



Análisis de amenazas y vulnerabilidad en la zona media del río Lebrija en Santander
mediante uso de SIG y herramientas tecnológicas
Proyecto de investigación

Ingrid Cecilia Mantilla Díaz.
CC 1005307076

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de ciencias naturales e ingenierías
Ingeniería en topografía
Bucaramanga, 28-11-2025



Análisis de amenazas y vulnerabilidad en la zona media del río Lebrija en Santander
mediante uso de SIG y herramientas tecnológicas
Proyecto de investigación

Ingrid Cecilia Mantilla Díaz.
CC 1005307076

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

DIRECTOR
Clara Inés Torres Vásquez

Grupo de Investigación en Medio Ambiente y Territorio-GRIMAT

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Ingeniería en Topografía
Bucaramanga, 28-11-2025

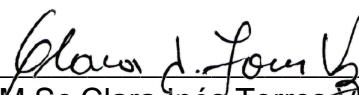
Nota de Aceptación

Aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por
Las Unidades Tecnológicas de Santander para optar al título
de Ingeniero Topógrafo
Según acta #32 del Comité de Proyectos de Grado
Del 01-12-2025

Docente evaluador: Ing. Germán Alberto Suárez Arias
Docente directora: M.Sc Clara Inés Torres Vásquez


German Alberto Suárez Arias

Ing. Germán Alberto Suárez Arias
Firma del Evaluador


M.Sc Clara Inés Torres Vásquez

Firma del Director

DEDICATORIA

A Dios por darme la sabiduría necesaria para culminar este camino.

A mi familia y a quienes me acompañaron con su apoyo incondicional.

Y a mí misma por la disciplina, el esfuerzo y la constancia que me permitieron llegar hasta aquí.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por guiar cada paso de este proceso.

A la institución educativa, por brindarme las herramientas y el conocimiento para crecer profesional y personalmente.

A mis profesores, por su dedicación y por compartir su experiencia para formar mi camino académico.

A mis compañeros y a todas las personas que conocí durante esta etapa, quienes aportaron con su apoyo, palabras y enseñanzas.

TABLA DE CONTENIDO

<u>RESUMEN EJECUTIVO</u>	10
<u>INTRODUCCIÓN</u>	11
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.2. JUSTIFICACIÓN	14
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4. ESTADO DEL ARTE	16
2. MARCO REFERENCIAL	20
2.1. MARCO TEÓRICO	20
POMCA RÍO LEBRIJA	20
POMCA RÍO ALTO LEBRIJA	20
REPORTE DE ALERTAS DE ANÁLISIS REGIONAL CUENCA ALTA DEL RÍO LEBRIJA, RÍO ZULIA Y RÍO PAMPLONITA	21
ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA SOBRE LA GOBERNANZA DEL RÍO LEBRIJA, SANTANDER: CON RELACIÓN A LA EQUIDAD EN EL ACCESO Y EL USO DE RECURSOS HÍDRICOS EN COMUNIDADES RURALES DEL MUNICIPIO SABANA DE TORRES	21
IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS INUNDABLES CON EL USO DE HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS ESPACIAL COMO APOYO A LA GESTIÓN DE RIESGO; CASO DE ESTUDIO “CUENCA ALTA DEL RÍO LEBRIJA”	21
IMPACTO DE LA EXPANSIÓN HUMANA EN EL DESARROLLO TERRITORIAL ENTRE LOS MUNICIPIOS DE GIRÓN Y LEBRIJA EN LOS AÑOS 2000 A 2022	22
2.2. MARCO LEGAL	23
LEY 1523 DEL 2012	23
DECRETO 2157 DEL 2017	23
PLANES DE GESTIÓN DEL RIESGO MUNICIPAL	23
2.3. MARCO CONCEPTUAL	24
RIESGO	24
VULNERABILIDAD	24
DESASTRE	24
ANÁLISIS DEL RIESGO	25
GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES	25
INTERVENCIÓN- PLANIFICACIÓN	25

MITIGACIÓN (REDUCCIÓN):.....	26
RESILIENCIA COMUNITARIA:.....	26
2.4. MARCO AMBIENTAL.....	26
ACTIVIDADES QUE AMENAZAN LA SALUD DE LOS RÍOS WWF	26
ZONAS HIDROGEOLÓGICAS HOMOGÉNEAS DE COLOMBIA:.....	28
2.4.1. ÁREAS DE RESERVAS:	28
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	33
4.1 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE.....	33
4.2 ESTADO DEL ARTE:.....	36
4.3 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN GEOESPACEIAL	36
5. RESULTADOS	44
6. CONCLUSIONES	54
7. RECOMENDACIONES	56
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
9. ANEXOS.....	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución coberturas áreas de reserva Rio medio Lebrija	29
Figura 2. Categoría de conservación y protección ambiental.....	30
Figura 3. Zonificación, conservación y protección ambiental cuenca media rio Lebrija	31
Figura 4. Información base para la delimitación área cuenca media rio Lebrija.....	¡Error!
Marcador no definido.	
Figura 5. Descarga de archivos shp.....	37
Figura 6. Delimitación área cuenca rio Lebrija según POMCA medio Lebrija.....	38
Figura 7. Drenaje principal y sencillo área media rio Lebrija.	38
Figura 8. Descarga del DEM-imágenes Alos Palsar	39
Figura 9. DEM zona media rio Lebrija.....	40
Figura 10. Mapa de sombras zona media rio Lebrija	41
Figura 11. Mapa de pendientes zona media rio Lebrija.....	41
Figura 12. Curvas de nivel zona media cuenca Lebrija.	42
Figura 13. Descarga de coberturas uso del suelo.	43
Figura 14. Cobertura construcciones de la zona media rio Lebrija	43
Figura 15. Mapa de pendientes	45
Figura 16. Mapa de áreas susceptibles a remoción en masa e inundación.....	46
Figura 17. Mapa de epicentros de sismos mayores +4.5 en los departamentos que conforman la cuenca.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 18. Mapa de históricos de inundación.....	50
Figura 19. Mapa de vulnerabilidad a amenazas de la población de los diferentes municipios.	
	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 1Tabla 1. Tabla de históricos de lluvias en Santander	33
Tabla 2. Tabla de históricos cuenca media río Lebrija.....	48
Tabla 3. Población por municipio 1985,1995,2005, 2015 y 2020	50

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo tuvo como propósito analizar los escenarios de riesgo en la cuenca media del río Lebrija, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica y herramientas tecnológicas, con el fin de reconocer las amenazas y vulnerabilidad de la población. Para ello, se desarrollaron tres objetivos principales: identificar los escenarios de riesgo a partir del análisis geomorfológico, topográfico y geológico; caracterizar las amenazas mediante la revisión de eventos históricos y el estudio de factores físicos detonantes; y evaluar la vulnerabilidad poblacional con base en la distribución de la cobertura construida observada en imágenes satelitales.

La metodología se estructuró en tres etapas. Primero, se recopiló y clasificó la información existente, elaborando un estado del arte y revisando registros históricos de desastres. Luego, se realizó el análisis geoespacial mediante SIG, generando y procesando cartografía temática como mapas de pendientes, drenajes, unidades geomorfológicas y áreas de susceptibilidad.

Finalmente, se interpretaron los resultados para identificar zonas expuestas y elaborar cartografía temática. Los resultados mostraron dos grandes sistemas morfogenéticos: un sistema de gravedad vertiente en zonas de fuertes pendientes, asociado a procesos de remoción en masa, y un sistema fluvial en áreas de bajas pendientes, relacionado principalmente con inundaciones. Asimismo, se encontró una mayor concentración de población en los valles y llanuras de inundación, incrementando su exposición ante dicho evento.

PALABRAS CLAVE: Vulnerabilidad, Cuenca hidrográfica, Sistemas de información geográfica, Amenaza

INTRODUCCIÓN

El estudio de los riesgos asociados a inundaciones, deslizamientos y otros fenómenos naturales es de gran importancia para entender cómo estos eventos afectan a las comunidades, especialmente en lugares donde el relieve y la presencia de ríos influyen en la dinámica del territorio. En Colombia, entidades como el IDEAM, el IGAC y las autoridades ambientales prestan información importante sobre las cuencas del país, y documentos como los POMCA ofrecen datos para conocer mejor las condiciones físicas y ambientales.

La cuenca media del río Lebrija es un área con zonas de montaña con pendientes fuertes y sectores más planos en el valle del río. Aunque existe información previa, todavía es importante actualizar y complementar estos datos mediante herramientas tecnológicas que permitan entender mejor cómo influyen en el relieve, los drenajes, la cobertura del suelo y la presencia de población en las zonas de amenaza. Este trabajo hace un aporte de información como mapas de relieve, pendientes, drenajes, coberturas y registros de eventos históricos, con el fin de identificar las principales amenazas en la cuenca media del río Lebrija y analizar qué tan expuesta se encuentra la población frente a ellas. Para lograrlo se utilizaron herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el apoyo de imágenes satelitales, que permitió elaborar mapas temáticos y realizar una lectura del territorio.

El método aplicado es principalmente computacional y de análisis espacial, basado en el procesamiento e interpretación de mapas. Los pasos realizados y la explicación del procedimiento utilizado, se desarrollan con mayor detalle en la sección 3 de este trabajo.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la cuenca media del río Lebrija, que abarca zonas de los departamentos de Cesar, Norte de Santander y Santander, municipios como Ábrego, Cáchira, La Esperanza, Lebrija, El Playón, Puerto Wilches, Rionegro, Sabana de Torres y San Martín presentan una alta vulnerabilidad frente a fenómenos naturales como inundaciones, deslizamientos y caída de material, debido a su ubicación geográfica en proximidad a la cuenca del río.

Dentro de los estudios técnicos en la cuenca media del río Lebrija no existe una cartografía basada en análisis de amenazas y vulnerabilidad en gestión del riesgo de desastres, de manera pública y detallada.

El río Lebrija es de importancia para estos municipios, no solo por su valor cultural, sino también por su papel en el desarrollo económico y ambiental de la región. Hoy en día, es necesario para el suministro de agua en municipios como Lebrija y Girón, y también para actividades agrícolas e industriales en la zona. Sin embargo, las comunidades asentadas en esta cuenca han enfrentado diversos eventos asociados a amenazas naturales, que evidencian su vulnerabilidad frente a desastres recurrentes, como por ejemplo los siguientes:

En 2022, en el municipio de Lebrija, lluvias torrenciales causaron la inundación total de 24 viviendas, especialmente en el casco urbano, en sectores como el barrio Centro y la Urbanización Los Rosales. Según reportes de la UNGRD, el ingreso del agua provocó daños significativos en utensilios y electrodomésticos.

En abril de 2024, en el municipio de El Playón, una creciente súbita de la quebrada La Negreña afectó directamente a las viviendas de al menos cuatro familias, generando daños materiales y afectaciones a su bienestar.

En noviembre de 2024, en el sector del Bajo Rionegro —particularmente en el corregimiento de San Rafael de Lebrija, municipio de Rionegro, Santander— el desbordamiento de los ríos Lebrija y Cáchira provocó graves inundaciones. Se reportaron más de 100 familias damnificadas y afectaciones en más de 20 veredas, incluyendo pérdidas en viviendas, animales y cultivos.

Se hace necesario realizar un análisis general de escenarios de riesgos, identificación de amenazas, ubicación y exposición de la comunidad para determinar su vulnerabilidad frente a las amenazas presentes, por medio de metodologías para la identificación de escenarios de riesgo amenazas y vulnerabilidad ante eventos desastres en la zona media de la cuenca Lebrija usando SIG y herramientas tecnológicas geoespaciales.

¿Mediante que herramientas tecnológicas y metodología se pueden usar para el análisis de amenazas y vulnerabilidad en la zona hidrográfica del río Lebrija (parte media) en Santander?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La cuenca media del río Lebrija, que se extiende por zonas de los departamentos de Cesar, Norte de Santander y Santander, abarca municipios como Ábrego, Cáchira, La Esperanza, Lebrija, El Playón, Puerto Wilches, Rionegro, Sabana de Torres y San Martín. Estas poblaciones presentan una alta vulnerabilidad frente a fenómenos naturales como inundaciones, deslizamientos y caída de material, debido principalmente a su ubicación geográfica en zonas adyacentes al cauce del río.

A pesar de esta exposición constante a amenazas naturales, dentro de los estudios técnicos disponibles no existe una cartografía pública y detallada basada en análisis de amenazas, vulnerabilidad y riesgo

para la gestión del riesgo de desastres en esta región. En la actualidad es importante la gestión para identificar donde están las comunidades y ante que amenazas y grado de exposición para plantear unas recomendaciones en la parte de la planificación del territorio.

La cuenca media del río Lebrija enfrenta vulnerabilidad frente a fenómenos naturales como inundaciones y deslizamientos, situación agravada por la falta de sistemas de monitoreo, alerta temprana y planificación territorial adecuada. Esta problemática pone en riesgo la vida, el entorno y el bienestar de las comunidades ubicadas en zonas de amenaza. Por ello, es necesario formular una propuesta que permita fortalecer las estrategias de prevención, respuesta y resiliencia frente a estos eventos.

La propuesta tiene un valor práctico y académico, ya que realiza dentro de las líneas de investigación de grupo GRIMATT, grupo medio ambiente y territorio, y el semillero SITTA de la ingeniería topográfica de las unidades tecnológicas de Santander, alineándose en ordenamiento territorial, su desarrollo contribuirá a mejorar la toma de decisiones locales, promover la educación comunitaria y aportar herramientas útiles para futuras intervenciones en contextos de gestión del riesgo o similares.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar escenarios de riesgo amenazas y vulnerabilidad ante eventos desastres en la zona hidrográfica del río Lebrija (zona media) de la cuenca Lebrija usando SIG y herramientas tecnológicas geoespaciales como aporte a la planificación territorial.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Reconocer escenarios de riesgo mediante análisis geomorfológico, topográfico, geológico existente en la zona mediando SIG y herramientas tecnologías obteniendo cartografía temática al respecto.

Caracterizar amenazas de la cuenca media del río Lebrija a través de eventos históricos, análisis del relieve, geomorfología y factores detonantes de eventos de desastres.

Observar la exposición de la población en las zonas de amenaza ante desastres para determinar su vulnerabilidad mediante el análisis de la cobertura área construida con imágenes satelitales.

1.4. ESTADO DEL ARTE

1	Autor	Bibliografía	Relación
África y la urgencia de gestionar los desastres naturales (05/05/2024)	DW- Noticias	Kate Hairsine, Josephin Mahachi DW Noticias - África y la urgencia de gestionar los desastres naturales Catástrofes-África 05/05/2024 https://acortar.link/SfvBuH	El artículo expone cómo la vulnerabilidad estructural y social ante fenómenos climáticos extremos, como inundaciones y sequías, puede paralizar economías y poner en riesgo vidas. Este caso es comparable con la situación de zonas ribereñas donde la falta de gestión del riesgo aumenta la exposición de comunidades.
Ciudad de México activa la alerta roja en seis alcaldías por las intensas lluvias que han colapsado las calles (01/08/2025)	El País Noticias	El País, México - 01 AGO 2025 - 00:19 COT-Ciudad de México activa la alerta roja en seis alcaldías por las intensas lluvias que han colapsado las calles https://acortar.link/o7AmKm	La declaratoria de alerta roja muestra cómo las lluvias intensas pueden colapsar la movilidad y los servicios urbanos. Este evento es un referente para analizar la importancia de sistemas de alerta temprana en la gestión del riesgo en zonas de inundación asociadas al río estudiado.
‘John’ se degrada a tormenta tropical tras impactar Guerrero y	El País-Noticias	El País,Darinka Rodríguez,Alejandro Santos Cid México - 24 SEPT 2024-‘John’ se degrada a tormenta tropical tras impactar	El impacto del huracán John evidencia la magnitud de los daños humanos y materiales provocados por fenómenos meteorológicos extremos. Este caso sirve de analogía

1	Autor	Bibliografía	Relación
Oaxaca como huracán de categoría 3 (septiembre 2024)		Guerrero y Oaxaca como huracán de categoría 3 https://acortar.link/ratpL2	para evaluar el nivel de vulnerabilidad y resiliencia de las poblaciones cercanas al río en estudio frente a eventos extremos.
Suben a 84 los muertos por las inundaciones en Brasil (06/05/ 2024)	DW Noticias	DW Noticias, Clima Brasil 06/05/2024, "Suben a 84 los muertos por las inundaciones en Brasil" https://acortar.link/lztpTx	La magnitud de pérdidas humanas en Brasil tras lluvias torrenciales permite establecer paralelos con los riesgos de desbordamientos en la zona de investigación, resaltando la necesidad de planes de mitigación y respuesta comunitaria.
Lluvias e inundaciones por El Niño costero en Perú (enero-marzo 2017)	El País - Noticias	Unifec, Perú Lluvias e inundaciones: Fenómeno El Niño – 2017 https://acortar.link/cmc2yd	El caso de Perú muestra cómo fenómenos climáticos como "El Niño" generan desastres en poblaciones ribereñas. Esto aporta un antecedente clave para analizar la influencia de fenómenos climáticos en el comportamiento del río de la zona de estudio y sus impactos en la población vulnerable.
Las lluvias en Bolivia dejan más de 50 muertos y miles de familias afectadas (07/04/2025)	Infobae- America latina	Infobae, América Latina-en Viacha, Bolivia. 15 mar, 2025 (REUTERS/Claudia Morales) Las lluvias en Bolivia dejan más de 50 muertos y miles de familias afectadas. https://acortar.link/SX4lqv	La afectación masiva de familias por lluvias intensas en Bolivia demuestra cómo la exposición de asentamientos cercanos a cauces aumenta la vulnerabilidad social. Este aprendizaje es aplicable para valorar la capacidad de respuesta de las comunidades en la ribera del río en estudio.
Mueren al menos 11 personas tras	El pais-Noticias	El País, Santiago Triana Sánchez, Bogotá - 25 JUN	El caso de Bello evidencia cómo la combinación de lluvias intensas y ocupación

1	Autor	Bibliografía	Relación
un deslizamiento de tierra que arrasó un barrio en Bello (Antioquia junio 2025)		2025 deslizamientos de tierra en bello, Antioquia https://acortar.link/IWbPVt	inadecuada del territorio incrementa la vulnerabilidad. Este hecho se relaciona con la necesidad de analizar la ubicación de viviendas y obras cercanas a la zona del río bajo estudio.
Después de la tormenta que dejó 27 muertos en Bello: "Ante cualquier ruido, la gente piensa que viene otra avalancha" (Julio 2025)	<i>El País-Noticias</i>	El País, Manuela Lopera Bello, Antioquia - 19 JUL 2025 Deslizamiento en bello, Despues de la tormenta que dejó 27 muertos en Bello: "Ante cualquier ruido, la gente piensa que viene otra avalancha" https://acortar.link/Di8J9o	El informe de la UNGRD expone la magnitud de los efectos de la primera temporada de lluvias en Colombia, con 275 movimientos en masa y 255 inundaciones. Estos datos demuestran cómo las precipitaciones recurrentes impactan de manera directa a las regiones andinas y ribereñas, lo cual da relevancia la necesidad de identificar riesgos similares en la zona del río en estudio para fortalecer los planes de prevención, mitigación y respuesta.
Oficialmente estamos en el fenómeno de La Niña: ¿qué implica para el país? (Enero 2025)	<i>El tiempo-noticias</i>	El Tiempo, Edwin Caicedo periodista de medioambiente y salud-Oficialmente estamos en el fenómeno de La Niña: ¿qué implica para el país? https://acortar.link/IZ9Kvw	El fenómeno de La Niña intensifica lluvias y aumenta el riesgo de deslizamientos e inundaciones. Este contexto climático es directamente aplicable al análisis de la zona del río, ya que permite proyectar escenarios de riesgo futuro y reforzar medidas de prevención.
Primera temporada lluvias 2024 genera más de	<i>El Universal / Colprensa / UNGRD</i>	El Universal, Colombia Colprensa 19 JUN 2024, Primera temporada de lluvias del	El reporte de la UNGRD muestra la magnitud de los impactos generados por una temporada de lluvias en

1	Autor	Bibliografía	Relación
700 emergencias (Junio 2024)		año deja más de 700 emergencias en el país. https://acortar.link/6Vth5z	Colombia, con 275 movimientos en masa y 255 inundaciones. Este caso muestra la alta vulnerabilidad de los departamentos andinos frente a fenómenos meteorológicos, lo cual es un referente directo para analizar riesgos de desbordamientos y deslizamientos.
Colombia registró 350 emergencias por lluvias en mayo (Bogotá mayo 2024)	UNGRD / Gestión del Riesgo	UNGRD, Bogotá, 31/05/2024 Colombia registró 350 emergencias por lluvias en mayo. https://acortar.link/rxSr0H	Las 350 emergencias registradas en mayo 2024 en Bogotá, con 13 personas fallecidas y más de 85 000 afectadas, demuestran cómo la recurrencia de precipitaciones intensas afecta gravemente a la población y la infraestructura. Este hecho permite establecer comparaciones con la vulnerabilidad de las comunidades asentadas cerca del río analizado, reforzando la necesidad de estrategias de adaptación y reducción del riesgo.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEORICO

POMCA río Lebrija

El Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Alto Lebrija corresponde a un instrumento de planificación ambiental orientado a la protección y conservación de los ecosistemas estratégicos presentes en la zona alta de la cuenca. Este POMCA establece lineamientos para el uso sostenible de los recursos naturales, la regulación del suelo y la mitigación de problemáticas como la deforestación, la pérdida de biodiversidad, con el fin de garantizar la sostenibilidad hídrica, este aspecto es de gran importancia, ya que permite comprender el ordenamiento de los diferentes componentes y dinámicas que intervienen en el área del río y su cuenca, siendo este un instrumento para la identificación de las amenazas y vulnerabilidad. (POMCA Lebrija medio, 2019)

POMCA río alto Lebrija

El Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Medio Lebrija, se centra en la gestión ambiental de la zona media de la cuenca, donde predominan riesgos asociados a inundaciones, sedimentación y uso intensivo del suelo, este componente es de gran importancia, ya que permite analizar el ordenamiento y la organización de los distintos factores físicos, ambientales y sociales que intervienen en el área del río y su cuenca. (POMCA alto Lebrija, 2020)

Reporte de alertas de análisis regional cuenca alta del río Lebrija, río Zulia y río Pamplonita:

El Reporte de Alertas de Análisis Regional de la Cuenca Alta del río Lebrija, río Zulia y río Pamplonita constituye un documento técnico que sintetiza los aspectos más relevantes sobre el estado de los recursos naturales y la sensibilidad ambiental frente al desarrollo de proyectos, obras y actividades en el área de estudio. Su elaboración estuvo a cargo de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, con el apoyo de la CDMB y CORPONOR, a partir de información con corte a junio de 2019, este insumo es importante porque permite el conocimiento de la dinámica ambiental territorial y ofrece una aproximación sobre el estado y sensibilidad de los recursos naturales en un contexto regional. (ANLA,2020)

Análisis de la problemática sobre la gobernanza del río Lebrija, Santander: Con relación a la equidad en el acceso y el uso de recursos hídricos en comunidades rurales del municipio Sabana de Torres

En el ámbito académico, el estudio titulado “Análisis de la problemática sobre la gobernanza del río Lebrija, Santander: Con relación a la equidad en el acceso y el uso de recursos hídricos en comunidades rurales del municipio Sabana de Torres”, constituye un antecedente para comprender los desafíos asociados a la gestión y gobernanza del agua en la región. (Avendaño, 2023)

Identificación de las zonas inundables con el uso de herramientas de análisis espacial como apoyo a la gestión de riesgo; caso de estudio “cuenca alta del río Lebrija”:

La investigación constituye a un aporte al conocimiento territorial de la región. Este trabajo empleó una metodología cualitativa basada en el procesamiento de información espacial y el uso de herramientas SIG, complementadas con el modelamiento hidrológico e hidráulico mediante HEC-RAS, con el fin de identificar las áreas más vulnerables a inundaciones en la cuenca alta del río Lebrija, este insumo resulta importante porque aporta información técnica y metodológica sobre la identificación de zonas vulnerables a inundaciones en la cuenca alta del río Lebrija. (Bernal, Arias & Arrieta, 2021)

Impacto de la expansión humana en el desarrollo territorial entre los municipios de Girón y Lebrija en los años 2000 a 2022:

El crecimiento y la expansión humana constituyen fenómenos que transforman de manera significativa el territorio, modificando sus dinámicas ambientales, sociales y económicas. En el contexto de los municipios de Girón y Lebrija, ubicados en el área metropolitana de Bucaramanga, estos procesos han estado influenciados por la presión urbana, el aumento poblacional y el desarrollo de infraestructura, lo que ha generado cambios en la cobertura del suelo, la estructura predial y la disponibilidad de servicios públicos.

De acuerdo con modelos de planificación territorial y gestión del riesgo establecidos por la legislación colombiana, el desarrollo sostenible requiere una adecuada armonización entre el uso del suelo, la protección ambiental y la

expansión urbana. En este sentido, permite evidenciar como el análisis de imágenes satelitales LANDSAT (2000–2022) y técnicas de fotogrametría digital permiten identificar la magnitud y dirección de la expansión humana. (Barajas, Correa & Gómez, 2022)

2.2. MARCO LEGAL

Ley 1523 del 2012: La Ley 1523 de 2012 establece la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PNGRD) Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

Decreto 2157 del 2017: Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la Ley 1523 de 2012.

Planes de gestión del riesgo municipal: Los Planes de Gestión del Riesgo Municipal son instrumentos de planificación territorial exigidos por la Ley 1523 de 2012 y desarrollados a nivel local por las alcaldías, en articulación con los Consejos Municipales de Gestión del Riesgo de Desastres.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Los siguientes conceptos y definiciones de relevancia han sido tomadas del documento Sobre la Gestión del Riesgo: Apuntes hacia una Definición Allan Lavell, Ph.D. (BASADO EN O.D. CARDONA con modificaciones realizados por A. M. LAVELL)

Riesgo: Es la probabilidad que se presente un nivel de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un período de tiempo definido. Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos (Mantilla, 2020 en Torres, 2024)

Vulnerabilidad: Factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca a ser afectado, de ser susceptible a sufrir un daño, y de encontrar dificultades en recuperarse posteriormente. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un fenómeno peligroso de origen natural o causado por el hombre se manifieste. Las diferencias de vulnerabilidad del contexto social y material expuesto ante un fenómeno peligroso determinan el carácter selectivo de la severidad de sus efectos.

Desastre: Situación o proceso social que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en las condiciones

normales de funcionamiento de la comunidad; representadas de forma diversa y diferenciada por, entre otras cosas, la pérdida de vida y salud de la población; la destrucción, pérdida o inutilización total o parcial de bienes de la colectividad y de los individuos, así como daños severos en el ambiente, requiriendo de una respuesta inmediata de las autoridades y de la población para atender los afectados y restablecer umbrales aceptables de bienestar y oportunidades de vida.

Análisis del riesgo: En su forma más simple es el postulado de que el riesgo es el resultado de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y consecuencias en un área determinada.

Gestión del riesgo de desastres: Organización abierta, dinámica y funcional de instituciones y su conjunto de orientaciones, normas, recursos, programas y actividades de carácter técnico-científico, de planificación, de preparación para emergencias y de participación de la comunidad cuyo objetivo es la incorporación de la gestión de riesgos en la cultura y en el desarrollo económico y social de las comunidades. Apuntes hacia una Definición Allan Lavell, Ph.D.

Intervención- planificación: Modificación intencional de las características de un fenómeno con el fin de reducir su amenaza o de las características intrínsecas de predisposición al daño de un elemento expuesto con el fin de reducir su vulnerabilidad. La intervención intenta modificar los factores de riesgo. Controlar o encausar el curso físico de un fenómeno peligroso, o reducir su magnitud y

frecuencia, son medidas relacionadas con la intervención de la amenaza. La reducción al mínimo posible de los daños materiales mediante la modificación de la resistencia o tenacidad de los elementos expuestos es una medida estructural relacionada con la intervención de la vulnerabilidad física. Aspectos asociados con planificación del medio físico, reglamentación del uso del suelo, seguros, preparación para emergencias y educación pública son medidas no estructurales relacionadas con la intervención de la vulnerabilidad social.

Mitigación (Reducción): Planificación y ejecución de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo. La mitigación es el resultado de la aceptación de que no es posible controlar el riesgo totalmente; es decir, que en muchos casos no es posible impedir o evitar totalmente los daños y sus consecuencias y sólo es posible atenuarlas.

Resiliencia comunitaria: Capacidad de una comunidad de absorber un impacto negativo o de recuperarse una vez haya sido afectada por un fenómeno.

2.4. MARCO AMBIENTAL

Actividades que amenazan la salud de los ríos WWF:

La salud de los ríos en Colombia enfrenta múltiples amenazas que ponen en riesgo tanto la biodiversidad como el bienestar de las comunidades que dependen de ellos, entre los factores más críticos se encuentran la deforestación en zonas ribereñas, la sobreexplotación de recursos pesqueros, la contaminación por mercurio asociada a actividades mineras, la introducción de especies invasoras

y la construcción de infraestructura hidroeléctrica que altera los caudales naturales, este insumo es importante para el proyecto porque permite identificar las principales presiones antrópicas que afectan la salud de los ríos, aportando criterios para analizar los factores de vulnerabilidad ambiental y los riesgos que inciden en la zona media de la cuenca del río Lebrija. (WWF,2022)

RAP pacifico contaminación en fuentes hídricas:

El informe de RAP-Pacífico destaca que la contaminación de las fuentes hídricas constituye un factor crítico que afecta tanto los ecosistemas como el desarrollo socioeconómico regional, puesto que cuando el agua es alterada químicamente, física o biológicamente, pierde su aptitud para abastecer actividades básicas como el consumo humano, la agricultura o la pesca. Es importante para el proyecto porque permite comprender cómo la contaminación de las fuentes hídricas incide en la calidad del recurso y en la vulnerabilidad ambiental de las cuencas, aportando un marco de referencia para evaluar los riesgos asociados al agua en la zona media del río Lebrija.

Plantas de tratamiento, la deuda por el cuidado del agua en el gran Santander:

Santander enfrenta una severa crisis ambiental asociada al tratamiento de aguas residuales, evidenciada por el hecho de que más del 50 % de los municipios del departamento de Santander carecen de plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAR), lo que implica que los vertimientos sin tratamiento directo van a

ríos y quebradas, afectando la salud pública, la calidad del agua y la integridad de los ecosistemas fluviales, evidencia la falta de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales en la región, un factor que incrementa la contaminación y la vulnerabilidad ambiental en las cuencas hidrográficas, incluyendo la zona media del río Lebrija. (Vanguardia, 2025).

Zonas hidrogeológicas homogéneas de Colombia:

Las Zonas Hidrogeológicas Homogéneas de Colombia fueron delimitadas a nivel nacional a escala 1:1.200.000, con base en un modelo geológico del subsuelo y bajo los estándares de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH). Estas zonas agrupan cuencas y regiones hidrogeológicas representadas mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de dibujo asistido por computador. La región Andina, más densamente poblada, concentra alrededor de 106.131 km² con recursos y reservas de agua subterránea, equivalentes al 12,5% del área total de las cuencas hidrogeológicas. Al integrarse en un entorno SIG, permite analizar las condiciones del subsuelo y los recursos hídricos que influyen en la vulnerabilidad ambiental y territorial de la zona media de la cuenca del río Lebrija. (Vargas, 2005)

2.4.1. Áreas de reservas:

Según la clasificación de coberturas registrada en el POMCA de la cuenca del río Medio Lebrija, el área en estudio presenta una diversidad de ecosistemas naturales y zonas transformadas, resultado de actividades productivas y dinámicas ecológicas propias del territorio. La tabla adjunta evidencia la distribución de las superficies en reserva.

Cobertura	Area Ha	%
Arbustal Abierto	3687,92	7,83%
Arbustal denso	2656,91	5,64%
Arroz	59,45	0,13%
Bosque de galería y ripario	3626,01	7,70%
Bosque Denso Alto de Tierra Firme	4262,33	9,05%
Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	1718,57	3,65%
Bosques fragmentados con pastos y cultivos	589,95	1,25%
Explotación de hidrocarburos	28,68	0,06%
Herbazal Denso de tierra firme	457,60	0,97%
Laquenas lagos y ciénagas naturales	313,74	0,67%
Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	255,61	0,54%
Mosaico de pastos con espacios naturales	2283,50	4,85%
Mosaico de pastos y cultivos	4,06	0,01%
Palma de aceite	750,31	1,59%
Pastos arbolados	1272,60	2,70%
Pastos enmalezados	1334,65	2,83%
Pastos limpios	11319,69	24,03%
Plantación forestal de coníferas	10,96	0,02%
Red vial y territorios asociados	7,14	0,02%
Ríos	1707,30	3,62%
Tejido Urbano discontinuo	20,64	0,04%
Vegetación Secundaria Alta	8538,12	18,12%
Vegetación Secundaria Baja	838,08	1,78%
Zonas Pantanosas	1365,98	2,90%
Total general	47109,80	100,00%

Figura 1. Distribución coberturas áreas de reserva Rio medio Lebrija

Fuente: POMCA Medio Lebrija

De acuerdo con la clasificación de conservación y protección ambiental definida en el POMCA, el área de la cuenca del río Medio Lebrija reune diferentes zonas destinadas a la preservación de ecosistemas estratégicos. Entre las áreas protegidas se destacan el DRMI Complejo Ciénagas de Papayal (1,47 %) y la Reserva Forestal Protectora Nacional Río Algodonal. Asimismo, se incluyen áreas complementarias para la conservación, como zonas de reserva forestal y predios adquiridos para la protección de recursos hídricos, que en conjunto abarcan

alrededor del 1,35 % del territorio, por otro lado, las áreas de importancia ambiental representan una proporción significativa, resaltando el ecosistema de páramo (4,35 %), el bosque seco tropical (4,72 %), los humedales (4,12 %) y las zonas de recarga hidrogeológica (1,82 %). Esta distribución evidencia la relevancia ecológica del territorio y la necesidad de garantizar su protección.

PASO 1 - CATEGORIA DE CONSERVACION Y PROTECCIÓN AMBIENTAL					
CATEGORIA	ZONA	SUBZONA	Descripción	AREA (ha)	%
Conservación y protección ambiental	Áreas protegidas	Áreas del SINAP	DRMI Complejo Ciénagas de Papayal	2838,42	1,47%
			Reserva Forestal Protectora Nacional Río Algodonal	143,27	0,07%
	Áreas de Protección	Áreas complementarias para la conservación	Zonas de Reserva Forestal de la Ley 2a de 1959	20,03	0,01%
			Reserva Forestal Protectora Jurisdicciones - Res 1814 de 2015	147,67	0,08%
			Áreas adquiridas para la conservación de recursos hídricos – Corponor	2597,73	1,35%
			Ecosistema Paramo	8392,80	4,35%
			Ecosistema Bosque Seco Tropical	9106,04	4,72%
			Ecosistema Humedales	7938,00	4,12%
	Áreas de importancia ambiental		Zonas de Recarga (importancia hidrogeológica)	3516,17	1,82%

Figura 2. Categoría de conservación y protección ambiental.

Fuente: POMCA Medio Lebrija

La figura presenta la zonificación ambiental del área perteneciente a la cuenca del río Lebrija Medio, según lo establecido en el POMCA (2015). En el mapa se identifican diferentes categorías de uso del territorio, destacándose zonas destinadas a la conservación y recuperación ambiental, así como áreas de uso múltiple orientadas a actividades agropecuarias y forestales.

Las áreas de mayor valor ambiental, representadas en tonos verdes, corresponden a ecosistemas priorizados para la conservación. En contraste, los tonos amarillos y naranjas indican zonas empleadas para cultivos permanentes, transitorios y sistemas agroforestales. La delimitación incluye límites municipales, el límite de la cuenca y centros poblados, facilitando la interpretación del contexto territorial y su distribución espacial.

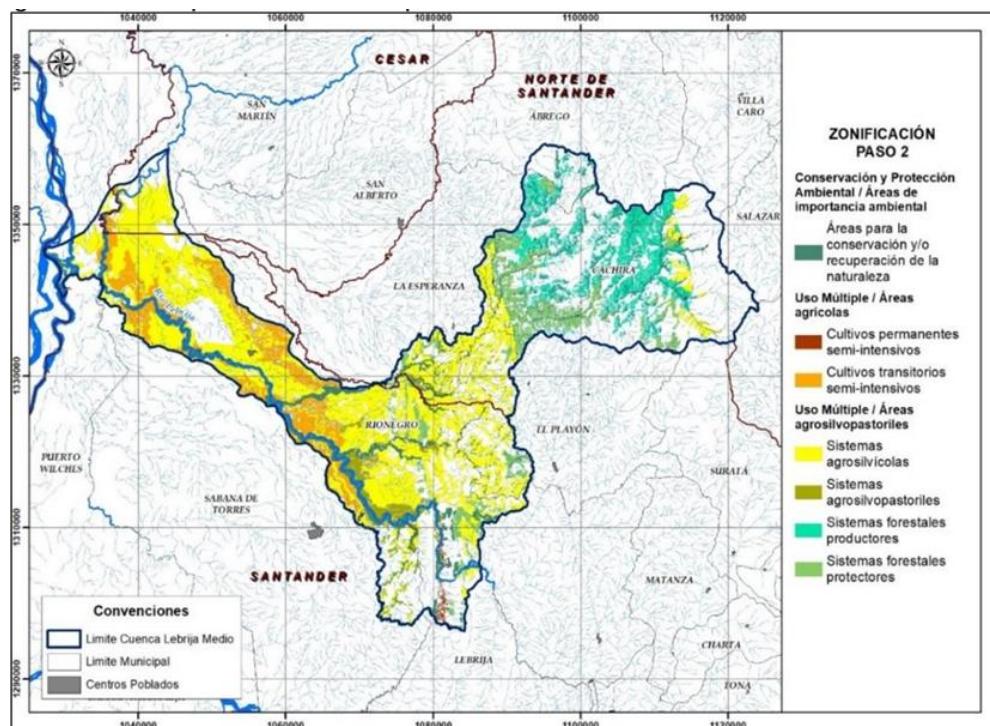
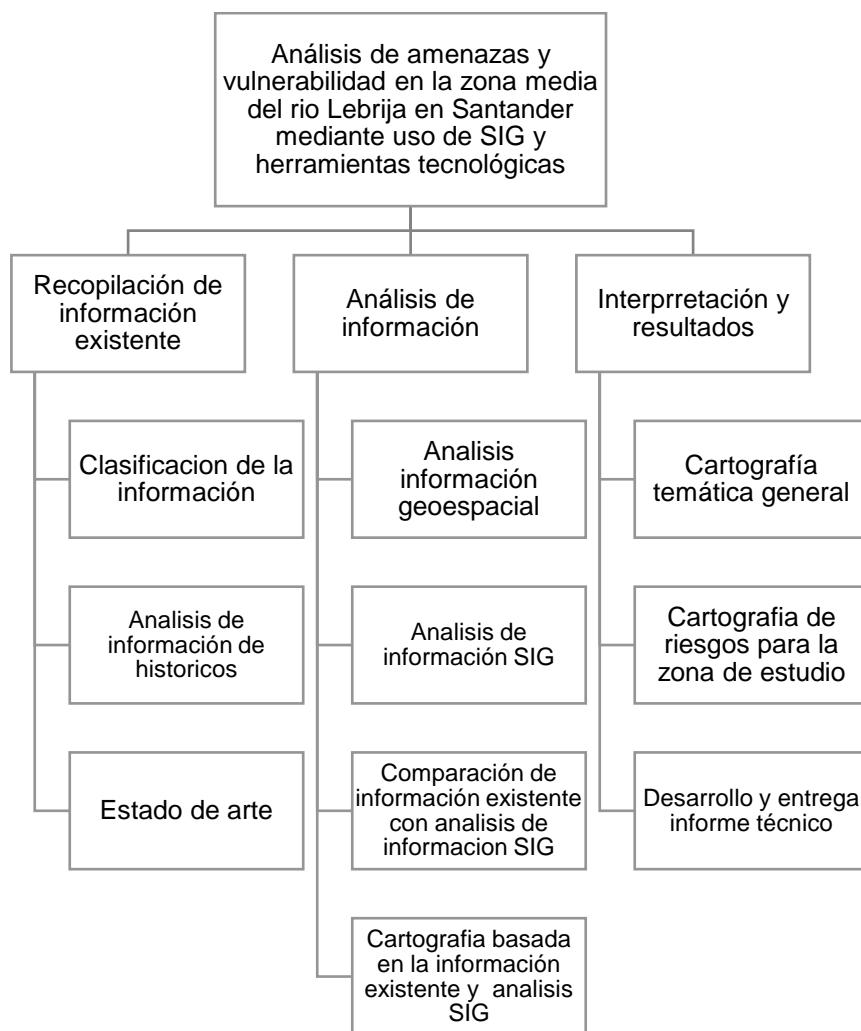


Figura 3. Zonificación, conservación y protección ambiental cuenca media río Lebrija
Fuente: POMCA Medio Lebrija

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología es de tipo exploratorio y descriptivo, con un enfoque mixto que integra elementos cuantitativos y cualitativos. Se emplean los métodos de observación, deducción y análisis, orientados a la interpretación de la información recolectada. Las técnicas utilizadas se fundamentan en el uso de herramientas tecnológicas geoespaciales, las cuales permiten el procesamiento, representación y validación de los datos espaciales necesarios para el cumplimiento de los objetivos planteados.



4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1 Recopilación de información existente

Con la información existente se realiza un análisis histórico de eventos de desastre, permite identificar sucesos relevantes ocurridos en la zona de estudio. Este análisis incluye la revisión de registros oficiales, reportes institucionales, noticias y bases de datos especializadas, con el fin de determinar el tipo de evento, su magnitud, localización, fecha de ocurrencia, afectaciones generadas y la frecuencia con la que se presentan.

Tabla 1 Tabla 1. Tabla de históricos de lluvias en Santander

Evento	Zona	Contexto	Fuente
Lluvias torrenciales dejaron 24 viviendas inundadas en Lebrija- 20 22-04-04	Lebrija centro	Las lluvias torrenciales en Santander también causaron emergencias en Lebrija, en el casco urbano, principalmente, en el barrio Centro, en la Urbanización Los Rosales, en donde 24 viviendas se inundaron en su totalidad, varios enseres y electrodomésticos se dañaron por la entrada del agua. En video se pudo evidenciar cómo el agua llega a varios centímetros de las casas de ese sector. César Castellanos,	UNGRD- https://acortar.link/tKuRpl

		<p>coordinador de Gestión de Riesgo, dijo que se está haciendo el censo de los afectados y damnificados.</p>	
Más de 20 familias afectadas por fuertes lluvias en Lebrija, Santander-2022-04-05	Centro de municipio Lebrija	<p>El paso del fenómeno de la niña en Santander genera emergencias en diferentes municipios del departamento. Producto de las fuertes lluvias que se registraron el pasado domingo, 24 familias en Lebrija resultaron damnificadas por los daños que se dieron en sus viviendas. Estas lluvias, que se extendieron hasta la madrugada de este lunes, provocaron grandes inundaciones en el barrio Laureles en Lebrija, ubicado en el centro del municipio.</p>	UNGRD- https://acortar.link/wqV42
Lluvias inundaron fincas en Rionegro y Sabana de Torres 2014-10-14	Bajo Rionegro	<p>las precipitaciones que se han presentado en los últimos días en el bajo Rionegro han originado una subida del río Lebrija, el cual abarca a varias poblaciones de la región. La vía a San Vicente presenta paso restringido por algunos deslizamientos.</p>	Contexto ganadero- https://acortar.link/MWfamy

Lluvias en Santander generan alertas en 29 municipios: aumentan riesgos por deslizamientos e inundaciones	Santander	<p>Los municipios que se encuentra bajo alertas debido al incremento en las lluvias son los siguientes:</p> <p>Alerta Roja: Sabana de Torres.</p> <p>Alerta Naranja: Aguada, Bolívar, Barbosa, Cabrera, Chima, Cimitarra, Galán, Güepsa, Concepción, Puerto Parra, Contratación, El Carmen De Chucurí, El Guacamayo, Oiba, Santa Helena Del Opón, Cerrito, Charalá, Guadalupe, Guapotá, Gámbita, Güepsa, La Paz, Landázuri, San Benito, Simacota, Suaita, Socorro y Vélez.</p> <p>De forma adicional a estas alertas, desde el Ideam también se advierte sobre los posibles impactos negativos que se puedan generar en la cuenca del río Lebrija y a su vez afectaciones en afluentes que atraviesan por Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta.</p>	<p>Vanguardia - https://acortar.link/OgEKnB</p>
Más de 400 familias	Áreas próximas	Las fuertes lluvias registradas mantienen en alerta a las	<p>Semana- https://acortar.link/Rs8NQJ</p>

damnificadas por desbordamiento de ríos Cáchira y Lebrija, en Santander 2025-10-28	cuenca ríos Cachira- Lebrija-	autoridades de Santander. En las últimas horas más de 400 familias del municipio de Rionegro resultaron afectadas debido al desbordamiento de dos ríos; otros tres municipios se encuentran en alerta roja.	
--	-------------------------------------	---	--

4.2 Estado del arte: En el apartado 1.4 se muestra el estado del arte del proyecto.

4.3 análisis de información geoespacial

Del POMCA se extrajo la delimitación del área identificada como Río Medio Lebrija, la cual describe los departamentos, municipios y veredas comprendidas dentro de su ámbito.

Figura 4. Información base para la delimitación área cuenca media río Lebrija



Nota: Información POMCA

A partir del portal del IGAC, en Colombia en Mapas, en la temática de límites, se obtuvieron los archivos SHP necesarios para la delimitación del área de la cuenca media del río Lebrija. Se extrajeron las capas correspondientes a departamentos, municipios, veredas, drenajes simples y drenaje principal.

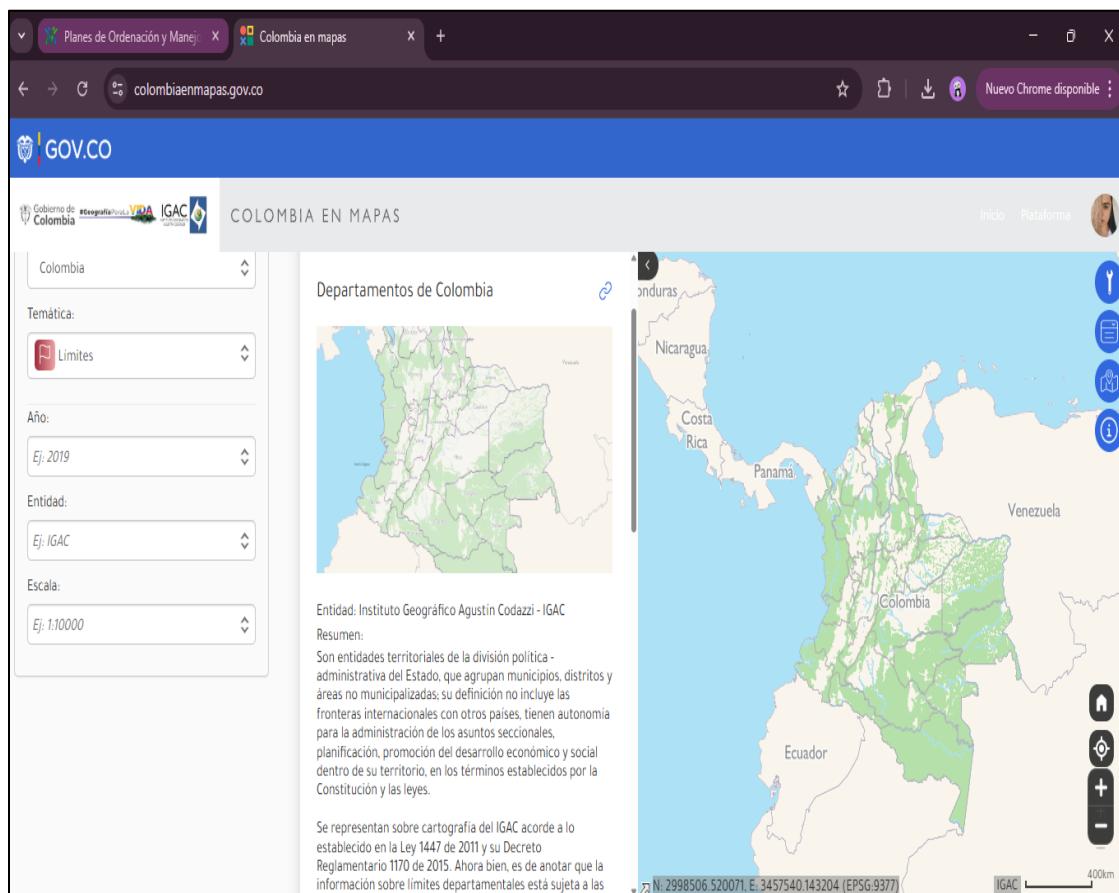


Figura 4. Descarga de archivos shp.

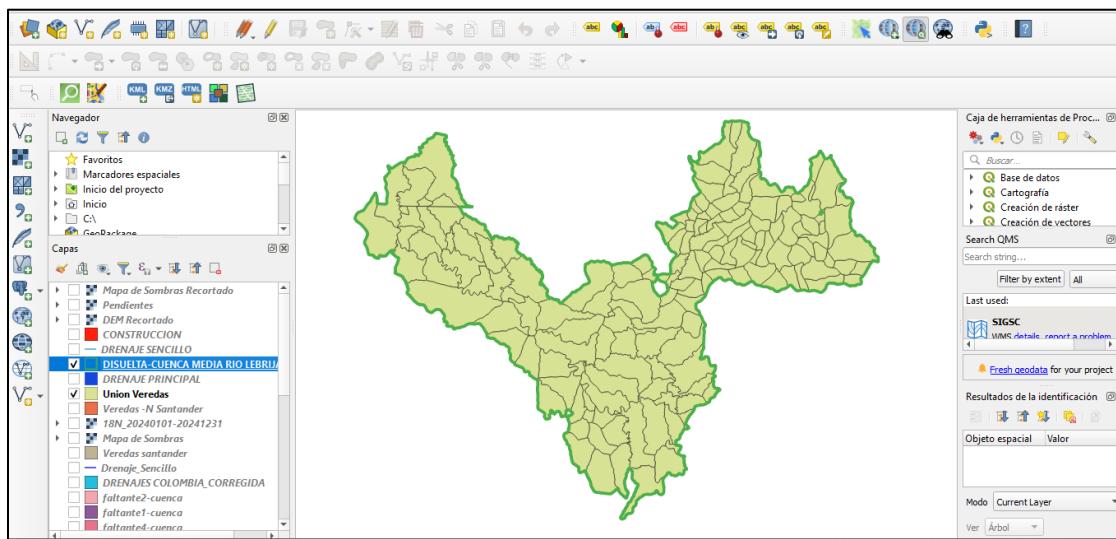


Figura 5. Delimitación área cuenca río Lebrija según POMCA medio Lebrija.

Según el área de estudio definida en la zona media del río Lebrija, los drenajes principales y secundarios fueron recortados en QGIS empleando la herramienta de geo proceso Intersección, conservando únicamente los tramos ubicados dentro del área de interés.

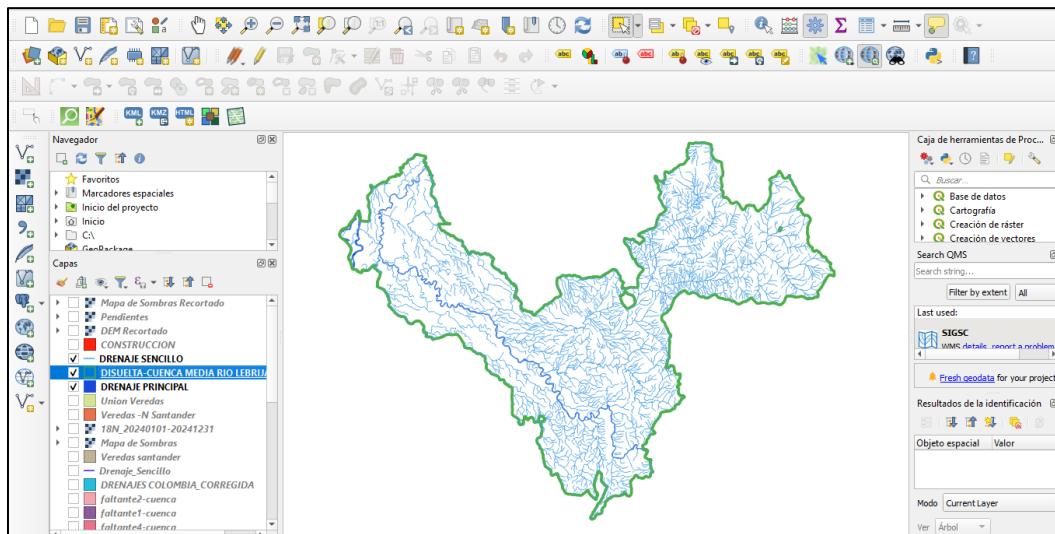


Figura 6. Drenaje principal y sencillo área media río Lebrija.

Desde la plataforma ASF Data Search (Vertex) de la NASA se descargaron imágenes satelitales ALOS PALSAR. Se utilizó el filtro de archivo “Low-Resolution Terrain Corrected (LRTC)”, correspondiente a productos corregidos geométricamente para reducir las distorsiones asociadas a la topografía, con resoluciones espaciales de 10, 20 o 30 m por píxel.

A partir de estos datos se obtuvieron los modelos digitales de elevación (DEM), que posteriormente fueron procesados en QGIS para la elaboración de mapas de sombras, mapas de pendientes y curvas de nivel.

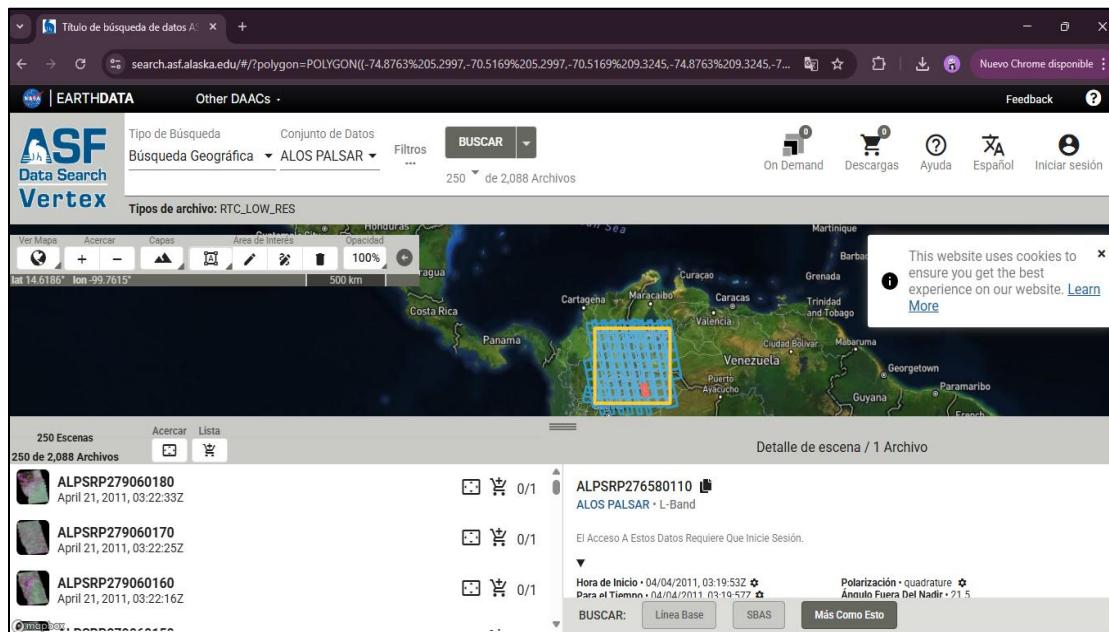


Figura 7. Descarga del DEM-imágenes Alos Palsar

Al DEM previamente descargado se le aplicó la herramienta Combinar del módulo Ráster para integrarlo a la extensión requerida, posteriormente, mediante

una extracción por máscara en QGIS, se recortó el DEM al área de interés. Para ello, desde la Caja de herramientas en la opción cortar ráster por máscara, se seleccionaron el ráster de entrada y el polígono, y al ejecutar el proceso se obtuvo un nuevo ráster limitado al área definida por la máscara.

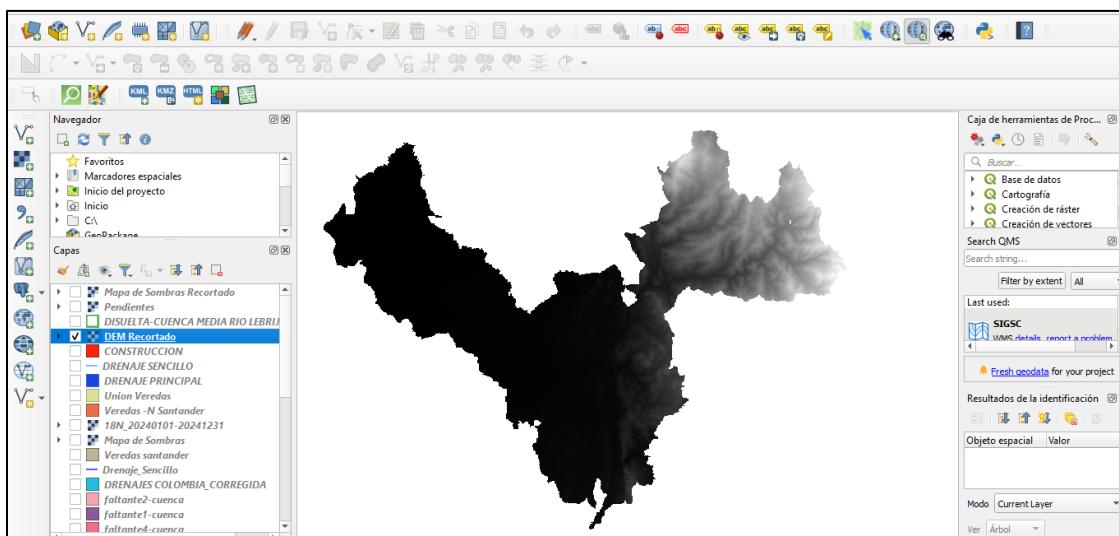


Figura 8. DEM zona media río Lebrija.

Para generar un mapa de sombras (hillshade) en QGIS, desde la Caja de herramientas se selecciona Ráster, Análisis del terreno opción sombreado (Hillshade); luego se define el DEM de entrada y al ejecutar el proceso se crea una capa ráster que representa el relieve sombreado del terreno.

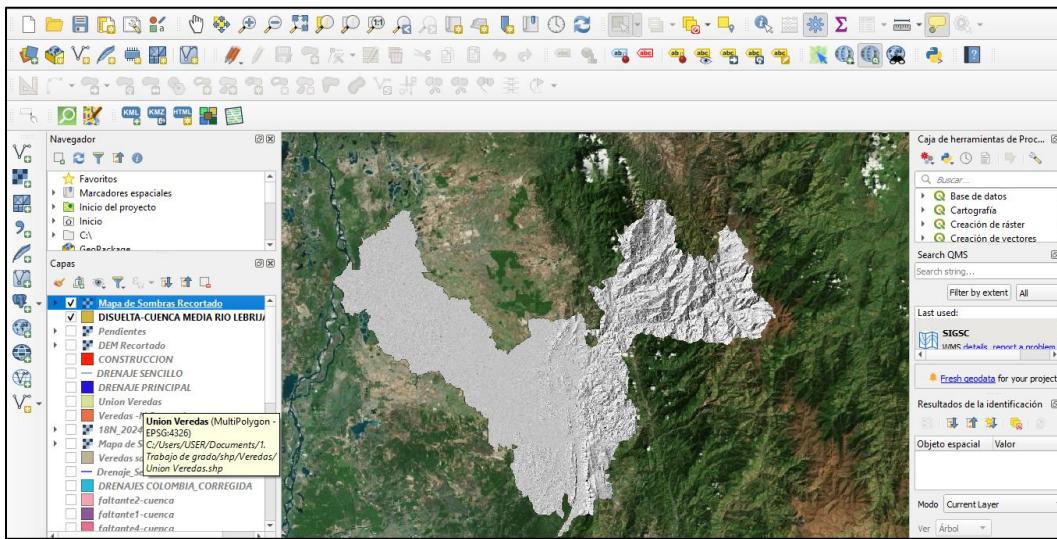


Figura 9. Mapa de sombras zona media rio Lebrija

Para generar un mapa de pendientes en QGIS, se parte del DEM mediante la herramienta Análisis del terreno, Pendiente (Slope) de la Caja de herramientas, se obtiene el ráster de pendientes. Posteriormente, este resultado se clasifica en siete categorías utilizando la Calculadora Ráster, donde se aplican expresiones condicionales que asignan un valor a cada rango de pendiente, conforme a la clasificación establecida por el IGAC, obteniendo así un nuevo ráster categorizado.

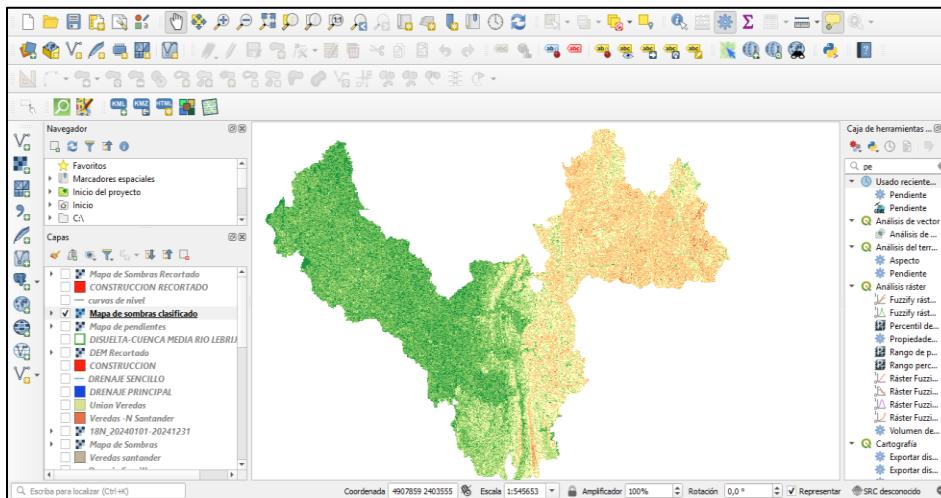


Figura 10. Mapa de pendientes zona media rio Lebrija

Para obtener las curvas de nivel a partir del DEM en QGIS, se utiliza la herramienta Caja de herramientas, Análisis del terreno, Curvas de nivel (Contour), donde se selecciona el DEM como ráster de entrada y se define la equidistancia deseada; al ejecutar, se genera una capa vectorial con las curvas de nivel.

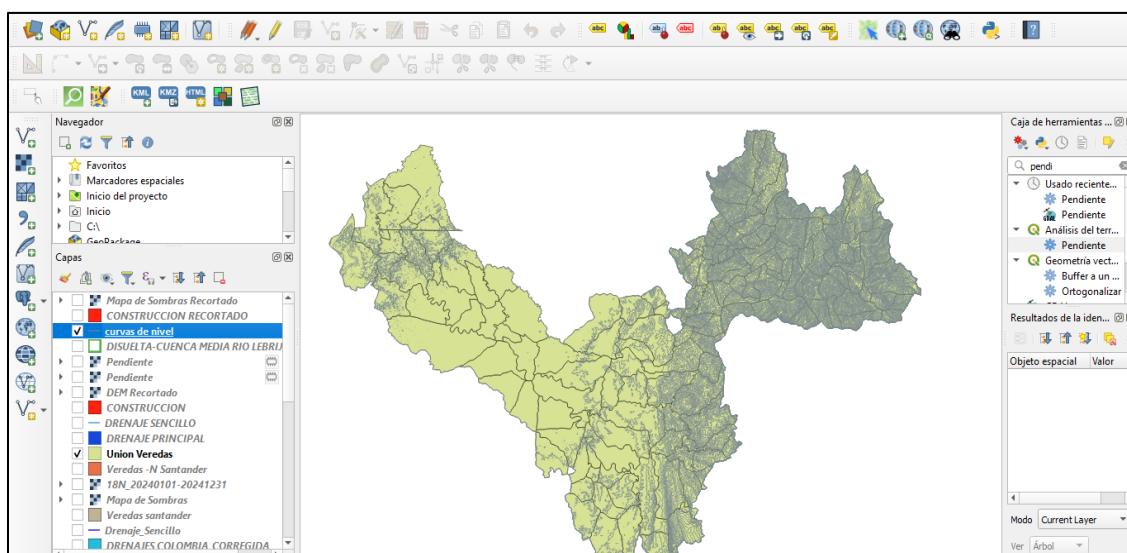


Figura 11. Curvas de nivel zona media cuenca Lebrija.

Desde la plataforma *Esri Land Cover* se descargaron las coberturas de uso del suelo en formato ráster (.tif). Posteriormente, fue necesario realizar el proceso de vectorización en QGIS, a partir de este, extraer la clase correspondiente a cobertura de construcciones para el año 2024.

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,
EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0

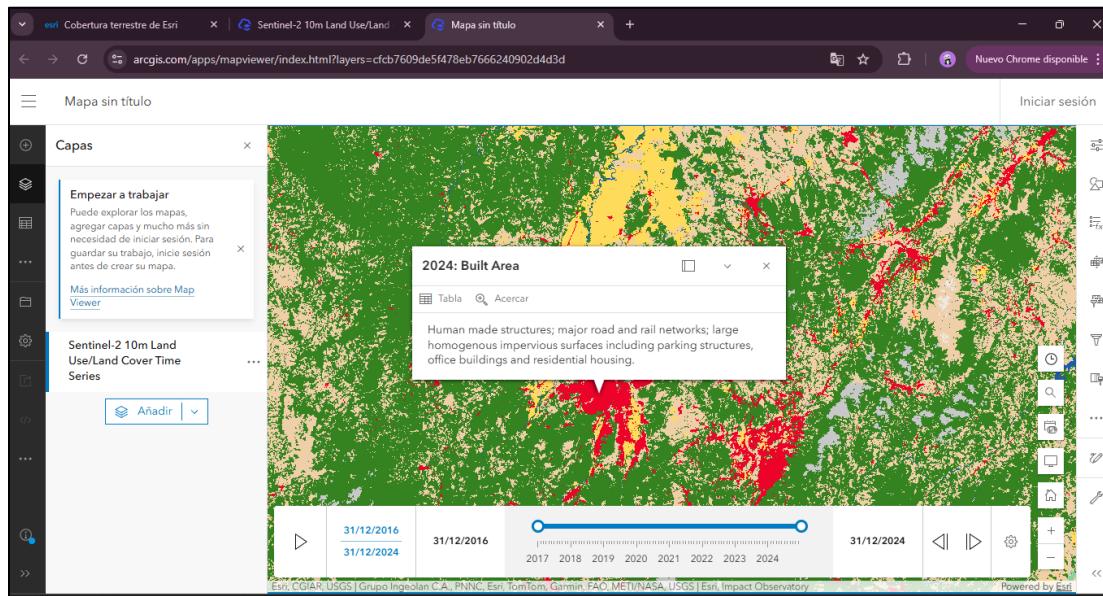


Figura 12. Descarga de coberturas uso del suelo.

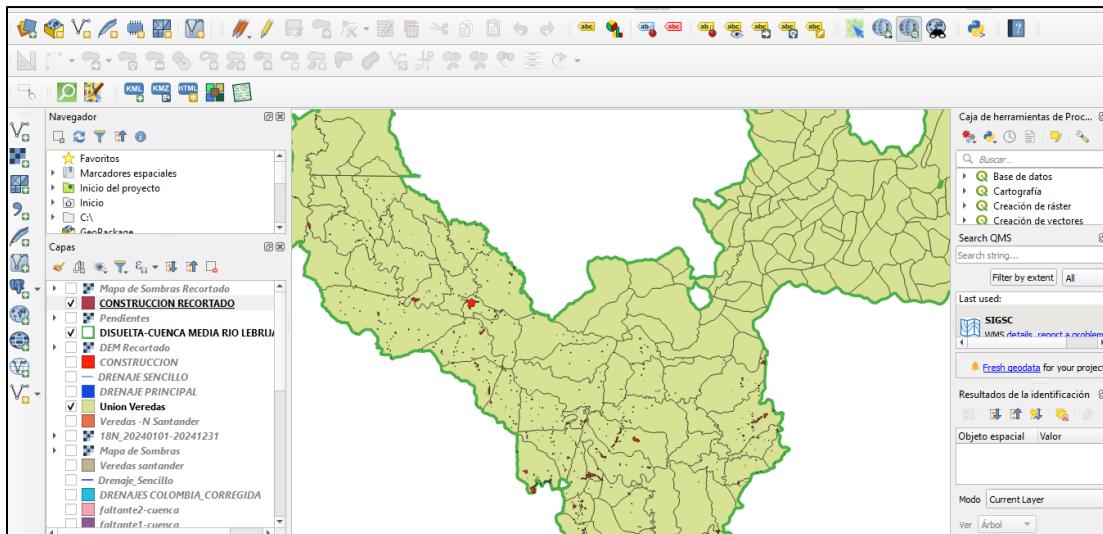


Figura 13. Cobertura construcciones de la zona media rio Lebrija

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

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

5. RESULTADOS

Se elaboró el mapa de pendientes con curvas de nivel, sombras y drenajes sencillos y dobles, lo que permitió distinguir dos zonas geomorfológicas: una de pendientes fuertes representada por tonos rojizos, naranjas y amarillos, y otra plana identificada con colores verdes. Esta caracterización permite identificar áreas en riesgo de procesos de remoción en masa en los sectores de mayor inclinación y zonas propensas a inundación en las superficies planas, lo que corresponde a riesgos netamente naturales por parte de un análisis del relieve desde el punto de vista topográfico y geomorfológico.

Se reconocen dos sistemas morfogenéticos: un sistema de gravedad vertiente, caracterizado por una alta densidad de drenajes con patrón dendrítico, lo que indica pendientes abruptas y presencia de valles en "V". En este sistema se ubican los municipios de Cachira, Ábrego, El Playón, parte del municipio de Lebrija y La Esperanza, donde en temporadas de precipitación se favorecen avenidas torrenciales y posibles desprendimientos.

El segundo corresponde a un sistema fluvial desarrollado en zonas planas, casi planas o con ligera inclinación, donde se localizan los municipios de San Martín, Puerto Wilches, Sabana de Torres, parte de La Esperanza, parte de Lebrija y Rionegro hacia el valle medio del Magdalena, así como sectores de El Playón ubicados sobre la vía que comunica Bucaramanga con la Costa Atlántica, donde está presente el río Playón. En este sistema se observa un drenaje doble asociado al río Lebrija y sus numerosos tributarios, lo que incrementa la probabilidad de inundaciones durante épocas de lluvia.

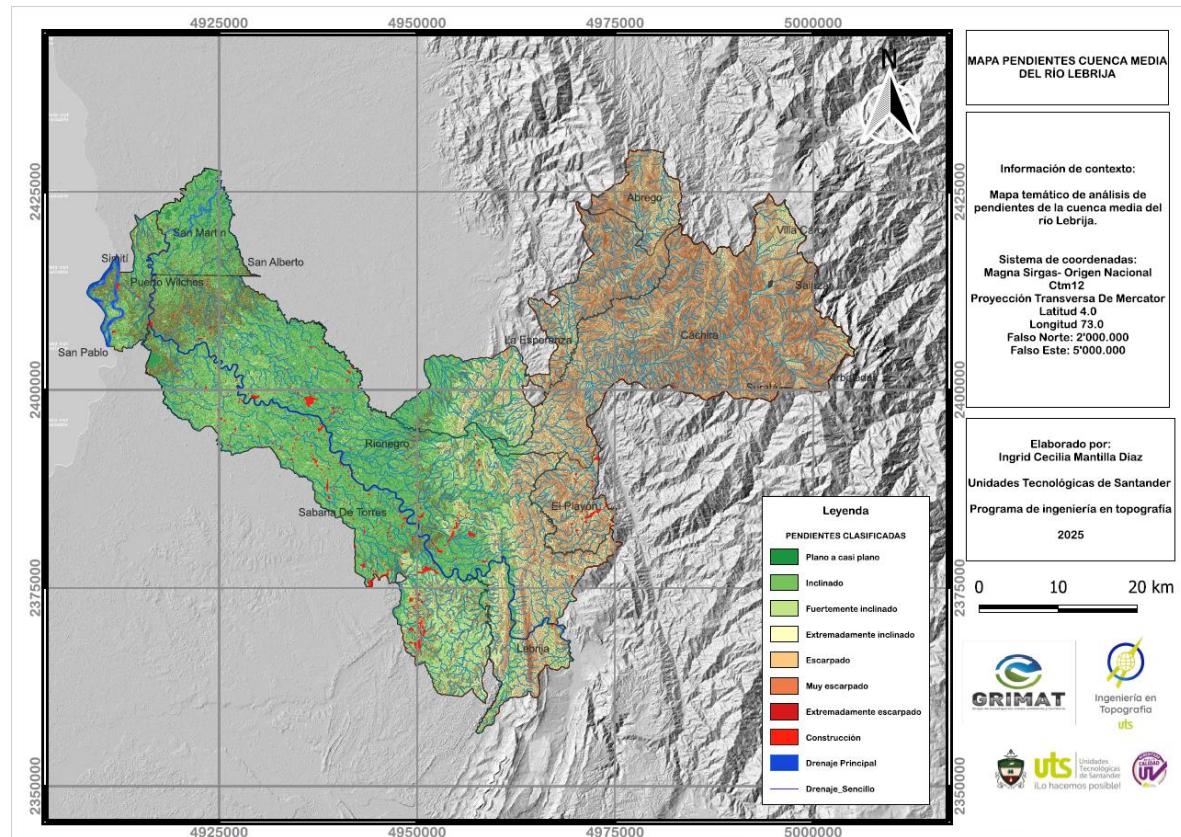


Figura 14. Mapa de pendientes

Con el mapa de susceptibilidad se puede corroborar la interpretación obtenida a partir del mapa de pendientes, mediante la validación de las zonas que presentan pendientes bajas, con el fin de determinar las áreas con mayor susceptibilidad.

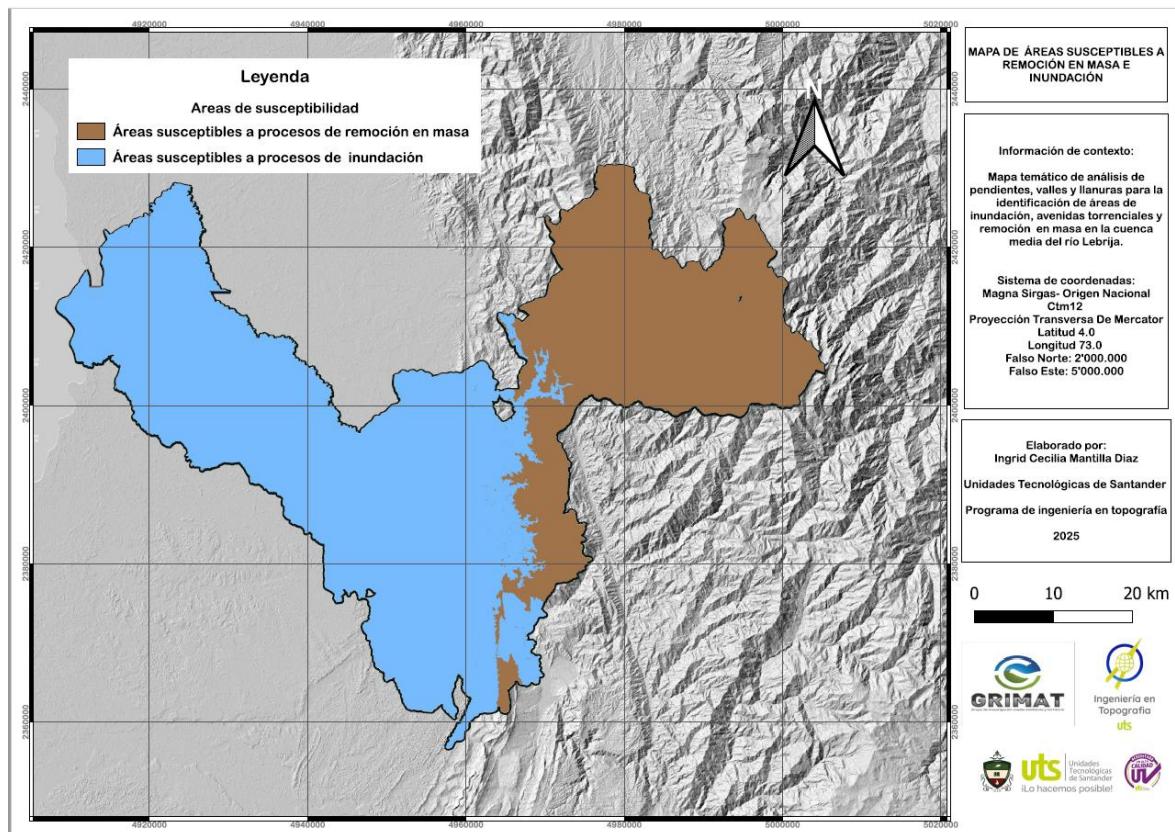


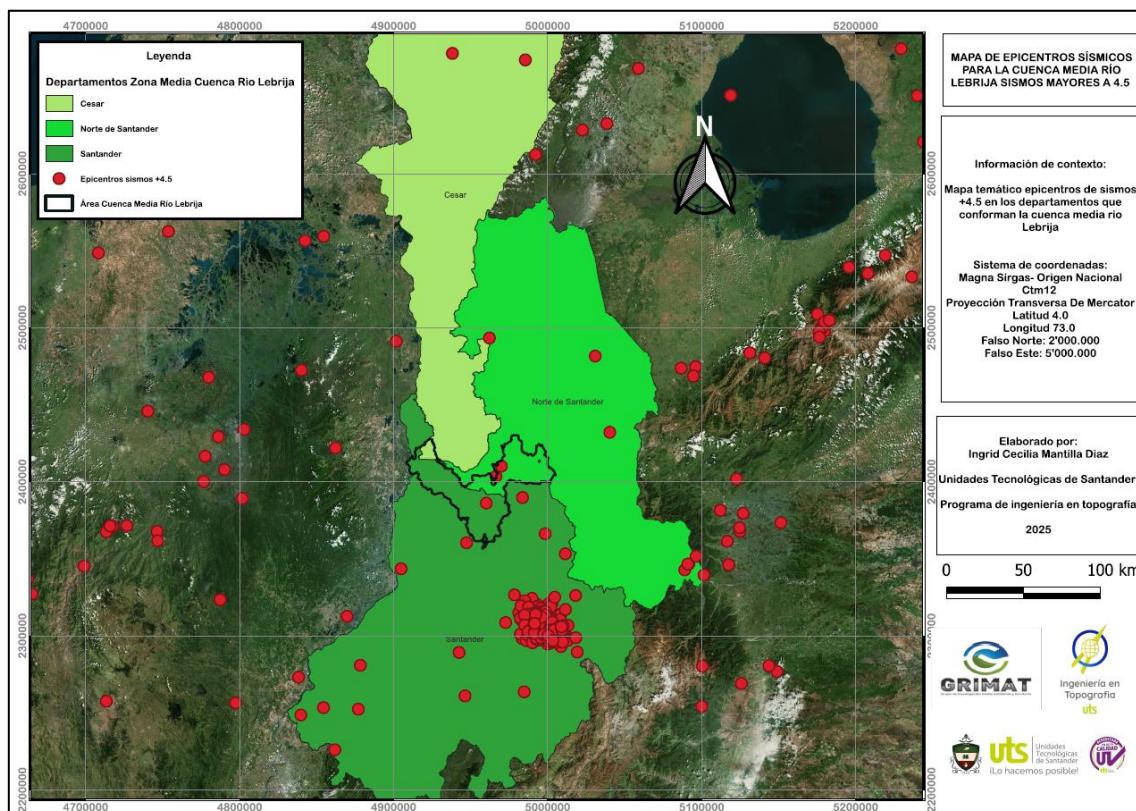
Figura 15. Mapa de áreas susceptibles a remoción en masa e inundación.

Se realiza mapa de epicentro de sismos registrados en los departamentos de Norte de Santander, Santander y Cesar, mayores de +4.5 en la escala de Ritcher; con el fin Identificar qué zonas pueden ser afectadas por procesos de remoción en masa con la sismicidad o afectación en la infraestructura. Se observa alta concentración de epicentros sísmicos en Santander, lo que corrobora el llamado nido sísmico en esta zona; Cesar y Norte de Santander presentan menor cantidad de epicentros de más de +4,5, sin embargo, esto no significa que no puedan ser afectadas por este tipo de eventos.

Esta distribución se relaciona con la presencia de fallas regionales activas como la Falla de Bucaramanga–Santa Marta, Falla de Suárez, Falla de Lebrija y diversas fallas transversales menores, cuya dinámica libera energía capaz de

generar efectos significativos sobre el territorio, entre ellos afectaciones a la infraestructura, inestabilidad de laderas, alteración de los patrones de drenaje y un aumento en la vulnerabilidad ante inundaciones cuando coinciden eventos sísmicos con períodos de lluvia.

Figura 17. Mapa de epicentros de sismos mayores +4.5



Fuente: Autor con información de Search Earthquake, 2025

Caracterizar las amenazas presentes en la cuenca media del río Lebrija mediante el análisis de los eventos históricos registrados, la evaluación del relieve, la geomorfología y la identificación de los factores detonantes asociados a la ocurrencia de desastres.

Tabla 2. Tabla de históricos cuenca media río Lebrija.

Evento	Año	Qué ocurrió	Población / zona afectada	Razón por la que ocurre
Desbordamiento e inundaciones por creciente súbita. www.vanguardia.com	2024	El río Lebrija se desbordó y provocó inundaciones en varias veredas; viviendas, fincas y vías quedaron afectadas.	Sabana de Torres — Bajo Rionegro (veredas como Provincia, Boca La Tigría, Venecia, etc.).	Las fuertes lluvias, incrementaron el caudal y provocaron que el río saliera de su cauce, generando inundaciones en las zonas rurales ubicadas sobre la llanura aluvial. Este se caracteriza por pendientes planas (0 % – 3 %) y por una elevación baja, que oscila entre los 100 y 150 metros sobre el nivel del mar, condiciones que aumentan la vulnerabilidad a eventos de inundación. A esta vulnerabilidad natural se suma que muchas de las construcciones presentes en estas áreas pueden no contar con los estándares adecuados para resistir eventos por incumplimiento de normas sismo resistentes vigentes.

<p>Rotura de dique y desbordamiento masivo. (<u>ELESPECTADOR.COM</u>)</p>	<p>2020</p>	<p>Creciente del río rompió diques y ocasionó inundaciones extensas; afectación de cultivos y miles de hectáreas.</p>	<p>Sabana de Torres Vereda Barranco colorado y Rionegro santandereano).</p>	<p>La temporada de lluvias intensas incrementó significativamente el caudal, y la fuerza del agua provocó el colapso de estructuras de contención (diques). Esto generó inundaciones en las llanuras agrícolas, las cuales, debido a sus pendientes planas (0 % – 3 %), presentan alta vulnerabilidad a este tipo de eventos naturales. Adicionalmente, la baja cota del terreno —que oscila alrededor de los 50 metros sobre el nivel del mar, suma un factor adicional de vulnerabilidad. A esto se suma que muchas de las construcciones existentes posiblemente no cuentan con las condiciones adecuadas para enfrentar eventos de esta magnitud, ya que podrían no cumplir con las normas sismo resistentes vigentes.</p>
---	-------------	---	---	--

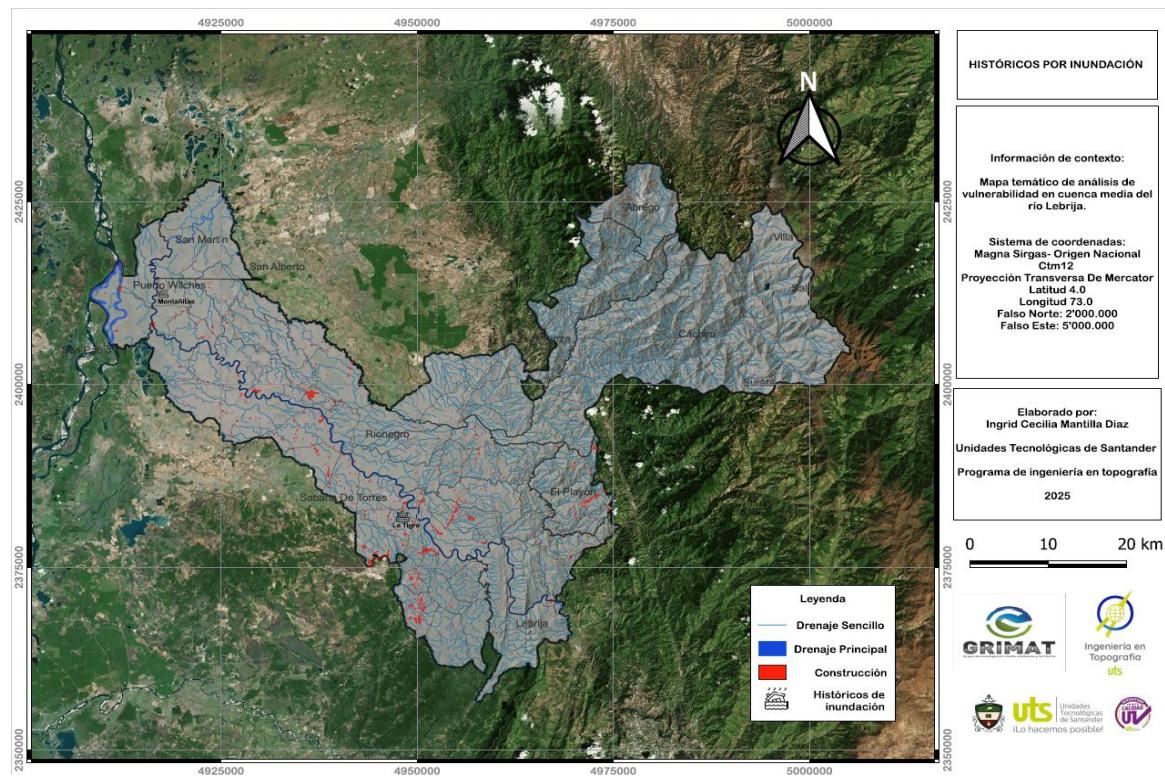


Figura 16. Mapa de históricos de inundación.

Observar la exposición de la población en las zonas de amenaza ante desastres para determinar su vulnerabilidad mediante el análisis de la cobertura área construida con imágenes satelitales.

Tabla 3. Población por municipio 1985,1995,2005, 2015 y 2020

Municipio	1985	1995	2005	2015	2020
San Martín	13.224	15.522	17.312	18.548	19.015
Ábrego	30.900	30.749	34.492	37.997	39.805
Cáchira	17.709	11.469	10.619	10.970	11.170
La Esperanza	0	10.205	10.953	12.012	12.609
El Playón	13.721	14.079	13.148	11.776	11.115
Lebrija	23.825	27.673	30.980	38.560	42.895
Puerto Wilches	23.058	31.598	31.503	31.511	31.509
Rionegro	29.899	36.456	29.382	27.114	26.025
Sabana de Torres	21.403	19.912	19.772	18.652	17.772

Fuente: DANE, 1985-2020; POMCA.

De acuerdo a la información del DANE se ha incrementado la población generando pequeñas cabeceras pobladas principalmente a la zona de menor pendiente donde la población queda expuesta a una vulnerabilidad alta a proceso por inundación, como lo son Puerto Wilches y Lebrija, los cuales muestran un crecimiento constante a lo largo desde el año 1985 al 2020, por otro lado, cuatro municipios presentan pérdida de población: Cáchira, El Playón, Rionegro y Sabana de Torres.

Las poblaciones que han presentado decrecimiento lo han hecho debido a varios factores, entre los cuales destacan tres elementos determinantes señalados en el POMCA de la Cuenca Media del río Lebrija. El primero está relacionado con la disminución de los ingresos en los municipios, causada por los bajos precios de las producciones agrícolas y pecuarias durante las décadas de 1980 y 1990, lo que llevó a que gran parte de la población migrara en busca de nuevas fuentes de sustento, cambiando de actividad económica. El segundo factor está asociado a la violencia generada por los grupos armados al margen de la ley (FARC y ELN), lo que provocó el desplazamiento aproximado del 3% de la población entre 1980 y 2000, según datos del DPS22. Finalmente, el tercer factor corresponde a la bonanza comercial petrolera, que atrajo mano de obra desde diversos municipios hacia Barrancabermeja y otras localidades vinculadas a la industria de hidrocarburos.

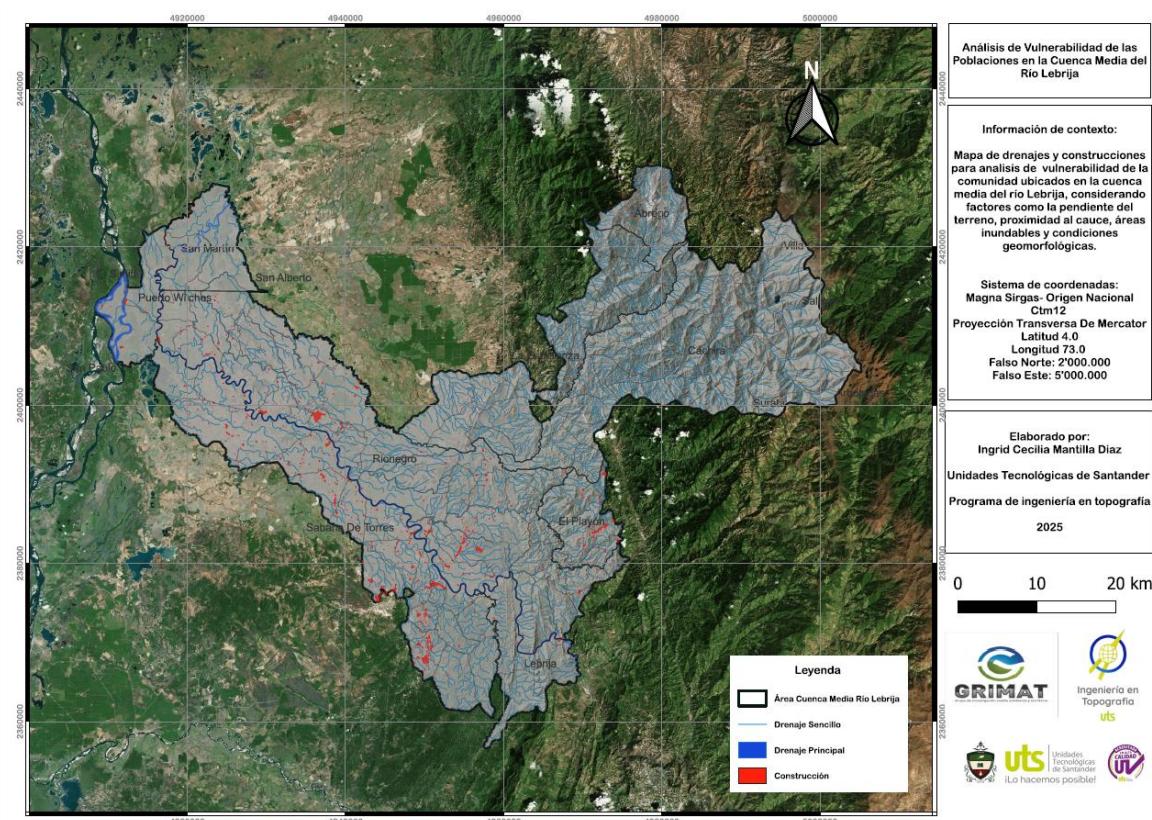


Figura 17. Mapa de vulnerabilidad a amenazas de la población de los diferentes municipios.

En los drenajes, se observa una abundancia de drenajes sencillos en el área de estudio, los cuales, en su mayoría conducen sus aguas hacia un drenaje doble correspondiente al río Lebrija, que finalmente entrega su caudal al río Magdalena, uno de los principales ríos de Colombia.

Teniendo en cuenta los dos grandes sistemas morfogenéticos descritos anteriormente, el sistema de gravedad vertiente y el sistema fluvial, en la zona noreste predominan las fuertes pendientes y el sistema de montaña, donde la alta densidad de drenajes influye en la ocurrencia de avenidas torrenciales debido a los cambios abruptos de pendiente, procesos de remoción en masa como

deslizamientos, volcamientos, desprendimientos de material rocoso y pérdida de la cobertura vegetal.

Hacia el suroeste, correspondiente al sector de pendientes más bajas en el valle del río Lebrija, donde el río presenta morfología sinuosa, la presencia de numerosos tributarios y del drenaje doble contribuye especialmente en épocas de lluvia, a la generación de procesos de inundación.

Los drenajes en conjunto permiten confirmar estos dos procesos principales, remoción en masa propio de las zonas de montaña e inundaciones propias de zonas de bajas pendientes, como fenómenos que pueden generar efectos de desastre en el área de estudio. Finalmente, de acuerdo con la distribución de drenajes y el tipo de relieve, se observa una menor presencia de población en las zonas de montaña, concentrándose principalmente en los valles del río y en las llanuras de inundación.

6. CONCLUSIONES

El objetivo uno se cumplió, tras el análisis geomorfológico, topográfico y geológico realizado mediante herramientas SIG que permitió reconocer los principales escenarios de riesgo presentes en la cuenca media del río Lebrija representado en la cartografía temática generada, como mapas de pendientes, los drenajes, mapa de sombras, que facilitaron la identificación de zonas asociadas a pendientes pronunciadas (sistema gravedad vertiente) y sectores susceptibles a inundación en áreas de pendiente baja (sistema fluvial).

Este proceso mostró la utilidad de las herramientas geoespaciales como base para la comprensión del comportamiento del terreno, que a su vez, aporta un insumo para la gestión del riesgo en el territorio.

El objetivo dos se cumplió, ya que, mediante la revisión de eventos históricos y la evaluación detallada del relieve, la geomorfología y los factores detonantes asociados a la ocurrencia de desastres, fue posible caracterizar las amenazas que predominan en la cuenca media del río Lebrija, lo cual permitió identificar los fenómenos que han tenido mayor impacto en el territorio.

A partir de la interpretación de los mapas temáticos generados y del análisis de la cobertura construida, se observó la exposición de la población frente a las zonas de amenaza por desastres, cumpliendo así el tercer objetivo planteado.

La distribución del drenaje y las características del relieve muestra que las áreas de montaña del sector noreste, donde predominan fuertes pendientes, la presencia de asentamientos es reducida, lo que disminuye el nivel de vulnerabilidad a eventos propios de zona de fuertes pendientes como deslizamiento y avenidas torrenciales.

Por otro lado, las zonas de pendientes más bajas en el valle del río Lebrija muestran una mayor concentración de población, coincidiendo con áreas susceptibles a inundaciones debido a la convergencia de drenajes y la morfología sinuosa del cauce, permite concluir que las poblaciones más expuestos corresponden principalmente ubicadas a las llanuras de inundación y a los valles del río, donde la interacción entre la dinámica fluvial y la ocupación humana incrementa la vulnerabilidad ante eventos.

7. RECOMENDACIONES

Utilizar información con resolución espacial menor a 30 m, ya que ofrece una mayor precisión espacial, lo cual facilita la interpretación del terreno, permite identificar con mayor claridad cambios sutiles en la pendiente, delimitar con exactitud áreas susceptibles a inundaciones o remoción en masa y mejora la calidad de los análisis geoespaciales realizados en SIG.

Incorporar herramientas tecnológicas obtenidas directamente en campo, como el uso de drones, para generar modelos digitales de elevación y obtener datos sobre la morfología del terreno.

Aunque el análisis SIG es sólido, se recomienda añadir trabajos de campo que permitan verificar pendientes reales, validar zonas con remoción en masa y examinar áreas de inundación recurrente.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Análisis de la problemática sobre la gobernanza del río Lebrija, Santander: Con relación a la equidad en el acceso y el uso de recursos hídricos en comunidades rurales del municipio Sabana de Torres
<https://repositoriocdim.esap.edu.co/handle/20.500.14471/28201>

Conceptos y Definiciones de Relevancia en la Gestión del Riesgo (Basado en OD. Cardona con modificación realizada por A.M.LAVELL) chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcgkclefindmkaj/https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/95552607/doc15036-lavell-gestion-riesgo-libre.pdf?

Contexto Ganadero. (s.f.). *Lluvias inundaron fincas en Rionegro y Sabana de Torres*. <https://www.contextoganadero.com/regiones/lluvias-inundaron-fincas-en-rionegro-y-sabana-de-torres>

Impacto de la expansión humana en el desarrollo territorial entre los municipios de Girón y Lebrija en los años 2000 a 2022- Barajas Cordero, Ernesto Correa Sánchez, Liliana María Gómez Mejía, Leonardo Favio
<http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/10490>

Identificación de las zonas inundables con el uso de herramientas de análisis espacial como apoyo a la gestión de riesgo; caso de estudio “cuenca alta del río lebrija”- Bernal Jaimez, Jonathan Ferney Arias Gomez, Monica Lizeth Arrieta Florez, Brayan David.
<http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/6109>

WWF Colombia. (s.f.). *Cinco actividades que amenazan la salud de los ríos*. <https://www.wwf.org.co/?333940/Cinco-actividades-que-amenazan-la-salud-de-los-rios>

POMCA LEBRIJA MEDIO Chrome
extension://efaidnbmnnibpcajpcgkclefindmkaj/https://www.cdmb.gov.co/images/documentos/tematicas/pomcas/lebrija-medio/documento_pomca_lebrija_medio.pdf

POMCA ALTO LEBRIJA chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cdmr.gov.co/imagenes/documentos/tematicas/pomcas/alto-lebrija/resumen_ejecutivo_pomca_alto_lebrija.pdf

REPORTE DE ALERTAS DE ANÁLISIS REGIONAL Cuenca Alta del Río Lebrija, Río Zulia y Río Pamplonita (CH-ALZP) Chrome
extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.anla.gov.co/documentos/biblioteca/07-5-2021-anla-reporte_de_alertas_alto_lebrija_zulia_y_pamplonita.pdf

Repositorio Gestión del Riesgo. (s.f.). [Título del documento 39187].
<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/handle/20.500.11762/39187>

Repositorio Gestión del Riesgo. (s.f.). [Título del documento 39188].
<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/handle/20.500.11762/39188>

Semana. (s.f.). Más de 400 familias damnificadas por desbordamiento de ríos Cáchira y Lebrija en Santander.
<https://www.semana.com/nacion/bucaramanga/articulo/mas-de-400-familias-damnificadas-por-desbordamiento-de-rios-cachira-y-lebrija-en-santander/202315/>

El Espectador. (s.f.). Desbordamiento del río Lebrija causó inundaciones en dos municipios de Santander.

Vanguardia. (2025, 12 de septiembre). Lluvias en Santander generan alertas en 29 municipios; aumentan riesgos por deslizamientos e inundaciones.
<https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/2025/09/12/lluvias-en-santander-generan-alertas-en-29-municipios-aumentan-riesgos-por-deslizamientos-e-inundaciones/>

Zonas hidrogeológicas homogéneas de Colombia N.O. [Archivo PDF].
https://web.igme.es/boletin/2006/117_1_2006/Art.4.PDF

9. ANEXOS

- A. Mapa de pendientes
- B. Mapa de áreas susceptibles a remoción en masa e inundación.
- C. Mapa de epicentros de sismos mayores +4.5 en los departamentos que conforman la cuenca
- D. Mapa de históricos de inundación
- E. Mapa de vulnerabilidad a amenazas de la población de los diferentes municipios.