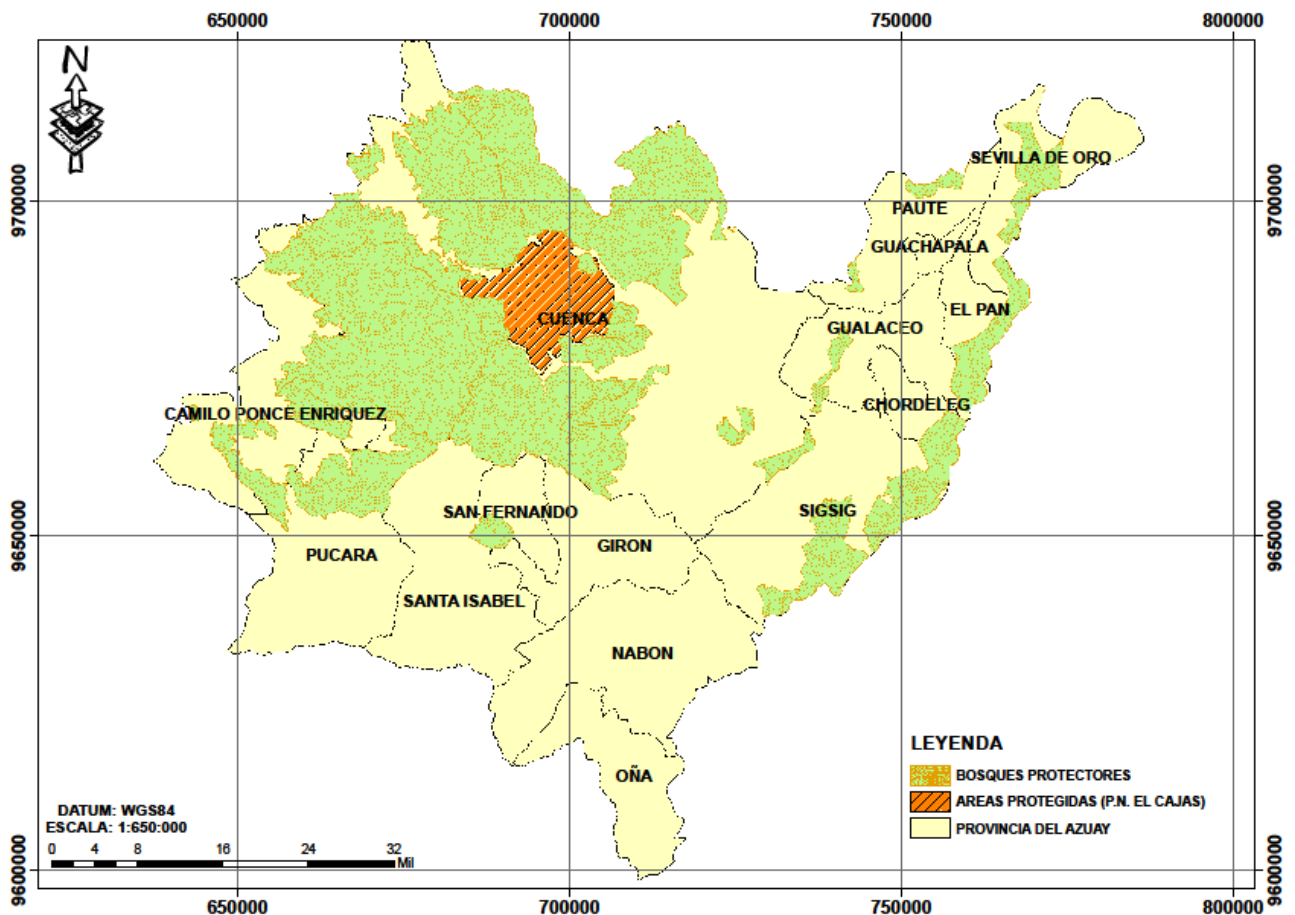
PUNTO	AREA (M2)	VOLUMEN (M3)	CANTON	CUADRANTE
1	875.81	2225.29	SIGSIG	CUADRANTE 5
2	691.22	870.86	SIGSIG	CUADRANTE 5
3	2303.73	8306.59	SIGSIG	CUADRANTE 5
4	835.82	1466.98	SIGSIG	CUADRANTE 5
5	1969.13	5215.46	SIGSIG	CUADRANTE 5
80	34790.19	101241.66	SIGSIG	CUADRANTE 5

4.4. Mapas temáticos: Áreas Protegidas, Parques Nacionales, Bosques

Protectores.

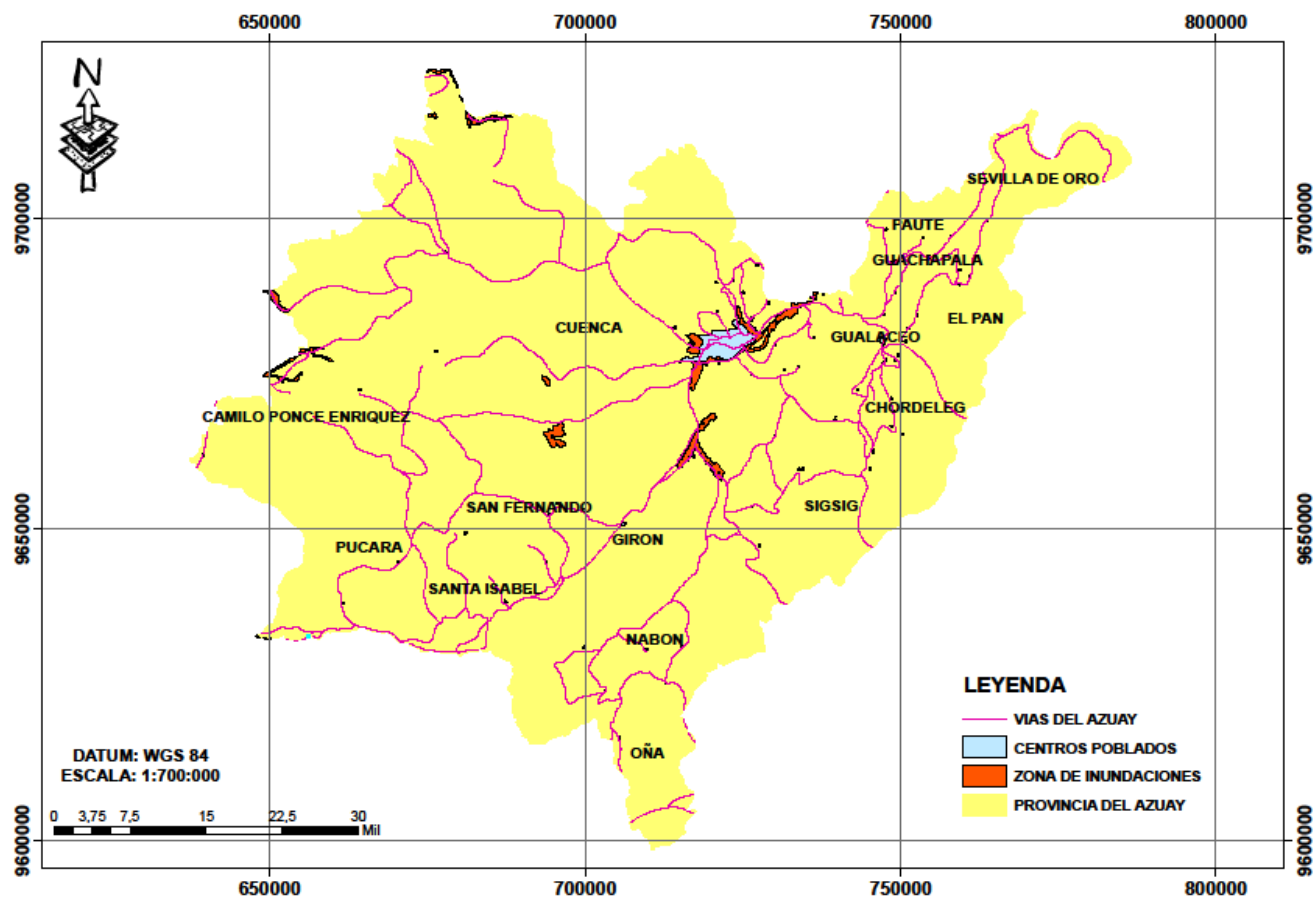
Los mapas temáticos desempeñan un papel esencial, ya que se observa, analiza y evita cruzar con los servicios eco sistemáticos y asegura conservar la biodiversidad, en el Gráfico 24 se encuentra ubicados Bosques Protectores y Áreas Protegidas, de la misma forma en el Gráfico 25 se observa vías, centros poblados y zonas de inundación, todos esto con respecto a la provincia del Azuay.

Gráfico 24. Mapa temático de Áreas Protegidas y Bosques Protectores.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

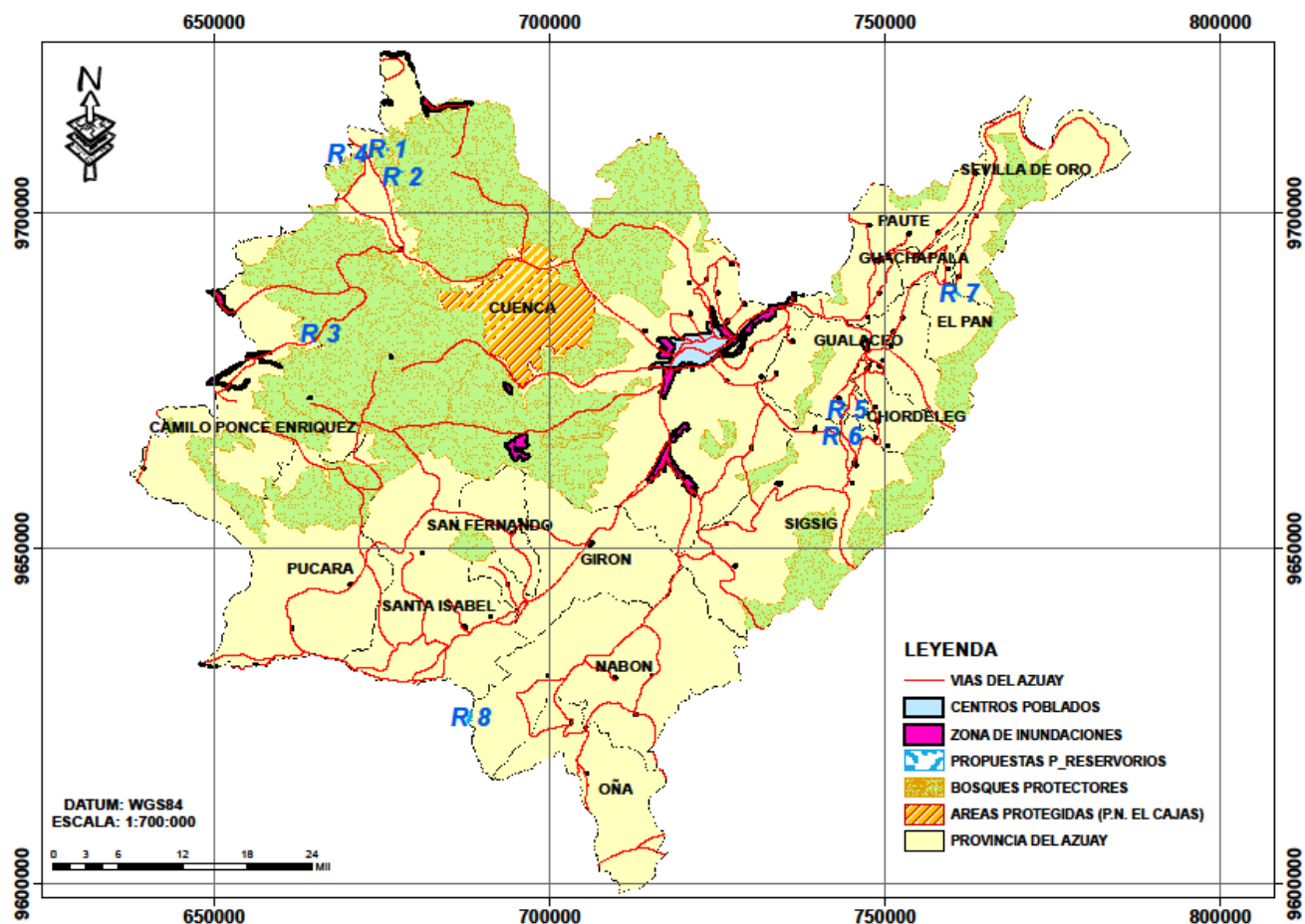
Gráfico 25. Mapa temático de Centros Poblados, Zonas de Inundaciones y vías principales de la provincia del Azuay.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

En el Gráfico 26 se realiza una combinación de todas las capas obtenidas con respecto a las propuestas de los nuevos reservorios, con la finalidad de no afectar los espacios designados para la conservación de la naturaleza.

Gráfico 26. Mapa combinado de Zonas de Inundaciones, Centros Poblados, Áreas protegidas, Bosques Protectores y vías principales de la provincia del Azuay.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

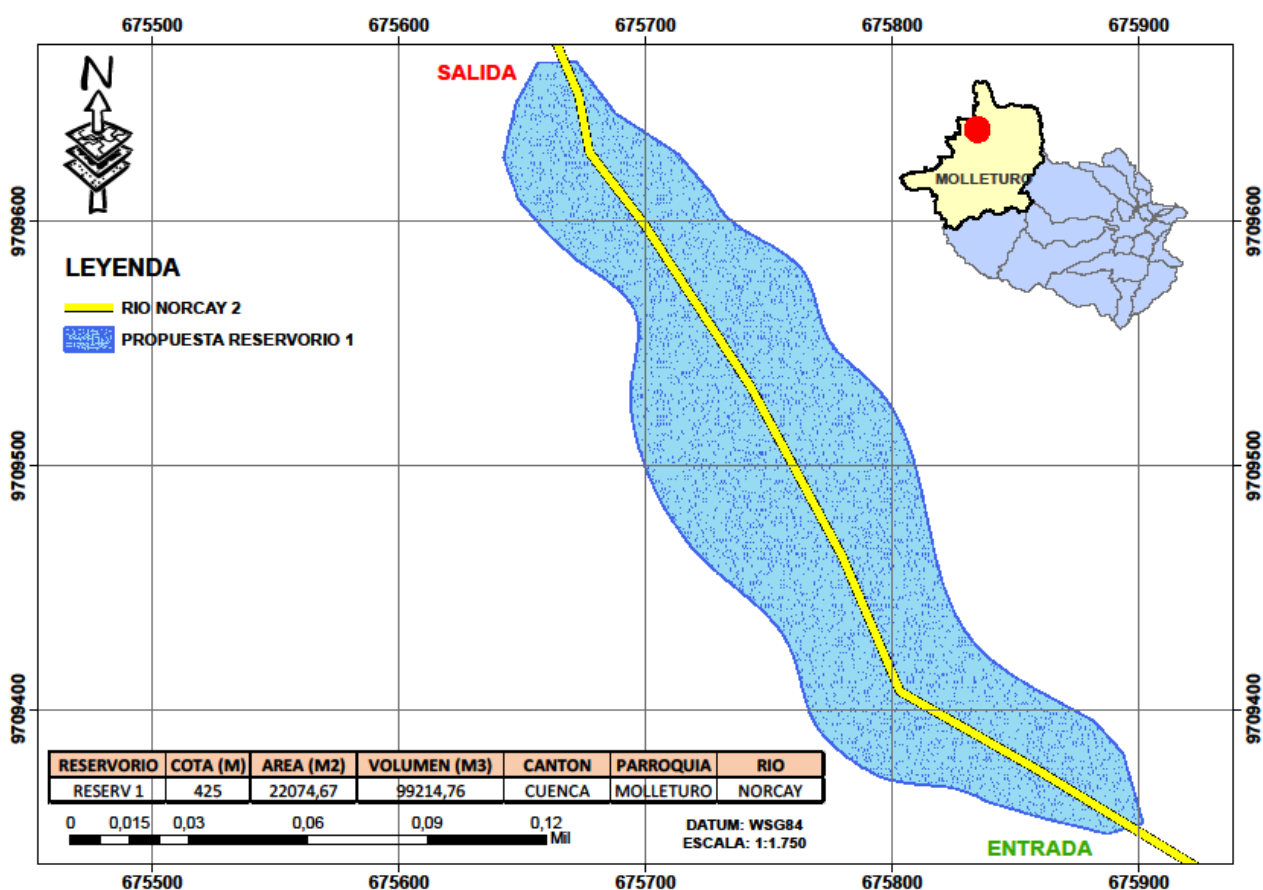
La superposición de estos datos temáticos con la cartografía de posibles sitios para reservorios, este permite a los investigadores y planificadores excluir áreas críticas para la conservación y dirigir la búsqueda hacia zonas que equilibren las necesidades de desarrollo hídrico con el mantenimiento de la integridad ecológica.

4.5. Mapas de reservorios propuestos.

Mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se realizó un análisis espacial para determinar la ubicación de nuevos reservorios, considerando la estabilidad del terreno y la minimización del impacto ambiental. A continuación, se presentan algunas propuestas.

La primera propuesta de reservorio posee un área de 22074.67 m² y un volumen de 99214.76 m³, está estratégicamente situada en el cantón Cuenca, parroquia Molleturo, el río Norcay atraviesa esta zona por ello se aprovecha las condiciones topográficas y los recursos hídricos de la región y sobre todo evitando que atraviese por áreas protegidas, bosques protectores y riesgos de inundaciones.

Gráfico 27. Propuesta 1, ubicado en el cantón Cuenca.

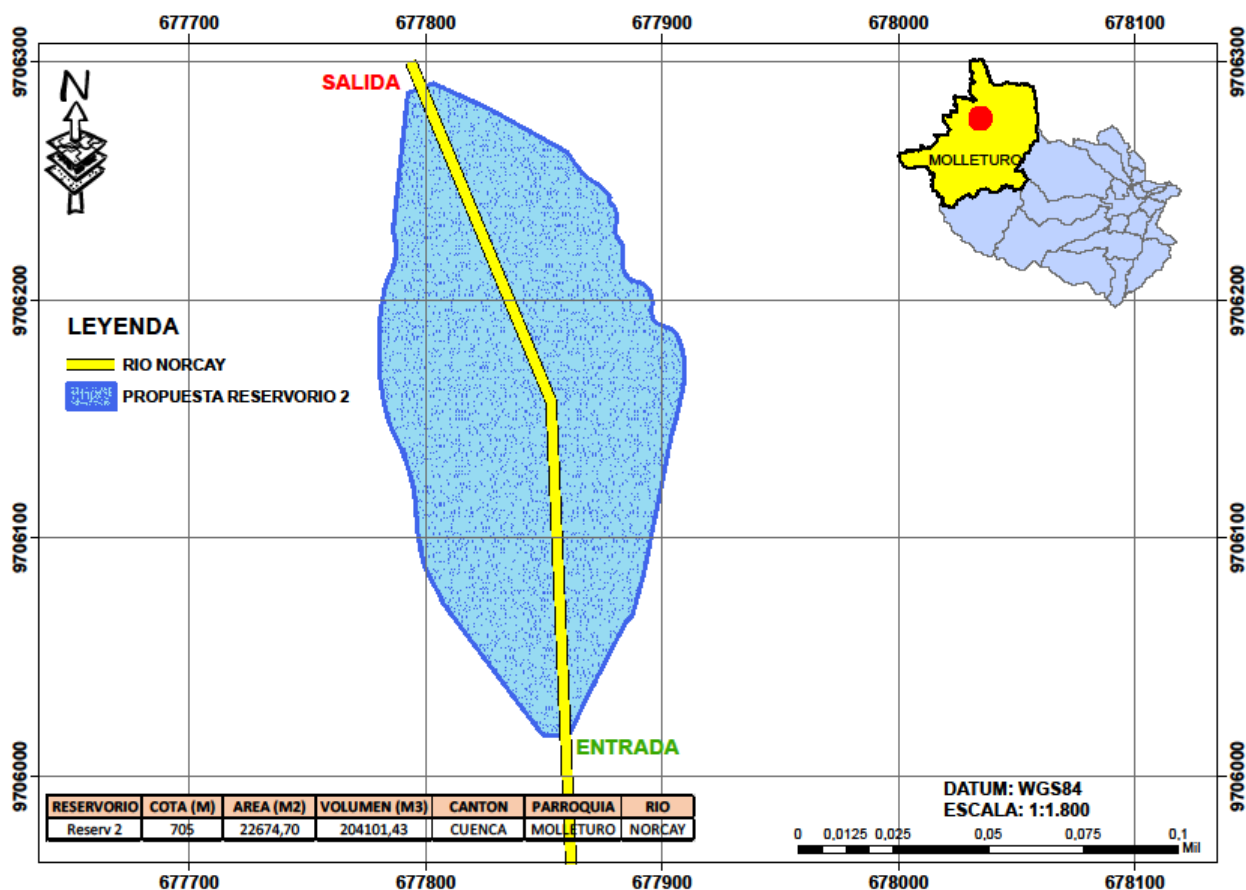


Fuente. Elaborado en el software ArcMap

La segunda propuesta de reservorio posee un área de 22674.70 m² y un volumen de 204101.43 m³, esta propuesta se encuentra ubicado en el cantón Cuenca de la parroquia Molleturo, este atraviesa el río Norcay. Cabe recalcar que esta opción está ubicada dentro de

los bosques protectores mas no de áreas protegidas y riesgos de inundaciones, esta propuesta debe ser analizada a mayor detalle.

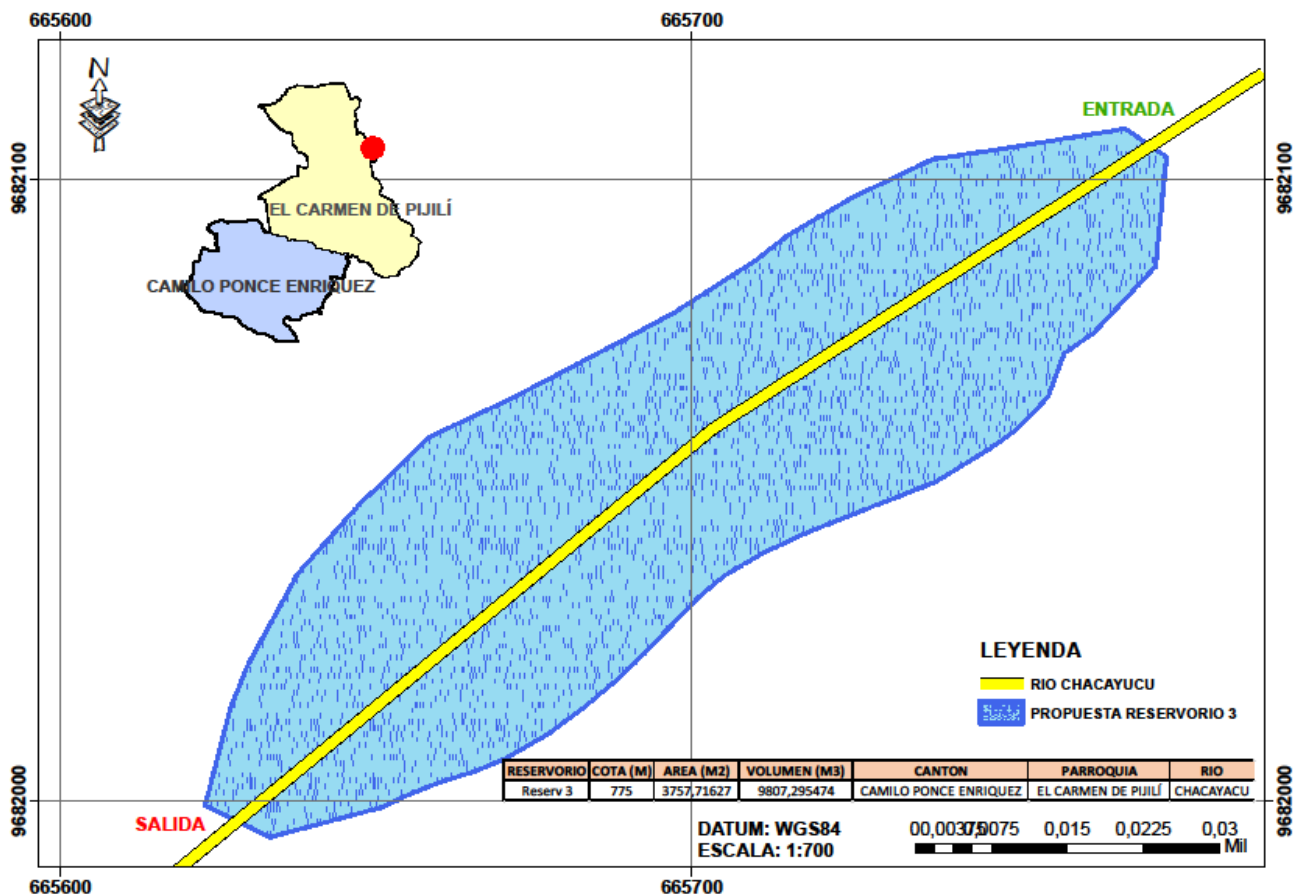
Gráfico 28. Propuesta 2, ubicado en el cantón Cuenca.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

La tercera propuesta tiene un área de 3757.72 m² y un volumen de 9807.29 m³, está ubicada en el cantón Camilo Ponce Enríquez, dentro de la parroquia El Carmen de Pijilí, no atraviesa áreas protegidas, centros poblados, áreas con peligro de inundación o bosques protectores por ende se puede aprovechar su ubicación geográfica.

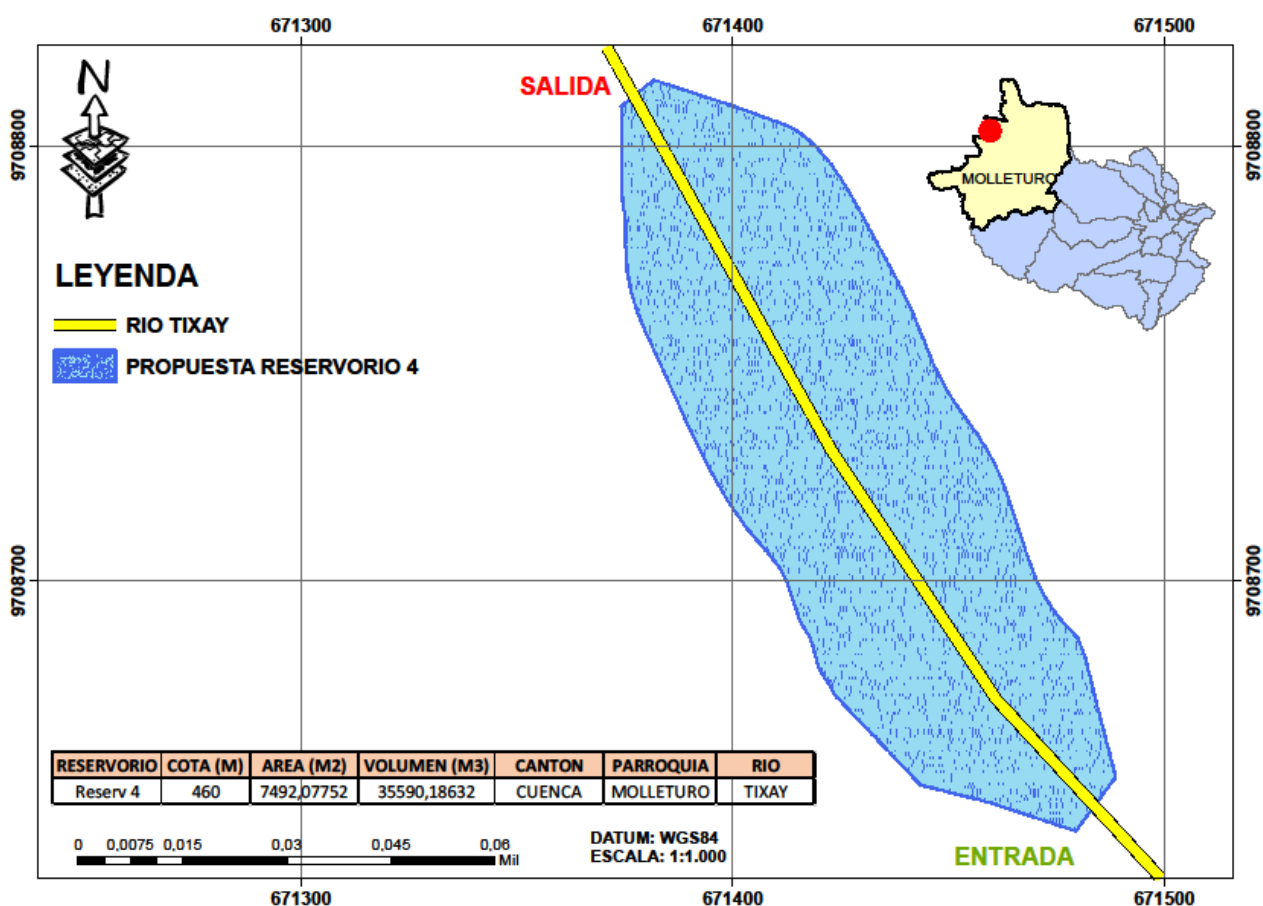
Gráfico 29. Propuesta 3, ubicado en el Cantón Camilo Ponce Enríquez.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

La cuarta propuesta se centra nuevamente en el cantón Cuenca en la parroquia de Molleturo cuenta con un área de 7492.08 m² y con un volumen de 35590.19 m³, cabe mencionar que es un área que no pertenece y tampoco atraviesa áreas protegidas, centros poblados, áreas con peligro de inundaciones o bosques protectores.

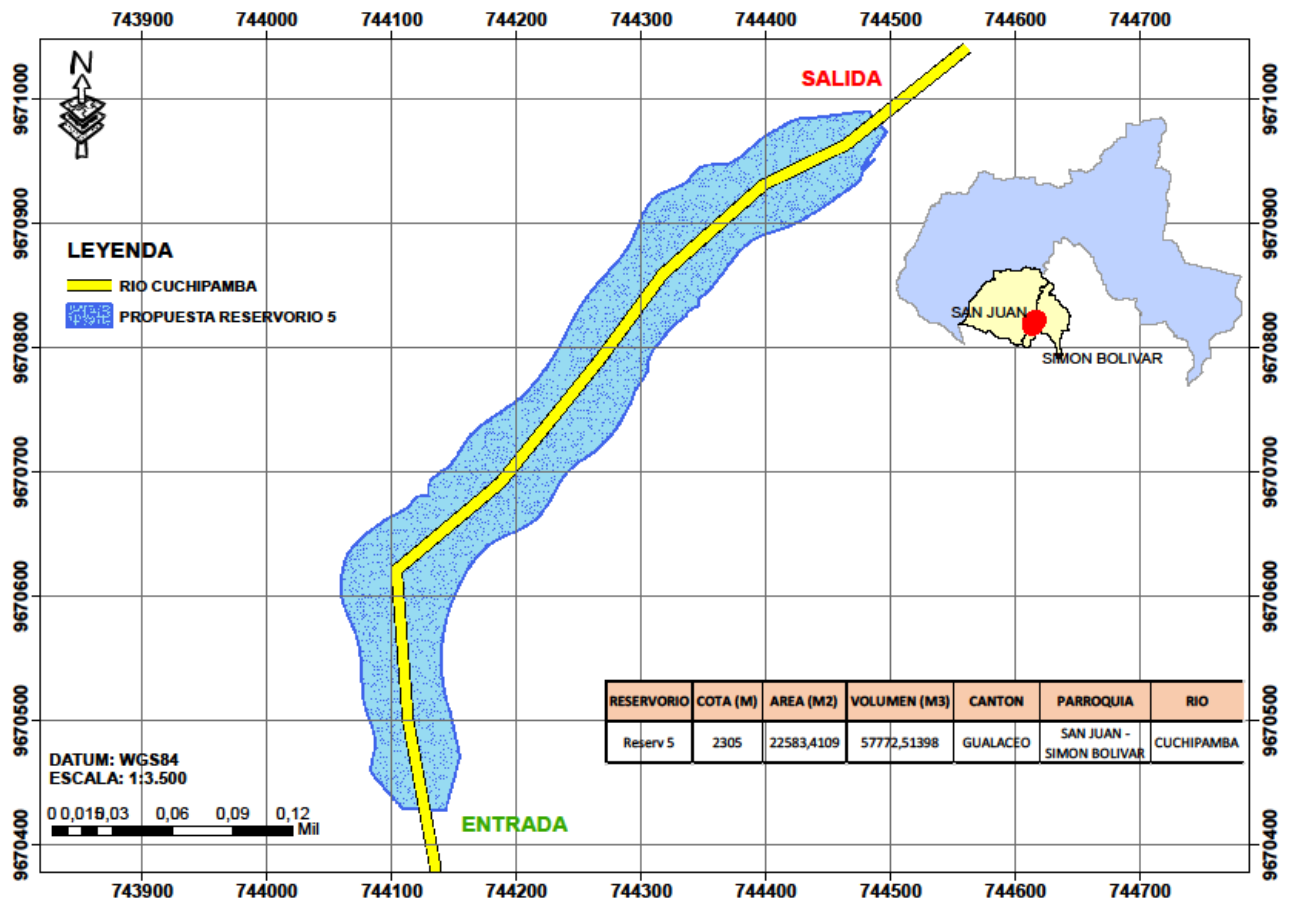
Gráfico 30. Propuesta 4, ubicado en el cantón Cuenca.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

La quinta propuesta cuenta con un área de 22583.41 m² y con un volumen de 57772.51 m³, localizada en el cantón Gualaceo entre las parroquias de San Juan y Simón Bolívar, la propuesta está libre de áreas protegidas, peligro de inundación, centros poblados y bosques por ello se plantea el aprovechar la ubicación geográfica.

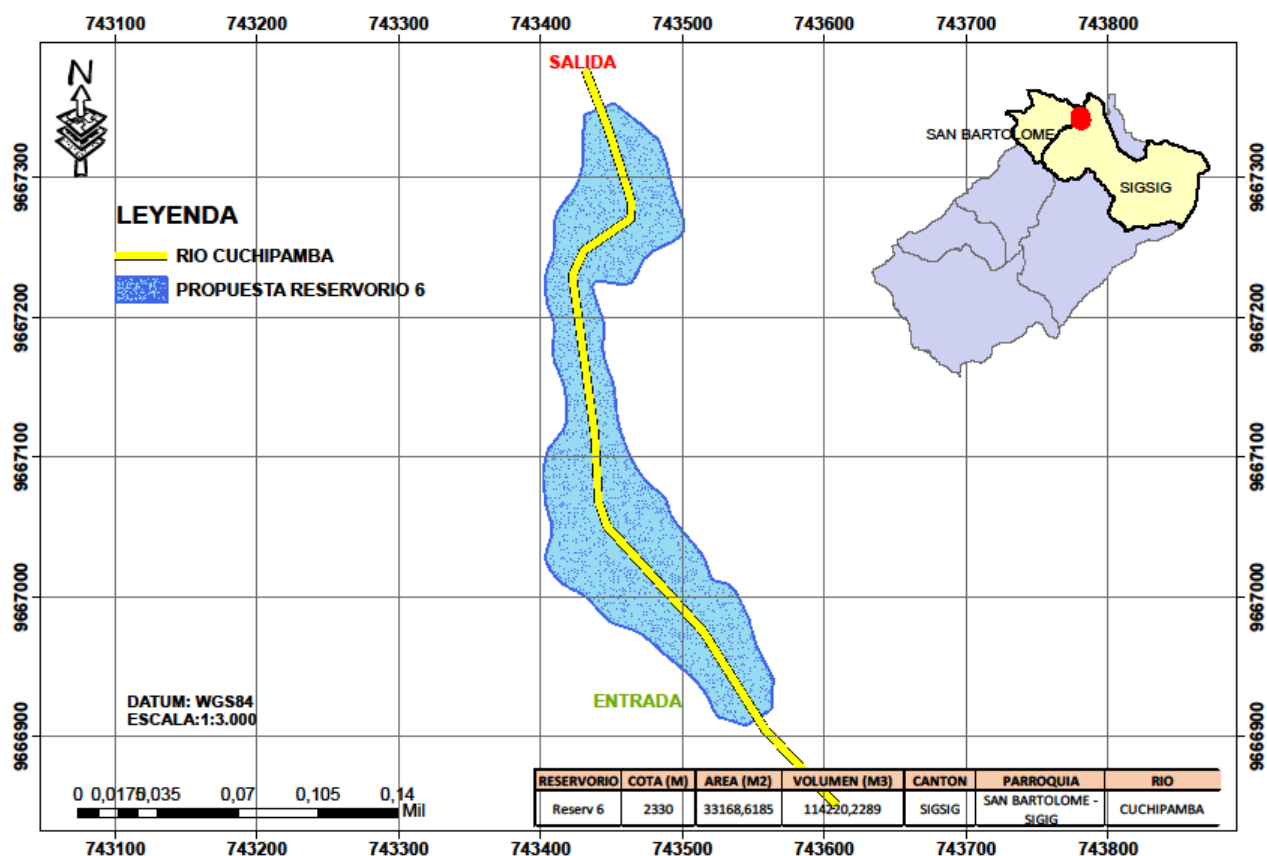
Gráfico 31. Propuesta 5, ubicado en el cantón Gualaceo.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

La sexta propuesta cuenta con un área de 33168.62 m² y un volumen de 114220.23 m³, ubicada en el cantón Sígsig en la parroquia San Bartolomé como se muestra en la, aprovechando las condiciones climáticas específicas de la región, no posee peligro de inundaciones contribuye para aprovechar los recursos hídricos disponibles.

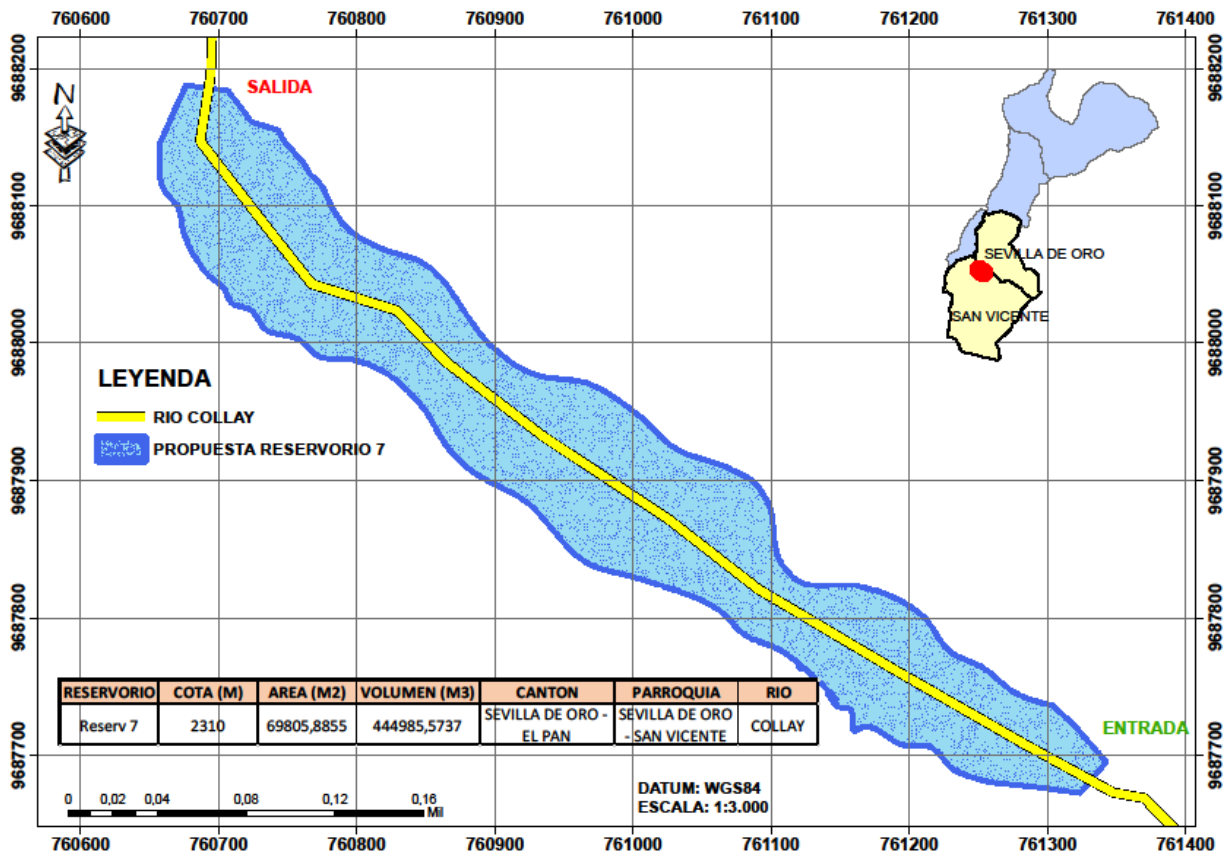
Gráfico 32. Propuesta 6, en el cantón Sigsig.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

La séptima propuesta se localiza en los límites entre los cantones Sevilla de Oro y El Pan específicamente en la parroquia San Vicente, con un área de 69805.89 m² y con un volumen de 444985.57 m³, no atraviesa áreas protegidas, bosques protectores, centros poblados y no consta con peligro de inundaciones por ellos se puede aprovechar el recurso hídrico.

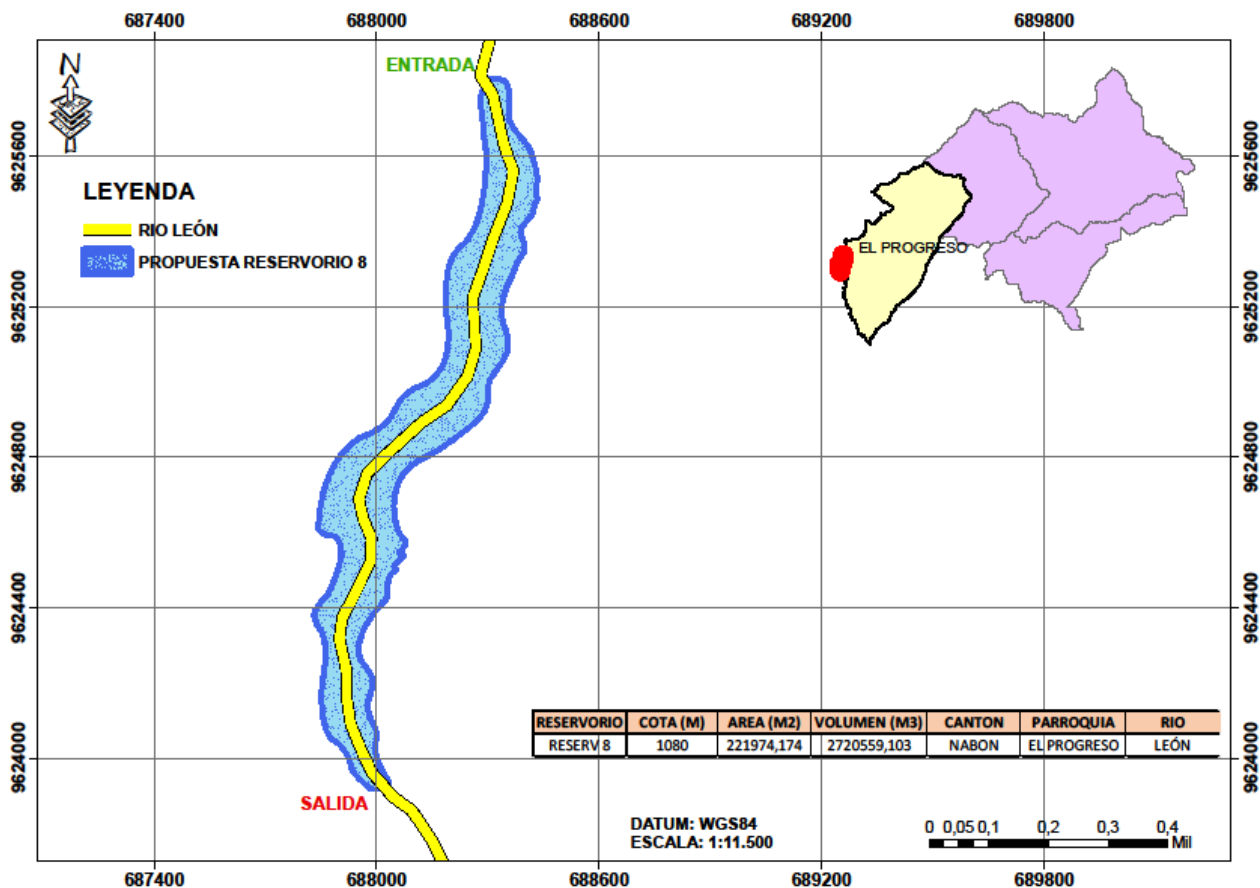
Gráfico 33. Propuesta 7, ubicado en los límites Sevilla de Oro y El Pan.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

La octava propuesta está ubicada en el cantón Nabón parroquia El Progreso cuenta con un área de 221974.17 m² y un volumen de 2720559.103 m³, donde se plantea aprovechar los recursos hídricos preservando la biodiversidad y mantener los ciclos naturales del agua en la región.

Gráfico 34. Propuesta 8, ubicado en el cantón Nabón.



Fuente. Elaborado en el software ArcMap

4.6. Aplicación de análisis multicriterio

En base a los parámetros establecidos en este documento para analizar los reservorios propuestos se planteó un análisis multicriterio, que permite realizar evaluaciones, comparando su información con la finalidad de para así obtener los mejores resultados o proceder a descartar las opciones que podrían afectar a la población y a su vez al medio ambiente. Se realizó también una tabla de ventajas y desventajas (Tabla 11), con respecto a cada uno de los parámetros que son valorados en este análisis y de esa forma seleccionar la opción más factible.

Tabla 11. Ventajas y desventajas de cada uno de los factores valorados.

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ACCESIBILIDAD	LA EXISTENCIA DE VIAS EN BUENAS CONDICIONES, FACILITA EL ACCESO Y EL MANTENIMIENTO DE LOS RESERVORIO	SI NO EXISTE VIAS, EL PRESUPUESTO AUMENTA Y SE TENDRIA QUE APERTURAR VIAS AL NO SER VIAS ASFALTADAS, SI NO TROCHAS LOS CAMBIOS CLIMATICOS AFECTARIAN NOTABLEMENTE EN LA ACESIBILIDAD
VIAS CERCANAS (VC)	ATRATIVO PARA LOS TRANSPORTISTAS QUE CIRCULEN POR ESTAS VÍAS	LA EXISTENCIA DE VIAS DE PRIMER ORDEN CERCANAS AL RESERVORIO PUEDEN VERSE AFECTADAS ANTE POSIBLES INUNDACIONES
CENTROS POBLADOS (CP)	GENERA FUENTES DE TRABAJO E INCREMENTA LA ECONOMÍA	SI LA POBLACIÓN SE ENCUENTRA DEMASIADO CERCA PUEDE VERSE AFECTADA ANTE POSIBLES INUNDACIONES
VIVIENDAS	AL NO EXISTIR VIVIENDAS CERCANAS LA REALIZACIÓN DE ESTE PROYECTO SE VUELVE MAS FACTIBLE	EN EL CASO DE EXISTIR VIVIENDAS CERCANAS AL PROYECTO QUE PUEDEN VERSE AFECTADAS, SE TENDRÍA QUE INVERTIR EN UNA REUBICACIÓN SUMANDO MAS PRESUPUESTO AL PROYECTO
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (CA)	LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO MIENTRAS MAS GRANDE SEA ESTA, MAYOR SERÍA LA POBLACIÓN BENEFICIADA	
AREAS PROTEGIDAS (AP)	TODO PROYECTO CIVIL NO ES PERMITIDO CONSTRUIR DENTRO DE ESTAS AREAS, SEAN AREAS PROTEGIDAS, BOSQUES PROTECTORES O ZONAS INUNDACIONES	
BOSQUES PROTECTORES (BP)		
ZONA DE INUNDACIÓN (ZI)		

Para realizar la valoración de este análisis multicriterio se realizaron varias tablas, cuyos valores fueron obtenidos mediante el software de ArcMap, de esta forma se pudo determinar valores y asociarlos con la Tabla 14 para la respectiva valoración, en la Tabla 12 se reflejan las distancias y capacidades de cada uno de los reservorios propuestos y en la Tabla 13 se observa las distancias obtenidas de los reservorios hacía la vía y la capacidad de almacenamiento de cada uno de los reservorios.

Tabla 12. Valores obtenidos del software ArcMap de la distancia de vías a los reservorios y su capacidad de almacenamiento.

CAPACIDAD ALMACENAM		DISTANCIA VIA - RESERV	
RESERV	VOLUMEN (M3)	RESERV	DISTANCIA (M)
R1	99214,76	R1	10
R2	204101,43	R2	N/V
R3	9807,29	R3	19
R4	35590,19	R4	N/V
R5	57772,51	R5	50
R6	114220,23	R6	23
R7	444985,57	R7	24
R8	2720559,103	R8	0

Tabla 13. Valoración distancia del reservorio a la vía – y capacidad de almacenamiento del reservorio

DISTANCIA RESERV - VIA	CAPACIDAD DE ALMACENAM
> 150m (4)	> 200 m3 (4)
50m A 150m (3)	100 m3 A 200 m3 (3)
25m A 50m (2)	50 m3 A 100 m3 (2)
0m A 25m (1)	0 m3 A 50 m3 (1)

En base a la valoración que se dio a cada uno de los factores estudiados y con información adquirida, se procedió a realizar el análisis en la respectiva tabla.

Aplicando la metodología con la Tabla 14, se tiene como resultado final un porcentaje el cual permite realizar una comparación entre cada uno de estos y resaltar sus características, de esta forma permite elegir las mejores opciones dentro de este estudio.

Tabla 14. Aplicación del análisis Multicriterio.

		RESERVORIOS								APTO
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	
ACCESIBILIDAD	CON ASFALTO (4)	3	2	3	1	4	4	4	3	4
	CON LASTRE (3)									
	CON TROCHA (2)									
	CON SENDERO (1)									
VIAS CERCANAS (VC)	SIN VC (4)	1	4	1	4	2	1	1	1	4
	CON VC 50m A 100m (3)									
	CON VC 25m A 50m (2)									
	CON VC 0m A 25m (1)									
CENTROS POBLADOS (CP)	SIN CP < 1KM (3)	3	3	3	3	2	2	3	3	3
	CON CP < 1KM (2)									
	CON CP > 1KM (1)									
VIVIENDAS	SIN VIVIENDAS CERCANAS (3)	2	3	3	3	1	1	1	3	3
	CON MENOS DE CINCO VIVIENDAS CERCANAS (2)									
	CON MAS DE CINCO VIVIENDAS CERCANAS (1)									
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (CA)	CON CA > 200 m3 (4)	2	4	1	1	2	3	4	4	4
	CON CA 100 m3 A 200 m3 (3)									
	CON CA 50 m3 A 100 m3 (2)									
	CON CA 0 m3 A 50 m3 (1)									
AREAS PROTEGIDAS (AP)	SIN AP < 1KM (3)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	CON AP < 1KM (2)									
	CON AP > 1KM (1)									
BOSQUES PROTECTORES (BP)	SIN BP < 1KM (3)	2	2	2	2	1	1	1	3	3
	CON BP < 1KM (2)									
	CON BP > 1KM (1)									
ZONA DE INUNDACIÓN (ZI)	SIN ZI < 1KM (3)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	CON ZI < 1KM (2)									
	CON ZI > 1KM (1)									
TOTAL		19	24	19	20	18	18	20	23	27
PORCENTAJE		70%	89%	70%	74%	67%	67%	74%	85%	100%

CAPÍTULO V: ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN.

5.1. Análisis estadístico de reservorios existentes.

La información tratada ha permitido identificar las capacidades que poseen los reservorios existentes y de esta forma tener una idea clara de los servicios y beneficiosos que poseen para ofrecer a sus comunidades, dentro del uso necesario que tienen ciertos sectores en el área de la agricultura, ganadería, pesca, etc. Con la identificación de nuevos reservorios que proporciona una amplia lista de opciones para aprovechar el líquido vital; en la agricultura les permitirá mejorar y diversificar sus cultivos de consumo y en muchos casos las personas que viven de la venta de estos en tiempos de sequías. En zonas altamente ganaderas es utilizado para regar los pastizales y mejorar la producción de leche de sus animales permitiéndoles poseer una constante del producto lácteo.

En la siguiente tabla se visualiza la cantidad de reservorios por cantón y el porcentaje en base a su totalidad. Analizando los resultados se determina que el cantón Santa Isabel tiene el porcentaje más alto con el 58.73%, con respecto a los demás cantones, puesto que es el cantón con el mayor número de reservorios, seguido del cantón Pucará con el 9.52%.

Tabla 15. Número de reservorios por cantón.

CANTONES	RESERVORIOS	PORCENTAJE
CHORDELEG	3	2,38%
CUENCA	6	4,76%
GIRON	4	3,17%
GUALACEO	3	2,38%
PAUTE	1	0,79%
PUCARÁ	12	9,52%
SAN FERNANDO	11	8,73%
SANTA ISABEL	74	58,73%
SEVILLA DE ORO	1	0,79%
SIGSIG	11	8,73%
TOTAL:	126	100%

De la misma forma se realiza un análisis con respecto al área de cada cantón, como se observa en la Tabla 16. En este análisis se obtiene que el cantón Sigsig posee un porcentaje del 39.35%, de esta forma lidera con respecto al área total de los reservorios de cada cantón, seguido del cantón Santa Isabel con el 26.76% y en tercer lugar se encuentra el cantón San Fernando con el 14.53%

Tabla 16. Área por cantón.

CANTONES	AREA (M2)	PORCENTAJE
CHORDELEG	553,73	0,46%
CUENCA	7183,29	5,93%
GIRON	4332,36	3,58%
GUALACEO	1227,03	1,01%
PAUTE	239,60	0,20%
PUCARÁ	9663,45	7,98%
SAN FERNANDO	17600,46	14,53%
SANTA ISABEL	32407,36	26,76%
SEVILLA DE ORO	248,67	0,21%
SIGSIG	47665,65	39,35%
TOTAL	121121,60	100%

Finalmente se realiza un análisis con respecto a la capacidad de almacenamiento, es decir al volumen de cada reservorio, en donde, el cantón Santa Isabel nuevamente lidera con el 50.02%, seguido del cantón Pucará con un 26.75% y en tercer lugar se encuentra el cantón Sigsig con el 10.68%.

Tabla 17. Volumen por cantón.

CANTONES	VOLUMEN (M3)	PORCENTAJE
CHORDELEG	1871,93	0,14%
CUENCA	21641,15	1,60%
GIRON	25879,47	1,91%
GUALACEO	2228,96	0,16%
PAUTE	332,97	0,02%
PUCARÁ	361943,25	26,75%
SAN FERNANDO	117384,79	8,68%
SANTA ISABEL	676727,03	50,02%
SEVILLA DE ORO	255,95	0,02%
SIGSIG	144544,43	10,68%
100%	1352809,93	100%

5.2. Análisis estadístico de reservorios propuestos.

Se determinaron 8 posibles lugares que podrían funcionar como reservorios de gran capacidad, los cuales se encuentran dispersos en los diferentes cantones de la provincia del Azuay, estos fueron determinados en base a las curvas de nivel, mapa de pendientes y la resiliencia hídrica para las comunidades, conservando su biodiversidad, se consideraron varios factores como es, que no atravesase centros poblados, áreas protegidas, bosques protectores y que no tengan riegos de inundaciones, siendo así aptos para la construcción de nuevos reservorios. Estos se encuentran localizados en los siguientes cantones: Cuenca, Gualaceo, Sígsig, Camilo Ponce Enrique, Sevilla de Oro, El pan y Nabón.

De acuerdo a la información obtenida se presentan los siguientes resultados:

La Tabla 18 presenta el cantón Cuenca con un 37.5%, llevándose el primer lugar, en este cantón se presenta 3 propuesta de reservorios que se ubican en la parroquia de Molleturo, a comparación de los demás cantones que cuentan con la presenciade de una solo opción correspondiendo al 12.5%.

Tabla 18. Número de reservorios por cantón.

CANTONES	RESERVORIOS	PORCENTAJE
CUENCA	3	37.5%
CAMILO PONCE ENRIQUEZ	1	12.5%
GUALACEO	1	12.5%
SIGSIG	1	12.5%
SEVILLA DE ORO - EL PAN	1	12.5%
NABON	1	12.5%
TOTAL	8	100%

Con la información calculada de las áreas de los reservorios propuestos por cantón se presenta los siguientes resultados: El 55.01% perteneciente al cantón Nabón posee el mayor porcentaje con relación al área de los reservorios propuestos seguido de los cantones Sevilla de Oro y El Pan que comparten un reservorio y tienen un 17.30% y en tercer lugar el cantón Cuenca con un 12.95% siendo los 3 cantones con los porcentajes más altos.

Tabla 19. Área por cantón.

CANTONES	ÁREA(m2)	PORCENTAJE
CUENCA	52241.45	12.95%
CAMILO PONCE ENRIQUEZ	3757.72	0.93%
GUALACEO	22583.41	5.60%
SIGSIG	33168.62	8.22%
SEVILLA DE ORO - EL PAN	69805.89	17.30%
NABON	221974.17	55.01%
TOTAL	403531.26	100%

De acuerdo con la capacidad de almacenamiento de los reservorios en cada cantón se exponen los siguientes resultados: Con respecto a la capacidad de almacenamiento, el cantón Nabón se representa con el 73.80% siendo el porcentaje más alto, seguido de los cantones Sevilla de Oro - El Pan que comparten un reservorio representa el 12.07% tomando el segundo lugar y como tercero se ubica el cantón Cuenca con el 9.19%.

Tabla 20. Volúmenes por cantón.

CANTONES	VOLUMEN (M3)	PORCENTAJE
CUENCA	338906.38	9.19%
CAMILO PONCE ENRIQUEZ	9807.29	0.27%
GUALACEO	57772.51	1.57%
SIGSIG	114220.23	3.10%
SEVILLA DE ORO - EL PAN	444985.57	12.07%
NABON	2720559.103	73.80%
TOTAL	3686251.083	100%

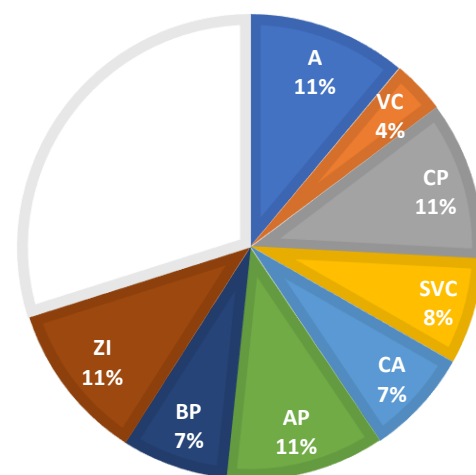
5.3. Estadística del análisis multicriterio.

Para evaluar la factibilidad de los reservorios propuestos se usó ciertos parámetros que dieron paso a los resultados, los cuales se utilizaron para realizar una comparación entre ellos, brindando así la capacidad de inclinarse por las mejores opciones. Los parámetros analizados poseen una valoración que, si dado el caso los reservorios obtuviesen el valor más alto en cada uno de ellos, estaríamos frente a una propuesta 100%, es decir factible,

El primer reservorio propuesto representa un porcentaje del 70% factible, valor obtenido de acuerdo a sus características, ya que existen vías principales cercanas y su capacidad de almacenamiento es menor en comparación a los demás reservorios de la misma forma se observa en el gráfico de pastel.

Tabla 21. Análisis del Reservorio 1.

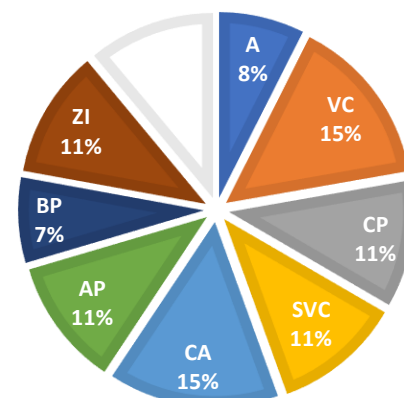
PARÁMETROS	VALORACIÓN	PORCENTAJE
ACCESIBILIDAD	3	11%
VÍAS CERCANAS	1	4%
CENTROS POBLADOS	3	11%
SIN VIVIENDAS CERCANAS	2	7%
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	2	7%
ÁREAS PROTEGIDAS	3	11%
BOSQUES PROTECTORES	2	7%
ZONA DE INUNDACIÓN	3	11%
TOTAL	19	70%



El segundo reservorio propuesto tiene un porcentaje del 89%, siendo la mejor opción y la más factible frente a los demás reservorios, de la misma forma se observa en el gráfico de pastel.

Tabla 22. Análisis del Reservorio 2

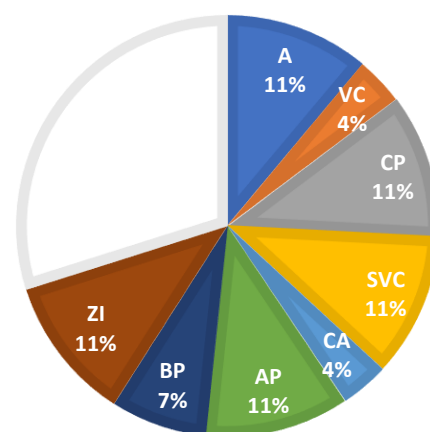
PARÁMETROS	VALORACIÓN	PORCENTAJE
ACCESIBILIDAD	2	7%
VIAS CERCANAS	4	15%
CENTROS POBLADOS	3	11%
SIN VIVIENDAS CERCANAS (3)	3	11%
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	4	15%
AREAS PROTEGIDAS	3	11%
BOSQUES PROTECTORES	2	7%
ZONA DE INUNDACIÓN	3	11%
TOTAL:	24	89%



El tercer reservorio propuesto representa un 70%, obteniendo una calificación baja debido a que existen vías principales cercanas y su capacidad de almacenamiento es menor en comparación a los demás reservorios, de la misma forma se observa en el gráfico de pastel.

Tabla 23. Análisis del Reservorio 3.

PARÁMETROS	VALORACIÓN	PORCENTAJE
ACCESIBILIDAD	3	11%
VIAS CERCANAS	1	4%
CENTROS POBLADOS	3	11%
SIN VIVIENDAS CERCANAS (3)	3	11%
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	1	4%
AREAS PROTEGIDAS	3	11%
BOSQUES PROTECTORES	2	7%
ZONA DE INUNDACIÓN	3	11%
TOTAL:	19	70%

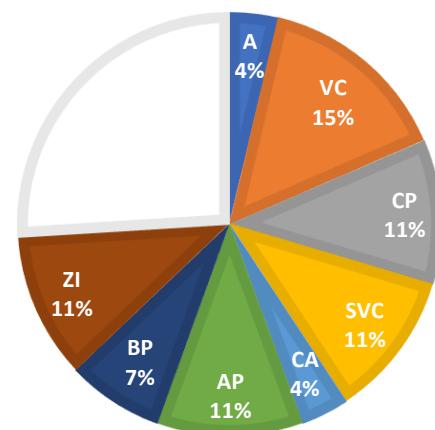


El cuarto reservorio propuesto tiene un 74%, lo que significa que su puntuación disminuye debido a que su accesibilidad es dificultosa y la capacidad de almacenamiento

minimo en comparación a los otros reservorios y está cerca un bosque protector, de la misma forma se observa en el gráfico de pastel.

Tabla 24. Análisis del Reservorio 4.

PARÁMETROS	VALORACIÓN	PORCENTAJE
ACCESIBILIDAD	1	4%
VIAS CERCANAS	4	15%
CENTROS POBLADOS	3	11%
SIN VIVIENDAS CERCANAS (3)	3	11%
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	1	4%
AREAS PROTEGIDAS	3	11%
BOSQUES PROTECTORES	2	7%
ZONA DE INUNDACIÓN	3	11%
TOTAL:	20	74%



El quinto y sexto reservorio tienen un porcentaje similar, con un 67%, siendo los valores mas bajos, al estar cerca de bosques protectores y existir viviendas cercanas, de la misma forma se observa en el gráfico de pastel.

Tabla 25. Análisis del Reservorio 5.

PARÁMETROS	VALORACIÓN	PORCENTAJE
ACCESIBILIDAD	4	15%
VIAS CERCANAS	2	7%
CENTROS POBLADOS	2	7%
SIN VIVIENDAS CERCANAS (3)	1	4%
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	2	7%
AREAS PROTEGIDAS	3	11%
BOSQUES PROTECTORES	1	4%
ZONA DE INUNDACIÓN	3	11%
TOTAL:	18	67%

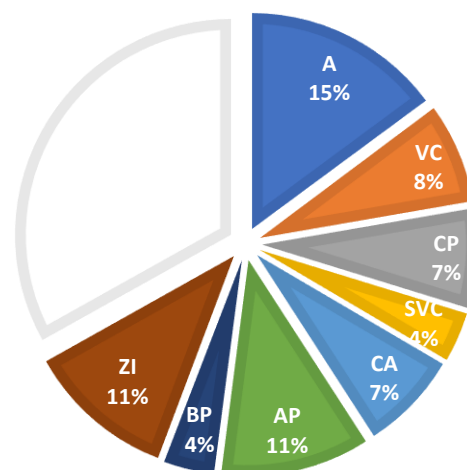
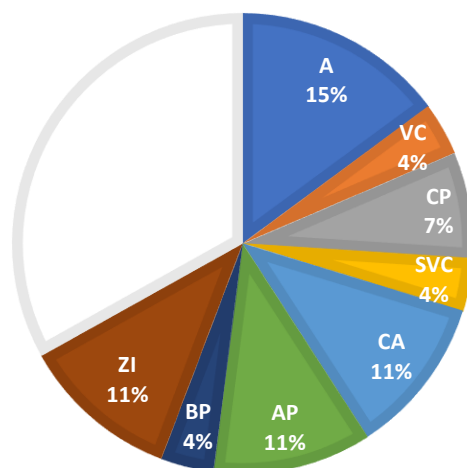


Tabla 26. Análisis del Reservorio 6.

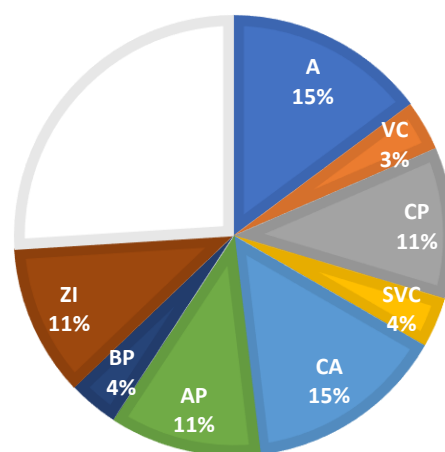
PARÁMETROS	VALORACIÓN	PORCENTAJE
ACCESIBILIDAD	4	15%
VIAS CERCANAS	1	4%
CENTROS POBLADOS	2	7%
SIN VIVIENDAS CERCANAS (3)	1	4%
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	3	11%
AREAS PROTEGIDAS	3	11%
BOSQUES PROTECTORES	1	4%
ZONA DE INUNDACIÓN	3	11%
TOTAL:	18	67%



El séptimo reservorio propuesto tiene el 74%, debido a que existen viviendas cercanas y vías cercanas menores a 25 m de distancias y esta cerca de bosques protectores, de la misma forma se observa en el gráfico de pastel.

Tabla 27. Análisis del Reservorio 7.

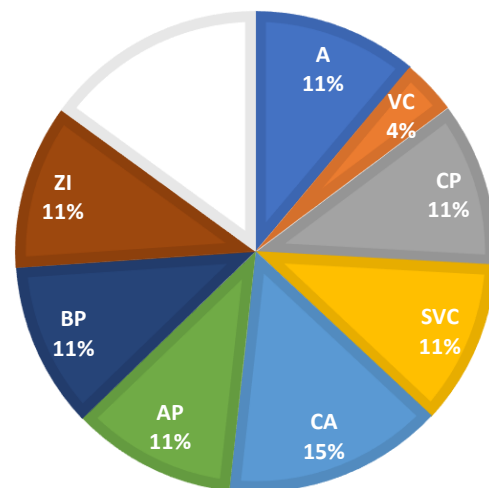
PARÁMETROS	VALORACIÓN	PORCENTAJE
ACCESIBILIDAD	4	15%
VIAS CERCANAS	1	4%
CENTROS POBLADOS	3	11%
SIN VIVIENDAS CERCANAS (3)	1	4%
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	4	15%
AREAS PROTEGIDAS	3	11%
BOSQUES PROTECTORES	1	4%
ZONA DE INUNDACIÓN	3	11%
TOTAL:	20	74%



El octavo reservorio propuesto tiene el 85%, es la segunda opción mas factible, pese a que existen viviendas cercanas, de la misma forma se observa en el gráfico de pastel.

Tabla 28. Análisis del Reservorio 8.

PARÁMETROS	VALORACIÓN	PORCENTAJE
ACCESIBILIDAD	3	11%
VIAS CERCANAS	1	4%
CENTROS POBLADOS	3	11%
SIN VIVIENDAS CERCANAS (3)	3	11%
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	4	15%
AREAS PROTEGIDAS	3	11%
BOSQUES PROTECTORES	3	11%
ZONA DE INUNDACIÓN	3	11%
TOTAL:	23	85%



Obtener una factibilidad al 100 % es casi imposible debido a los diferentes factores que se analizan, en este estudio las partes de color blanco representa el porcentaje faltante para que los reservorios tenga una aprobación completa.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se identificó 126 reservorios a lo largo de la provincia del Azuay, excepto en los cantones: El Pan, Oña, Nabón, Camilo Ponce Enríquez y Guachapala, cantones excluidos por presentar áreas inferiores a 2.5m² valores que el software determina con volúmenes igual a cero, esto se debe a los tamaños de las celdas, que proporciona la resolución de los MDT.
- Con 74 reservorios que representa el 58.73% corresponde al porcentaje más alto que pertenece al cantón Santa Isabel, mientras que el cantón el Sígsig obtiene los valores más altos con respecto al área y volumen, con un área de 47665.65 m² figurando el 39.35% y el 50.02% con respecto a la capacidad de volumen representada por 676727.03 m³.
- Se determinó 8 posibles áreas para emplazar reservorios ubicados en diferentes cantones: Cuenca, Camilo Ponce Enríquez, Gualaceo, Sígsig, Sevilla de Oro, El Pan y Nabón pertenecientes a la provincia del Azuay, mediante los trazos de las curvas de nivel y su ubicación geográfica.
- El cantón Cuenca con la presencia de 3 reservorios obtiene un 37,5% del porcentaje, siendo el más representativo, mientras que el cantón Nabón es el primero con respecto al área y al volumen, con el 73,80% que representa un volumen de 2720559.103 m³, y un área de 221974.17 m² que representa el 55,01%, este supera al cantón Cuenca pese a la existencia de 1 reservorio.
- La factibilidad de los reservorios fue analizada por varios parámetros que arrojan como resultado: reservorios(R) que comparte el porcentaje de factibilidad, pero con diferente valoración en cada parámetro como es el caso de R1 y R3 con el 70%, R4 y R7 con el 74% y R5 y R6 con el 67%, quedando como máximos ponentes R2 con el

89% y R8 con el 85% valores permiten la toma de decisiones favorables a la hora de inclinarse por alguna de estas opciones.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda usar modelos de elevación digital de mayor resolución, de esta forma facilitará la obtención de curvas de nivel con menores equidistancias, las cuales permiten obtener información detallada de las principales características de un área de estudio.
- Para realizar un análisis multicriterio, se sugiere disponer de información actualizada con respecto a cada uno de los parámetros a usar, en este caso: vías, centros poblados, áreas protegidas, bosques protectores, zonas con riesgo de inundación, información que permite determinar su factibilidad.
- En este proyecto se utilizaron tres metodologías, en la primera metodología se pudo identificar cuerpos de agua que poseen una extensión considerable, esto debido al tamaño de la imagen satelital, al tamaño de las celdas y la baja resolución, el cual dificultó obtener el objetivo planteado; la segunda metodología requiere de imágenes pequeñas y nítidas, y para cubrir la provincia se requeriría varias imágenes, volviéndose tedioso y extenso, por ende, se aplicó la tercera metodología.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, M. (2023). *Análisis bibliométrico de la importancia de los páramos en el Ecuador en privación de servicios ecosistémicos 2018-2023*. Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11443>
- ASAMBLEA NACIONAL. (2014). *LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA*. QUITO: LEXIS. Obtenido de [https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Ley-
Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-
Agua.pdf](https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf)
- Auquilla, L., Van den Berg, B., & Alvear, C. (2021). *Prospección evaluación de recursos y propuesta de diseño de explotación para materiales áridos y pétreos en la provincia del Azuay*. ESPOL. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/55501>
- Belmonte, S., López, M., & García, Á. (2020). *Identificación de áreas prioritarias para la gestión del agua en el Chaco salteño, Argentina*. Universidad Nacional de Salta. Obtenido de [https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/atma/article/download/4868/5494?inlin
e=1](https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/atma/article/download/4868/5494?inline=1)
- Bongiovanni, M., & Anze, R. (2019). *Construcción de reservorios excavados de agua para riego presurizado en el Valle Bonaerense del Río Colorado*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_reservorios.pdf

- Buzai, G., & Montes, E. (2021). *Estadística Espacial: Fundamentos y aplicación con Sistemas de Información Geográfica*. Universidad Nacional de Luján. Instituto de Investigaciones Geográficas. Obtenido de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/161048>
- Calderón, S., & Mendoza, B. (2024). *Aplicación de modelación del ciclo hidrológico en la microcuenca hidrográfica Carrizal*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Obtenido de <https://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/2347>
- Campos, F., & Noguer, V. (2023). Construcción de nuevas territorialidades; el territorio como horizonte para la acción en la reforma energética chilena. *Revista de Geografía Norte Grande*(85). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9188682>
- CEPAL. (2022). *Estadísticas ambientales y de cambio climático para América Latina y el Caribe*. Biblioteca de la CEPAL. Obtenido de <https://biblioguias.cepal.org/c.php?g=934230&p=6736670>
- Chamba, M., Bailon, E., Chamba, M., & Ramiro, E. (2019). En el estudio realizado por Marlon Chamba-Morales y colaboradores, titulado "Caracterizaciones físico-mecánicas de las arcillas de Loja y Azuay con fines de impermeabilización de reservorios", se evaluó la idoneidad de las arcillas de las regiones de El V. *REDIB. Red Iberoamericana*, 9(2). Retrieved from https://drive.google.com/file/d/1uC3nBDp9Qak4NtGkSXZ3YjqMHrm1_D75/view
- Chaparro, E. (2022). *Evaluación ambiental del afianzamiento hídrico en la cuenca del río Sama, Tacna, 2021*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d0839e67-b2ba-41c6-b281-45fd7c81b418/content>

Clubensayos. (30 de Noviembre de 2014). *ClubEnsayos*. Obtenido de

<https://www.clubensayos.com/Ciencia/Reservorio-De-Agua-Para-La-Agricultura/2236832.html>

Cortez, J. (2020). *Evaluación Hidrogeológico para la identificación de nuevas fuentes de agua subterránea para la ciudad de Oruro*. Universidad Mayor de San Andrés.

Obtenido de

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/26591/EVALUACION%20HIDROGEOLOGICA%20PARA%20LA%20IDENTIFICACION%20DE%20NUEVAS%20FUENTES%20DE%20AGUA%20SUBTERRANEA%20PARA%20LA%20CI.pdf?sequence=1>

Corzo, D. (2022). Gestión de conflictos socioeconómicos en el embalse Topocoro, Santander.

Cuaderno de Trabajo Social, 1(19), 41-69. Obtenido de

https://repositorio.utem.cl/bitstream/handle/30081993/1415/Cuaderno_ts-19-Art-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cuadros Quispe, B. M., & Mercado Torres, M. M. (2021). *Práctica ancestral de cosecha de agua, para el aprovechamiento y almacenamiento*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de

Obtenido de

<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/21119>

Decreto Ejecutivo 650. (2015). *REGLAMENTO LEY RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA*. QUITO: LEXIS. Obtenido de

<https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Reglamento-a-la-LORHUyA.pdf>

EP, E. (2018). *PARQUE NACIONAL CAJAS*. CUENCA: ETAPA EP.

- Espinoza, A. (2022). *MODELAMIENTO MATEMÁTICO Y USO DE S.I.G PARA LA ESTIMACIÓN DE LA REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA EN LA LAGUNA ARICOTA, REGION TACNA*. Callao: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO.
- Esteban Nieto, N. (2018). *Tipos de Investigación*. Universidad Santo Domingo de Guzmán. Obtenido de <http://190.117.99.173/handle/USDG/34>
- Fernández, C., Picón, W., & Quito, A. (2022). *Evaluación hidrológica e hidráulica del río San Francisco en el cantón Gualaceo*. Universidad del Azuay. Retrieved from <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12368>
- Fernando, G. L. (2015). *MANUAL INTRODUCTORIO ArcGis 10.2*. Manizales, Colombia: Departamento de Ingenieria Civil.
- Flores, F. (2023). La seguridad de las infraestructuras hidráulicas. *Repositorio Institucional de Universidad de Alicante*. Obtenido de <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/137332>
- Flores, V., & Alcalá, N. (2022). La educación de la Ingeniería Topográfica en la Universidad de Guanajuato: 152 años de tradición histórica. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 13(25).
doi:<https://doi.org/10.23913/ride.v13i25.1270>
- Franco, L. (2022). *Pasantía apoyo en la coordinación de infraestructura en la secretaría de planeación municipal de Pensilvania Caldas, en virtud del convenio de pasantías N° 051-21 del 1 de julio del 2021*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/31797/FrancoMu%C3%B1ozLuisDavid2022.pdf?sequence=1>

- Fuentes, G., & Pretel, Z. (2021). *Análisis de vulnerabilidad y medidas de adaptación de cambio climático para el Puerto Compas Tolú*. EAN Universidad. Obtenido de <https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/11725/FuentesGilma2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- GAD Provincial de Imbabura. (2022). *Reservorios de agua para mejorar la producción agrícola en Pablo Arenas*. Obtenido de Boletines de Prensa: <https://www.imbabura.gob.ec/index.php/noticias/blog-noticias/28-recursos-hidricos/719-22-reservorios-de-agua-para-mejorar-la-produccion-agricola-en-pablo-arenas>
- Gámez, D. (2022). *Levantamiento topográfico y planialtimétrico con DRON de la granja agroecológica Corporación Universitaria Minuro de Dios- Unminuto*. Unminuto. Obtenido de <http://uniminuto-dspace.scimago.es:8080/handle/10656/17220>
- García, J., Cedeño, E., & Piza, R. (2020). Importancia de albarradas de la parroquia Valle de la virgen del cantón Pedro Carbo. *Revista Científica Multidisciplinaria*, 4(4), 205-220. doi:<https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v4.n4.2020.259>
- GOBIERNO PROVINCIAL AZUAY. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DEL AZUAY*. CUENCA: GOBIERNO PROVINCIAL AZUAY. Obtenido de https://www.azuay.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/PDOT-AZUAY-ALINEADO-PND-2021-2025_compressed.pdf
- Godoy, L., Amado, S., Francisca, F., Montoro, M., Jaca, R., Espinoza, S., & Ameijeiras, M. (2019). Efectos de desastres naturales y accidentes sobre infraestructura y medio físico en sistemas de almacenamiento y transporte de petróleo. *Revista de la Facultad*

de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, 6(1). Retrieved from
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/24330>

González, F. A. (2015). *MANUAL INTRODUCTORIO ArcGis 10.2*. Manizales:
Departamento de Ingeniería Civil.

Herrera Domínguez, M. Á. (2019). *Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable y su incidencia en La Condición Sanitaria del centro poblado Huancapampa, distrito Recuay, provincia de Recuay, región de Áncash, Agosto – 2019*. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote. Obtenido de
<http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/14627>

Huiñisaca Jirón, W. A. (2019). *Análisis de la implementación de micro reservorios en la gestión del agua, desde el ámbito de desarrollo local en el cantón San Fernando*. Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17710>

Huiñisaca, W. (2019). *Análisis de la implementación de micro reservorios en la gestión del agua, desde el ámbito de desarrollo local en el Cantón San Fernando*. Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17710/1/UPS-CT008392.pdf>

Maco, K., & Uribe, J. (2022). *Diseño de un reservorio de almacenamiento de relaves mineros y su influencia en la contaminación ambiental del Río Rímac – Matucana – Lima 2022*. Universidad César Vallejo. Obtenido de
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/104117/Maco_NKM-Uribe_BJLF-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Martínez Valdés, Y., & Villalejo García, V. M. (2018). The integrated water resources management: a nowadays need. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(1), 58-72.

Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382018000100005&script=sci_arttext&tlng=en

Martínez, J. (2012). *Diagnóstico del inventario de recursos hídricos en la provincia del Azuay*. Universidad de Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3680/1/UPS-CT002575.pdf>

MEFCCA, COSUDE, CATIE. (2018). *Uso del agua del reservorio en labores agropecuarias*. MEFCCA, CATIE.

Mendez, C. (2021). *Modelación hidrológica e hidráulica de la cuenca del río Machángara para evaluar zonas de inundación*. Universidad Católica de Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucacue.edu.ec/items/62e7cca5-9bf3-4ad3-9773-4f232114b2fc>

ONU. (2019). *No dejar a nadie atrás*. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. Obtenido de https://www.fondazionemediterraneo.org/images/_Luc/MARZO_2019/LA%20GIORNATA%20MONDIALE%20DELLACQUA/WWDR-2019-CIFRAS%20y%20DATOS%20-%20SPAGNOLO.pdf

OPS. (2005). *Guías para el diseño de reservorios elevados de agua potable*. OPS/CEPIS. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005c%20Reservorios%20elevados.pdf

Pin, J. (2021). *Comparación funcional del tanque tipo reservorio de la ciudadela Eloy Alfaro de la Ciudad de Jipijapa*. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3346/1/TESIS%20COMPROBACION%20FUNCIONAL%20DEL%20TANQUE%20TIPO%20RESERVORIO%20DE>

%20LA%20CIUDADELA%20ELOY%20ALFARO%20DE%20LA%20CIUDAD%20DE%20JIPIJAPA.pdf

Pinos, J., & Malo, A. (2018). El derecho humano de acceso al agua: una revisión desde el Foro Mundial del Agua y la gestión de los recursos hídricos en Latinoamérica. *INVURNUS*, 13(1), 12-20. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/11509/1/%282018%29%20Pinos%20%26%20Malo%20-%20El%20derecho%20humano%20de%20acceso%20al%20agua%20una%20revisi%20c3%b3n%20desde%20el%20Foro%20Mundial%20del%20Agua%20y%20la%20gesti%20c3%b3n%20de%20recursos%20h%20c3%a1dr>

Quillay, E., & Portilla, F. (2023). *Estimación de la capacidad de captura de carbono en los cultivos de maíz (Zea mays) en Molinohuayco, cantón El Tambo-Ecuador, y su incidencia en el cambio climático*. Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26593>

Rivera, O., & Teresa, R. M. (2024). Realidad virtual y cartografía como estrategias de concientización ante riesgos de deslizamientos de tierra, Ciudad de México. *Revista de la Universidad del Zulia*, 15(45), 447-465. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9376297>

Saavedra, K. (2021). *Tipos de Reservorios*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/516778081/Tipos-de-Reservorios#>

Salas Ocampo, D. (2019). *El enfoque mixto de investigación: algunas características*. Obtenido de investigaliacr.com: <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-mixto-de-investigacion/>

- Salazar, W. (2021). *Análisis integral de la gestión y la alteración hidrológica del río Lurín - Perú*. Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/176694>
- Sánchez Flores, F. A. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 13(1), 102-122. doi:<http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- Sanrtos, E., & Izquierdo, A. (2024). *Diseño del alcantarillado sanitario para la parroquia Gral. Cornelio Vernaza, cantón Salitre*. Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27676>
- Siguencia, R. (2020). *Diseño de la captación y reservorio del sistema para la parroquia de Guaytama, Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19397/4/UPS%20-%20TTS203.pdf>
- Suquilanda Ramón, T. J., & Tacuri Jaramillo, J. I. (2021). *Estudio para la optimización del volumen de agua en los embalses de Mazar y Amaluza en la provincia del Azuay-Ecuador*. Universidad Católica de Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/11553>
- Terán, B. (2021). *Plan de manejo ambiental para la cuenca alta del río Tahuando, Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura*. Universidad Técnica del Norte.
- Terán, B. (2021). *Plan de manejo ambiental para la cuenca alta del río Tahuando, Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura*. Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11162/2/PG%20829%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

- Usón Murillo, A., Boxiadera Llobet, J., Bosch Serra, Á., & Martín, A. E. (2010). *Tecnología de suelos: estudio de casos*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Vargas, F. H., Muñiz, R., Kohn, S., & Bustamante, M. (2018). *Plan de acción para la conservación del cóndor andino en Ecuador*. Quito: Vida Silvestre de la Dirección Nacional de Biodiversidad, del Ministerio del Ambiente.
- Vega, L. (2020). *Gobernanza hídrica en la ciudad de Ambato, respuestas en torno a la demanda de agua*. FLACSO. Obtenido de <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/17343/2/TFLACSO-2020LPVB.pdf>
- Verdugo, M. (2023). *Método de instalación para el almacenamiento de agua potable en una parroquia de la Provincia del Guayas*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6427>
- Verdugo, M. (2023). *Método de instalación para el almacenamiento de agua potable en una parroquia de las provincias del Guayas*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/6427/1/TC-ULVR-0005.pdf>
- Willems, B., Leyva, W., Taboada, R., Bonnesoeur, V., Román, F., Ochoa, B., & Walsh, D. (n.d.). Impactos de andenes y terrazas en el agua y los suelos:¿ qué sabemos. Resumen de políticas, Proyecto “Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica”. *Forest Trends*. Retrieved from https://www.academia.edu/download/102156998/Impactos_de_andenes_y_terrazas_en_el_agua_y_los_suelos.pdf
- Wolf, T. (1982). *Geografía y geología del Ecuador: publicada por orden del Supremo Gobierno de la República*. FA Brockhaus. Obtenido de

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Gv1aAAAAQAAJ&oi=fnd&pg=PR2&dq=Character%C3%ADsticas+Geogr%C3%A1ficas+y+Geol%C3%B3gicas+de+la+Provincia+de+Azuay&ots=AQwcrHjKqq&sig=WG2E8cvVUZcCqrGs7OCrBDctKMk>

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros(a)s, **Leidy Mireye Brito Vaca** y **Fanny Maribel Ramón Zumba** portadore(a)s de las cédulas de ciudadanía N.º 1400963060 y 0105354559. En calidad de autore(a)s y titulare(a)s de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **"DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE RESERVORIOS E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PARA NUEVOS ALMACENAMIENTOS EN AZUAY"** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **12 de septiembre de 2025**

F: 
Leidy Mireye Brito Vaca
1400963060

F: 
Fanny Maribel Ramón Zumba
0105354559