

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A SER AFECTADAS
POR AVENIDAS TORRENCIALES EN EL MUNICIPIO DE SAN LUIS DE
GACENO

ANGIE GABRIELA GUTIÉRREZ MUÑOZ

DIR. ELSA CÁRDENAS QUIROGA

Trabajo de Grado

Liderazgo estratégico con visión neogranadina

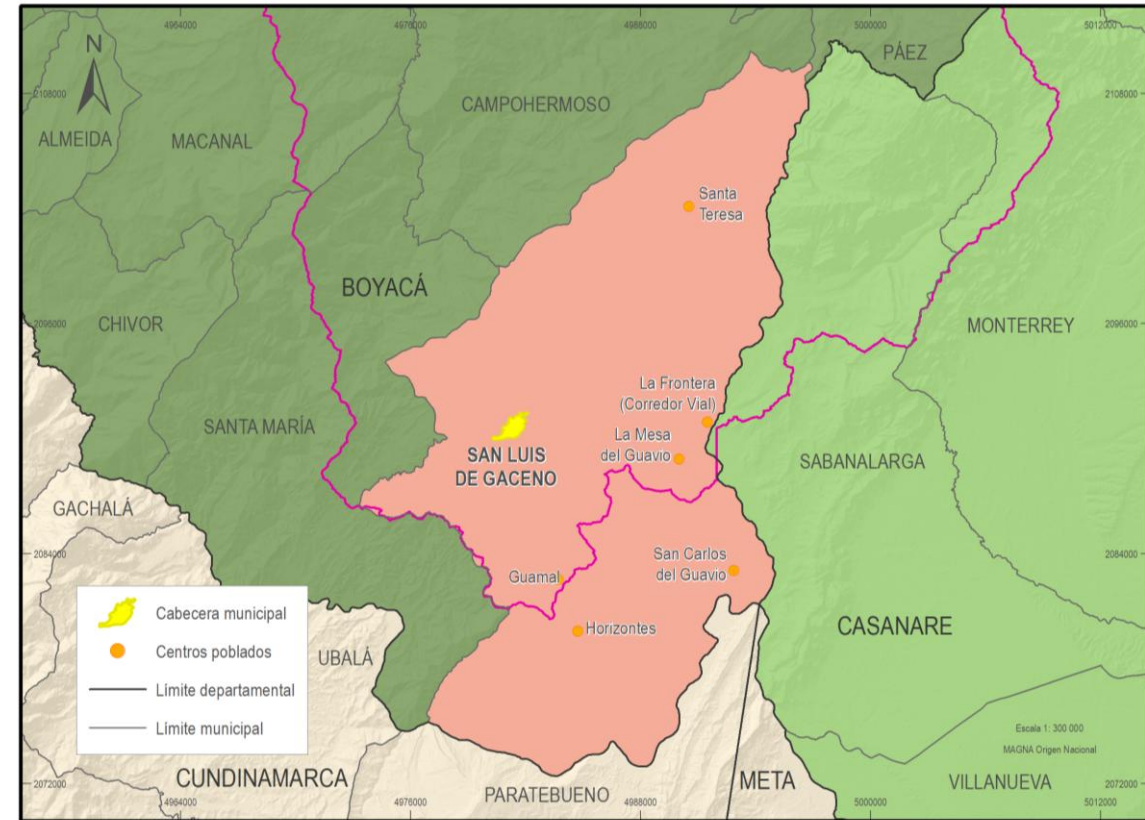
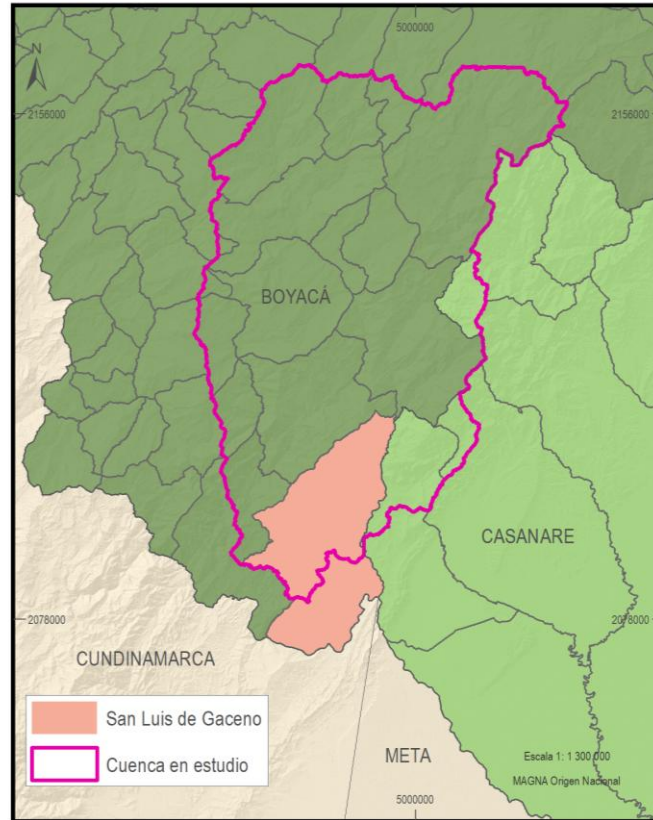


**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**



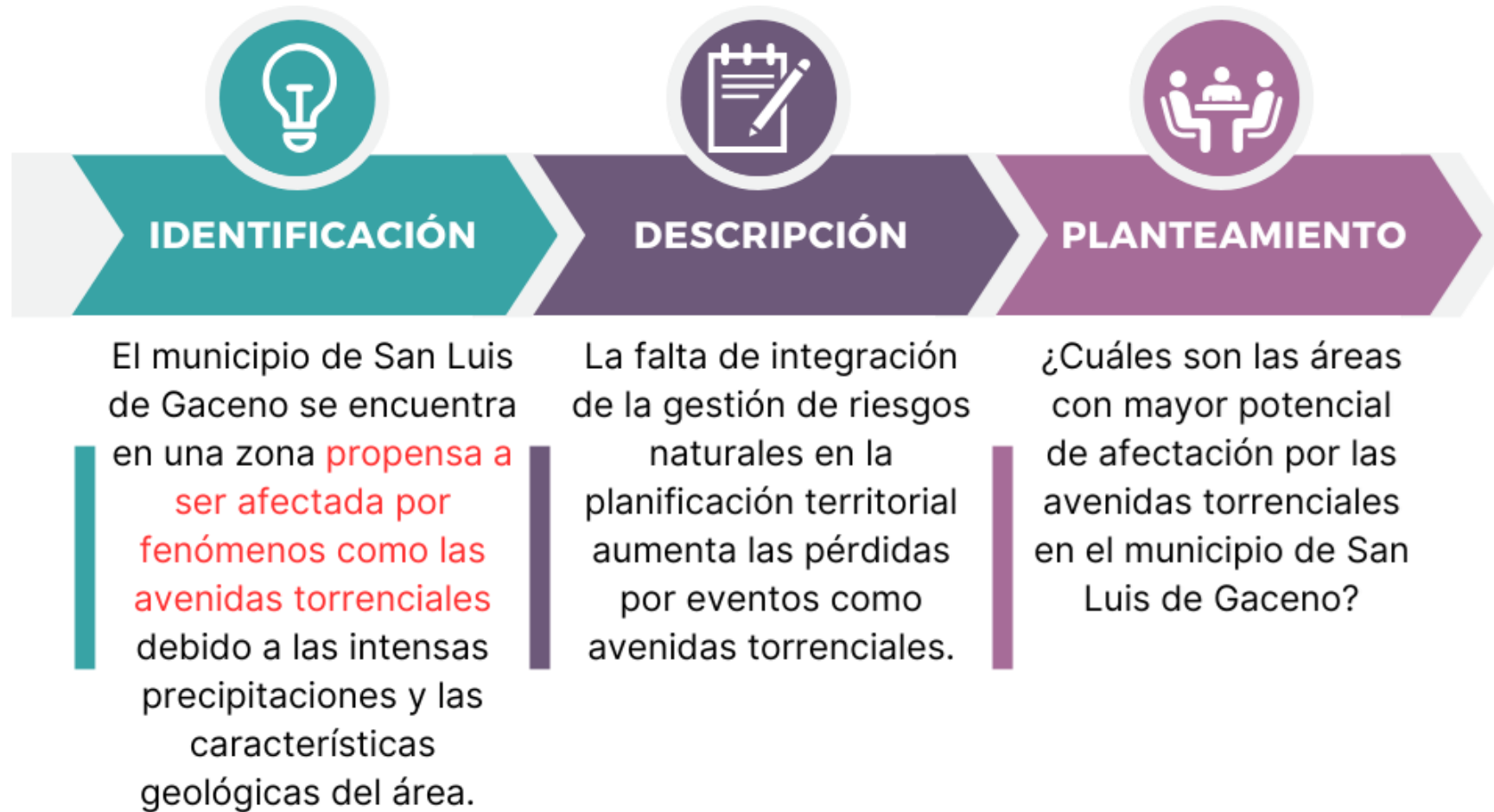
UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA

1. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA





2. PROBLEMA





3. OBJETIVOS

Determinar las áreas susceptibles a ser afectadas por avenidas torrenciales en el municipio de San Luis de Gaceno, mediante un análisis detallado de factores climáticos de precipitación, hidrológicos y geológicos empleando cartografía temática.





4. ANTECEDENTES

- Servicio Geológico Colombiano (SGC).
- Metodología que clasifica las amenazas por avenidas torrenciales a escala 1:2000.
- Variables como geología, geomorfología, pendientes y procesos de remoción en masa.

- El SGC, en colaboración con la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ)
- Desarrollo de guía metodológica participativa para evaluar avenidas torrenciales y reducir la subjetividad en los estudios.

- Quebrada Doña María en Antioquia.
- Metodologías cualitativas y modelaciones hidráulicas.
- Aumento del 40% en el caudal de retorno a 100 años, evaluando factores como la topografía y el índice de Melton.

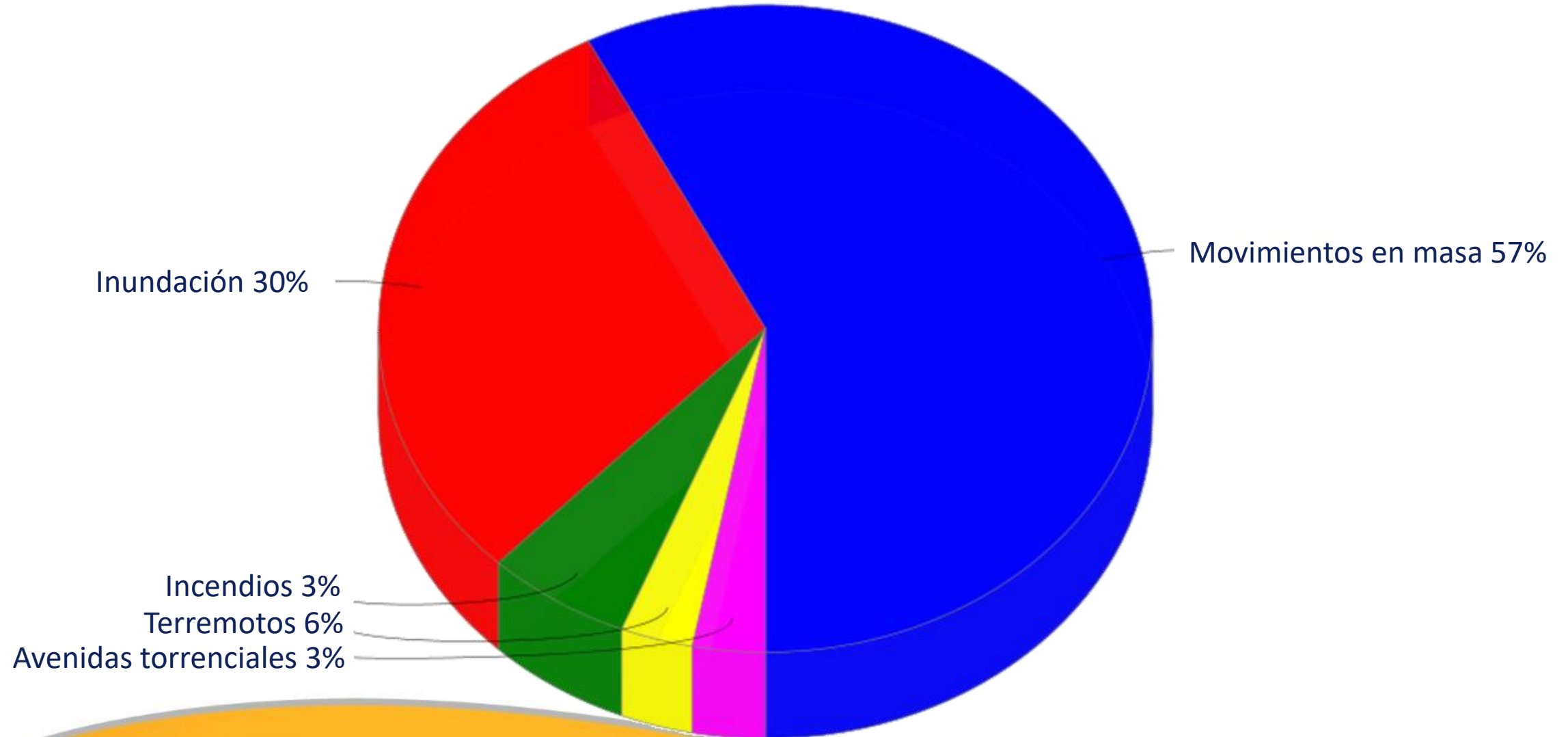
- Paz de Río, Boyacá.
- Fenómeno de remoción en masa desde 1933 sigue activo.
- Alto riesgo de avenidas torrenciales por la posible rotura de una presa natural formada en la quebrada Colorada.





UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA

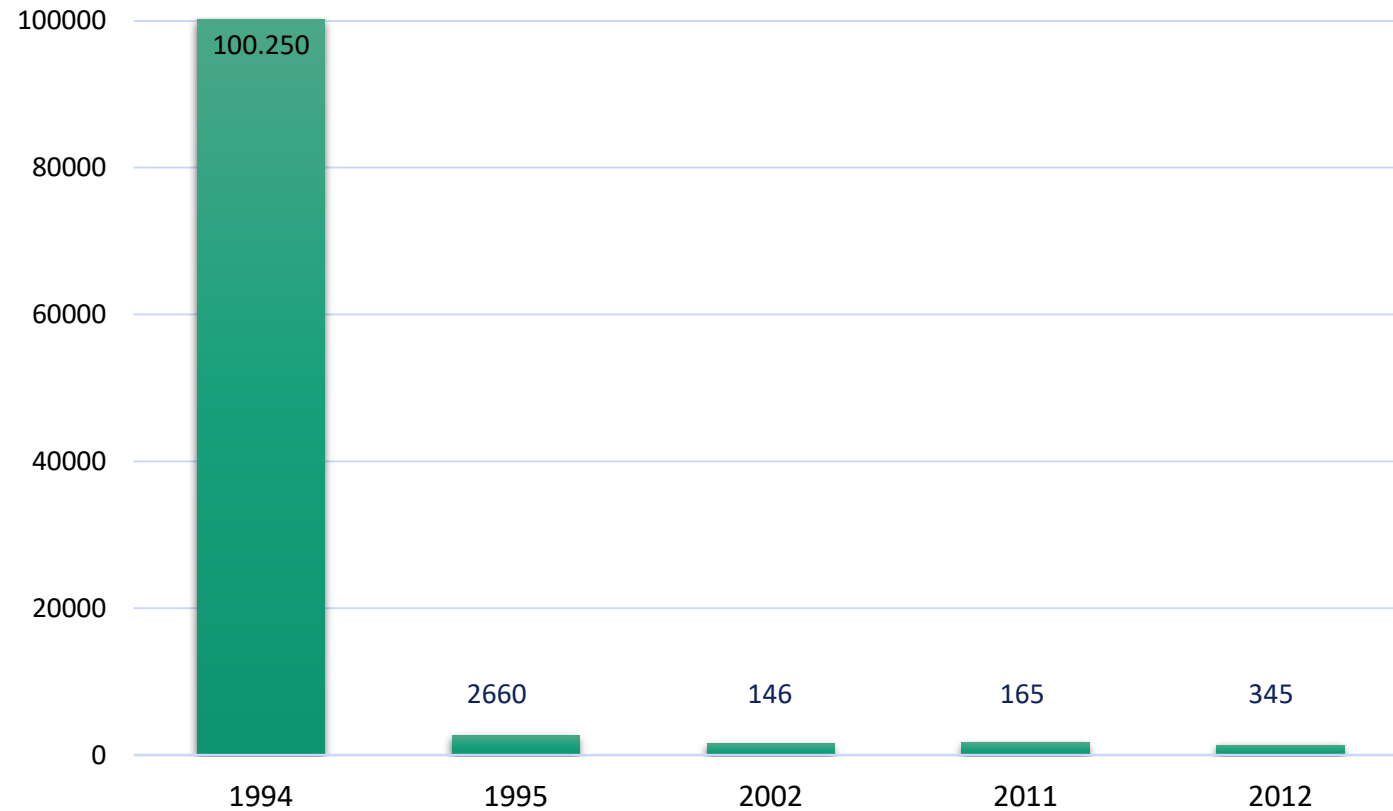
OCURRENCIA DEL MAYOR NÚMERO DE EVENTOS DE ORIGEN NATURAL





UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA

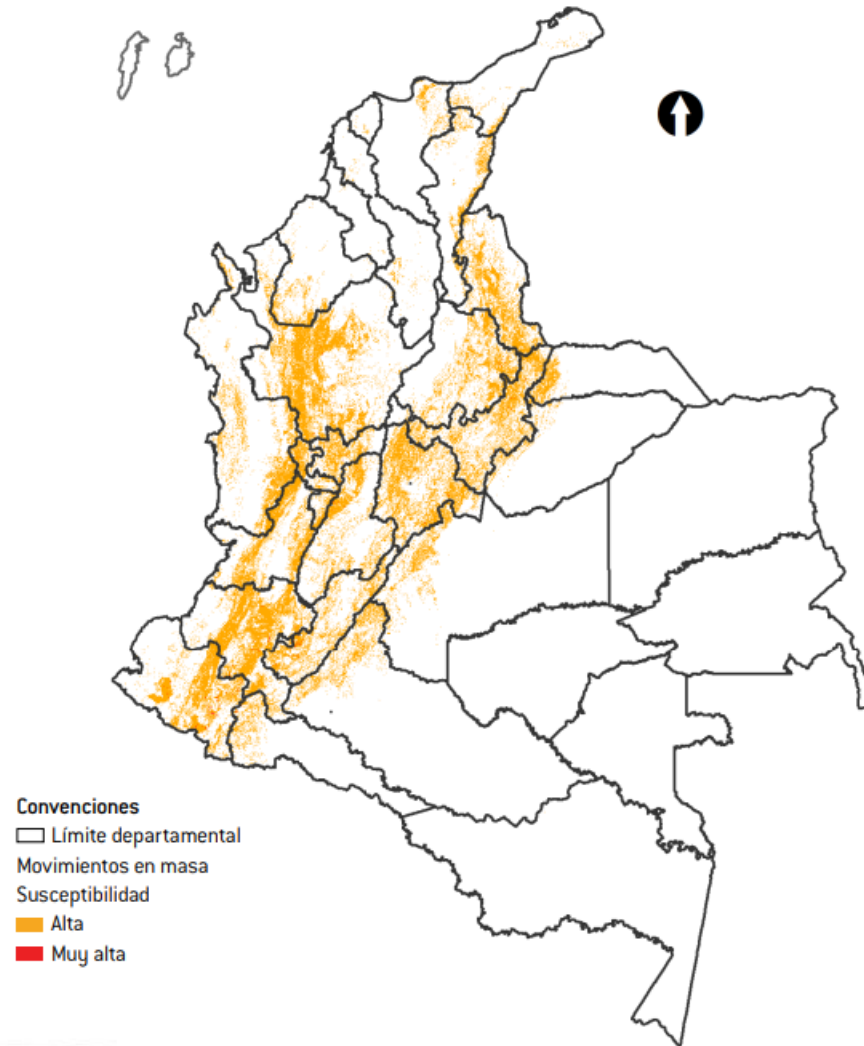
Número de personas afectadas por año





UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA

Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa



Convenciones
□ Límite departamental
Movimientos en masa
Susceptibilidad
■ Alta
■ Muy alta

Movimientos en masa

Desplazamiento de rocas, suelos o escombros por una ladera por acción de la gravedad. Se incrementan por cambios en el uso del suelo, lluvias intensas de corta duración o prolongadas, y por intervenciones antrópicas.

Se presentan principalmente en la región Andina, donde se concentra

mas del 70%

de la población.

La susceptibilidad alta cubre más del

35% del área

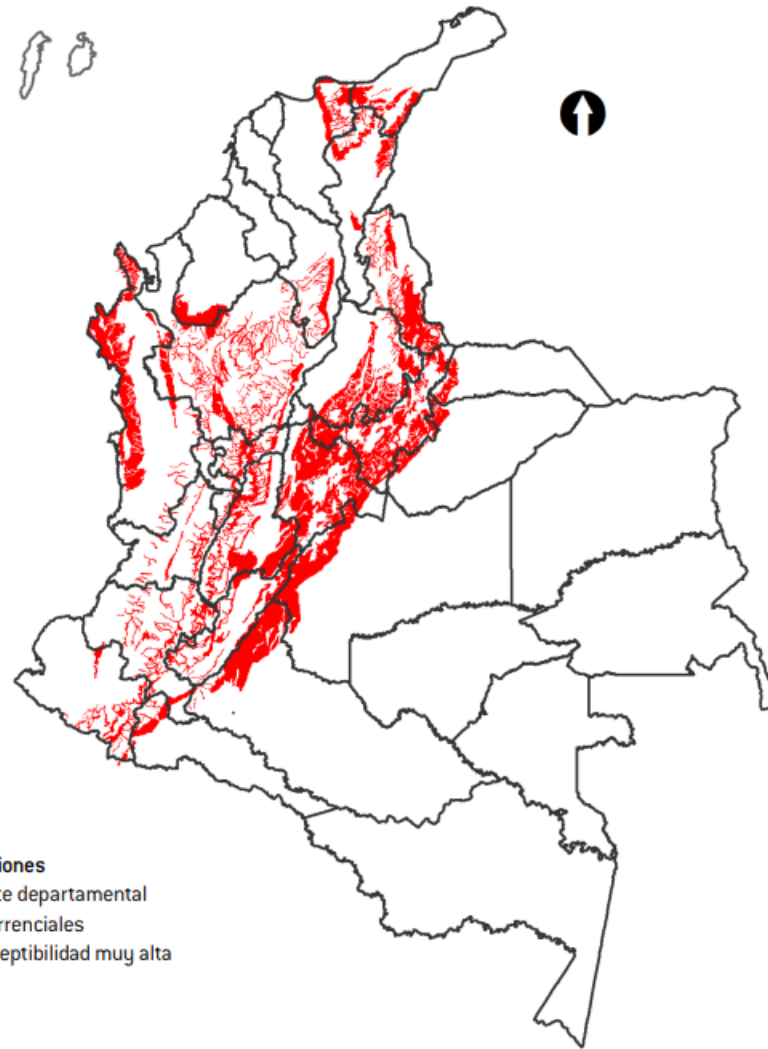
de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Cauca, Caldas, Quindío y Risaralda.

Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:100.000, SGC, 2015.



UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA

Mapa de flujos torrenciales



Convenciones

□ Límite departamental

Flujos torrenciales

■ Susceptibilidad muy alta

Flujos torrenciales

Desplazamiento rápido de volúmenes importantes de agua, suelo, sedimentos y escombros por cauces de quebradas con altas pendientes.

Chocó, Cundinamarca, Antioquia, Boyacá, Tolima, Santander y Caquetá, concentran el

59%

de las áreas más susceptibles a flujos torrenciales.



Mapa de flujos torrenciales a escala 1:500.000 IDEAM, 2010.



UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA

Boyacá

Información general



1,2

millones

DANE, 2005. Población
proyectada a 2012.

123

municipios

Área Amenazada

Mapa de área amenazada



Convenciones

□ Límite departamental

■ Área amenazada

68%

del departamento
con áreas en
condición de
amenaza.

1,6 millones
hectáreas en
áreas críticas de
amenaza.



UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA

AMENAZA

Inundaciones lentas



1.381

hectáreas se inundan periódicamente y 28.404 hectáreas se han inundado durante La Niña adicionalmente.

Movimientos en masa



36%

del área departamental presenta amenaza alta por movimientos en masa.

Flujos torrenciales



51%

del área departamental tiene una susceptibilidad muy alta a flujos torrenciales.

Mapa de inundaciones lentas



Convenciones

- Límite departamental
- Máximas inundaciones de La Niña: 1988-2000-2011-2012
- Zonas inundables periódicamente

Mapa de inundaciones a escala 1:100.000 del IDEAM – IGAC, 2012 e IDEAM, 2016.

Mapa de movimientos en masa

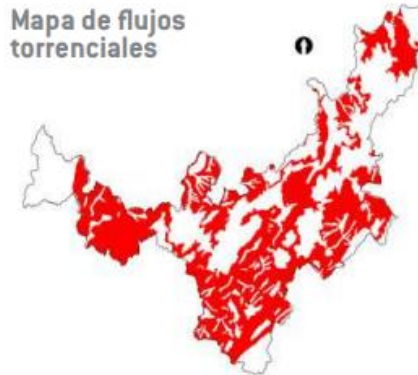


Convenciones

- Límite departamental
- Movimientos en masa
- Susceptibilidad
- Alta
- Muy alta

Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:100.000, SGC, 2015.

Mapa de flujos torrenciales



Convenciones

- Límite departamental
- Flujos torrenciales
- Susceptibilidad muy alta

Mapa de flujos torrenciales a escala 1:500.000 IDEAM, 2010.



5. JUSTIFICACIÓN

Población departamental y municipal en crecimiento

1

10

Regular procesos de crecimiento y de Ordenamiento Territorial - Ley 1523 (2012)

Mayor cantidad de personas afectadas por distintos fenómenos.

2

9

Incorporados, analizados y presentados a las autoridades competentes.

No existe claridad en el Ordenamiento Territorial.

3

8

Insumos cartográficos de diferentes escalas

Gestión del riesgo, Municipios.

4

7

Estudios relevantes

Mayor frecuencia fenómenos.

5

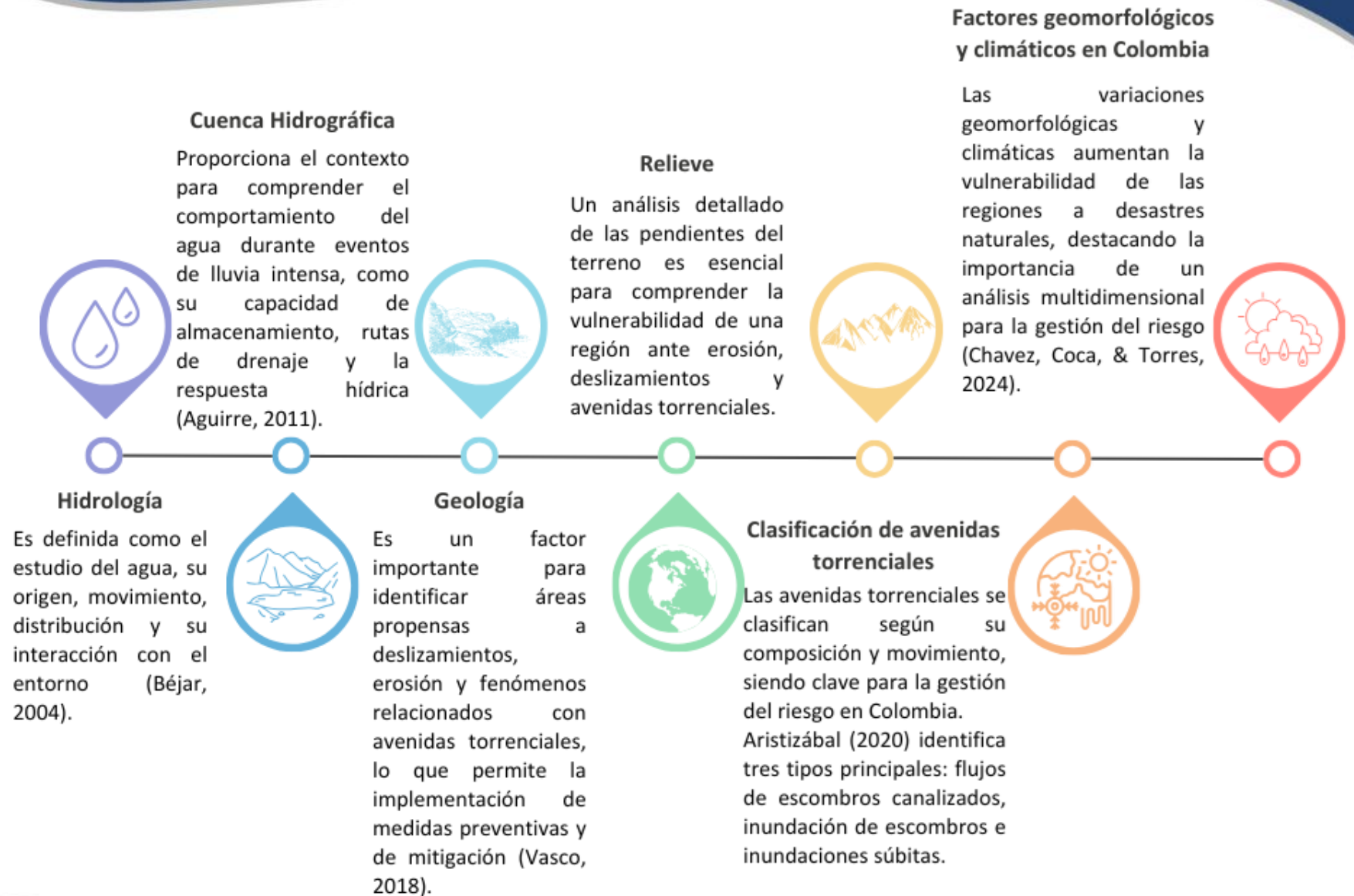
6

Afectación de población.





6. MARCO REFERENCIAL



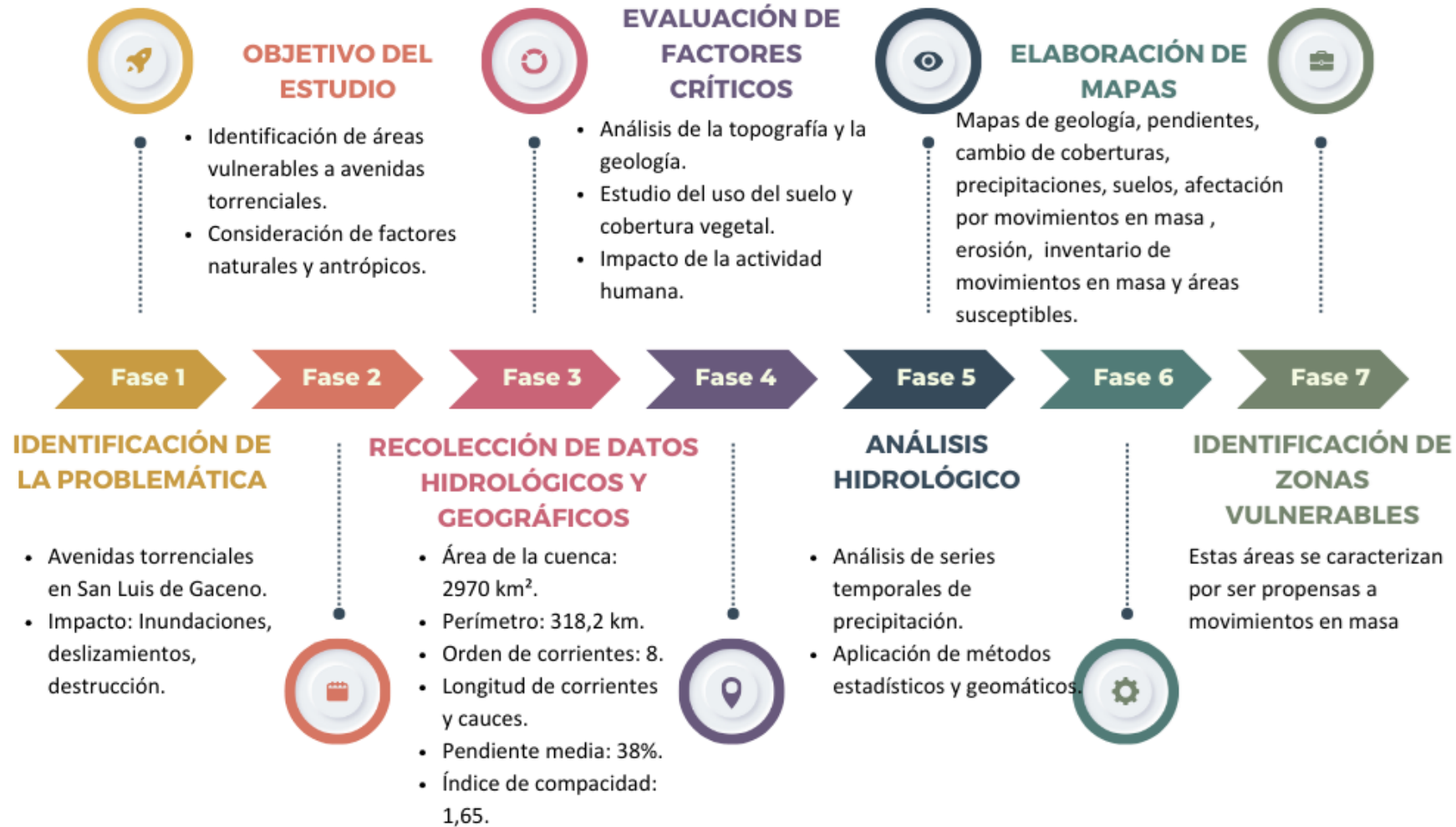


7. MARCO INSTITUCIONAL





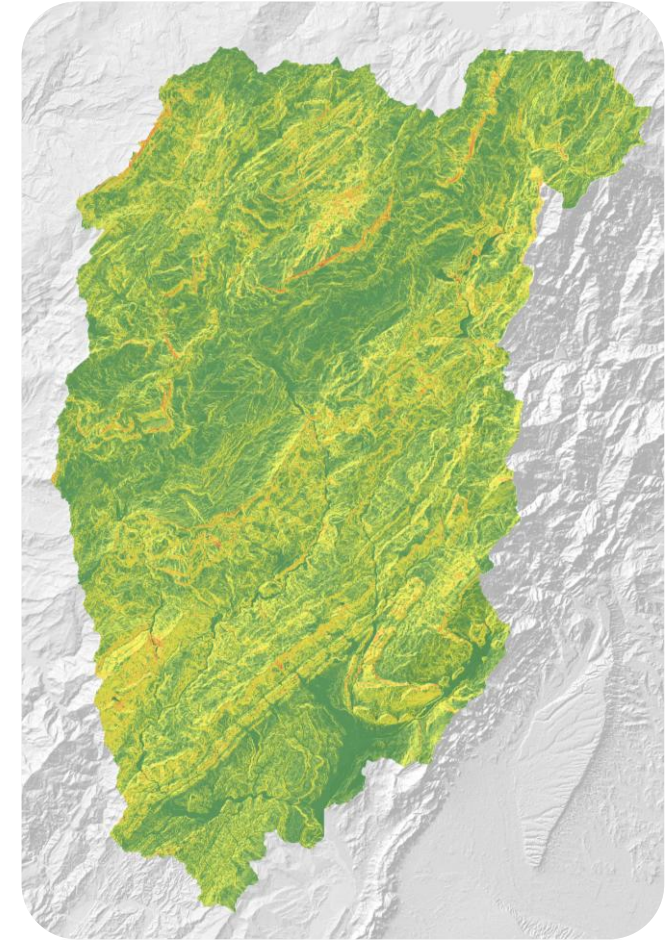
8. METODOLOGÍA





8.1. PARÁMETROS DE LA CUENCA

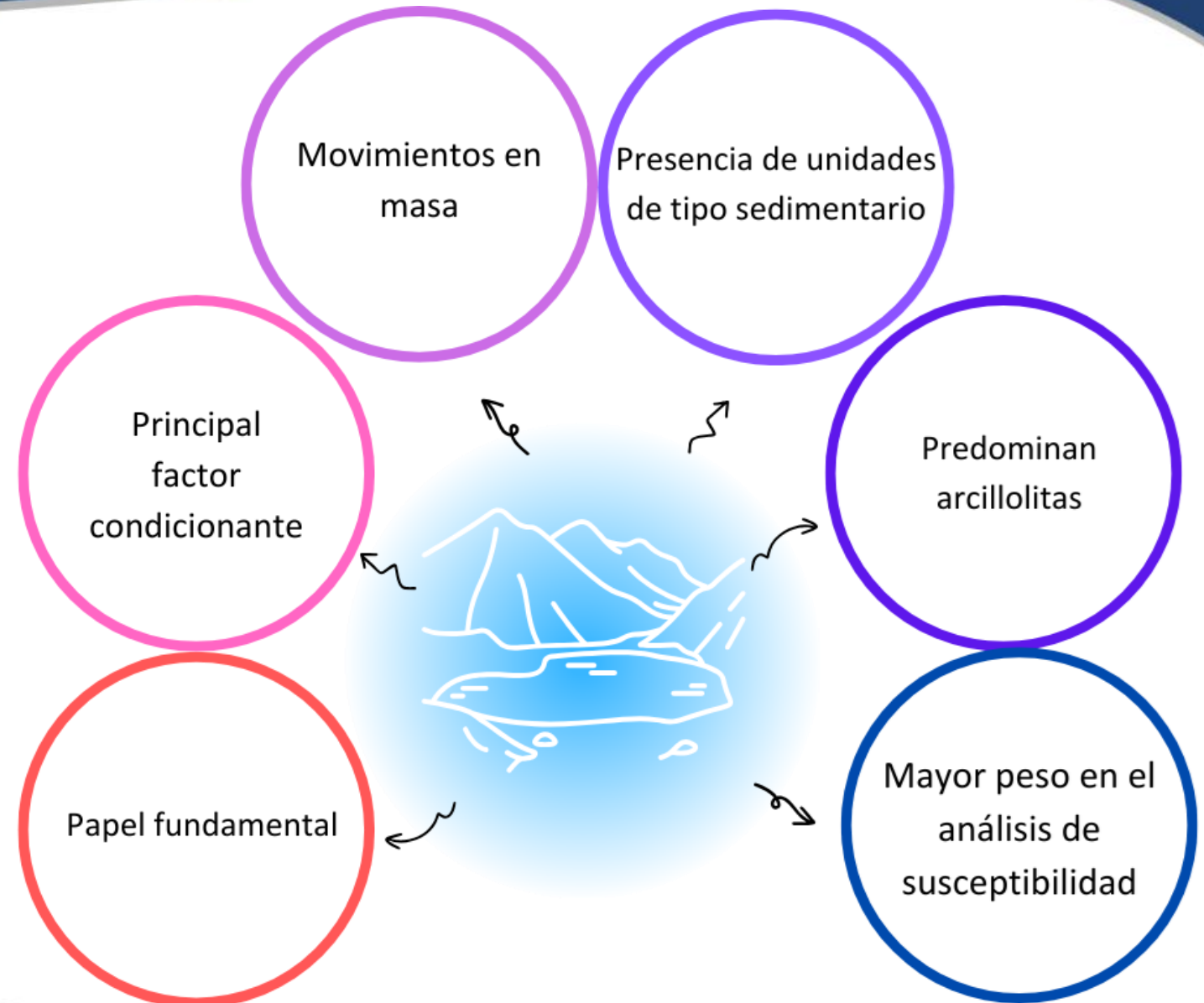
PARÁMETRO	RESULTADO
Área de la cuenca (Cant. Agua acumulada → Evento precipitación)	2970 km ²
Perímetro (Tiempo agua → alcanzar cauces)	318,2 km
Orden de corrientes (Jerarquía → Red de drenajes)	8
Longitud de corrientes (Extensión de la red)	5590 km
Longitud cauce principal (1. Río Upía)	42 km
Longitud cauce principal (2. Río Lengupá)	89 km
Densidad drenajes de la cuenca (Cant. Cauce por unidad superficie)	1,9
Pendiente media de la cuenca	38%
Índice de compacidad (Promedio cuenca y área)	1,65

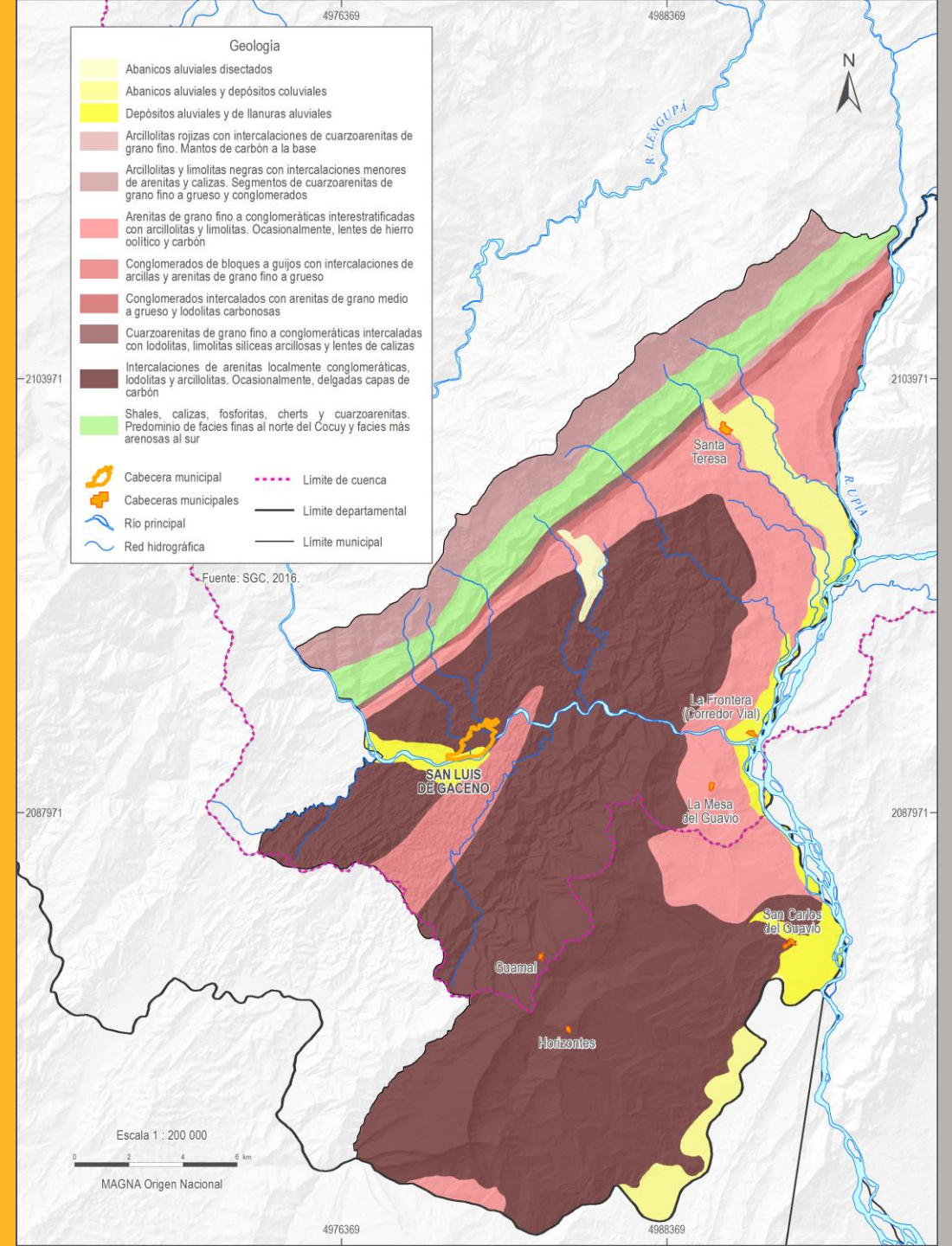
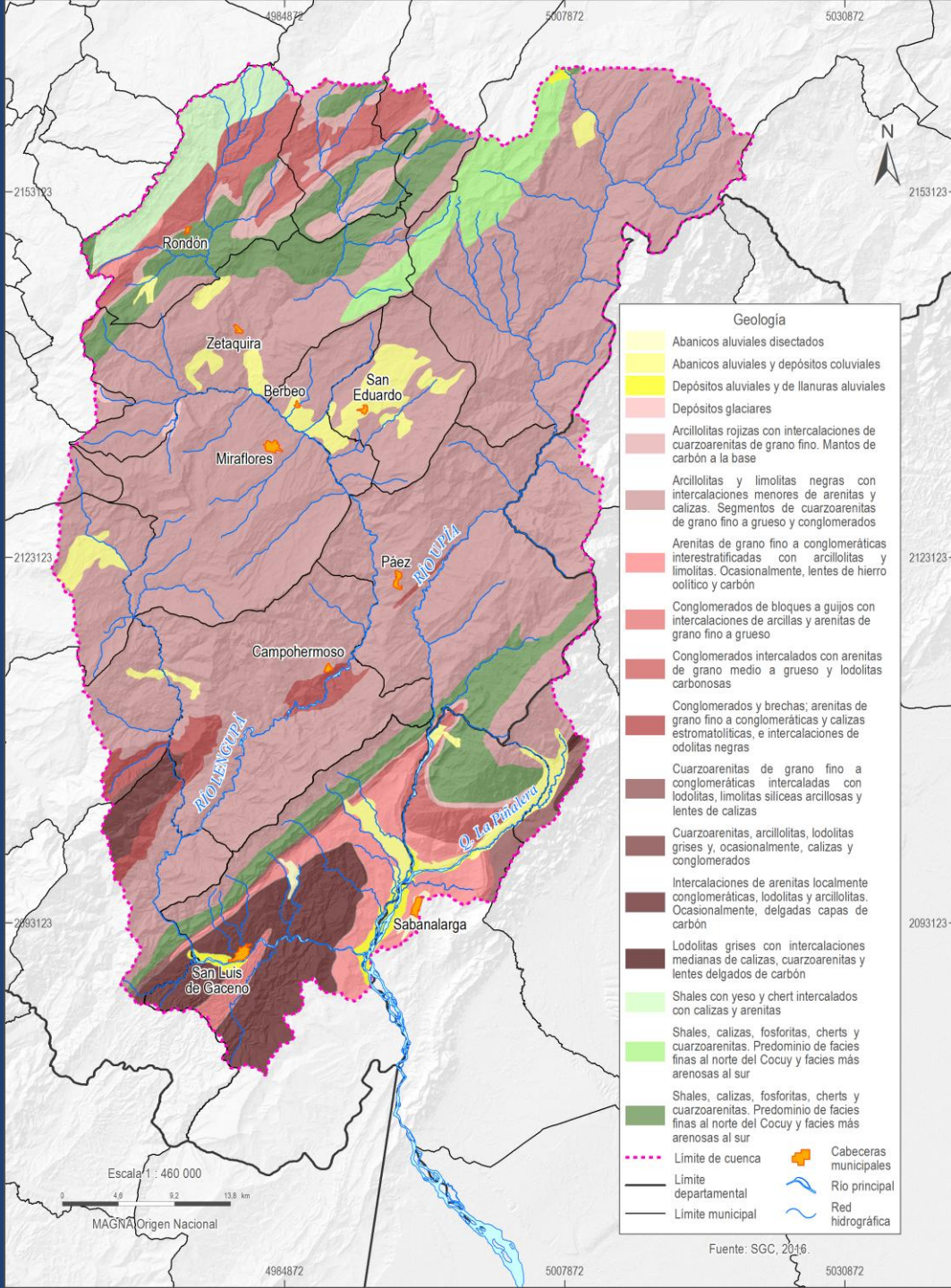


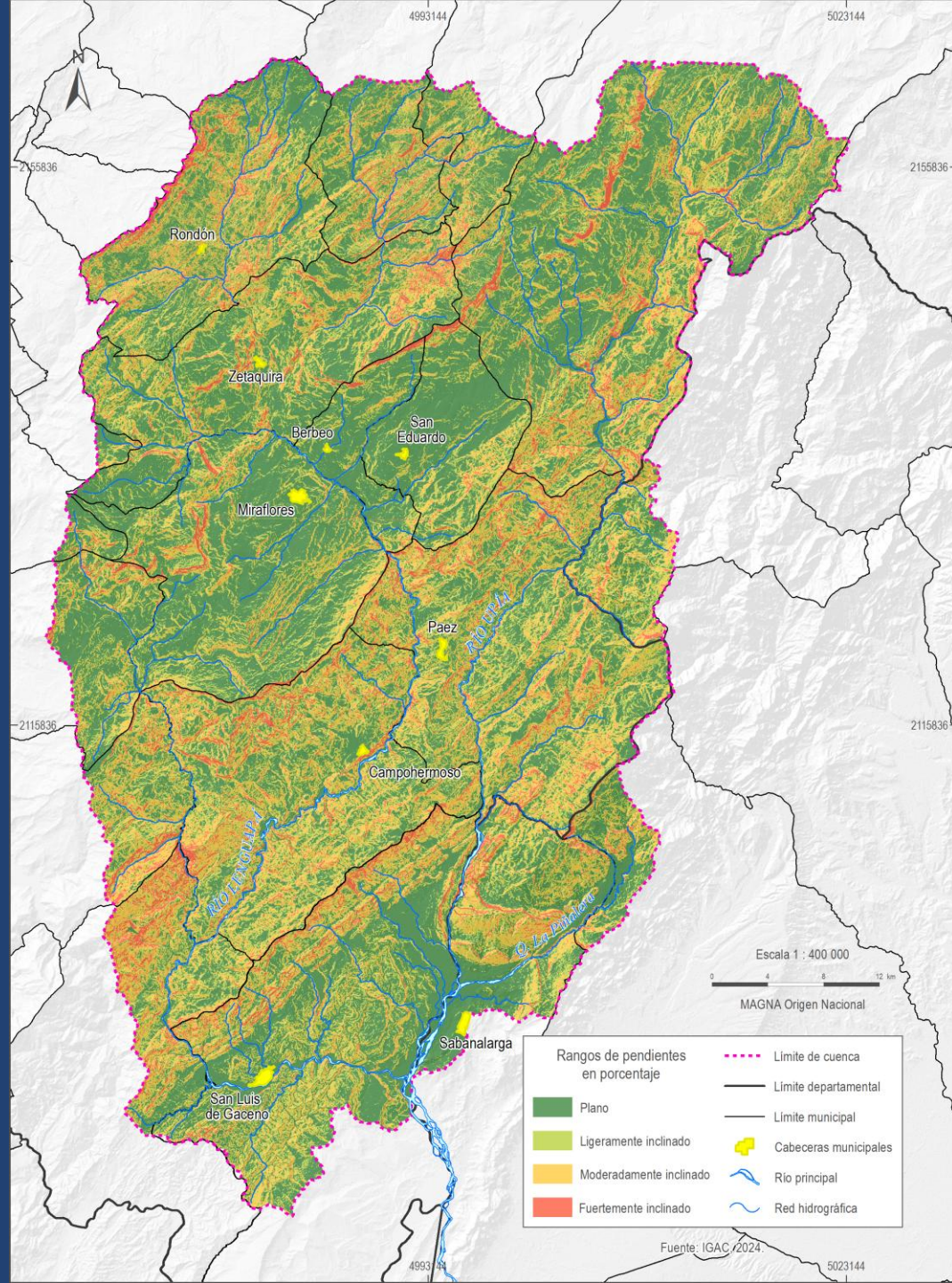


9. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA

GEOLOGÍA







Relieve y su importancia

- Influencia en la dinámica hidrológica.
- Relación con la distribución de la vegetación.
- Base para la planificación del uso del suelo.

Mapa de pendientes

- Herramienta para analizar la topografía.
- Identificación de pendientes planas (69%), ligeramente inclinadas (24%), moderadamente inclinadas (5,6%) y fuertemente inclinadas (0,4%).

Técnicas utilizadas

- Análisis geoespacial.
- Modelado topográfico.

Fenómenos asociados

- Erosión.
- Deslizamientos de tierra.
- Avenidas torrenciales.

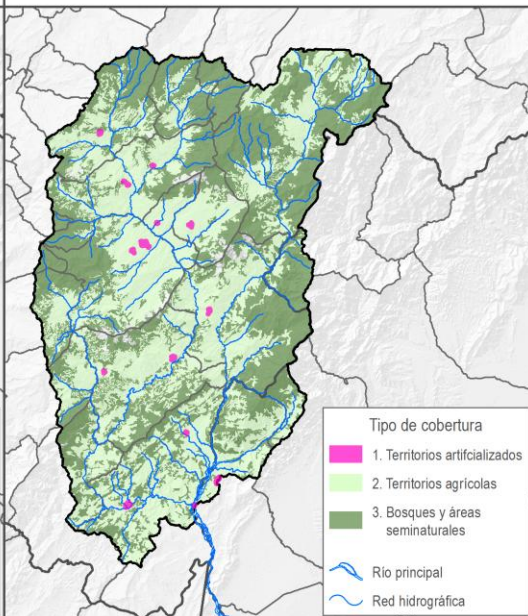
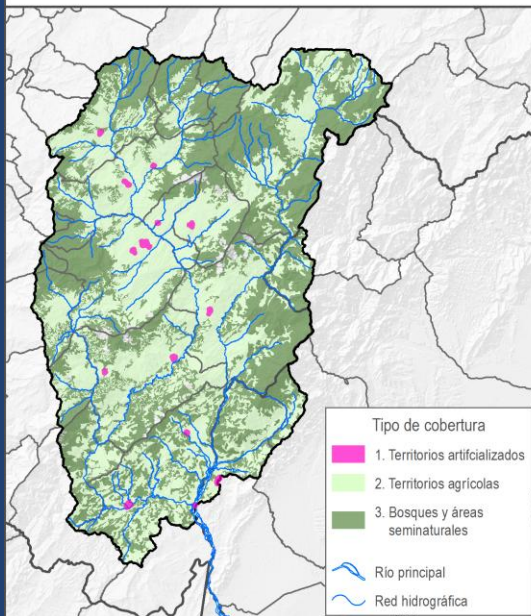
Aplicaciones del análisis de pendientes

- Agricultura.
- Infraestructuras urbanas.
- Conservación de recursos naturales.
- Gestión del riesgo de desastres:
- Áreas prioritarias para medidas de mitigación y adaptación.

Cambio de cobertura en el municipio de San Luis de Gaceno

Periodo 2000 - 2002

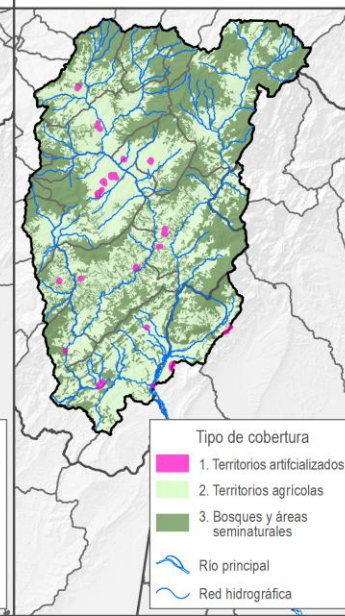
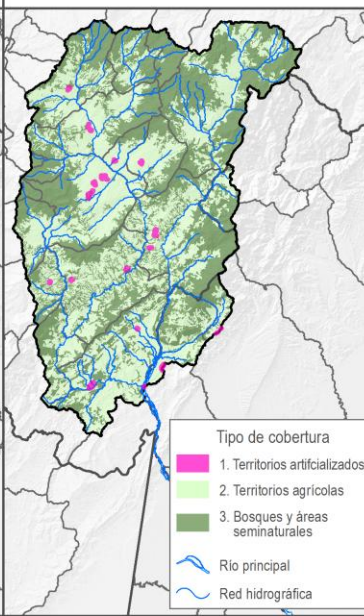
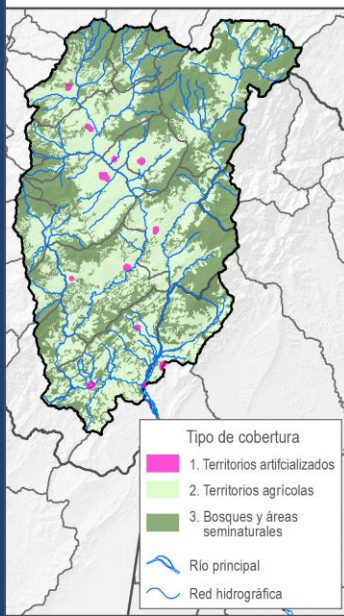
Periodo 2005 - 2009



Periodo 2010 - 2012

Año 2018

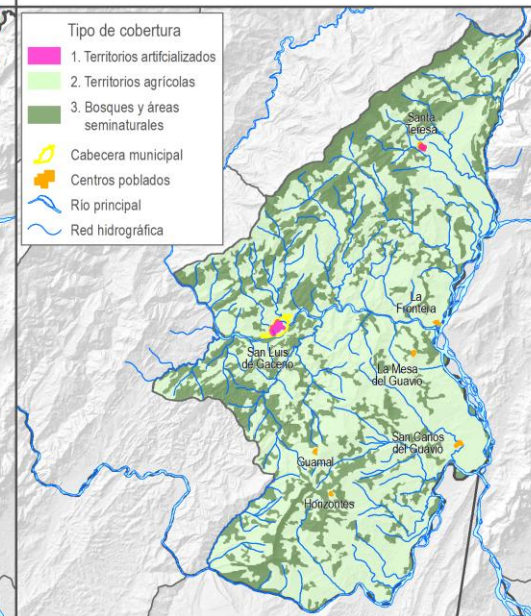
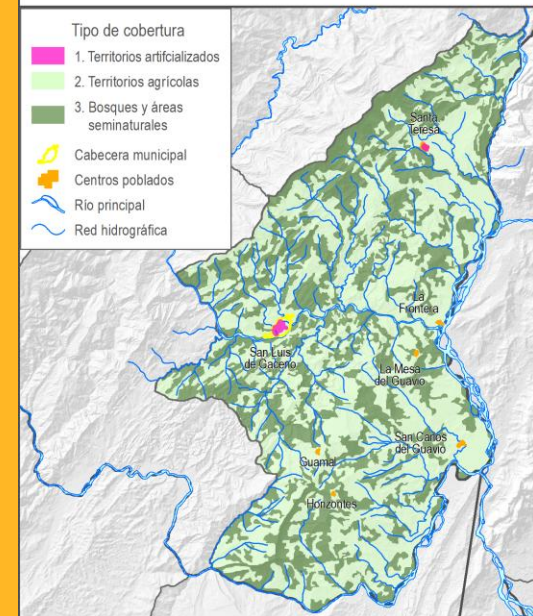
Año 2020



Cambio de cobertura en el municipio de San Luis de Gaceno

Periodo 2000 - 2002

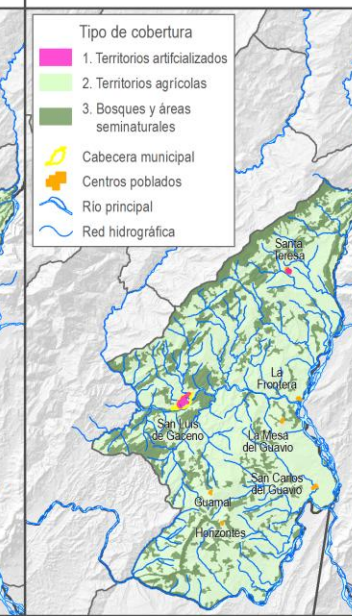
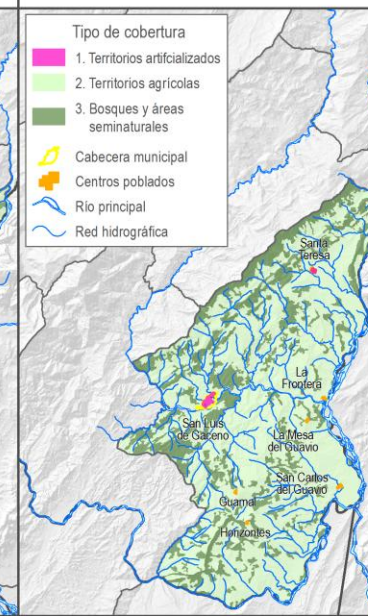
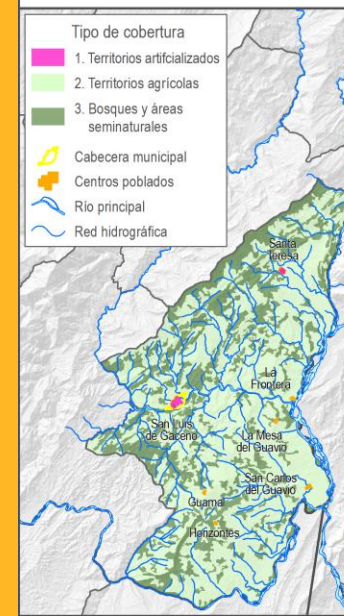
Periodo 2005 - 2009



Periodo 2010 - 2012

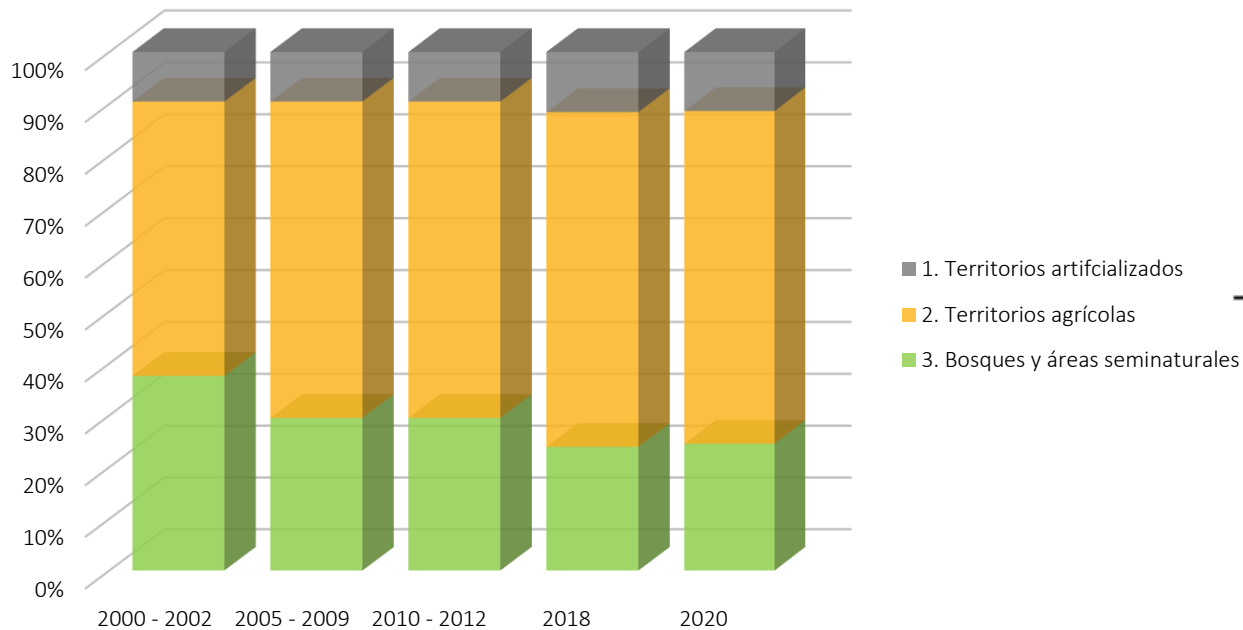
Año 2018

Año 2020





Cambio en el área de las coberturas



ANÁLISIS DE COBERTURA DEL SUELO

- Identificación de áreas afectadas por:
 - Avenidas torrenciales.
 - Eventos hidrológicos extremos.
 - Factores que influyen:
 - Cambios en cobertura vegetal.
 - Uso del suelo.
- Crecimiento urbano.

IMPACTOS DEL CAMBIO DE COBERTURA

- Capacidad de manejo del flujo de agua.
- Estabilidad del terreno.
- Aumento de la susceptibilidad a eventos extremos.

MAPA DE CAMBIO DE COBERTURAS

- Periodos analizados:
 - 2000–2002.
 - 2005–2009.
 - 2010–2012.
 - 2018.
- Datos suministrados por el IDEAM.

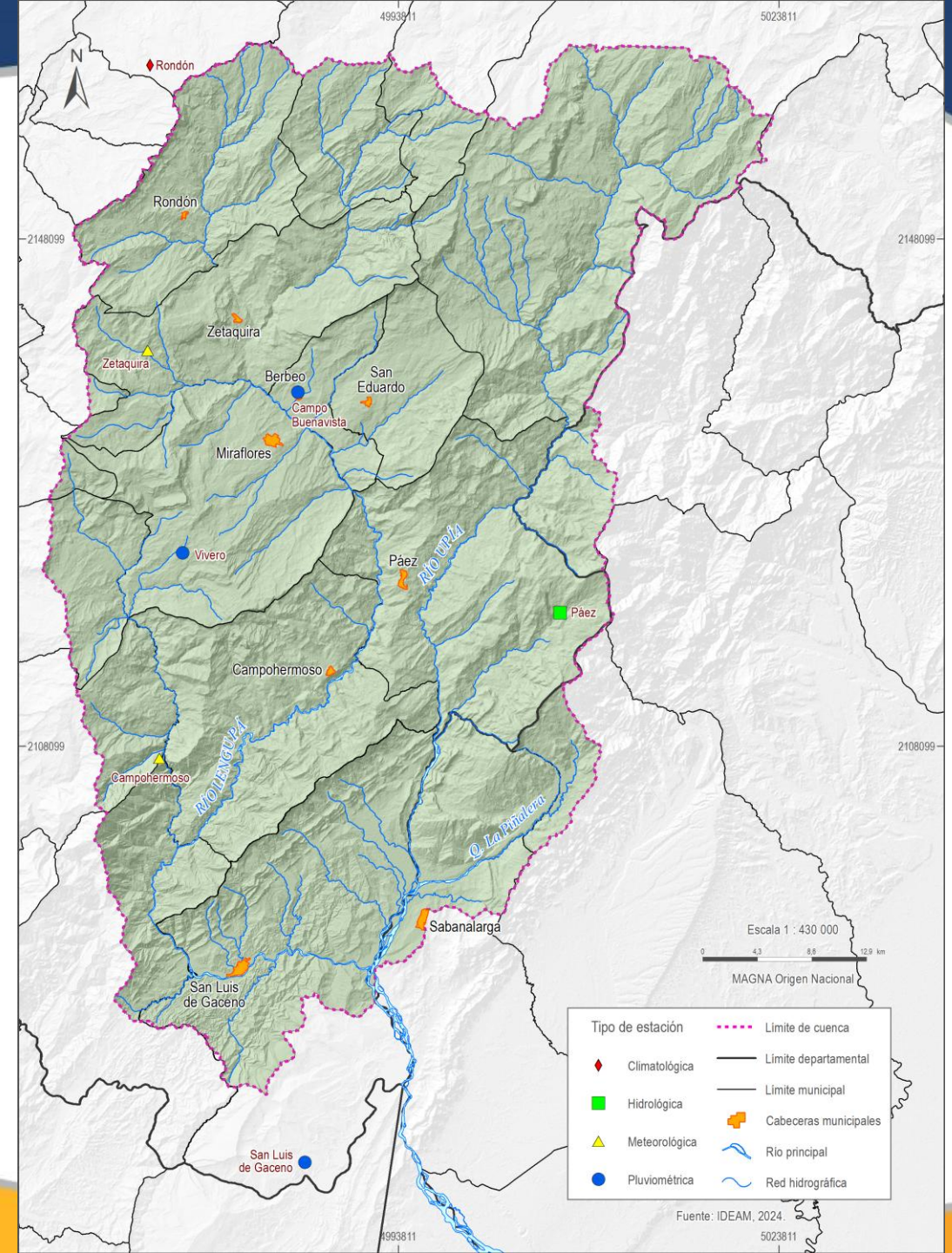
METODOLOGÍA CORINE LAND COVER (CLC)

- Áreas naturales.
- Áreas agrícolas.
- Áreas urbanas.

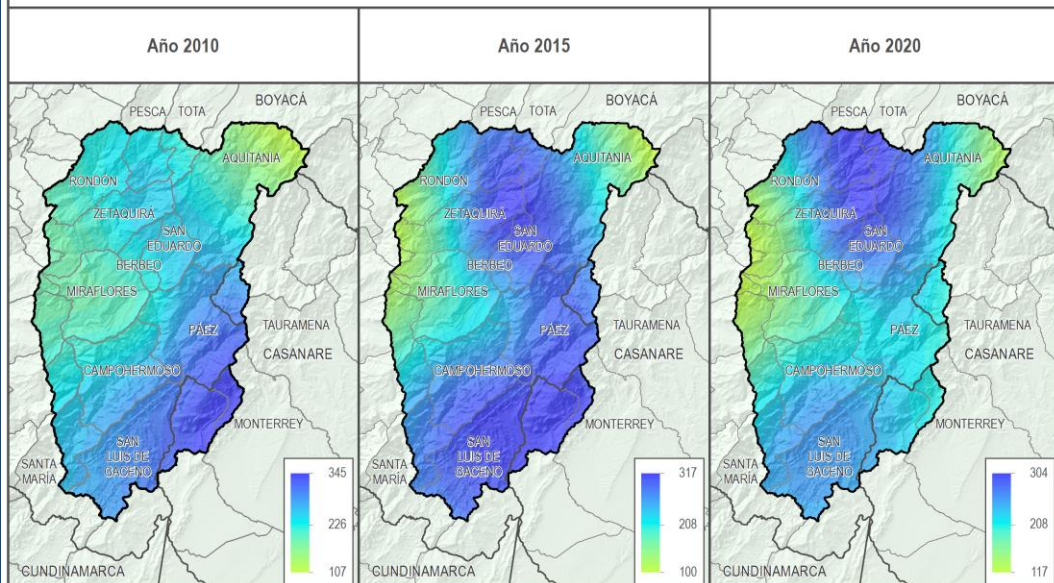


UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA

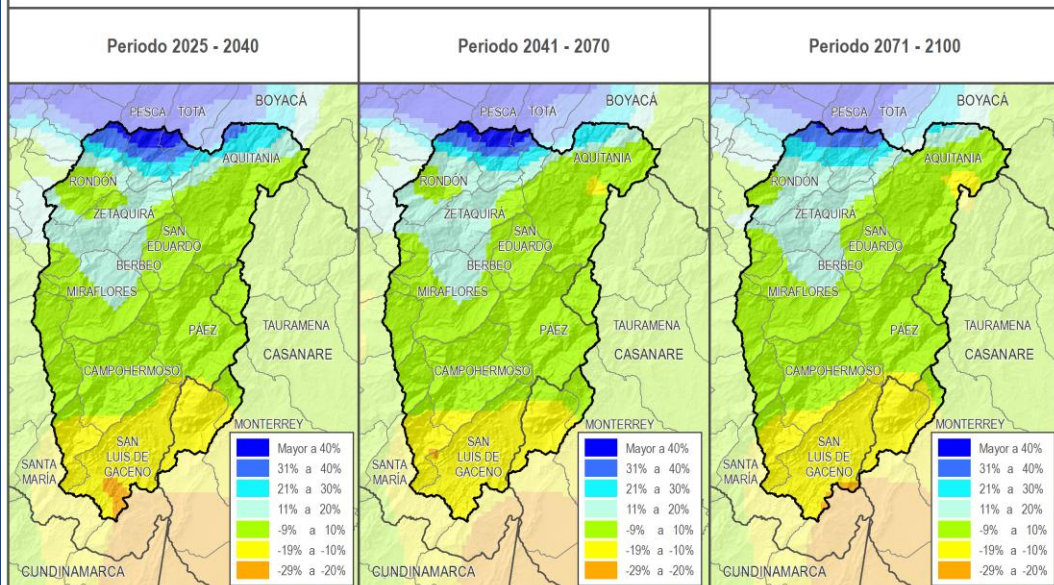
Estaciones meteorológicas



Diferencia de la precipitación media anual
respecto al periodo de referencia 2010 - 2020



Diferencia de la precipitación media anual
respecto al periodo de referencia proyectado 2025 - 2100



IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES

- Estudio de avenidas torrenciales y sus efectos.
- Identificación de patrones climáticos y zonas de inundación.

DATOS UTILIZADOS

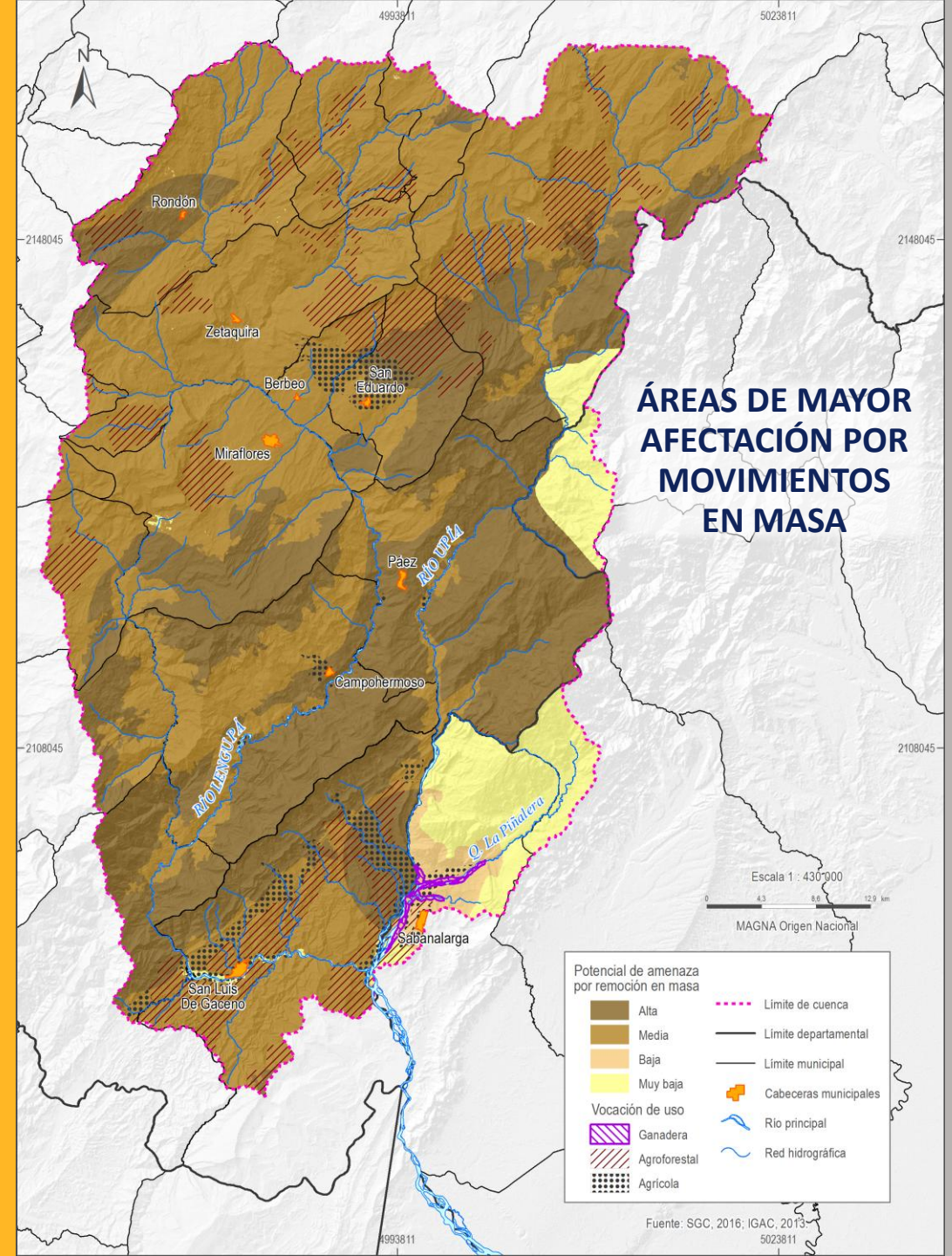
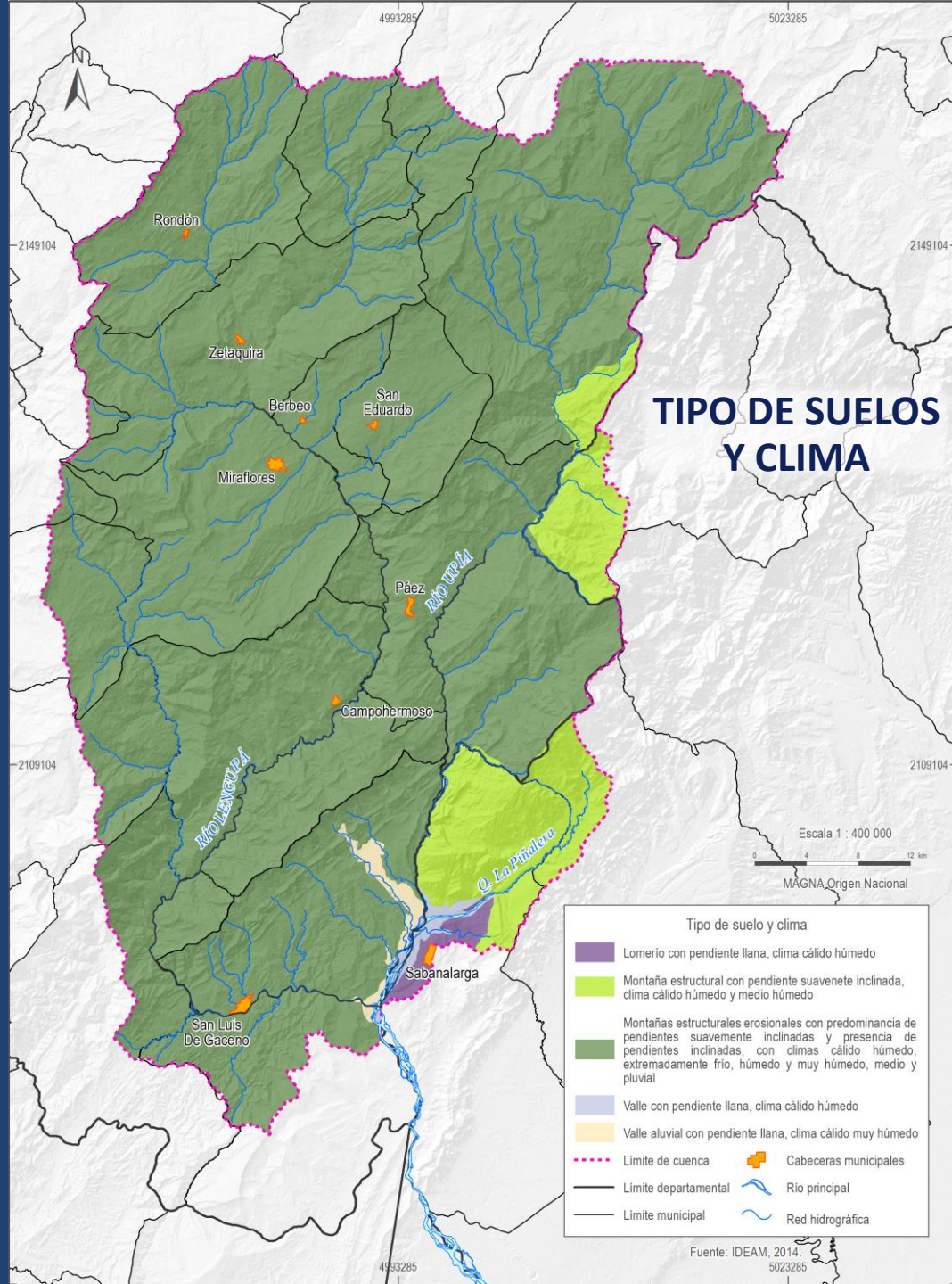
- Precipitaciones anuales: 2010, 2015 y 2020.
- Estaciones meteorológicas: Campo Buenavista, Campohermoso, Páez, Rondón, San Luis de Gaceno, Vivero y Zetaquirá.

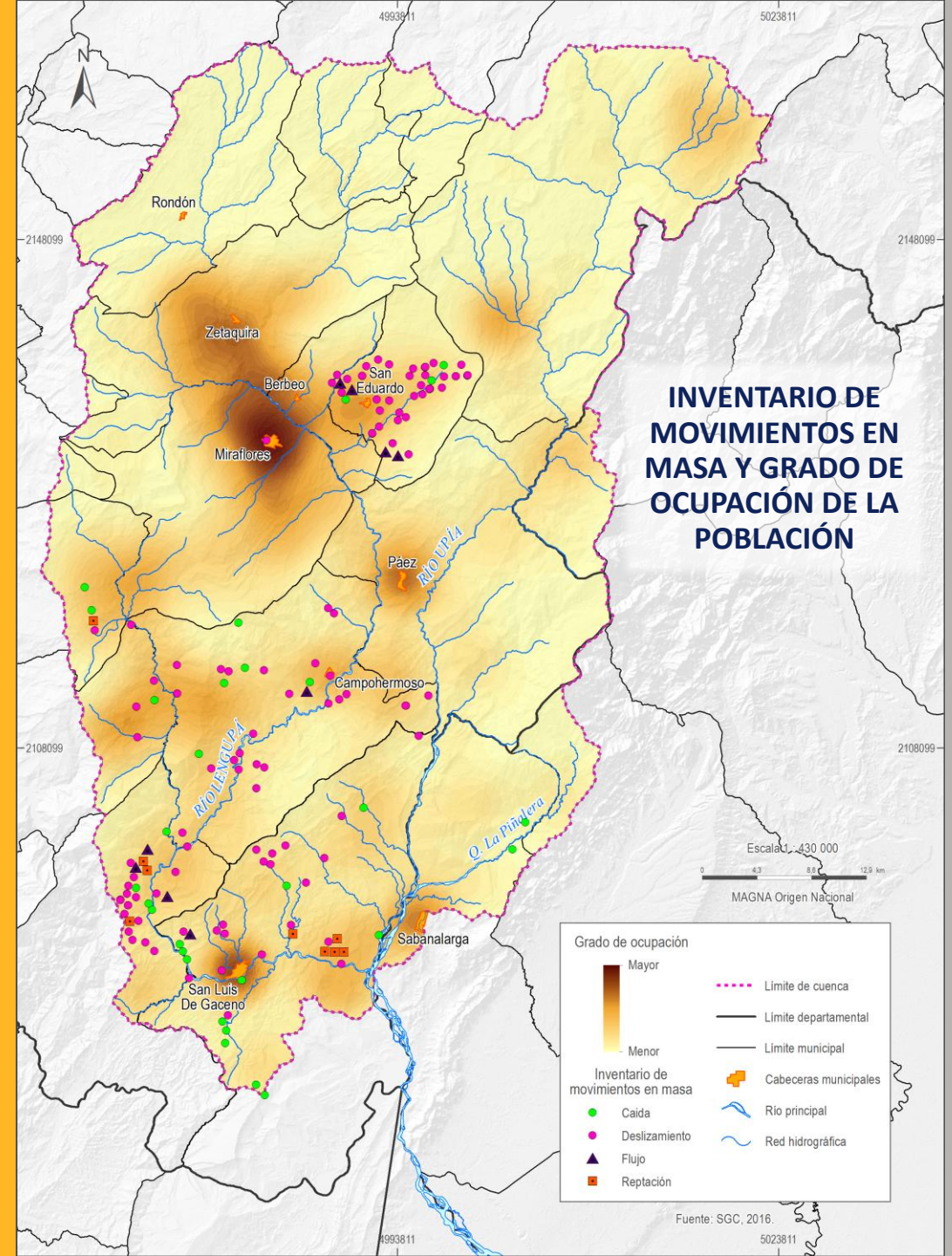
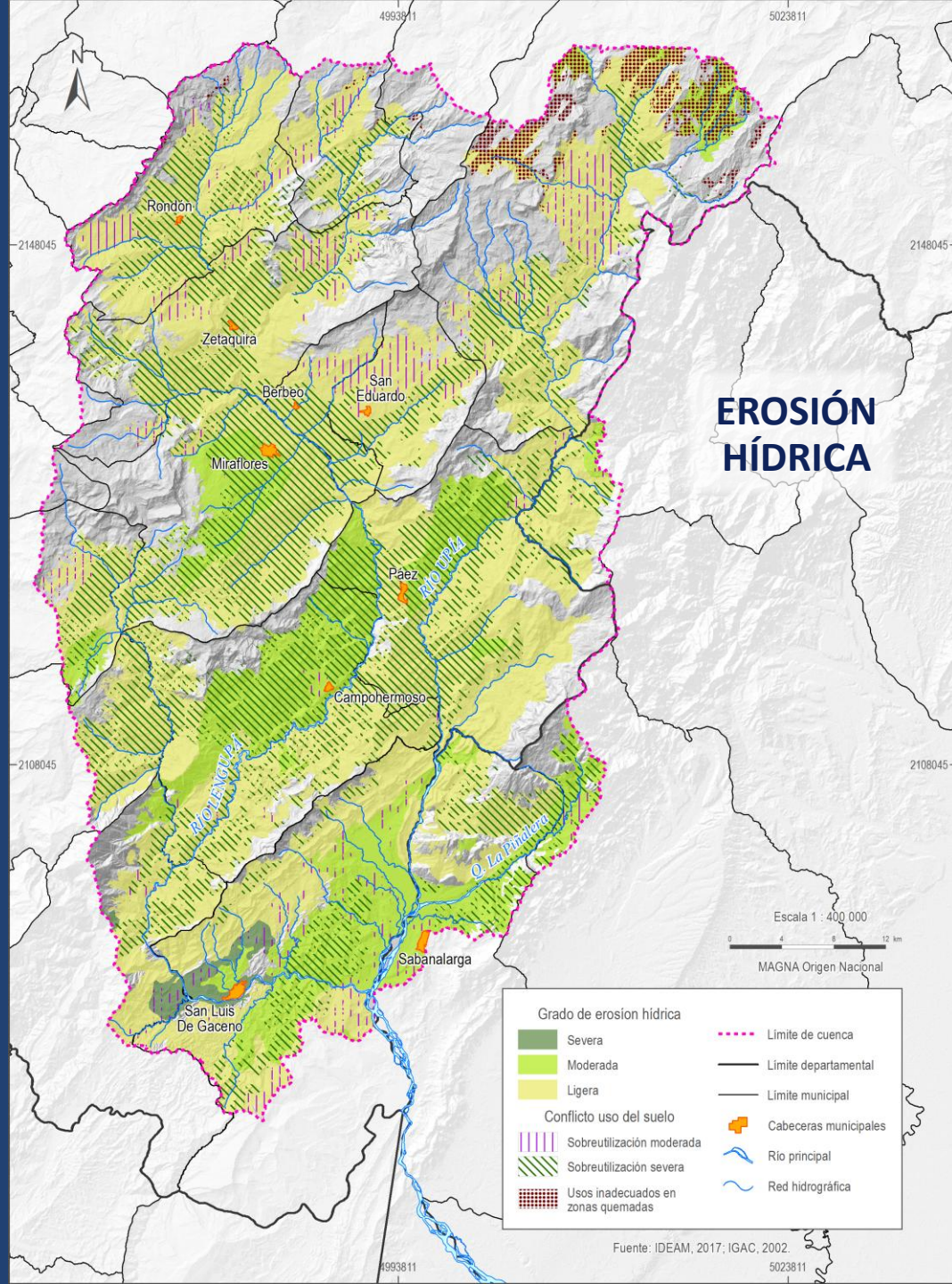
HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS

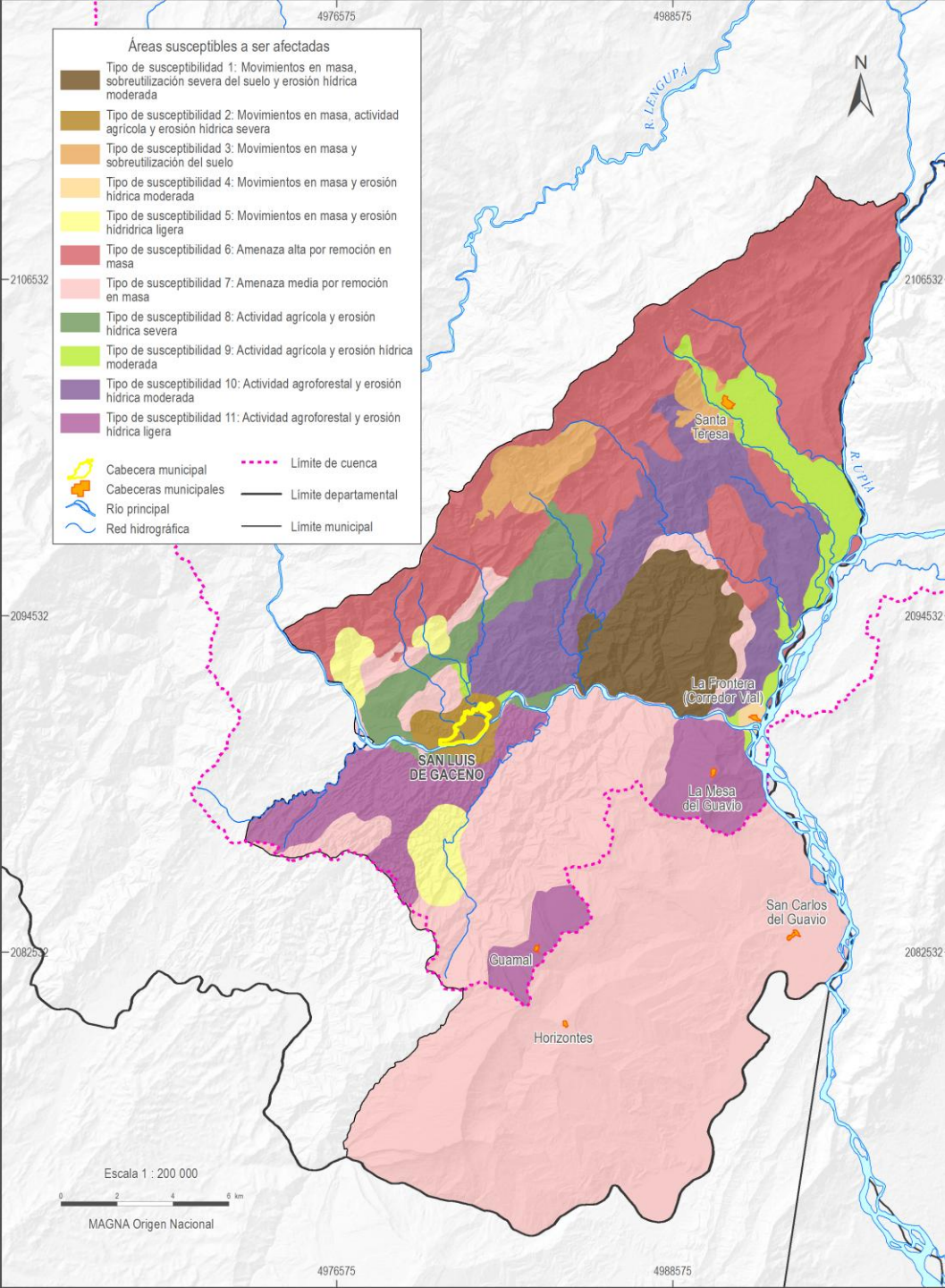
- Técnicas de análisis geoespacial.
- Agrupación de datos por: Proximidad geográfica. Cantidad de precipitación registrada.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

- Tendencias climáticas (precipitación).
- Representación de la distribución de precipitaciones.
- Identificación de zonas con: Mayor intensidad de precipitaciones. Potencial susceptibilidad.







ÁREAS SUSCEPTIBLES

- Definidas en el mapa de susceptibilidad.
- Factores principales:
 - Topografía.
 - Variabilidad climática.

IMPACTOS DE ACTIVIDADES HUMANAS

Sobreutilización del suelo:

- Expansión de la frontera agrícola.
- Prácticas agrícolas sin conservación.

Consecuencias:

- Erosión hídrica incrementada.
- Pérdida de fertilidad del suelo.

Aumento de la susceptibilidad a:

- Deslizamientos.
- Movimientos en masa.

FACTORES AMBIENTALES

- Deforestación y falta de cobertura vegetal:
- Pérdida de la barrera protectora contra la erosión.
- Exposición del suelo a lluvias intensas.
- Eventos climáticos extremos como catalizadores de fenómenos erosivos.

HERRAMIENTAS Y METODOLOGÍA

Mapa de áreas susceptibles:

- Digitalización manual.
- Variables superpuestas:
 - Pendientes.
 - Tipos de suelo.
 - Cobertura vegetal.
 - Patrones de precipitación.

Interpretación detallada para representar zonas críticas.

APLICACIONES DEL MAPA

Identificación de áreas críticas para:

- Intervención urgente.
- Ordenamiento territorial.



TABLA DE CONTENIDO

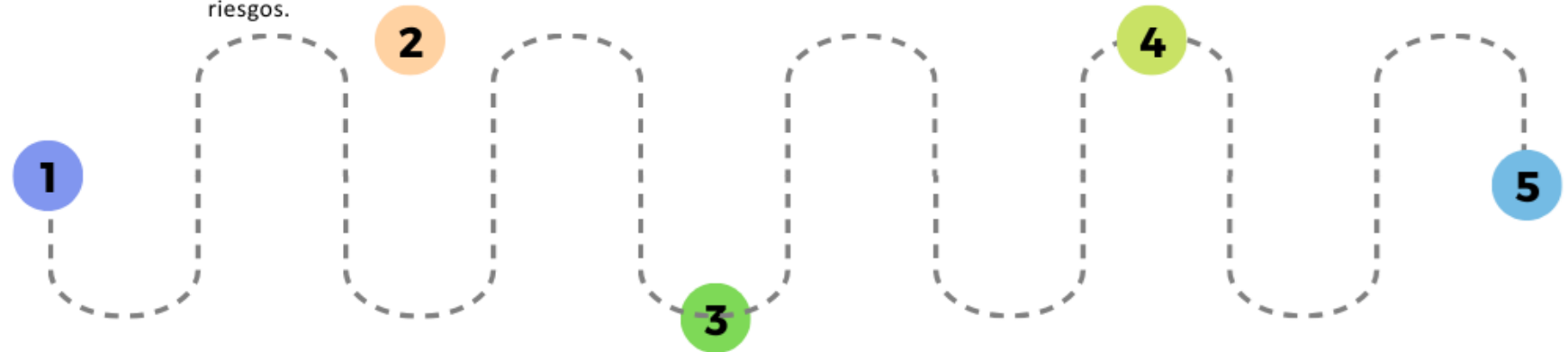
- 1. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA
- 2. PROBLEMA
- 3. OBJETIVOS
- 4. ANTECEDENTES
- 5. JUSTIFICACIÓN
- 6. MARCO REFERENCIAL
- 7. MARCO INSTITUCIONAL
- 8. METODOLOGÍA
 - 8.1. PARÁMETROS DE LA CUENCA
- 9. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA
- 10. RESULTADOS
- 11. CONCLUSIONES
- 12. RECOMENDACIONES



11. CONCLUSIONES

- Cabecera de San Luis de Gaceno -> **Río Lengupá**
- Alta susceptibilidad a avenidas torrenciales debido a **movimientos en masa, actividad agrícola, erosión severa y depósitos aluviales en una topografía plana.**
- Las precipitaciones intensas entre 2010 y 2020 refuerzan la necesidad de medidas de conservación del suelo y monitoreo climático para mitigar los riesgos.

La variabilidad climática y los tipos de suelo en la cuenca de estudio influyen significativamente en la susceptibilidad a avenidas torrenciales. Las fluctuaciones en las precipitaciones y las propiedades del suelo como la erosión, determinan la intensidad y el impacto de estos eventos.



- **Parte alta del municipio como una zona altamente susceptible** a avenidas torrenciales.
- Pendientes pronunciadas, suelos inestables (**arcillolitas y limolitas**) y altos niveles de precipitación registrados entre 2010 y 2020.
- Factores que incrementan el riesgo de remociones en masa y eventos torrenciales.

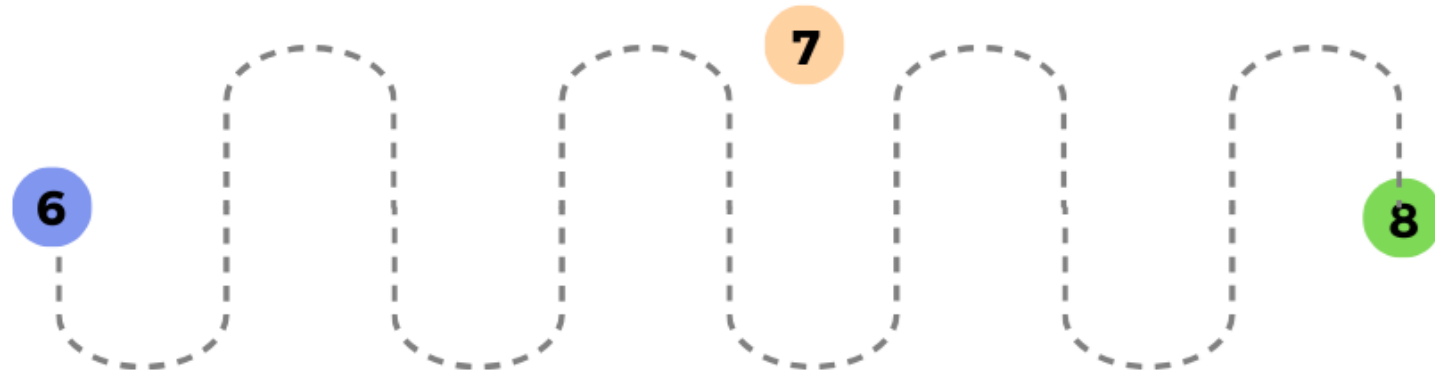
- CP **La Frontera**, combina un alto potencial agrícola con una susceptibilidad moderada a fenómenos naturales debido a sus depósitos aluviales y clima cálido-húmedo.
- **Pendientes suaves reducen los riesgos de deslizamientos, la intensa erosión hídrica y las lluvias significativas aumentan la susceptibilidad de la zona.**

Proyecciones de precipitaciones **2025-2100, junto con el mapa de susceptibilidad a remociones en masa**, permiten identificar zonas con mayor susceptibilidad a avenidas torrenciales en el futuro.



11. CONCLUSIONES

Se encontró que cuando la forma es **oblonga** como el caso de estudio se presentará una tendencia a tener un **flujo de agua más directo y eficiente**, debido al aumento de la velocidad de escurrimiento, confirmando la existencia de áreas con una erosión **hídrica severa**.



- **Suelos de** montañas estructurales erosionales con **pendientes inclinadas** son especialmente susceptibles a la **erosión del suelo durante eventos de lluvia intensa**, lo que puede contribuir a la generación de avenidas torrenciales.

- Mapa de cambio de coberturas en la cuenca, junto con los datos geológicos y de precipitación.
- **Expansión agrícola y la urbanización** han modificado el paisaje natural.
- Incremento en las zonas expuestas a ser afectadas y la pérdida de vegetación nativa han contribuido a aumentar la susceptibilidad por **inundaciones y deslizamientos**, lo que subraya la importancia de preservar la vegetación en áreas estratégicas.

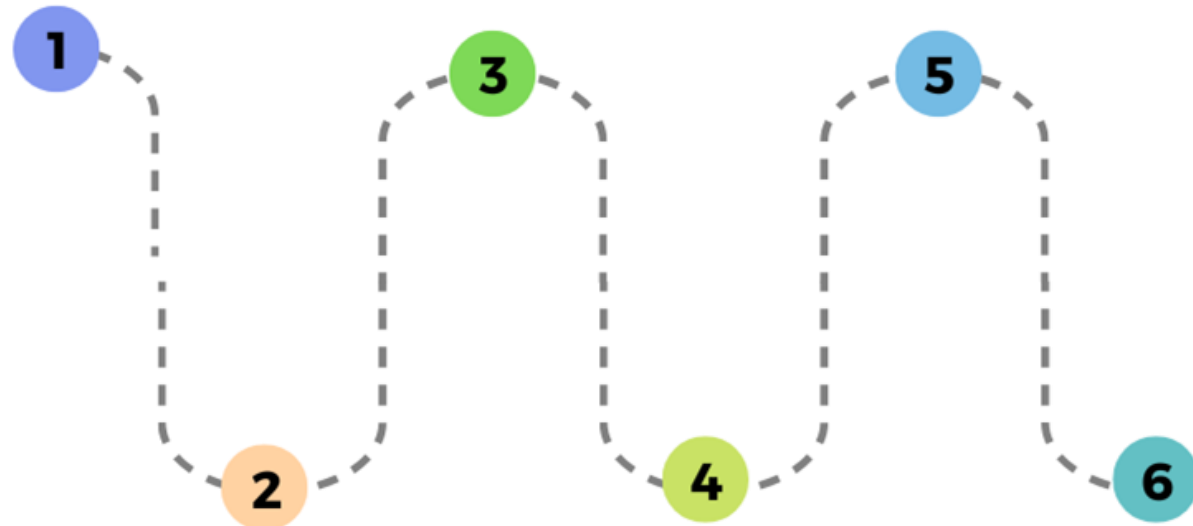


12. RECOMENDACIONES

- Desarrollar capacidades locales en gestión de emergencias.
- Capacitación de personal, planes de evacuación y sistemas de alerta temprana.

- Involucrar a las comunidades locales.
- Planificación de estrategias de manejo de cuencas y reducción de riesgos.

Programas de educación ambiental y talleres.



- Prácticas agrícolas sostenibles, reforestación de áreas degradadas y conservación de la vegetación natural.
- Reducción de erosión del suelo.

- Incorporar técnicas de modelado hidrológico avanzado, como modelos de simulación de lluvia-escorrentía.
- Complementar la evaluación del riesgo de avenidas torrenciales.

- Promover técnicas de conservación del suelo, como **terrazas y barreras vegetativas**.
- Reducción de erosión del suelo.



BIBLIOGRAFÍA

- Alba, N. A., Calderón, P. A., & Quintero, L. X. (2017). *METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA POR EVENTOS DE AVENIDA TORRENCIAL A ESCALA 1:2000*. Bogotá: Universidad La Gran Colombia.
- Aristizábal, E. C. (2020). Definición y clasificación de las avenidas torrenciales y su impacto en los Andes colombianos. *Revista Colombiana de Geografía/Cuadernos de Geografía*, 13.
- Avella, J., Quisphi, M., Escobar, P., & Suárez, L. (2022). Boyacá en cifras 2021. 156-161. Béjar, M. V. (2004). *Hidrología*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Bossard, M., Feranec, J., & Otahel, J. (2000). *CORINE Land Cover Technical Guide – Addendum 2000*. Obtenido de European Environment Agency.
- Burgos, B. C. (2022). *Zonificación de amenaza por avenida torrencial para la quebrada Colorada, producto de la rotura de una presa natural formada y sus efectos en el casco urbano del municipio de Paz de Río, Boyacá*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingenieros Julio Garavito.
- Cardona, O. (2001). Estimación Holística del Riesgo Sísmico Utilizando Sistemas Dinámicos Complejos. *Universidad Politécnica de Cataluña*.

¡Gracias!



Liderazgo estratégico con visión neogranadina