



Influencia de la topografía en construcción y mantenimiento de embalses y/o represas:
Embalse de Tona.

Proyecto de Investigación

Julián Camilo Suárez Barrera
1098717363
Wilbrey Yesid Corredor Arciniegas
1095923779

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Tecnólogo en Levantamientos Topográficos
Bucaramanga / 27-08-2024



Influencia de la topografía en construcción y mantenimiento de embalses y/o represas:
Embalse de Tona.

Proyecto de Investigación

Julián Camilo Suárez Barrera
1098717363
Wilbrey Yesid Corredor Arciniegas
1095923779

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Topógrafo**

DIRECTOR

M.Sc Clara Inés Torres Vásquez

Grupo de investigación – GRIMAT

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Ingeniería en Topografía
Bucaramanga / 27-08-2024

Nota de Aceptación

Aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por
Las Unidades Tecnológicas de Santander para optar al título

Ingeniero Topógrafo

Según acta #20 del Comité de Proyectos de Grado

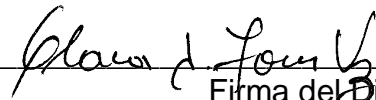
Del 27-08-2024

Docente evaluador: Ing. Héctor Alfonso Correa Rangel

Docente director: M.Sc Clara Inés Torres Vásquez



Firma del Evaluador



Firma del Director

DEDICATORIA

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestra familia por su inquebrantable apoyo y orientación a lo largo de este arduo pero gratificante camino hacia la culminación de nuestro proyecto de grado. Sus invaluable contribuciones han sido fundamental para el éxito de esta investigación. Nos sentimos privilegiados de haber contado con su sabiduría y aliento, y dedicamos este trabajo a ellas como muestra de nuestro eterno reconocimiento y gratitud.

Extendemos nuestro más profundo agradecimiento al coordinador de proyecto, Clara Inés Torres, cuya guía experta y dedicación incansable fueron fundamentales para llevar a cabo este trabajo con éxito. Su compromiso y apoyo constante fueron la piedra angular de nuestro progreso, y dedicamos este proyecto en reconocimiento a su invaluable contribución y liderazgo inspirador.

AGRADECIMIENTOS

Nuestros más sinceros agradecimientos a todos nuestros docentes y coordinadora de la carrera de Ingeniería en Topografía de las Unidades Tecnológicas de Santander, cuyo esfuerzo y dedicación de sus conocimientos y experiencias fueron bases importantes en nuestra formación como personas y profesionales. En especial, nuestra más profunda admiración y respeto a la profesora Clara Inés Torres Vásquez, que ha sido nuestra directora de proyecto de grado, que con sus orientaciones y dedicación constante han sido fundamentales para poder realizar nuestro proyecto. A todos los docentes y parte administrativa de la carrera gracias por acompañarnos en nuestra carrera y compartir sus sabiduría para culminar nuestra carrera con éxito.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	9
INTRODUCCIÓN.....	10
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2. JUSTIFICACIÓN	13
1.3. OBJETIVOS	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	15
2 MARCO REFERENCIAL	19
3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	25
4.1 FASE 1.....	25
4.1.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	27
4.2 FASE 2.....	30
4.2.2 BITEMPORALIDAD	33
4.2.3 GEOMORFOLOGÍA	38
5. RESULTADOS.....	39
5.1 MAPA DE PENDIENTES.....	39
5.2 MAPA DE SOMBRAS.....	40
5.3 CURVAS DE NIVEL.....	41
5.4 DRENAJES DE ÁREA DE ESTUDIO.....	42
5.5 ANÁLISIS ÍNDICE DE VEGETACIÓN.....	44
5.6 ANÁLISIS ÍNDICE DE AGUA	45
5.7 BITEMPORALIDAD.....	46
5.8 CUADRO COMPARATIVO	47
6 CONCLUSIONES.....	49
7 RECOMENDACIONES	51
8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
9 APÉNDICES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
10 ANEXOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1	<i>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</i>	24
ILUSTRACIÓN 2	<i>MAPA DE ÁREA DE ESTUDIO</i>	26
ILUSTRACIÓN 3	<i>PLATAFORMA DE DESCARGA DE IMÁGENES SATELITALES – ALOS PALSAR</i>	28
ILUSTRACIÓN 4	<i>PLATAFORMA PARA ANÁLISIS DE COBERTURAS</i>	29
ILUSTRACIÓN 5	<i>HERRAMIENTA SLOPE (PENDIENTE)</i>	30
ILUSTRACIÓN 6	<i>HERRAMIENTA HILLSHADE (MAPA DE SOMBRAS)</i>	31
ILUSTRACIÓN 7	<i>RESULTADO PARA MAPA DE SOMBRAS</i>	32
ILUSTRACIÓN 8	<i>COBERTURA ZONA DE ESTUDIAS 2017.</i>	33
ILUSTRACIÓN 9	<i>COBERTURA ZONA DE ESTUDIAS 2023</i>	34
ILUSTRACIÓN 10	<i>COBERTURA 2017 - 2023</i>	36
ILUSTRACIÓN 11	<i>GEOMORFOLOGÍA ZONA DE ESTUDIO.</i>	38
ILUSTRACIÓN 12	<i>MAPA DE PENDIENTES</i>	39
ILUSTRACIÓN 13	<i>MAPA DE SOMBRAS</i>	40
ILUSTRACIÓN 14	<i>MAPA DE CURVAS DE NIVEL</i>	41
ILUSTRACIÓN 15	<i>MAPA DE DRENAJES</i>	42
ILUSTRACIÓN 16	<i>MAPA DE ÍNDICE DE VEGETACIÓN</i>	44
ILUSTRACIÓN 17	<i>MAPA DE ÍNDICE DE AGUA</i>	45
ILUSTRACIÓN 18	<i>MAPA DE ÍNDICE DE AGUA</i>	46

TABLAS

TABLA 1	CRITERIOS PARA RECLASIFICACIÓN	32
TABLA 2	COBERTURA 2017	34
TABLA 3	COBERTURA 2023	35
TABLA 4	ÁREAS DE COBERTURAS	36
TABLA 5	CUADRO COMPARATIVO ENTRE POTS	47

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación se enfoca en analizar la influencia de la topografía en la construcción y mantenimiento de embalses y/o represas, centrándose específicamente en el caso del Embalse de Tona. Los objetivos principales son comprender cómo las características topográficas del área afectan el proceso de construcción de embalses e identificar las mejores prácticas para el mantenimiento de estas infraestructuras en relación con el entorno topográfico.

La metodología empleada incluye un análisis detallado de la topografía del área del Embalse de Tona mediante técnicas de cartografía digital y sistemas de información geográfica (SIG). Se realizó un estudio de las características del terreno, incluyendo elevación, pendientes, y distribución de cuerpos de aguas naturales.

Los resultados muestran que la topografía del área del Embalse de Tona presenta desafíos significativos para la construcción y mantenimiento de embalses, incluyendo pendientes pronunciadas, presencia de cuerpos de agua naturales, y riesgos de remoción en masa y avenidas torrenciales principalmente.

Este estudio resalta la importancia de considerar la topografía de manera integral en el diseño, construcción y mantenimiento de embalses y represas, especialmente en áreas con características topográficas complejas como el Embalse de Tona.

Palabras claves: Topografía, Embalses, Represas, Construcción, Mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

La construcción y mantenimiento de embalses y represas representan desafíos significativos en ambiental, especialmente en áreas con topografías complejas. El presente trabajo se centra en la influencia de la topografía en la construcción y mantenimiento de embalses y/o represas, con un enfoque específico en el caso del Embalse de Tona.

La literatura existente proporciona una amplia gama de investigaciones sobre la construcción y gestión de embalses y represas, así como sobre la importancia de considerar la topografía en estos procesos. Smith et al. (2018) destacan la necesidad de evaluar detalladamente la topografía del área antes de iniciar proyectos de construcción de embalses, mientras que Jones y Brown (2020) subrayan la importancia de implementar prácticas de mantenimiento efectivas para garantizar la seguridad y durabilidad de estas estructuras en entornos topográficamente desafiantes.

El presente trabajo representa un aporte importante a la comunidad por varias razones. En primer lugar, se centra en un caso de estudio específico, el Embalse de Tona, lo que permite una investigación detallada y contextualizada de los desafíos topográficos asociados con esta infraestructura particular. Además, se emplea una metodología integral que combina análisis de datos topográficos.

El método empleado para abordar este problema implica una combinación de técnicas de cartografía digital, sistemas de información geográfica (SIG). Estas metodologías se detallarán con mayor profundidad en la sección de desarrollo del trabajo.

En resumen, este trabajo busca contribuir al conocimiento existente sobre la influencia de la topografía en la construcción y mantenimiento de embalses y represas, proporcionando información relevante y práctica para ingenieros, ambientalistas y otros profesionales involucrados en proyectos similares.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática que aborda en este proyecto de investigación, se relaciona con la influencia de la topografía en la construcción y mantenimiento de embalses y represas, específicamente centrada en el caso del Embalse de Tona, Santander. Esta situación presenta desafíos significativos debido a la topografía particular de la región, que puede generar obstáculos y limitaciones en los procesos de diseño, construcción y mantenimiento.

Los estudios topográficos desempeñan un papel fundamental en la planificación y ejecución de proyectos de construcción de embalses y represas. La topografía de un terreno proporciona información detallada sobre la configuración del terreno, incluyendo la elevación, la pendiente, la geología y la distribución de los recursos hídricos. De igual manera, permiten identificar posibles desafíos y riesgos asociados con la topografía del área, como la estabilidad del terreno, la erosión, la susceptibilidad a fenómenos naturales como inundaciones o deslizamientos de tierra.

Las causas de esta problemática pueden incluir la dificultad en la planificación y ejecución de proyectos en áreas montañosas, riesgos de erosión, impacto ambiental, y desafíos en la gestión del agua. La pregunta que sustenta esta problemática podría ser:

¿Cómo afecta la topografía en la eficiencia de la construcción y el mantenimiento del Embalse de Tona, y cuáles son las estrategias para superar estos desafíos topográficos en proyectos de esta naturaleza?

1.2. JUSTIFICACIÓN

- I. **Relevancia práctica:** La topografía influye directamente en la eficiencia de la construcción y el mantenimiento del Embalse de Tona es un caso representativo que enfrenta estos desafíos. Resolver esta problemática mejoraría la gestión del agua en la región y la sostenibilidad de proyectos similares en todo el país.
- II. **Impacto ambiental y social:** La correcta planificación y ejecución de proyectos en áreas montañosas no solo aseguraría la seguridad y el abastecimiento de agua, sino también reduciría el impacto ambiental y brindaría beneficios a las comunidades locales.
- III. **Contribución al campo de conocimiento:** Este estudio aportará nuevos conocimientos en el campo de la ingeniería en topografía y la geografía, lo que beneficiará tanto a la comunidad académica como a la sociedad en general.
- IV. **Relevancia para las UTS:** Esta propuesta enriquece la línea de investigación relacionada con la interacción del entorno geográfico, fortaleciendo la posición de las Unidades Tecnológicas de Santander como institución de educación superior comprometida con la solución de problemas del mundo real.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la influencia de la topografía en la construcción y mantenimiento del embalse de Bucaramanga, ubicado en las cercanías del río Tona, mediante la recopilación y análisis de información existente, estudios de terreno y otras técnicas utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), generando como resultado la elaboración de un documento guía que oriente la planificación y ejecución de proyectos similares, así como la gestión territorial en la zona de influencia del embalse de Tona.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar la topografía del área circundante al Embalse de Tona, identificando las características geográficas relevantes que puedan influir en la construcción y mantenimiento de la infraestructura.
2. Identificar el impacto de la topografía en la planificación y ejecución de proyectos hidráulicos en zonas montañosas, centrándose en el caso del Embalse de Tona, y documentar los desafíos y limitaciones encontradas.
3. Reconocer los efectos ambientales de la infraestructura que el embalse tiene en el ecosistema local, incluyendo la flora y fauna, así como los recursos hídricos circundantes para generar una serie de recomendaciones y estrategias prácticas que permitan superar los desafíos topográficos.

1.4. ESTADO DEL ARTE

1. En el estudio "Evaluación de Impactos y Análisis Económico en la Restauración de Cuenca: Un Enfoque en la Cuenca del Río Tona", Gutiérrez y Ortiz (2007), se introduce una perspectiva innovadora que fusiona aspectos económicos con los efectos generados por proyectos ejecutados en la mencionada cuenca. Este análisis se concentra en la Cuenca del Río Tona en Santander y analiza la cuantificación de los efectos relacionados con modificaciones en los caudales y la erosión del suelo. Posteriormente, se procedió a calcular los beneficios económicos derivados de la implementación de diversas estrategias en la cuenca mediante herramientas propuestas por distintos expertos.
2. El "Plan de Ordenación y Gestión Ambiental de la Microcuenca del Río Tona" es un trabajo exhaustivo que se destaca por su análisis en profundidad de la geomorfología, sismología y geotecnia de la zona en estudio. En este contexto, se clasificaron los procesos de remoción de tierra en estado activo y se elaboró una tabla de evaluación de la calidad del suelo en la Subcuenca. Este enfoque multidisciplinario proporciona una comprensión más completa de los desafíos medioambientales y geológicos presentes en la microcuenca del río Tona, estableciendo los fundamentos para la planificación y gestión de la región con base en criterios científicos y técnicos sólidos.
3. "Topographic Analysis for Reservoir Site Selection and Dam Design" por John S. Sichert (2011): Este estudio proporciona una visión general de los principios topográficos que son importantes para la

selección del sitio del embalse y el diseño de la presa. Se discuten los factores topográficos como la pendiente, la elevación, la geología y la hidrología, y se proporcionan ejemplos de cómo estos factores se han utilizado en proyectos reales de embalses.

4. Según "The Role of Topography in Reservoir Sedimentation" por M.G. Anderson (2006): El papel de la topografía en la sedimentación de embalses es de vital importancia, ya que se discuten los procesos de erosión y transporte de sedimentos, y se muestra cómo la topografía puede afectar estos procesos. El estudio también proporciona ejemplos de cómo la sedimentación puede afectar la operación y el mantenimiento de los embalses.
5. "Dam Safety and Risk Management" por The International Commission on Large Dams (ICOLD) (2013): Esta publicación proporciona una guía completa para la seguridad de las presas y la gestión del riesgo. La publicación incluye una sección sobre la importancia de la topografía en la seguridad de las presas, y se discuten los métodos para evaluar los riesgos topográficos.
6. "Análisis topográfico del embalse de Itaipú: Impacto en la sedimentación y la estabilidad de la presa" por M.A. Souza y J.M. da Silva (2010): Este estudio analiza el impacto de la topografía en la sedimentación y la estabilidad de la presa de Itaipú, ubicada en la frontera entre Brasil y Paraguay. El estudio utiliza modelos numéricos para simular el flujo de sedimentos y la estabilidad de la presa, y se encuentran que la topografía juega un papel importante en ambos procesos.

7. "Evaluación topográfica del embalse El Dorado: Implicaciones para el diseño y la operación" por C.A. López y F.J. Sánchez (2008): Este estudio evalúa la topografía del embalse El Dorado, ubicado en Colombia. El estudio utiliza datos de batimetría y LIDAR para crear un modelo digital del terreno del embalse, y se encuentra que la topografía tiene implicaciones importantes para el diseño y la operación del embalse.
8. "Estudio topográfico del embalse Peñitas: Análisis de riesgos geológicos" por J.L. García y M.A. Gutiérrez (2005): Este estudio analiza los riesgos geológicos asociados con la topografía del embalse Peñitas, ubicado en México. El estudio utiliza un análisis de estabilidad de taludes para evaluar el riesgo de deslizamientos de tierra, y se encuentran que la topografía es un factor importante que contribuye al riesgo.
9. "Evaluación topográfica del embalse Colún Hué: Impacto en la calidad del agua" por A.R. Fernández y E.S. Díaz (2002): Este estudio evalúa el impacto de la topografía en la calidad del agua del embalse Colún Hué, ubicado en Chile. El estudio utiliza un modelo de calidad del agua para simular el transporte de sedimentos y nutrientes en el embalse, y se encuentra que la topografía juega un papel importante en la calidad del agua.
10. "Análisis topográfico del embalse Guatavita: Implicaciones para el diseño de la presa" por J.C. Hernández y M.V. Gómez (2014): Este estudio analiza el impacto de la topografía en el diseño de la presa del

embalse Guatavita, ubicado en Colombia. El estudio utiliza un análisis de estabilidad de taludes para evaluar el riesgo de deslizamientos de tierra, y se encuentran que la topografía es un factor importante que contribuye al riesgo.

11. "Evaluación topográfica del embalse Neiva: Impacto en la sedimentación" por C.A. Pulido y F.J. Moreno (2012): Este estudio evalúa el impacto de la topografía en la sedimentación.

2 MARCO REFERENCIAL

1. **Estudios Topográficos y su Importancia:** Los estudios topográficos son esenciales para evaluar el terreno destinado a la construcción de embalses y represas en Colombia. Estas evaluaciones utilizan metodologías y técnicas como la fotogrametría, el levantamiento LIDAR y la batimetría para generar datos precisos sobre la topografía del área. Esta información detallada es vital para identificar desafíos y riesgos potenciales asociados con el terreno, permitiendo tomar decisiones informadas durante el proceso de diseño y construcción.

a. **"Análisis topográfico del embalse Guatavita: Implicaciones para el diseño de la presa" por J.C. Hernández y M.V. Gómez (2014):**

Este estudio colombiano analiza el impacto de la topografía en el diseño de la presa del embalse Guatavita, ubicado en Cundinamarca. El estudio utiliza análisis de estabilidad de taludes para evaluar el riesgo de deslizamientos de tierra.

b. **"Evaluación topográfica del embalse Neiva: Impacto en la sedimentación" por C.A. Pulido y F.J. Moreno (2012):**

Este estudio colombiano evalúa el impacto de la topografía en la sedimentación del embalse de Neiva, ubicado en el Huila. Al analizar la topografía del embalse, se identifican zonas con mayor riesgo de sedimentación, lo que permite tomar medidas para mitigar su impacto en la capacidad de almacenamiento del embalse.

2. Impacto Ambiental y Geotécnico: La construcción de embalses y represas en terrenos con topografía particular puede tener un impacto significativo en el medio ambiente. Es fundamental evaluar estos impactos y tomar medidas de mitigación para minimizar los daños ecológicos. Además, es crucial analizar los riesgos geotécnicos asociados con la topografía del área, como la estabilidad del terreno y la erosión, para garantizar la seguridad de la estructura y de las personas que viven en sus alrededores.

Ejemplos de estudios sobre impacto ambiental y geotécnico:

- a) **"Impacto ambiental de la construcción del embalse de Tres Gargantas en China" por J.J. Chen y S.B. Wang (2003):** Este estudio analiza el impacto ambiental de la construcción del embalse de Tres Gargantas, el embalse más grande del mundo, ubicado en China. El estudio encuentra que la construcción del embalse ha tenido un impacto significativo en el ecosistema del río Yangtze, incluyendo la pérdida de hábitat para la fauna y flora, la erosión del suelo y la contaminación del agua.

- b) **"Riesgos geotécnicos asociados con la construcción del embalse de Itaipú" por M.A. de Souza y W.J.F. da Silva (2004):** Este estudio analiza los riesgos geotécnicos asociados con la construcción del embalse de Itaipú, ubicado en la frontera entre Brasil y Paraguay. El estudio encuentra que la topografía del área presenta un alto riesgo de deslizamientos de tierra, lo que ha requerido la

implementación de medidas de mitigación para garantizar la seguridad de la presa.

3. Marco Normativo y Conceptual: Embalse de Toná en Colombia

- c. Norma Técnica Colombiana NTC 1500:2012 - Diseño de presas de tierra:** Esta norma establece los requisitos mínimos para el diseño de presas de tierra en Colombia. La norma incluye una sección sobre la importancia de la topografía en el diseño de presas de tierra, y se discuten los factores topográficos que deben considerarse en el proceso de diseño.

- d. Ley 99 de 1993 - Ley Nacional de Recursos Naturales:** Esta ley establece los principios y normas generales para la conservación, protección y manejo sostenible de los recursos naturales en Colombia. La ley incluye una sección sobre la importancia de la topografía en la gestión de los recursos hídricos, y se discuten los requisitos para la construcción y operación de embalses.

- e. Decreto 1076 de 2015 - Reglamento de la Ley 99 de 1993:** Este decreto reglamenta la Ley 99 de 1993 y establece los procedimientos específicos para la conservación, protección y manejo sostenible de los recursos naturales en Colombia. El decreto incluye una sección sobre la importancia de la topografía en la gestión de los recursos hídricos, y se discuten los requisitos para la construcción y operación de embalses.

3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación adopta un enfoque exploratorio y descriptivo para analizar la influencia de la topografía en la construcción y mantenimiento de embalses, centrándose en el caso del Embalse de Bucaramanga en el río Tona. La metodología se basa en un diseño de investigación mixto que combina elementos cuantitativos y cualitativos para obtener una comprensión holística del problema.

Tipo de Investigación: Exploratoria y descriptiva.

Enfoque: Mixto (cuantitativo y cualitativo).

Método: Se emplea un enfoque inductivo, partiendo de la observación detallada de la topografía del área y de la revisión exhaustiva de la literatura disponible sobre el tema. Se combina con un enfoque deductivo al analizar los datos recopilados en relación con los objetivos planteados.

Técnicas: Análisis de Datos Topográficos: Utilización de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para analizar la topografía del área del Embalse de Bucaramanga.

Revisión Bibliográfica: Análisis de la literatura existente sobre la influencia de la topografía en la construcción y mantenimiento de embalses.

Recopilación de Datos Topográficos: Obtención de datos topográficos del área del Embalse de Bucaramanga utilizando imágenes satelitales, mapas topográficos y datos de elevación.

Análisis de Datos: Aplicación de técnicas de análisis espacial utilizando herramientas SIG para identificar patrones y tendencias en la topografía del área.

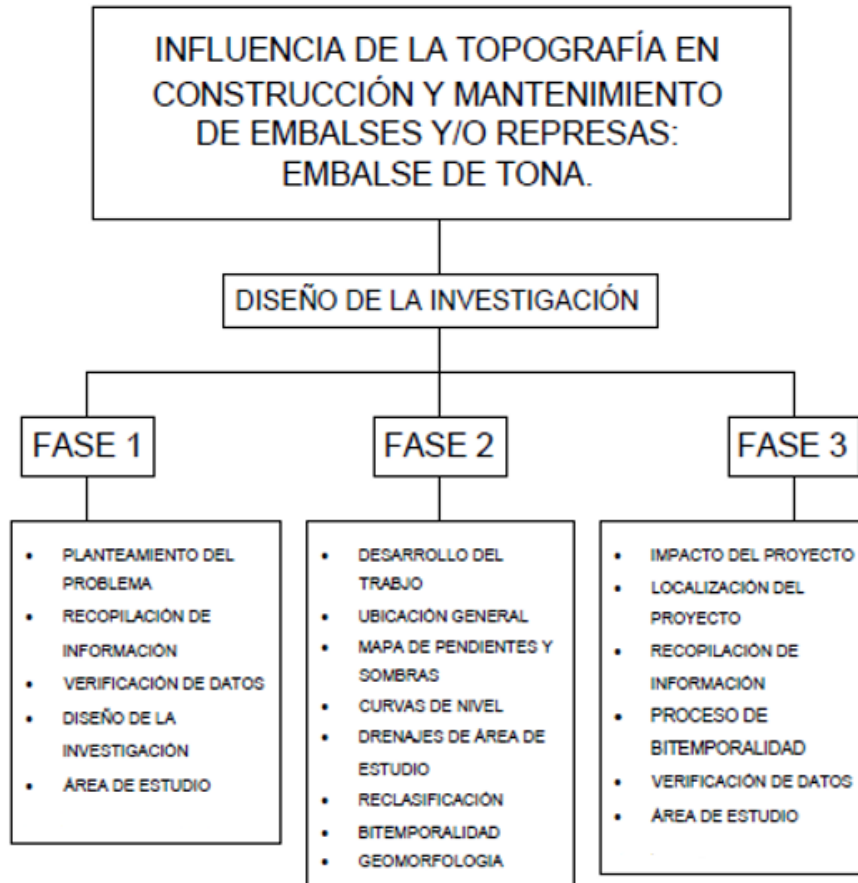
Revisión Bibliográfica: Búsqueda y revisión de estudios previos relacionados con la influencia de la topografía en la construcción y mantenimiento de embalses.

Análisis de Datos y Elaboración de Informe: Análisis de los datos recopilados y elaboración de un informe final que documente los hallazgos y conclusiones del estudio.

Este diseño de investigación permitirá obtener una comprensión profunda de la influencia de la topografía en la construcción y mantenimiento de embalses, así como identificar recomendaciones prácticas para mejorar la gestión de este tipo de infraestructuras en entornos topográficamente complejos.

Ilustración 1

Diseño de la investigación



Fuente: Propia

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1 FASE 1

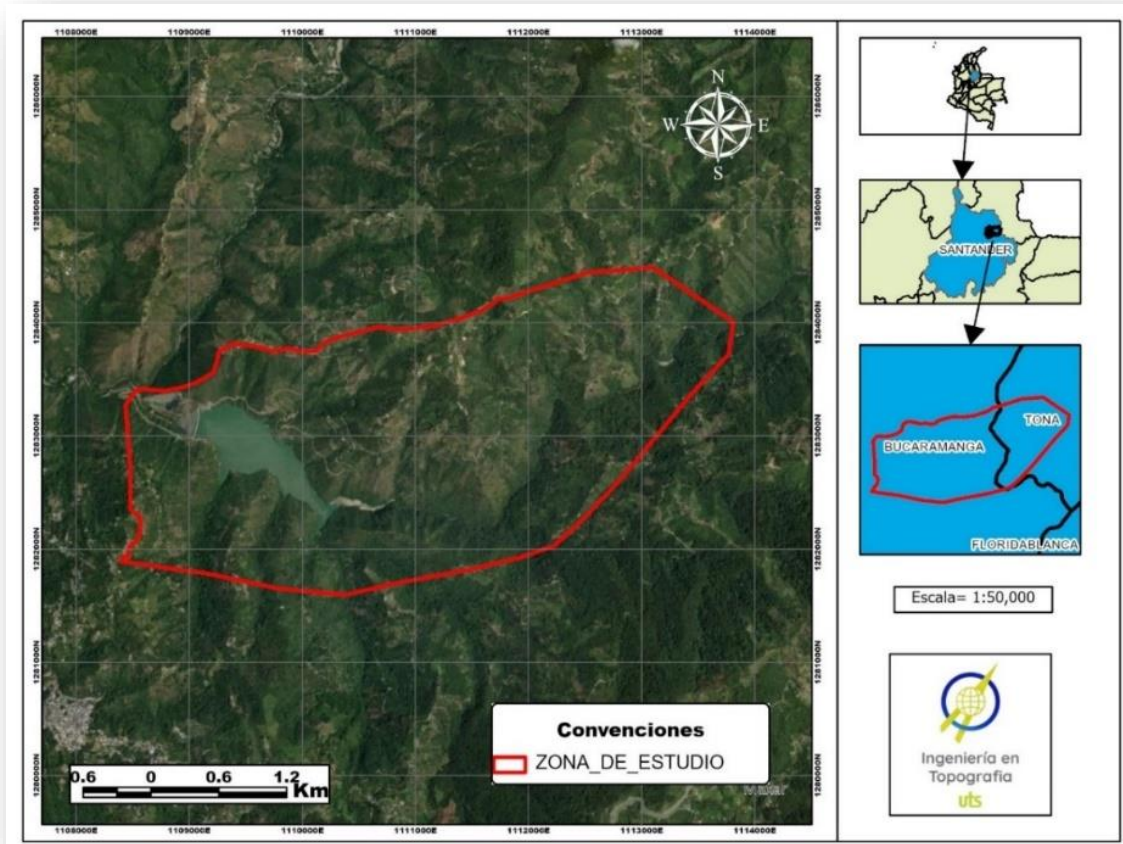
4.1.1 UBICACIÓN GENERAL Y CARACTERÍSTICAS DE LA REPRESA DE TONA.

El embalse de Bucaramanga está ubicado en el cauce del río Tona, (con influencia hidrológica del río Tona y Surata), en el departamento de Santander, Colombia. Este embalse abarca ocupa un área de 54 hectáreas, con una altura del embalse de 103 metros de altura que almacena un volumen de 17.6 millones de metros cúbicos de agua. Con un caudal de 1000 litros de agua por segundo, con un equivalente de reserva para tres meses de consumo.

Así mismo la obra está conformada por una Planta de Tratamiento de 1.200 litros por segundo de capacidad, una Línea de Aducción de 3.8 kilómetros y una Línea de Conducción en tubería de 1.2 metros de diámetro y de 15 kilómetros de longitud hasta el Municipio de Girón.

Ilustración 2

Mapa de área de estudio



Fuente: Propia

El mapa del área de estudio abarca un total de 1018 hectáreas, proporcionando una visión detallada y precisa de la extensión y las características geográficas de la región analizada. Este mapa sirve como una herramienta fundamental para la planificación y ejecución de las actividades proyectadas en el área delimitada.

4.1.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

4.1.2.1 Imágenes satelitales

- **ALOS PALSAR**

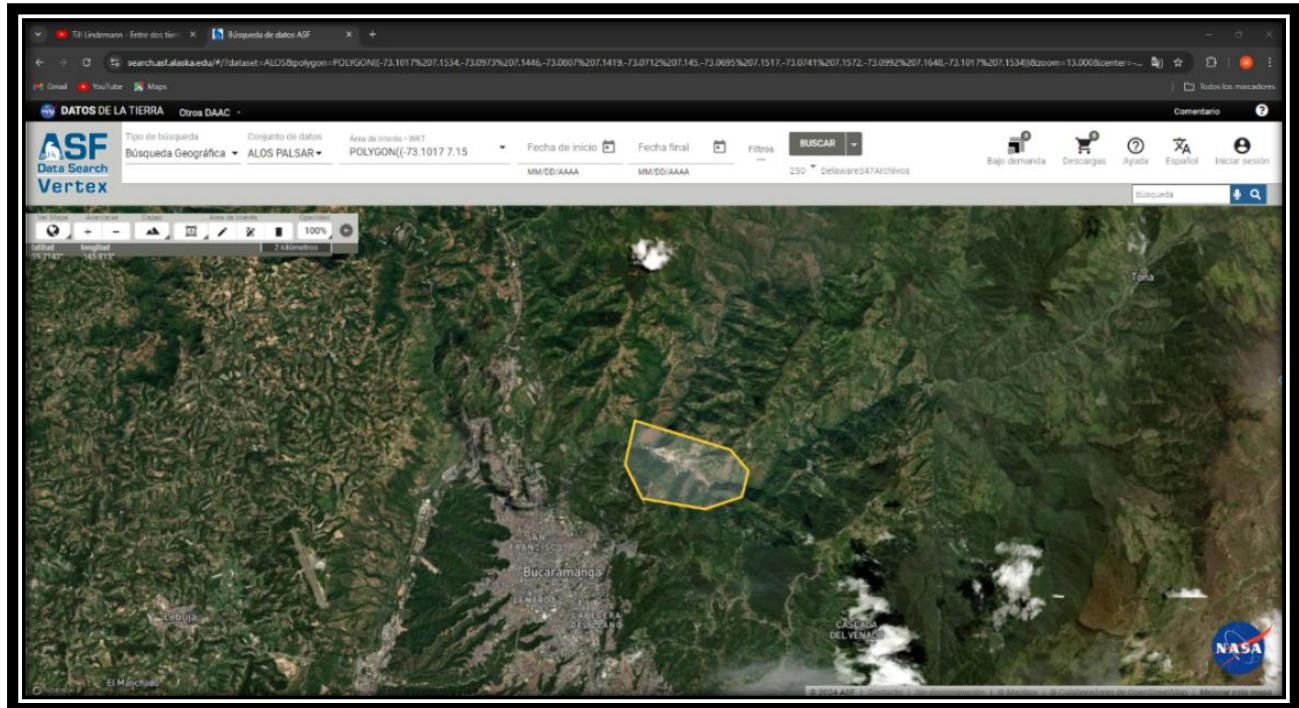
De 2006 a 2011, el radar de apertura sintética (SAR) de banda L de PALSAR produjo observaciones detalladas, en todo tipo de clima, día y noche, así como interferometría de paso repetido.

Los datos de PALSAR provienen de múltiples modos de observación con polarización, resolución, ancho de barrido y ángulo fuera del nadir variables.

PALSAR fue uno de los tres instrumentos del Satélite Avanzado de Observación Terrestre (ALOS), también conocido como DAICHI, desarrollado para contribuir a los campos de la cartografía, la observación precisa de la cobertura terrestre regional, la vigilancia de desastres y la topografía de recursos. ALOS fue una misión de la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA).

Ilustración 3

Plataforma de descarga de imágenes satelitales – Alos Palsar



Fuente: Propia

- **Land Cover Explorer** Es una aplicación en línea desarrollada por **Esri** que permite visualizar y analizar los cambios en la cobertura terrestre a nivel global. Aquí tienes algunos detalles clave:
 - I. **Fuente de datos:** La aplicación utiliza imágenes de **Sentinel-2**, un satélite de la **Agencia Espacial Europea (ESA)**. Estas imágenes tienen una resolución de **10 metros**.
 - II. **Mapa de uso/ocupación del suelo:** La aplicación muestra una capa de series temporales de uso/ocupación del suelo (LULC) derivada de las imágenes de Sentinel-2. Esto significa que puedes

- explorar cómo ha cambiado la cobertura terrestre a lo largo del tiempo.
- III. **Clases de uso/ocupación del suelo:** Puedes ver diferentes categorías, como agua, árboles, vegetación inundada, cultivos, áreas construidas, suelo desnudo, nieve/hielo y nubes.
 - IV. **Herramientas de análisis de cambios:** La aplicación también proporciona herramientas para analizar los cambios en la cobertura terrestre, lo que es útil para tomadores de decisiones a nivel local, regional y nacional.

Ilustración 4

Plataforma para análisis de coberturas



Fuente: Esri Sentinel -2 Land Cover Explorer

En esta página se pueden descargar imágenes del área de estudio de diferentes tiempos para analizar la bitemporalidad.

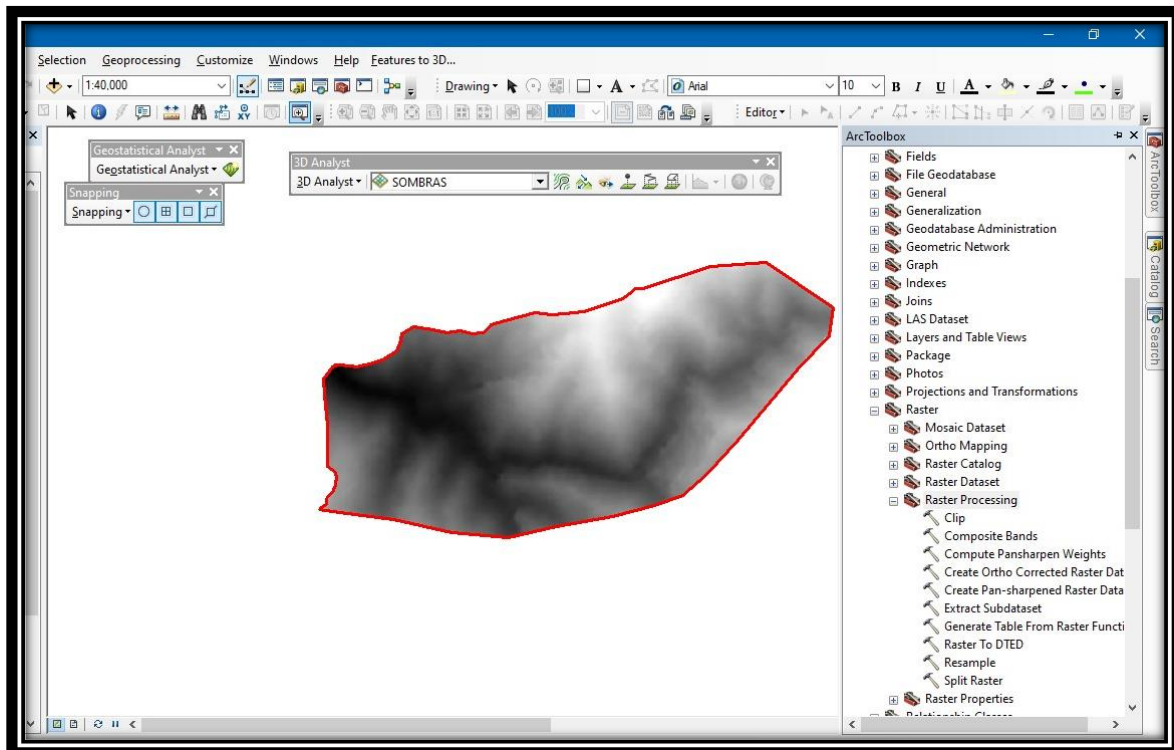
4.2 FASE 2

4.2.1 MAPA DE PENDIENTES Y SOMBRAS

- **Pendientes:** En ArcGis se carga la imagen que se descargan de Alos Palsar y luego se carga en SHP del área de estudio para realizar el recorte del área de interés.

Ilustración 5

Herramienta Slope (pendiente)



Fuente: Propia

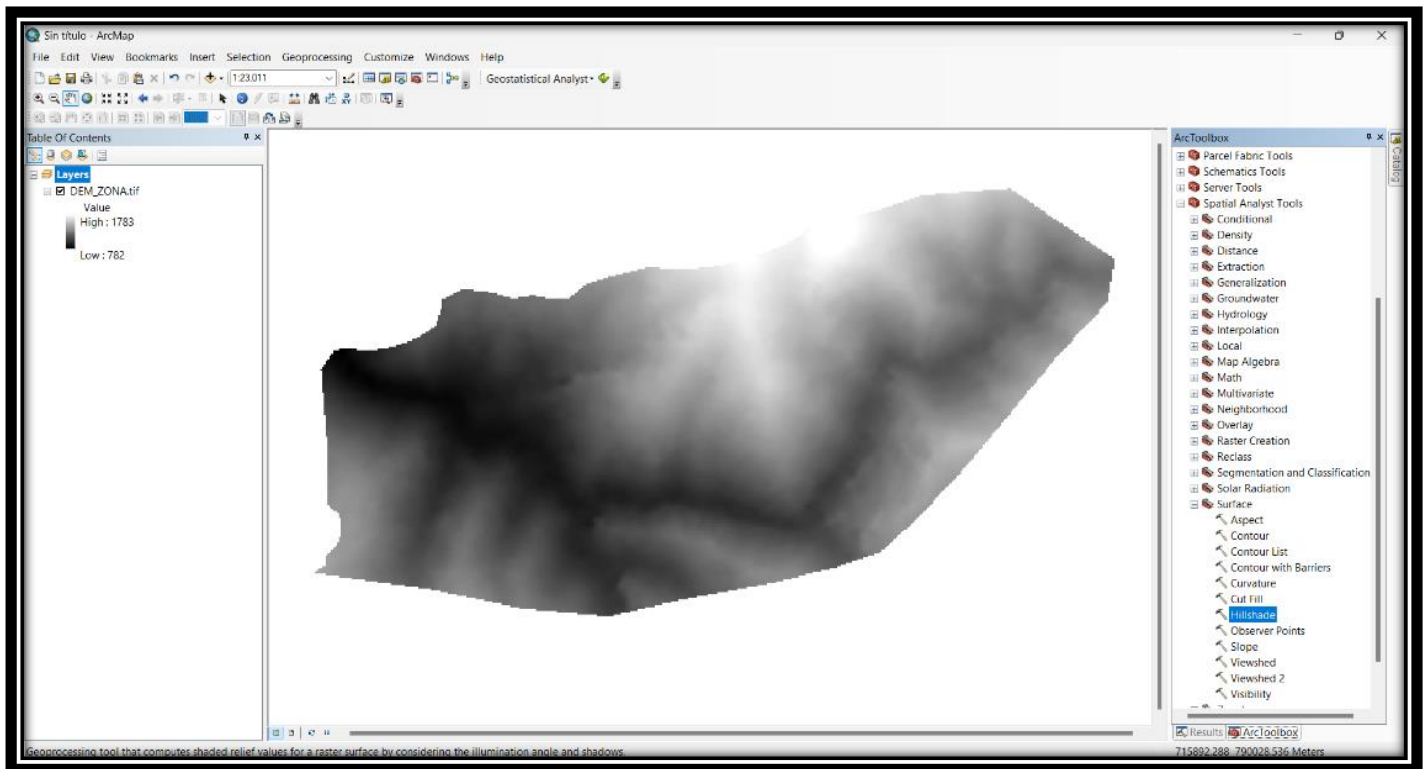
Se utiliza esta herramienta para identificar la diferencia de pendientes tanto en porcentaje como en grados, que tienen gran importancia para poder identificar los cambios de altitud con los que se abastece la represa de Tona.

- **Sombras:**

Con el mismo DEM que se generó el mapa de pendientes a su vez se creó un mapa sombras, gracias a la herramienta Hillshade del software ArcGIS.

Ilustración 6

Herramienta Hillshade (Mapa de Sombras)

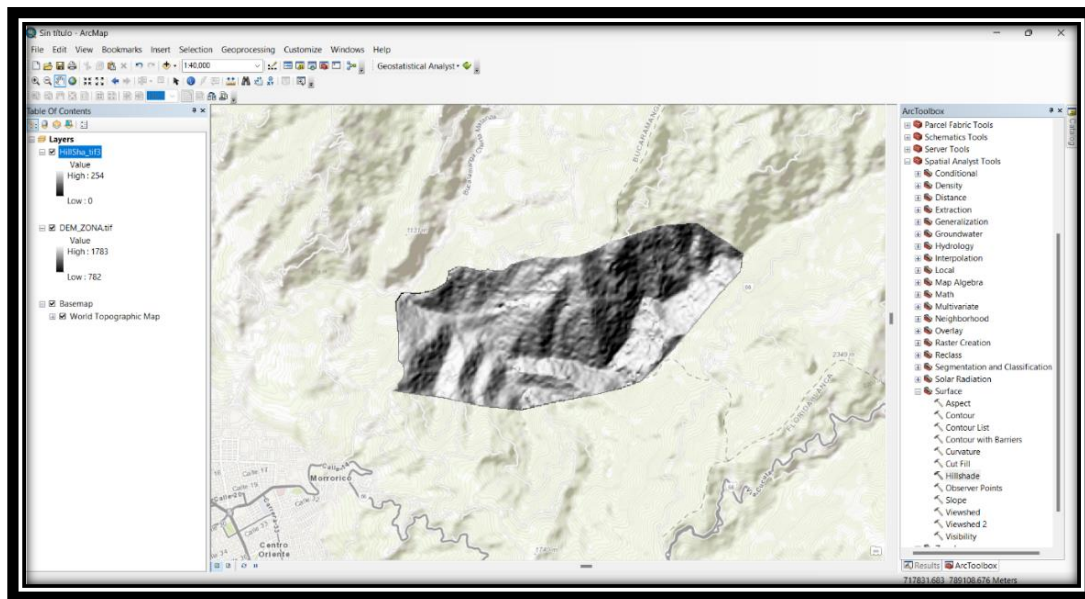


Fuente: Propia

Se observa la superficie del terreno a través de sombreados de las laderas encontrando un efecto de profundidad, lo que facilita visualizar la topografía y la orientación de las laderas.

Ilustración 7

Resultado para mapa de sombras



Fuente: Propia

Tabla 1

Criterios para reclasificación

Clase*	Descripción	Porcentaje	Grados
01	Plano	0 - 1	0 - 0.57
02	Muy ligeramente inclinado	1 - 2	0.57 - 1.15
03	Ligeramente inclinado	2 - 5	1.15 - 2.86
04	Inclinado	5 - 10	2.86 - 5.71
05	Fuertemente inclinado	10 - 15	5.71 - 8.53
06	Moderadamente escarpado	15 - 30	8.53 - 16.70
07	Escarpado	30 - 60	16.70 - 30.96
08	Muy escarpado	> 60	> 30.96

Fuente: (PDF) Fundamentos de SIG | Franz Pucha-Cofrep - Academia.edu,

2017

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

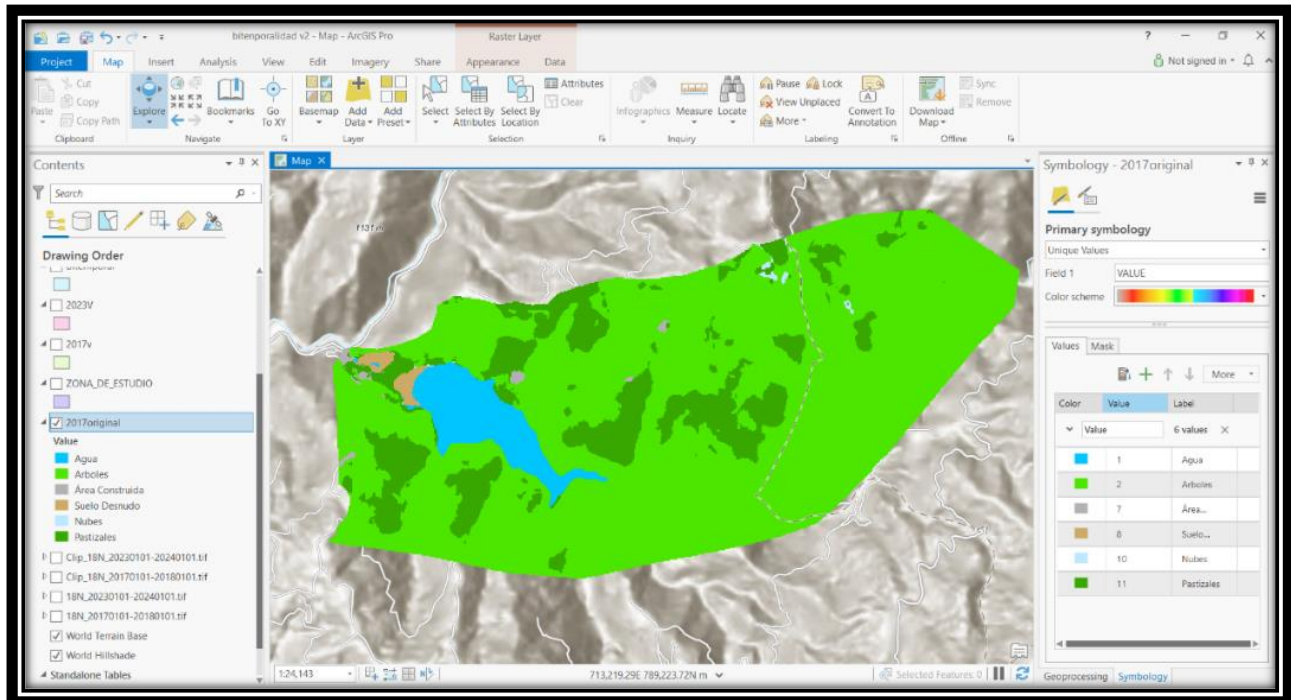
APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

4.2.2 Bitemporalidad

La bitemporalidad se refiere a la capacidad de registrar y rastrear cambios en los datos a lo largo del tiempo, se puede interpretar por medio de imágenes satelitales los cambios en este caso la zona de estudio en dos diferentes épocas 2017 y 2023 se compara los cambios que atenido la superficie en estos dos tiempos y como ha afectado en la construcción de la represa de Tona, Para ellos se utiliza el programa de Arc-gis Pro generar las coberturas de cada época y con la herramienta de "Intersect" se puede solapar el área de estudio atreves del tiempo y analizar los cambios.

Ilustración 8

Cobertura zona de estudias 2017.



Fuente: Propia

Tabla 2

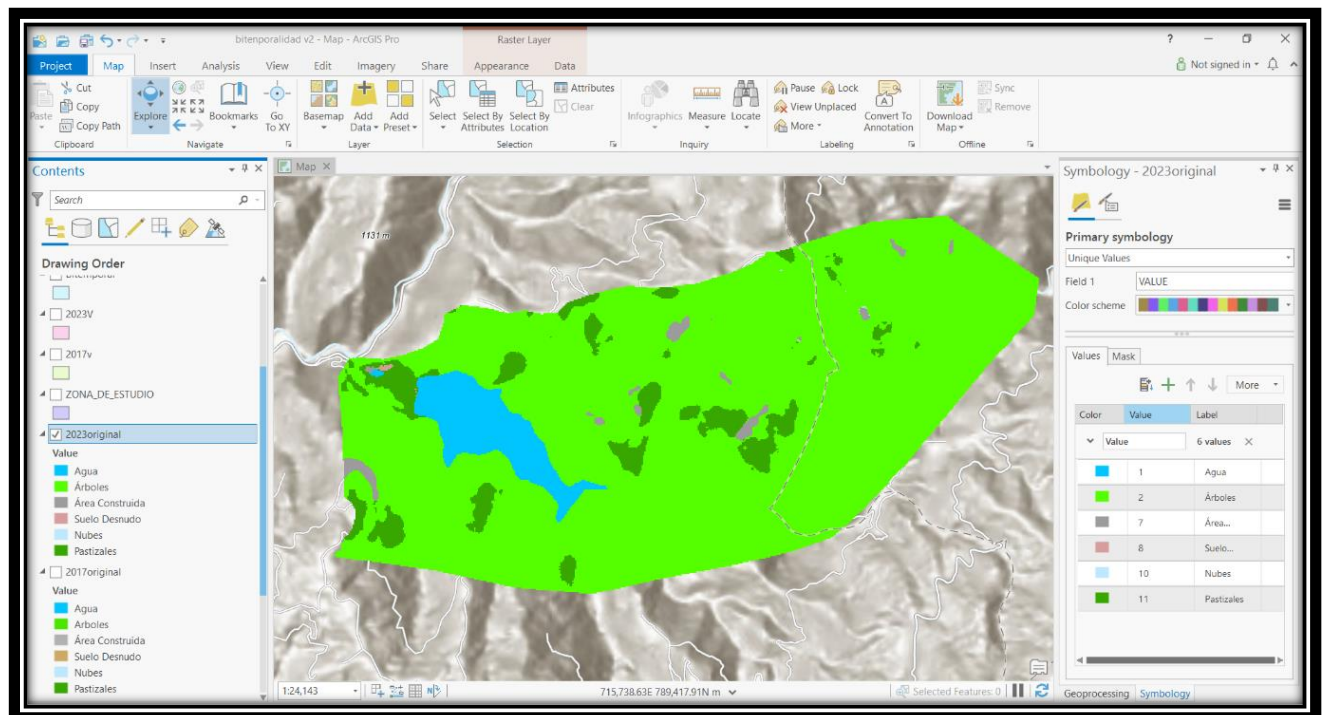
Cobertura 2017

Cobertura 2017			
ID	Descripción	Área	Porcentaje (%)
1	Agua	52.79	5.18
2	Árboles	795.98	78.18
7	Área Construida	4.18	0.41
8	Suelo Desnudo	6.75	0.66
10	Nubes	1.98	0.19
11	Pastizales	156.54	15.37

Fuente: Propia

Ilustración 9

Cobertura zona de estudios 2023



Fuente: Propia

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

Tabla 3

Cobertura 2023

Cobertura 2023			
ID	Descripción	Área	Porcentaje (%)
1	Agua	54.49	5.35
2	Árboles	885.11	86.93
7	Área Construida	10.98	1.08
8	Suelo Desnudo	0.42	0.04
10	Nubes	0.13	0.01
11	Pastizales	67.09	6.59

Fuente: Propia

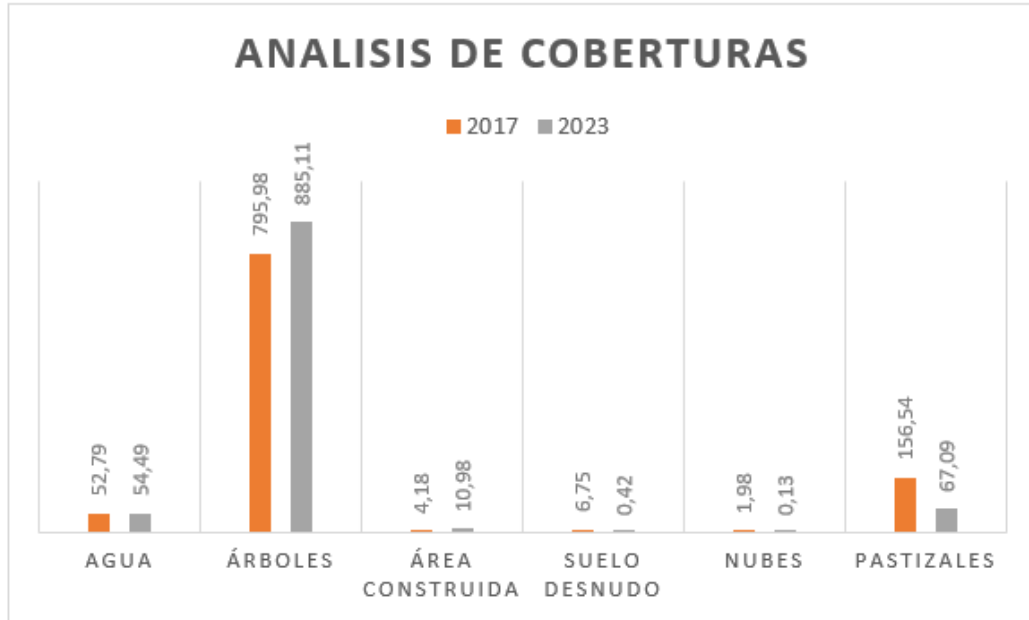
4.2.2.1 Análisis de bitemporalidad

- Coberturas:

Mediante el análisis de coberturas terrestres por la plataforma de Land Cover Explorer, permite analizar la como está distribuido utilizando información de 2 tiempos distintos, el cual permite visualizar y analizar los cambios que han ocurridos de la zona de estudio en el tiempo. Se puede analizar los cambios en la cobertura vegetal, cambios en las áreas de construcciones, aumento de zonas de agua y cambios en el paisaje. En la tabla 4 se puede identificar los cambios de cobertura entre en año 2017 y 2023. Se representa el área de la zona de estudio por (Ha).

Tabla 4

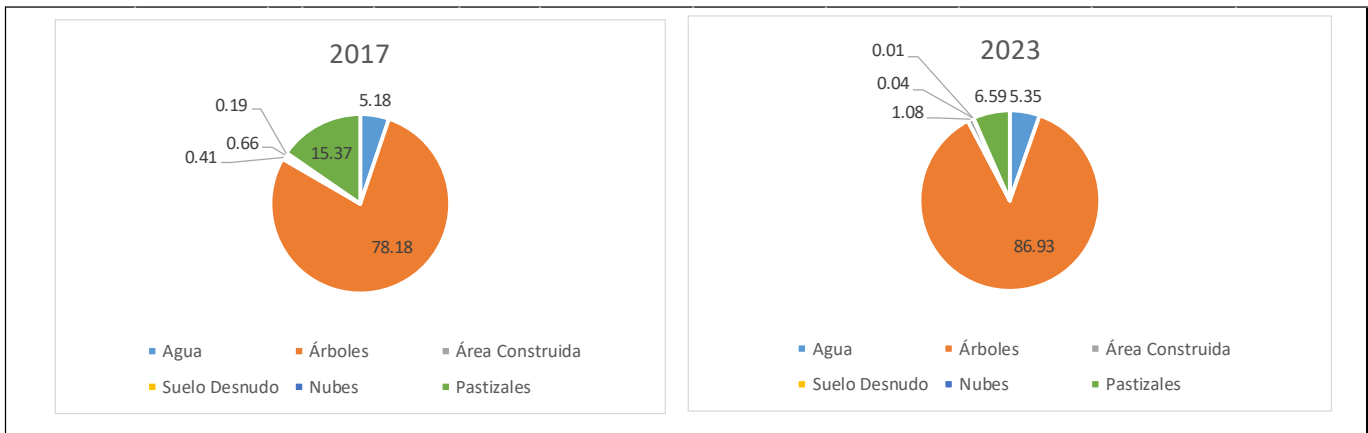
Áreas de Coberturas



Fuente: Propia

Ilustración 10

Cobertura 2017 - 2023



Fuente: Propia

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

Los gráficos se pueden analizar de manera más detallada como están distribuida las coberturas presentes en cada año, teniendo una idea más clara cuales zona son predominantes en el área de estudio.

La finalidad de la generación de la bitemporalidad entre las coberturas del año 2017 y 2023 (ver tablas 2 y 3). Es para conocer las variaciones que ha presentados, identificar afectaciones o beneficios que ha tenido por la construcción de la represa de Tona.

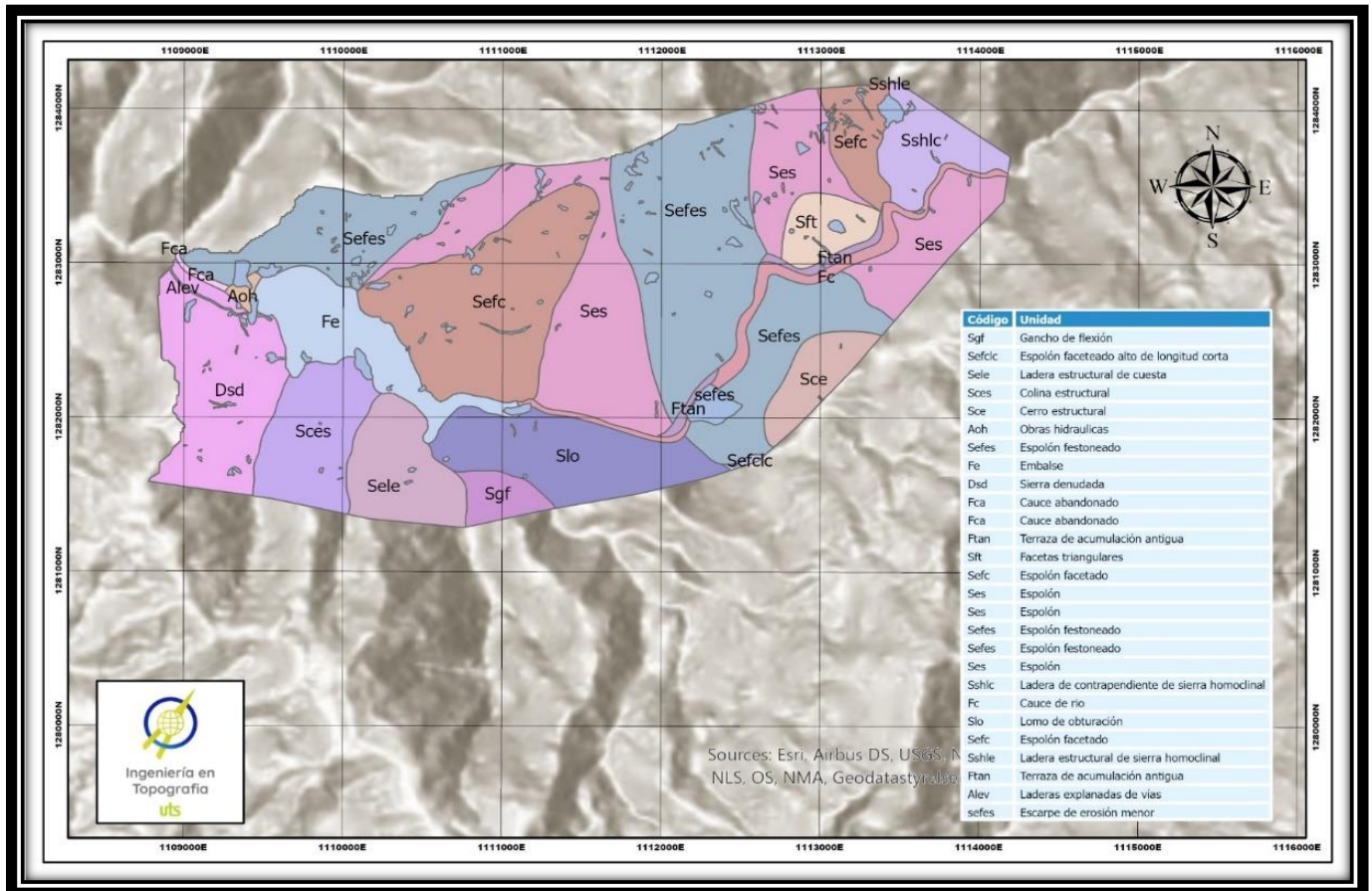
Se puede identificar que con el paso del tiempo hay un aumento en las zonas de árboles de 795.98 a 885.11 Hec, se aumentó las construcciones en la zona de 4.18 a 10.98 Hec, y hubo una disminución del suelo desnudo de 6.75 a 0.42 Hec y se disminuyó las zonas de pastizales de 156.24 a 67.09 Hec.

Lo cual se podría concluir que con la construcción del embalse de Tona ha tenido grandes beneficios por aumento de las construcciones y zonas de bosque.

4.2.3 GEOMORFOLOGÍA

Ilustración 11

Geomorfología zona de estudio.



Fuente: (Ramos, 2023) y editada.

Se presentan unidades genéticas de relieve

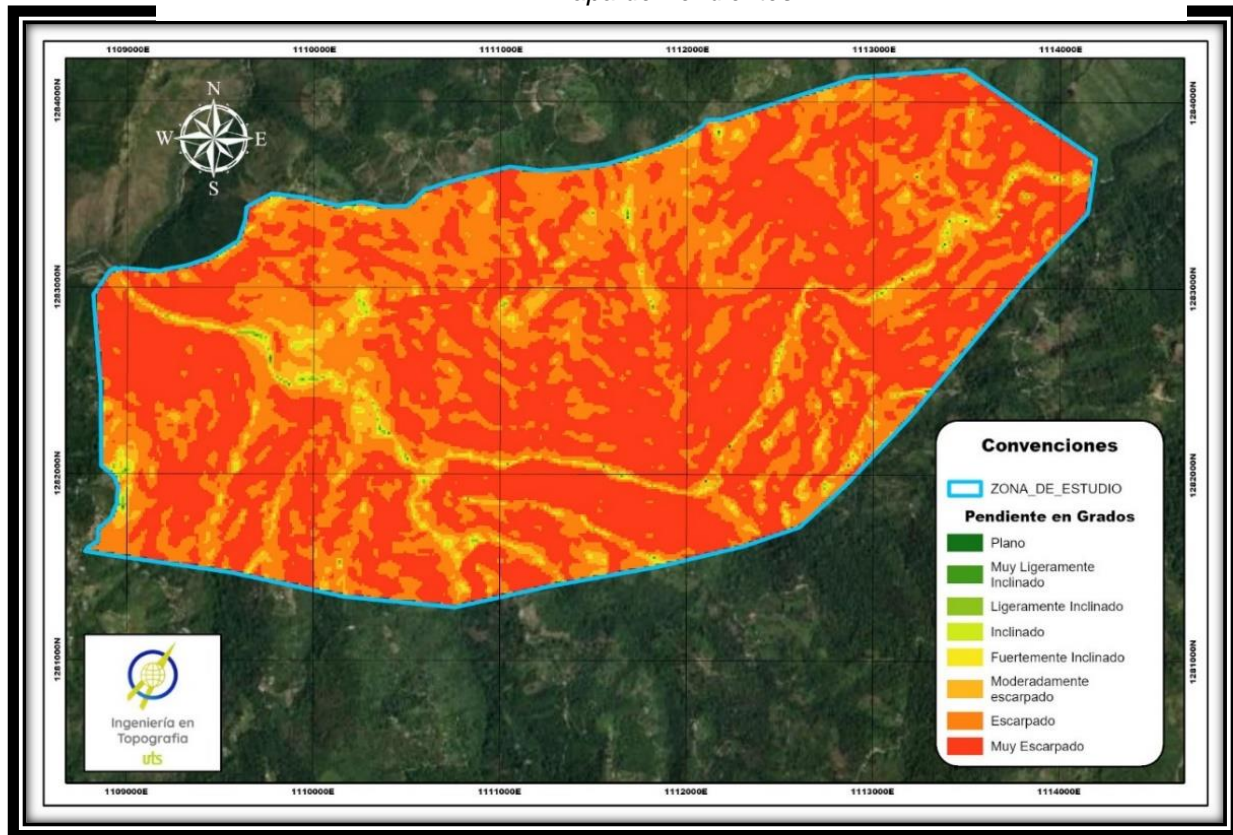
- Relieve montañoso Glacifluvial.
- Relieve Montañoso Fluvioerosional.
- Relieve Montañoso Estructural Denudativo.
- Piedemonte Coluvial.
- Valle aluvial.

5. RESULTADOS

5.1 MAPA DE PENDIENTES

Ilustración 14

Mapa de Pendientes



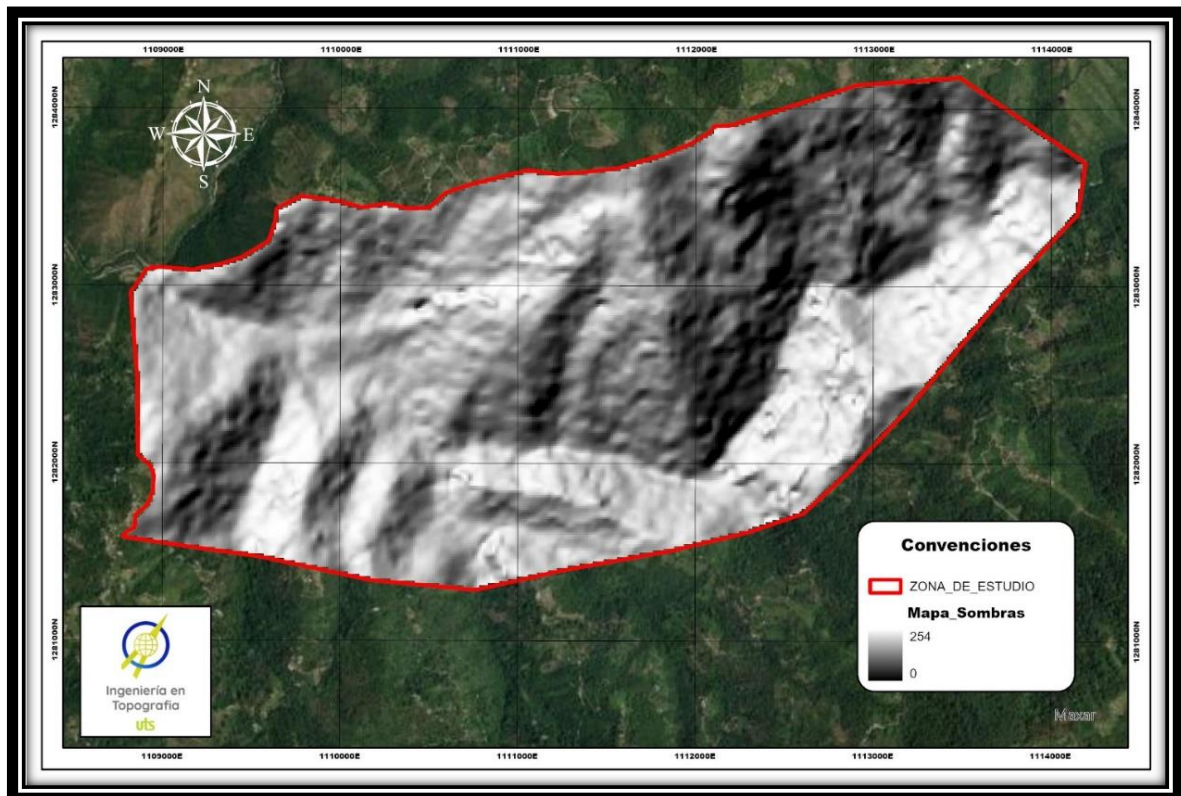
Fuente: Propia

Se puede observar que en la zona de estudio se encuentra gran parte de la pendiente entre moderadamente escarpado que es del color naranja a muy escarpado de color rojo y en ciertas zonas donde se encuentra el cauce unas zonas con pendientes ligeramente inclinadas. Con lo cual se puede corroborar en comportamiento de avenidas torrenciales por los cambios de pendientes de la zona de estudio que en su mayoría va dirigidos al río principal para abastecer el embalse.

5.2 MAPA DE SOMBRAS

Ilustración 17

Mapa de Sombras



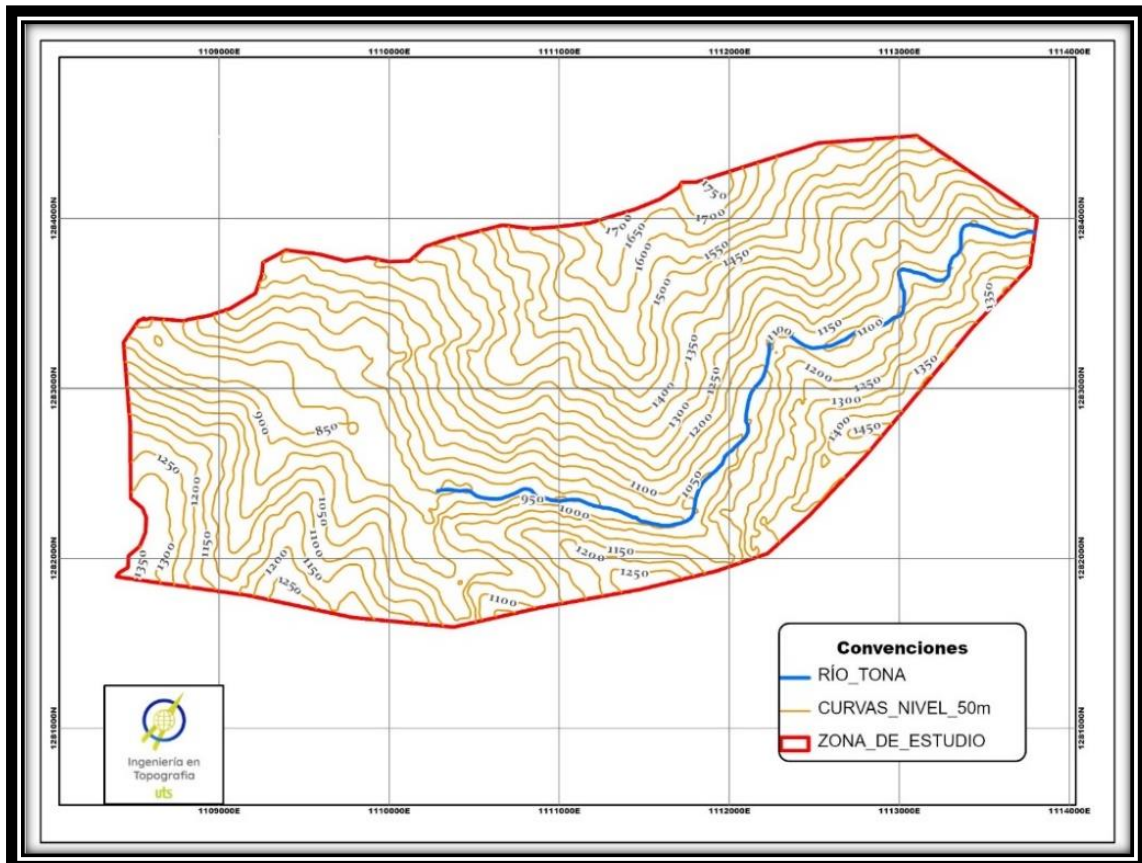
Fuente: Propia

Con el mapa de sombras se puede corroborar las variaciones de pendientes que existen en la zona de estudio, es un área bastante quebrada enmarcada por un sistema de montaña. Se encuentra un sistema Montañoso Estructural y Denudativo, el cual se observan pendiente muy marcada y gran cantidad de drenajes por las altas montañas las cuales se encuentran en dirección del buzamiento los cual es un sitio favorable para la construcción del embalse de Tona.

5.3 CURVAS DE NIVEL

Ilustración 20

Mapa de Curvas de Nivel



Fuente: Propia

Con el mapa de curvas de nivel se puede observar cómo influye el cambio de alturas desde la cota 1750 por el norte y 1350 por el este. Lo cual favorece el lugar donde se realizó la construcción del embalse, en la cota 850 y como a su alrededor favorece por tener un sistema de montañas.

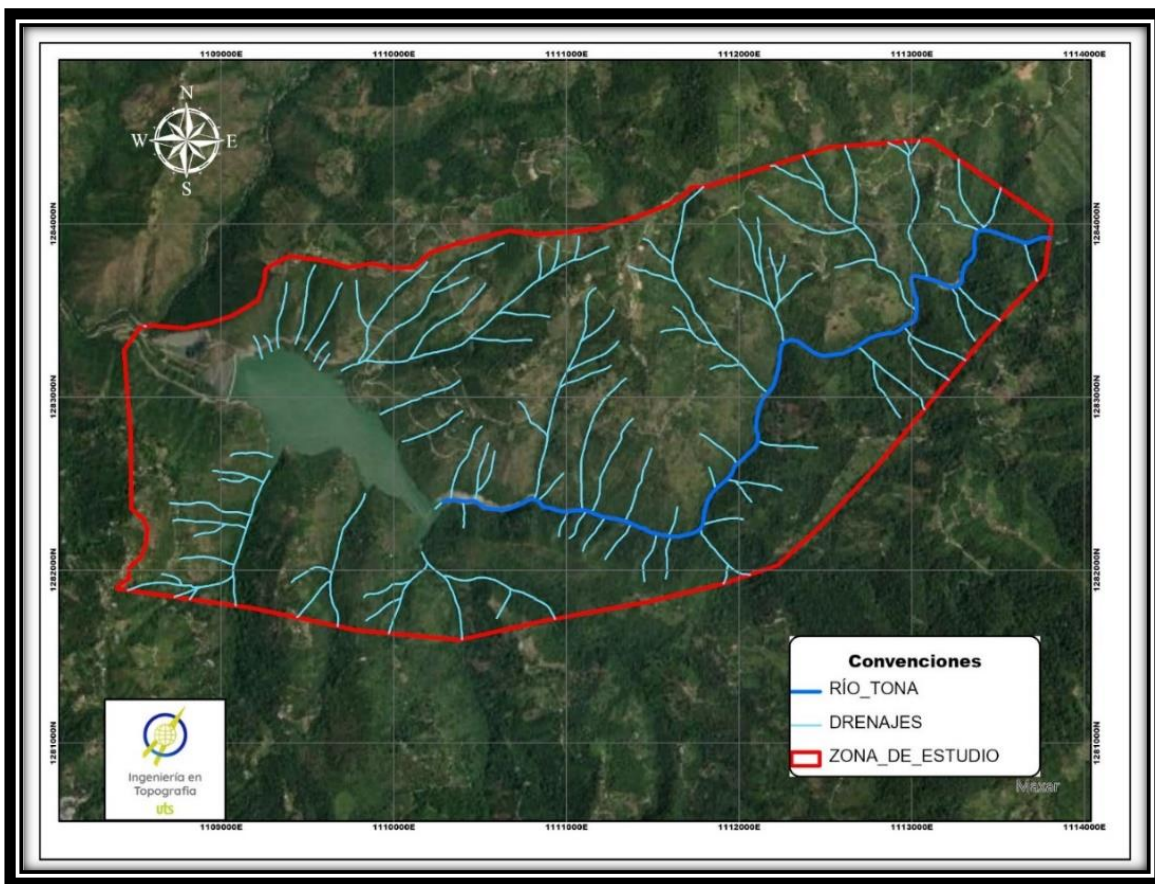
También se puede analizar que aguas arriba del río la topografía del área de estudio drena por escorrentía hacia el río Tona y este al embalse, es decir el tiene

una recarga permanente gracias a la vegetación, clima, precipitaciones y topografía del área (cambios en la altitud, pendientes, dirección de pendientes, geoformas).

5.4 DRENAJES DE ÁREA DE ESTUDIO

Ilustración 23

Mapa de Drenajes



Fuente: Propia

El sistema de drenaje que se presenta en la zona de estudio es detrítico paralelo, también se observan sistemas radiales y reticular.

En su gran mayoría es detrítico por que el relieve está marcado por la geología estructural de la zona por la presencia de fracturas en el terreno y pliegues, que en el paisaje y los drenajes marcan una pauta en su dirección.

Dentro del tipo de relieve se encuentran:

- ❖ Valle aluvial.
- ❖ Relieve Montañoso Fluvierosional.
- ❖ Relieve Montañoso Estructural Denudativo.

La geomorfología de la zona es de Ambiente Denudacional:

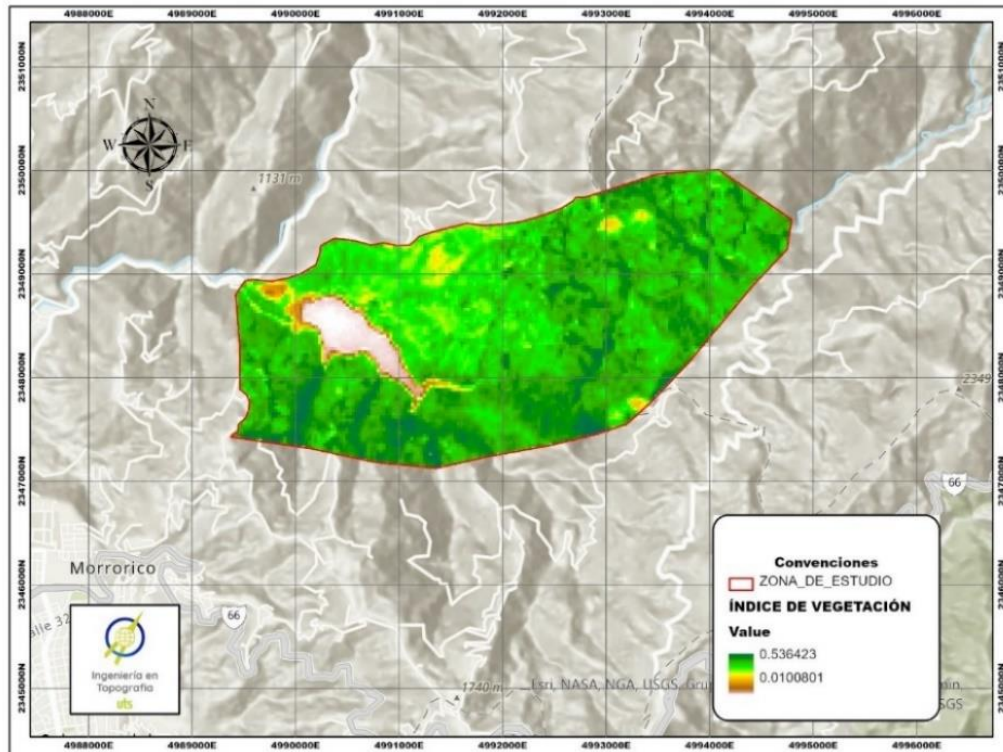
- **Ladera denudada** ya que presenta una superficie amplia, convexa a plana y pendientes planas a inclina dadas en el sitio donde de realizo la construcción del embalse.
- **Sierra residual:** Se caracteriza por tener topografía montañosa y elongada con pendientes muy inclinadas.
- **Ambiente fluvial** se caracteriza por superficies alomadas en formas de abanico de extensión de kilómetros.

Con estas condiciones se puede concluir que el embalse de Tona, se recargue continuamente por la gran cantidad de bosques presentes en la zona ayudando en la generación de agua, lo cual favorece el buzamiento para que el agua corra en dirección al rio abasteciéndolo constantemente.

5.5 ANÁLISIS INDICE DE VEGETACIÓN

Ilustración 26

Mapa de índice de Vegetación

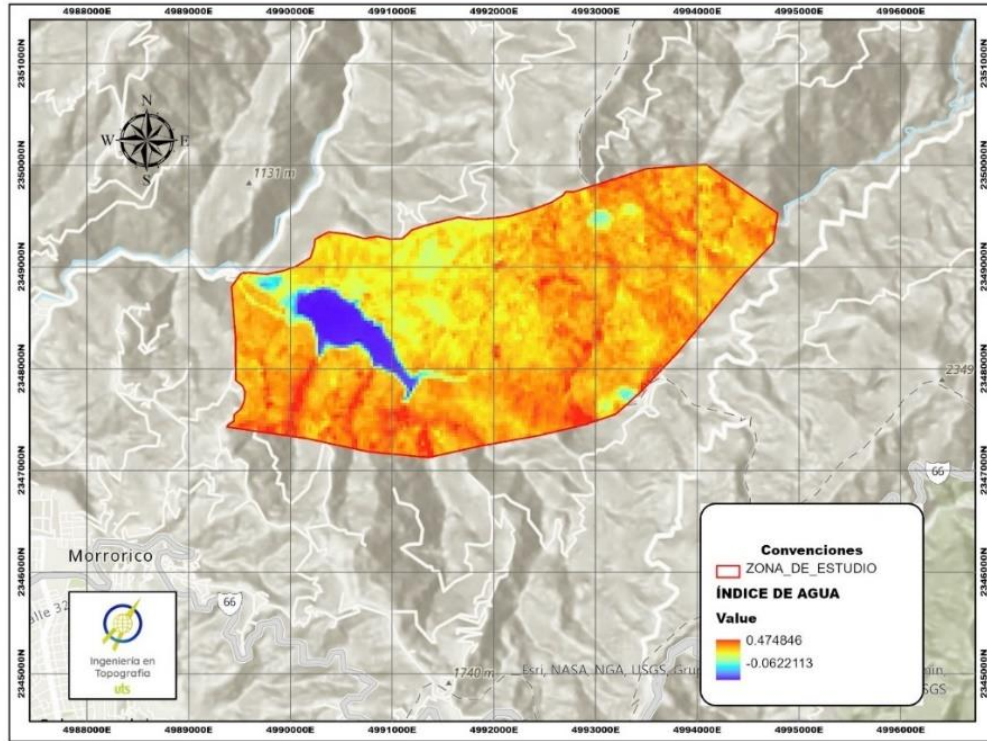


Fuente: Propia

5.6 ANÁLISIS ÍNDICE DE AGUA

Ilustración 29

Mapa de índice de Agua

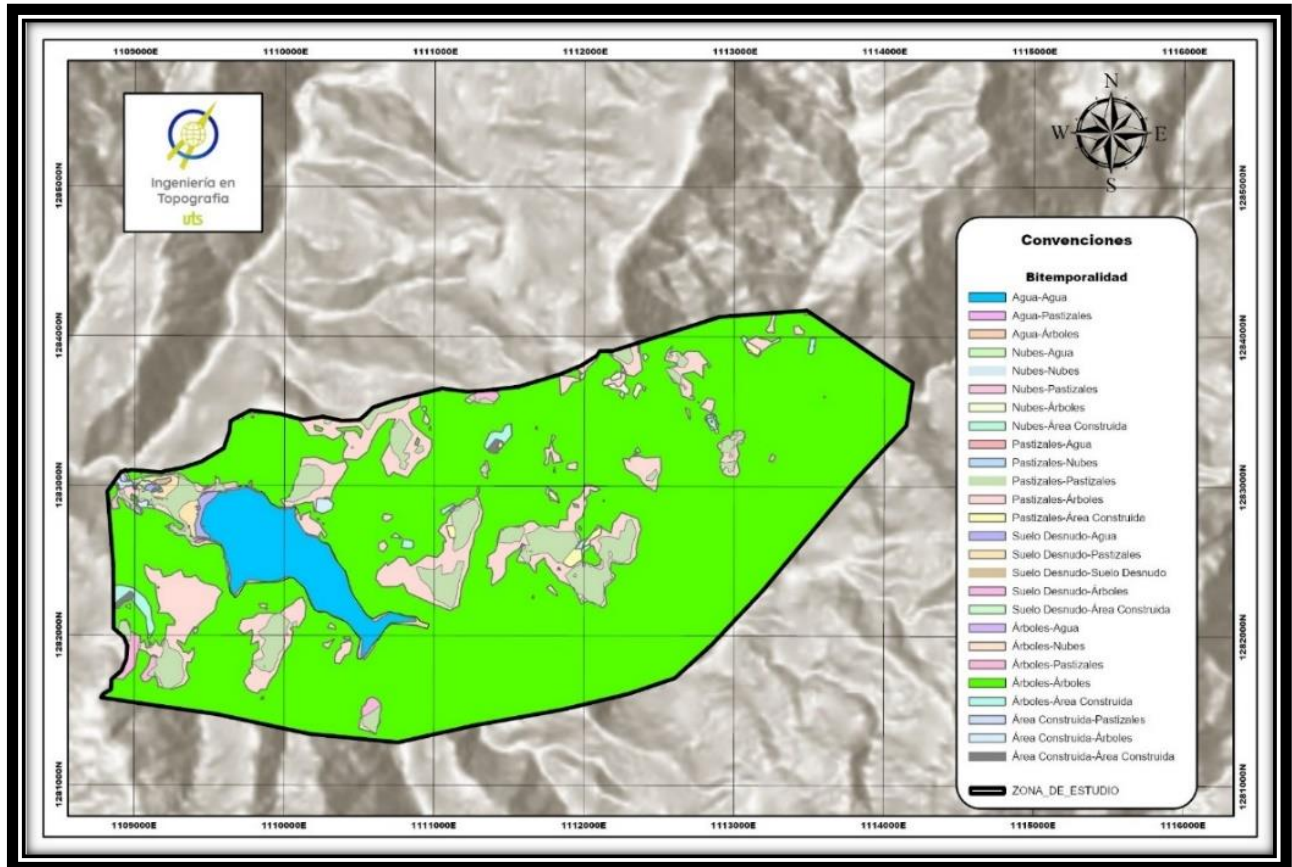


Fuente: Propia

5.7 BITEMPORALIDAD

Ilustración 32

Bitemporalidad



Fuente: Propia

El resultado de la bitemporalidad y los cambios que se observan en las coberturas del año 2017 y 2023. Entre los parámetros de agua, árboles, área construida, pastizales y suelo desnudo. Lo que más resalta son los aumentos de agua, árboles y áreas construidas. Concluyendo que por la construcción y funcionamiento del embalse han tenido aumento en los asentamientos de la zona, lo cual significa un desarrollo favorable en las zonas aledañas al embalse de Tona.

5.8 CUADRO COMPARATIVO

Tabla 5

Cuadro comparativo entre POTS

Aspecto	POT Bucaramanga	EOT Tona	POMCAS
Objetivo General	Ordenar el territorio del municipio de Bucaramanga, considerando el desarrollo sostenible.	Definir el uso y ocupación del suelo en Toná, con especial énfasis en la protección ambiental.	Ordenar y manejar la micro cuenca del río Toná para proteger recursos naturales y promover el desarrollo sostenible.
Áreas de intervención	Urbano y rural, con un enfoque en la expansión urbana y mejoramiento de infraestructura.	Rural y urbana, con énfasis en la conservación de recursos naturales y mejoramiento de vías rurales.	Micro cuenca del río Toná (193.8 km ²), con énfasis en la gestión integral del recurso hídrico y la conservación ambiental.
Población	Bucaramanga cuenta con una población aproximada de 581,130 habitantes (DANE, 2020).	Toná tiene una población aproximada de 4,168 habitantes, con una mayor concentración en el casco urbano.	La micro cuenca del río Toná cuenta con 3,978 habitantes, distribuidos en 883 familias y 951 viviendas.
Educación	Mejora y ampliación de infraestructura educativa en zonas urbanas y rurales. Se proyecta la construcción de nuevas instituciones educativas y el mejoramiento de las existentes para alcanzar una cobertura del 100% en educación básica y media.	Educación básica primaria en 21 escuelas y educación secundaria en el casco urbano de Toná. Se incluyen programas de capacitación técnica y agropecuaria para jóvenes y adultos, con el objetivo de fortalecer las capacidades locales y promover el desarrollo sostenible.	Programas de educación ambiental y capacitación para la conservación de recursos naturales y la sostenibilidad local.
Servicios públicos	Ampliación y mejoramiento de servicios públicos en zonas urbanas y rurales, incluyendo agua potable, alcantarillado, energía y telecomunicaciones. Se proyecta la cobertura del 100% en servicios de agua potable y saneamiento básico para el año 2030.	Implementación de proyectos de saneamiento básico, construcción de acueductos rurales y sistemas de tratamiento de aguas residuales. Se espera alcanzar una cobertura del 90% en servicios de agua potable y el 80% en alcantarillado en las zonas rurales para el año 2025.	Mejora y ampliación de infraestructura de servicios públicos, con énfasis en agua potable y saneamiento básico.
Gestión Territorial	Instrumentos para la gestión urbana y rural, incluyendo la gestión de riesgos. Se incluyen planes de acción para la mitigación de desastres naturales y la recuperación de áreas degradadas.	Estrategias de gestión urbana y rural, con especial énfasis en la protección de cuencas hidrográficas y la conservación de suelos. Se implementan programas de reforestación y manejo de suelos para prevenir la erosión y mejorar la calidad del suelo agrícola.	Estrategias de gestión integral para la protección y uso sostenible de los recursos naturales en la micro cuenca.

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

Infraestructura Vial	Desarrollo y mejora de la infraestructura vial en zonas urbanas y rurales. Se proyecta la construcción de nuevas vías y la ampliación de las existentes para mejorar la conectividad y reducir los tiempos de desplazamiento. El plan incluye la construcción de 50 km de nuevas vías y la pavimentación de 100 km de vías rurales para el año 2030.	Clasificación y mejora de vías rurales y municipales, rutas turísticas y tratamiento de áreas libres. Se proyecta la pavimentación de 20 km de vías rurales y la construcción de 5 km de nuevas vías para mejorar la accesibilidad y fomentar el turismo sostenible en el municipio para el año 2025.	Mejora de la infraestructura vial para facilitar el acceso y el desarrollo económico en la micro cuenca del río Tona.
Uso del Suelo	Asignación de usos del suelo para desarrollo urbano, áreas industriales y comerciales, con un enfoque en la densificación y el uso mixto del Suelo. Se incluyen zonas de protección ambiental y áreas de riesgo. Se espera alcanzar un uso eficiente del suelo urbano para soportar una densidad de 100 habitantes por hectárea en áreas urbanas para el año 2030.	Zonificación del suelo rural para protección ambiental, desarrollo rural y actividades agrícolas. Se fomenta el uso sostenible del suelo agrícola y la implementación de prácticas agroecológicas. Se proyecta la conservación del 50% del territorio municipal como áreas de protección y conservación ambiental para el año 2025.	Zonificación de la micro cuenca para usos de conservación, producción sostenible y áreas de manejo especial
Desarrollo económico	Estrategias para el desarrollo económico y social, con énfasis en la inclusión y equidad. Se fomentan actividades económicas sostenibles y se promueve el crecimiento equitativo. El plan incluye incentivos para la inversión en sectores como la tecnología, la industria y los servicios.	Enfoque en el desarrollo económico rural, con apoyo técnico y económico para el saneamiento básico y la producción agropecuaria sostenible. Se promueven programas de capacitación y asistencia técnica para agricultores, con el objetivo de mejorar la productividad y la calidad de los productos agrícolas locales.	Programas de desarrollo económico enfocados en la sostenibilidad y la mejora de la calidad de vida de los habitantes.
Participación comunitaria	Fomento de la participación ciudadana en la planificación y ejecución de proyectos urbanos y rurales. Se promueven procesos participativos y transparentes para la toma de decisiones, con el objetivo de fortalecer la gobernabilidad y la cohesión social.	Participación de la comunidad en proyectos de desarrollo y conservación ambiental, con mano de obra y apoyo logístico. Se promueven procesos participativos para la planificación y ejecución de acciones, con el objetivo de fortalecer la cohesión social y la participación activa de la comunidad en la gestión del Territorio.	Inclusión de la comunidad en la planificación y gestión del plan de manejo en la micro cuenca, promoviendo la gobernanza local.

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

6 CONCLUSIONES

Como resultado de este trabajo, se ha generado un informe final detallado que documenta exhaustivamente los hallazgos y conclusiones obtenidos. Este informe proporciona una síntesis completa de la influencia de la topografía en la construcción y mantenimiento de embalses, utilizando el caso del Embalse de Bucaramanga en el río Tona como estudio de caso. Se incluyen análisis detallados de la topografía del área.

1. La topografía del área del Embalse de Bucaramanga ejerce una influencia significativa en la planificación y ejecución de proyectos de construcción de embalses. Las pendientes pronunciadas, la presencia de cuerpos de agua naturales y las características del suelo representan desafíos importantes que deben ser abordados durante todas las etapas del proyecto.
2. La aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha demostrado ser fundamental para comprender la relación entre la topografía y los desafíos encontrados en la construcción y mantenimiento del embalse. Estas herramientas permiten una visualización detallada del terreno y facilitan la identificación de áreas críticas que requieren atención especial.
3. Se ha evidenciado la importancia de considerar la topografía en la planificación y gestión de infraestructuras de embalses, no solo durante la fase de construcción, sino también en el diseño de estrategias de mantenimiento y monitoreo a largo plazo. La evaluación

detallada de la topografía permite anticipar posibles problemas y adoptar medidas preventivas para mitigar su impacto.

4. La construcción de la embalse en la microcuenca del río Tona se justifica por una serie de factores estratégicos y de desarrollo que buscan garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, el control de inundaciones en una región crucial para el Área Metropolitana de Bucaramanga. En primer lugar, la microcuenca del río Tona es una fuente vital de agua potable para Bucaramanga y sus alrededores, abasteciendo a una población considerable que depende de este recurso para su vida diaria y actividades económicas. La construcción del embalse permitiría regular el flujo del agua, asegurando un suministro constante incluso en épocas de sequía, lo que es esencial para la estabilidad hídrica y el desarrollo sostenible de la región.

5. La construcción del embalse en el río Tona presenta un conjunto de beneficios que la hacen una opción viable para el desarrollo de la región. De las zonas del área metropolitana porque se tiene un lugar de abastecimiento en tiempos de sequía lo que favorece el sostenimiento de la región.

7 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una segunda fase de investigación con una visita a campo, para recolección de datos más detallados del campo para verificar y actualizar la información del proyecto de grado.
- Se recomienda realizar un orto mosaico del área de estudio. Mediante vuelos con drones para anexar al informe y tener una imagen de más detallada del área de estudio.
- Se recomienda analizar por medio de la bitemporalidad cada año para alimentar una base de datos con los cambios del paisaje.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adarme Valbuena Anibal. (2022, 13 octubre). *Análisis de la influencia del paisaje en el desarrollo de actividades económicas de una región como la Cuenca Hidrográfica de Tona, Santander*. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/10612>

Alberto, S. A. G. (2023, 29 marzo). *Reconstrucción orográfica en la zona alta de la subcuenca del río Tona como aporte a la seguridad hídrica y la planeación del territorio*. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/12037>

Cáceres Rivera Julián Leonardo. (2022, 11 octubre). *Efectos que ha generado los cambios de uso del suelo en los ecosistemas naturales en la sub-cuenca hídrica del río Tona en los últimos 10 años*. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/10498>.

Cáceres, Fernández, Torres, (2022) . Efectos que ha generado los cambios de uso del suelo en los ecosistemas naturales en la subcuenca hídrica del río Tona en los últimos 10 años. Santander .Bucaramanga: Unidades Tecnológicas de Santander.

Carreño Guevara Sergio Alexander. (2023, 31 agosto). *Análisis de amenazas por avenidas torrenciales en la zona media de la microcuenca del río Tona frente al desarrollo del territorio y a través de herramientas SIG*. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/13413>.

CDMB. (2022). Obtenido de <https://economia.uniandes.edu.co/sites/default/files/webproyectos/santurban/PLAN-DE-ORDENAMIENTO-Y-MANEJO-RIO-TONA.pdf>

Edwards, G. J. (2 de FEBRERO de 1998). *RADIOMETRIC CORRECTION OF SATELLITE IMAGES*. Obtenido de *RADIOMETRIC CORRECTION OF SATELLITE IMAGES*: <https://www.ncl.ac.uk/tcmweb/bilko/module7/lesson3.pdf>

Esri. (2016). Obtenido de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000004000000.htm#:~:text=El%20proceso%20de%20an%C3%A1lisis%20espacial,o%20un%20objetivo%20en%20particular>.

Ramos, M. J. (2023). *Zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa escala 1:25.000 en la Microcuenca del Río Tona, Santander*. Bucaramanga: UIS.