



Resiliencia al fenómeno de remoción en masa: factores condicionantes de la cuenca baja del Río Suárez (Santander) frente al cambio climático

Iván Darío Camacho-Puerto, Johan Eduardo Craig-Santos & Javier Damian Leon-Ruiz

Dirección de Investigación y prospectiva, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia. Ivan.camacho@igac.gov.co, Johan.craig@igac.gov.co, Javier.leon@igac.gov.co

Recibido: 31 marzo 2025. Recibido en formato revisado: 24 junio 2025. Aceptado: 25 junio 2025.

Resumen

La cuenca baja del río Suárez presenta alta susceptibilidad a movimientos en masa, agravada por factores geológicos, climáticos y topográficos; el cambio climático, con lluvias intensas y mayor temperatura, aumenta este riesgo, exigiendo estrategias de mitigación en los municipios afectados; no obstante, persisten deficiencias en la integración de la gestión del riesgo en los instrumentos de ordenamiento territorial, lo que lleva a cuestionar: ¿cómo su caracterización e inclusión en los POT fortalecen la resiliencia municipal? Para responder, se aplicó una metodología en dos fases: 1) caracterización físico - geográfica (geología, topografía, precipitaciones y cobertura del suelo) con datos oficiales; y 2) análisis de la gestión del riesgo en, planes, planes básicos y esquemas de ordenamiento territorial, evaluando estrategias de adaptación y mitigación. Los resultados muestran heterogeneidad: algunos municipios tienen estrategias detalladas, mientras otros carecen de identificación de zonas vulnerables y acciones concretas, evidenciando vacíos críticos en la planificación.

Palabras clave: ordenamiento territorial; condicionantes; clima; cambio climático; resiliencia; remoción en masa.

Resilience to mass movement phenomena: conditioning factors in the lower Suárez River Basin (Santander) in the face of climate change

Abstract

The lower basin of the Suárez River is highly susceptible to mass movements, exacerbated by geological, climatic, and topographic factors. Climate change, with increased rainfall intensity and higher temperatures, elevates this risk, necessitating mitigation strategies in affected municipalities. However, deficiencies persist in integrating risk management into land-use planning instruments, raising the question: How does risk characterization and its inclusion in Land-Use Plans (POTs) strengthen municipal resilience? To address this, a two-phase methodology was applied: 1) a physical-geographic characterization (geology, topography, rainfall, and land cover) using official data, and 2) an analysis of risk management in municipal planning documents, including Land-Use Plans, development plans, and risk management plans, assessing adaptation and mitigation strategies. Results reveal heterogeneity: some municipalities have detailed strategies, while others lack vulnerability mapping and concrete actions, highlighting critical gaps in planning.

Keywords: land-use planning; constraints; climate; climate change; resilience; mass movement.

1 Introducción

Los fenómenos de remoción en masa representan una amenaza significativa para la estabilidad territorial, especialmente en regiones donde las condiciones geológicas, topográficas y climáticas favorecen su ocurrencia; la cuenca baja del río Suárez, ubicada en el departamento de Santander, Colombia, es un territorio altamente susceptible a estos eventos, cuya frecuencia e intensidad pueden verse incrementadas por los efectos del cambio climático.

El aumento en la intensidad y variabilidad de las lluvias, junto con el ascenso progresivo de la temperatura, no solo incrementa la saturación de los suelos y la probabilidad de deslizamientos, sino que también acelera el intemperismo de las rocas y la degradación del suelo, afectando la estabilidad de las laderas; en este contexto, la resiliencia de los municipios de la cuenca baja del río Suárez frente a estos eventos depende en gran medida de su capacidad para caracterizar el riesgo y aplicar estrategias de mitigación y adaptación efectivas dentro de sus herramientas de planificación territorial.

How to cite: Camacho-Puerto, I.D., Craig-Santos, J.E., y Leon-Ruiz, J.D., (2025). Resiliencia al fenómeno de remoción en masa, factores condicionantes de la cuenca baja del río Suárez (Santander) frente al cambio climático.. BOLETÍN DE CIENCIAS DE LA TIERRA. 58, pp. 7-17. DOI:<https://doi.org/10.15446/rbct.n58.119607>

Este estudio analiza la importancia de la caracterización del riesgo en el área de estudio y su relación con la resiliencia ante los fenómenos de remoción en masa; se parte del reconocimiento de que estos procesos están condicionados por múltiples factores, entre ellos la cobertura del suelo, las unidades geológicas, los elementos geomorfológicos y el inventario de movimientos en masa, a través de una revisión detallada de los instrumentos de ordenamiento territorial de los municipios de la cuenca baja del río Suárez, se busca evaluar en qué medida la gestión del riesgo ha sido integrada en la planificación territorial, identificando fortalezas, debilidades y vacíos en la formulación de estrategias preventivas y adaptativas.

El análisis permitirá obtener una visión integral de la percepción del riesgo en el territorio, así como de las estrategias implementadas para su reducción; en última instancia, este estudio pretende aportar insumos que fortalezcan la gestión del riesgo en la región, promoviendo una planificación territorial más resiliente ante la creciente amenaza de las remociones en masa exacerbadas por el cambio climático.

2 Área de estudio

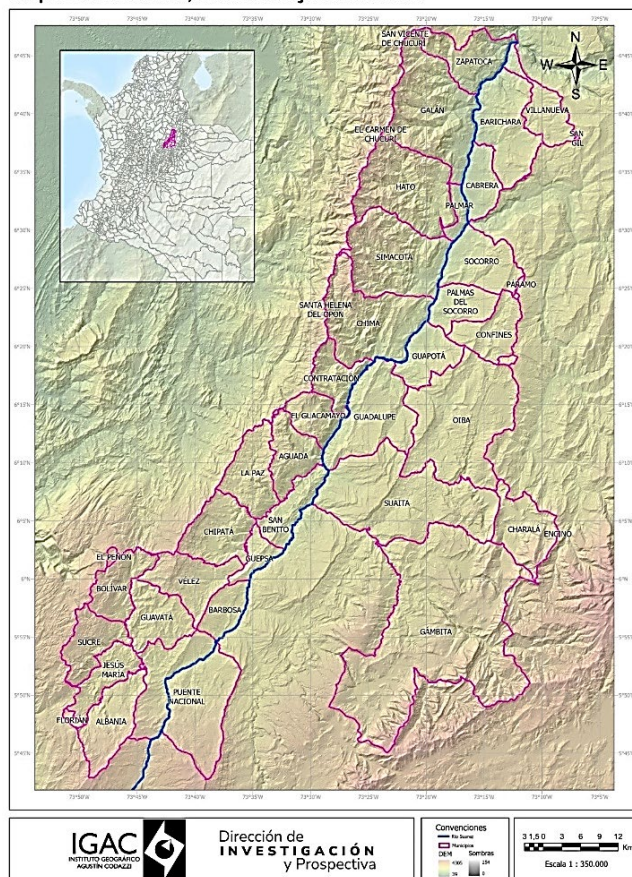
La cuenca baja del río Suárez se encuentra sobre la cordillera Oriental, en el departamento de Santander, Colombia. Propiamente son 50 municipios de las provincias Comunera, Guanentá y Vélez en su gran mayoría. Sus coordenadas extremas son: al norte, $6^{\circ} 47' 22.540''$; al sur, $5^{\circ} 42' 45.040''$; al este, $-72^{\circ} 51' 31.937''$ y al oeste $-73^{\circ} 51' 38.770''$.

A una escala regional la cuenca del río Suárez es realmente extensa, naciendo en el altiplano cundiboyacense en el valle de Ubaté, terminando sus aguas en el río Sogamoso [1]. En este artículo, nos enfocamos en la sección de la cuenca que corresponde al departamento de Santander, con el objetivo de analizar la importancia de la caracterización del riesgo en el área de estudio y su relación con la resiliencia ante los fenómenos de remoción en masa [2].

El cambio climático juega un papel crucial en este contexto, ya que el aumento de la temperatura promedio global, impulsado por la concentración creciente de gases de efecto invernadero en la atmósfera puede intensificar los procesos de erosión e intemperismo [3], estos cambios incrementan la susceptibilidad del territorio a desplazamientos y otros eventos de remoción en masa, lo que resalta la necesidad de estrategias de adaptación y mitigación en la región [4].

Los habitantes que hacen parte del área de estudio se ubica dentro de la jurisdicción de los municipios de Güepsa, Gámbita, Chipatá, San Benito, Suaita, Aguada, Bolívar, Guadalupe, El Guacamayo, Oiba, Contratación, La Paz, Charalá, Confines, Palmas Del Socorro, Chima, Páramo, Santa Helena del Opón, Socorro, Vélez, Palmar, Cabrera, Hato, San Gil, Curití, Barichara, Jordán, Villanueva, Galán, Los Santos, Simacota, Zapatoca, Florián, Jesús María, Puente Nacional, Barbosa, San Vicente De Chucurí, Sucre, El Peñón, Encino, Guapotá, El Carmen, Albania, y Guavatá. (Mapa 1).

Mapa de ubicación, Cuenca Baja Rio Suarez



Mapa 1. Ubicación de cuenca baja del río Suárez.

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Geográfico Colombiano Agustín Codazzi (2018)

En el Mapa 1, podemos ver todos los municipios que se encuentran dentro de la cuenca baja del río Suárez en el departamento de Santander, junto con el cauce principal y un mapa de sombras. La cuenca se extiende sur a norte, delimitada al occidente por un marcado ambiente estructural y al oriente por zonas de denudación, su superficie total abarca 398.812,8 hectáreas.

3 Marco teórico

3.1 Movimiento en masa, clima

En el estudio del fenómeno de remociones en masa, diversas disciplinas coinciden en que su dinámica es altamente compleja, lo que ha dado lugar a múltiples definiciones y enfoques; según el servicio geológico colombiano [5], los movimientos en masa abarcan todos aquellos desplazamientos ladera abajo de materiales como roca, detritos o tierra, impulsados por la gravedad. No obstante, a pesar de la diversidad de tipos de deslizamientos existen patrones clave que permiten su caracterización.

Por ejemplo, la caída de rocas se presenta cuando una

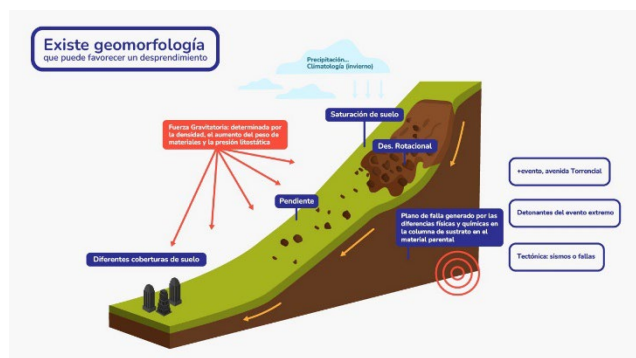


Figura 1. Esquema simple de los movimientos de remoción en masa.
Fuente: Elaboración propia.

cantidad considerable de detritos, como tierra, piedras y otros materiales, se desplazan desde una posición elevada hacia niveles más bajos debido a diversas causas. Estas causas pueden ser inherentes, como la presencia de material colapsable que debilita la estabilidad del terreno, o detonantes, como la influencia de condiciones climáticas adversas como lluvias intensas. Cuando estas condiciones se combinan, pueden desencadenar una repentina liberación de material. Se consideran 3 casos: Caída libre, si la inclinación de taludes o laderas desde donde se desprende la masa excede los 75° . Si este ángulo es menor, el material desprendido desciende en brincos y en el caso de taludes con inclinaciones menores a 45° , los materiales desalojados descienden predominantemente rodando [6].

En el caso específico de la Fig. 1 se presenta caída de roca en masa en Suaita, Santander el 4 de abril de 2013, se trató de un incidente donde una cantidad significativa de detritos, incluida roca, se desprendió de una ladera estructural de cuesta cerca de la vía Jericó-Socotá. Esta caída fue influenciada por la dualidad de causas. Por un lado, la presencia de material colapsable en la zona debilitó la estabilidad del terreno, contribuyendo a la acumulación de los detritos. Por otro lado, Las intensas temporadas de lluvia y los eventos extremos, actuando como detonante, de infiltración, erosión y saturaron el suelo, aumentando su peso y disminuyendo la cohesión entre partículas, lo que culminó en el desprendimiento repentino y masivo de rocas y detritos desde la ladera.

La definición de clima varía según los enfoques y los intereses institucionales. Sin embargo, en términos estrictos, el clima se define comúnmente como el ‘tiempo medio’, es decir, la media y la variabilidad de las condiciones atmosféricas relevantes en un periodo que puede ir desde meses hasta miles o incluso millones de años.

En el área de estudio las condiciones climáticas están fuertemente influenciadas por factores como la altitud, la topografía y la interacción entre los regímenes de precipitación y temperatura. Uno de los principales factores desencadenantes de los fenómenos de remoción en masa en esta zona es el aumento en la intensidad y variabilidad de las lluvias, asociado al cambio climático. Las precipitaciones extremas pueden saturar los suelos, reduciendo su cohesión y estabilidad, lo que incrementa la probabilidad de deslizamientos y otros procesos erosivos. Además, el aumento progresivo de la temperatura podría intensificar el

intemperismo de las rocas y la degradación del suelo, afectando la estabilidad de las laderas y la resiliencia del territorio frente a estos eventos.

Existen diversas causas para el cambio climático, influencias externas como son las variaciones solares, cambios orbitales, impactos de meteoritos e influencias internas, la deriva continental, la composición atmosférica y el campo electromagnético, aun así la más relevante son la de cambios astronómicos que causan variaciones en la distribución espacial de la energía solar que alcanza la superficie de la Tierra, como son Los ciclos de Milankovich como responsables de los periodos glacial-interglacial registrados en el pasado.

Si bien hay procesos que generen ciclos de largo período en la cantidad de energía según Milankovich se presentan tres según los cambios en la geometría de la órbita terrestre, cambios por la excentricidad donde La órbita de La Tierra alrededor del Sol no siempre es elíptica, sino que varía de elíptica a casi circular y viceversa en un período de cerca de 80.000-90.000 años. Cambios en la oblicuidad donde la tierra rota alrededor de un eje inclinado demorando cerca de 42.000 años para completar un ciclo, es decir en ir del mínimo al máximo y regresar al mínimo y el movimiento de precesión del eje de rotación un movimiento cónico que es más amplio en el polo norte que completa en un lapso de 22.000 años. Lo anterior servirá como pautas para la discusión.

Ya el cambio climático entorno a la modificación de las variables como la temperatura, precipitación y el aumento del nivel del mar, el cual se expresa disminución o aumento en promedios y distribución espacial y temporal que se puede categorizar en una fase de enfriamiento o en una fase de aumento de temperatura la cual se relaciona con los eventos anóxicos. Un evento que no se considera causante de cambio climático, aun si, un ejemplo moderno interacción del clima, la erupción de Tambora de 1815 que emitió una cantidad de gas (SO_2), capa de aerosol, gotas de ácido sulfúrico determina la afectación del clima al enfriar troposfera.

3.2 Marco del amenaza y vulnerabilidad

El riesgo se define como la condición de un sistema frente a la posibilidad de enfrentar un desastre. Este se produce dentro del espacio geográfico a partir de la interacción entre la sociedad y la naturaleza en un periodo determinado [7]. No se limita únicamente a la magnitud o severidad de un evento natural, sino que depende de los elementos expuestos al fenómeno, su nivel de vulnerabilidad y la capacidad del sistema para afrontar el impacto y recuperarse.

La amenaza se entiende como la condición en la que un fenómeno puede afectar negativamente los elementos de un sistema. En este caso, los movimientos en masa representan la amenaza principal, mientras que los elementos expuestos incluyen la población, la cobertura del suelo y la infraestructura de la cuenca, tanto en áreas urbanas como rurales. Esto comprende viviendas, obras públicas, carreteras, redes eléctricas y alcantarillado, entre otros [8].

Las causas de los deslizamientos pueden clasificarse en dos grandes categorías: factores naturales y aquellos derivados de la actividad humana. En algunos casos, los deslizamientos ocurren o se agravan por una combinación de

ambos; dentro de las causas naturales, se identifican tres agentes desencadenantes principales: el agua, la actividad sísmica y la actividad volcánica [9], los efectos de estos factores dependen de condiciones como la inclinación de la pendiente, la morfología del terreno, el tipo de suelo, la geología subyacente y la presencia de población o estructuras en la zona afectada. Por otro lado, dentro de las acciones humanas que propician el colapso de laderas, se encuentran el aumento de carga debido a construcciones, la deforestación y la alteración de los patrones de infiltración y drenaje [10].

Finalmente, la vulnerabilidad se refiere a la magnitud del daño que un elemento del sistema puede sufrir ante una amenaza; esta depende del grado en que el elemento es afectado por el evento extremo y de su capacidad de recuperación. La vulnerabilidad varía según las condiciones socioeconómicas de la comunidad afectada; por ejemplo, un barrio de invasión ubicado en una zona de alta pendiente es altamente susceptible a los efectos de un deslizamiento, debido a la precariedad de los materiales de construcción, la dificultad de acceso y la limitada capacidad de respuesta de los organismos de socorro, además, la falta de recursos para la reubicación o reconstrucción aumenta la vulnerabilidad de sus habitantes. Si la vulnerabilidad se entiende como la diferencia entre la susceptibilidad y la resiliencia [20], este tipo de asentamiento presentan un alto grado de vulnerabilidad ante los deslizamientos.

4 Metodología

El artículo se divide en dos fases principales, la primera corresponde a la caracterización físico - geográfica de los factores condicionantes en el área de estudio y del detonante principal, la precipitación. Para ello, se recurrirá a diversas fuentes de información, como las bases de datos del IDEAM, SGC y SIMMI, usando la herramienta ArcGIS pro que permitirán analizar la distribución espacial de las variables climáticas en la zona, y la información de cobertura del suelo proporcionada por Corine Land Cover, con el fin de visualizar los diferentes elementos expuestos. Adicionalmente, se empleará el Atlas Geológico de Colombia a escala 1:100.000 y la información de los POMCA a escala 1:25.000 de la cuenca media y baja de la CAR y Corpoboyacá, con el propósito de caracterizar los factores condicionantes de manera general y comprender las condiciones del subsuelo. Asimismo, se utilizará un modelo de elevación digital para analizar la morfología del terreno y se hará una aproximación a la geotecnia y a las fallas geológicas de la zona, considerando que el área de estudio se encuentra en un sector tectónicamente activo, además, se incluirá una caracterización detallada del detonante precipitación en el área de estudio, dado su papel fundamental en la activación de procesos de remoción en masa.

La segunda fase se enfocará en el análisis y revisión de herramientas de ordenamiento territorial desde una caracterización cualitativa de la resiliencia, con el objetivo de evaluar las medidas de mitigación y adaptación implementadas por los municipios de Santander en la cuenca baja del río Suárez (Tabla 1). En este sentido, se examinará los planes de gestión de desastres, planes de ordenamiento territorial y los planes de desarrollo municipal, con el

propósito de caracterizar la capacidad adaptativa de los municipios y comprender como han incorporado estrategias de reducción del riesgo por remociones en masa en su planificación. A partir de esta revisión, se obtendrá una visión preliminar sobre la percepción del riesgo en el territorio, así como sobre las estrategias de gestión del riesgo implementadas en la cuenca baja del río Suárez. Es importante resaltar que no se pretende realizar una cuantificación del riesgo por remoción en masa solo evidenciar municipios con poca resiliencia a un probable aumento en frecuencia del fenómeno.

5 Caracterización de factores condicionantes

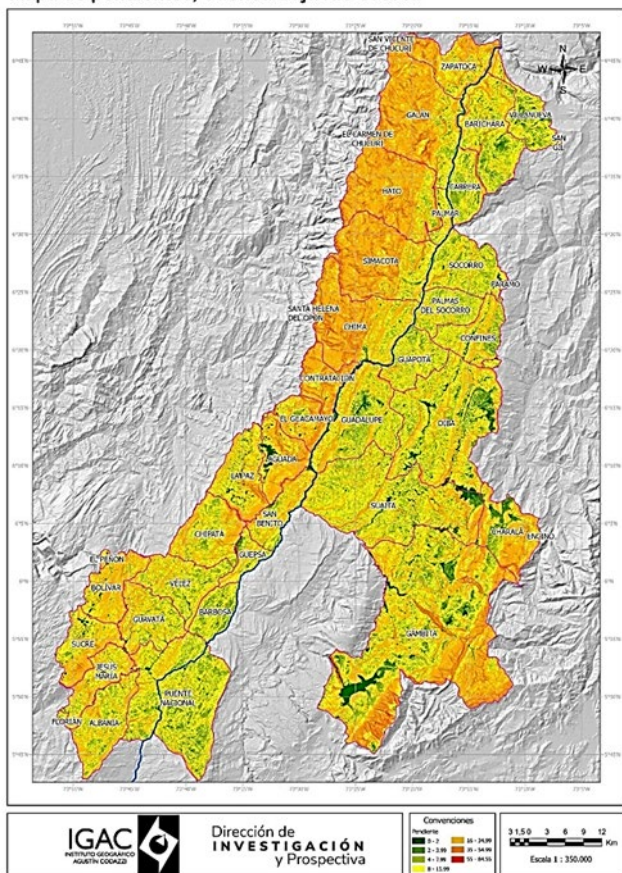
Los procesos de remoción en masa están condicionados por factores que determinan su desarrollo en tiempo y espacio, los cuales varían en función de la escala del estudio y del enfoque determinístico adoptado, para la mayoría de los estudios, los principales condicionantes incluyen la cobertura del suelo, las unidades geológicas, los elementos geomorfológicos y el inventario de movimientos en masa, información que en el caso de Colombia es proporcionada por el Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA) y complementada con registros secundarios provenientes de repositorios como DesInventar [22] y fuentes de medios de comunicación [11]. A continuación, se caracterizarán de manera descriptiva estos factores condicionantes, así como el detonante principal, la precipitación, cuyo papel es crucial en la morfodinámica del área de análisis.

La clasificación general de la pendiente se basa en un modelo digital de elevación (DEM) con una resolución espacial de 12,5 x 12,5 m procesado con la herramienta "Slope" de ArcGIS Pro (Mapa 2), el cual permite analizar la distribución del relieve a nivel regional, este análisis evidencia que el ambiente morfodinámico dominante en el occidente del área de estudio es de tipo estructural, mientras que en el oriente predomina un ambiente denudacional, en términos generales, hacia el noreste del área de estudio, las pendientes son entre moderadas y bajas, mientras que en la parte central y hacia el oeste presentan valores entre moderados y altos, particularmente en las formaciones geológicas Cumbre, Rosablanca, Ritoque y Paja [12,19] La clasificación de las pendientes se realizó en cinco categorías, siguiendo los criterios del estudio geomorfológico del IDEAM (2014) y los aportes metodológicos de Medina (2017).

5.1 Coberturas

La zona con mayor pendiente y donde afloran las formaciones geológicas más antiguas coincide en gran medida con las coberturas de bosque, lo que sugiere una relación entre la estabilidad del suelo y la preservación de la vegetación natural como se ve en el Mapa 3, en contraste, las áreas con menor pendiente y una mayor presencia de unidades geológicas más recientes presentan un alto grado de intervención antrópica, caracterizado por coberturas de pastos cultivados y zonas urbanizadas. Esta distribución de

Mapa de pendientes, Cuenca Baja Río Suarez



Mapa 2. Mapa de pendiente de la cuenca baja del río Suarez.
Fuente: Elaboración propia empleando DEM Alos Palsar.

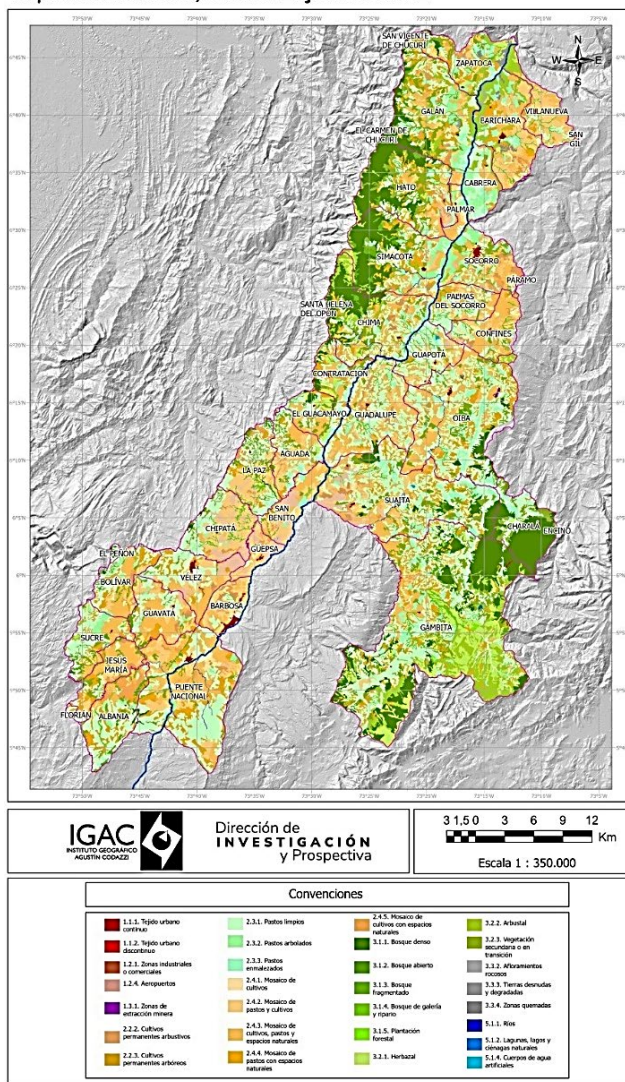
coberturas refleja la influencia de factores geomorfológicos y geológicos en los patrones de uso de suelo, donde las condiciones topográficas y la composición del sustrato condiciona la ocupación del territorio y la dinámica de transformación del paisaje [13].

5.2 Geología y geomorfología

El departamento de Santander se encuentra en una zona de alta complejidad geotécnica debido a la confluencia de las placas Caribe y suramericana, lo que ha generado una intensa fracturación del territorio [24], este fracturamiento constituye un parámetro estructural clave que se orienta predominantemente de suroeste a noreste, donde los pliegues y fallas ejercen un fuerte centro geológico, especialmente en la región occidental del departamento, al mayoría de estas fallas son de tipo inversos o de cabalgamiento [23], destacándose entre ellas la falla de Suarez y la zona de los anticlinales de Arcabuco, Oiba, Barbosa y Confines, entre otras.

En términos de geología superficial, varias zonas urbanas dentro de la cuenca del río Suarez están emplazadas sobre terrazas de origen aluvial y coluvial, estas unidades sedimentarias se encuentran en contacto con formaciones del Cretácico, Triásico y Jurásico, lo que influye directamente en

Mapa de coberturas, Cuenca Baja Río Suarez

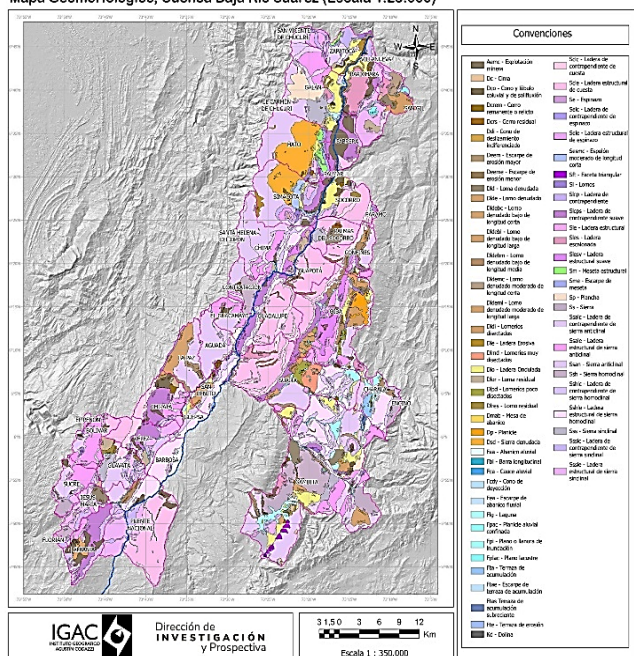


Mapa 3. Mapa de coberturas de la cuenca baja del río Suarez.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Unidad de Planeación Rural Agropecuaria

la estabilidad del terreno y en la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, las características litológicas y estructurales de estas formaciones condicionan a los procesos de erosión y la respuesta geotécnica del suelo, frente a eventos climáticos extremos como precipitaciones intensas y sismos.

La cuenca presenta dos tipos principales de procesos geomorfológicos: uno degradacional, evidente en las zonas montañosas por la acción de la denudación y la remoción en masa; y otro agradacional, presente en los piedemontes y planicies, caracterizado por la acumulación de materiales aluviales y coluviales. Además, se identifican tres grandes geoformas (Mapa 4): montaña (relieve abrupto y escarpado, afectado por procesos degradacionales), piedemonte (zonas de transición con depósitos coluvio-aluviales y pendientes moderadas)

Mapa Geomorfológico, Cuenca Baja Rio Suarez (Escala 1:25.000)



Mapa 4. Mapa geomorfológico de la cuenca baja del río Suárez.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del servicio geológico colombiano.

5.3 Climatología detonante precipitación

La cuenca del río Suárez presenta una temperatura media anual que varía según la altitud, en las zonas más elevadas, la temperatura media es de aproximadamente 15°C, mientras que en las áreas más bajas, cercanas al cauce del río, alcanza los 23°C, este comportamiento térmico está condicionado por la altitud y los cambios de presión atmosférica, influenciados por el efecto Foehn y la circulación Valle - Montaña, la temperatura disminuye a una tasa aproximada de 0,55°C por cada 100 metros de altitud, lo que implica que en las elevaciones máximas de 1.600 msnm la temperatura media anual ronda los 20°C, esto genera un gradiente térmico con dirección este, donde el ambiente se torna más seco [14].

Hacia el oeste, las formaciones orográficas actúan como barreras que retienen la humedad, generando altos índices de precipitación que afectan a los municipios aledaños, las precipitaciones anuales oscilan entre 1.600 y 4.000 mm como se evidencia en los mapas de Precipitaciones Multianual Promedio mensual 1980 - 2023 de la Fig. 2, con un comportamiento bimodal caracterizado por dos picos lluviosos en los meses de abril y septiembre-octubre. De acuerdo con la clasificación de biomas, la región debería estar dominada por bosques húmedos tropicales; sin embargo, la transformación del paisaje debido al uso agroindustrial del suelo ha reducido notablemente la cobertura vegetal, en la cuenca predominan cultivos de caña, café y frutales, así como la ganadería. No obstante, aún se conservan relictos de bosque en zonas de alta pendiente y en las laderas del valle, siendo el Parque Nacional Natural Serranía de los Yariquies y el Páramo de Rusia las principales áreas de preservación [15].

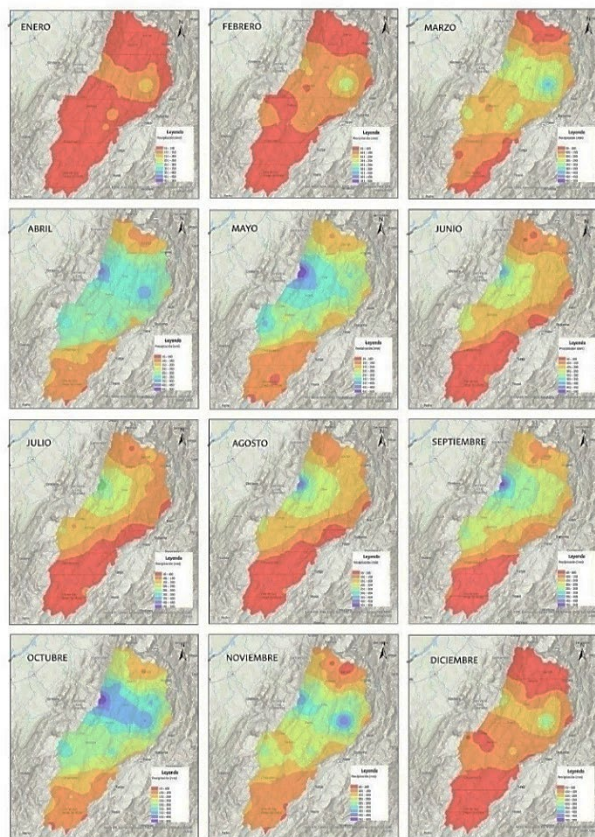


Figura 2. Precipitaciones Multianual Promedio mensual 1980 - 2023, cuenca baja del río Suárez.

Fuente: Elaboración propia con datos del IDEAM.

En cuanto a la variabilidad climática asociada al fenómeno de El Niño-Oscilación (ENSO) en el caso de Colombia [21], se observa en los registros de precipitación que la media móvil de la estación con mayor pluviosidad no representa grandes fluctuaciones, lo que indica que la precipitación en la región no varía drásticamente en respuesta a los cambios de temperatura superficial del océano Pacífico (Fig. 3), no obstante, los mapas de precipitación mensual multianual revelan fuertes variaciones espaciales promedio entre los meses (Fig. 2), lo que resalta la importancia de la región en términos de morfodinámica y procesos de remoción en masa. [16].

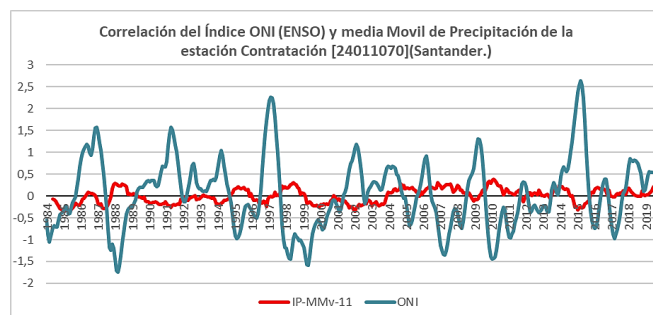


Figura 3. Correlación del índice ONI y la media móvil de precipitación de la estación contratación.

Fuente: Elaboración propia con datos de precipitación del IDEAM

Según el escenario de cambio climático proyectado por el IDEAM para la región, se espera un aumento en la temperatura media anual de entre 1°C y 1.5°C, acompañado de un incremento del 20% en precipitaciones, considerando estos factores, es previsible que para el año 2040 y en adelante los procesos de meteorización y erosión se intensifiquen, lo que podría traducirse en un aumento en la frecuencia y magnitud de los fenómenos de remoción en masa y deslizamientos, asimismo, se anticipa una reducción en el periodo de retorno de eventos avenidas torrenciales, incrementando el riesgo asociado a la inestabilidad del terreno y la afectación a las infraestructuras y comunidades en la región [17].

6 Identificación de medidas de adaptación y mitigación mediante herramientas de ordenamiento Territorial

Uno de los métodos indirectos para evidenciar las condiciones de preparación de un territorio frente a los fenómenos extremos son las herramientas de ordenamiento territorial, ya que desde metodologías multidisciplinarias (geólogos, sociólogos, economistas, físicos, e ingenieros) evidencian y planifican las diversas alternativas para afrontar la complejidad de municipios, cuencas y departamentos. La resiliencia juega un papel importante ya que es una de las variables del riesgo donde la sociedad puede intervenir para disminuir la vulnerabilidad del territorio.

"La resiliencia es la capacidad de una comunidad, sociedad o sistema para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse." [18]. La resiliencia es un indicador de que tan fácil o difícil resulta para un elemento del sistema, generalmente una comunidad, resistir y sobreponerse a un desastre. En la búsqueda de fortalezas y políticas públicas que impacten al sistema económico y social, tanto al nivel de educación, presupuesto para obras de mitigación, políticas de suelos o directamente comprensión de los programas de mitigación y prevención de desastres.

Las herramientas de ordenamiento territorial por lo tanto, se destacan por su utilidad como insumo en investigaciones orientadas a determinar los factores intervinientes en la gestión del riesgo de desastres, dado el nivel de detalle que ofrecen en sus características a nivel de unidad básica territorial (municipio), en el presente estudio, se llevó a cabo la revisión de documentos de ordenamiento territorial correspondientes a los municipios de la cuenca baja del río Suárez (50 municipios), incluyendo Planes de Ordenamiento Territorial (POT), Planes Básicos de Ordenamiento Territorial (PBOT) y Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT), así como sus respectivos planes de desarrollo en dos periodos de gobierno: 2016-2019 y 2020-2023

En algunos municipios, solo se encontró disponible uno de los tres documentos de ordenamiento territorial, como es el caso de Confines, Suaita, Oiba, Paramo, Puente Nacional, Galán y Guapota. Además, en los municipios de El Peñón, Guavatá y Jesús María no se obtuvo ningún resultado en la búsqueda de documentación.

El siguiente paso en el análisis consiste en asignar una calificación cualitativa a los hallazgos extraídos de los documentos revisados, esta evaluación se realizará en una

escala de 1 a 5, como se muestra en la Tabla 1, y permite valorar el nivel de detalle con el que se aborda el componente de riesgo en los diferentes instrumentos de ordenamiento territorial.

Tabla 1.

Escala de calificación cualitativa del componente de gestión del riesgo en los documentos de ordenamiento territorial.

1	INSUFICIENTE	Calificación otorgada cuando el documento no puede ser consultado o pese a ser consultado la información sobre la gestión del riesgo no es tenida en cuenta en los contenidos.
2	BÁSICO	Calificación otorgada cuando el documento contiene los parámetros básicos de la gestión del riesgo, pero no presenta detalle sobre medidas de mitigación y adaptación ante el fenómeno extremo.
3	ACEPTABLE	Calificación otorgada cuando el documento contiene los parámetros básicos de la gestión del riesgo y además presenta detalle sobre las medidas de mitigación y adaptación ante el fenómeno extremo.
4	SUFICIENTE	Calificación obtenida cuando el documento contiene parámetros de la gestión del riesgo, presenta detalle sobre las medidas de mitigación y adaptación y además contiene información de las zonas afectadas (lugares puntuales, veredas, barrios, sitios).
5	ÓPTIMO	Calificación otorgada cuando el documento contiene parámetros de la gestión del riesgo, presenta detalle sobre las medidas de mitigación y adaptación, contiene información de las zonas afectadas (lugares puntuales, veredas, barrios, sitios) y además ofrece más información (presupuesto, censos, etc)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.

Matriz de distribución de municipios según calificación en herramientas de ordenamiento territorial.

Número y Porcentaje de municipios según calificación											
	Nº Municipios por calificación					Total	% de Municipios por calificación				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
POT-PBOT-EOT	13	22	11	3	1	50	26	44	22	6	2
PND 2016-2019	25	8	11	5	1	50	50	16	22	10	2
PND 2020-2023	16	20	8	6	0	50	32	40	16	12	0

Fuente: Elaboración propia.

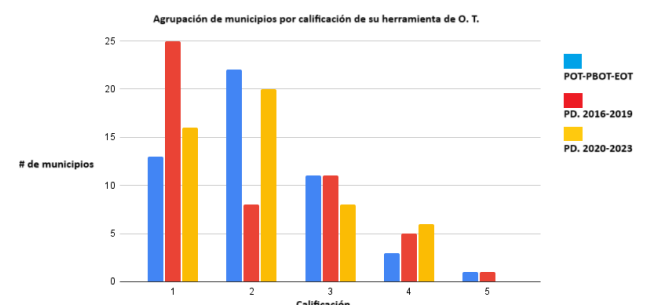


Figura 4. Gráfica de distribución de municipios según calificación en herramientas de ordenamiento territorial.

Fuente: Elaboración propia.

Después de realizar el ejercicio de valorización, se agruparon las calificaciones de los municipios según la herramienta de ordenamiento territorial y la puntuación obtenida, cuyos resultados se ilustran en las Tablas 2 y 3, este análisis pone en evidencia las deficiencias presentes en la cuenca baja del río Suárez en cuanto a estrategias de mitigación y adaptación frente a los fenómenos de remoción en masa, no obstante, es importante resaltar que algunos municipios han demostrado una gestión destacada,

alcanzando valoraciones suficientes u óptimas, al menos en términos de normatividad.

De manera ilustrativa, este documento presenta algunos ejemplos obtenidos durante el proceso de revisión documental, los cuales evidencian el estado de diversos municipios de la cuenca baja de río Suárez en relación con las medidas de mitigación y adaptación ante el fenómeno de remoción en masa. (Fig. 4)

Tabla 3.

Matriz de evaluación para las medidas de mitigación y adaptación ante el fenómeno extremo de remoción en masa

Municipio	Herramienta o.t.	Medidas de adaptación	Calificación	Comentarios
Aguada		Artículo 14 EOT 2001.		
	POT-PBOT-EOT	- Construcción de obras civiles para estabilización de taludes. - Implementación de estudios geotécnicos en vías secundarias y terciarias.	3	Las medidas a tomar no se encuentran descritas de forma detallada, lo cual dificulta el análisis de estas y deja dudas amplias acerca de la especificidad de las medidas de adaptación; hace falta el contenido del plan de desarrollo de 2016-2019 y las acciones mencionadas en el plan 2020-2023 no permiten saber en detalle qué se busca con la implementación del SIGAM.
		- Implementación de prácticas de reforestación, recuperación y protección de áreas susceptibles.		
		- Desarrollo de campañas de educación ambiental para prevenir la pérdida de cobertura vegetal. Artículo 22 EOT.		
	Plan de desarrollo 2016-2019	- Caracterización de zonas con susceptibilidad media y alta.	1	
		- No se encuentra disponible		
	Plan de desarrollo 2020-2023	Artículo 14 - Desarrollo del sistema de gestión ambiental municipal SIGAM	2	
Albania	POT-PBOT-EOT	Artículo 14 EOT 2002.	5	Las medidas de adaptación conservan un nivel de detalle adecuado, indicando zonas puntuales en las que se van a enfocar las acciones, esto permite tener una idea acerca de los análisis de riesgo y el conocimiento que se tiene del municipio al respecto. De igual forma, ambos planes de desarrollo describen las acciones que se quieren implementar para atender las situaciones de gestión de riesgo.
		- Desarrollo de campañas de educación ambiental para sensibilizar a la población civil urbana y rural del papel que desempeñan en la prevención de un desastre y su influencia en los problemas a través del uso racional de los recursos naturales, sin causar un impacto al medio ambiente.		
		- Implementar en el corto plazo un programa de adecuación de suelos:		
		restauración morfodinámica, revegetalización, control de erosión, corrección torrencial y fluvial.		
		- Mitigación de riesgos por remoción en masa y deslizamientos especialmente en la red carretable a través de la construcción de obras civiles, estabilización de taludes, manejo y control de escorrentía superficial, obras de arte, terracedo, algunos disipadores de energía en fuentes hídricas, gaviones para proteger la erosión lateral.		
		- Implementar estudios geotécnicos en las vías secundarias, así como en las		
		terciarias, que sirvan de base para los proyectos de mejoramiento, ampliación, prolongación de la vías y construcción de obras civiles.		
		- Realización un estudio geotécnico detallado de la Microcuenca de la quebrada Toroba, su afluente la Salud y el área del casco urbano que permita recomendar el manejo y las obras civiles que permitan controlar el avance del fenómeno de remoción en masa e infiltración de agua.		
		- Seguimiento en edificaciones urbanas en el sector occidental con agrietamientos, hundimientos y deslizamientos con el fin de evaluar el grado de avance de los fenómenos y dirección preferencial de sus movimientos o por lo contrario determinar que no han continuado.		
		- Implementar todas las prácticas de recuperación, reforestación y protección		
		de áreas susceptibles que mitiguen el avance de los procesos de erosión laminar, terracetos y movimientos de remoción en masa.		
		- Disminuir los procesos de inestabilidad de los terrenos originados principalmente por la pérdida de cobertura vegetal por el uso inadecuado del suelo.		
		- Generar acciones de control y protección para mitigar riesgos por torrencialidad, represamiento e inundación especialmente en		

	el área de influencia de las quebradas Fray Diego, Curitos, Río Negro.		
	Línea estratégica 3.		
Plan de desarrollo 2016-2019	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar el estudio para mitigación del riesgo en el municipio de Albania. - Crear el fondo de gestión del riesgo para la atención y prevención de desastres. - Realizar tres (3) obras para atención y/o mitigación en zonas de riesgo en el municipio durante el cuatrienio. - Realizar el apoyo y/o convenios con entidades que apoyan la prevención y/o atención de riesgos en el municipio. 	4	
Plan de desarrollo 2020-2023	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar estudios que permitan identificar las zonas de alto riesgo para así evitar la edificación de construcciones. - Gestionar apoyo y/o convenios con entidades que promuevan la prevención y/o atención de riesgos en el municipio. - Capacitación para prevención de riesgos para toda la población madres cabeza de familia, campesinos, víctimas del conflicto armado, estudiantes, etc - Fortalecer el cuerpo de bomberos voluntarios del municipio. - Gestionar la realización de convenios con un cuerpo especializado de bomberos para atender situaciones de gestión del riesgo. 	4	
	EOT 2000-2009.		
POT-PBOT-EOT	- Caracterización y zonificación de la amenaza en el municipio, área afectada equivalente a 47, 52 ha.	2	La descripción de medidas adaptativas ante el fenómeno es muy limitada; el EOT pese a que menciona las áreas susceptibles al fenómeno, no plantea la forma de mitigar los impactos de este, lo cual sí está plasmado en el documento del plan de desarrollo 2016-2019.
Plan de desarrollo 2016-2019	<ul style="list-style-type: none"> - Caracterización de la ocurrencia del fenómeno correspondiente al 9% de emergencias atendidas en el lapso 2010-2017. - Presupuesto de 211.115.000 para obras de mitigación y diseño del plan municipal de gestión de riesgo de desastres. 	2	
Plan de desarrollo 2020-2023		1	
	POT-PBOT-EOT		
Plan de desarrollo 2016-2019	No acceso.	1	Poca información sobre las medidas de mitigación y adaptación. La información encontrada en el documento del plan de desarrollo 2020-2023 no ofrece mayores detalles.
Puente Nacional	Fortalecimiento institucional. Realización de censo de población en riesgo. Realización de simulacros. Jornadas de capacitación en torno al riesgo. Atención de la población afectada.	2	

Fuente: Elaboración propia

En este ejemplo se presentan las particularidades de cuatro municipios con valoraciones distintas en cada segmento evaluado, en los casos de Aguada, Barbosa y Puente Nacional el nivel de detalle sobre las medidas de mitigación y adaptación es limitado, lo que dificulta la caracterización espacial del fenómeno en cada una de estas entidades territoriales e impide identificar con precisión los sectores sociales y económicos involucrados. No obstante, estos municipios presentan diferencias en la disponibilidad de información, lo que se refleja en sus calificaciones diferenciadas. Adicionalmente, el Mapa 5 muestra la categorización de los municipios del área de estudio según sus medidas de adaptación contempladas en las herramientas de O.T. y permite ver que aquellos municipios de menor adaptación (amarillo) son los que revisten mayor ocurrencia del fenómeno extremo; especialmente aquellos que se encuentran al sur y oriente de la cuenca, distinto a aquellos mejor adaptados (azul y verde) en los que el fenómeno se presenta un número menor de veces.

En contraste, la revisión documental del municipio de Albania evidencia una situación distinta, ya que cuenta con un nivel de detalle suficiente en sus tres documentos de ordenamiento territorial y planificación, estos permiten identificar y caracterizar espacialmente el fenómeno, describir las

medidas implementadas y por implementar, y señalar los sectores económicos y sociales involucrados. Además, ofrecen una visión más integradora que considera la interacción del fenómeno con distintos actores, tanto su esquema de ordenamiento como sus planes de desarrollo mantienen coherencia en sus estrategias, lo que indica una mayor preparación para enfrentar los impactos de la remoción en masa.

La capacidad diferenciada de los municipios para integrar el riesgo en sus procesos de planificación y para implementar estrategias concretas de adaptación se relaciona directamente con los principios establecidos en el Artículo 7 del Acuerdo de París, el cual promueve la formulación o mejora de planes y políticas de adaptación al cambio climático, así como la evaluación de sus efectos y vulnerabilidades; la falta de medidas claras en municipios como Aguada, Barbosa y Puente Nacional refleja los desafíos persistentes en la implementación de estas directrices globales a escala subnacional, afectando la efectividad de la acción climática territorial.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del servicio geológico colombiano e información OT.

Esta realidad refuerza la necesidad de fomentar la cooperación intermunicipal y de fortalecer las capacidades técnicas y administrativas de aquellos municipios con desempeños insuficientes, tal como lo establece el Artículo 11 del Acuerdo de París, que enfatiza la importancia de mejorar las capacidades institucionales de los países en desarrollo para implementar medidas de adaptación y mitigación, mediante cooperación, apoyo financiero y transferencia tecnológica; la articulación regional en torno a la gestión del riesgo no solo responde a una lógica funcional del territorio, sino que también permite avanzar en el cumplimiento de compromisos globales, alineando la

El análisis de las herramientas de ordenamiento territorial en la cuenca baja del río Suárez evidencia una marcada heterogeneidad en la gestión del riesgo por remociones en masa, mientras algunos municipios han incorporado parámetros adecuados de gestión del riesgo, identificando zonas afectadas u actores involucrados, una proporción significativa aun presenta deficiencias en la planificación y en la formulación de acciones concretas para mitigar y adaptarse a este fenómeno, esta situación es preocupante dado el alto grado de vulnerabilidad de la región, condicionado por los factores geológicos, topográficos y climáticos, los cuales pueden verse intensificados por el cambio climático; la interdependencia entre los municipios dentro de la cuenca refuerza la necesidad de una gestión territorial coordinada, pues las deficiencias en un municipio pueden generar impactos en toda la región.

En este sentido, es fundamental fortalecer las capacidades técnicas y administrativas de los municipios con clasificaciones bajas o insuficientes en sus instrumentos de ordenamiento territorial, facilitando la asistencia técnica y financiera para la actualización y formulación de planes de gestión del riesgo, estos planes deben incluir medidas detalladas de mitigación y adaptación, sustentadas en estudios técnicos rigurosos y en el conocimiento específico de las zonas vulnerables, asimismo es crucial que dichos planes vayan más allá de la identificación de amenazas y vulnerabilidades, estableciendo acciones concretas con presupuestos asignados y responsables claramente definidos para garantizar su implementación efectiva.

Además, se recomienda fomentar la articulación y cooperación intermunicipal en la gestión del riesgo, entendiendo la cuenca baja del río Suárez como una unidad territorial funcional donde las estrategias implementadas en un municipio pueden afectar a los demás; finalmente, considerando las proyecciones de aumento en la intensidad de las precipitaciones y temperaturas debido al cambio climático, resulta imperativo integrar criterios de adaptación climática en todos los instrumentos de planificación territorial; enfoque que no solo responde a las dinámicas locales, sino también a compromisos internacionales como los establecidos en los Acuerdos de París, los cuales reconocen la urgencia de fortalecer la resiliencia y la capacidad adaptativa de las comunidades frente a los efectos adversos del cambio climático, incorporar estos lineamientos en los planes de gestión del riesgo permite alinear las políticas locales con los objetivos globales de sostenibilidad y reducción de riesgos, asegurando así una respuesta integral frente a impactos climáticos tanto presentes como futuros.

- [1] IDEAM. Atlas climatológico de Colombia, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2019.
- [2] Carvajal, Y., Ramírez, J., y Gómez, P., Evaluación de riesgos geológicos en la cuenca del río Suarez, Universidad Nacional de Colombia. 2020.

- [3] IPCC. Climate Change 1992: the supplementary report to the IPCC scientific assessment, Cambridge University Press, 1992.
 - [4] Restrepo, J.D. Y Vargas, C.A., Erosión y deslizamientos en Colombia: factores y tendencias, *Revista de Geociencias Aplicadas*, 25(3), pp. 45-63, 2018.
 - [5] Servicio Geológico Colombiano (SGC). Zonificación de amenazas por movimientos en masa en Colombia, SGC, 2020.
 - [6] INGEOMINAS. Mapa Geológico de Colombia: estructuras y fallas geológicas, Instituto Colombiano de Geología y Minería, 2007.
 - [7] Cardona, O.D., La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo: una crítica y una revisión necesaria para la gestión, Universidad Nacional de Colombia, 2001.
 - [8] Pabón, J.D., Cambio climático y gestión del riesgo en Colombia, Universidad de los Andes, Colombia, 2018.
 - [9] Modesto, L., Deslizamientos de tierra y vulnerabilidad en comunidades rurales: evaluación y estrategias de mitigación, Editorial Académica Española, 2017.
 - [10] Aguirre, J. y Hoyos, N., Factores desencadenantes de movimientos en masa en zonas tropicales: una aproximación geoespacial, Universidad Nacional de Colombia, 2015.
 - [11] IDEAM. Atlas de procesos morfodinámicos de Colombia: movimientos en masa y erosión, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2014.
 - [12] Etayo, S., Geología de las formaciones Cumbre, Rosablanca, Ritoque y Paja en Colombia, Universidad Nacional de Colombia, 2022.
 - [13] Medina, J., Análisis geomorfológico y su relación con la susceptibilidad a deslizamientos en Colombia, Pontificia Universidad Javeriana, 2017.
 - [14] Poveda, G. y Álvarez, D.M., Variabilidad climática y sus efectos en la hidrología colombiana, *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 36(139), pp. 13-29, 2012.
 - [15] Cárdenas, C. y Pinilla, G., Impacto del cambio de cobertura vegetal en la cuenca del río Suárez, Santander, Colombia, *Revista Geográfica Colombiana*, 22(1), pp. 45-60, 2017.
 - [16] Poveda, G., Mesa, O.J., and Hoyos, C.D., Hydro-climatic variability over the Andes of Colombia associated with ENSO: a review of climatic processes and their impact on ecosystems, *Advances in Geosciences*, 28, pp. 3-9, 2011.
 - [17] IDEAM. Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2015.
 - [18] UNGRD, Ley N° 1523, Por el cual se adopta la política Nacional de gestión del riesgo de desastres y establece el Sistema nacional de gestión de gestión del riesgo de desastres y se dictan otras disposiciones, 2012
 - [19] Clavijo, J. y Royero, J., Mapa geológico generalizado del Departamento de Santander – Memoria explicativa, Instituto de investigación e información geo científica, minero-ambiental y nuclear, 2001.
 - [20] Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., and Wisner, B., At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters, Routledge, 1994.
 - [21] Hoyos, C.D., Mesa, O.J. y Poveda, G., Interacciones entre el ENSO y la precipitación en Colombia: un análisis multiescala, *Revista de Climatología*, 13(2), pp. 123-145, 2013.
 - [22] Sistema de Inventario de Efectos de Desastres (DESINVENTAR). [en línea]. [Consulta: 30/08/2018]. Disponible en: https://online.desinventar.org/desinventar/#COL-1250694506-colombia_inventario_historico_de_desastres
 - [23] Paris, G., Taboada, A. y Villegas, L., Geodinámica y fallamiento activo en la región Andina colombiana, *Geofísica Internacional*, 39(2), pp. 125-139, 2000.
 - [24] Brideau, M.A., Yan, M., and Stead, D., The role of tectonic damage and brittle rock fracture in the development of large rock slope failures, Simon Fraser University, Burnaby, BC, Canada, 2009.
- I.D. Camacho-Puerto**, recibió su título en Geografía en el año 2021, actualmente cursa la maestría en geología de la Universidad Nacional de Colombia; dentro de su trayectoria profesional se encuentra experiencia en la oficina de gestión ambiental de la Universidad Nacional de Colombia. OGA, el IDEAM y la Dirección de Investigación y Prospectiva del IGAC. ORCID: 0009-0008-1486-2716
- J.E. Craig-Santos**, recibió su título en Geografía en el año 2023, actualmente desde su grado ejerce como investigador en el IGAC. ORCID: 0009-0004-7211-4274
- J.D. León-Ruiz**, recibió su título en Ingeniería Catastral y Geodesia en el año 2025, previamente tomo diplomados en levantamientos agrologicos del suelo y teledetección, ejerce en la Dirección de Investigación y Prospectiva del IGAC desde el año 2023. ORCID: 0009-0008-4372-1955