Modelo comunitario de gestión del riesgo y siembra de agua en Quebrada Honda, Silvania (Cundinamarca)



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Acreditación Institucional de Alta Calidad

Autores

Luis Javier Enríquez Rodríguez

Cristian Jesús Ríos Sotelo

Tutor

Amed Bonilla Pérez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

Abril de 2026

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 6
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 8
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 8
2.2 FORMULACION DEL PROBLEMA 10
2.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA 11
3. OBJETIVOS 11
3.1 OBJETIVO GENERAL 11
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11
4. MARCO DE REFERENCIA 12
4.1 MARCO TEÓRICO 12
4.2 MARCO CONCEPTUAL 14
4.3 MARCO LEGAL 16
4.4 MARCO ESPACIAL 17
4.5 MARCO TEMPORAL 19
5. ESTADO DEL ARTE 19
5.1 TENDENCIAS GLOBALES EN LA GESTIÓN DEL RIESGO EN ZONAS RURALES 20
5.2 AVANCES EN LA GESTIÓN COMUNITARIA DEL RIESGO 20
5.3 AVANCES EN PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA Y ANALISIS DE AMENAZAS 22
5.4 AVANCES EN LA SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA EN ECOSISTEMAS ANDINOS 23
5.5 AVANCES EN BIOINGENIERÍA PARA ESTABILIZACIÓN DE LADERAS 24

5.6 AVANCES EN GOBERNANZA COMUNITARIA DEL AGUA Y DEL RIESGO ... 25

5.7 CASO APLICADO DE QUEBRADA HONDA ... 26

5.8 SÍNTESIS DEL ESTADO DEL ARTE Y VACÍO DE CONOCIMIENTO ... 27

6. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN, SISTEMATIZACIÓN Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN ... 27

6.1 MÉTODOS EMPIRICOS ... 28

6.2 MÉTODOS ESTADISTICOS ... 29

6.3 MÉTODOS DE GEOPROCESAMIENTO ... 29

6.4 METODOS TEORICOS ... 30

6.5 PROCEDIMIENTO GENERAL EJECUTADO ... 32

7. ANALISIS Y DISCUSIÓN EN FUNCIÓN DEL PROBLEMA PROPUESTO ... 32

7.1 CARACTERIZACIÓN INTEGRAL DE LAS CONDICIONES FÍSICAS, AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONÓMICAS DE LA VEREDA QUEBRADA HONDA 33

7.1.1 COMPONENTE ABIÓTICO: GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y RIESGO FÍSICO 33

7.1.2 COMPONENTE BIÓTICO: ECOSISTEMAS Y CORREDORES DE FAUNA 36

7.1.3 COMPONENTE SOCIOECONÓMICO: VULNERABILIDAD Y CAPACIDADES LOCALES ... 38

7.1.4 COMPONENTE DE RIESGO ACTUAL: EVOLUCIÓN Y BRECHA INSTITUCIONAL ... 41

7.2 SELECCIÓN DE PRÁCTICAS DE BIOINGENIERÍA Y SIEMBRA DE AGUA PERTINENTES PARA LA RESTAURACIÓN DEL TERRITORIO ... 43

7.3 SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS Y APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO CON ACTORES INSTITUCIONALES Y COMUNITARIOS ... 45

7.4 PROPUESTA DEL MODELO COMUNITARIO DE GESTIÓN DEL RIESGO Y SIEMBRA DE AGUA CON INDICADORES DE SEGUIMIENTO ... 47

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ... 49

8.1 CONCLUSIONES 49

8.2 RECOMENDACIONES 51

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 53

10. ANEXOS 57

10.1 CARTOGRAFÍA TEMÁTICA: 57

10.2 CÁLCULOS MORFOMÉTRICOS Y DE ZONIFICACIÓN MEDIANA DE ALTITUD 68

10.3 VALORES DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA – MICROCUENCA QUEBRADA HONDA 69

10.4 GRAFICO DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA – MICROCUENCA QUEBRADA HONDA 70

10.5 RESUMEN ENTREVISTAS 70

1. INTRODUCCIÓN

La vereda Quebrada Honda, ubicada en el municipio de Silvania (Cundinamarca), enfrenta una crisis socioambiental marcada por el aumento reciente de procesos de remoción en masa, deslizamientos superficiales y afectaciones geológicas no registradas en la cartografía oficial del territorio. Durante el trabajo de campo se evidenciaron deslizamientos activos en zonas previamente clasificadas como de baja o nula amenaza, viviendas con daños estructurales severos, vías rurales colapsadas y pérdida de suelos agrícolas. Esta dinámica se intensifica por la conformación de una microcuenca en desarrollo y la alta sensibilidad geomorfológica de laderas con pendientes superiores al 30%, lo que evidencia una relación crítica entre la hidrodinámica local y la inestabilidad del terreno (CAR, 2023; SGC, 2022).

Figura 1. A) Entrada a la vereda Quebrada Honda a la altura del KM 40 de la vía Bogotá – Fusagasugá, B) Gallera que evidencia vestigios de bioconstrucción, C) Habitantes de Quebrada Honda con raíces campesinas.



Fuente: Autores.

La omisión institucional en la actualización de estudios técnicos y en la protección de viviendas ha derivado en la vulneración de derechos fundamentales, situación que motivó una acción de tutela por parte de un líder comunitario y culminó con el Fallo de Segunda Instancia del Juzgado Segundo Civil de Fusagasugá (julio 2025). Dicha sentencia ordena la conformación de una mesa de participación Estado-Comunidad para definir un cronograma de mitigación, transformando la gestión del riesgo de una potestad discrecional a una obligación judicial vinculante. Ante la limitada capacidad técnica y financiera de un municipio de sexta categoría, la dependencia exclusiva de infraestructura gris resulta inviable. Por ello, esta monografía se justifica en la necesidad de articular soluciones basadas en la naturaleza y saberes ancestrales como alternativa técnica, económica y culturalmente pertinente.

Para abordar esta problemática, se empleó un enfoque metodológico mixto que integró análisis espacial mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), caracterización biofísica y morfométrica de la microcuenca, revisión jurídica y técnicas participativas de cartografía social y entrevistas semiestructuradas a hogares críticos. Este diseño permitió contrastar la cartografía oficial con la percepción local, validando la hipótesis de fallas geológicas y dinámicas hidrogeológicas como variables detonantes de inestabilidad.

A pesar de las limitaciones asociadas a la disponibilidad de datos, tiempo y variabilidad climática interanual, se proyectan tres resultados principales: (1) un diagnóstico físico-social del riesgo; (2) la selección técnicas de bioingeniería y siembra de agua adaptadas a la zonificación altitudinal; y (3) la formulación de un modelo comunitario de gestión del riesgo, replicable para territorios rurales con condiciones similares de abandono institucional, cambio climático y alta amenaza geomorfológica.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La vereda Quebrada Honda, ubicada en Silvania (Cundinamarca), se localiza en un territorio de alta susceptibilidad a deslizamientos debido a sus condiciones geológicas, climáticas y de uso del suelo. En los últimos años se ha observado un notable incremento en la frecuencia y severidad de movimientos en masa, afectando directamente a la población campesina, la infraestructura vial secundaria, los suelos agrícolas y las fuentes hídricas locales. Factores como la saturación del suelo, la pérdida de cobertura vegetal, la apertura de vías sin drenaje adecuado y el manejo inadecuado de aguas superficiales han incrementado la vulnerabilidad de más de 250 familias, comprometiendo su movilidad, seguridad y medios de vida.

Figura 2. Contexto socioambiental de la vereda Quebrada Honda. A) Infraestructura vial en estado crítico y expuesta a dinámicas de inestabilidad limitando la movilidad. B) Vivienda abandonada por procesos de remoción en masa, evidenciando la pérdida de patrimonio familiar. C) Cauce principal Quebrada Honda con rocas de gran volumen arrastradas por eventos máximos de caudal



Fuente: Trabajo de campo, 2025.

A nivel institucional, la respuesta ha sido limitada. Aunque existe una acción de tutela en la que se ordena al municipio aplicar medidas de gestión del riesgo, las entidades locales han manifestado restricciones técnicas, financieras y operativas, concentrando los esfuerzos en la recuperación vial sin abordar las causas estructurales del riesgo. Esto ha generado una brecha entre las necesidades reales del territorio y la capacidad institucional para atenderlas.

Variables identificadas:

- Síntomas (dependientes): aumento de deslizamientos, daños a viviendas, erosión, pérdida de cobertura, colapso de vías, alteración de nacederos.
- Causas (independientes): deforestación, cambios en el uso del suelo, drenaje deficiente, falta de estudios técnicos, baja capacidad institucional, escasa articulación Estado–comunidad.

El diagnóstico evidencia que el riesgo es de carácter multicausal y sistémico, resultado de la interacción entre amenazas naturales, vulnerabilidad social y debilidades institucionales. Esto justifica la necesidad de un modelo comunitario basado en soluciones naturales, gestión del agua y fortalecimiento de capacidades locales. Si no se implementan medidas integrales de intervención:

- Los deslizamientos aumentarán en frecuencia y magnitud, especialmente durante eventos de precipitación intensa.
- Las pérdidas materiales serán cada vez más severas y existe riesgo de afectaciones humanas.
- La degradación ambiental será progresiva, afectando la calidad y disponibilidad del agua.
- La comunidad podría enfrentar crisis humanitarias asociadas a desplazamientos y pérdida de viviendas.

- Los costos de atención de emergencias para el Estado se incrementarán significativamente.

- Se debilitará la autonomía comunitaria, aumentará la dependencia institucional y se ampliará la vulnerabilidad territorial.

Este pronóstico orienta la formulación de hipótesis sobre la viabilidad de un modelo comunitario que permita reducir la vulnerabilidad y fortalecer la resiliencia territorial.

Para evitar estos escenarios, se propone un modelo comunitario de gestión del riesgo y siembra de agua basado en:

- Bioingeniería: revegetación con especies nativas, terrazas, trinchos, drenajes ecológicos, barreras vivas y estabilización de taludes.
- Siembra de agua: zanjas de infiltración, regeneración de nacederos, manejo de escorrentía, conservación de suelos y restauración ecológica.
- Fortalecimiento comunitario: formación en monitoreo del riesgo, manejo del agua, obras de bioingeniería y gestión organizativa.
- Articulación institucional: coordinación entre comunidad, Academia, entidades territoriales, CAR, SGC y actores regionales, Departamentales y Nacionales.
- Monitoreo y evaluación comunitaria: indicadores técnicos, ambientales y sociales para seguimiento 2025–2030.

2.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cómo diseñar e implementar un modelo comunitario de gestión del riesgo y siembra de agua, basado en bioingeniería y saberes ancestrales, que reduzca la vulnerabilidad por deslizamientos en la vereda Quebrada Honda (Silvania, Cundinamarca), aprovechando el marco ordenado por el fallo de tutela de julio de 2025 y superando las limitaciones técnicas y financieras municipales en el periodo 2025–2030?

2.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

1. ¿Cuáles son las condiciones de riesgo y las características geomorfológicas, hidrológicas y geodinámicas actuales de la vereda?
2. ¿Qué estudios técnicos se requieren para comprender y gestionar adecuadamente la inestabilidad del territorio?
3. ¿Cuáles son las vulnerabilidades socioeconómicas, ambientales, políticas, técnicas y financieras del estado y la comunidad?
4. ¿Qué estrategias de siembra de agua y bioingeniería son viables técnica, financiera y socialmente?
5. ¿Cómo estructurar un modelo participativo que fortalezca la capacidad comunitaria de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo comunitario de gestión del riesgo, basado en estrategias de bioingeniería y prácticas de siembra de agua, que contribuya a la reducción de la vulnerabilidad por deslizamientos en la Vereda Quebrada Honda, municipio de Silvania, Cundinamarca, fortaleciendo la articulación entre la comunidad y las entidades municipales, departamentales y nacionales en el periodo 2025–2030.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar integralmente las condiciones físicas, ambientales, sociales y económicas de la vereda Quebrada Honda, con el fin de identificar los factores que generan riesgo por deslizamientos y el nivel de vulnerabilidad actual de la comunidad afectada.

2. Seleccionar prácticas de bioingeniería y siembra de agua pertinentes para la restauración geomorfológica, ecológica e hídrica del territorio, integrando los saberes locales y las capacidades organizativas de los habitantes en un modelo autónomo y participativo de gestión del riesgo y manejo de los recursos naturales.
3. Socializar los resultados de la caracterización y de la selección de alternativas de intervención con los actores institucionales y comunitarios involucrados en la problemática, con el fin de promover la apropiación social del conocimiento y la toma de decisiones informada.
4. Proponer un modelo comunitario de gestión del riesgo y siembra de agua para la vereda Quebrada Honda, estableciendo indicadores técnicos, ambientales y sociales que faciliten su implementación, monitoreo y seguimiento participativo.

4. MARCO DE REFERENCIA

El presente marco de referencia integra conceptos científicos, técnicos y sociales necesarios para comprender la problemática de inestabilidad de laderas, vulnerabilidad comunitaria y manejo del agua en la vereda Quebrada Honda. Al mismo tiempo, traduce estos conocimientos en un lenguaje accesible para la comunidad campesina, de modo que el estudio pueda ser comprendido, apropiado y aplicado por los actores involucrados.

El propósito de este capítulo es proporcionar un conjunto de fundamentos que sustenten el análisis territorial, la selección de prácticas de restauración y la formulación del modelo comunitario de gestión del riesgo.

4.1 MARCO TEÓRICO

La gestión del riesgo de desastres se concibe teóricamente como un proceso social continúo orientado a la reducción de condiciones de vulnerabilidad y la prevención de impactos asociados a amenazas naturales y antrópicas. A nivel global, este marco promueve la comprensión del riesgo desde una perspectiva integral que articula la

amenaza, la exposición y la vulnerabilidad, reconociendo que los desastres no provienen únicamente de fenómenos naturales, sino de las condiciones sociales y económicas que amplifican sus efectos (Cardona, 2001; Lavell, 2015)

A escala internacional, la literatura especializada sostiene que los deslizamientos y movimientos en masa dependen de la interacción entre procesos geológicos, climáticos y antrópicos. Factores como la meteorización, la presencia de discontinuidades en el macizo rocoso, la saturación del suelo y la pérdida de cobertura vegetal incrementan la inestabilidad de los taludes (Fell & Iverson, 2008; Priest, 1993). Por ello, la gestión de la amenaza requiere estudios de geomorfología, geotecnia, hidrología y cobertura del suelo que permitan entender la dinámica del territorio.

En zonas rurales de montaña, estas dinámicas se agravan por el uso inadecuado del suelo pastoreo extensivo, deforestación, apertura de vías sin drenaje adecuado que alteran la infiltración, la escorrentía y la estabilidad del terreno. Esta situación se articula con la vulnerabilidad social, entendida como la incapacidad de una población para resistir, adaptarse o recuperarse de un evento adverso, lo cual incluye factores socioeconómicos, organizativos, culturales y de acceso a recursos (Wisner et al., 2004). La combinación de estas condiciones incrementa significativamente el riesgo territorial, como se evidencia en contextos rurales de los Andes colombianos.

La gestión comunitaria del riesgo ha emergido como un enfoque clave para los procesos de prevención en territorios rurales, pues fortalece capacidades locales, democratiza el conocimiento técnico y promueve la apropiación colectiva de las soluciones (Chambers, 1994; UNDP, 2018). Esta perspectiva considera que las comunidades poseen conocimientos ecológicos locales que pueden complementar la ingeniería moderna, especialmente en regiones donde los procesos culturales están profundamente ligados al manejo del territorio. La vereda Quebrada Honda encaja en esta lógica, ya que su población campesina ha desarrollado una relación histórica con la cuenca, los nacederos y las laderas, lo cual resulta fundamental para diseñar estrategias de reducción del riesgo que sean sostenibles y culturalmente pertinentes.

Finalmente, los enfoques de bioingeniería y restauración ecológica reconocen la importancia de integrar elementos vivos raíces, vegetación nativa, coberturas herbáceas en la estabilización de suelos y la regulación hídrica. La bioingeniería combina estructuras vegetales con materiales como troncos, estacas o barreras naturales para controlar la erosión, mejorar la infiltración y reforzar taludes (Gray & Sotir, 1996; Duryea, 2003). Estas técnicas son especialmente útiles en territorios como Quebrada Honda, donde la saturación del suelo y la pérdida de cobertura vegetal son factores determinantes de la inestabilidad.

4.2 MARCO CONCEPTUAL

El riesgo se define como la probabilidad de que se presenten pérdidas humanas o materiales como resultado de un evento peligroso que interactúa con condiciones de vulnerabilidad (UNGRD, 2021). La amenaza corresponde a un fenómeno natural o antrópico con potencial de daño, mientras que la vulnerabilidad incluye las características socioeconómicas, culturales y territoriales que condicionan la susceptibilidad de una comunidad ante dicho fenómeno (Wisner et al., 2004).

La bioingeniería del paisaje integra conocimientos de ingeniería, ecología y manejo de suelos e hidrogeología para utilizar plantas vivas, estructuras naturales y procesos biológicos en la estabilización de terrenos y la regulación hídrica. Su aplicación en laderas inestables ha demostrado mejorar la cohesión del suelo, reducir la escorrentía superficial y aumentar la infiltración, favoreciendo la estabilidad y la resiliencia del paisaje (Gray & Sotir, 1996; Hidalgo & Molina, 2014).

La siembra y cosecha de agua es un ciclo completo: durante la época de lluvias, las estructuras de infiltración y disipación como (zanjas, amunas en Perú, cochas en Colombia) 'siembran' el agua en el subsuelo, evitando que corra descontroladamente y cause deslizamientos, Erickson (2000). Meses después, en época seca, esa agua 'se cosecha' al emerger en forma de manantiales y caudales bases sostenidos, garantizando la seguridad hídrica para consumo y agricultura (Buytaert & De Bièvre 2018). Este principio, validado por siglos de práctica ancestral en los Andes, es el fundamento hidrológico del modelo propuesto, Instituto Humboldt (2017).

La siembra de agua se refiere al conjunto de prácticas destinadas a infiltrar, almacenar y regular el agua en el territorio. Incluye zanjas de infiltración, terrazas vivas, barreras vegetales, micro reservorios, drenajes naturales y coberturas nativas que mejoran la retención hídrica, reducen la erosión y estabilizan los suelos (Buytaert & De Bièvre, 2018). Es considerada una estrategia basada en la naturaleza para la adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo (FAO, 2015).

Las civilizaciones indígenas del continente americano desarrollaron sistemas avanzados de manejo del agua que transformaban riesgos naturales en oportunidades productivas. En los Andes, los *waru-waru* y *suka kollus*, camellones agrícolas rodeados de canales, permitían regular inundaciones, retener humedad, acumular nutrientes y mejorar la temperatura del suelo, estabilizando paisajes fríos e inundables (Erickson, 2000; Kolata, 1993).

Los mexicas/azteca construyeron *chinampas*, plataformas elevadas sobre cuerpos de agua que permitían irrigación constante, fertilización natural y control de inundaciones, constituyendo uno de los sistemas agro-hidráulicos más eficientes de la historia (Armillas, 1971; Morehart & Frederick, 2014).

Los pueblos mayas desarrollaron reservorios, canales y sistemas de filtración que garantizaban el suministro de agua durante estiajes prolongados, integrando ingeniería civil y manejo ecológico en centros urbanos como Tikal (Scarborough, 1998; Lucero et al., 2011). En los Andes centrales, las *qochas* permitían captar agua lluvia, regular la recarga del suelo y sostener actividades agrícolas en paisajes variables (Flores Ochoa, 1997; Chepstow-Lusty, 2011).

En Colombia, los muiscas construyeron los camellones de la Sabana de Bogotá, una ingeniería hidráulica que transformó un territorio inundable en un sistema agrícola de alto rendimiento al aprovechar los ciclos naturales del río Funza y la fertilización por sedimentos (Langebaek, 2019; Sánchez, 2015).

Estas prácticas comparten principios fundamentales: retención regulada del agua, aprovechamiento de inundaciones, estabilización biológica del suelo, uso de vegetación como infraestructura viva y gestión comunitaria del territorio. Estos principios ofrecen una

base conceptual valiosa para Quebrada Honda, donde la siembra de agua puede convertirse en un eje estratégico de reducción del riesgo y seguridad hídrica.

Estos conceptos fundamentan operativamente el modelo propuesto, donde la siembra de agua no es solo una técnica hidrológica, sino un eje de gobernanza que articula saberes locales, bioingeniería y exigibilidad jurídica.

4.3 MARCO LEGAL

La gestión del riesgo y la protección ambiental en Colombia están reguladas por un marco jurídico robusto que orienta la planificación territorial, la prevención de desastres y la participación comunitaria. En términos generales la Constitución Política (Arts. 1, 2, 11, 24), Garantiza el derecho a la vida, la integridad personal, la libre locomoción y el deber del Estado de proteger a la población.

En materia ambiental, la Ley 99 de 1993 establece el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y reconoce el derecho de las comunidades a participar en la gestión ambiental. En cuanto al territorio, la Ley 388 de 1997 establece los instrumentos de ordenamiento territorial y la obligación de incorporar determinantes ambientales y de riesgo en la planificación municipal.

El eje central de la gestión del riesgo se estructura con la Ley 1523 de 2012, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD) y determina que la reducción del riesgo es responsabilidad pública y social. Esta ley establece que los municipios deben realizar estudios de amenaza y vulnerabilidad, implementar medidas de mitigación y garantizar procesos de participación ciudadana.

A nivel reglamentario, el Decreto 1807 de 2014 y el Decreto 1077 de 2015 incluyen directrices para la incorporación del riesgo en los instrumentos de ordenamiento territorial; mientras el Decreto 1640 de 2016 (POMCAS), Regulan la gestión ambiental y la ordenación de cuencas hidrográficas, promoviendo la participación comunitaria en la planificación territorial.

En materia jurisprudencial, la Corte Constitucional ha emitido fallos que reconocen el derecho fundamental a la seguridad frente al riesgo. En la Sentencia T-743 de 2010, la Corte indicó que las autoridades deben adoptar medidas oportunas cuando exista amenaza grave sobre la vida e integridad de las personas. La Sentencia T-269 de 2015 reiteró que el Estado es responsable de reducir el riesgo mediante acciones preventivas, y la Sentencia T-147 de 2021 enfatizó que la omisión institucional ante desastres constituye vulneración de derechos fundamentales. Más recientemente, la Sentencia T-486 de 2024 ordenó adoptar medidas urgentes para atender situaciones de deslizamientos que afectan comunidades rurales vulnerables, estableciendo precedentes aplicables al caso de Quebrada Honda.

Fallo de Segunda Instancia, Juzgado 2º Civil de Fusagasugá (Julio 2025, Rad. 257434089001-2025-00249-01): Documento central de este estudio. Declara la vulneración de derechos fundamentales en Quebrada Honda por la omisión de la Alcaldía de Silvania y ordena la creación inmediata de una Mesa de Participación para definir y ejecutar un plan de mitigación con la comunidad. Este fallo convierte la gestión del riesgo de una potestad discrecional a una obligación judicial vinculante.

Finalmente, las directrices de la UNGRD (2014; 2021) establecen lineamientos para la elaboración de estrategias municipales de respuesta, actualización de estudios de riesgo y articulación con comunidades rurales.

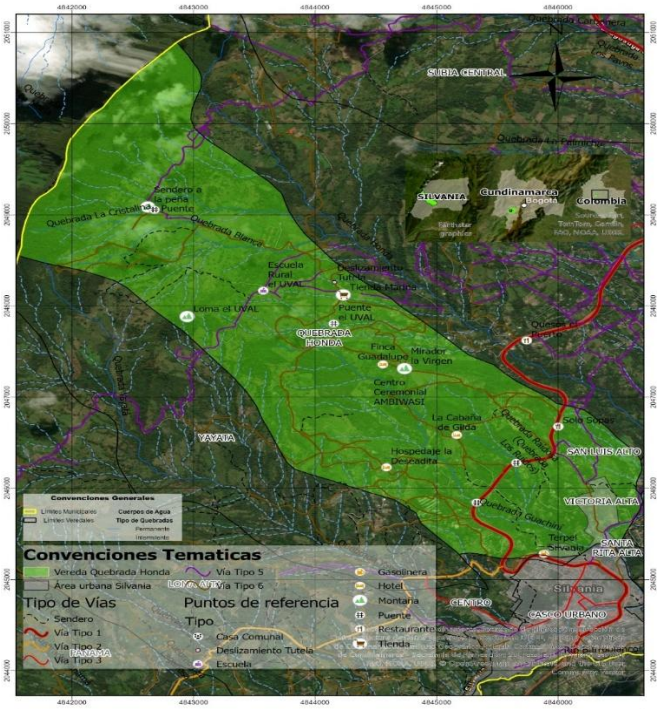
4.4 MARCO ESPACIAL

La vereda Quebrada Honda se ubica en el municipio de Silvania, Cundinamarca, en la provincia del Sumapaz. El territorio presenta una topografía de laderas inclinadas, quebradas profundas, suelos de origen volcánico y alto grado de meteorización, lo que lo hace susceptible a deslizamientos, especialmente en temporadas de alta pluviosidad (IDEAM, 2017).

En la vereda confluyen nacederos, humedales, zonas de recarga hídrica y microcuencas en formación, cuyas dinámicas hidrológicas han sido alteradas por cambios en la cobertura vegetal y aperturas de vías terciarias. Este mosaico ecológico-geológico explica la

presencia de movimientos en masa recientes, algunos de los cuales afectan viviendas, fincas y vías de conexión rural.

Figura 3. Mapa de Ubicación Vereda Quebrada Honda, Silvania Cundinamarca.



Fuente: Autores, 2026.

Cartográficamente, la zona ha sido clasificada con susceptibilidad media y alta a deslizamientos según metodologías del Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2017); sin embargo, observaciones de campo realizadas para este trabajo evidencian deslizamientos activos y cicatrices nuevas en sectores previamente catalogados como seguros, lo cual sugiere la necesidad urgente de actualizar los estudios técnicos.

La población campesina distribuye sus viviendas y parcelas en laderas y fondos de quebrada. Según proyecciones del DANE (2019) para áreas rurales dispersas de Silvania, se estima que en la vereda residen entre 250 y 350 habitantes, cuya vida, activos productivos y movilidad dependen directamente del estado de las vías y de la estabilidad del terreno.

4.5 MARCO TEMPORAL

Históricamente, el territorio de Quebrada Honda ha sido ocupado por comunidades campesinas dedicadas a la agricultura de subsistencia, cultivos mixtos y ganadería a pequeña escala. La apertura de vías veredales y el aumento de la presión sobre los bosques protectores en las últimas décadas han modificado el comportamiento hídrico y geomorfológico de la zona.

En los últimos 6 años se han registrado eventos significativos de deslizamientos asociados a temporadas de La Niña (NOAA, 2022; IDEAM, 2021). Estos episodios han generado afectaciones estructurales, colapso de viviendas y deterioro de la red vial, incrementando la vulnerabilidad de la vereda.

La investigación se desarrolla en el segundo semestre del año 2025 y el primer semestre del 2026, en un contexto de intensificación de fenómenos climáticos extremos (temporada de La Niña). El horizonte de planificación del modelo propuesto abarca el periodo 2026–2030, alineándose con los ciclos de planificación municipal y los plazos de cumplimiento establecidos en el fallo judicial. Históricamente, la vereda ha experimentado un aumento en la frecuencia de eventos de remoción en masa durante la última década, coincidiendo con procesos de cambio de uso del suelo y la falta de mantenimiento de la infraestructura vial.

5. ESTADO DEL ARTE

El presente estado del arte analiza la producción académica, técnica y social reciente relacionada con la gestión del riesgo en territorios rurales de montaña, la bioingeniería como alternativa de estabilización y la recuperación de saberes ancestrales para la regulación hídrica. El objetivo es identificar las tendencias globales y nacionales que fundamentan la propuesta de un modelo comunitario para la vereda Quebrada Honda, demostrando la viabilidad técnica y la pertinencia social de las soluciones basadas en la naturaleza.

5.1 TENDENCIAS GLOBALES EN LA GESTIÓN DEL RIESGO EN ZONAS RURALES

La literatura internacional reciente ha transitado de un enfoque de respuesta ante emergencias hacia uno de gestión prospectiva y participativa. Investigaciones en regiones andinas coinciden en que la infraestructura gris convencional (muros de concreto, gaviones) resulta insuficiente y financieramente inviable para la dispersión geográfica de las comunidades rurales.

Autores como Wisner et al. (2004) y el marco de Sendai (UNDRR, 2015) destacan que el riesgo es una construcción social; por tanto, la mitigación efectiva requiere la participación de las comunidades en la identificación de amenazas y el mantenimiento de obras. En este contexto, surge el enfoque de Gestión del Riesgo Basada en la Comunidad (CBDRM), que empodera a los habitantes locales como los primeros respondientes y gestores de su territorio, reduciendo la dependencia exclusiva de las entidades estatales centralizadas.

Durante las últimas dos décadas, la investigación internacional ha reconocido que la gestión del riesgo en territorios rurales debe integrar sistemas de alerta temprana, prácticas de manejo del agua y estrategias de restauración ecológica (UNDRR, 2019). En particular, estudios desarrollados en los Andes, Himalaya y regiones montañosas de Asia demuestran que los deslizamientos están estrechamente asociados a la saturación del suelo, cambios en el uso del territorio y eventos de precipitación extrema (Fell & Iverson, 2008; Highland & Bobrowski, 2008).

5.2 AVANCES EN LA GESTIÓN COMUNITARIA DEL RIESGO

La literatura sobre gestión comunitaria del riesgo ha mostrado que la participación efectiva de las comunidades rurales incrementa la sostenibilidad de las medidas de mitigación y mejora la legitimidad de los procesos (Chambers, 1994; UNDP, 2018). Proyectos en Nepal, Bolivia, Ecuador, Guatemala y México demuestran que, cuando las comunidades participan en el diagnóstico, la planificación y la ejecución de acciones, se fortalecen las capacidades locales y se mejora la resiliencia colectiva (Forest Trends, 2023).

Un ejemplo importante para destacar es el caso de La gestión comunitaria del agua en el posconflicto con las Farc-ep en Colombia (2023), este artículo analiza iniciativas comunitarias territoriales que han desarrollado gestión del agua, protección de fuentes hídricas, reforestación y participación comunitaria, lo que respalda la idea de que comunidades pueden asumir roles activos en la gestión ambiental y del riesgo.

En Colombia, experiencias como los Planes Comunitarios de Emergencia, los programas de adaptación comunitaria promovidos por la UNGRD y los procesos de restauración participativa del Instituto Humboldt han mostrado resultados positivos, especialmente en territorios de montaña donde la participación campesina determina la viabilidad de las intervenciones (Instituto Humboldt, 2017).

Investigaciones de Gray y Sotir (1996) y estudios más recientes de la FAO (2019) demuestran que las raíces profundas de especies nativas (como *Chusquea tessellata* o *Alnus acuminata*) aumentan la cohesión del suelo y reducen la presión de poros, actuando como "anclas vivas". Estas soluciones no solo estabilizan el terreno, sino que restauran la cobertura vegetal, incrementan la infiltración y generan hábitats para la biodiversidad, cumpliendo simultáneamente objetivos de mitigación de riesgo y conservación ambiental.

Estas experiencias coinciden en que los enfoques comunitarios logran apropiación territorial y sostenibilidad, transferencia de conocimientos técnicos, fortalecimiento de la gobernanza local del riesgo, e Integración de saberes ancestrales y conocimientos científicos.

El diagnóstico preliminar realizado en la vereda Quebrada Honda confirma la relevancia de este enfoque, pues la comunidad reconoce la necesidad de participar en la restauración ecológica, en el manejo del agua y en la estabilización de laderas para reducir el riesgo.

5.3 AVANCES EN PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA Y ANALISIS DE AMENAZAS

El avance del conocimiento en geodinámica y movimientos en masa ha permitido desarrollar mejores herramientas de evaluación del riesgo en zonas rurales montañosas. Investigaciones clásicas como las de Varnes (1978) establecieron la base para clasificar los tipos de deslizamientos, mientras que estudios contemporáneos integran sensores remotos, drones y modelos numéricos para calcular la estabilidad de taludes con mayor precisión (Fell & Iverson, 2008; SGC, 2017).

A nivel internacional, Highland & Bobrowski (2008) plantean que pequeños cambios hidrológicos son suficientes para activar deslizamientos en suelos arcillosos saturados, comportamiento que coincide con lo observado en Quebrada Honda: aparición de nacederos en zonas donde antes no existían, hundimiento progresivo del terreno y desplazamiento lento de masas de suelo.

En territorios andinos, Harden (2006) explica cómo la intensificación de lluvias asociada a variabilidad climática acelera los procesos erosivos y de remoción en masa, fenómeno que también ha sido identificado en Colombia por el IDEAM (2021), especialmente durante los ciclos fríos del ENSO (La Niña).

Los avances metodológicos más relevantes incluyen:

- Sondajes geotécnicos para evaluar resistencia y humedad del suelo.
- Modelación numérica con métodos como Bishop o Morgenstern-Price.
- Geofísica de resistividad eléctrica, altamente útil para detectar saturación profunda y fracturas (SGC, 2017).
- Cartografía a escala fina (1:5.000) mediante drones.

En referencia a la evaluación del riesgo de deslizamientos superficiales para proyectos de infraestructura: caso de análisis en vereda El Cabuyal (Marín Sánchez et al., 2018), en esta investigación cuantifica amenaza, vulnerabilidad y riesgo al combinar modelos

probabilísticos (TRIGRS) y simulaciones de Monte Carlo, lo que muestra la viabilidad de estimar y priorizar zonas críticas para intervenciones.

Y frente al análisis de factores geomorfológicos asociados con la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa, en la Vereda El Tobo, en Timaná, Huila (Morales Alvis, Camilo Alexander; Mejía Ramírez, María Victoria, 2019), estudia aspectos geológicos, geomorfológicos y usos del suelo que contribuyen a la amenaza por deslizamientos, lo cual sirve de referencia para caracterizar variables geotécnicas y ambientales que pueden aplicarse al contexto de Silvania.

Estos avances reafirman la necesidad de estudios técnicos actualizados en Quebrada Honda para determinar la capacidad portante de los suelos y establecer el nivel de riesgo real de las viviendas afectadas.

5.4 AVANCES EN LA SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA EN ECOSISTEMAS ANDINOS

La siembra de agua ha sido estudiada por autores como Buytaert y De Bièvre (2018), quienes destacan la capacidad de las infraestructuras naturales para regular el ciclo hidrológico en los Andes. A nivel internacional, programas de manejo comunitario de microcuencas en Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia han demostrado que prácticas como zanjas de infiltración, qochas modernas, revegetación de nacederos y restauración de páramos fortalecen la seguridad hídrica y reducen riesgos asociados a inundación y deslizamientos.

En estudios recientes del altiplano boliviano y peruano se ha documentado la recuperación de sistemas ancestrales de camellones y canales para mejorar la infiltración y controlar el exceso hídrico en épocas de lluvia. Estos trabajos evidencian que, cuando las prácticas tradicionales se articulan con enfoques modernos de conservación de suelos, se obtienen resultados superiores en términos de estabilidad y productividad (Chepstow-Lusty, 2011; Erickson, 2000).

En Colombia, experiencias en la cuenca alta del río Bogotá y en el páramo de Guerrero han demostrado que la restauración de nacederos y la siembra de agua mediante obras de bajo

impacto contribuyen a mejorar el caudal base, regular flujos y reducir la saturación de suelos en laderas (CAR, 2020; Instituto Humboldt, 2017).

El conocimiento sobre siembra de agua ha crecido notablemente en la última década. La evidencia científica muestra que estas prácticas regulan el régimen hídrico, disminuyen la erosión y estabilizan laderas, especialmente en zonas con suelos degradados (Buytaert & De Bièvre, 2018). Organizaciones como FAO (2015), el Instituto Humboldt (2017) y múltiples iniciativas comunitarias en Perú, Ecuador y Colombia han demostrado que las técnicas de siembra y cosecha de agua: reducen la velocidad de escorrentía, incrementan la infiltración, regulan caudales en épocas secas, mejoran la estabilidad de los suelos, y contribuyen a disminuir el riesgo de deslizamientos.

Estudios de Cárdenas & Sarmiento (2020) demuestran que la adopción comunitaria de estas prácticas aumenta su efectividad, pues requieren mantenimiento continuo y observación permanente del comportamiento del agua.

5.5 AVANCES EN BIOINGENIERÍA PARA ESTABILIZACIÓN DE LADERAS

La bioingeniería del paisaje ha ganado relevancia internacional como alternativa sustentable a las obras duras de estabilización. Investigaciones realizadas en Estados Unidos, Europa y Suramérica demuestran que las estructuras vivas —estacas, barreras vegetales, terrazas, empalizadas y fajinas— aumentan la cohesión del suelo, reducen la velocidad de escorrentía y mejoran la infiltración (Gray & Sotir, 1996; Duryea, 2003).

En América Latina, estudios desarrollados por Hidalgo y Molina (2014) en Colombia, Hidalgo (2010) en Ecuador y el Instituto Nacional de Ecología de México (2012) muestran que la bioingeniería es especialmente eficaz en zonas de pendiente media y alta, con suelos degradados y regímenes de lluvias intensos. La aplicación de barreras vivas, trinchos, muros verdes y revegetación compuesta ha permitido estabilizar taludes, recuperar coberturas y reducir la erosión.

El avance más significativo en la literatura reciente es el uso de especies nativas con funciones estructurales, como chusque, guadua, chilco, arrayán y alisos, las cuales poseen raíces profundas y una alta capacidad para fijar suelos inestables (Hidalgo & Molina, 2014). Este enfoque resulta altamente pertinente para Quebrada Honda debido a su riqueza hídrica, suelos volcánicos y laderas susceptibles.

En Colombia, experiencias destacadas en Nariño, Boyacá y Cundinamarca han combinado bioingeniería con siembra de agua, dando resultados positivos en la restauración de laderas inestables (Instituto Humboldt, 2017; CAR Cundinamarca, 2020). Se destaca entre otros trabajos, el diseño de un sistema de bioingeniería para el municipio de Junín (Cundinamarca), como medida de mitigación en las laderas con riesgo de movimiento en masas (Martínez Jiménez, Laura Melisa et al., 2019), en ese trabajo se proponen técnicas de bioingeniería (barreras vivas, barreras de piedra con vegetación, filtros de guadua, terrazas) para estabilizar taludes, control de erosión y recuperación del suelo, utilizando materiales locales.

5.6 AVANCES EN GOBERNANZA COMUNITARIA DEL AGUA Y DEL RIESGO

El avance del conocimiento en gestión ambiental señala que la sostenibilidad de cualquier intervención técnica depende de la gobernanza local. La teoría de los bienes comunes de Ostrom (2009) y experiencias documentadas en cuencas de Cundinamarca sugieren que las organizaciones comunitarias (Juntas de Acción Comunal, asociaciones de usuarios) son las entidades más eficientes para el monitoreo y mantenimiento de obras de conservación, siempre que cuenten con el respaldo técnico y jurídico adecuado.

En Colombia, los Planes de Manejo de Microcuencas implementados por CAR e IDEAM han demostrado la efectividad de combinar: diagnóstico participativo, restauración ecológica, monitoreo comunitario del agua, formación en bioingeniería, acuerdos de uso del suelo. Estas experiencias ofrecen el soporte conceptual y metodológico para diseñar un modelo comunitario de gestión del riesgo y siembra de agua para Quebrada Honda.

5.7 CASO APLICADO DE QUEBRADA HONDA

El análisis del estado del arte evidencia que existe un consenso internacional y nacional en los siguientes puntos:

1. Los deslizamientos en zonas rurales de montaña están aumentando por cambios climáticos y alteraciones hidrológicas (IDEAM, 2021; NOAA, 2022; Harden, 2006).

2. La participación comunitaria es esencial para la identificación de amenazas y para mantener las obras de mitigación (UNDP, 2018; Chambers, 1994).

3. La siembra de agua y la bioingeniería son soluciones eficaces, económicas y adaptables a territorios campesinos (FAO, 2015; Gray & Sotir, 1996).

4. Los modelos comunitarios garantizan sostenibilidad y fortalecen la resiliencia de las familias (Ostrom, 2009; Forest Trends, 2023).

5. La jurisprudencia obliga al Estado a intervenir con urgencia ante riesgo inminente (Corte Constitucional, 2024; 2022; 2021; 2015).

Estas tendencias científicas, jurídicas y comunitarias confirman que la vereda Quebrada Honda requiere:

- actualización de estudios geotécnicos e hidrológicos,
- restauración mediante siembra de agua,
- restauración ecológica de laderas,
- participación de la comunidad,
- fortalecimiento institucional,
- y un modelo comunitario adoptado colectivamente.

5.8 SÍNTESIS DEL ESTADO DEL ARTE Y VACÍO DE CONOCIMIENTO

El análisis de la literatura permite concluir que existen avances sólidos en la bioingeniería como técnica de estabilización y en la siembra de agua como mecanismo de regulación hídrica. Sin embargo, se identifica un vacío de conocimiento y aplicación en el contexto de los municipios de sexta categoría como Silvania:

1. Falta de integración operativa: Existen pocos modelos que articulen técnicamente la bioingeniería con la organización social bajo un marco de exigibilidad jurídica (como una tutela o fallo).

2. Escasez de información local: La cartografía oficial de amenazas suele ser general y no captura la dinámica específica de microcuencas con fallas geológicas locales (Falla Silvania) ni la percepción de riesgo de la comunidad.

Esta monografía busca ocupar ese espacio, proponiendo un Modelo Comunitario Integral que no solo prescribe técnicas de bioingeniería y siembra de agua, sino que estructura una gobernanza local ("Guardianes del Territorio Vivo") capaz de gestionar, mantener y defender estas intervenciones ante la institucionalidad, ofreciendo una hoja de ruta replicable para territorios rurales con condiciones similares de vulnerabilidad y abandono institucional.

6. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN, SISTEMATIZACIÓN Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

El desarrollo de la presente monografía se rigió por un enfoque aplicado, descriptivo y propositivo, tal como fue aprobado en el anteproyecto. Para dar respuesta a los objetivos específicos y formular el modelo comunitario de gestión del riesgo en la vereda Quebrada Honda, se articuló una estrategia metodológica mixta que integró cuatro grandes grupos de métodos: empíricos, estadísticos, de geoprocesamiento y teóricos. A continuación, se detalla la operacionalización de cada uno en el contexto del estudio.

6.1 MÉTODOS EMPIRICOS

Estos métodos permitieron la obtención directa de datos primarios para comprender la situación fáctica del riesgo, la percepción comunitaria y la validación territorial de las amenazas.

Se desarrollaron dinámicas participativas donde los habitantes identificaron en mapas base las zonas de mayor amenaza, los nacimientos de agua críticos y los activos sociales vulnerables (viviendas de adultos mayores y niños), generando una capa de información subjetiva pero vital para el diagnóstico.

Se realizaron recorridos transversales y longitudinales por la vereda Quebrada Honda, con énfasis en los sectores críticos identificados en el Fallo de Segunda Instancia (Juzgado Segundo Civil del Circuito de Fusagasugá, 2025), específicamente en el puente vehicular del sector El Uval y el tramo vial Km 3-4. Durante estas visitas se ejecutó:

Registro fotográfico de cicatrices de deslizamientos activos, grietas de tensión en laderas y procesos de erosión hídrica. Inspección visual del estado estructural de la infraestructura vial y de los puentes, evidenciando el deterioro avanzado y la implementación de medidas de autogestión (muros de piedra rudimentarios) por parte de la comunidad validando la memoria histórica del manejo del agua.

Se empleo aplicación móvil Avenza Maps para el levantamiento de coordenadas de puntos críticos. Se realizaron mediciones estimativas de pendientes mediante clinómetro y observación de perfiles de suelo expuestos en las zonas de falla, complementando la información secundaria disponible.

Se aplicaron entrevistas a líderes comunales, miembros de la Junta de Acción Comunal (JAC) y adultos mayores de la vereda. El instrumento buscó rescatar la memoria oral sobre la comunidad, su situación de riesgo, y el conocimiento local sobre técnicas ancestrales de manejo de suelos y agua.

6.2 MÉTODOS ESTADISTICOS

Se emplearon para procesar, organizar y analizar cuantitativamente la información recolectada, permitiendo identificar patrones y tendencias del fenómeno.

Se trabajó con una muestra intencional no probabilística de 24 familias, seleccionados bajo criterios de vulnerabilidad (habitantes de zonas de alto riesgo, líderes comunitarios y víctimas directas de afectaciones viales o de vivienda), tal como se proyectó en el anteproyecto. Esta muestra incluyó al accionante de la tutela y a representantes de la JAC.

Se realizó la tabulación y organización de los datos empíricos mediante matrices en hoja de cálculo. Se calcularon frecuencias y porcentajes para variables como:

- Número de viviendas con daños estructurales reportados.
- Porcentaje de cobertura vegetal perdida en laderas críticas.
- Frecuencia de deslizamientos reportados por los habitantes en los últimos 5 años.
- Tipología de las prácticas ancestrales recordadas por la comunidad. Estos indicadores permitieron dimensionar la magnitud del problema y caracterizar la vulnerabilidad socioeconómica.

A partir de los datos históricos y las tendencias climáticas locales (IDEAM), se interpretó cualitativamente la proyección de áreas susceptibles de deslizamiento bajo escenarios de lluvia extrema, estimando el potencial de crisis humanitaria (desplazamiento, incomunicación) si no se implementan las medidas propuestas, tal como lo advierte el pronóstico del estudio.

6.3 MÉTODOS DE GEOPROCESAMIENTO

Este componente fue fundamental para el análisis espacial de la amenaza y la vulnerabilidad, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) para integrar capas de información biofísica y social.

Se procesó información geoespacial para elaborar cartografía temática de riesgos. Las actividades incluyeron:

- Generación de modelos digitales de elevación (DEM) a partir de curvas de nivel para el cálculo de pendientes y orientación de laderas.
- Análisis biofísico de factores que influyen en la condición de riesgo del territorio como: Geología, geotecnia, suelos, clima, coberturas, ecosistemas, áreas de recarga hídrica.
- Cálculo de parámetros morfométricos: A partir del polígono de cuenca delimitado y la red de drenaje extraída, se calcularon índices de forma, relieve y drenaje mediante las herramientas Field Calculator y Python Scripting en ArcGIS Pro, aplicando las fórmulas clásicas de Horton (1945), Gravelius (1914) y Kirpich (1940), validadas para cuencas andinas por el IGAC (2020).
- Superposición de capas de amenaza (pendientes >30°, suelos saturados, cercanía a quebradas), eventos de deslizamiento recientes y elementos de exposición (viviendas, vías, puentes).

Se construyó un mapa de riesgo actualizado de la vereda Quebrada Honda, clasificando el territorio en zonas de riesgo bajo, medio, alto y crítico. Este producto cartográfico sirvió de base técnica para priorizar las intervenciones del modelo comunitario.

Se construyó un mapa de zonificación para las intervenciones de siembra de agua donde se prioriza las áreas críticas de riesgo, teniendo en cuenta análisis multicriterio de factores ambientales y biofísicos.

6.4 METODOS TEORICOS

Estos métodos proporcionaron el sustento científico y conceptual para interpretar los hallazgos y construir la propuesta del modelo.

Se descompuso el problema complejo de Quebrada Honda en sus variables constitutivas (Abiótico, biótico y socioeconómico) para estudiarlas individualmente. Posteriormente, se reintegraron estos elementos para construir una visión holística del riesgo, evidenciando la interdependencia entre la omisión institucional (documentada en la tutela) y la degradación ambiental.

Inducción y Deducción:

- Inducción: A partir de los casos particulares observados (deslizamientos específicos en el Km 3-4, colapso del puente El Uval), se indujeron conclusiones generales sobre la insuficiencia de las respuestas estatales aisladas y la necesidad de un modelo de cogestión.

- Deducción: De las teorías generales de la Gestión del Riesgo Basada en la Comunidad (CBDRM) y la bioingeniería, se dedujeron aplicaciones prácticas específicas para el contexto cultural y ecológico de Silvania.

Enfoque Hipotético-Deductivo: Se partió de la hipótesis de que "la comunidad puede gestionar autónomamente el riesgo mediante bioingeniería y siembra de agua si cuenta con articulación, financiación y acompañamiento estatal".

Modelación: Como producto central de la monografía, se desarrolló un Modelo Conceptual de Gestión Comunitaria del Riesgo y Siembra de Agua. Este modelo integra gráficamente y de forma descriptiva tres componentes:

1. Ambiental/Técnico: Estrategias de bioingeniería y recuperación de saberes ancestrales.

2. Hidrológico: Prácticas de siembra de agua para regulación hídrica.

3. Social/Gobernanza: Estructura organizativa de la *Asociación Guardianes del "Territorio Vivo"* y mecanismos de articulación con el Estado (mesas de trabajo, veeduría, cumplimiento de fallos judiciales).

6.5 Procedimiento general ejecutado

La monografía se desarrolló siguiendo las cinco fases aprobadas en el anteproyecto, adaptadas a la coyuntura jurídica y social del territorio:

1. Revisión Documental y Jurídica: Análisis del marco normativo y del *Fallo de Tutela 2025*, estableciendo las obligaciones estatales y los vacíos de gestión.
2. Caracterización del territorio: Ejecución del trabajo de campo, entrevistas y procesamiento SIG para diagnosticar la situación actual de riesgo.
3. Participación Comunitaria: Interacción con líderes y habitantes para la construcción de cartografía social y el diseño preliminar de la propuesta organizativa.
4. Diseño del Modelo: Integración de los hallazgos técnicos y sociales para formular el modelo de gestión propuesto.
5. Validación y Socialización: Retroalimentación de la propuesta con actores clave (comunidad y asesores), asegurando su pertinencia cultural y viabilidad técnica antes de la redacción final.

7. ANALISIS Y DISCUSIÓN EN FUNCIÓN DEL PROBLEMA PROPUESTO

En este capítulo se presentan y discuten los hallazgos obtenidos mediante la ejecución de la metodología. Cada sección responde directamente a uno de los cuatro objetivos específicos, integrando la evidencia cartográfica (detallada en los Anexos), los datos de campo y el marco jurídico.

7.1 CARACTERIZACIÓN INTEGRAL DE LAS CONDICIONES FÍSICAS, AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONÓMICAS DE LA VEREDA QUEBRADA HONDA

El cumplimiento del primer objetivo específico requirió un diagnóstico que trascendiera la observación superficial, articulando métodos de geoprocesamiento, trabajo de campo y participación comunitaria. Los resultados evidencian que la inestabilidad del territorio no es un fenómeno puramente natural, sino el producto de la interacción entre condiciones geomorfológicas críticas, degradación ambiental y vulnerabilidad socio institucional.

7.1.1 Componente Abiótico: Geología, Geomorfología y Riesgo Físico

El procesamiento del Modelo Digital de Elevación (DEM) permitió calcular parámetros morfométricos fundamentales que explican el comportamiento hidrológico de la microcuenca. Como se observa en la tabla 1, el área total de 11,2085 km² presenta una densidad de drenaje de 4,345 km/km², clasificada como alta según los rangos de referencia para la región andina (IDEAM, 2017). Este indicador confirma suelos con baja permeabilidad y predominio de escorrentía superficial.

Tabla 1 *Parámetros morfométricos de la microcuenca Quebrada Honda*

Parámetro	Valor	Interpretación técnica
Área total	11,2085 km²	Cuenca de orden medio, respuesta hidrológica rápida
Altitud media ponderada	2047,35 m.s.n.m.	Piso térmico frío, alta condensación estacional
Factor de forma (Ff)	0,3272	Geometría alargada, amortiguamiento parcial de picos

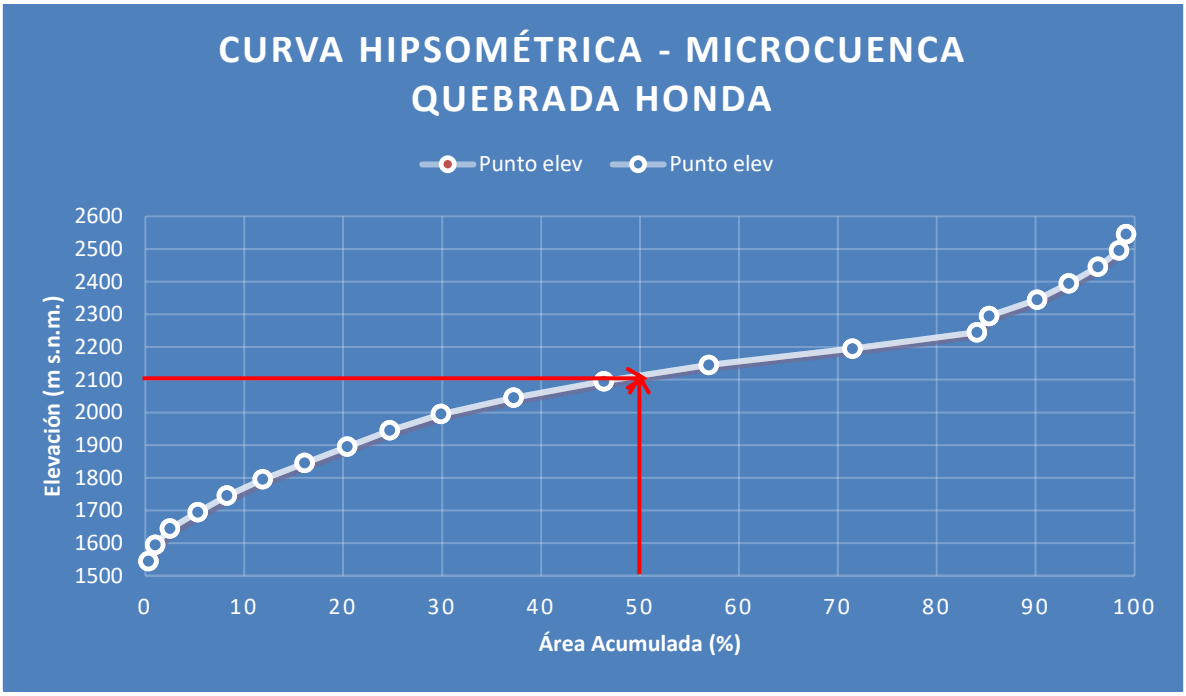
Parámetro	Valor	Interpretación técnica
Índice de compacidad (Kc)	1,4482	Forma oval-oblonga, distribución equilibrada de escorrentías
Tiempo de concentración (Tc)	25,62 min	Respuesta rápida a lluvias intensas
Densidad de drenaje (Dd)	4,345 km/km²	Alta densidad, suelos con baja permeabilidad

Fuente: Elaboración propia a partir de DEM, ArcGIS Pro, 2026.

El análisis integrado de los Mapas Anexos 2, 3, 4 y 5 (Geología, Geomorfología, Geotecnia y Pendientes) revela que más del 60% del territorio presenta pendientes superiores a 30°, condición que incrementa significativamente la susceptibilidad a movimientos en masa. La geología local, dominada por materiales volcánicos meteorizados y discontinuidades asociadas a la Falla Silvania, reduce la cohesión del macizo rocoso. Como lo señalan Fell e Iverson (2008), pequeños cambios en la presión de poros son suficientes para activar deslizamientos en suelos arcillosos saturados, comportamiento que coincide con las cicatrices de falla observadas en campo y con la alta susceptibilidad geotécnica documentada.

La distribución del relieve y la capacidad de infiltración se comprenden mediante la curva hipsométrica, la cual arrojó una altitud mediana de 2098,42 m.s.n.m. Este valor se adoptó como umbral técnico para la zonificación de gestión diferencial del riesgo.

Figura 4. Gráfica Curva Hipsométrica % área acumulada vs. elevación con línea de mediana en ~2100 m.



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Tabla 2. Zonificación funcional por rangos de elevación

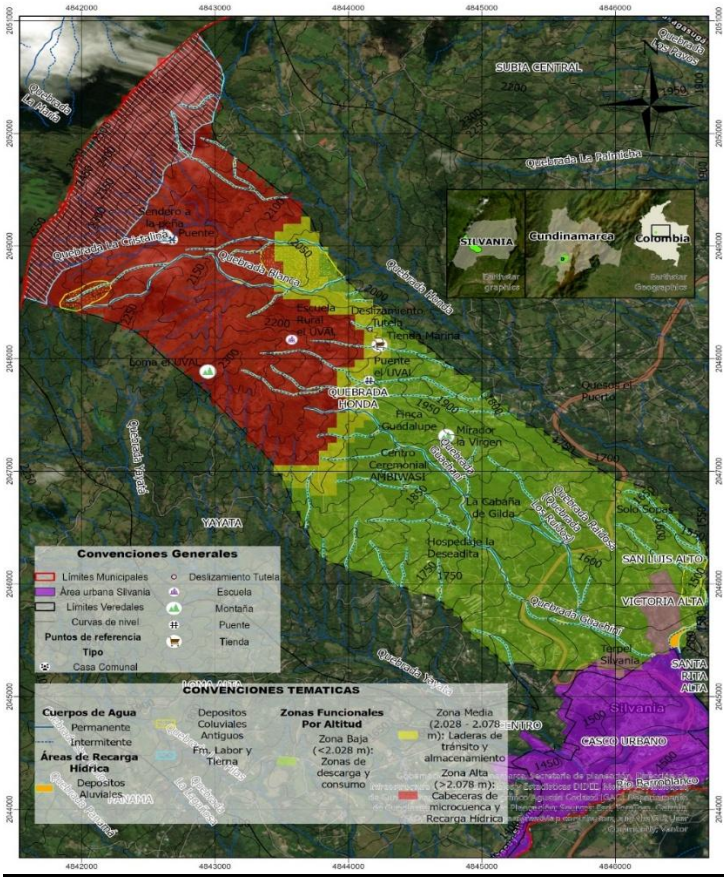
Zona	Rango (m.s.n.m.)	% del Área	Características
Alta	> 2100	~49.8%	Cabeceras de microcuenca y recarga hídrica.
Media	2050-2100	~9.4%	Franja de tránsito y almacenamiento
Baja	< 2050	~40.8%	Zonas de descarga y ocupación humana

Fuente: Elaboración propia, 2026.

La integración de la hidrología superficial y subterránea con este umbral altitudinal se visualiza en el Mapa Hidrogeológico y de Mediana de Altitud (Anexo 6). Este insumo es estratégico porque delimita las cabeceras de microcuenca y áreas de recarga activa (>2100

m), donde la infiltración profunda actúa como reguladora del caudal base, y las zonas de descarga (<2100 m), donde la saturación progresiva del subsuelo reduce la fricción del terreno y desencadena fallas rotacionales, validando la hipótesis del agua subterránea como "variable oculta" en el riesgo (Highland & Bobrowski, 2008).

Figura 5. Mapa Hidrogeológico y de Mediana de Altitud 2100 msnm.



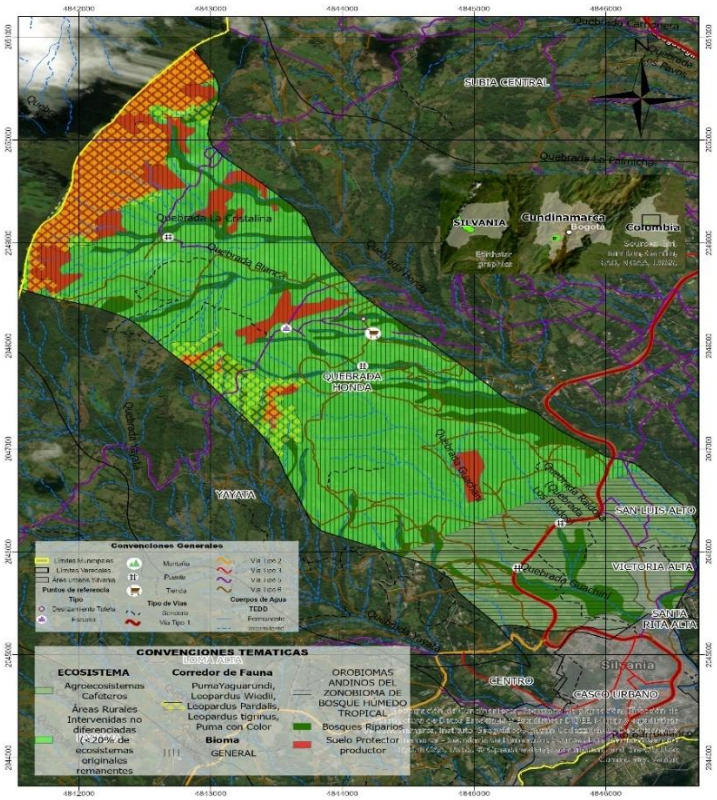
Fuente: Elaboración propia, 2026.

7.1.2 Componente Biótico: Ecosistemas y Corredores de Fauna

El análisis biótico se centra en la estructura ecológica del territorio y su relación con la estabilidad del suelo. El Mapa de Ecosistemas (Anexo 8) revela una configuración territorial compleja, donde predominan los orobiomas andinos del zonobioma de bosque húmedo tropical y los bosques riparios a lo largo de la red de drenaje. Estas zonas funcionan como

corredores ecológicos esenciales para especies de fauna como *Puma yaguarondi*, *Puma concolor*, *Leopardus wiedii* (margay), *Leopardus tigrinus* (tigrillo) y *Leopardus pardalis* (ocelote), según los registros del POMCA del río Sumapaz (CAR Cundinamarca, 2023).

Figura 6. Mapa de Ecosistemas de la vereda Quebrada Honda



Fuente: CAR Cundinamarca / Elaboración propia, 2026.

La presencia de estos felinos indica que, a pesar de la intervención antrópica, el territorio mantiene conectividad ecológica vital. Sin embargo, el cruce analítico con los mapas de cobertura vegetal y conflictos de uso (citados en los Anexos temáticos complementarios) evidencia una marcada fragmentación en los bosques de galería debido a la expansión agropecuaria. Esta pérdida de "infraestructura verde" reduce la capacidad de las riberas para retener suelo durante eventos de crecida, aumentando la susceptibilidad a socavamientos y derrumbes. La degradación de estos ecosistemas no solo compromete la

biodiversidad, sino que acelera la escorrentía superficial, perdiendo la capacidad natural de regulación hídrica que el territorio históricamente poseía.

7.1.3 Componente Socioeconómico: Vulnerabilidad y Capacidades Locales

La caracterización sociodemográfica de la muestra (n=24) revela una población adulta mayor (mayores de 65 años), con bajo nivel educativo (37,5% con primaria incompleta) y economía de subsistencia basada en agricultura, jornales y ganadería (62,5% de los hogares). Estas condiciones incrementan la vulnerabilidad ante eventos adversos, especialmente considerando que el 75% de los hogares reporta haber sido afectado directamente por deslizamientos o vendavales en los últimos años.

Tabla 3. Caracterización sociodemográfica de la muestra comunitaria (n=24)] (Edad, Nivel educativo, Actividad principal, Percepción del riesgo, Vivienda afectada, Conocimiento siembra de agua, Organización comunitaria, Capacitación GRD.

Variable	**Categoría**	**Frecuencia**	**Porcentaje**
Edad	>65 años	23	33%
Nivel educativo	Primaria o menos	14	58%
Actividad principal	Agricultura/Jornalero	15	63%
Percepción del riesgo	Alta	15	63%
Vivienda afectada	Sí	18	75%
Conoce siembra de agua	No	21	88%
Organización comunitaria	No	21	88%
Capacitación en GRD	No	24	100%

Fuente: Trabajo de campo, 2025.

A pesar de la alta percepción del riesgo (63% lo califica como alto), existe una brecha crítica entre conciencia y acción: el 100% de los entrevistados no ha recibido capacitación en gestión del riesgo, y el 88% reporta ausencia de organización comunitaria formal frente a emergencias. Esta situación valida la necesidad urgente del componente organizativo del modelo propuesto.

El análisis de las entrevistas también evidenció que el 87,5% desconoce el concepto técnico de "siembra de agua", aunque el 37,5% ya practica la cosecha de lluvia de forma empírica. Este hallazgo permite replantear la estrategia pedagógica: en lugar de introducir tecnologías completamente nuevas, el modelo recupera y formaliza prácticas que la comunidad ya realiza, facilitando su apropiación cultural y técnica.

Figura 7. Daños estructurales severos en vivienda familiar] (A) Grieta interna, (B) Fisura en muro, (C) Deformación de techo, (D) Colapso de baño.



Fuente: Trabajo de Campo, 2026.

La caracterización social revela un escenario de alta vulnerabilidad, exacerbada por factores demográficos y de infraestructura. La sistematización de las 24 entrevistas aplicadas a hogares críticos muestra una población predominantemente adulta mayor, con bajo nivel educativo y economía de subsistencia.

A pesar de que el 63% percibe el riesgo como alto, existe una brecha crítica entre conciencia y acción: el 100% de los entrevistados no ha recibido capacitación en gestión del riesgo, y el 88% reporta ausencia de organización comunitaria formal. El análisis de tenencia de la tierra confirma un predominio de minifundio campesino, lo que limita la capacidad de inversión privada en estabilización y refuerza la necesidad de un modelo comunitario con subsidios cruzados.

Figura 8. Deslizamientos activos con viviendas y fincas en riesgo.



Fuente: Elaboración propia en campo.

La evidencia fotográfica de campo documenta el estado crítico de la infraestructura habitacional y vial, con viviendas que presentan grietas de tensión, deformación de estructuras y colapso parcial por deslizamiento lento. No obstante, el diagnóstico también rescató capacidades técnicas locales valiosas. Se identificaron estructuras de contención y pozos de captación hídrica elaborados por la comunidad con técnicas ancestrales en piedra seca, que permanecen funcionales tras décadas de exposición a la dinámica hidrológica.

Figura 9. Evidencia de capacidades técnicas locales: estructuras ancestrales] (A) Muro de contención (>50 años), (B) Pozo de captación (17 años), (C) Detalle de técnica Vía en piedra seca (sin cemento). Fuente:



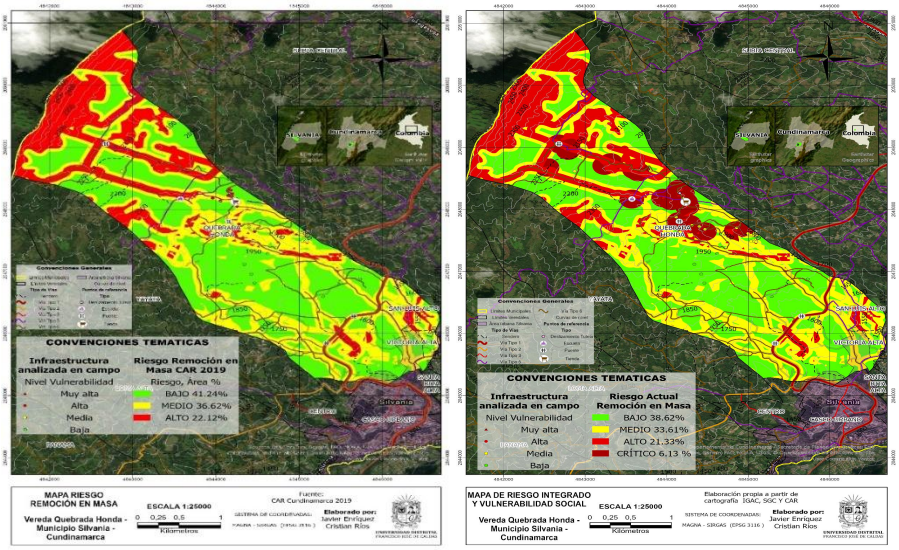
Trabajo de campo, 2025.

Estos hallazgos validan que la comunidad posee memoria técnica aplicada a la estabilización y gestión hídrica, base fundamental para la apropiación cultural del modelo propuesto. Aunque también expone varias limitaciones como una población con pocos jóvenes y niños, lo cual implica mano de obra local escaza a la hora de implementar proyectos de gestión del riesgo.

7.1.4 Componente de Riesgo Actual: Evolución y Brecha Institucional

Este componente compara la situación de riesgo oficial con la realidad actual validada en campo, evidenciando una brecha crítica de caracterización. Al contrastar el Mapa de Riesgo por Remoción en Masa de la CAR (2019) (Anexo 9) con el Mapa de Riesgo Integrado y Vulnerabilidad Social actual (Anexo 10), se observa un incremento en la clasificación de riesgo.

Figura 10. Comparativa de escenarios de riesgo: CAR 2019 vs. Riesgo Integrado 2026



Fuente: CAR Cundinamarca / Elaboración propia, 2026.

Tabla 4. Variación porcentual de categorías de riesgo (2019 vs. 2026)] (Bajo, Medio, Alto, Crítico y variación %.

Categoría	**CAR 2019 (Amenaza Física)**	**Riesgo Integrado 2026**	**Variación**
Bajo	41.24%	38.62%	-2.62%
Medio	36.62%	33.61%	-3.01%
Alto	22.12%	21.33%	-0.79%
Crítico	**0%**	**6.13%**	**+6.13%**
Total Alto Crítico	**22.12%**	**27.46%**	**+5.34%**

Fuente: Elaboración propia, 2026.

La cartografía institucional de 2019 clasificaba amplios sectores como de amenaza Media o Baja, basándose únicamente en factores físicos estáticos. El mapa integrado (2026), al

cruzar la amenaza física con la vulnerabilidad social (viviendas dañadas, población envejecida, saturación de suelos), revela la aparición de zonas de Riesgo Crítico y un aumento en el porcentaje de área bajo Riesgo Alto. Esta discrepancia valida técnicamente que la omisión en la actualización de estudios y en la protección de viviendas ha permitido que el riesgo se agrave, justificando las órdenes del Fallo de Segunda Instancia (2025) y confirmando que la gestión del riesgo en Quebrada Honda requiere un enfoque dinámico, participativo y centrado en la protección de la vida.

7.2 SELECCIÓN DE PRÁCTICAS DE BIOINGENIERÍA Y SIEMBRA DE AGUA PERTINENTES PARA LA RESTAURACIÓN DEL TERRITORIO

La selección de técnicas de intervención no se basa en criterios estándar, sino en una respuesta adaptativa que integra la zonificación fisiográfica (derivada de la curva hipsométrica) con los saberes técnicos locales. Se establece un sistema diferenciado que combina infraestructura verde (bioingeniería moderna) con infraestructura ancestral (técnicas precolombinas y tradicionales), asegurando viabilidad técnica y apropiación cultural.

Tabla 5. Selección de Técnicas por Zonificación Altitudinal

Selección de Técnicas de Siembra de Agua en función de la Mediana de altitud			
Zona	Rango (msnm)	Técnicas Ancestrales Prioritarias	Función Hidrológica
ALTA	>2100	• Amunas (canales de infiltración)	"Sembrar" agua en cabeceras, recargar acuíferos, evitar escorrentía descontrolada
		• Cochas (lagunas artificiales)	
		• Reforestación con aliso/chusque	
MEDIA		• Andenes (terrazas escalonadas)	

	2050-2100	• Zanjas de infiltración a nivel	Reducir velocidad del agua, estabilizar laderas, crear suelo cultivable
		• Barreras vivas	
BAJA	<2050	• Muros de piedra seca	Proteger viviendas, controlar saturación, estabilizar taludes viales

Fuente: Elaboración propia.

La selección estratégica de prácticas basada en la mediana de altitud (>2100 m) como umbral de gestión. Las técnicas se eligen por su capacidad de trabajar juntas: las obras en zona alta (Amunas) regulan el flujo para que las obras en zona baja (Muros) no sufran sobreexposición al agua.

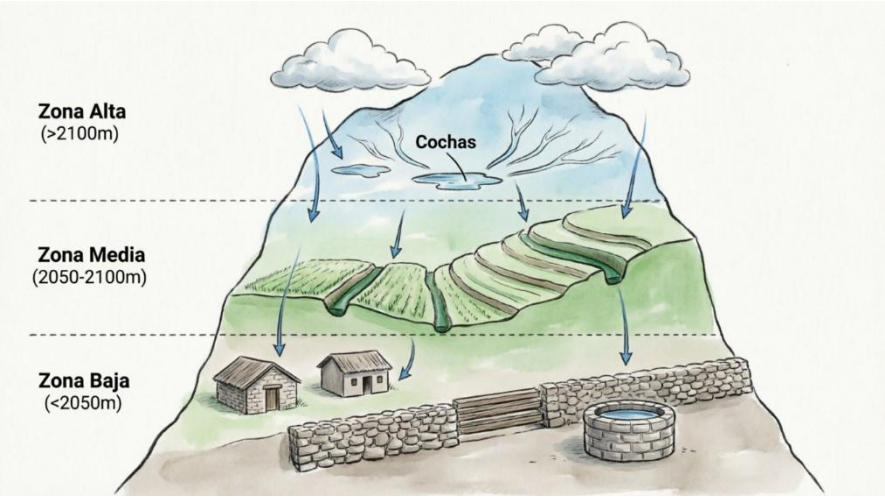
Técnicas Ancestrales:

- Amunas y Cochas: Recuperación del concepto de "sembrar agua" en el subsuelo para recargar nacimientos (ver Esquema en Figura 11).
- Muros de Piedra Seca: Utilizados en la zona baja. La Figura 9 ya validó su estabilidad por más de 50 años. Son esenciales por su flexibilidad ante la Falla Silvania, aunque presentan la limitación de perdida de estos saberes.

Técnicas de Bioingeniería (Respuesta Hidrológica):

- Zanjas de Infiltración a Nivel: Ubicadas en la Zona Media. Su función es cortar la velocidad de escorrentía antes de que llegue a las viviendas.
- Terrazas Vivas y Barreras Vegetales: Uso de especies nativas (*Chusquea tessellata*, *Alnus acuminata*) cuyas raíces profundas (más de 1.5 metros) actúan como "anclas" para el suelo, complementando la retención física de los muros de piedra.

Figura 11. Esquema Técnico de la "Cascada de Agua". Diagrama que muestra cómo una Cocha en la Zona Alta retiene agua, una Zanja en la Zona Media frena la velocidad, y un Muro de Piedra en la Zona Baja protege la vivienda.



Fuente: Elaboración propia basada en HIDROGEOBIO 2023.

7.3 SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS Y APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO CON ACTORES INSTITUCIONALES Y COMUNITARIOS

El proceso de socialización se desarrolló bajo el principio de "Diálogo de Saberes", reconociendo que la comunidad posee una memoria histórica de riesgo. Se realizaron talleres de Cartografía Social Participativa donde los habitantes delimitaron sobre mapas base los sectores que consideraban críticos y zonas donde existen obras comunitarias.

- Hallazgo Clave: La comunidad identificó cicatrices de deslizamientos activos en zonas que las entidades clasificaban como "Amenaza Baja". Esto validó la hipótesis de la "variable oculta" (agua subterránea).

- Apropiación: Los participantes no solo señalaron el riesgo, sino que propusieron la ubicación de muros y zanjas basándose en dónde había funcionado su conocimiento empírico en el pasado.

Figura 12. Fotografías de los Talleres de Socialización. A) y B) Reunión comunitaria sobre mapas base y zonas de recarga hídrica. C) Recorrido en campo para validar situación de riesgo.



Fuente: Trabajo de Campo, 2025.

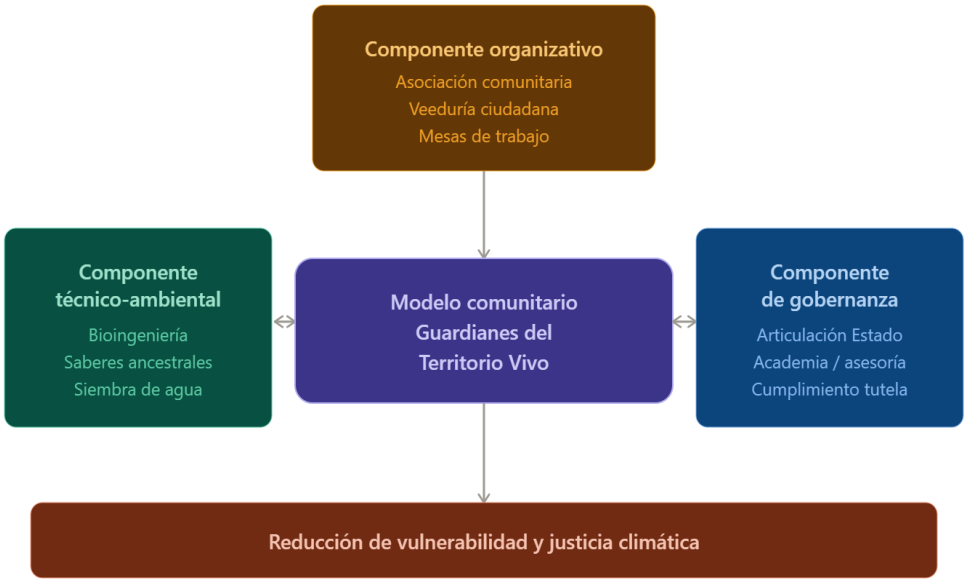
La socialización sirvió para legitimar la acción comunitaria: al contar con un respaldo jurídico, la comunidad dejó de ser una víctima pasiva y se posicionó como un interlocutor técnico y legal con capacidad de veeduría, y quedan con tareas organizativas que permitan adquirir capacidad de formulación, gestión y ejecución de proyectos que permitan implementar el modelo propuesto.

7.4 PROPUESTA DEL MODELO COMUNITARIO DE GESTIÓN DEL RIESGO Y SIEMBRA DE AGUA CON INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Es fundamental discutir el modelo desde la realidad demográfica de Quebrada Honda para evitar idealizaciones. Como se detalló en la sección 7.1, el 33,33% de la población es mayor de 65 años y la población joven es escasa. Esto representa un desafío crítico para la implementación física de obras (zanjas, muros), las cuales requieren esfuerzo físico, maquinaria, estudios técnicos y recursos económicos, que requieren del acompañamiento y liderazgo de las entidades del estado.

El Modelo Comunitario "Guardianes del Territorio Vivo" es una estructura de gestión conjunta diseñada para ser operativa, replicable y jurídicamente sólida. No es solo un plan de obras, sino un sistema de gobernanza territorial. El modelo se sustenta en tres pilares interdependientes. La comunidad ejecuta y vigila, mientras el Estado garantiza los recursos y la asistencia técnica.

Figura 13. Diagrama del Modelo Comunitario de Gestión del Riesgo.



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Frente a esta situación el modelo no puede depender solo de la fuerza de trabajo local, e implica buscar alianzas con otras comunidades y entidades. Se propone la creación de Alianzas Interinstitucionales:

- Voluntariado Universitario: Convenios con universidades (Distrital, U. Nacional, ECCI) para que estudiantes de Ingeniería Ambiental y Civil realicen sus prácticas y proyectos de grado ejecutando las obras bajo supervisión técnica.
- Contratación Externa: El Estado debe contratar cuadrillas de mantenimiento externas, supervisadas por la Asociación Comunitaria.
- Apoyo Regional: Alianzas con municipios vecinos (Bogotá, Fusagasugá) para intercambio de experiencia técnica y logística.

Finalmente, la Asociación debe profesionalizarse no solo en el conocimiento del territorio, sino en la gestión de proyectos. Se requiere capacitación en formulación de proyectos para acceder a recursos de regalías, cooperación internacional y presupuesto participativo. El modelo incluye indicadores medibles para evaluar si la estrategia está funcionando o si se requiere ajuste.

Tabla 6. Indicadores de seguimiento del modelo comunitario de gestión de riesgo y siembra de agua,

Dimensión	**Indicador**	**Línea base**	**Meta 2026**	**Meta 2030**	**Medio de verificación**
TÉCNICA	Reducción de incidentes de deslizamientos	8 eventos/año (2024-2025)	25% reducción	50% reducción	Registro UNGRD municipal, actas comunitarias
	Viviendas críticas intervenidas	18 viviendas afectadas	5 viviendas	18 viviendas	Fichas técnicas de intervención
	Taludes viales estabilizados	4 km en riesgo crítico	1 km	4 km	Informes técnicos de obra
AMBIENTAL	Recuperación de cobertura vegetal	35% de pérdida en laderas críticas	10% recuperación	35% recuperación	Imágenes Sentinel-2, trabajo de campo

Dimensión	Indicador	Línea base	Meta 2026	Meta 2030	Medio de verificación
	Caudal base en época seca	0.8 L/s en verano	5% aumento	15% aumento	Aforos mensuales en quebrada Subía
	Suelos estabilizados con bioingeniería	0 ha intervenidas	1 ha	5 ha	Registro fotográfico, GPS
SOCIAL	Familias vinculadas laboralmente	0 familias	5 familias	15 familias	Contratos, nómina
	Personas capacitadas en bioingeniería	0 personas	20 personas	50 personas	Listas de asistencia, certificados
	Cumplimiento de cronograma judicial	0% cumplimiento inicial	60% cumplimiento	100% cumplimiento	Informes al Juzgado

Fuente: Elaboración propia, 2026

Este diseño puede ser replicable en cualquier vereda rural de los Andes colombianos que enfrente tres condiciones simultáneas: amenaza geomorfológica alta, abandono institucional y presencia de una organización comunitaria base. Al estandarizar la selección de técnicas y blindar el modelo con instrumentos jurídicos (Tutelas), se ofrece una "hoja de ruta" clara para escalar esta solución a otras zonas del municipio de Silvania o la provincia del Sumapaz.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones derivan del cumplimiento de los objetivos específicos y del análisis integral realizado en la vereda Quebrada Honda:

1. La caracterización integral demostró que el riesgo en Quebrada Honda es dinámico y ha aumentado significativamente respecto a la cartografía oficial. El análisis comparativo reveló la aparición de una Zona de Riesgo Crítico del 6.13% y un incremento en la categoría Alto (del 22.12% al 27.46%), validando que las zonas habitadas están expuestas a amenazas reales no registradas en el mapa de la CAR (2019). Este hallazgo confirma que la saturación hídrica del subsuelo actúa como una "variable oculta" que desencadena deslizamientos incluso en pendientes moderadas, agravada por la falta de estudios geotécnicos actualizados por parte del municipio

2. La selección de técnicas confirmó que las soluciones basadas en la naturaleza son técnica y económicamente superiores a la infraestructura gris para este contexto. La rigidez del concreto es inviable en un municipio de sexta categoría y ante la presencia de la Falla Silvania. Por el contrario, la recuperación de técnicas ancestrales (Amunas o quochas, muros de piedra seca, zanjas de infiltración, etc) validadas en campo, garantiza flexibilidad sísmica y drenaje interno. Estas prácticas no solo estabilizan taludes, sino que gestionan el agua desde la fuente, resolviendo la causa raíz de la inestabilidad: la acumulación de escorrentía en el perfil del suelo.

3. El proceso de socialización evidenció una brecha entre la percepción del riesgo y la acción preventiva: el 100% de la muestra no ha recibido capacitación en gestión del riesgo y el 88% carece de organización formal, sin embargo, mantienen cierta memoria de prácticas ancestrales que aún permanecen funcionales en el territorio como muros de piedra seca y terrazas algunas con mas de 50 años de construidas.

4. Se formuló el "Modelo Comunitario de Gestión del Riesgo", cuya innovación radica en la gobernanza del territorio mediante la integración de comunidad, estado y academia, así como en la Zonificación Altitudinal basada en el comportamiento hidrogeológico de las cuencas que irrigan el territorio: Zona Alta (>2100 m), prioriza la infiltración (*Amunas*, *Cochas*) para "sembrar" el agua y reducir la carga hidrológica aguas abajo. Zona Baja (<2100 m), Prioriza la contención (*Muros de piedra*, drenajes) para proteger viviendas y vías de la escorrentía remanente. Este enfoque sistémico demuestra que es posible reducir la vulnerabilidad en territorios rurales

mediante la integración de datos morfométricos, organización social blindada legalmente y gestión sostenible del agua.

8.2 RECOMENDACIONES

Con base en las conclusiones anteriores, se formulan las siguientes recomendaciones:

A la Comunidad:

- Concretar la personería jurídica de la Asociación para poder firmar convenios y gestionar recursos. Aprovechar el fallo de tutela para exigir cronogramas de obra a la Alcaldía y realizar alianzas con entidades sin ánimo de lucro, academia y entidades de cooperación que permitan implementar medidas de manejo sugeridas.

- Activar el sistema de alerta temprana comunitario enfocándose en las señales precursoras identificadas (aparición de nuevos nacederos, agrietamientos de suelo y turbidez del agua).

A la Alcaldía Municipal de Silvania y al Consejo Municipal de Gestión del Riesgo:

- Cumplir el fallo de tutela y gestionar presupuestos de contingencia para las obras de bioingeniería priorizadas en la cartografía social, priorizando las viviendas, puentes, vías e infraestructura en estado crítico.

- Fomentar la capacitación, formalización y la contratación de mano de obra local para la construcción obras de bioingeniería para la gestión del riesgo, generando empleo en el territorio y capacidades técnicas para la gobernanza comunitaria.

- La implementación del modelo comunitario no exime al Estado de sus obligaciones constitucionales y legales en materia de gestión del riesgo. Por el contrario, las entidades territoriales deben asumir un rol de acompañamiento técnico, financiero y jurídico permanente. Se recomienda fortalecer las capacidades locales mediante transferencia de conocimiento, supervisión de calidad en las intervenciones y garantía de la mejora continua de los sistemas comunitarios de alerta y respuesta,

evitando que la participación ciudadana se convierta en una transferencia de cargas institucionales no remuneradas.

A la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR):

- Acompañar a la comunidad en el diseño hidráulico de las obras de siembra de agua (zanjas y amunas) para asegurar que no alteren los corredores biológicos de fauna (Puma yaguarondi, Leopardus wiedii) identificados en el diagnóstico ambiental.
- Garantizar que las prácticas de bioingeniería cumplan con los lineamientos de restauración ecológica y no utilicen cemento en estructuras que requieren drenaje natural.

A Entidades Nacionales (UNGRD y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible):

- Reconociendo las limitaciones presupuestales de un municipio de sexta categoría como Silvania, se recomienda activar líneas de financiación específicas para la gestión prospectiva y correctiva del riesgo en territorios rurales críticos. Esto incluye la ejecución de obras de estabilización mayor, la dotación de equipos de monitoreo hidrometeorológico y la financiación de programas de capacitación técnica que mejoren las capacidades de gobernanza y adaptación de las comunidades.
- Integrar la vereda Quebrada Honda en los programas nacionales de adaptación al cambio climático y restauración ecológica, garantizando que los recursos asignados respondan a la realidad geomorfológica y social documentada.

A la Academia e Investigadores Futuros (Universidad Distrital y otros):

- Formular proyectos para implementar investigación, realizar estudios de seguimiento para cuantificar científicamente la eficacia de los muros de piedra seca frente a la obra gris en zonas con presencia de la Falla Silvania, generando data que sirva de precedente para otras regiones andinas.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguirre, B. (2019). *Sociología del riesgo y desastres*. Universidad Nacional de Colombia.

Armillas, P. (1971). *Gardens of the Aztecs*. *Scientific American, 224*(4), 82–92.

Bunge, M. (1993). *La investigación científica*. Editorial Ariel.

Buytaert, W., & De Bièvre, B. (2018). Water for cities: The role of water conservation areas in hydrological services. *Environmental Research Letters, 7*(1), 1–9.

CAR Cundinamarca. (2020). *Estado de las microcuencas y oferta hídrica del Tequendama*.

Cardona, O. D. (2001). *Estima de riesgo y gestión del riesgo: Conceptos fundamentales*. Universidad de Los Andes.

Chambers, R. (1994). Participatory rural appraisal: Challenges, potentials and paradigm. *World Development, 22*(10), 1437–1454.

Chepstow-Lusty, A. (2011). Agroforestry and agricultural practices in the Peruvian Andes: Implications for pre-Columbian and modern land use. *Journal of Archaeological Science, 38*(8), 1796–1809.

Congreso de la República de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993*.

Congreso de la República de Colombia. (1997). *Ley 388 de 1997*.

Congreso de la República de Colombia. (2012). *Ley 1523 de 2012*.

Corte Constitucional de Colombia. (2010). *Sentencia T-743 de 2010*.

Corte Constitucional de Colombia. (2015). *Sentencia T-269 de 2015*.

Corte Constitucional de Colombia. (2021). *Sentencia T-147 de 2021*.

Corte Constitucional de Colombia. (2022). *Sentencia SU-109 de 2022*.

Corte Constitucional de Colombia. (2024). *Sentencia T-486 de 2024*.

DANE. (2019). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*.

Duryea, M. (2003). *Vegetation and soil bioengineering techniques for slope stabilization*. Florida Cooperative Extension Service.

Erickson, C. (2000). The Lake Titicaca Basin: A Precolumbian built landscape. En *Handbook of South American Archaeology* (pp. 393–412). Springer.

FAO. (2015). *Manejo integrado de cuencas hidrográficas*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Fell, R., & Iverson, R. (2008). *Landslide risk management*. CRC Press.

Flores Ochoa, J. (1997). *Qochas y sistemas hidrológicos preincaicos en el altiplano andino*. Instituto de Estudios Andinos.

Forest Trends. (2023). *Restauración basada en comunidades rurales: Aprendizajes globales*. Forest Trends Association.

Gray, D. H., & Sotir, R. B. (1996). *Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization*. John Wiley & Sons.

Harden, C. P. (2006). Human impacts on headwater fluvial systems in the northern and central Andes. *Geomorphology, 79*(3–4), 249–263.

Hidalgo, C., & Molina, M. (2014). *Bioingeniería y restauración ecológica en zonas de montaña*. Universidad Nacional de Colombia.

Highland, L. M., & Bobrowski, P. (2008). *The landslide handbook: A guide to understanding landslides*. U.S. Geological Survey.

IDEAM. (2011). *Guía para la evaluación de amenazas por movimientos en masa*.

IDEAM. (2017). *Caracterización hidroclimática de zonas andinas*.

IDEAM. (2021). *Informe del estado del clima en Colombia*.

Infante, C. (2010). *Guía para la presentación de proyectos de investigación*. Universidad Nacional de Colombia.

Instituto Humboldt. (2017). *Lineamientos para la restauración ecológica participativa*.

Keybondori, Y. (2021). Soil bioengineering applications for slope stabilization in humid climates. *Journal of Environmental Engineering, 147*(9), 1–15.

Kolata, A. L. (1993). *The Tiwanaku: Portrait of an Andean Civilization*. Blackwell.

Langebaek, C. (2019). *Arqueología de la Sabana de Bogotá: Territorio y camellones*. Universidad de los Andes.

Lavell, A. (2015). *Gestión del riesgo de desastres: Enfoques desde la construcción social del riesgo*. CEPAL.

Lucero, L., Gunn, J., & Scarborough, V. (2011). Climate change, water, and the rise and fall of the ancient Maya. En V. Scarborough (Ed.), *Water and Ritual* (pp. 112–129). University Press of Colorado.

Méndez, E., & Vélez, R. (2009). *Metodología: Diseño y desarrollo del proceso de investigación*. McGraw-Hill.

Morehart, C., & Frederick, C. (2014). The water landscapes of the Aztec. *Journal of Anthropological Archaeology, 34*, 1–20.

NOAA. (2022). *ENSO: La Niña phenomenon – Global climate impacts*. National Oceanic and Atmospheric Administration.

Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science, 325*(5939), 419–422.

Presidencia de la República de Colombia. (2014). *Decreto 1807 de 2014*.

Presidencia de la República de Colombia. (2015). *Decreto 1077 de 2015*.

Priest, S. D. (1993). *Discontinuity analysis for rock engineering*. Springer.

Sánchez, E. (2015). *Camellones prehispánicos de la Sabana de Bogotá*. Instituto Colombiano de Antropología e Historia.

Scarborough, V. (1998). Ecology and ritual: Water management and the Maya. *Latin American Antiquity, 9*(2), 135–159.

Servicio Geológico Colombiano. (2017). *Guía metodológica para la zonificación de amenazas por movimientos en masa*.

UNDP. (2018). *Community-based disaster risk management guidelines*. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

UNDRR. (2019). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*. Naciones Unidas.

UNGRD. (2014). *Estrategia Nacional de Respuesta a Desastres*.

UNGRD. (2021). *Guía municipal para la gestión del riesgo de desastres*. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.

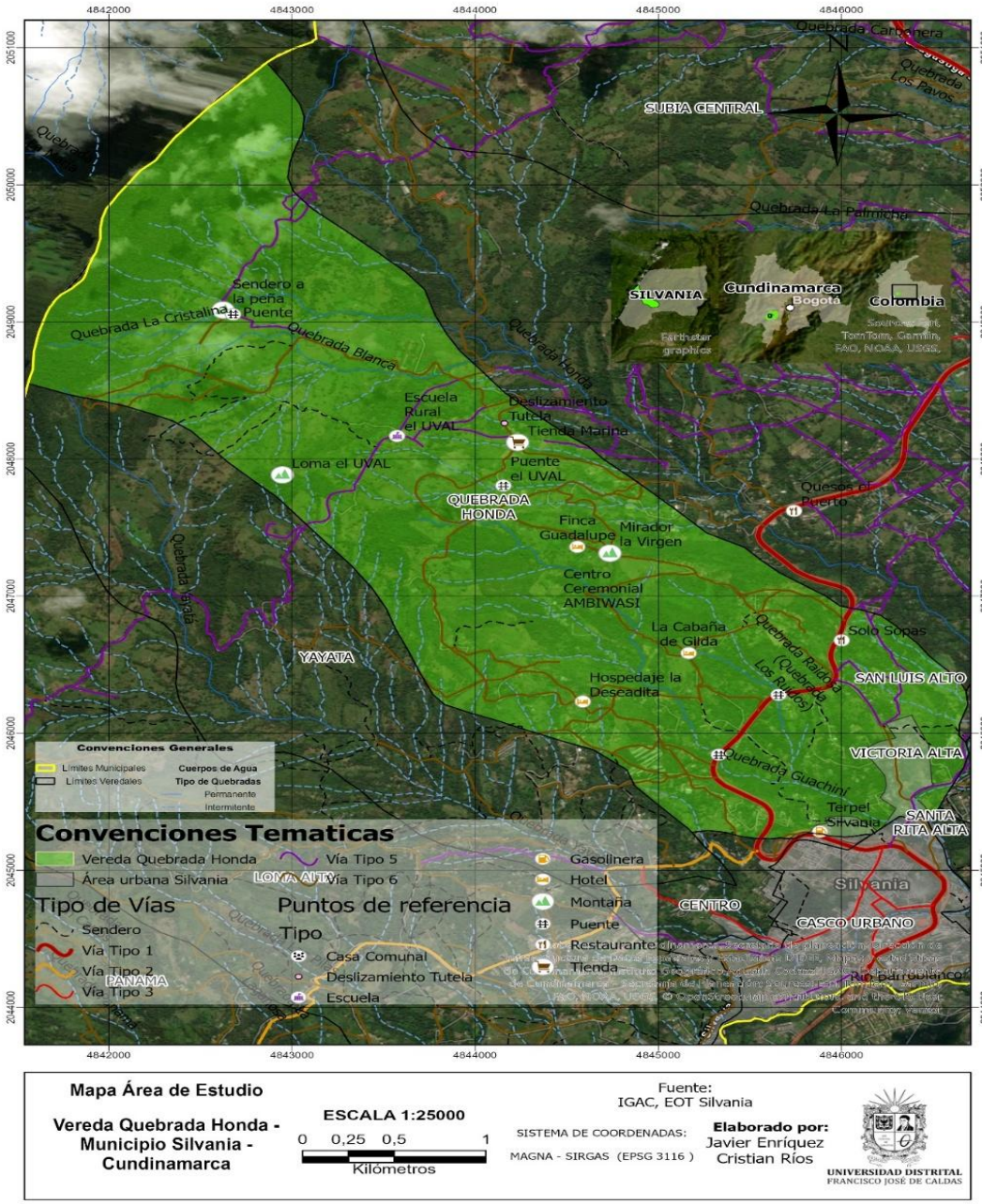
Varnes, D. (1978). Slope movement types and processes. *UNESCO Landslide Handbook*.

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters* (2nd ed.). Routledge.

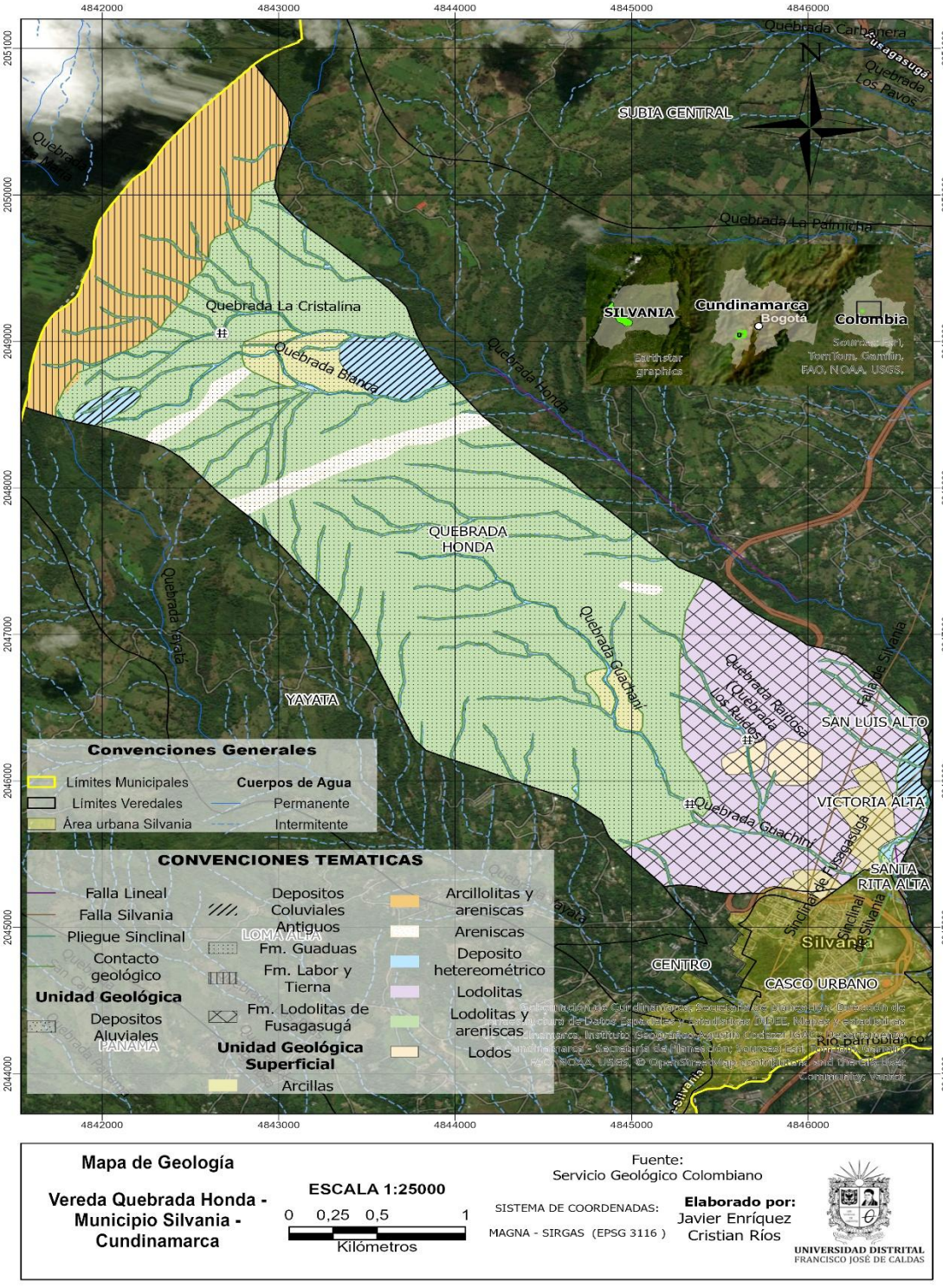
10. Anexos

10.1 CARTOGRAFÍA TEMÁTICA:

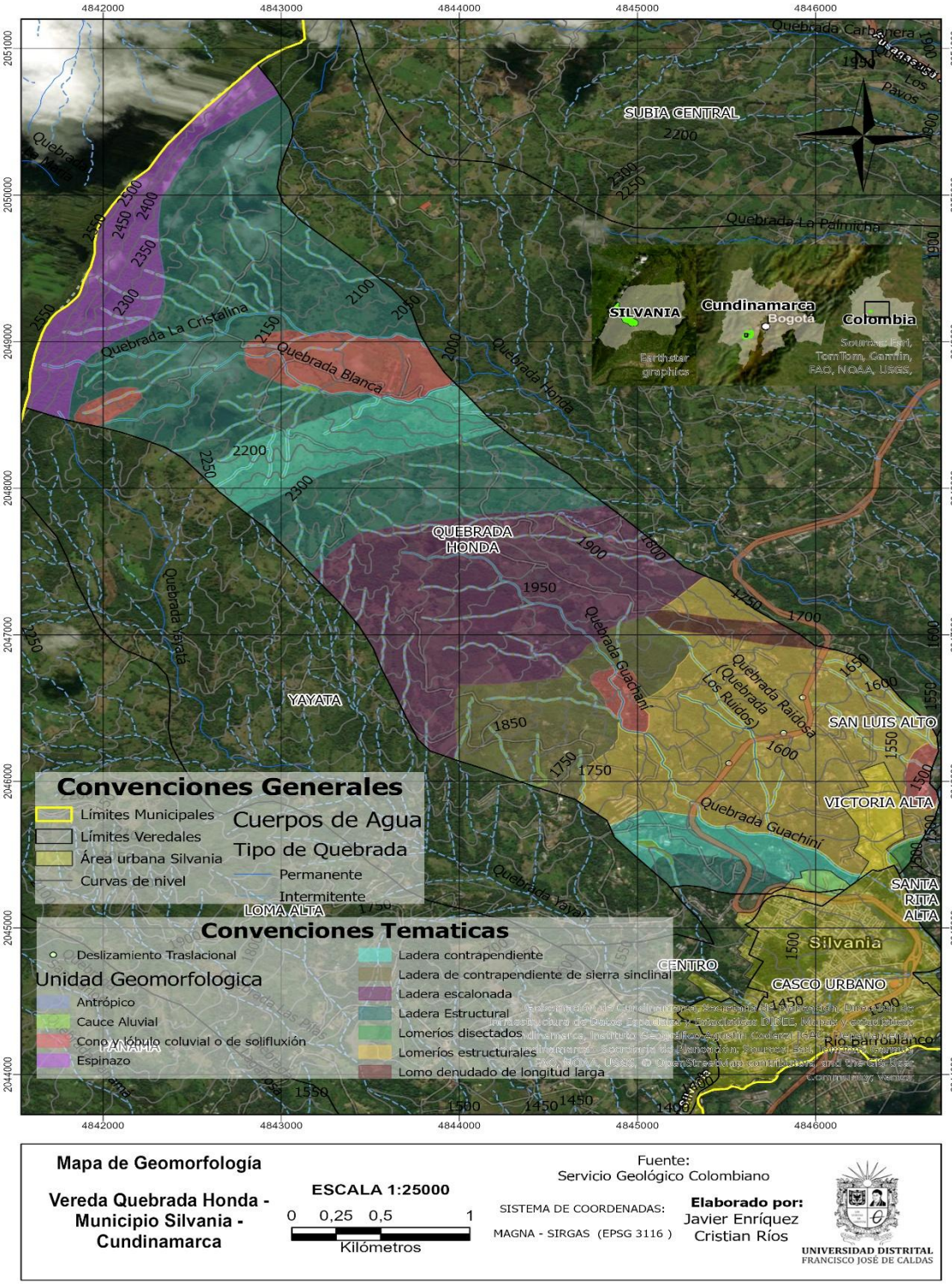
Mapa 1 Ubicación Vereda Quebrada Honda



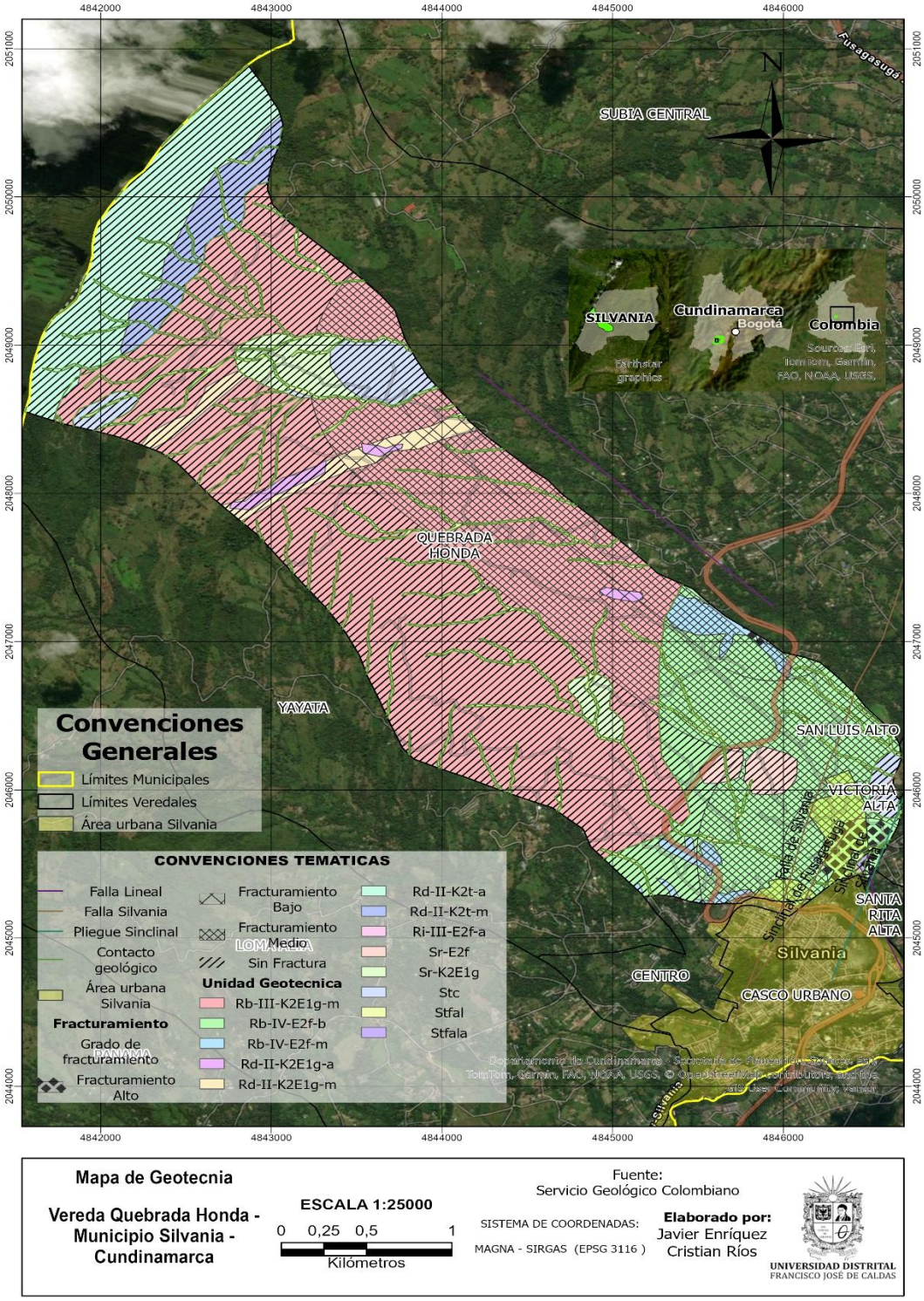
Mapa 2 Geológica Vereda Quebrada Honda



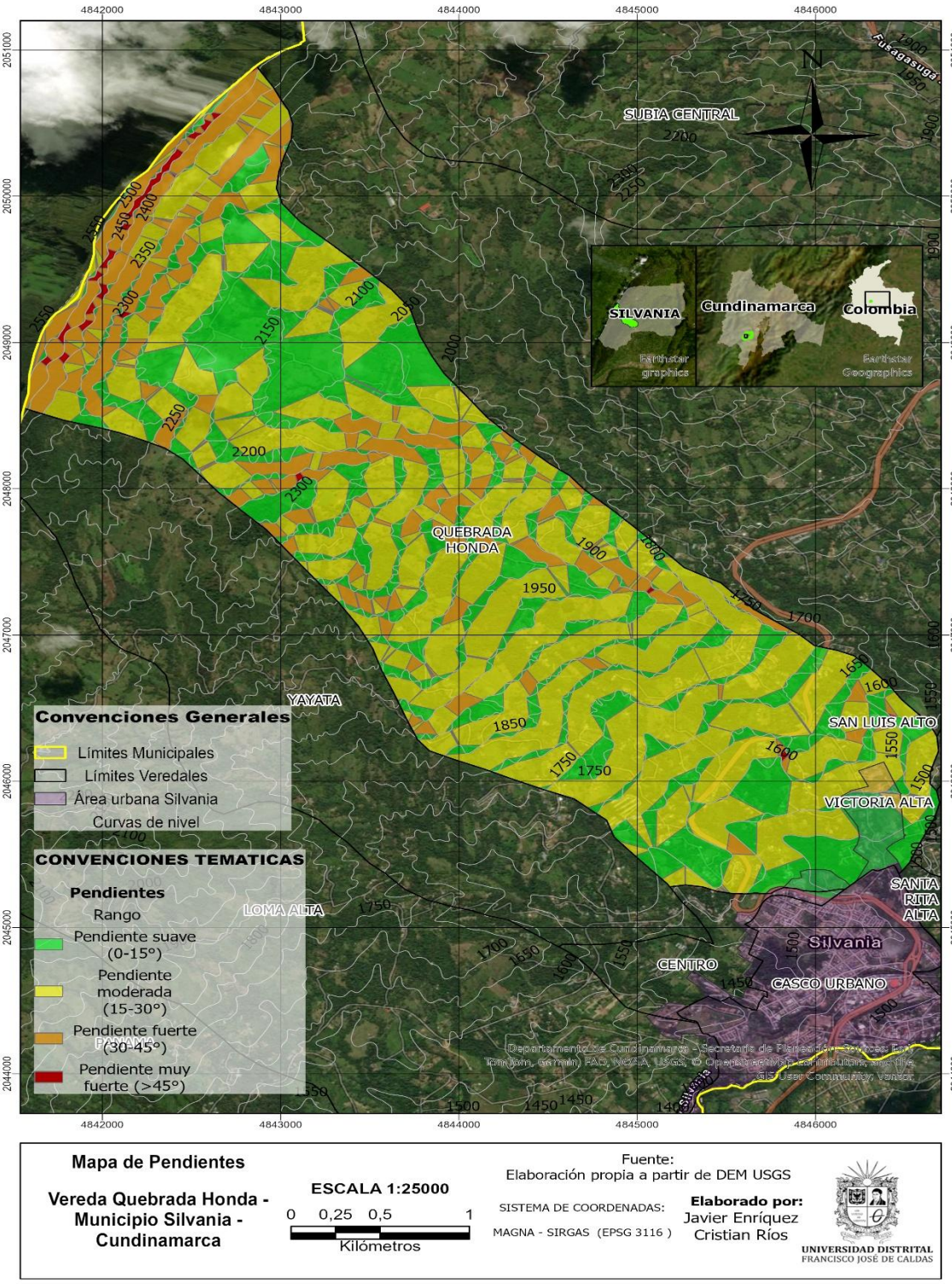
Mapa 3 Geomorfológico Vereda Quebrada Honda



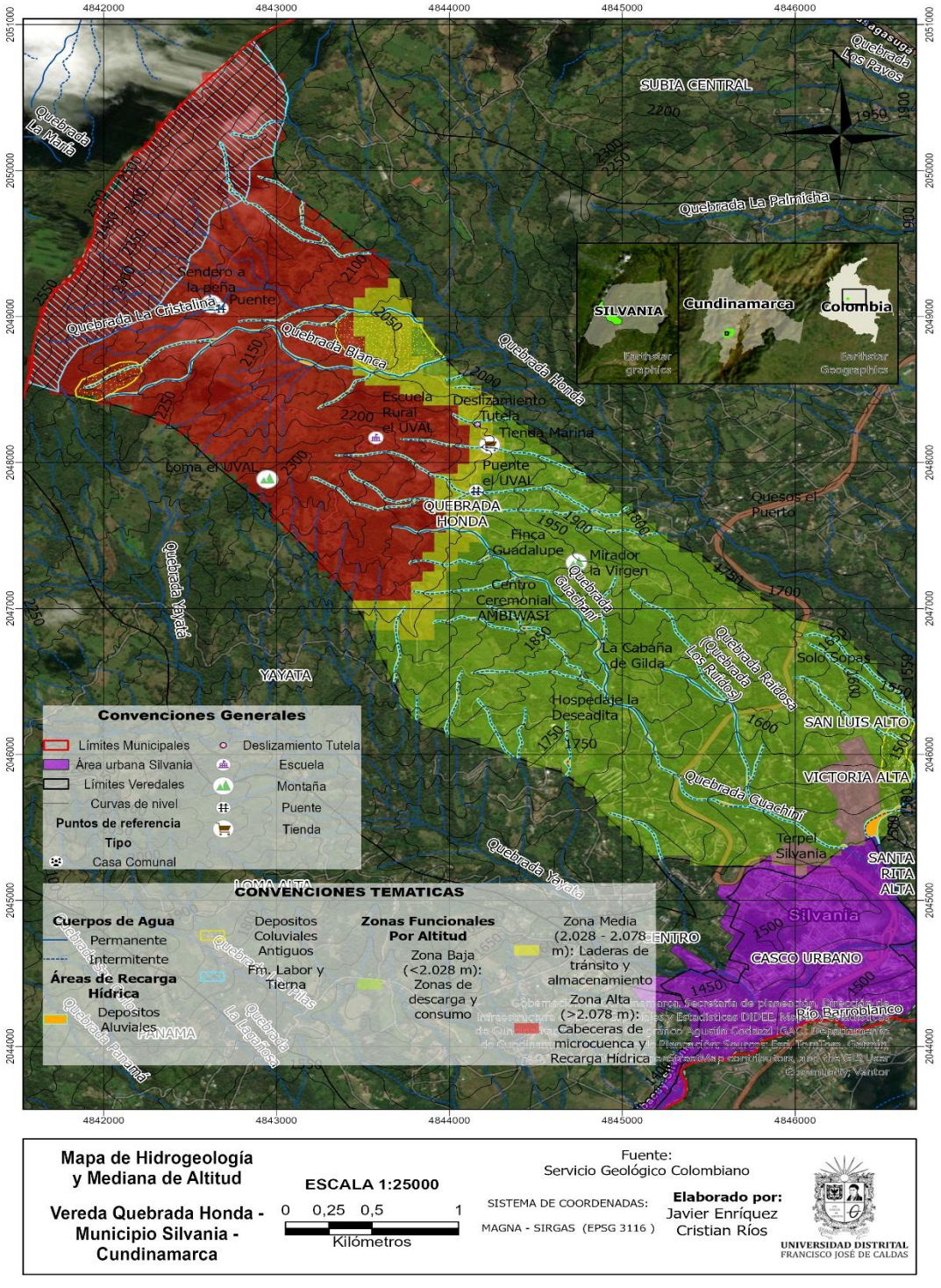
Mapa 4 Geotecnia Vereda Quebrada Honda



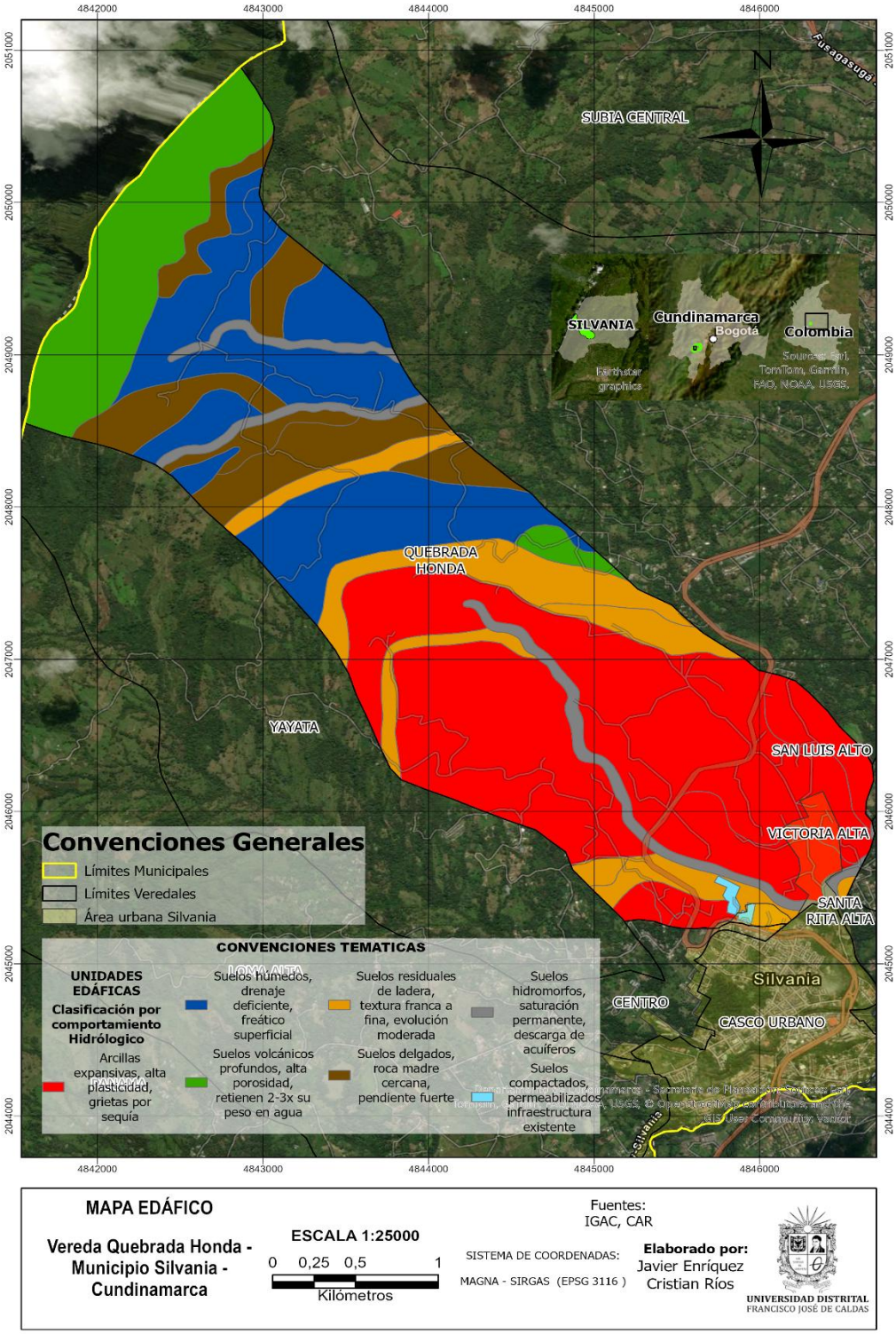
Mapa 5 Pendientes Vereda Quebrada Honda



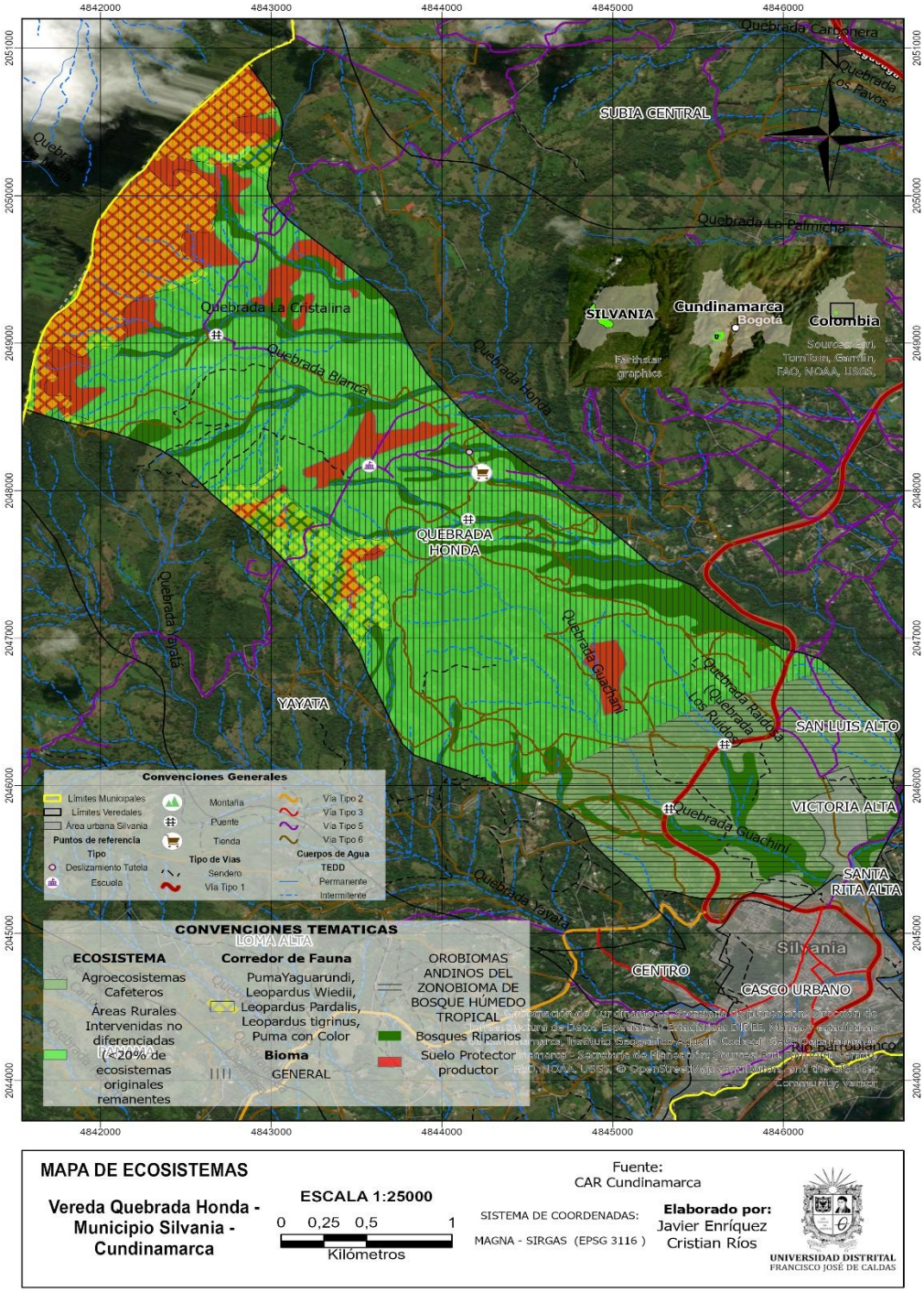
Mapa 6 Hidrogeológico y Mediana de Altitud.



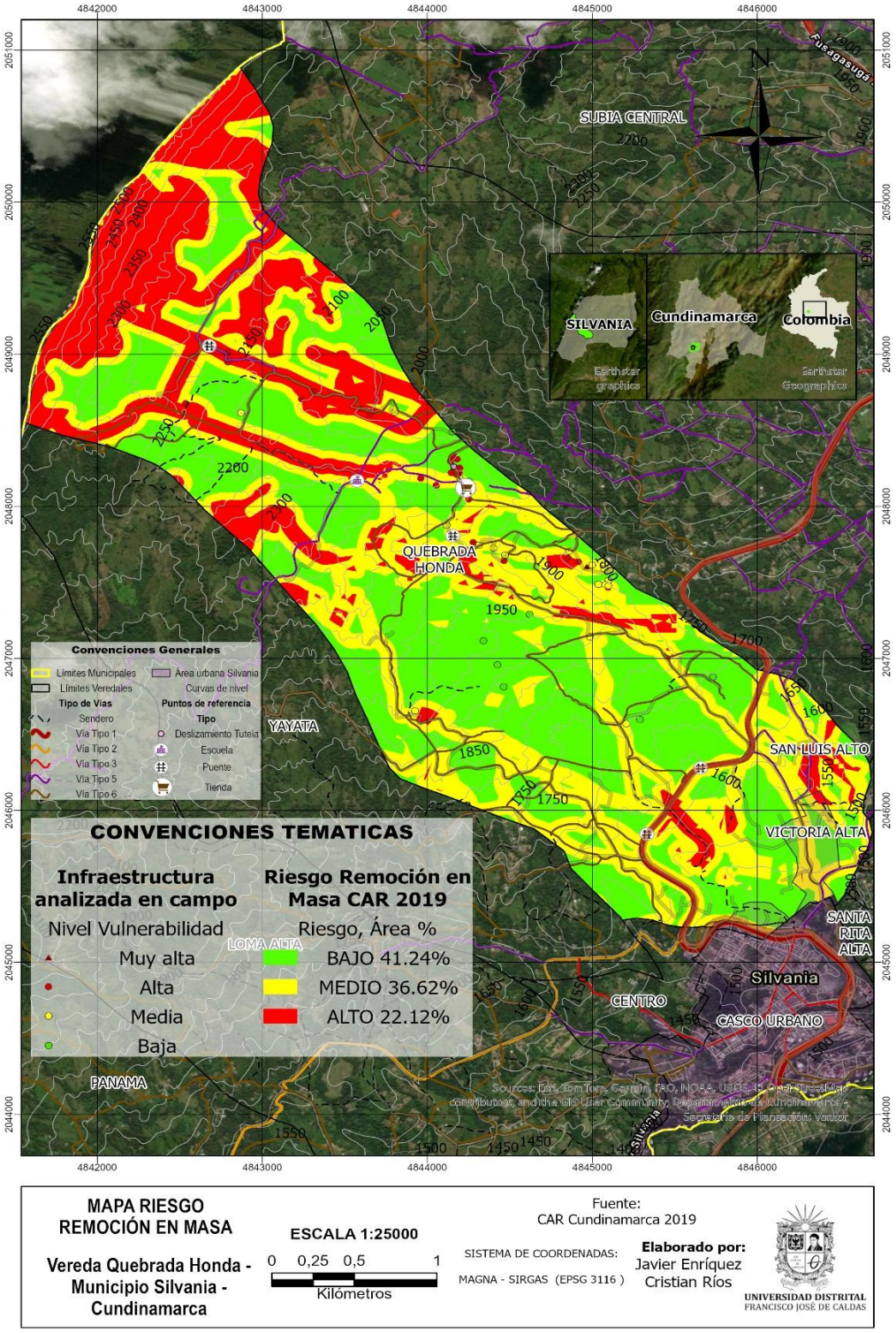
Mapa 7 Edáfico



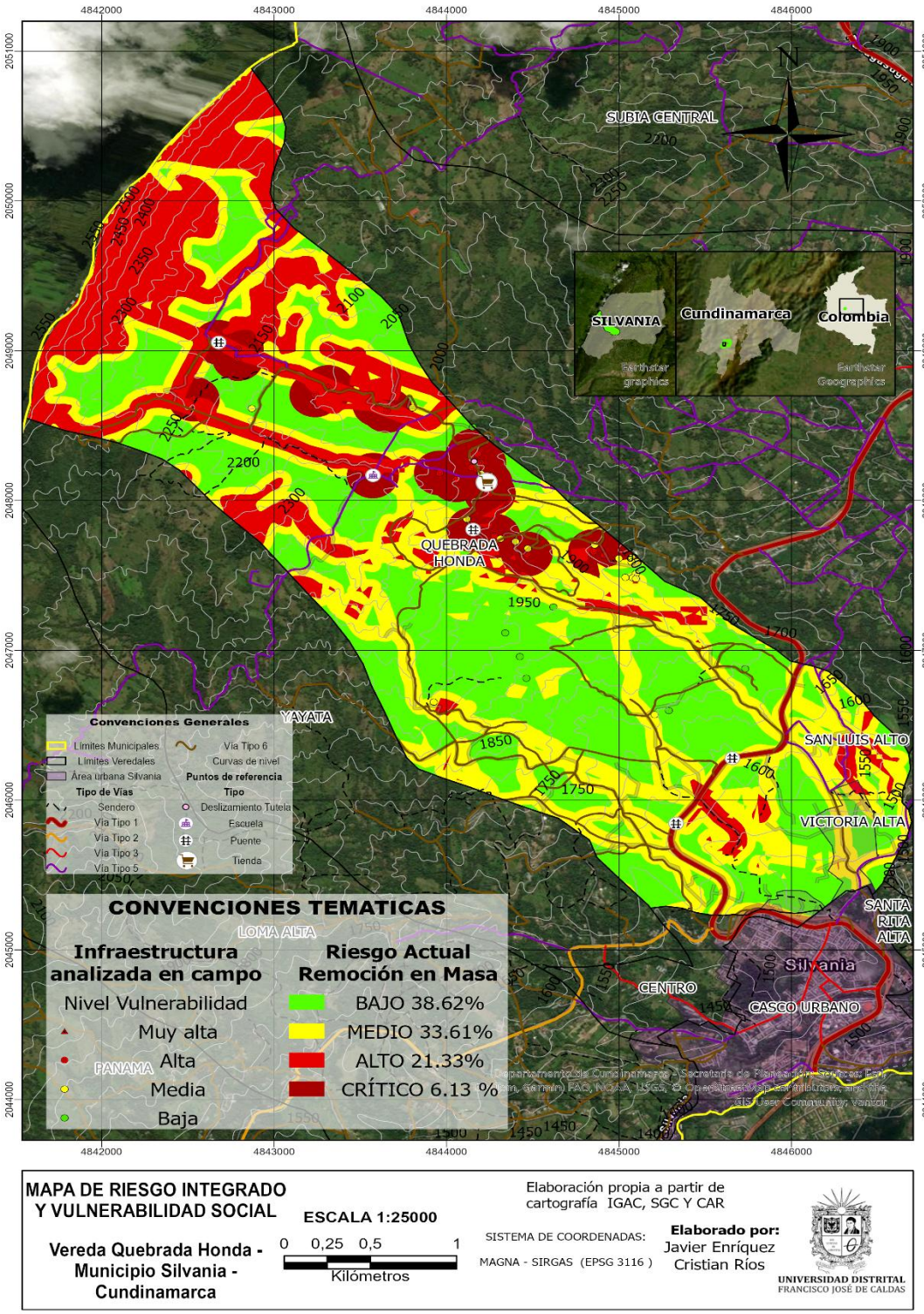
Mapa 8 Ecosistemas



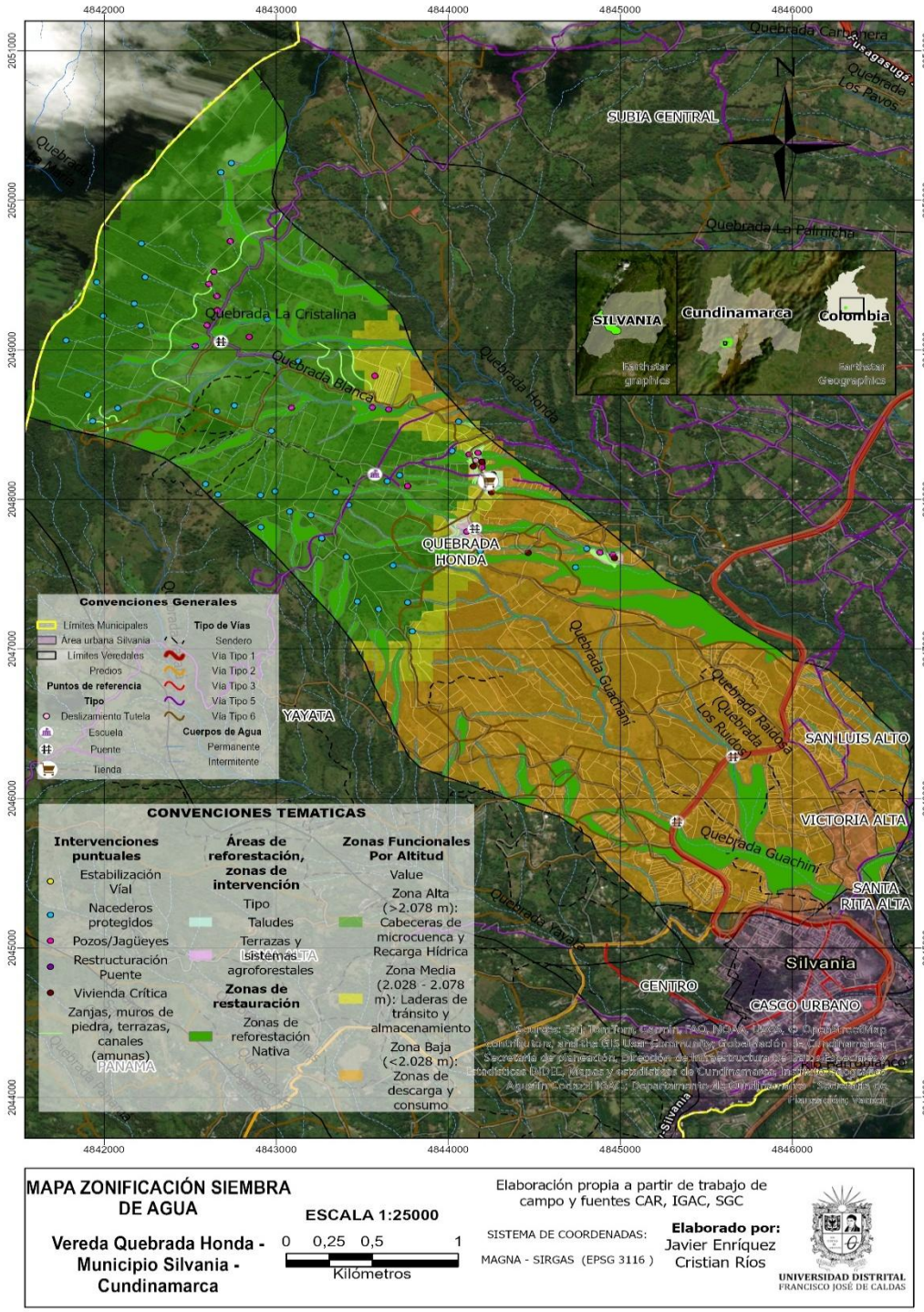
Mapa 9 Riesgo Remoción en Masa CAR 2019



Mapa 10 Riesgo Acual Integrado y Vulnerabilidad Social



Mapa 11. Zonificación de siembra de agua Vereda Quebrada Honda



10.2 CÁLCULOS MORFOMÉTRICOS Y DE ZONIFICACIÓN MEDIANA DE ALTITUD

Parámetro	Valor	Unidad	Interpretación técnica
Área (A)	11,2	km²	Superficie de aporte hídrico; cuenca de orden medio con respuesta hidrológica rápida
Perímetro (P)	17,3	km	Longitud del contorno; influye en el tiempo de concentración de la escorrentía
Longitud cauce principal (L)	5,85	km	Distancia desde el parteaguas hasta el punto de cierre; condiciona la velocidad de flujo
Densidad de drenaje	4,345	km/km²	**Alta**: indica suelos de baja permeabilidad y predominio de escorrentía superficial
Factor de forma	0,327	—	**Cuenca alargada**: respuesta hidrológica amortiguada, menor probabilidad de picos simultáneos
Índice de compacidad	1,448	—	Forma oval-oblonga; torrencialidad moderada, compatible con laderas andinas
Coeficiente de circularidad	0,47	—	Confirma forma no circular; reduce riesgo de concentración súbita de caudales
Tiempo de concentración	25,62	min	Confirma una cuenca con alta torrencialidad en eventos de lluvia Maxima, con tiempos de respuesta corta

Fuente. Procesamiento propio en ArcGIS Pro, 2026.

Nota. Los cálculos se realizaron en ArcGIS Pro a partir de un Modelo Digital de Elevación USGS Sentinel 2 (10 m), con proyección MAGNA-Colombia Bogotá (EPSG: 3116). La pendiente media (S) utilizada fue de 28.5%.

10.3 VALORES DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA – MICROCUENCA QUEBRADA HONDA

CÁLCULO AUTOMÁTICO - CURVA HIPSOMÉTRICA - QUEBRADA HONDA				
Rango altitudinal (msnm)	**Punto elev**	**Área (km^2)**	**%A**	**Área acumulada m^2 (aa)**
1520-1570	1545	0,032917	0,29382308	32,917
1570-1620	1595	0,069573	0,62102116	102,49
1620-1670	1645	0,148649	1,3268678	251,139
1670-1720	1695	0,28241	2,52084263	533,549
1720-1770	1745	0,294288	2,6268678	827,837
1770-1820	1795	0,360506	3,21794162	1188,343
1820-1870	1845	0,425457	3,79770597	1613,8
1870-1920	1895	0,428073	3,82105686	2041,873
1920-1970	1945	0,431848	3,85475319	2473,721
1970-2020	1995	0,516734	4,61246095	2990,455
2020-2070	2045	0,73356	6,54788896	3724,015
2070-2120	2095	0,911484	8,1360707	4635,499
2120-2170	2145	1,062847	9,48716415	5698,346
2170-2220	2195	1,450372	12,9462822	7148,718
2220-2270	2245	1,258242	11,2312952	8406,96
2270-2320	2295	0,967327	8,63453539	9374,287
2320-2370	2345	0,532465	4,75287869	9906,752
2370-2420	2395	0,353716	3,15733286	10260,468
2420-2470	2445	0,321964	2,87390877	10582,432
2470-2520	2495	0,235851	2,10524859	10818,283
2520-2570	2545	0,079036	0,7054896	10897,319

Parámetros morfométricos derivados:

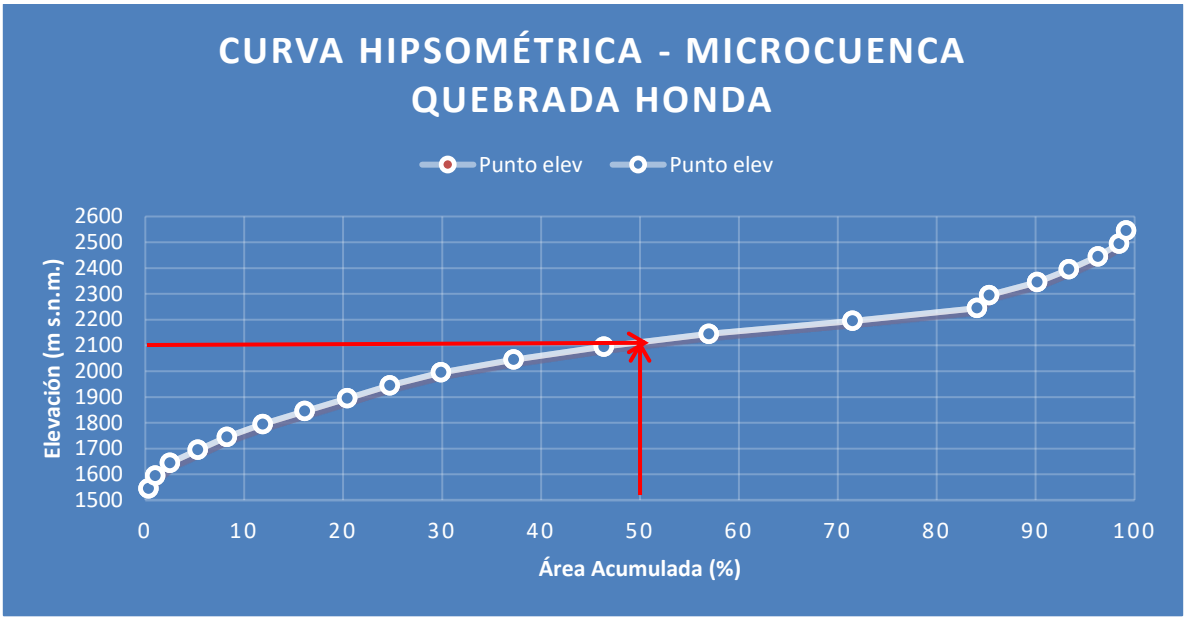
• Altitud media ponderada: 2047.35 m s.n.m.

• Altitud mediana (umbral de zonificación): 2098.42 m s.n.m. ≈ 2100 m s.n.m.

• Área total de la microcuenca: 11.2085 km²

Fuente: Elaboración propia a partir de SENTINEL 2 USGS (10 m), procesado en ArcGIS Pro con proyección MAGNA-Colombia_Bogota (EPSG:3116), 2026.

10.4 GRAFICO DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA – MICROCUENCA QUEBRADA HONDA



10.5 RESUMEN ENTREVISTAS

Se realizaron 24 entrevistas semiestructuradas a habitantes de la vereda Quebrada Honda, incluyendo: 23 entrevistas a familias residentes (muestra intencional no probabilística bajo criterios de vulnerabilidad) y 1 entrevista a la Coordinadora de Gestión del Riesgo de la Alcaldía Municipal de Silvania

Criterios de selección:

Habitantes de zonas de alto riesgo identificadas en el Fallo de Tutela Muestra: n=24 entrevistas (23 familias + 1 coordinadora de Gestión del Riesgo), Vereda Quebrada Honda, Silvania (Cundinamarca), Periodo: Segundo semestre 2025

A. VARIABLES NUMÉRICAS

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS — VARIABLES NUMÉRICAS (n=24 entrevistas)							
Variable	**Mín**	**Máx**	**Promedio**	**Mediana**	**Moda**	**Total**	**Observación**
Edad (años)	6	68	52,125	53	68 (más frecuente)		Rango etario amplio; predominan adultos mayores
Años de residencia	3	50	19,42	8	56 (máximo)		Alta arraigo territorial
N° personas hogar	1	6	3,25	3	2	69	Hogares pequeños a medianos
Menores de edad	0	4	1,4	1	0	15	Presencia significativa de niños en hogares vulnerables
Mayores de 65 años	0	23	0,75	1	1	23	Población altamente vulnerable presente en todos los hogares

B. VARIABLES CATEGÓRICAS

Sexo	**Porcentaje**
Masculino (M)	62.5%
Femenino (F)	37.5%
Nivel educativo	**Porcentaje**
Primaria incompleta / preescolar	37.5%
Primaria completa	12.5%
Bachillerato	25.0%
Técnico/Universitario	25.0%
Tipo de vivienda	**Porcentaje**
Propia	37.5%

Familiar/Vivienda familiar	37.5%
Arrendada	12.5%
Secesión/Otro	12.5%
Material predominante vivienda	**Porcentaje**
Bloque y cemento	37.5%
Madera	25.0%
Material mixto	25.0%
No especificado	12.5%
Percepción del riesgo	**Porcentaje**
Alto	62.5%
Medio	25.0%
Bajo	12.5%
Vivienda/finca afectada por eventos	**Porcentaje**
Sí	75.0%
No	12.5%
No especificado	12.5%
Conoce siembra de agua	**Porcentaje**
No	87.5%
Sí / parcialmente	12.5%
Capacitación en gestión del riesgo	**Porcentaje**
No	100.0%
Sí	0.0%
Organización comunitaria frente al riesgo	**Porcentaje**
No	87.5%
En proceso	12.5%
Ayuda recibida del Estado	**Porcentaje**
No ha recibido	75.0%

Solo asesoría académica	12.5%
Materiales (cemento/zinc)	12.5%
Ocupación principal	**Porcentaje**
Agricultura/Jornalero	62.5%
Ganadería/Derivados	25.0%
Otros	12.5%
Fuente de agua	**Porcentaje**
Nacedero	37.5%
Lluvia/Aljibe/Acueducto veredal	37.5%
Caño/Quebrada	25.0%
Prácticas de conservación ambiental	**Porcentaje**
No realiza	50.0%
Siembra de árboles/nativos	37.5%
Otro	12.5%

C. HALLAZGOS CLAVE

HALLAZGOS CLAVE PARA LA MONOGRAFÍA — Entrevistas Quebrada Honda (n=24)			
Dimensión	**Hallazgo Principal**	**Dato/Evidencia**	**Implicación para el Modelo**
Vulnerabilidad sociodemográfica	Población adulta mayor predominante con bajo nivel educativo	33,33% de entrevistados >65 años; 37.5% solo primaria incompleta	El modelo debe privilegiar metodologías pedagógicas visuales y prácticas; lenguaje sencillo en la cartilla
Exposición al riesgo	6 de 8 hogares han sido afectados directamente por deslizamientos o vendavales	75% reporta afectación directa a vivienda o finca	Urgencia de intervención en zona baja (<2100 m); bioingeniería

			en predios habitados
Percepción del riesgo	Percepción alta o media en 7 de 8 casos, pero sin traducirse en acciones preventivas	62.5% percepción alta; 0% ha recibido capacitación en GRD	Existe conciencia del riesgo pero vacío de capacidades; la Asociación llena ese vacío
Conocimiento de siembra de agua	Desconocimiento casi total de la práctica como concepto técnico	87.5% desconoce la siembra de agua; pero 37.5% ya practica cosecha de agua empíricamente	La siembra de agua debe presentarse recuperando prácticas que YA hacen; no como algo nuevo y externo
Organización comunitaria	Ausencia total de organización formal frente al riesgo	87.5% reporta que la comunidad NO cuenta con organización; 100% sin capacitación	Validación del componente de Asociación 'Guardianes del Territorio Vivo' como necesidad urgente
Abandono institucional	El Estado no ha llegado con soluciones estructurales; solo materiales puntuales hace 10 años	75% no ha recibido ayuda estatal; 1 caso recibió cemento y zinc del Gobierno Nacional hace 10 años	El fallo judicial es el mecanismo correcto para forzar la acción estatal; el modelo comunitario actúa mientras
Actividad económica	Economía de subsistencia: agricultura, jornales y ganadería	62.5% depende de agricultura/jornales; 0 hogares con ingresos diversificados	El modelo debe generar empleo local (brigadas de bioingeniería pagas) para ser viable socialmente
Fuentes de agua	Dependencia de nacederos y agua lluvia sin tratamiento; alta vulnerabilidad hídrica	37.5% se abastece de nacederos; 37.5% de lluvia/aljibe; 0% con agua potable garantizada	La siembra de agua protege la fuente de sustento hídrico directamente; argumento comunitario clave

Prácticas de conservación	50% no realiza ninguna práctica de conservación; pero 37.5% ya siembra árboles nativos	Existe un grupo pionero con prácticas de conservación que puede ser núcleo de la Asociación	Identificar a estas familias como líderes técnicos del proceso de bioingeniería comunitaria
Percepción de dificultades	La vía es la principal queja comunitaria, pero los deslizamientos son la causa	Múltiples entrevistados mencionan la vía como problema #1; los deslizamientos como causa	Comunicar el modelo como solución a la vía (efecto) atacando los deslizamientos (causa)

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas semiestructuradas, 2025.