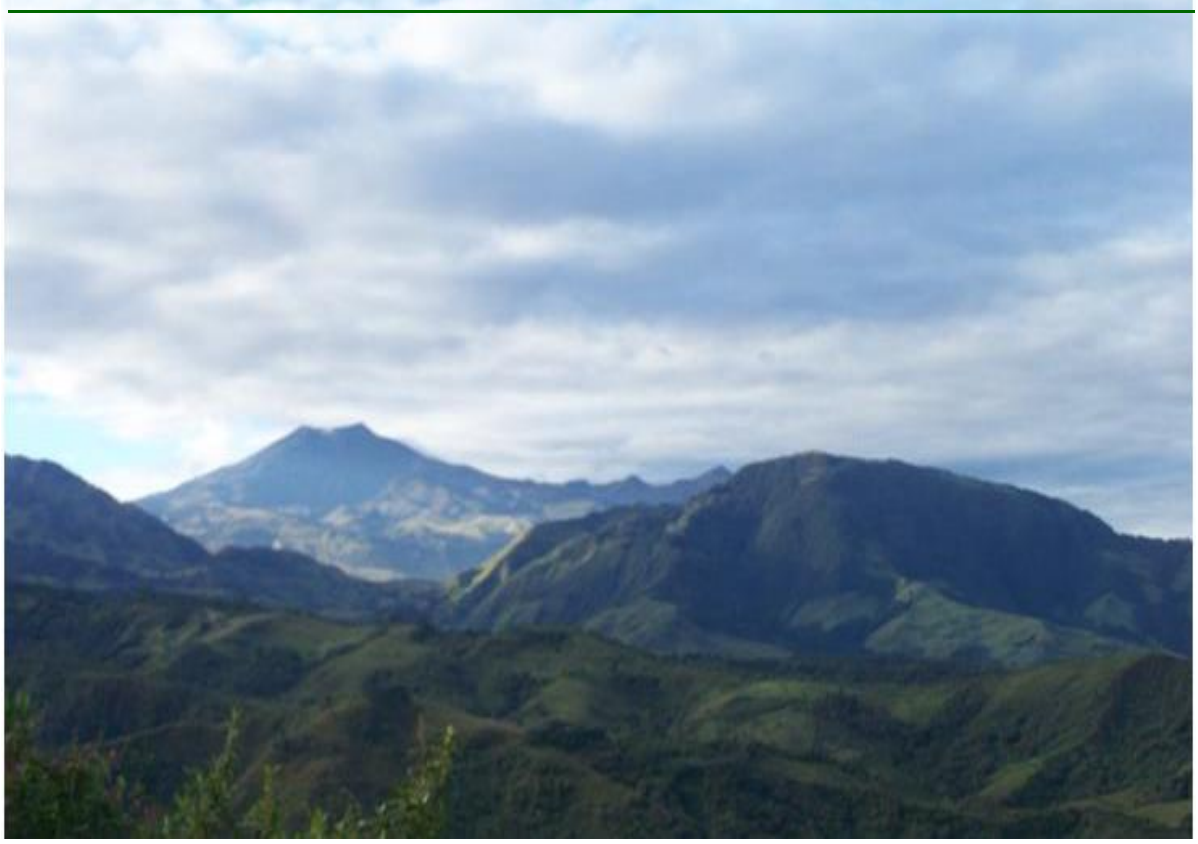
Programa Conjunto de Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano



Susceptibilidad de amenazas, vulnerabilidad física y escenarios de riesgos asociados a amenazas hidroclimáticas en el Municipio de Puracé, Cauca.

Tabla de Contenido

Agradecimientos 8

Abreviaturas 10

1. Introducción 11

2. Objetivos 13

3. Metodología 14

4. Evaluación de la información inicial base disponible para la elaboración de los estudios técnicos. 22

4.1. Riesgos presentados en el Esquema de Ordenamiento Territorial EOT vigente en el Municipio 22

4.2. Descripción de la información primaria 25

4.3. Descripción de la información secundaria 27

5. Susceptibilidad de amenaza por deslizamientos, incendios de cobertura vegetal e inundaciones súbitas. 29

5.1. Caracterización física general del Municipio de Puracé 29

5.1.1. División político administrativa del Municipio 29

5.1.2. Geología 31

5.1.3. Pendiente 32

5.1.4. Geomorfología 33

5.1.5. Suelos 35

5.2. Resultados para el resguardo indígena de Kokonuko. 43

5.3. Resultados para el resguardo indígena de Paletará 44

5.4. Resultados para el resguardo indígena de Puracé 46

5.5. Resultados para el corregimiento de Santa Leticia y el resguardo indígena de Juan Tama . 48

5.6. Resultados consolidados para el Municipio. 50
6. Vulnerabilidad Física 54
6.1. Resultados para el resguardo indígena de Kokonuko 54
6.2. Resultados para el resguardo indígena de Paletará 57
6.3. Resultados para el resguardo indígena de Puracé 60
6.4. Resultados para el corregimiento de Santa Leticia y resguardo indígena de Juan Tama. 63
6.5. Resultados para el corregimiento de Santa Leticia y resguardo indígena de Juan Tama. 67
7. Escenarios de riesgo. 68
7.1. Escenarios de riesgos por deslizamientos e inundaciones súbitas. 69
7.1.1. Estructuración, clasificación y ponderación de unidades de mapas temáticos (mapas parámetro) 69
7.1.1.1. Mapa de pendientes 70
7.1.1.2. Mapa Geológico 71
7.1.1.3. Mapa Geomorfológico 71
7.1.1.4. Mapa de suelos 72
7.1.1.5. Mapa de Disparo por lluvias a partir del método Mora-Vahrson-Mora (2002)..... 73
7.1.1.6. Mapa de Humedad a partir del método Mora-Vahrson-Mora (2002)..... 75
7.1.1.7. Mapa de Humedad a partir de la caracterización hidrológica del área. 80
7.2. Escenarios de riesgo por incendios forestales y de cobertura vegetal en el Municipio de Puracé..... 84
8. Evaluación de zonas de riesgo mitigable y no mitigable y recomendaciones de uso de suelo para el EOT y para programas de reasentamientos del Municipio. 90
8.1. Riesgo en el Municipio. 90
8.1.1. Clases de riesgo por deslizamiento e inundaciones súbitas. 90
8.1.1.1. Condiciones normales. 90
8.1.1.2. Condiciones de evento ENOS (Fase fría) 92
8.1.2. Clases de riesgo por incendio forestal y de cobertura vegetal. 94
8.1.3. Riesgo mitigable. 96
8.1.4. Riesgo no mitigable. 104
8.2. Recomendaciones de uso del suelo para el EOT. 107

9. Lineamientos para la incorporación de la evaluación, prevención y reducción del riesgo asociados al cambio climático. 116
9.1. Reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático. 116
9.1.1. Evaluación de riesgos climáticos actuales y futuros en base a amenazas naturales. 116
9.2. Análisis de la información hidrometeorológica como base para la evaluación de riesgos de desastres asociados al cambio climático 119
9.2.1. Evaluación de las condiciones climáticas intrínsecas. 120
9.2.2. Evaluación de los "detonantes" asociados al clima. 128
9.3. Planteamiento de escenarios de riesgo. 128
10. Conclusiones y recomendaciones 130
11. Bibliografía 134

Listado de mapas

Mapa 1. Mapa físico del Municipio. 29
Mapa 2. Mapa político-administrativo del Municipio. 30
Mapa 3. Mapa Geológico 32
Mapa 4. Mapa de pendientes. 33
Mapa 5. Mapa Geomorfológico. 35
Mapa 6. Mapa de suelos. 36
Mapa 7. Mapa de percepción del riesgo del resguardo indígena de Kokonuko. 44
Mapa 8. Mapa de percepción del resguardo indígena de Paletará. 45
Mapa 9. Mapa de percepción del riesgo resguardo indígena de Puracé. 48
Mapa 10. Mapa de percepción del riesgo Corregimiento de Santa Leticia y resguardo indígena de Juan Tama. 49
Mapa 11. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos del Municipio de Puracé. 50
Mapa 12. Mapa de susceptibilidad a inundaciones súbitas en el Municipio de Puracé. 51
Mapa 13. Mapa de susceptibilidad a incendios de cobertura vegetal en el Municipio de Puracé. 52
Mapa 14. Mapa de susceptibilidad a amenazas de origen hidroclimático del Municipio de Puracé. 53
Mapa 15. Elementos expuestos resguardo indígena de Kokonuko 55
Mapa 16. Elementos expuestos resguardo indígena de Paletará. 59
Mapa 17. Elementos expuestos resguardo indígena de Puracé. 60

Mapa 18. Elementos expuestos corregimiento de Santa Leticia. 63
Mapa 19. Elementos expuestos. Consolidado para el Municipio. 67
Mapa 20.Ubicación de estaciones hidrometeorológicas que influyen en el Municipio. 73
Mapa 21. Índice de humedad a partir de la caracterización hidrológica de la zona. 80
Mapa 22. Escenario de riesgos por deslizamiento e inundaciones súbitas en condiciones "normales" para el Municipio de Puracé. 82
Mapa 23. Mapa de escenarios de riesgo por deslizamiento e inundaciones súbitas en condiciones de eventos ENOS (fase fría) para el Municipio de Puracé. 83
Mapa 24. Mapa de amenaza total por incendios forestales en el Municipio de Puracé. 85
Mapa 25. Mapa de vulnerabilidad total a incendios forestales del Municipio de Puracé. .. 87
Mapa 26. Mapa de riesgo por incendios forestales del Municipio de Puracé. 89
Mapa 27. Escenario de riesgo por deslizamiento en "condiciones normales". 90
Mapa 28. Escenario de riesgo por deslizamiento en evento ENOS (fase fría). 93
Mapa 29. Riesgo por incendio forestal y de cobertura vegetal bajo condiciones "normales". 94
Mapa 30. Mapa de sombras generado para el Municipio a partir de dos Modelos de Elevación Digital. 122
Mapa 31. Mapa de dirección de flujo. 123
Mapa 32. Mapa de acumulación de flujos. 124
Mapa 33. Mapa booleano de drenaje mostrando detalle de un sector. 124
Mapa 34. Mapa de jerarquización de drenajes. 125
Mapa 35. Mapa de microcuencas en donde se muestran con drenajes extraídos mediante el procesamiento del DEM. 126
Mapa 36. Índice de humedad calculado. 127
Mapa 37. Mapa de índice de humedad del Municipio. 127

Listado de figuras

Figura 1. Visualización de las imágenes de satélite que cubren el Municipio. 27
Figura 2. Fotografías deslizamientos sector río Claro Alto. 58
Figura 3. Ejemplos de deslizamientos rotacionales y procesos de erosión fuerte. 58
Figura 4. Afectaciones recurrentes en caminos veredales. 64
Figura 5. Ejemplo deslizamientos traslacionales característicos en Santa Leticia. 65
Figura 6. Fotografía que evidencia los diferentes factores que intervienen en la ocurrencia de deslizamiento en el Municipio. 69
Figura 7. Porcentaje de clases de pendiente en el Municipio. 70
Figura 8. Comportamientos de las precipitaciones en el 2008, registrados en la estación de Santa Leticia. 74
Figura 9. Precipitaciones promedio mensuales. 77
Figura 10. Representación gráfica del procesamiento (metodología para el análisis de la amenaza por incendio de cobertura vegetal). 84
Figura 11. Representación gráfica del procesamiento (metodología para el análisis de la vulnerabilidad ante incendios forestales). 86
Figura 12. Representación gráfica del procesamiento (metodología para el análisis del riesgo ante incendios forestales). 88
Figura 13. Vista de amenaza concatenada en el sector de Agua Hirviendo. 97
Figura 14. Vista de la vereda Pisanrabó desde Cobaló. 98
Figura 15. Puente sobre Quebrada Chulumbio. 98
Figura 16. Evidencias de deforestación en el resguardo. 99
Figura 17. Ejemplo de zonas de muy alto riesgo en el resguardo de Kokonuko. 99
Figura 18. Deslizamiento sector La Creciente. 100
Figura 19. Ejemplo de afectaciones en la banca de una vía. 101
Figura 20. Afectación sobre la vía que comunica la vereda La Playa con el Huila. 101
Figura 21. Fotografías que evidencian los movimientos en masa que afectan el corregimiento de Santa Leticia. 103
Figura 22. Fotografía de zona de ubicación del acueducto veredal de Aguacatal. 106
Figura 23. Fotografía escuela San Fernando. 106
Figura 24. Secuencia propuesta en el MPA para evaluar los riesgos climáticos actuales. 117
Figura 25. Representación gráfica de la metodología para el análisis de las variables climáticas en los estudios de riesgos. 119
Figura 26. DEM antes de la operación Fill Sinks. 122

Figura 27. DEM sin depresiones..... 123
Figura 28. Metodología básica para el planteamiento de los escenarios de riesgo..... 129

Listado de Tablas

Tabla 1. Información de áreas por resguardo y corregimiento..... 30
Tabla 2. Inventario de elementos expuestos. Resguardo Indígena de Kokonuko. 56
Tabla 3. Inventario de elementos expuestos. Resguardo Indígena de Puracé. 61
Tabla 4. Inventario de elementos expuestos Corregimiento de Santa Leticia. 65
Tabla 5. Clases de pendiente y su ponderación. 70
Tabla 6. Unidades geológicas y su ponderación. 71
Tabla 7. Unidades geomorfológicas y su ponderación. 71
Tabla 8. Unidades de suelos y su ponderación. 72
Tabla 10. Cobertura de información de cada una de las estaciones del Municipio. 75
Tabla 9. Valoración del parámetro disparo por lluvia. 75
Tabla 11. Registro de precipitaciones promedio mensuales. 76
Tabla 12. Valores asignados a los promedios mensuales de lluvia (Mora et al., 1992). 77
Tabla 13. Valoración del parámetro humedad del terreno (SH) (Mora et al., 1992). 78
Tabla 14. Ponderación asignada a cada una de las clases del mapa de humedad. 79
Tabla 15. Información histórica de eventos ocurridos en el Municipio..... 81
Tabla 16. Recomendaciones de uso del suelo resguardo indígena de Kokonuko. 107
Tabla 17. Recomendaciones de uso del suelo resguardo indígena de Paletará..... 110
Tabla 18. Recomendaciones de uso del suelo resguardo indígena de Puracé..... 112
Tabla 19. Recomendaciones de uso del suelo corregimiento de Santa Leticia. 113
Tabla 20. Rango de valores para reclasificar los valores de humedad..... 120
Tabla 21. Rango de valores para reclasificar los valores de humedad. 120
Tabla 22. Valoración del parámetro de disparo por lluvias Dll..... 128
Tabla 23. Ponderación del parámetro de disparo por lluvias Dll..... 128

Agradecimientos

El estudio de riesgos que se presenta a continuación, es el resultado de un intenso trabajo participativo que demandó el compromiso colectivo y apoyo institucional y de representantes comunitarios, que ha enriquecido y hecho posible el análisis de riesgos asociados a amenazas hidroclimáticas en el Municipio de Puracé.

Agradecemos especialmente el valioso apoyo técnico brindado por INGEOMINAS, por personal de la alcaldía Municipal y por los promotores de la comunidad campesina y los cabildos indígenas, en especial a cada una de las siguientes personas:

Acompañamiento Institucional

Miguel Yace –Alcalde, municipio de Puracé.
Juan Pablo Buchelli, secretario de Planeación Municipal, Alcaldía de Puracé.
Carlos Horacio Gómez Quintero - Asesor general, Alcaldía Municipal de Puracé
Marco Fidel Fernández – Asesor de planeación, Alcaldía Municipal de Puracé
Luis Felipe Márquez – Dirección de Desarrollo Territorial - MAVDT

Equipo de trabajo

Angela Marcela Suarez Catiblanco – Profesional experta en riesgos.
José Domingo Caldón - Sabedor indígena
Claudia Capera Layton - Asesora técnica del Programa Conjunto
Fabian Mauricio Caicedo Carrascal – Caracterización hidroclimática.
Andrés González Posso– Coordinador del Programa Conjunto

Asesoría Técnica y Metodológica:

Adriana Agudelo – Coordinadora técnica INGEOMINAS Popayán.
Diana Quintero -Geóloga INGEOMINAS.
Edgar Carrillo – Asistencia técnica INGEOMINAS.
Carlos Laverde – Asistencia técnica INGEOMINAS.
Gabriel Páramo - Biólogo consultor para incendios forestales IDEAM
Oscar Martínez – Experto en Inundaciones IDEAM.
Reynaldo Sánchez – Experto en Deslizamientos IDEAM.
María Patricia Cuervo - IDEAM

Levantamiento de información para inventarios de amenaza y elementos expuestos:

Resguardo Indígena de Kokonuco
Líber Arboleda - Promotor comunitario.
Alfonso Benavides, promotor comunitario.

Resguardo indígena de Juan Tama.
Jesús Edison Pete, guardia indígena
John Edwin Quilcue, guardia indígena
Yohany Menza, guardia indígena
Bernardo Mundi Pacho, guardia indígena

Resguardo indígena de Paletará.
Lorena Muñoz Zambrano, promotora comunitaria
Ronald Muñoz, promotor comunitario
Karina Bolaños, promotor comunitario

Resguardo indígena de Puracé.
Oswaldo Quilindo, promotor comunitario
Irene Caldón, promotor comunitario
Fabian Mazabuel, promotor comunitario
Adriana Caldón, promotor comunitario
Floresmiro Pizo, promotor comunitário

Corregimiento de Santa Leticia.
Amparo Cuasquer - Integrante de la asociación de mujeres del Municipio.
Dionel Gaspar - Presidente de la asociación de cafeteros de Santa Leticia.
Primitiva Chilma - Presidenta de la Junta de Acción Comunal de la vereda Calabozo.
Rodolfo Julí - Presidente de la Junta de Acción Comunal de la vereda Bellavista.
Marco Quirá – Líder comunitario vereda Aguacatal.

Abreviaturas

CEDERI	Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos.
CIACUA	Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados.
CLOPAD	Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres.
DESINVENTAR	Sistema de Inventario de Desastres para América Latina y el Caribe.
DWG	Formato de dibujo de software AUTOCAD.
EIRD	Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres.
EOT	Esquema de Ordenamiento Territorial
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PNUD	Programa Naciones Unidas para el Desarrollo
SHP	Shapefile. Formato de información vectorial.
SIG	Sistemas de Información Geográfica

1. Introducción

El análisis de vulnerabilidad al cambio climático evidencio la necesidad de avanzar en la identificación de los riesgos por amenazas naturales del municipio de Puracé, al igual que en instrumentos de gestión para afrontarlos. En el marco de las medidas de adaptación, una de las medida estratégicas definidas fue la de "Planificación territorial para la reducción del riesgo y construcción de un territorio seguro" con el fin de Aumentar capacidad de respuesta para la reducción de los riesgos por amenazas naturales recurrentes asociadas a impactos de la variabilidad climática" a partir de la cual se desarrollaron acciones orientadas a fortalecer a los diferentes actores y autoridades territoriales en la gestión del riesgo.

El estudio de riesgos que se presenta en este documento, contiene el análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo del Municipio de Puracé en el departamento del Cauca y las recomendaciones para la incorporación del componente de prevención y reducción del riesgo en el EOT y del Plan Municipal de Gestión de Riesgos, en el marco de la adaptabilidad al cambio climático. El estudio de riesgos que se presenta a continuación, contiene:

En la primera parte se presenta un diagnóstico que contiene la síntesis de la información análoga y digital existente sobre amenazas naturales recurrentes, y la evaluación del contexto local para la incorporación de la gestión del riesgo en el municipio.

En la segunda parte, se presentan los resultados de la zonificación de susceptibilidad a amenazas sobre una cartografía básica suministrada por la alcaldía municipal del año 1986 (escala 1:25.000), pero que ha sido estructurada y actualizada mediante recorridos de campo realizados por promotores comunitarios y mediante la interpretación de imágenes de satélite del sensor SPOT que cubren la zona, las cuales fueron proporcionadas por IDEAM.

También se presenta la identificación y zonificación de la vulnerabilidad física ante las amenazas por deslizamientos, inundaciones súbitas e incendios de cobertura vegetal; así como los escenarios de riesgos ante estas amenazas en el Municipio, que corresponden a mapas de riesgo ante estos eventos en condiciones normales y en condiciones de eventos ENOS, en sus fases cálida (El Niño) y fría (La Niña). Los escenarios de riesgo por incendio de cobertura vegetal que se presentan en este informe, corresponden al resultado del estudio piloto realizado por el IDEAM como contraparte nacional del Programa Conjunto de Integración de Ecosistemas y Adaptación al cambio climático en el macizo colombiano[1].

[1] El estudio presenta de manera gráfica y resumida la metodología utilizada para el planteamiento de los escenarios de riesgo por incendios y los resultados obtenidos. Es por esto, que para conocer en detalle la metodología empleada para el planteamiento de los escenarios de riesgos por incendio, se recomienda ver el informe titulado: "Protocolo Metodológico

En la tercera parte, se presenta la evaluación de las zonas de riesgo mitigable y no mitigable y las recomendaciones de uso del suelo para el Esquema de Ordenamiento Territorial y para programas de reasentamiento del Municipio de Puracé.

El estudio de riesgos tiene como punto de partida un análisis participativo de percepción del riesgo, el levantamiento de la información en campo y el planteamiento de escenarios de riesgo en el Municipio, desarrolla lineamientos metodológicos y conceptuales que se tuvieron en cuenta para el análisis y planteamiento de los escenarios de riesgos asociados al clima en el Municipio de Puracé. Igualmente contiene el trabajo realizado por un grupo de promotores comunitarios indígenas y campesinos, quienes han sido capacitados y han puesto en práctica los conocimientos adquiridos y actualmente apoyan a las comunidades y cabildos en la implementación de las estrategias de reducción de riesgo con enfoque de adaptación al cambio climático.

La identificación de riesgos, base fundamental de este estudio, se hizo con participación de instituciones claves como la Alcadía de Puracé, los cabildos indígenas de Paletará, Kokonuco y Puracé, INGEOMINAS e IDEAM, y con la participación de promotores comunitarios indígenas y campesinos, quienes además han actualizado los inventarios de amenazas, así como los de elementos expuestos, siendo este un resultado de vital importancia para la reducción de riesgos por amenazas naturales recurrentes asociadas a la variabilidad climática.

El trabajo de análisis y zonificación de riesgos en el Municipio de Puracé aporta elementos para la posterior inclusión del riesgo en el Esquema de Ordenamiento Territorial y para el Plan de Gestión de Riesgos del Municipio, como también insumos para los Planes de Vida Indígenas y los Planes Ambientales Indígenas; de modo que estos instrumentos de planificación institucionales y comunitarios, se puedan conviertir a su vez en herramientas de reducción del riesgos a nivel local.

Para La Realización De La Zonificación De Riesgos Por Incendio Forestales Y De La Cobertura Vegetal A Niveles Regional Y Local (Escalas 1:100000 Y 1:50000)", en www.cambioclimaticomacizo.org

2. Objetivos

El estudio de riesgos que se presenta a continuación tiene como objetivo principal formular recomendaciones al municipio de Puracé con relación al uso del suelo y la reducción del riesgos, a partir de la construcción de escenarios de riesgo ante amenazas por deslizamientos, inundaciones súbitas, e incendios de cobertura vegetal en el Municipio de Puracé, Cauca.

De manera específica el programa conjunto, con IDEAM, INGEOMINAS y la Alcaldía de Puracé, se propusieron:

- ✓ Explorar la percepción del riesgo en grupos focales con representantes de la comunidad campesina e indígena del Municipio de Puracé.

- ✓ Capacitar a representantes de la comunidad indígena y campesina del Municipio –promotores comunitarios- en el manejo del GPS y en herramientas de Sistemas de Información Geográfica, para la toma de información en campo de amenazas y elementos expuestos ante diferentes eventos y la generación de la cartografía y las bases de datos respectivas de inventario de amenazas y elementos expuestos.

- ✓ Generar y actualizar las bases de datos correspondientes al inventario de elementos expuestos del Municipio, a ser alimentadas por la comunidad.

- ✓ Determinar la susceptibilidad de amenaza por deslizamientos, inundaciones súbitas, e incendios de cobertura vegetal en el Municipio de Puracé, Cauca.

- ✓ Determinar la vulnerabilidad física ante deslizamientos, inundaciones súbitas, e incendios de cobertura vegetal en el Municipio de Puracé, Cauca.

3. Metodología

En términos generales el planteamiento de escenarios de riesgos se desarrolló en 5 fases, que se describen en detalle en el documento titulado "*Guión metodológico para la elaboración de los estudios técnicos para el análisis de amenaza, vulnerabilidad física y riesgos del Municipio de Puracé, Cauca*" y que corresponden:

1. Identificación de la percepción del riesgo con representantes de la comunidad.
2. Evaluación de la susceptibilidad ante las amenazas naturales recurrentes identificadas en el Municipio (incendios, deslizamientos e inundaciones súbitas).
3. Evaluación de la vulnerabilidad física ante amenazas naturales recurrentes en el Municipio.
4. Planteamiento de escenarios de amenazas y riesgos en el Municipio.

1. Identificación de la percepción del riesgo con representantes de la comunidad.

En los talleres de percepción se hizo una puesta en común de conceptos usados dentro del trabajo de reducción del riesgo como: Amenaza, vulnerabilidad, riesgo, desastre y de adaptación al cambio climático. Asimismo, se hizo una puesta en común sobre las clases de deslizamientos y cómo es su reconocimiento mediante recorridos en campo.

La fase de percepción e identificación del riesgo por parte de la comunidad, se consideró fundamental, teniendo en cuenta que este estudio:

- ✓ Se basa en un trabajo participativo de identificación de riesgos, que busca la apropiación de los resultados por parte de la comunidad, para que estos sean una herramienta útil en la formulación de instrumentos de planificación como el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio, el Plan Municipal de Gestión del Riesgo, el Plan Local de Emergencia y Contingencia, los planes de vida de las comunidades indígenas y los Planes Ambientales Indígenas.
- ✓ Se centra en el diálogo de saberes para tener un mayor conocimiento de los escenarios de riesgos en el territorio. De esta forma, la identificación de riesgos en el Municipio inicia con la exploración de la percepción que tiene la comunidad de su espacio y de sus

riesgos, para definir el trabajo técnico a realizar (recorridos de campo, interpretación de información espacial, modelamiento del espacio) por los técnicos y promotores comunitarios.

- ✓ Enfatiza en el fortalecimiento de capacidades de un grupo de promotores comunitarios para que sean ellos los encargados de la identificación de riesgos en campo y en información espacial (manejo de navegadores GPS para la captura de información en campo, identificación de deslizamientos en campo, alimentación de bases de datos en SIG, elaboración de cartografía básica). Esto con el fin de dejar capacidad instalada que le permita a la comunidad (cabildos, asociaciones campesinas, alcaldía) contar con un inventario de eventos actualizado, el cual se constituye como un instrumento clave en el proceso de gestión del riesgo del Municipio.

2. Evaluación de la susceptibilidad ante las amenazas naturales recurrentes identificadas en el Municipio (incendios, deslizamientos e inundaciones súbitas).

Luego de hacer una revisión de la información espacial y documental disponible, y de estructurar y actualizar con recorridos de campo realizados (con promotores comunitarios) la cartografía básica, el trabajo en campo inició con la exploración de la percepción del riesgo de la comunidad, para lo cual se hizo un taller con representantes de los cabildos y las comunidades campesinas del Municipio. El principal producto de este taller consiste en la elaboración participativa de la cartografía y el análisis de las veredas afectadas por cada una de las amenazas identificadas, esta información permitió contar con una aproximación espacial para iniciar y priorizar el levantamiento de información en campo.

Para el levantamiento de información en campo se priorizaron tres tipos de amenazas a estudiar: amenaza por deslizamiento, amenaza por inundaciones súbitas y amenaza por incendio de cobertura vegetal. Pese a que en los talleres la comunidad identificó otros tipos de amenaza como las heladas, otras amenazas consideradas como recurrentes de acuerdo con las bases de datos de eventos ocurridos, como heladas y granizadas fueron incluidas en el análisis de vulnerabilidad al cambio climático, el cual complementa este estudio y es igualmente un aporte a los diferentes instrumentos de planificación.

El estudio de riesgos, se oriento de acuerdo con las recomendaciones hechas por el Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial en: i) la revisión de recomendaciones del expediente municipal, ii) la guía metodológica para Incorporar la Prevención y la Reducción de

riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial (Serie Ambiente y Desarrollo Territorial se deben tener en cuenta para planificar usos del suelo), iii) la guía para la formulación de planes de gestión de riesgo municipal del Ministerio del Interior.

El siguiente paso consistió en la elaboración del inventario de información de amenazas, para lo cual, se definió con los promotores comunitarios, una ficha en la cual se concretará el tipo de información que requería ser levantada en campo. Posteriormente, los promotores georreferenciaron en campo, con ayuda de cartografía e imágenes de satélite, sitios de amenaza en cada uno de los resguardos y corregimientos del municipio, los cuales fueron visitados y analizados técnicamente con acompañamiento de INGEOMINAS.

Es importante mencionar que para realizar las actividades anteriormente descritas por los promotores comunitarios, fue necesario realizar una fase de aprestamiento, que consistió en:

- ✓ Capacitaciones en el manejo de equipos GPS y manejo de software para el procesamiento de la información capturada en campo; de modo que fueran los mismos promotores, los encargados de elaborar sus propios mapas de inventario de amenazas; así como, alimentar las bases de datos relacionadas. Para esto, se hicieron capacitaciones en sofware como Kosmo y ArcGis.

- ✓ Capacitaciones mediante visitas técnicas y recorridos de campo realizados con el acompañamiento de INGEOMINAS para el reconocimiento de áreas y tipos de deslizamientos y del IDEAM para el tema de incendios.

- ✓ Intercambio de experiencias a nivel conceptual, técnico y de recorridos de campo con la administración municipal y organizaciones del municipio de Paez.

Una vez realizado los mapas de inventario, se identificaron áreas de susceptibilidad a las diferentes amenazas en cada uno de los resguardos y corregimientos; con el fin de contar con un mapa de susceptibilidad a deslizamientos, a inundaciones súbitas y a incendios de cobertura vegetal en el Municipio.

Los mapas de susceptibilidad constituyen una primera aproximación para el análisis de la amenaza; pero es importante resaltar, que para el caso específico de la amenaza por deslizamientos, las zonas de susceptibilidad identificadas se convierten en la principal herramienta para validar la información obtenida con la aplicación de la metodología Mora-Vahrson-Mora ya mencionada.

3. Evaluación de vulnerabilidad física ante amenazas recurrentes.

El riesgo se compone de dos elementos básicos conocidos como amenaza y vulnerabilidad. Ambos factores son interdependientes y se deben evaluar uno en relación con el otro, ya que ninguno puede concebirse de forma separada (no existe amenaza sin vulnerabilidad, ni vulnerabilidad sin amenaza). De acuerdo con este planteamiento, se siguieron los pasos propuestos en la guía metodológica para Incorporar la Prevención y la Reducción de riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial. Serie Ambiente y Desarrollo Territorial, elaborada por el Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, la cual plantea que para hacer un análisis de vulnerabilidad se deben seguir los siguientes pasos básicos:

a. Clasificación de los elementos expuestos.

Teniendo en cuenta la relación entre amenaza y vulnerabilidad, la identificación de elementos expuestos se ha realizado únicamente dentro del área de influencia de los fenómenos. Para esto, se ha hecho un ejercicio a escala macro identificando las posibles zonas de conflicto de uso ó críticas con el fin de reglamentar. Sin embargo, es importante aclarar que para el planteamiento de futuros proyectos en cuanto a servicios públicos, infraestructura o planes parciales, se debe realizar este ejercicio a escala más detallada. Es por esto, que para muchas zonas no se cuenta con el detalle predio a predio que se ha dado en ciertos sectores.

La identificación de elementos expuestos se hizo a partir de recorridos de campo con el apoyo de promotores comunitarios y en base a las zonas de susceptibilidad definidas a priori. Además, algunos puntos identificados como de alto riesgo fueron verificados en campo con acompañamiento de INGEOMINAS.

b. Definición de prioridades, grado de medición y criterios de medición.

Para poder evaluar la vulnerabilidad física es necesario partir de mapas de susceptibilidad a amenazas del Municipio ya elaborados, en los que se han definido unas zonas susceptibles a incendios de cobertura vegetal, inundaciones súbitas y deslizamientos. El estudio de dichas amenazas se baso en una exploración a priori de la percepción del riesgo, así como de los inventarios de eventos ocurridos. Es importante aclarar, que debido a que ya se cuenta con un estudio completo de la amenaza de origen volcánico, y que para la amenaza sísmica se requieren estudios detallados que ameritan un estudio per se, este tipo de amenazas no fueron incluidas; además, este tipo de amenazas, de acuerdo con el MAVDT no reglamenta el uso del suelo.

c. Cálculo de vulnerabilidad.

Dado que la vulnerabilidad del territorio se da respecto a cada una de las diferentes amenazas naturales recurrentes es múltiple, se evaluó cada uno de los elementos expuestos a las amenazas por deslizamientos, incendios de cobertura vegetal y desecación de humedales, por ser esta la de mayor importancia para el municipio. Es importante resaltar que el análisis de vulnerabilidad al cambio climático identifico como uno de los principales elementos afectados los cultivos, los cuales presentan una alta vulnerabilidad ante las amenazas de tipo hidrometeorológico (heladas, granizadas, sequías), los cuales fueron considerados especialmente en el diseño y puesta en marcha de sistemas de alertas agrocimáticas.

4. Planteamiento de escenarios de amenaza y riesgo.

Para avanzar de manera específica en el estudio de amenaza por deslizamientos, se ha adaptado la metodología de Mora Vahrson Mora, que permite zonificar la amenaza por deslizamientos, mediante la combinación de variables o parámetros ponderados, relacionados con su ocurrencia. Después de hacer un inventario de los eventos ocurridos en el área de estudio, y un diagnóstico de la información espacial disponible, se encontró que la metodología Mora Vahrson Mora tiene en cuenta los principales parámetros relacionados con la ocurrencia de deslizamientos identificados en el territorio, permitiendo su división en zonas con características similares de amenaza. Asimismo, se ha encontrado que esta metodología se ha aplicado con éxito en estudios regionales; es decir, permite tener buenos resultados a escala 1:50.000 como corresponde al estudio para el municipio de Puracé.

Para inundaciones súbitas se toma como base el resultado del análisis de amenaza por deslizamiento y la información geomorfológica del área; complementando estos análisis con la información obtenida sobre eventos ocurridos. De esta forma, la zonificación de esta amenaza está basada en una combinación de observaciones de campo y percepción remota.

Con relación a incendios de cobertura vegetal se ha adaptado el protocolo metodológico propuesto por IDEAM para la zonificación de incendios a nivel nacional, los ajustes se han realizado de acuerdo a la escala, a la información disponible y al análisis de vulnerabilidad al cambio climático. Se han tomado como principales variables el tipo de combustible predominante, duración de los combustibles predominantes, la carga total de combustibles, el índice de frecuencia de incendios forestales (inventario de incendios ocurridos), accesibilidad (vías), la precipitación y la temperatura, para el análisis de susceptibilidad. Es importante destacar que los estudios técnicos para identificar escenarios de riesgo por incendios en el municipio, los realizó el equipo técnico del IDEAM, que desarrolló la metodología a nivel nacional, y el análisis

para el municipio de Puracé, forma parte de un ejercicio piloto a una escala más detallada (1:100.000).

El procedimiento y las técnicas utilizadas para obtener los escenarios de riesgo por deslizamiento e inundaciones súbitas se describen a continuación a partir de las etapas que se desarrolló[2]:

Primera etapa.

Consistió en la revisión bibliográfica, a partir de la compilación, revisión y análisis de la información existente respecto a:

i. Trabajos realizados anteriormente en los que se aplicaran métodos heurísticos y estadísticos para zonificar la susceptibilidad por deslizamiento.

ii. Información disponible del área: La cual puede clasificarse en:

Información escrita, que corresponde a informes y estudios climáticos, geología, identificación de movimientos de ladera realizados y eventos de deslizamiento ocurridos en el área de estudio.

Información gráfica, que corresponde a mapas, fotos aéreas e imágenes satelitales con información geográfica básica (corrientes de agua, curvas de nivel, vías), así como geológica, geomorfológica, y de usos del suelo.

Segunda etapa.

Consistió en la elaboración y generación de mapas con factores que de acuerdo con las visitas de campo y con la información suministrada por la comunidad, posiblemente condicionan la ocurrencia de deslizamientos.

Es importante aclarar que este trabajo se realizó bajo la propuesta metodológica de Mora-Vahrson-Mora (2002), que es de tipo heurístico y que arroja muy buenos resultados en estudios regionales para la zonificación de la amenaza por deslizamientos; sin embargo, de acuerdo con las características de los movimientos en masa identificadas en las visitas de campo, se han hecho algunas modificaciones a esta metodología y se ha ajustado la ponderación de cada una de las variables y sus respectivas clases.

[2] Para el riesgo por incendios forestales y de cobertura vegetal se recomienda ver el informe titulado: "Protocolo Metodológico Para La Realización De La Zonificación De Riesgos Por Incendio Forestales Y De La Cobertura Vegetal A Niveles Regional Y Local (Escalas 1:100000 Y 1:50000)"

La metodología Mora-Vahrson-Mora (2002) permite obtener una zonificación de la susceptibilidad del terreno a deslizarse, mediante la combinación de la valoración y peso relativo de diversos indicadores morfodinámicos, la cual es sencilla de implementar en un Sistema de Información Geográfica (SIG). La metodología se aplica mediante la combinación de varios factores y parámetros, los cuales se obtienen de la observación y medición de indicadores morfodinámicos y su distribución espacio-temporal. La combinación de los factores y parámetros se realiza considerando que los deslizamientos ocurren cuando en una ladera, compuesta por una litología determinada, con cierto grado de humedad y con cierta pendiente, se alcanza un grado de susceptibilidad (elementos pasivos). Bajo estas condiciones, los factores externos y dinámicos, como son la sismicidad y las lluvias intensas (elementos activos), actúan como factores de disparo que perturban el equilibrio, la mayoría de las veces precario, que se mantiene en la ladera (Mora et al., 1992).

Es así como se considera que el grado de susceptibilidad al deslizamiento es el producto de los elementos pasivos y de la acción de los factores de disparo (Mora et al., 1992), de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$H = (SL * SH * SP) * (DLL + DS)$$

Donde:
SL: valor del parámetro de susceptibilidad litológica (parámetros de resistencia al corte de suelos y la clasificación de macizos rocosos de Bieniawski), si se cuenta con esta información,
SH: valor del parámetro de humedad del terreno,
SP: valor del parámetro del grado de pendiente
DS: valor del parámetro de disparo por sismicidad y
DLL: valor del parámetro de disparo por lluvia

Es por esto, que los mapas con factores que condicionan la ocurrencia de deslizamientos o "mapas parámetro" que se tienen en cuenta para este estudio son:

- Mapa litológico.
- Mapa geomorfológico. Teniendo en cuenta los ajustes realizados por Camacho, Chávez & Murillo (2004) a la propuesta metodológica Mora-Vahrson-Mora (2002).
- Mapa de usos del suelo. Con el fin de evaluar una variable más relacionada con la humedad del suelo.
- Mapa de pendientes.
- Mapa de humedad del terreno y mapa de disparo por lluvias; los cuales fueron generados a partir de información climatológica suministrada por IDEAM y a partir de los criterios determinados por el método Mora-Vahrson-Mora (2002).

- Mapa de humedad a partir de la caracterización hidrológica de la zona. Este mapa es una propuesta que se realizó a la metodología, con el fin de espacializar la variable humedad a partir de las características topográficas de la zona.

Tercera etapa.

Corresponde con la elaboración del mapa de inventario de deslizamientos históricos, a partir de los mapas de percepción de riesgo, el levantamiento del inventario de riesgos, de la información suministrada por la comunidad por medio de las entrevistas y de conversaciones informales, de visitas de campo y de la interpretación de ortofotos e imágenes de satélite que cubren el área. El mapa de inventario es considerado en este estudio como el principal instrumento para la validación de los escenarios de riesgo.

Cuarta etapa.

Consistió en la ponderación de los "mapas parámetro" a partir de la aplicación del método heurístico, el cual consiste básicamente en la asignación de pesos a cada uno de los mapas a partir del criterio del "experto". Es por esto, que la asignación de pesos se hizo en base a las observaciones hechas en campo y a la información suministrada por la comunidad en las entrevistas y en conversaciones informales.

Sexta etapa.

En esta etapa se hizo el planteamiento de posibles escenarios. Es decir, a partir de la evaluación de diferentes combinaciones de "mapas parámetro", se hizo la selección del mapa de susceptibilidad por deslizamiento más preciso para el área.

El análisis conjunto de los mapas de susceptibilidad de amenazas y la evaluación de la vulnerabilidad física, teniendo en cuenta los diferentes escenarios de clima permitió plantear unos escenarios de riesgo por remoción en masa para el Municipio en condiciones normales y en condiciones del fenómeno de la niña.

Es importante mencionar que todo el procesamiento de datos se realizó en el software ILWIS, debido a las ventajas en precisión que ese maneja para la información en raster (como es el manejo que se le debe dar a la información temática para este tipo de estudios); las salidas gráficas se elaboraron en el software ARCGIS9.3.

4. Evaluación de la información inicial base disponible para la elaboración de los estudios técnicos.

4.1. Riesgos presentados en el Esquema de Ordenamiento Territorial EOT vigente en el Municipio

La incorporación del riesgo en el ordenamiento territorial es necesaria para la construcción de municipios seguros y sostenibles, donde las opciones de desarrollo no se vean amenazadas por las características ambientales del territorio, sino por el contrario, donde tales características pueden ayudar a su crecimiento económico y social (MAVDT, 2005).

Las amenazas naturales por sí solas no ocasionan ningún desastre, lo que genera un desastre es la combinación de una población o comunidad expuesta, vulnerable y mal preparada con una amenaza natural. Por lo tanto, el cambio climático incidirá en el riesgo de desastres de dos maneras distintas; primero, a través de un aumento probable de las amenazas de origen climático; y segundo, mediante un aumento de la vulnerabilidad de las comunidades frente a las amenazas naturales, en particular debido a la degradación de los ecosistemas, una menor disponibilidad de agua y de alimentos, y cambios en los medios de sustento. (EIRD, 2008)

Bajo estas premisas, el Programa Conjunto de Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático durante el proceso orientado a conocer la vulnerabilidad de los impactos del Cambio Climático y sus implicaciones para el municipio de Puracé a nivel territorial y poblacional, identificó la necesidad de adelantar la incorporación de los impactos del cambio climático y de los riesgos para los asentamientos y actividades humanas en los procesos de planificación territorial; por lo que dentro de sus actividades propuso "apoyar la incorporación del riesgo y los lineamientos de adaptación al cambio climático en los EOT", con los siguientes objetivos:

- Fortalecer la capacidad local para adelantar los procesos de planificación del desarrollo, sectorial y territorial para reducir la vulnerabilidad ante fenómenos naturales adversos.
- Mejorar el conocimiento, monitoreo, análisis y evaluación de las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo en el marco de los impactos del cambio climático a nivel local sobre el territorio, de manera articulada con el fortalecimiento de las políticas públicas enfocadas a la prevención, y a aumentar la capacidad de respuesta de las comunidades.
- Mejorar la información sobre riesgos del municipio de Puracé y su divulgación.
- Aportar de manera concertada recomendaciones de acciones de prevención del riesgo y de adaptación al cambio climático a ser incorporadas por el municipio en el proceso de

revisión y ajuste del EOT de acuerdo con los lineamientos y decretos reglamentarios de la ley 388 de 1997.

De este modo, el conocimiento de los riesgos del municipio no solo busca cumplir con las exigencias normativas, sino iniciar un proceso de gestión del riesgo, más allá de la atención exclusiva a las emergencias ocurridas.

Con el fin de evaluar el contexto local para la incorporación del componente de riesgo instrumentos de planificación, se parte de la revisión de la información elaborada para el EOT Vigente (adoptado en el año 2001), del plan de acción para orientar esta incorporación y del expediente municipal de Puracé, elaborado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el año 2007.

Asimismo, teniendo en cuenta que para la comunidad de Puracé el proceso de "ordenarse" al territorio busca proteger los derechos y la salud de la madre tierra en pro del buen vivir; es necesario resaltar que iniciar un proceso de gestión de riesgo en el municipio se constituye una oportunidad para fortalecer también otros instrumentos políticos como los planes de vida y fortalecer la capacidad técnica y organizativa de la comunidad.

Las tareas de reducción del riesgo parten de una adecuada zonificación de las amenazas existentes en el municipio, la cual debe ser considerada como una de las actividades realizadas con mayor precisión, con el fin de garantizar un producto de calidad, y útil para la toma de decisiones. El mapa de zonificación de amenazas, además de definir escenarios de riesgos que faciliten la toma acertada de decisiones en los procesos de ordenamiento territorial, se debe constituir como una herramienta para que la comunidad complemente con apoyo técnico el conocimiento de su territorio.

Bajo este enfoque y metodología, se obtuvó un primer diagnóstico, que se presenta a continuación:

<u>Acerca de la información general de riesgos presentada en el actual EOT:</u>

- De acuerdo con el MAVDT, pese a que en el EOT del municipio de Puracé se han identificado algunas viviendas a reubicar, no se definen zonas "seguras" para su reubicación. Esto indica, que más que un mapa de amenaza para el análisis de riesgo, el actual "mapa de zonificación de la susceptibilidad a amenazas naturales" es un mapa de ubicación de "puntos" y "zonas" que ya han sido afectadas por eventos. Un ejemplo de esto en el mapa es la susceptibilidad a amenaza por deslizamiento, en el que se identifican algunas coronas de deslizamientos del área; pero, no se zonifica y clasifica el territorio

de acuerdo con la "probabilidad" de ocurrencia de un fenómeno, calculada a partir del análisis de unas variables físicas.

- Pese a que se menciona dentro de los proyectos propuestos en el EOT la creación y el fortalecimiento del CLOPAD, se evidencia que éste aún tiene una dinámica formal y que requiere ser fortalecido.
- De acuerdo con el MAVDT, no existe una cartografía de las zonas de riesgo mitigable y no mitigable, ni en la cartografía especializada un modelo de ocupación del territorio. Asimismo, en el componente general del EOT del Municipio de Puracé no se encontraron zonas urbanas definidas como de amenaza y riesgo, y en el componente rural hace falta profundizar más en el tema de amenazas y riesgos.

Acerca del mapa de zonificación de susceptibilidad a amenazas presentado en el EOT:

- En el actual EOT se hace énfasis en la susceptibilidad a amenaza por inundaciones o represamientos; sin embargo, en la cartografía aparece la zonificación de la susceptibilidad a otros tipos de amenaza, como son: volcánica, por incendios forestales, por deslizamientos, y antrópicas por desecación de humedales. Es por esto, que el estudio de riesgos replanteo las amenazas a zonificar para el municipio, para complementar la información existente.

  De acuerdo con la Guía metodológica para incorporar la Prevención y reducción de riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial, se deben zonificar las amenazas más relevantes a las que está expuesto el municipio, en este sentido, la identificación de estas amenazas se hizo a través de talleres de percepción con la comunidad. En el anexo 1 se presenta una sistematización de los resultados obtenidos en los talleres, de los cuales se pueden resaltar las siguientes amenazas:

  - Amenaza volcánica.
  - Amenaza por inundación (Inundaciones lentas y rápidas). Aquí se puede considerar como rápidas lo que técnicamente se conocen como avenidas torrenciales o avalanchas.
  - Amenaza por deslizamiento.
  - Amenaza por incendios forestales.
  - Amenaza sísmica.

  De esta forma se definieron las anteriores, como las 5 amenazas para zonificar, para que posteriormente puedan ser incluidas en el componente de riesgos en el EOT del Municipio. El programa analizó las amenazas por deslizamientos, inundaciones súbitas e incendios de cobertura vegetal, en el contexto de variabilidad climática que afronta el

país y que también es percibido por la comunidad, que identifica los siguientes eventos como amenazas: sequías, granizadas y heladas.

De igual forma, para la identificación de las amenazas se hizo la revisión de la información disponible del municipio en la base de datos de DESINVENTAR y se encontró que los fenómenos que más lo han afectado han sido: vendavales, sismos, deslizamientos, incendios forestales, inundaciones y erupciones volcánicas, sin embargo, no se tuvieron en cuenta los vendavales, ya que no se cuenta con información suficiente para incluirlos.

- La zonificación de la amenaza sísmica y volcánica fue realizada por INGEOMINAS y aportada por esta institución para el estudio de riesgos. De otro lado se recomienda realizar estudios técnicos con mayor precisión para precisar este tipo de amenazas con mayor detalle.

En cuanto a información sobre vulnerabilidad física:

- De acuerdo con el Plan de Acción del MAVDT, en el actual EOT no hay información disponible de los elementos expuestos, por lo cual debe generarse este tipo de datos, mejorar la información de vías y la información de equipamiento colectivo.

4.2. Descripción de la información primaria

La información espacial básica que se tiene para el Municipio corresponde a fotografías aéreas, imágenes de satélite y cartografía básica. A continuación se detalla cada una de ellas:

- Fotografías aéreas: Tomadas por el IGAC en los años 1988 y 1989. La escala aproximada de estas fotos es 1:25.000 y 1:26.000.
  - s34608 -c2336 -c2318 - c2388
  - s34762 -c2350 -c2188 - c2350 - c2320 - c2388
  - s33766 -c2270 - c2329 - c2387
  - s35437 -c2402 - c2425 - c2489
  - s34389 -c2318 - c2326 - c2387
  - s35434 -c2401 - c2428 - c2489
  - s35435 -c2402 - c2427- c2489
  - s35436 -c2402 –c2426 –c2489
  - s355768 -c2270 -c2225 –c2287

Existen dos fotos tomadas en el año 1991, con una escala aproximada de 1:43.000. Una que está sobre el casco urbano de Coconuco -c2458 –c2443 –c2491 s36110, y otra que atraviesa el Parque Nacional Natural Puracé de sur a norte -c2461 -c2446 –c2491 s36151. Por último, existe un vuelo del año 2006 a escala 1:8.100. Los datos de este vuelo son: -c2790 s406998.

Estas fotos aéreas están disponibles en INGEOMINAS. Las desventajas de estas fotos es que algunas de ellas presentan nubes –principalmente las del área de Santa Leticia, y que ninguna está escaneada, por lo que para su uso aumenta el trabajo entre la fotointerpretación y la digitalización, y disminuye la precisión de este trabajo.

- Cartografía básica: Las planchas que cubren el municipio de Puracé (en la escala 1:25000) son:

364-II-D	364-IV-B	365-I-A	365-II-A	365-III-A	365-IV-A
	364-IV-D	365-I-B	365-II-B	365-III-B	365-IV-B
		365-I-C	365-II-C	365-III-C	
		365-I-D	365-II-D	365-III-D	

  La información básica que está digitalizada, corresponde a la producida en el año 1986 a escala 1:25.000.

- Imágenes de satélite: Existen 3 imágenes de satélite del sensor SPOT disponibles en el Banco Nacional de Imágenes que administra el IGAC y que cubren el municipio. La solicitud de estas imágenes ya se hizo en el IGAC a través del IDEAM. Estas imágenes son:
  - Imagen N. 642345, de la fecha 2008-05-10.
  - Imagen N. 643345, de la fecha 2007-02-03.
  - Imagen N. 643346, de la fecha 2006-02-16.

El uso de estas fotografías e imágenes de satélite permitió revisar los resultados parciales de zonificación de susceptibilidad de amenazas, y evaluar algunos insumos como el mapa geomorfológico existente.

Figura 1. Visualización de las imágenes de satélite que cubren el Municipio.

4.3. Descripción de la información secundaria

El Programa Conjunto adelantó el estudio de análisis de vulnerabilidad a Cambio Climático, por lo que se contó con una información cartográfica base a escalas 1:25.000 y 1:50.000. La información aportada por el Programa Conjunto se presenta en la tabla N.1 y se identifica con la fuente que es "Programa Conjunto". Sin embargo, debido a que el área de influencia del programa únicamente abarca la cuenca alta del río Cauca, esta información apenas cubre un 56% del área del Municipio de Puracé, que corresponde al área de los corregimientos de Paletará, Kokonuko y Puracé; quedando por fuera el área del corregimiento de Santa Leticia.

Es por esta razón que fue necesario revisar la información con que cuenta la alcaldía municipal, que corresponde a la que se produjo para la elaboración del actual EOT que fue adoptado el 5 de Octubre de 2001. Esta información se lista en la tabla N.1. y se describen los formatos, las características generales y la localización de esta información.

La cartografía producida para este EOT, fue digitalizada en base a la cartografía del IGAC de 1989, y se entregó en formato DWG; sin embargo, aunque este formato permite exportar la

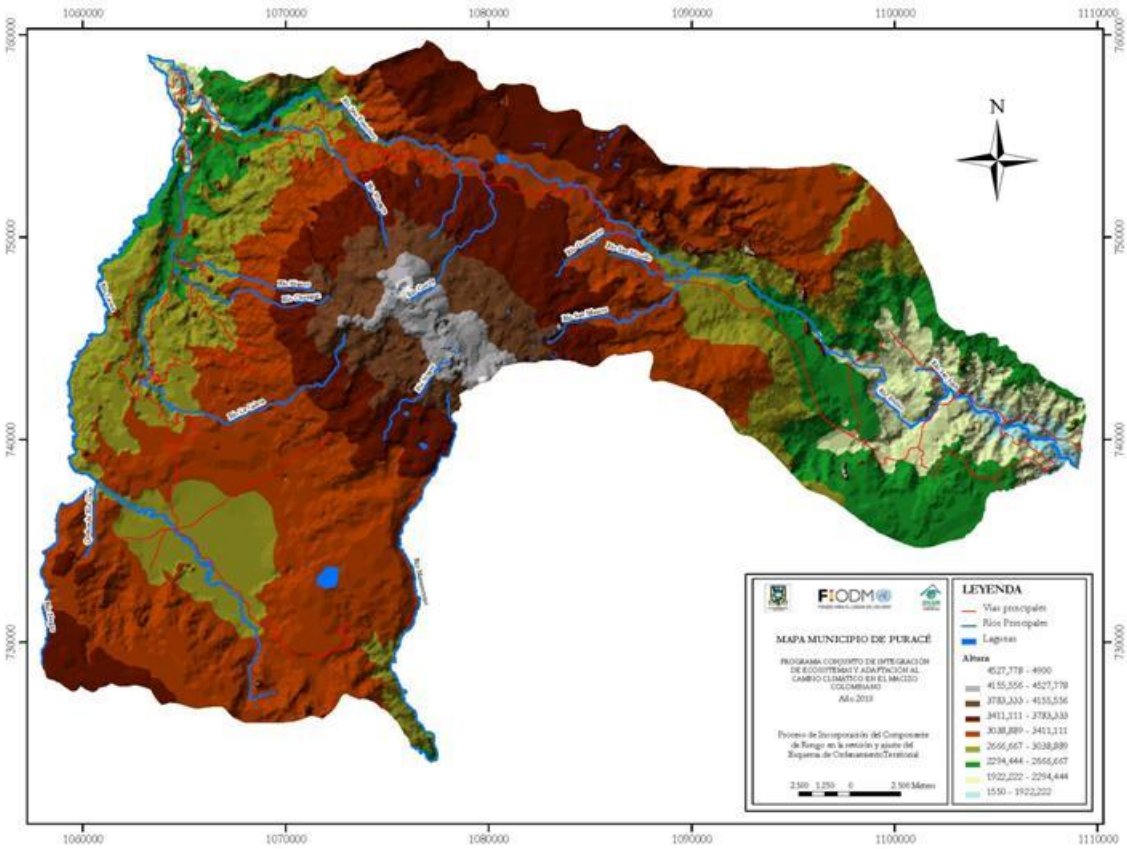
información para trabajarla en software de SIG con el fin de generar bases de datos, la información fue revisada a detalle y estructurada para la exportación de formato DWG a SHP.

Asimismo, se debe resaltar que hay una información no espacial que es de vital importancia para el estudio técnico de los riesgos y que se lista a continuación:

- En el CRIC está la información de censos de la población indígena del municipio. Esta información incluye datos básicos de edad, y descripción de la dirección. Asimismo, de acuerdo con algunas personas de la comunidad, es posible que estos datos contengan alguna información del tipo de material de construcción.
- Es importante resaltar el trabajo de los promotores corresponde a una "red de observadores populares", quienes mediante el uso de herramientas técnicas de medición como el GPS, podrán darle continuidad al inventario de deslizamientos que será útil no solo para dar apoyo al municipio sino que también, permitirá contar con información espacial actualizada de los eventos ocurridos para futuros estudios técnicos más detallados de las amenazas.
- El trabajo de grado de geografía titulado: "Análisis de la construcción social del riesgo frente a eventos potenciales del volcán Puracé en el resguardo indígena de Puracé", que contiene información acerca de la percepción de la amenaza volcánica en el resguardo de Puracé.
- El trabajo de grado de maestría académica: "Aplicación de la Geomorfometría para la definición de unidades fisiográficas de paisaje en una zona piloto del Parque Nacional Natural Puracé", que contiene información geomorfológica del área del parque que está dentro del municipio. Es necesario revisar la cartografía producida en este estudio.

5. Susceptibilidad de amenaza por deslizamientos, incendios de cobertura vegetal e inundaciones súbitas.

5.1. Caracterización física general del Municipio de Puracé



Mapa 1. Mapa físico del Municipio.

5.1.1. División político administrativa del Municipio

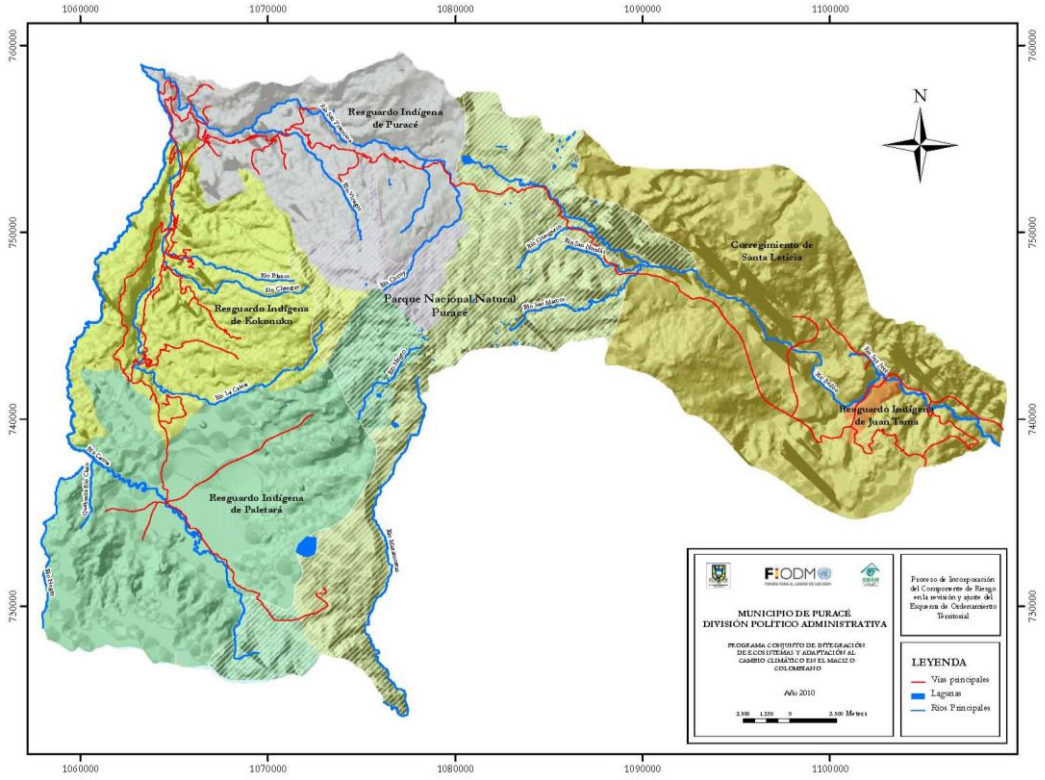
El Municipio de Puracé se ubica en el costado oriental del departamento del Cauca en Colombia, abarcando un área aproximada de 90.500 hectáreas. Desde el punto de vista político administrativo, está dividido en cuatro corregimientos: Kokonuko, Paletará, Puracé, y Santa Leticia; y en cuatro resguardos indígenas: Kokonuko, Juan Tama, Paletará y Puracé. Sin embargo, es importante notar que aproximadamente 25% del área del municipio corresponde al área del Parque Natural Nacional Puracé.

	AREA (Ha)	%
Municipio	90.500	100,00
Resguardo indígena Puracé	14.000	15,50
Resguardo indígena Paletará	23.000	25,40
Área de Parque Nacional Natural Puracé en el Municipio	23.000	25,40
Resguardo de Juan Tama	441	0,49
Corregimiento de Santa Leticia	23.600	26,08
Área de traslape	1.459	1,61
Resguardo indígena Kokonuko	14.000	15,50

Tabla 1. Información de áreas por resguardo y corregimiento.

El área de trabajo del Programa Conjunto de integración de ecosistemas y adaptación a cambio climático en el Macizo Colombiano es la Cuenca Alta del río Cauca, abarcando un 56% del área del Municipio de Puracé.

Como se puede ver en el mapa político administrativo del Municipio (Mapa 2), desde el punto de vista hídrico, al municipio de Puracé corresponde el territorio abarcado por la cuenca Alta del Río Cauca y la cuenca del río Bedón.



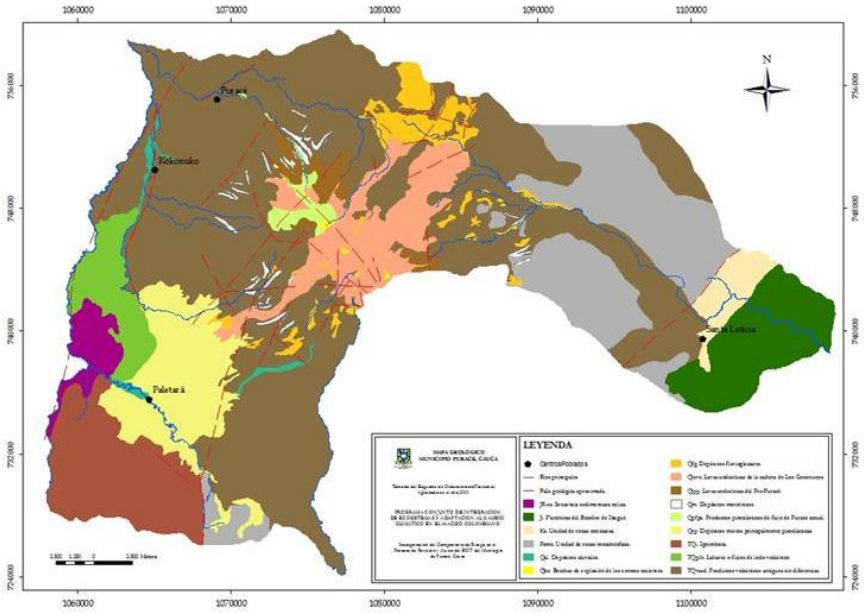
Mapa 2. Mapa político-administrativo del Municipio.

5.1.2. Geología

El Municipio de Puracé se ubica dentro de la cadena volcánica de los Coconucos en la cordillera central, lo que le define unas condiciones geológicas especiales: su subsuelo está conformado principalmente por depósitos volcanoclásticos, así como por rocas metamórficas del Complejo Cajamarca de edad Paleozoica, rocas ígneas intrusivas del Batolito de Ibagué de edad Triásico Jurásico, rocas sedimentarias de la Formaciones Caballos y Coquiyú del Cretáceo. (Ver mapa 3: Mapa geológico).[3]

Planteando una evaluación a priori de la amenaza por deslizamiento que tenga en cuenta las formaciones geológicas presentes en el área, se puede decir que en el área abarcada por depósitos volcánicos, depósitos morrénicos y depósitos aluviales la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos es más alta debido a la formación de suelos de tipo areno-arcillosos. Sin embargo, es necesario aclarar que solo cuando se tenga en cuenta la evaluación a partir de la aplicación del método Mora-Vahrson-Mora (que tiene en cuenta variables de tipo intrínseco y factores detonantes), se podrá plantear una mejor correlación entre cada una de las formaciones presentes en el área y la ocurrencia de deslizamientos.

[3] Para tener mayor conocimiento de las características geológicas del área, se sugiere revisar los informes realizados por Monsalbe M, L., y Pulgarin B., (1993), Monsalve M, L., y Pulgarin B., (1995) y Flores, A, (1983) del I.G. A.C. Que se encuentran disponibles en INGEOMINAS, Unidad Operativa Popayán.

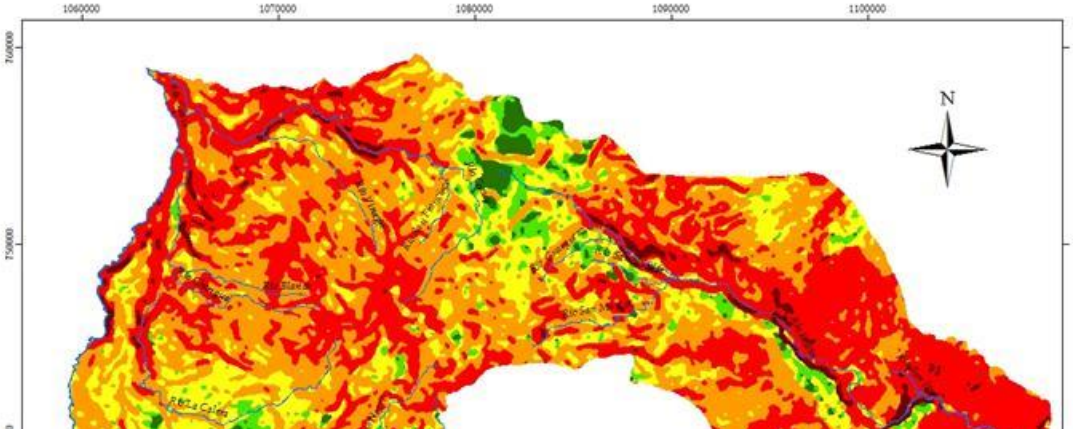


Mapa 3. Mapa Geológico

5.1.3. Pendiente

Para obtener el mapa de pendientes se utilizó el modelo de elevación digital del terreno de la NASA, con una resolución espacial de 30 m, a partir del cual se generaron curvas de nivel, que permitieron su elaboración. Los valores de pendiente obtenidos se han clasificado de acuerdo con los rangos propuestos en la metodología MVS. Como se observa en el mapa aproximadamente el 40% corresponde a pendientes mayores de 35º (Ver mapa 4: Mapa de pendientes), que al analizarlas con otras variables como el uso que se le ha dado a la tierra, las condiciones hidrometeorológicas y las geoformas presentes determinan ciertas condiciones de amenaza.

Para el caso de deslizamientos, terrenos con fuertes pendientes, con niveles de erosión alto (producto de la actividad ganadera por ejemplo), en condiciones de humedad altas, y con precipitaciones altas son más vulnerables, para el caso de inundaciones súbitas, la ubicación de centros poblados y asentamientos humanos en valles de ríos rodeados de laderas escarpadas generan condiciones de riesgo debido a las velocidades alcanzadas en el transporte de material; y para el caso de incendios de cobertura vegetal, las pendientes fuertes y su orientación inciden en la velocidad de propagación del incendio y la aparición de nuevos focos.



Mapa 4. Mapa de pendientes.

Para el área correspondiente al Municipio de Puracé se han elaborado diversos estudios geomorfológicos entre los que se conocen: el trabajo realizado por el proyecto Andulbio, una tesis de maestría de morfometría del área del Parque Nacional Natural Puracé, y el trabajo elaborado para la formulación del Actual Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio. Por esta razón, para la elaboración de los estudios de amenazas se compararon los trabajos realizados en el municipio y se tuvo en cuenta el trabajo realizado para el EOT vigente.

La geomorfología que caracteriza el área abarcada por el municipio de Puracé, corresponde principalmente a formas estructurales producto de procesos de dinámica interna como la fuerte actividad volcánica (cráteres, conos piroclásticos, y coladas de lava), y de procesos de dinámica externa como la acción glacial y procesos erosivos como laderas erosionales, planicies y abanicos aluviales y terrazas. (Ver mapa 5: Mapa geomorfológico del Municipio de Puracé).
Las unidades presentadas en el mapa son:

Volcánica

I. Cráteres: Depresiones abiertas por la acción volcánica.
II. Coladas de lava.
III. Cráter con tapón dómico de lava muy antiguo y diques expuestos, área San Rafael.
IV. Cráter antiguo y diques expuestos, área del cerro Chagartón.
V. Cráter de caldera antiguo y diques expuestos, área de El Bedón.
VI. Cráter muy antiguo, de las planicies de Paletará y El Canelo.
VIII. Colada de lava, área de la quebrada Las Tusas

IX. Serranía del Buey.

Fluvio-Glaciar

VII. Valle aluvial de Paletará. Cráter de la laguna del Buey.

X. Valles aluviales estrechos, terrazas diluviales, formadas por lahares y flujo de lodo volcánico y montículos glaciales ó morrenas.

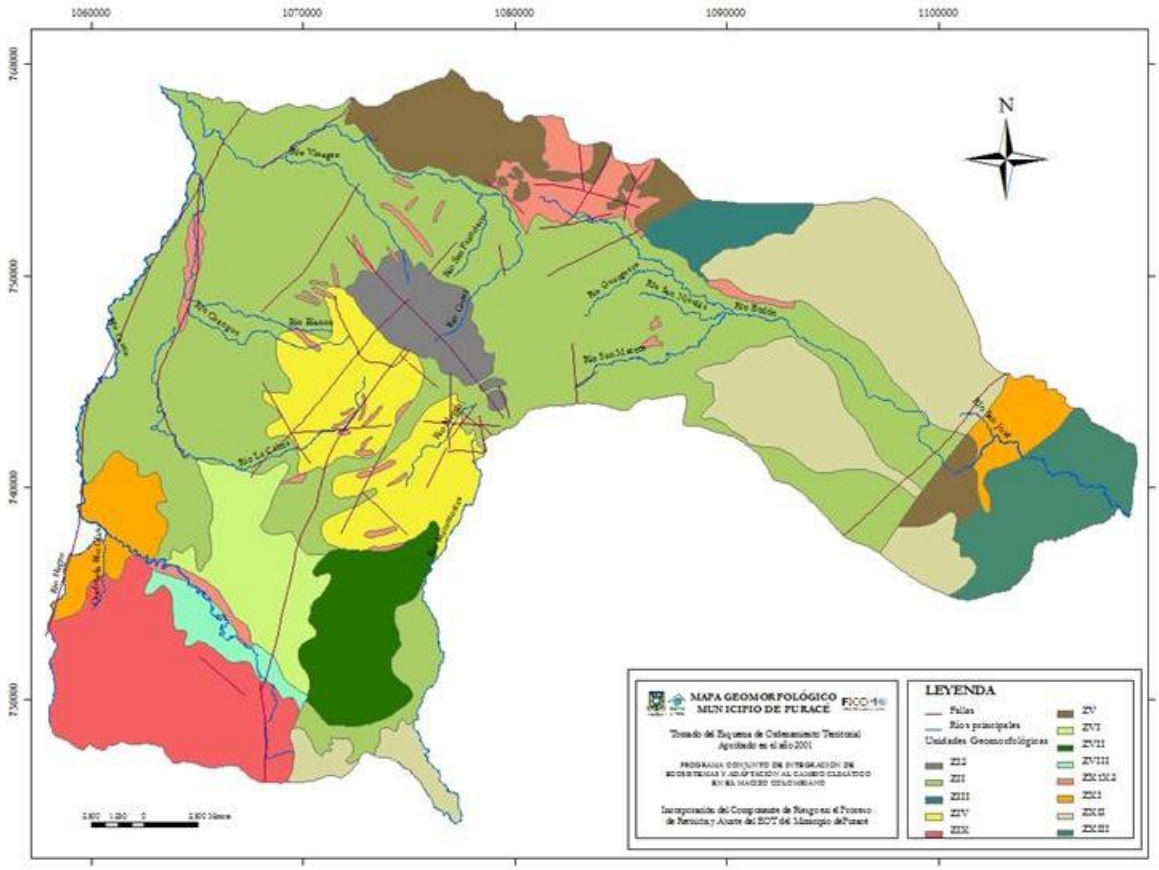
Estructural y estructural – denudacional

XI. Laderas estructurales, cerros altos, localmente convexos, en rocas sedimentarias de la Formación Caballos; valles en V, estrechos y simétricos.

XII. Montañas erosionadas disectadas en rocas metamórficas del complejo Cajamarca.

XIII. Montañas erosionales disectadas, en rocas plutónicas del Batolito de Ibagué.

Planteando una evaluación a priori de la amenaza por deslizamiento que tenga en cuenta las características geomorfológicas del área, se puede decir que geoformas como montañas erosionadas, valles aluviales, coladas de lava relacionadas con orígenes denudacionales y con procesos de depósito generarían condiciones en el terreno donde la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos es más alta debido a génesis. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, es necesario tener en cuenta la participación de otras variables para estudiar la correlación entre cada una de las formaciones presentes en el área y la ocurrencia de deslizamientos.



Mapa 5. Mapa Geomorfológico.

5.1.5. Suelos

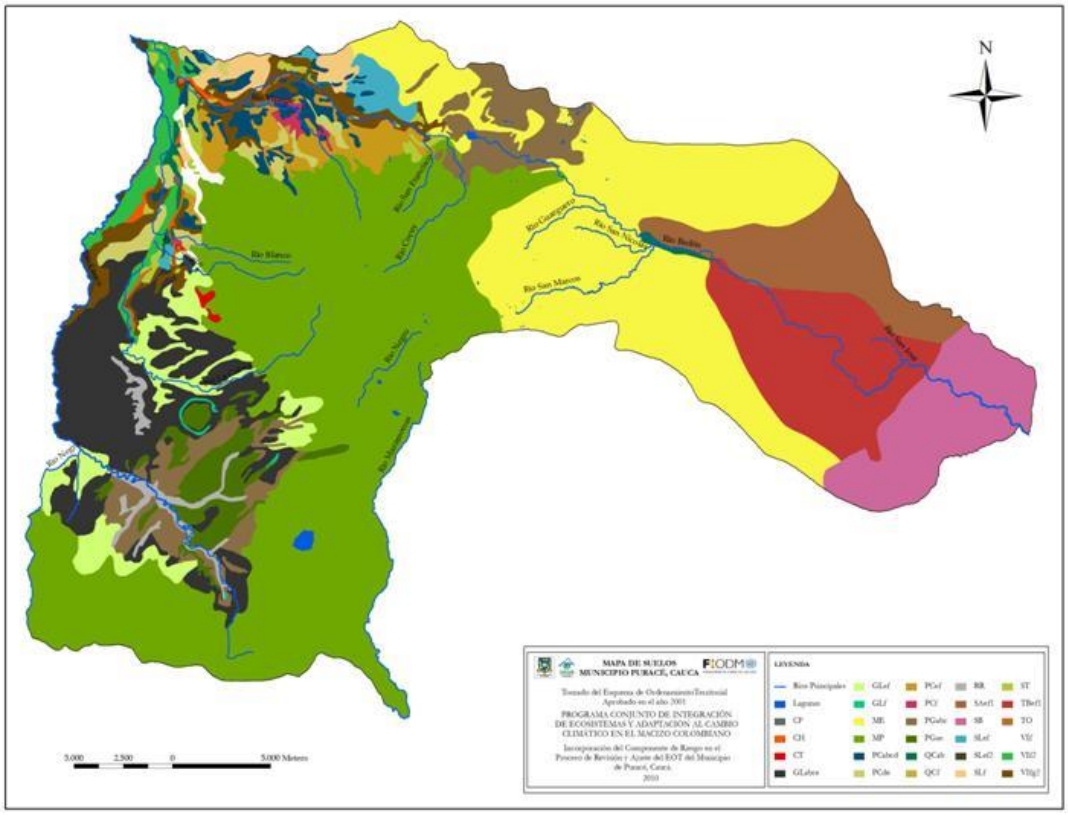
Para la formulación del EOT desarrollada en el año 2000, se retomaron los estudios de suelos realizados por el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC) en la cuenca Alta del Río Cauca; sin embargo, debido a que el área correspondiente al corregimiento de Santa Leticia (Cuenta Alta del Río Magdalena – Cuenca del río Bedón) no contaba con su respectiva clasificación de suelos, el equipo técnico que apoyo en ese momento la formulación del EOT hizo la caracterización de suelos de este corregimiento a partir de un análisis integral y de la clasificación ya existente para la cuenca alta del Río Cauca, con el fin de contar con un mapa de suelos para el área total del Municipio.

Los resultados de este trabajo fueron entregados al Municipio en formato DWG, por lo que para este trabajo se estructuró y se reclasificó esta información de modo que se reagruparan clases que habían sido diferenciadas por la pendiente, la geología o la geomorfología, ya que cada una

de estas variables se va a tener en cuenta de forma independiente en el planteamiento de escenarios de riesgo.

El objetivo de contar con un mapa de suelos del Municipio, es que esta información se tenga en cuenta como un parámetro intrínseco en la ocurrencia de deslizamientos, y que se incluya en el modelamiento propuesto en base a la metodología Mora-Vahrson-Mora.

A continuación se describen cada una de las unidades presentadas en el mapa de suelos (Mapa 6) definido para el Municipio de Puracé:



Mapa 6. Mapa de suelos.

Asociación Salado (SAefl). Corresponde a suelos de Montañas del Clima Frío Húmedo. Comprende 4414 hectáreas que equivalen al 4,88% del área municipal. En este suelo las cenizas volcánicas, se presentan cubriendo materiales metamórficos esquistosos. Corresponden a suelos bien drenados, de texturas medianas (cenizas volcánicas) a finas (derivados de esquistos,

andesitas y diabasas); muy profundos a excepción de los que tienen poco desarrollo; son ácidos, ricos en materia orgánica, con bajos contenidos de fósforo y bases; algunos manifiestan altas saturación de aluminio. Presentan erosión de ligera a severa con presencia de escurrimiento difuso, reptación, solifluxión y deslizamientos localizados.

Asociación Vinagre (VI). Corresponde a suelos de Montañas del Clima Frío Húmedo. Se encuentran recubiertos parcialmente por cenizas volcánicas. La profundidad es variable, desde muy superficial a profunda (00 - 130cms), limitada por material rocoso parental, tales como gravilla, cascajo y piedra. Presenta erosión ligera a moderada observándose en las laderas movimientos en masa superficial y generalizada, así como también algunos afloramientos rocosos. El pH es de 5.7 a 5.9.

VIf; Ocupa una extensión de 339 hectáreas equivalentes al 0,37 % del territorio municipal. Son bien a excesivamente drenados, texturas francas a arcillosas, erosión ligera, ricos en materia orgánica, presentan reacción ácida, bajo contenido de fósforo aprovechable y de bases. Las limitantes de esta fase son las pendientes fuertes, susceptibilidad a la erosión y baja fertilidad, la mayoría está cubierto por praderas naturales.

VIf2; Ocupa una extensión de 1292 hectáreas equivalentes al 1,43 % del territorio municipal. Erosión moderada evidenciada por remoción en masa; relieve fuertemente quebrado, muy quebrado y escarpado; son profundos, ácidos, ricos en materia orgánica, bien a excesivamente drenados, de texturas franco-arenosas y arcillosas, algunos presentan niveles tóxicos de aluminio y baja fertilidad. La mayor parte están cubiertos por pradera natural para el desarrollo de ganadería extensiva.

VIfg2; Ocupa una extensión de 1953 hectáreas equivalentes al 2,16 % del territorio Erosión moderada a severa observándose remoción en masa, el relieve es fuertemente quebrado a muy escarpado; bien a excesivamente drenados, franco arenosas y arcillosas, con bajos contenidos de fósforos, niveles tóxicos de aluminio y baja fertilidad.

Asociación Silvia (SL). Corresponde a suelos de Montañas del Clima Frío Húmedo. Suelos, con buen drenaje natural, erosión que va de ligera a severa con escurrimiento difuso, pata de vaca y solifluxión; la profundidad efectiva varia de superficial a muy profunda (20 - 140 cms), limitada algunas veces por la roca continua. El material parental está constituido por ceniza volcánica sobre rocas ígneas volcánicas, andesitas, basaltos y diabasas). Suelos medianamente o poco meteorizados, bien drenados, de color negro o gris muy oscuro en los horizontes superiores, en los inferiores el color es pardo oscuro a pardo amarillento. Contienen altas cantidades de carbono orgánico en los horizontes superiores.

SLf; Ocupa una extensión de 766 hectáreas equivalentes al 0,85 % del territorio municipal. Son profundos a superficiales, bien a excesivamente drenados, texturas francas a arcillosas, erosión ligera, ricos en materia orgánica, presentan reacción ácida, bajo contenido de fósforo aprovechable y de bases. Las limitantes de esta fase son las pendientes fuertes, susceptibilidad a la erosión y baja fertilidad, la mayoría está cubierto por praderas naturales.

Slef; Ocupa una extensión de 739 hectáreas equivalentes al 0,82 % del territorio municipal.Bien drenados, texturas medianas (cenizas volcánicas), muy profundos, son ácidos, ricos en materia orgánica, algunos presentan altas saturaciones de aluminio bajos contenidos de fósforo y bases.

SLef2; Ocupa una extensión de 154 hectáreas equivalentes al 0,17 % del territorio municipal. Erosión moderada evidenciada por remoción en masa; relieve fuertemente quebrado, muy quebrado y escarpado; son profundos, ácidos, ricos en materia orgánica, bien a excesivamente drenados, de texturas franco-arenosas y arcillosas, algunos presentan niveles tóxicos de aluminio y baja fertilidad.

Conjunto Cofre (CF). (Interviene unidad CFf2-3) Corresponde a suelos de Montañas del Clima Frío Húmedo, que se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas cubriendo materiales metamórficos y metabasaltos; la textura del horizonte A es franco-arenosa y desde el B se hace más fina, desde franco-arenosa a arcillosa, con bajos contenidos de fósforos, niveles tóxicos de aluminio y baja fertilidad, ricos en materia orgánica. Ocupan una extensión de 39hectáreas equivalentes al 0,04% del territorio municipal y son suelos de moderadamente profundos a profundos cuyo régimen de humedad y temperatura corresponde a úmico e isotérmico respectivamente; drenaje natural bueno con fuerte escurrimiento superficial. Presenta una erosión moderada a severa con fenómenos de remoción en masa.

Conjunto Puracé (PC). Estos suelos se han desarrollado a partir de las cenizas y lodos volcánicos, profundos a muy profundos (35 a 150 cms), con régimen de humedad údico y régimen de temperatura isoterma. Son suelos bien drenados; en sectores se presenta erosión de tipo laminar y reptación (pata de vaca); horizontes de colores negros y pardo grisáceo muy oscuro que profundizan a más de 100 cm; texturas francas en la superficie y arcillosa en la profundidad, y con altos contenidos de carbón orgánico. Las unidades de suelo presentes en el municipio de este conjunto, tienen como principales limitantes las pendientes fuertes y largas; el relieve irregular; la baja fertilidad; en algunos suelos, alta saturación de aluminio, susceptibilidad a la erosión y pedregosidad. Se presentan las fases:

PCabcd; Ocupan una extensión de 1353 hectáreas equivalentes al 1,5% del territorio municipal. Son suelos muy profundos derivados de ceniza volcánica, bien drenados, ricos en materia

orgánica, de texturas franco-arenosas a arcillosas, de baja fertilidad y algunos presentan saturaciones altas de aluminio.

PCde; Ocupan una extensión de 980 hectáreas equivalentes al 1,08% del territorio municipal. Son suelos derivados de cenizas Volcánicas superficiales a moderadamente profundos; y profundos, presentando piedra en el perfil, baja fertilidad y se caracterizan por ser normalmente ácidos.

PCef; Ocupan una extensión de 1639 hectáreas equivalentes al 1,81% del territorio municipal. Son suelos bien drenados, texturas medianas (cenizas volcánicas), muy profundos, son ácidos, ricos en materia orgánica, algunos presentan altas saturaciones de aluminio bajos contenidos de fósforo y bases.

PCf; Ocupan una extensión de 184 hectáreas equivalentes al 0,2% del territorio municipal. Son suelos profundos a superficiales, bien a excesivamente drenados, texturas francas a arcillosas, erosión ligera, ricos en materia orgánica, presentan reacción ácida, bajo contenido de fósforo aprovechable y de bases. Las limitantes de esta fase son las pendientes fuertes, susceptibilidad a la erosión y baja fertilidad, la mayoría está cubierto por praderas naturales.

Asociación Méndez (ME). Suelos de Montañas de Clima Muy Frío Húmedo (Páramo). Ocupan una extensión de 16600 hectáreas equivalentes al 18,34% del territorio municipal. Se caracteriza por bajas temperaturas y permanente nubosidad. La mayor parte de los suelos son superficiales (00 - 40 cms). En sectores mas escarpados son frecuentes los afloramientos rocosos. Se caracterizan por su alta capacidad de humedad, erosión ligera a moderada en donde se evidencia deslizamientos localizados y solifluxión. Los suelos están limitados por la presencia de rocas poco alterada a 25 y 50 cms, de profundidad, ligeramente erodados y afectados por reptación, tienen alto contenido de carbón orgánico y una saturación de aluminio mayor del 60%. Suelos superficiales a moderadamente profundos, generalmente derivados de cenizas volcánicas, minerales con grandes acumulaciones orgánicas, ácidos y de baja fertilidad, susceptibilidad a la erosión.

Asociación Gabriel López (GL). Son suelos de colinas de clima muy frío húmedo (páramo), profundos a muy profundos (55 - 150 cms), limitados algunas veces por un horizonte plácido, muy delgado y discontinuo. Ligeramente erodados, con fenómenos de reptación (pata de vaca) y escurrimientos difusos; texturas al tacto franco-arcillosas; son suelos fuertemente ácidos, con alto contenido de carbón (9.0%). Tienen como limitación el clima (nubosidad permanente, baja temperatura y humedad); alta saturación de aluminio y baja fertilidad. De acuerdo a la erosión se presentan las siguientes fases:

Glef; Ocupan una extensión de 2786 hectáreas equivalentes al 3,08% del territorio municipal.suelos profundos a superficiales, limitados generalmente por rocas subyacente, derivados de cenizas volcánicas, bien a excesivamente drenados, texturas francas a arcillosas, con erosión ligera, ricos en materia orgánica, reacción ácida, bajo contenido de fósforo aprovechable y de bases, algunos suelos presentan altas saturaciones de aluminio.

GLabce; Ocupan una extensión de 7249 hectáreas equivalentes al 8,01% del territorio municipal.suelos muy profundos desarrollados de cenizas volcánicas, ricos en materia orgánica, bien drenados, texturas franco-arenosas a arcillosas; reacción ácida, baja fertilidad y altas saturaciones de aluminio.

GLf; Ocupan una extensión de 77 hectáreas equivalentes al 0,09% del territorio municipal. Son suelos superficiales a moderadamente profundos, erosión ligera, generalmente derivados de cenizas volcánicas, minerales con grandes acumulaciones orgánicas, ácidos y de baja fertilidad.

Asociación Cachimbito (CT). Ocupan una extensión de 76 hectáreas equivalentes al 0,08 % del territorio municipal. Suelos de coluvios de clima muy frió húmedo (páramo). Son suelos derivados de cenizas volcánicas, son bien drenados, profundidad variable (00 - 100 cms) limitada por una capa de arena constituidas por carbonatos de calcio, con características porosas de diferentes colores y esponjosas. Con un pH de 5.6 a 6.4; se ve ligeramente afectada por erosión de tipo laminar, surquillos, solifluxión y reptación (pata de vaca). Son suelos que presentan concentraciones muy bajas de calcio, magnesio y bases totales, suelos muy profundos, ricos en materia orgánica, bien drenados y de baja fertilidad.

Asociación Sotará (ST). Son suelos de coluvios de clima frío húmedo y ocupan una extensión de 598 hectáreas equivalentes al 0,66% del territorio municipal. Son suelos moderadamente profundos a muy profundos (40 - 150 cms), limitados algunas veces por cascajos, y pedregosidad. Procesos erosivos de tipo laminar, movimientos en masa y nichos de deslizamientos, con pendientes entre 7-12-25-50%, relieve fuertemente inclinado a fuertemente quebrado. El régimen de humedad y temperatura es údico e isomésico respectivamente. Las texturas varían entre franco-arenoso, franco- arcillo-arenosa y franco-arcillosa, con presencia de gravillas y cascajos. Es frecuente la evidencia de rocas en la superficie, el pH va de 5.6 a 6.4. Se derivan de cenizas volcánicas, son bien drenados y con altos contenidos de carbón. Regularmente tiene varias capas sepultadas de materiales volcánicos.

Asociación Panorama (PG). Suelos de planos lacustres y glaciales de clima muy frío húmedo (páramo). La profundidad efectiva es muy superficial, el drenaje natural es pobre a muy pobre, generalmente los suelos permanecen completamente saturados y encharcados. El perfil típico presenta una capa superficial de materiales fíbricos, de coloración rojiza oscura; sobre varias capas de materiales hémicos de coloración negra, estas capas son intercaladas por una capa mineral rica en carbono orgánico; los suelos presentan reacción fuertemente ácida. Las

principales limitantes de estos suelos, lo constituyen la baja fertilidad, fuertes pendientes, susceptibilidad a la erosión y al clima (baja temperatura, humedad y nubosidad permanente).

De acuerdo al encharcamiento se describen las siguientes fases:

PGabc; ocupan una extensión de 4604 hectáreas equivalentes al 5,09% del territorio municipal. Son suelos superficiales a moderadamente profundos, ácidos; suelos con cenizas volcánicas, alto contenido de materia orgánica, ácidos, drenaje muy variado y de baja fertilidad.

PGaE; ocupan una extensión de 2173 hectáreas equivalentes al 2,4% del territorio municipal. Son suelos orgánicos, con material vegetal en diferentes estados de descomposición, muy superficiales, con fuertes limitaciones por encharcamientos permanentes.

Asociacion Quilcacé (QC). Suelos de terrazas de clima frío húmedo. Son suelos superficiales, sepultados por delgadas capas de cenizas volcánicas, no presentan erosión y su drenaje natural es bueno; reacción fuertemente ácida, con alto contenido de aluminio y carbón orgánico. Teniendo en cuenta la pedregosidad comprende las fases:

QCab; Ocupan una extensión de 327 hectáreas equivalentes al 0,36% del territorio municipal. Son suelos mezclados con cenizas volcánica, superficiales a moderadamente profundos, limitados por capas continuas de piedra generalmente antes de los 50 centímetros, normalmente presentan piedra en el perfil, de texturas francas a arcillosas, de baja fertilidad y normalmente ácidos.

QCf; Ocupan una extensión de 26 hectáreas equivalentes al 0,03% del territorio municipal. Son suelos profundos a superficiales, generalmente limitados por roca subyacente, derivados de ceniza volcánica, bien excesivamente drenados y erosión ligera, ricos en materia orgánica, reacción ácida, bajo contenido de fósforo aprovechable y de bases, algunos suelos presentan altas saturaciones de aluminio.

Asociación Chapa (CH). Suelos de valles aluviales y coluviales de clima frío húmedo, ocupan una extensión de 228 hectáreas equivalentes al 0,25% del territorio municipal. La profundidad efectiva es superficial a moderadamente profunda, limitada por gruesas capas de gravilla, cascajo y piedra; el material parental es coluvio-aluvial, aunque algunos contienen cenizas volcánicas transportadas por corrientes de agua. Son suelos bien drenados, sin evidencia de erosión, sus horizontes tienen colores pardos grisáceos muy oscuros; la textura es arenosa-franca en la capa superficial y franco-arenosa en las capas subyacentes.

Asociación Totoro (TO). Los suelos se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas, materiales ígneos y metamórficos esquistosos, ocupan una extensión de 78 hectáreas

equivalentes al 0,09% del territorio municipal. El régimen de humedad del suelo es údico. La profundidad efectiva de los suelos es superficial a moderadamente profunda, limitada por gravilla, cascajo y piedras en el perfil; sobre la superficie existen algunos pedrejones. No están afectados por procesos erosivos y generalmente están cubiertos por pasto natural. Son suelos de texturas francas a arcillosas, bien drenados, de baja fertilidad y normalmente ácidos; de poca extensión y baja fertilidad.

Asociación Río Negro (RR). Suelos de valles aluviales y coluviales de clima muy frío húmedo (páramo), ocupan una extensión de 876 hectáreas equivalentes al 0,97% del territorio municipal. La profundidad efectiva es muy variable, desde superficial a profunda, siendo la limitación más frecuente el nivel freático fluctuante. Son suelos imperfectamente drenados y se caracterizan por tener muy altos contenidos de carbón orgánico, fuerte acidez y bajas saturaciones de aluminio. Sus principales limitantes son la poca extensión, pedregosidad, cascajo y arena en el perfil; baja fertilidad; pendiente fuerte, susceptibilidad a la erosión y el clima.

Misceláneo de páramo (MP). Ocupan una extensión de 29763 hectáreas equivalentes al 32,89% del territorio municipal. Geomorfológicamente está integrado por diferentes formas como son: conos de volcán, cráteres, morrenas y flujos volcánicos; su relieve es de fuertemente quebrado a escarpado con pendientes igualmente variables. Son áreas inaccesibles, lo que permite que los suelos permanezcan cubiertos por bosques poco intervenidos por el hombre. Los suelos se caracterizan por ser en su mayoría superficiales a moderadamente profundos; generalmente derivados de cenizas volcánicas, con grandes acumulaciones orgánicas, ácidos y de baja fertilidad. Pertenecen al área protegida por el Parque Natural Nacional de Puracé.Los principales limitantes para el uso del suelo, son los factores climáticos (muy baja temperatura, alta humedad y nubosidad permanente); pendientes muy fuertes y/o susceptibilidad a la erosión.

Características del suelo, similares a la Asociación Símbola (SB). Ocupan una extensión de 4823 hectáreas equivalentes al 5,33% del territorio municipal. Suelos desarrollados a partir de rocas graníticas, y cuarzo-granodioritas; muy superficiales a moderadamente profundos limitados por roca. Erosión de moderada a severa, con procesos de erosión laminar, formación de terracetas y remoción en masa. Textura franco-arenosa gruesa y franco-arcillo-arenosa. Actualmente están cubiertas por praderas naturales para pastoreo extensivo y cultivos de subsistencia comercial (café, frutales).Presentan limitaciones para el uso y el manejo tales como fuertes pendientes y alto grado de erosión.

Características del Suelo, similares a la Asociación Toribio (TB). Ocupan una extensión de 6358 hectáreas equivalentes al 7,03% del territorio municipal. Montañas de clima medio húmedo compuesto por esquistos grafíticos, sericíticos y cuarcíticos. Son áreas con erosión de ligera a moderada tipo laminar, terracetas y movimientos en masa esporádicos; en general son bien drenados. Son suelos cuya profundidad varía desde muy superficial hasta moderadamente

profunda, limitada en la mayor parte de los casos por el sustrato rocoso; el material parental está compuesto por cenizas volcánicas y arcillas de material esquistoso.

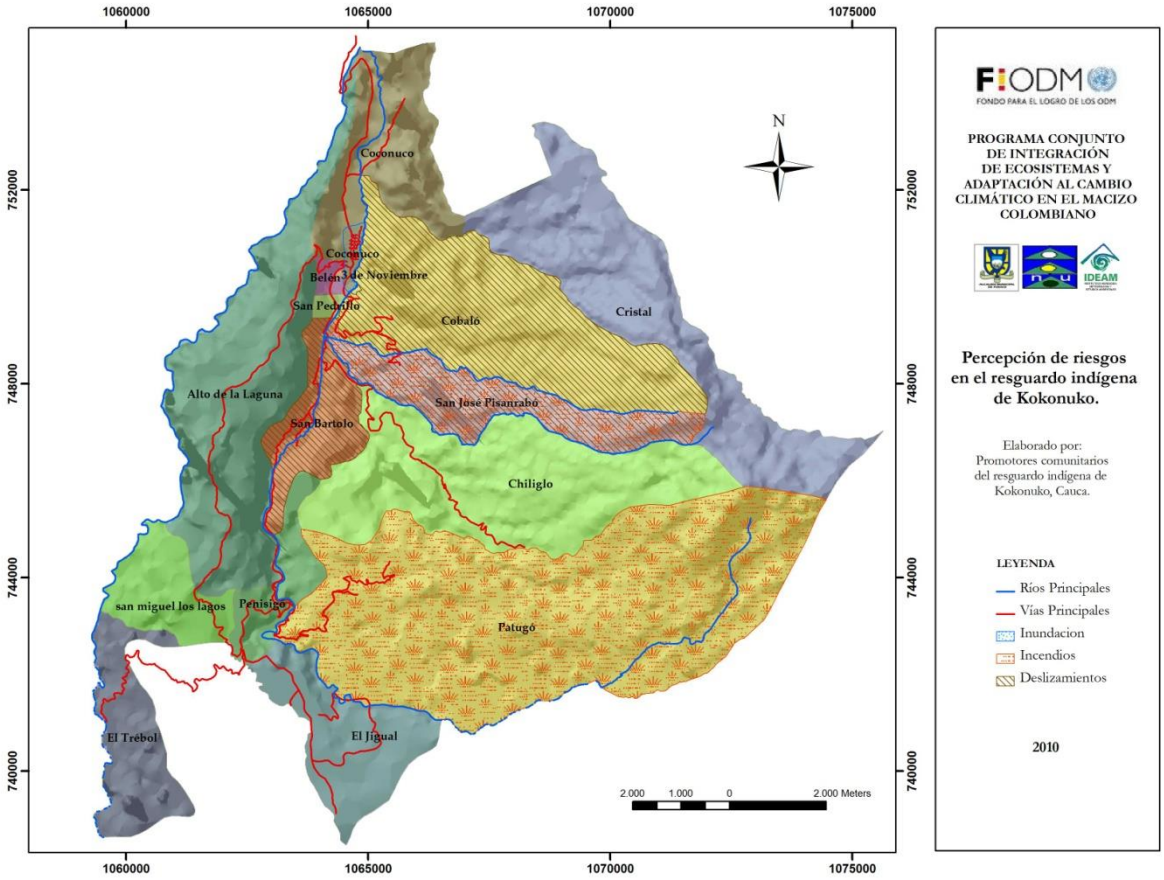
5.2. Resultados para el resguardo indígena de Kokonuko.

Como producto del taller de percepción realizado con representantes de la guardia indígena y de mesas de trabajo realizadas con promotores comunitarios, se identificaron los deslizamientos, las inundaciones súbitas, los incendios de cobertura vegetal, y las sequías, como las amenazas naturales que afectan el resguardo de Kokonuko.

La ubicación de estas amenazas se presenta en el mapa 7: Mapa de percepción de amenazas del resguardo de Kokonuko; como se puede ver en el mapa las veredas de San Bartolo y Alto de la Laguna son percibidas como con riesgo por incendios de cobertura vegetal; en las veredas de San Bartolo, Cobaló, San José de Pisanrabó y Chiliglo se percibe un riesgo por deslizamientos; y el riesgo de que ocurran inundaciones súbitas se percibe en la vereda Coconuco, donde se ubica el casco urbano (este riesgo estaría ocasionado por el aumento de caudal y las condiciones geomorfológicas y de ubicación del río Changue).

Para cada una de estas veredas y para las áreas de riesgo identificadas con el inventario de eventos apoyado en interpretación de imágenes de satélite, se hicieron visitas de campo que permitieron precisar las áreas susceptibles a cada una de estas amenazas en el mapa 14: Mapa de susceptibilidad a incendios de cobertura vegetal, deslizamientos, inundaciones súbitas y desecación de humedales del Municipio de Puracé Cauca.

Para el caso específico del resguardo de Kokonuko, se realizó un inventario detallado de eventos de deslizamiento, además de la ubicación de las veredas susceptibles; sin embargo las áreas susceptibles a deslizamientos e inundaciones súbitas solo se pueden precisar con detalle al zonificar la amenaza. Para el caso de incendios de cobertura vegetal se han especializado las laderas afectadas por eventos algunas consideradas como susceptibles debido a las prácticas de roza y quema frecuente y no controladas que dejan terrenos totalmente expuestos.



Mapa 7. Mapa de percepción del riesgo del resguardo indígena de Kokonuko.

5.3. Resultados para el resguardo indígena de Paletará

Como producto del taller de percepción realizado con representantes de la guardia indígena y de mesas de trabajo realizadas con promotores comunitarios, se identificaron las siguientes

amenazas naturales para el resguardo de Paletará: Heladas, incendios de cobertura vegetal, deslizamientos, inundaciones, falta de agua, no acceso al agua, desecación de humedales, vientos, vendavales, granizadas y páramo.

La ubicación de estas amenazas percibidas se presenta en el mapa 8: Mapa de percepción de amenazas del resguardo de Paletará. Como se puede ver en el mapa las amenazas se ubican de la siguiente forma:

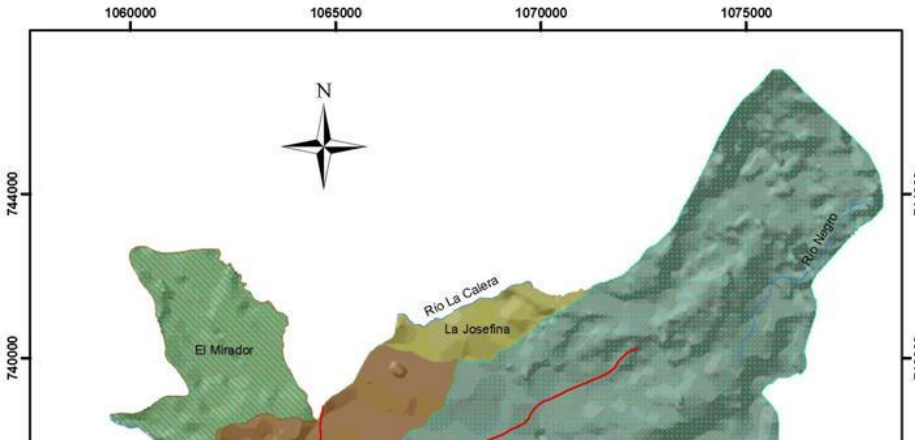
- ✓ Heladas: Veredas Depósito, Río Claro, Centro y Río Negro.
- ✓ Incendios: Veredas Río Negro, Depósito y Río Claro.
- ✓ Deslizamientos: Veredas Río Claro Alto, El Mirador y Río Negro.
- ✓ Inundaciones: Vereda Centro.
- ✓ Falta de agua: Vereda Mirador .
- ✓ Acceso al Agua: Veredas El centro, El Depósito, Río Negro (sector Tambor).
- ✓ Desecación de humedales: Veredas Río Negro, El Jigual, La Josefina, y El Depósito.
- ✓ Vientos (Vientos del sur): Veredas Río Claro, Centro, El Mirador y El Depósito (La escuela).
- ✓ Vendaval: Todas las veredas del resguardo.
- ✓ Granizadas: Todas las veredas del resguardo.
- ✓ Páramo: Todas las veredas del resguardo.

Para cada una de estas veredas y para las áreas de riesgo identificadas con el inventario de eventos apoyado en interpretación de imágenes de satélite, se hicieron visitas de campo que permitieron precisar las áreas susceptibles a la amenaza por incendios de cobertura vegetal y por desecación de humedales en el mapa 14. Los sectores específicos afectados por estas amenazas son:

- ✓ Por Incendios de cobertura vegetal: En la vereda Río Negro el sector conocido como Ciénaga Amarilla y el sector de pajonales de Río Negro Alto ubicado en. las faldas del volcán Puracé; y en la vereda El Depósito, el sector conocido como Cortaderal.

- ✓ Desecación de humedales: Los sectores conocidos como el Molino, el acuario, ciénaga amarilla y caracolito.

Para el caso específico de la amenaza por deslizamientos e inundaciones súbitas, se cuenta hasta el momento con un inventario detallado de eventos ocurridos. Es importante aclarar que con las visitas de campo, también se pudo comprobar que no existe riesgo por inundación de tipo lento tal como lo percibieron representantes de la comunidad en la vereda centro.



5.4. Resultados para el resguardo indígena de Puracé

Como producto del taller de percepción realizado con representantes de la guardia indígena y de mesas de trabajo realizadas con promotores comunitarios, se identificaron los deslizamientos, las inundaciones súbitas, la erupción del volcán Puracé, y los sonidos subterráneos del volcán, como las amenazas naturales que afectan el resguardo de Puracé.

La ubicación de estas amenazas se presenta en el mapa 9: Mapa de percepción de amenazas del resguardo de Puracé; como se puede ver en el mapa los riesgos percibidos se ubican así:

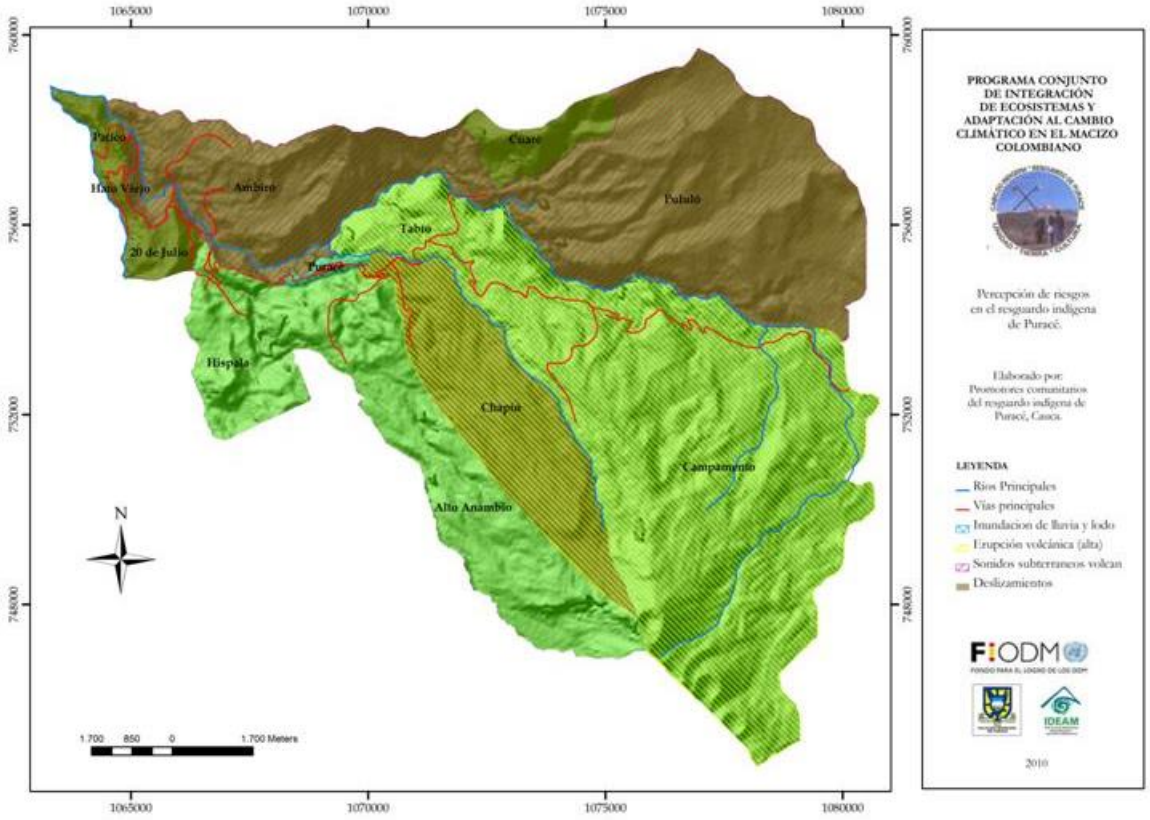
- ✓ Riesgo por sonidos subterráneos del volcán: Veredas de Ambiró y Pululó.

- ✓ Riesgo por erupción volcánica: Veredas de Chapío y Campamento (aunque en todo el resguardo se percibe este riesgo, estas veredas se perciben como de alto riesgo.
- ✓ Riesgo por inundaciones súbitas: Vereda Puracé (centro) donde se ubica el casco urbano.
- ✓ Riesgo por deslizamiento: Veredas Campamento, Chapío, Pululó, Cuaré, 20 de Julio, Patico y Ambiró.

Para cada una de estas veredas y para las áreas de riesgo identificadas con el inventario de eventos apoyado en interpretación de imágenes de satélite, se hicieron visitas de campo que permitieron evaluar con apoyo técnico las áreas susceptibles deslizamientos, inundaciones súbitas e incendios de cobertura vegetal. Es importante notar que aunque la amenaza de origen volcánico es la más evidente en el resguardo, su zonificación ya fue realizada por INGEOMINAS.

Para el caso específico del resguardo de Puracé, se cuenta hasta el momento con un inventario detallado de eventos de deslizamiento, además de la ubicación de las veredas más susceptibles. Para el caso de incendios de cobertura vegetal se han especializado las laderas afectadas por eventos algunas consideradas como susceptibles debido a las prácticas de roza y quemas frecuentes y no controladas que dejan terrenos totalmente expuestos que se presentan en el mapa 14.

Las áreas susceptibles a incendios del resguardo que se precisaron en el mapa 14 son: El sector conocido como La Eucalera, los alrededores de la cascada la Chorrera, y la zona de los pajonales.



Mapa 9. Mapa de percepción del riesgo resguardo indígena de Puracé.

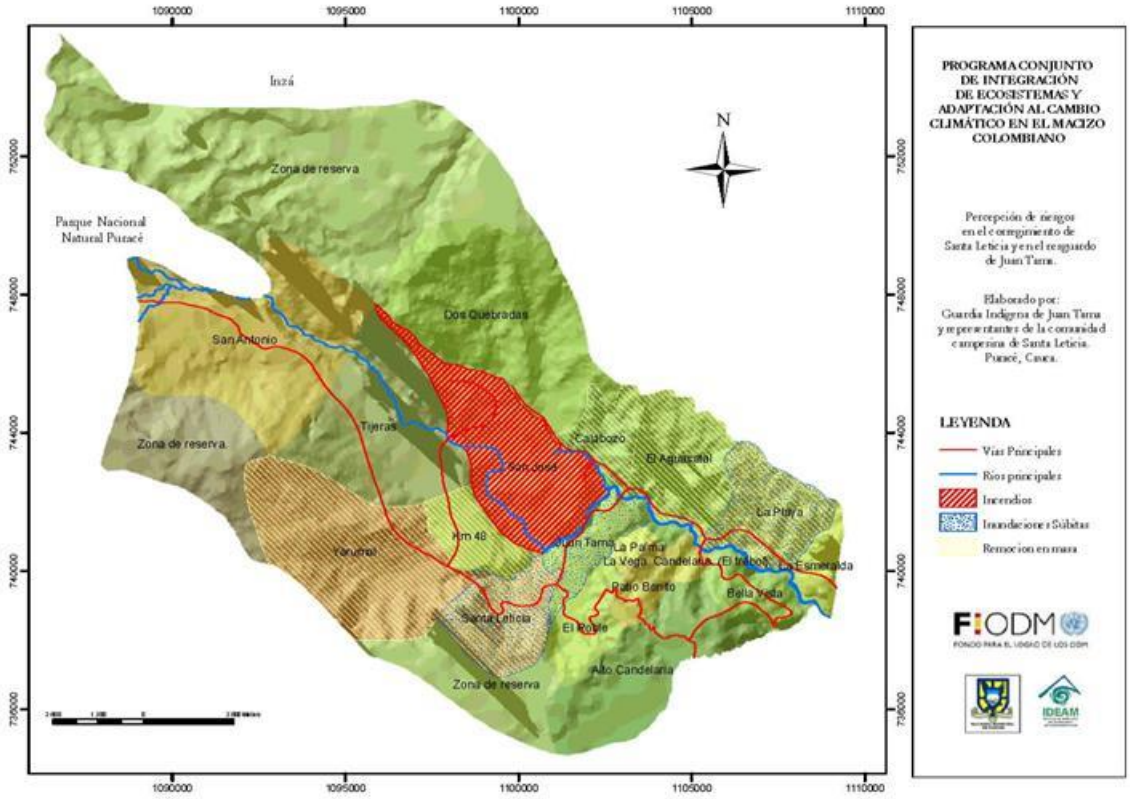
5.5. Resultados para el corregimiento de Santa Leticia y el resguardo indígena de Juan Tama

Como producto del taller de percepción realizado con representantes de la guardia indígena y de mesas de trabajo realizadas con promotores comunitarios, se identificaron los deslizamientos, las inundaciones y los incendios de cobertura vegetal, como las amenazas naturales que afectan el corregimiento de Santa Leticia y el resguardo de Juan Tama.

La ubicación de estas amenazas se presenta en el mapa 10: Mapa de percepción de amenazas del corregimiento de Santa Leticia y el resguardo de Juan Tama; como se puede ver en el mapa las veredas de Yarumal, Km 48, Santa Leticia, San José, Calabozo, Aguacatal y La Playa son percibidas como con riesgo por deslizamientos; en las veredas de Santa Leticia (centro) y la Playa y en el resguardo de Juan Tama se percibe un riesgo por inundaciones súbitas; y el riesgo de que ocurran incendios de cobertura vegetal se percibe en la vereda San José, donde se ubica el cerro el Mono que fue incendiado en el año 2004.

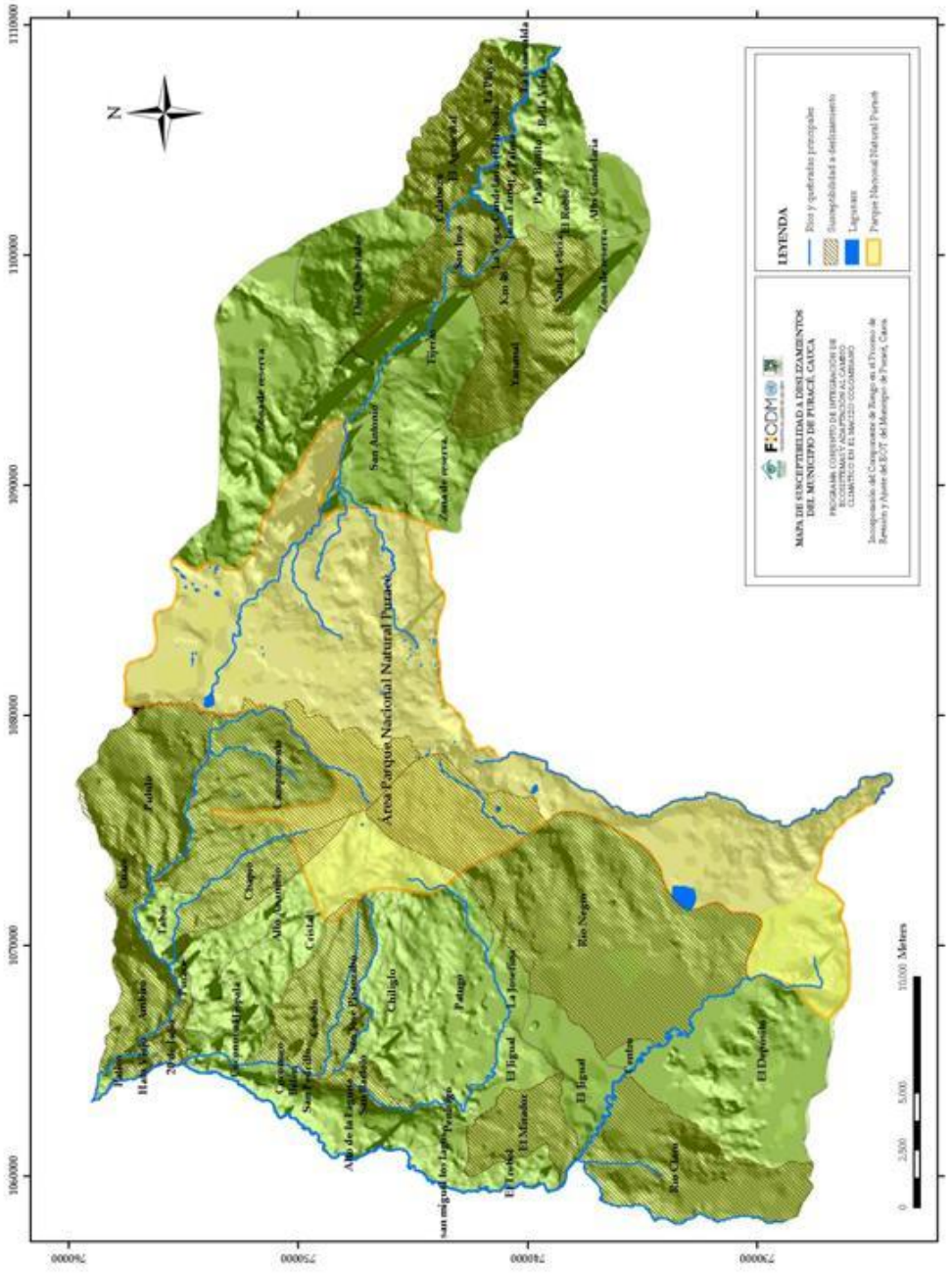
Para cada una de estas veredas y para las áreas de riesgo identificadas con el inventario de eventos apoyado en interpretación de imágenes de satélite, se hicieron visitas de campo que permitieron precisar las áreas susceptibles a cada una de estas amenazas en el mapa 14.

Para el caso específico del corregimiento de Santa Leticia y el resguardo de Juan Tama, se cuenta hasta el momento con un inventario detallado de eventos de deslizamiento, además de la ubicación de las veredas susceptibles. Para el caso de incendios de cobertura vegetal se ha ubicado el especializado el cerro el Mono como susceptible a este evento.

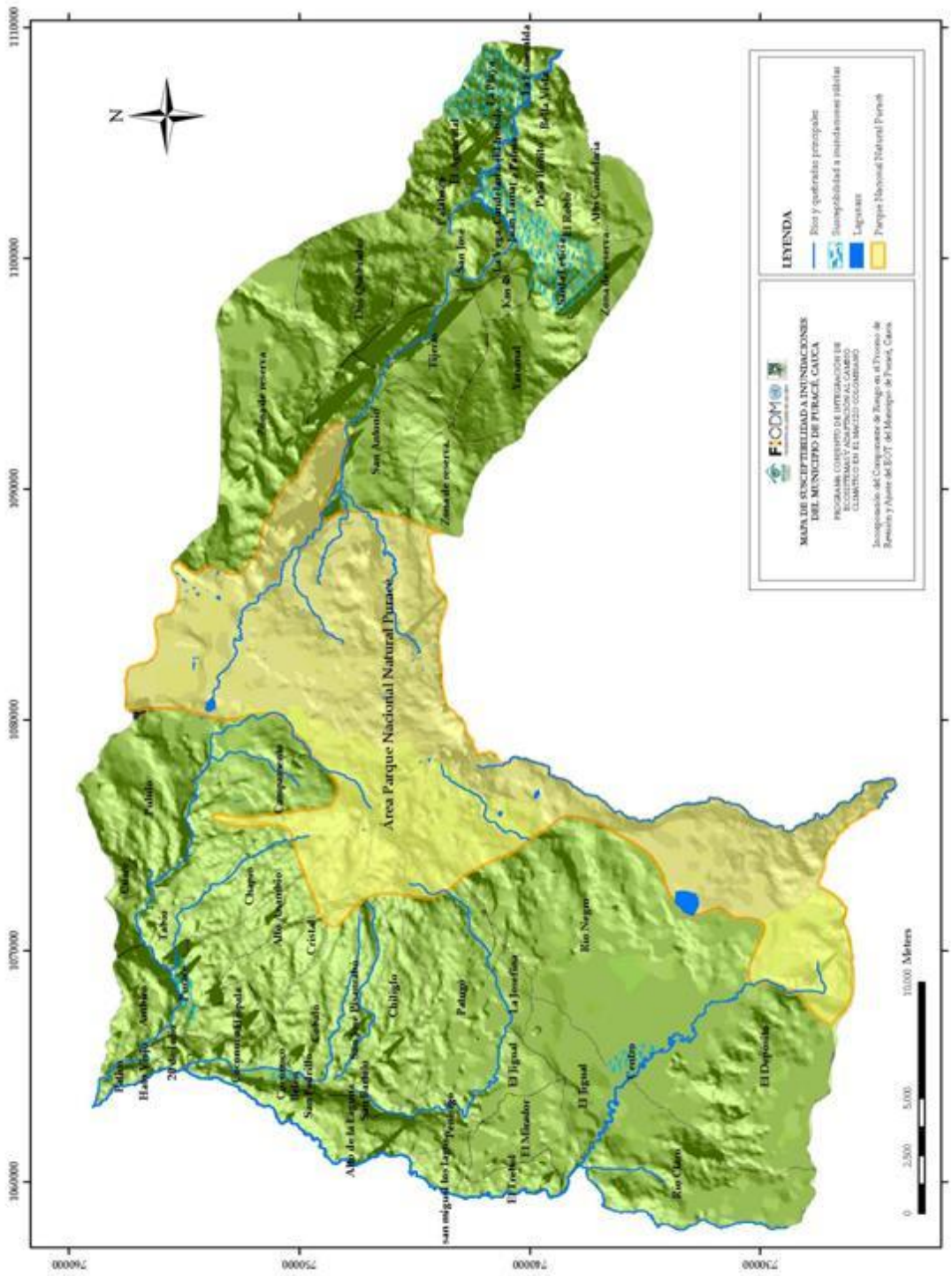


Mapa 10. Mapa de percepción del riesgo Corregimiento de Santa Leticia y resguardo indígena de Juan Tama.

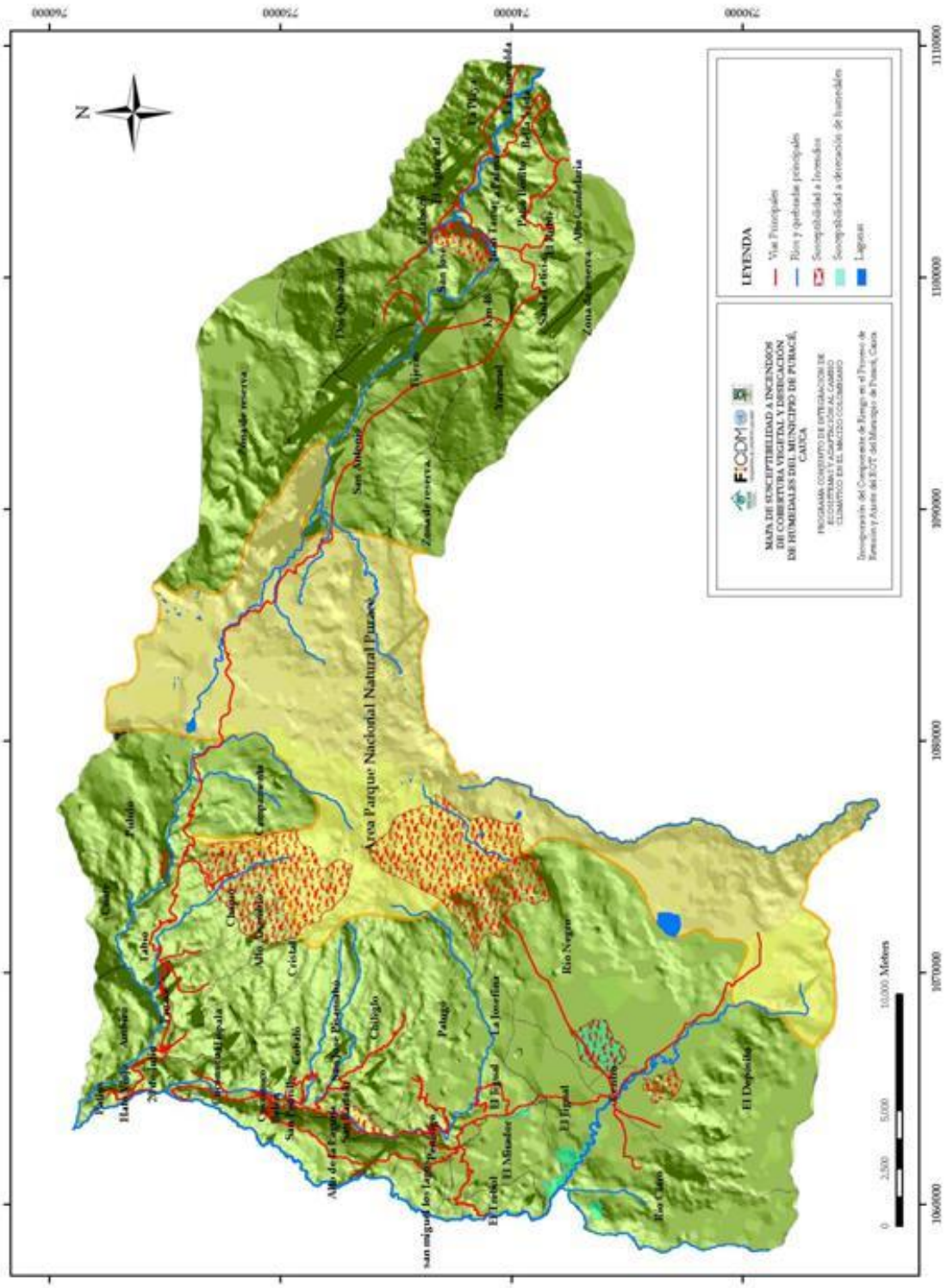
5.6. Resultados consolidados para el Municipio.



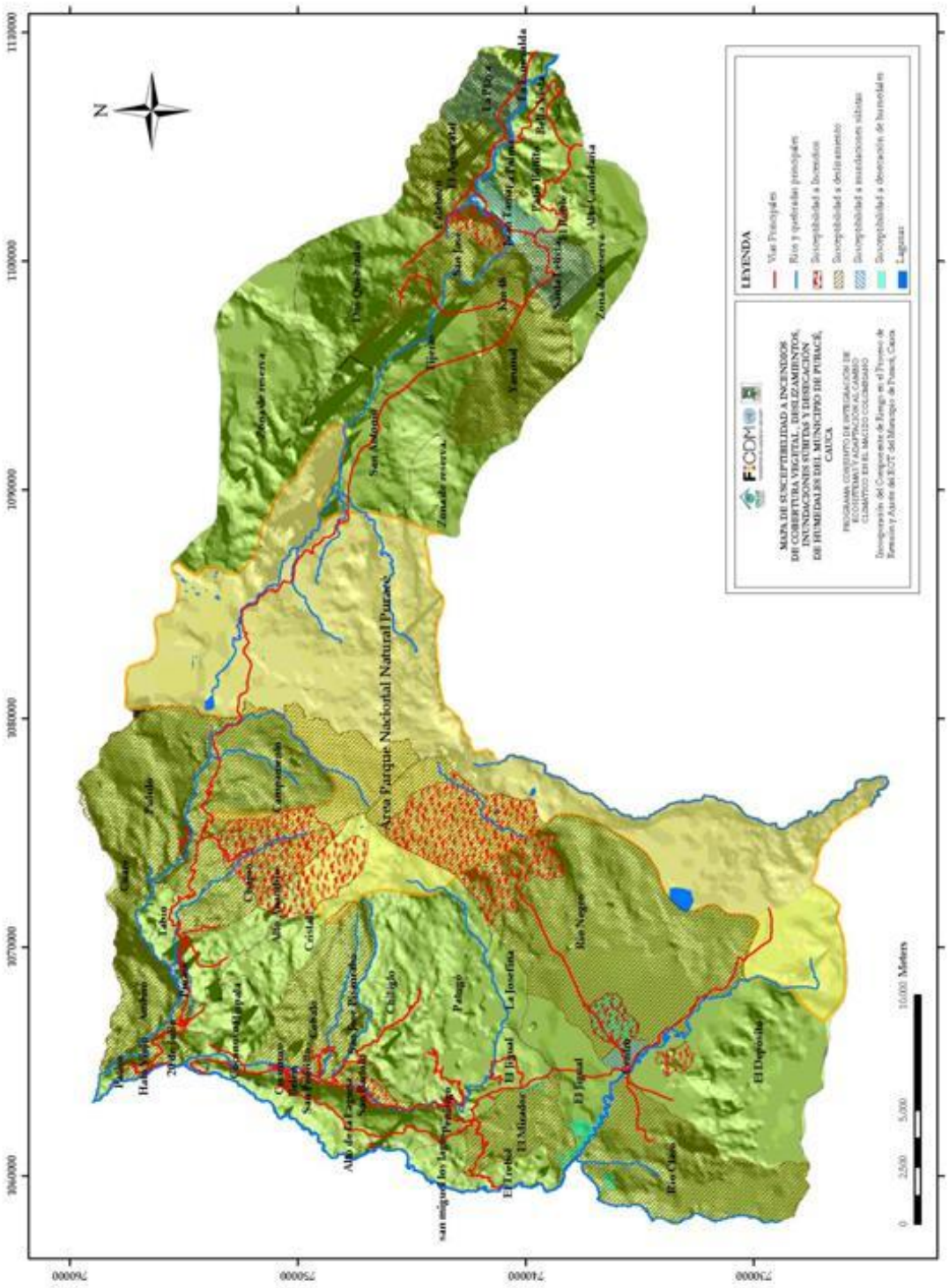
Mapa 11. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos del Municipio de Puracé.



Mapa 12. Mapa de susceptibilidad a inundaciones súbitas en el Municipio de Puracé.



Mapa 13. Mapa de susceptibilidad a incendios de cobertura vegetal en el Municipio de Puracé.



Mapa 14. Mapa de susceptibilidad a amenazas de origen hidroclimático del Municipio de Puracé.

6. Vulnerabilidad Física

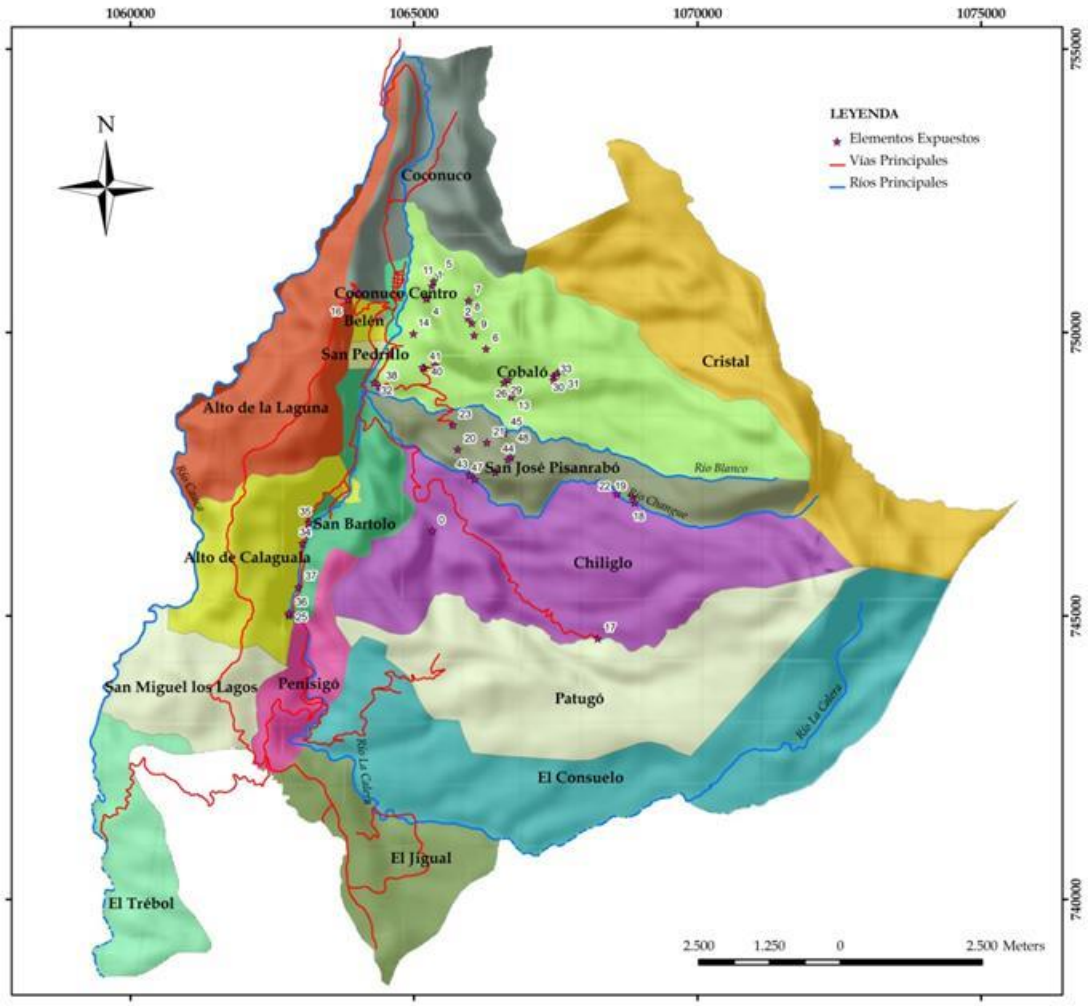
Wilches-Chaux (1989), define la vulnerabilidad física como la localización de la población en zonas de riesgo físico, condición provocada por la pobreza y la falta de oportunidades para una ubicación de menor riesgo. Corresponde a la condición o grado de susceptibilidad que tiene el asentamiento humano de ser afectado por estar en el área de influencia de los fenómenos peligrosos y por su falta de resistencia física ante los mismos (MAVDT, 2005).

De acuerdo con las anteriores definiciones, se plantea que para conocer la vulnerabilidad física en el municipio de Puracé, es necesario identificar y evaluar los elementos expuestos a las diferentes amenazas ya identificadas en el estudio de susceptibilidad desarrollado en la primera etapa del proceso de planteamiento de escenarios de riesgo.

Las bases de datos de inventario de elementos expuestos de cada resguardo fueron alimentadas por promotores comunitarios, y se espera que se consoliden como una herramienta para la toma de decisiones a nivel local dentro de los procesos de planificación y de preparación y respuesta ante emergencias. La tablas de inventario que se presentan a continuación pertenecen a la bases de datos de los cabildos y el propósito es que sean alimentadas por representantes de la comunidad que ya fueron entrenados para esto en el software KOSMO y ARCGIS9.3.

6.1. Resultados para el resguardo indígena de Kokonuko

En este resguardo se han identificado viviendas, vías, puentes, escuelas, bocatomas, redes de acueducto y ojos de agua como elementos expuestos. Cada uno de estos se presentan en la tabla N.2, y se ubica en el mapa N.15.



Mapa 15. Elementos expuestos resguardo indígena de Kokonuko

En la tabla N.2 que se presenta a continuación, se enumeran cada uno de los elementos mencionados y se describe el tipo de amenaza a la que está expuesto. Como se mencionó en el análisis de susceptibilidad de amenazas del Municipio, y como se puede ver en la tabla N.2, las principales amenazas que afectan el resguardo de Kokonuko son: deslizamientos superficiales, deslizamientos rotacionales, caída libre de roca, inundaciones súbitas, actividad volcánica, desecación de humedales y vendavales.

En el anexo 2, se presentan en las fichas del 1 al 7 las características de las áreas críticas de riesgo de este resguardo. Pese a ser 48 los puntos identificados como de elementos expuestos, en estas fichas se presentan en detalle los puntos de mayor interés comunitario.

ID	NORTE	ESTE	ELEMENTO EXPUESTO	AMENAZA	VEREDA	PREDIO
0	746505	1065330	Puente de Chulumbio	Deslizamiento, inundación súbita.	Chiliglo	
1	750826	1065320	Vivienda	Deslizamiento de la loma de la estella	Cobaló	Pascuala
2	750170	1066030	Ojo de Agua	Deslizamiento	Cobaló	
3	747546	1066440	Ojo de Agua	Caída libre de roca	Pisanrabó	
4	750609	1065220	Vivienda	Inundación súbita río grande	Cobaló	Agustin Calambas
5	751014	1065460	Vivienda	Deslizamiento		Anunciación Yace
6	749714	1066280	Vivienda	Deslizamiento	Cobaló	Carlos Gurrute
7	750564	1065970	Vivienda	Deslizamiento	Cobaló	Ensenillo
8	750262	1065950	Vivienda	Deslizamiento	Cobaló	Guillermo
9	749953	1066070	Vivienda	Deslizamiento	Cobaló	Jorge Avirama
10	750623	1065230	Vivienda	Inundación súbita río Grande	Coconuco - Casco urbano	José Domingo
11	750906	1065350	Vivienda	Deslizamiento	Cobaló - Sector San Andrés	Libardo Hol
12	750598	1065220	Vivienda	Posible creciente del rio grande	Coconuco - Casco urbano	Lucila Golondrino
13	748873	1066720	Bocatoma	Deslizamiento	Cobaló	Eladio Sauca
14	749980	1065000	Puente Comfandi	Inundación súbita río Grande.	Cobaló	Mariela Paredes
15	750689	1064030	Viviendas	Deslizamiento	Belén	
16	750583	1063850	Viviendas	Caída libre de roca	Belén	
17	744608	1068240	Sector turístico	Lanzamiento de lava volcánica. Pozo azul.	Chiliglo	
18	747005	1068900	Sobretana	Deslizamiento que afectó cobertura sobretana	Pisanrabó	
19	747113	1068860	Sobretana	Deslizamiento sitio sobretana	Pisanrabó	
20	747945	1065780	Camino	Deslizamiento camino "Quingos"	Pisanrabó	
21	748065	1066290	Red de acueducto	Deslizamiento que afectó red de acueducto	Pisanrabó	
22	747159	1068580	Bocatoma acueducto	Deslizamiento bocatoma acueducto	Pisanrabó	
23	748373	1065690	Escuela San José	Vendaval	Pisanrabó	
24	749336	1067630	Vivienda	Deslizamiento - El terreno se hundió	Cobaló	Mercedes Melenje
25	745018	1062800	Viviendas	Deslizamiento rotacional	San Bartolo	
26	749172	1066670	Viviendas	Deslizamiento	Cobaló	
27	749241	1067460	Viviendas	Deslizamiento - El terreno se hundió	Cobaló	
28	749432	1065380	Piscina.Sector turístico	Deslizamiento - La quebrada está socavando el área de la piscina	Cobaló	Cabildo
29	749128	1066590	Viviendas	Deslizamiento	Cobaló	

Tabla 2. Inventario de elementos expuestos. Resguardo Indígena de Kokonuko.

ID	NORTE	ESTE	ELEMENTO EXPUESTO	AMENAZA	VEREDA	PREDIO
30	749280	1067520	Viviendas	Deslizamiento	Cobaló	
31	749323	1067600	Viviendas	Deslizamiento - El terreno se está hundiendo	Cobaló	
32	749123	1064310	Vía	Deslizamiento - Se ha ido un banco de la vía	Cobaló	
33	749170	1067470	Vivienda.	Deslizamiento	Cobaló	Mercedes Melenje
34	746287	1063040	Viviendas	Deslizamiento	San Bartolo	
35	746650	1063150	Viviendas	Deslizamiento. El deslizamiento ocurre aprox a 250 metros de este punto en dirección a la vía y al río.	San Bartolo	
36	745058	1062800	Tubería	Deslizamiento	Cobaló	
37	745516	1062970	Viviendas	Deslizamiento. El deslizamiento ocurre de este punto a 150 m al oriente, va a dar al río la Calera	San Bartolo	
38	749052	1064400	Camino	Deslizamiento	Cobaló	
39	749619	1064580	Camino	Deslizamiento	Cobaló	
40	749388	1065190	Camino	Deslizamiento	Cobaló	
41	749387	1065160	Camino	Deslizamiento	Cobaló	
42	747801	1066720		Erosión - reptación. Ladera con procesos erosivos intensos Costado este del rio Changue.	Pisanrabó	
43	747490	1065980	Viviendas	Caída de piedra. Sector Cailoma	Pisanrabó	
44	747761	1066660	Viviendas	Deslizamiento de material plástico	Pisanrabó	
45	748236	1066590	La Cuchilla. Flujos, Material plástico.	Posible deslizamiento por tener una pendiente muy alta	Pisanrabó	
46	747546	1066440	Ojo De Agua Peñas blancas	Se esta sediendo el terreno. Hundiendo la ciénaga.	San José	
47	747421	1066070	Viviendas	Posible represamiento. Hacia el río Changue.	Pisanrabó	
48	747952	1066710	Viviendas	Hundimiento que puede afectar las casas de pisanrabo parte alta	Pisanrabó	

Inventario de elementos expuestos. Resguardo Indígena de Kokonuko.

6.2. Resultados para el resguardo indígena de Paletará

De acuerdo con los resultados del ejercicio de exploración de la percepción del riesgo en este cabildo, las amenazas que más afectan este territorio son de origen hidrometeorológico (heladas, granizadas, páramo), por lo que los elementos expuestos identificados en el trabajo realizado conjuntamente con los promotores comunitarios corresponden básicamente a cultivos.

Otro grupo de amenazas identificadas, corresponde a las de origen natural como la actividad volcánica (por la cercanía a los volcanes Puracé y Sotará), la desecación de humedales, los incendios de cobertura vegetal y los deslizamientos de tipo rotacional y traslacional; sin embargo son percibidas como de menor importancia ya que la mayoría de las zonas identificadas con la

amenaza de deslizamiento se encuentran dentro de zonas de reserva del cabildo o en zonas deshabitadas que no afectan ninguna infraestructura, por lo que el único elemento que está expuesto es la cobertura vegetal.

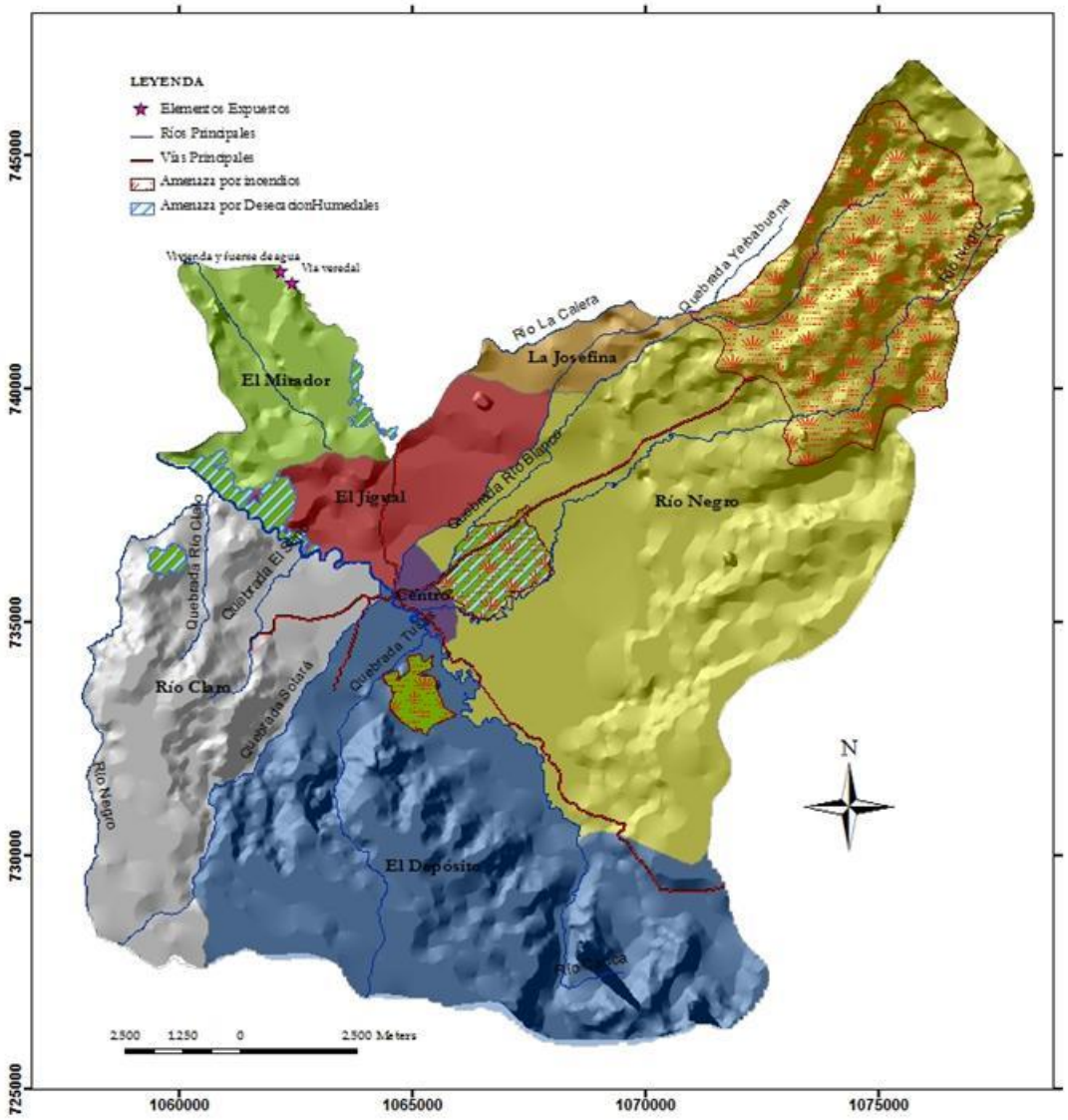
Para el caso de la amenaza por deslizamientos, una de las zonas de mayor ocurrencia es el sector conocido como río Claro Alto en las rondas del río Negro (figura 2), en el que han ocurrido varios deslizamientos de tipo rotacional cuyo material se deposita en el río Negro. Esta zona corresponde a una reserva indígena y no se identifican elementos en riesgo por deslizamiento; por otro lado, teniendo en cuenta la ubicación del material represado y su topografía, tampoco hay riesgo que ocurra una avalancha o avenida súbita.

Figura 2. Fotografías deslizamientos sector río Claro Alto.

Así como por deslizamientos, los terrenos también han sido afectados por erosión fuerte producto de los procesos de deforestación en la zona y prácticas de uso del suelo como la ganadería que también caracteriza a este resguardo (Figura 3).

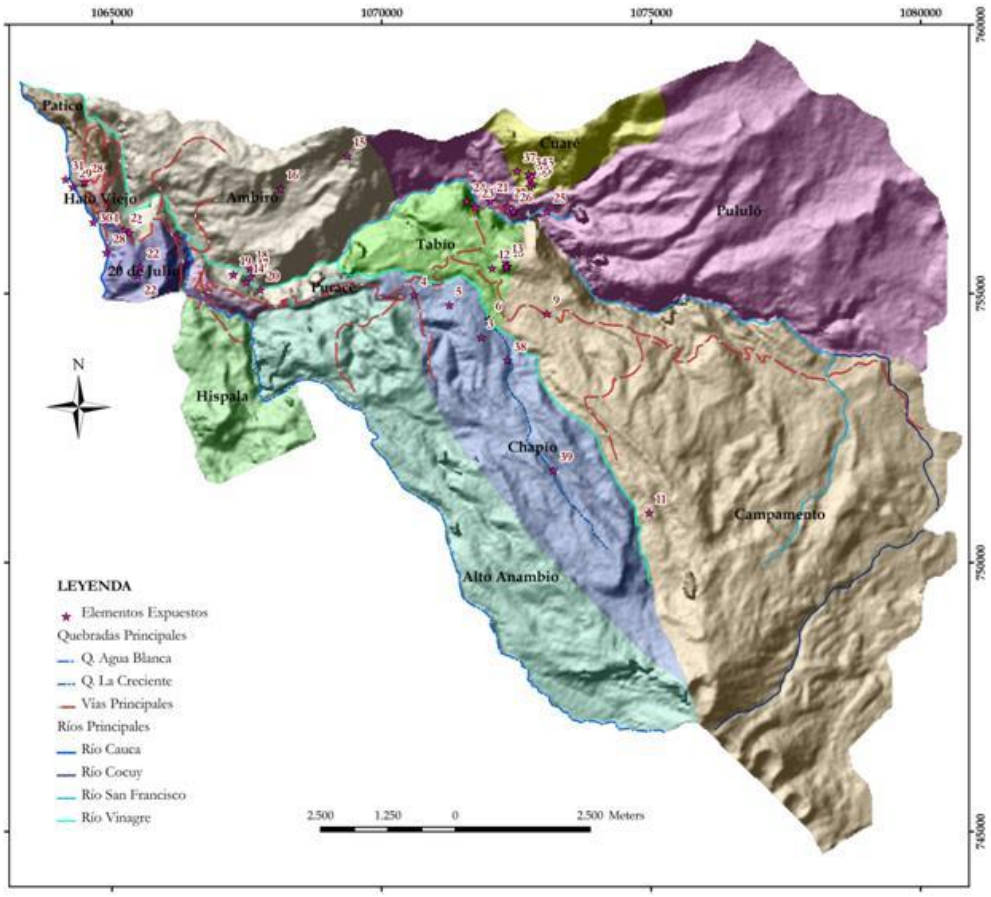
Figura 3. Ejemplos de deslizamientos rotacionales y procesos de erosión fuerte.

Por lo anterior, la base de datos de elementos expuestos (infraestructura, viviendas, etc.) a amenazas naturales recurrentes en este resguardo, contiene únicamente dos elementos que se describen con mayor detalle en el anexo 2 en las fichas 8 y 9 y se presentan en el mapa 16, en el que también se presentan como elementos expuestos los humedales que están en riesgo de desecación.



Mapa 16. Elementos expuestos resguardo indígena de Paletará.

6.3. Resultados para el resguardo indígena de Puracé



Mapa 17. Elementos expuestos resguardo indígena de Puracé.

En este resguardo se han identificado viviendas, vías, caminos, puentes, escuelas, acueductos y nacientes como elementos expuestos. Cada uno de estos se ubica en el mapa N.17, y se presentan en la tabla N.3.

Es importante aclarar que para este resguardo se cuenta con información más detallada que la presentada en los mapas, es decir, se tiene la delimitación en polígonos de las viviendas afectadas, así como los trazos de vías afectadas. Sin embargo, por la escala a la que se presentó el mapa de elementos expuestos cada uno de estos elementos se presenta de manera puntual; pero se hace entrega del archivo digital al cabildo de cada uno de estos predios afectados; así como las dimensiones de las bocatomas y acueductos expuestos en las bases de datos.

Id	NORTE	ESTE	ELEMENTO EXPUESTO	ÁREA	DESCRIPCIÓN	COBERTURA	DUEÑO DEL PREDIO
1	756512	1064910	Vivienda	622,2	Riesgo por deslizamiento ubicada en la parte alta de la vía	Pastizal	Victoriano Pisso Golondrino
2	756198	1065230	Camino de herradura y ganado parte baja de la valastrera.	179,3	Hay riesgo por deslizamiento de rocas puede causar pérdidas humanas, ganado por ser la parte plana por donde es transitable, rocas extraÝdas de la mina de piedra dejadas al borde de la vía	Ladera rocosa	Cabildo Indígena de Puracé
2	756141	1065320	Camino de herradura y ganado parte baja de la valastrera.	179,3	Hay riesgo por deslizamiento de rocas puede causar pérdidas humanas, ganado por ser la parte plana por donde es transitable, rocas extraídas de la mina de piedra dejadas al borde de la vía	Ladera rocosa	Cabildo Indígena de Puracé
3	754198	1071840	Vivienda	202,5	Riesgo por deslizamiento ocasionando agrietamiento de paredes en la vivienda	Pastizal con alta pendiente	Marco Aurelio Avirama
4	754984	1070600	Vivienda	533,4	Riesgo por aumento de caudal de la quebrada	Ladera de galería en la quebrada	Carlos Chaguendo
5	754800	1071260	Vivienda	238,3	Se han presentado agrietamientos en la base de la vivienda y por evento de temblor se han agrietado paredes	Pastizal con alta pendiente	Vicenta Calapsu
6	754532	1071990	Puente sobre la vía Sector el Seis		Vía	Bosque de galería	Herederos Pizo Guauña
6	754524	1071990	Puente sobre la vía Sector el Seis		Vía	Bosque de galería	Herederos Pizo Guauña
7	755528	1072340	Vivienda	341,4	Riesgo por deslizamiento	Vegetal, ladera	Gerardo Puliche
8	755480	1072320	Vivienda	93,0	Riesgo por deslizamiento	Ladera	Agapito Calapsú
9	754641	1073060	Escuela	2377,5	Hay riesgo por deslizamiento en de invierno el motivo de que el agua de la vía carreteable cae por la parte anterior de la escuela produciendo filtración.	Pastizal	Comunidad Vereda Campamento
10	755516	1072310	Vivienda	533,4	Riesgo por deslizamiento	Pastizal- ladera	Leopoldo Charo
11	750941	1074960	Área de explotación minera	7217,0	Derrumbes de material pétreo y arena hacia el interior de los socavones; afectación de la vía carreteable y ecosistema aledaño con afloramientos de agua además de actividades productivas.	Vegetal y ladera rocosa	Cabildo Indígena de Puracé
12	755483	1072050	Vivienda	919,5	Riesgo por deslizamiento	Ladera	Roso Calapsu
13	755596	1072290	Vivienda	4333,0	Riesgo por deslizamiento de tierra y cobertura vegetal	Ladera	Hermogenes Manquillo
14	755225	1067490	Vivienda	981,6	Riesgo por desprendimiento de rocas parte alta y accidente vehicular.	Ladera rocosa	María Beatriz Quilindo Quira
15	757575	1069370	Acueducto	1,0	Riesgo a que se vuelva a presentar deslizamiento; se han presentado daños en tanques(desarenador y de almacenamiento)	Bosque intervenido	José María Bolaños
16	756964	1068130	Vivienda	124,0	Riesgo por deslizamiento debido a el agua filtrada que baja por la parte anterior de la vivienda; además en la parte baja hay nacimiento de agua que surge en tiempo de invierno	Ladera	Jesús Marcial Pisso
17	755322	1067570	Vivienda	34,2	Riesgo por posible deslizamiento de tierra y rocas ubicadas en la parte anterior de la vivienda.	Ladera	Martina Manquillo
18	755483	1067560	Vivienda	62,6	Riesgo por deslizamiento de tierra y rocas	Ladera	Armando Manquillo
19	755365	1067250	Vivienda	346,8	Riesgo por desprendimiento de rocas y por desagüe de alcantarillas de agua lluvia	Ladera	Margarita Bolaños

Tabla 3. Inventario de elementos expuestos. Resguardo Indígena de Puracé.

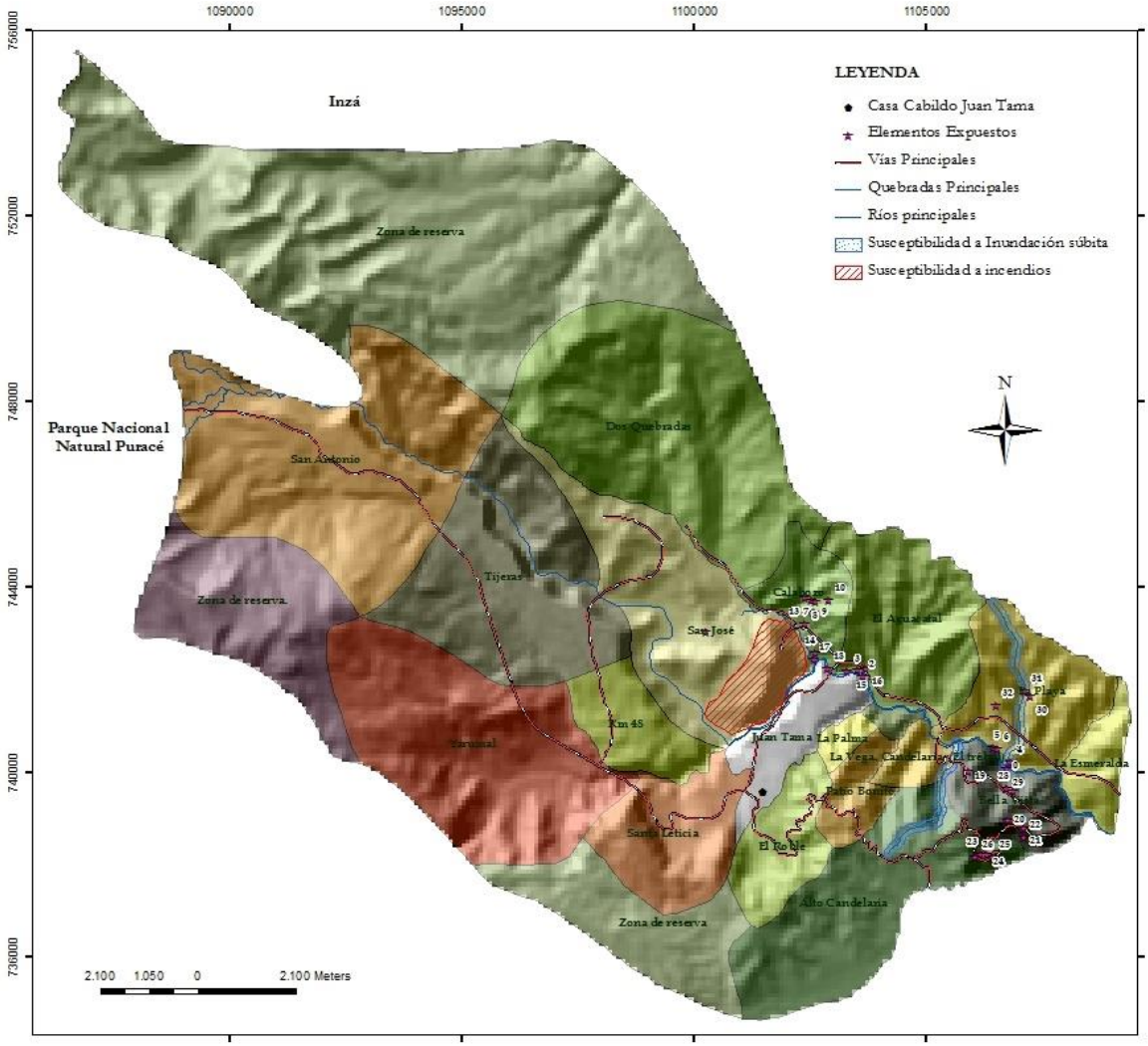
Como se mencionó en el análisis de susceptibilidad de amenazas del Municipio, y como se puede ver en la tabla N.3, las principales amenazas que afectan el resguardo de Puracé son: deslizamientos, caída libre de roca, avalanchas, actividad volcánica, e incendios de cobertura vegetal.

En el anexo 2, se presentan en las fichas del 10 al 20 las características de las áreas críticas de riesgo de este resguardo. Pese a ser 37 los puntos identificados como de elementos expuestos, en estas fichas se presentan en detalle los puntos de mayor interés comunitario.

Id	NORTE	ESTE	ELEMENTO EXPUESTO	ÁREA	DESCRIPCIÓN	COBERTURA	DUEÑO DEL PREDIO
20	755085	1067750	Vivienda	232,9	Riesgo por posible desplome de pared rocosa y avalancha de río San Francisco	Ladera ROCOSA	Marino Puliche
21	756735	1072010	Viviendas, Escuela, Hogar Infantil	72247,0	Amenaza por avalancha por pasar el río San Francisco cerca de la vereda	Pastizal con pequeños aislamientos y ampliación de frontera agrícola.	
22	755501	1065530	Abastecimiento de agua		Hundimiento de terreno amenaza nacimiento de agua subterránea además está en riesgo la tubería de inicio del abastecimiento; Falta aislamiento.	Pastizal y Bosque intervenido(árboles de aliso)	Rafaela Mazabuel Viuda de Caldón y Miguel Ángel Calapsu
22	755349	1065480	Abastecimiento de agua		Hundimiento de terreno amenaza nacimiento de agua subterráneo además esta en riesgo la tubería de inicio del abastecimiento; Falta aislamiento.	Pastizal y Bosque intervenido(árboles de aliso)	Rafaela Mazabuel Viuda de Caldón y Miguel Ángel Calapsu
23	756621	1071740	Vivienda		Amenaza por deslizamiento de rocas parte alta y deslizamiento de lote parte baja de la vivienda quedando en riesgo el poste de energía.	Pastizal y rocosa	Leonor Bolaños
24	756727	1071570	Vía		Amenaza por deslizamiento de roca y mesa de carretera	Rocosa	
25	756540	1073070	Red principal de abastecimiento de agua	2801,0	Puede ocasionar deslizamiento por pasar por una ciénaga la red principal del abastecimiento	pastizal y ladera	Ana Elvira Caldón, Gentil Armando Quira
26	756545	1072440	Vivienda	212,5	Puede ocasionarse el deslizamiento por encontrarse la vivienda en una parte muy pendiente.	Pastizal	Mario Elbio Aguilar
27	756628	1072330	2 viviendas	311,9	Riesgo por deslizamiento	Ladera	Sandra Quira, José Manuel Quira
28	755774	1064900	Vía Alto de Cauca		Riesgo por deslizamiento	Ladera rocosa	
28	757088	1064490	Vía Alto de Cauca		Riesgo por deslizamiento	Ladera rocosa	
29	756993	1064270	Vivienda al lado de la vía.	1203,5	Riesgo por deslizamiento	Ladera	Sara María Yata
30	756340	1064650	Vivienda		Riesgo por deslizamiento y exceso de velocidad vehicular	Ladera	Anselmo Jalvin Caldón
31	757138	1064140	Vivienda	687,6	Riesgo por deslizamiento	Ladera	Maria Angélica Pizo
32	757007	1072750	Vivienda	228,9	Riesgo por deslizamiento hay nacimiento de agua en la parte baja.	Pastizal y ladera	Martha Manquillo
33	757050	1072800	Vivienda	526,1	Riesgo por deslizamiento hay nacimiento de agua en la parte baja.	Pastizal y ladera	Aparicio Manquillo
34	757235	1072720	Vivienda	242,0	Riesgo por desprendimiento de grandes rocas de la parte alta de el cerro denominado el Cucho, que podría afectar 4 viviendas		Jesus Quira
35	757212	1072850	Vivienda	242,0	En riesgo por deslizamiento de rocas del cerro denominado el Cucho	ladera de baja pendiente	liborio Quira
36	757143	1072750	Vivienda	237,9	Riesgo por deslizamiento hay nacimiento de agua en la parte baja.	ladera de baja pendiente	Secundino Caldón
37	757290	1072510	Escuela	4054,2	En riesgo por deslizamiento de rocas del cerro denominado el Cucho	ladera de baja pendiente	

Inventario de elementos expuestos resguardo indígena de Puracé.

6.4. Resultados para el corregimiento de Santa Leticia y resguardo indígena de Juan Tama.



Mapa 18. Elementos expuestos corregimiento de Santa Leticia.

De acuerdo con los resultados del estudio de susceptibilidad a amenazas en el Municipio de Puracé, en el corregimiento de Santa Leticia se presentan principalmente amenazas por incendios de cobertura vegetal, por deslizamientos y por inundaciones súbitas; y de acuerdo con los recorridos de campo, como elementos expuestos a estas amenazas se han identificado: viviendas, vías, caminos, puentes, escuelas, acueductos y nacientes, los cuales se ubican en el mapa N.18, y se presentan en la tabla N.4.

Figura 4. Afectaciones recurrentes en caminos veredales.

Como se puede ver en el mapa de susceptibilidad, los deslizamientos se han considerado como una de las grandes amenazas en este corregimiento, afectando principalmente las veredas Yarumal, Santa Leticia, Km. 48, San José, Calabozo, El Aguacatal, y La Playa. Así, si se tiene en cuenta la ubicación de las amenazas y de los elementos expuestos, se puede decir que este es el resguardo donde es más alto el riesgo por remoción en masa en el Municipio; esto, si se tiene en cuenta que los problemas afectan vías que comunican los centros poblados y centros de interés cultural como escuelas (figura 4).

En general, los procesos de remoción en masa que se presentan en el corregimiento son consecuencia del fuerte proceso de deforestación y uso inadecuado del suelo que se ha presentado durante los últimos años en la zona. Durante varios años en este corregimiento se ha dado un fuerte proceso de tala indiscriminada con el fin ampliar la frontera agrícola y pecuaria que apoyado con prácticas como las quemas constantes, han dejado el terreno totalmente expuesto, lo que al sumarse a otros factores como las fuertes pendientes y las precipitaciones intensas desencadenan deslizamientos.

También es importante mencionar que de acuerdo con algunos pobladores, en este corregimiento del Municipio, se inició en un momento el cultivo de la amapola y fue abandonado, por lo que valdría la pena investigar desde hace cuanto se erradicó el cultivo en la zona y si se hizo algún tipo de fumigación que perturbaran la utilidad futura de estos suelos.

ID	NORTE	ESTE	ALTURA	AMENAZA	ELEMENTO EXPUESTO	DUEÑO DEL PREDIO	FOTOS
0	739769	1107115	1718	Avalancha	Vivienda	Amparo Quasquer	Foto 100_7112
1	742714	1100626	2160	Deslizamiento	Vivienda	José Maria Pete	Foto 100_7186
2	741759	1104011	1828	Deslizamiento	Carretera a Calabozo	Campesinos	Foto 100_7185
3	741873	1103686	1849	Deslizamiento	Carretera a Calabozo	Campesinos	Foto 100_7184
4	739922	1107196	1769	Deslizamiento.	Vía La Playa a Huila.	Campesinos.	Fotos desde 100_7155 hasta 100_7157.
5	740223	1106824	1718	Avalancha	Vivienda	Hernán Valencia.	Fotos desde 100_7146 hasta 100_7150.
6	740187	1106911	1690	Avalancha	Puente sobre río Bedón.		Fotos 100-7143 hasta 100-7145.
7	743470	1102765	2027	Deslizamiento.	Cultivos - Cobertura vegetal.		Fotos desde P1150738 hasta 1150739
8	743400	1102896	2047	Deslizamiento.	Cultivos - Cobertura vegetal.		Fotos desde P1150727 hasta 1150728
9	743389	1102999	2046	Deslizamiento.	Cultivos - Cobertura vegetal.		Fotos desde P1150724 hasta 1150730
10	743397	1103273	2063	Deslizamiento.	Represamiento de la quebrada.		Fotos desde P1150719 hasta 1150723
11	743154	1102976	2060	Deslizamiento.	Red acueducto veredal.	Ismael Quirá	Fotos desde P1150712 hasta 1150718
12	743168	1102806	2035	Deslizamiento.	Ganado		Fotos desde P1150709 hasta 1150710
13	742893	1102775	1982	Deslizamiento.	Cultivos		Fotos desde P1150696 hasta 1150706
14	742279	1102988	1925	Deslizamiento.	Vivienda	Misael Manquillo	Fotos desde P1150683 hasta 1150688
15	741884	1103896	1830	Deslizamiento.	Vivienda	Primitiva Chilma	Foto P1150651
16	741935	1104058	1853	Deslizamiento.	Camino que comunica a la vereda El Calabozo		Fotos desde P1150652 hasta 1150654
17	742113	1102954	1852	Avalancha	Escuela San Fernando		Fotos desde P1150639 hasta 1150648
18	741932	1103242	1869	Deslizamiento.	Vivienda	Misael Manquillo	Fotos desde P1150632 hasta 1150637
19	739714	1106274	1943	Incendio	Cobertura Vegetal		Fotos desde P1150614 hasta 1150616
20	738664	1107144	2090	Deslizamiento.	Viviendas	Neider Campo	Fotos desde P1150608 hasta 11506013
21	738502	1107469	2082	Deslizamiento.	Escuela Bellavista	Bellavista	Fotos desde P1150583 hasta 1150584
22	738299	1107470	1991	Deslizamiento.	Vivienda	Virgini Yalanda	Fotos desde P1150585 hasta 1150594
23	737925	1106549	2144	Deslizamiento.	Vía a Bellavista		Fotos desde P1150575 hasta 1150582
24	737923	1106682	2151	Deslizamiento.	Vivienda	Martha Sanchéz	Foto P1150573
25	737874	1106836	2171	Deslizamiento	Cantera		Sin Foto
26	737861	1106440	2210	Deslizamiento.	Vía a Bellavista. Banca de la vía.	Aprox 300 familias	Fotos desde 1150561 hasta 1150569
27	739582	1106881	1819	Deslizamiento.	Cultivos - Cobertura vegetal.		Sin Foto
28	739655	1106752	1787	Deslizamiento.	Cultivos - Cobertura vegetal.		Sin Foto
29	739656	1106752	1789	Deslizamiento.	Cultivos - Cobertura vegetal.		Sin Foto
30	741640	1107255	2147	Deslizamiento.	Vivienda.	Cecilia.	Sin Foto
31	741757	1107150	2163	Deslizamiento.	Vivienda.	Bernardo Caldón.	Sin Foto
32	741452	1106514	2062	Deslizamiento.	Cultivos - Cobertura vegetal.		Sin Foto

Tabla 4. Inventario de elementos expuestos Corregimiento de Santa Leticia.

Figura 5. Ejemplo deslizamientos traslacionales característicos en Santa Leticia.

Como se puede ver en la figura 5, la mayoría de los movimientos en masa en el corregimiento de Santa Leticia corresponden a deslizamientos traslacionales; es decir, movimientos de capas delgadas de suelo o rocas fracturadas a lo largo de superficies con poca inclinación.

De acuerdo con relatos de la comunidad, muchos de los deslizamientos que se evidencian en campo, ocurrieron el primero de Diciembre del año 2008, luego de una fuerte temporada invernal; por lo que resulta primordial que para el planteamiento de escenarios de riesgos del corregimiento se revise a fondo la información hidrometeorológica.

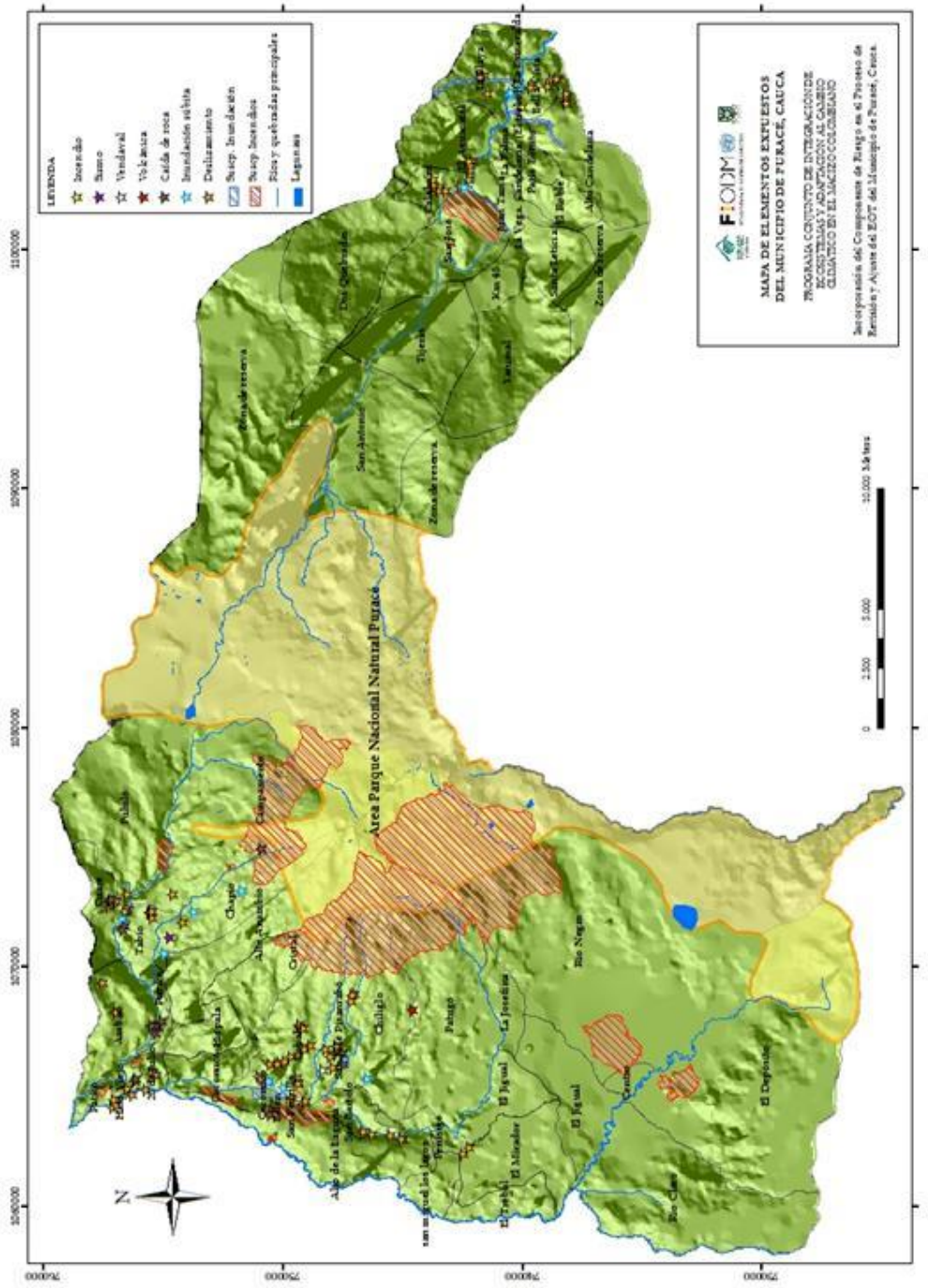
Por otro lado, como se puede ver en el mapa N.18, en el caso de presentarse desbordamientos en el Municipio, estos serían causados principalmente por el río Quebradón con su afluente la Quebrada Santa Leticia y el río Bedón, los cuales ya generaron la emergencia ocurrida a finales del año 2008, en esta ocasión la creciente del río Bedón en el sector de San Fernando (vereda El Calabozo) destruyó totalmente el puente que conduce a la escuela de esta vereda.

El aumento del caudal en época invernal junto a la susceptibilidad por deslizamientos conforma una amenaza concatenada de gran potencial para esta zona, que ya se ha manifestado en pequeñas avalanchas por las quebradas Dos Quebradas y El Trébol.

Después de presentar el inventario por cada corregimiento y resguardo indígena, se presenta un consolidado para el Municipio en el mapa N.5[4].

[4] Teniendo en cuenta la extensión de la base de datos, el inventario Municipal se adjunta en formato digital con este informe.

6.5. Resultados para el corregimiento de Santa Leticia y resguardo indígena de Juan Tama.



Mapa 19. Elementos expuestos. Consolidado para el Municipio.

7. Escenarios de riesgo.

En algunas situaciones donde no hay disponible suficiente información temporal sobre deslizamientos para ser capaz de estimar su probabilidad, se usa un método que combina la amenaza cualitativa y los mapas de vulnerabilidad. El mapa cualitativo corresponde entonces a los mapas de susceptibilidad ante las diferentes amenazas, y el mapa de vulnerabilidad está mostrando el número de elementos en riesgo (construcciones-población e infraestructura), por lo que solo este cruce de información nos permite definir espacialmente zonas de riesgo.

Sin embargo, teniendo en cuenta el consenso a nivel global sobre las evidencias de los cambios en las características del clima provocados por el efecto de la actividad humana, no podemos plantear dichas zonas de riesgo para una "características climáticas específicas"; sino todo lo contrario, dentro del modelamiento es necesario modelar (en lo posible) estos cambios de clima provocados por la actividad humana.

Por lo anterior se han planteado **escenarios de riesgo**, con el fin de que el análisis de la amenaza naturales recurrentes del Municipio tenga en cuenta eventos como **el niño** –para los incendios de cobertura vegetal- y **la niña** –procesos de remoción en masa e inundaciones súbitas-.

7.1. Escenarios de riesgos por deslizamientos e inundaciones súbitas.

7.1.1. Estructuración, clasificación y ponderación de unidades de mapas temáticos (mapas parámetro)

Figura 6. Fotografía que evidencia los diferentes factores que intervienen en la ocurrencia de deslizamiento en el Municipio.

En la fotografía presentada en la figura 6, se evidencian algunos de los factores que influyen en la ocurrencia de deslizamientos en la zona. En términos generales, existen condiciones particulares del terreno que por sí solas o al interactuar entre sí lo hacen susceptible a la ocurrencia de deslizamientos, por lo que solo el conocimiento detallado del área permite plantear de una forma precisa cuál escenario de riesgo describe de una mejor forma la susceptibilidad a movimientos en masa en una zona. A continuación se presentan cada una de las variables, mapas temáticos ó mapas parámetro (como se quiera llamar) que se tuvieron en cuenta para el planteamiento de escenarios de riesgo; es importante aclarar que la inclusión de cada una de estas variables, ya sea como parámetro intrínseco o detonante, correspondió a las observaciones hechas en campo, a la percepción de los expertos locales y a la disponibilidad y la calidad de la información temática.

7.1.1.1. Mapa de pendientes

Corresponde al mapa N.4 y representa las siguientes características:

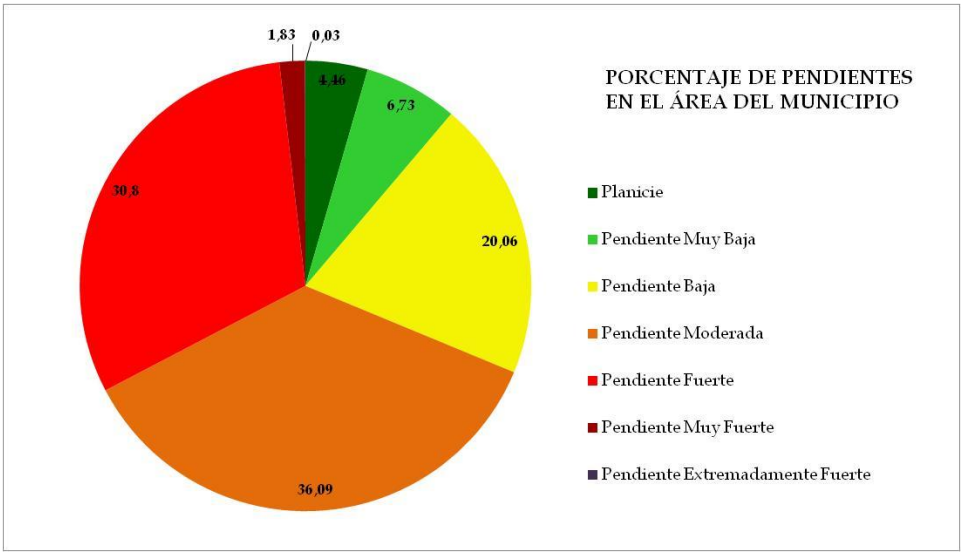


Figura 7. Porcentaje de clases de pendiente en el Municipio.

Rango de Pendiente (Grados)	Tipo de Pendiente	Ponderación
0 - 2	Planicie sin denudación apreciable	0
2 - 4	Pendiente muy baja, peligro de erosión	1
4 - 8	Pendiente baja, peligro severo de erosión	2
8 -16	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligro de erosión severo	3
16 - 35	Pendiente fuerte, procesos denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión de suelos	4
35 - 55	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, reforestación posible	5
> 55	Extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales severos (caída de rocas), cobertura vegetal limitada	6

Tabla 5. Clases de pendiente y su ponderación.

7.1.1.2. Mapa Geológico

Corresponde al mapa N.3 y representa las siguientes clases:

Clase	Descripción de la unidad	Ponderación
TQvasd	Productos volcánicos antiguos sin diferenciar: lavas principalmente andesíticas, depósitos de flujos piroclásticos, flujos de lodo y de retrabajo. Terciario superior.	4
Qm	Rocas y depósitos sedimentarios. Depósitos Morrénicos. Productos Postglaciares-última Glaciación.	3
Qlpp	Lavas andesíticas del Pre-Puracé. Productos Postglaciares.	1
Qal	Rocas y depósitos sedimentarios. Depósitos aluviales.Productos Postglaciares-última Glaciación.	3
Pzmc	Unidad de rocas metamórficas. Esquistos Cuarzo-sericítos, grafitosos, esquistos verdes, cuarcitas (complejo cajamarca). Paleozoico.	0
Qlcvc	Lavas andesíticas de la cadena volcánica de Los Coconucos. Productos Postglaciares.	1
Qfg	Rocas y depósitos sedimentarios. Depósitos Fluvioglaciares. Productos Postglaciares-última Glaciación.	3
Qbe	Brechas de explosión de los centros recientes. Productos postglaciares.	0
JR-ss	Secuencia sedimentaria rojiza. Conglomerados cuarzosos., areniscas y limolitas. Triásico?- Jurásico.	4
Ji	Batolito de Ibagué. Plutonitas intermedias a ácidas, principalmente granodioritas, cuarzomonzonitas, tonalitas y garnitos. Triásico? - Jurásico.	2
Qpfpa	Productos piroclásticos de flujo (históricos y prehistóricos) del Puracé actual: depósitos de flujos piroclásticos de ceniza y escoria, ceniza y bosques. Productos postglaciares-última glaciación.	4
TQplh	Lahares o flujo de lodo volcánico. Productos postglaciares.	4
Ks	Unidad de rocas cretácicas. Areniscas, lutitas, calizas fosilíferas y limolitas. (Formaciones Caballos y Coquiyú). Cretáceo.	5
TQi	Ignimbrita. Productos Postglaciares.	2
Qrp	Depósitos mixtos principalmente piroclásticos, de diferentes fuentes. Relleno valle de Paletará. Productos postglaciares - última glaciación.	4

Tabla 6. Unidades geológicas y su ponderación.

7.1.1.3. Mapa Geomorfológico

Corresponde al mapa N.5 y representa las siguientes clases:

Clase	Descripción de la unidad	Ponderación
ZII	Coladas de lava	3
ZVI	Cráter muy antiguo	0
ZV	Cráter de caldera expuesto y diques expuestos (Bedón)	0
ZX	Valles aluviales estrechos, terrazas diluviales, formadas por lahares y flujos de lodo volcánico y montículos glaciales ó merrenas.	4
ZI	Cráteres	0
ZIV	Cráter de caldera antiguo y diques expuestos (Chagartón)	0
ZVII	Valle aluvial de Paletará	4
ZVIII	Colada de lava (Q. Las Tusas)	3
ZXI	Laderas estructuranes, cerros altos, localmente convexos, en rocas sedimentarias de la Formación Caballos; Valles en V, estrechos y simétricos.	4
ZIX	Serranía del Buey	1
ZIII	Cráter con tapón dómico de lava muy antiguo y diques expuestos, área San Rafael.	0
ZXIII	Montañas erosionales disectadas, en rocas plutónicas del Batolito de Ibagué	5
ZXII	Montañas erosionadas disectadas, en rocas plutónicas del Batolito de Ibagué	5

Tabla 7. Unidades geomorfológicas y su ponderación.

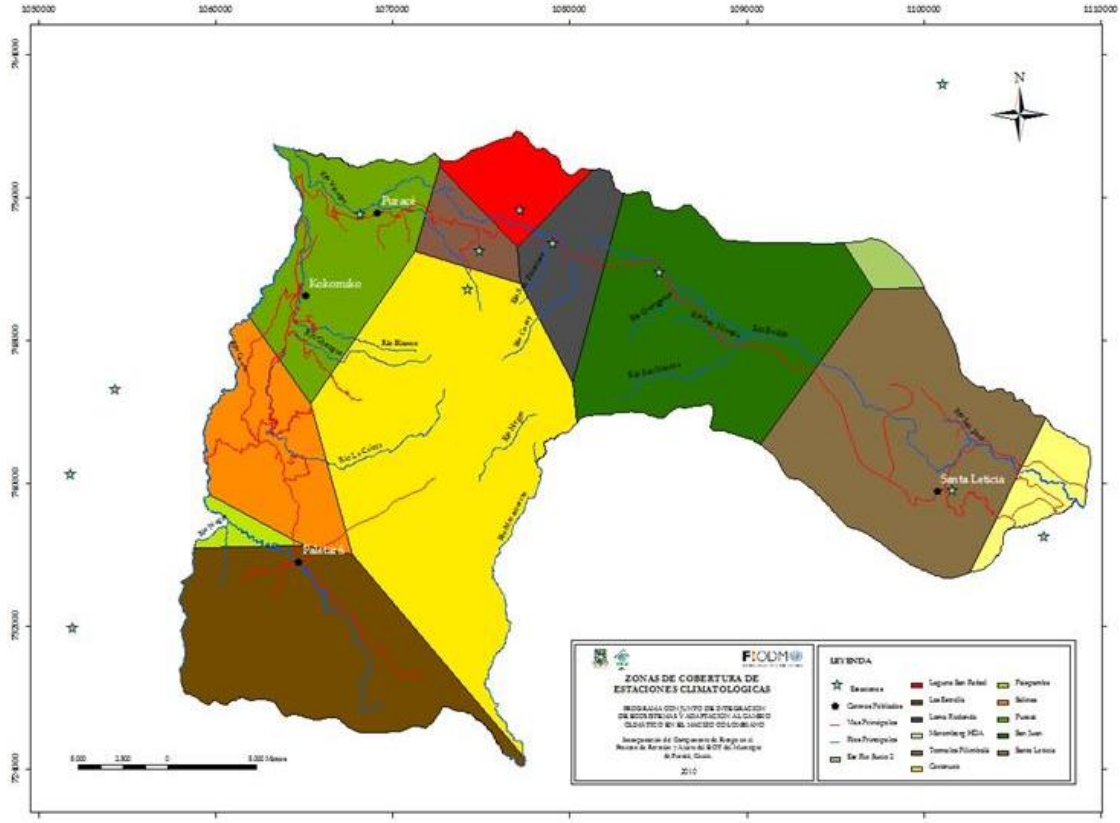
7.1.1.4. Mapa de suelos

Corresponde al mapa N.6 y representa las siguientes clases:

CLASE	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	PESO TOTAL
SLef2	Asociación Silvia	3
Slef		1
SLf		1
Glabce	Asociación Gabriel López	2
Glf		3
Glef		2
Pcabcd	Conjunto Puracé	2
Pcde		2
Pcef		2
PCf		2
Pgabc	Asociación Panorama	2
Pgae		3
Qcab	Asociación Quilcacé	2
QCf		2
Vif	Asociación Vinagre	2
VIf2		3
VIfg2		3
CH	Asociación Chapa	3
MP	Misceláneo de Páramo	3
TO	Asociación Totoró	3
CF	Conjunto Cofre	4
CT	Asociación Cachimbito	4
ME	Asociación Méndez	4
SA	Asociación Salado	4
ST	Asociación Sotará	4
TB	Similar a Asociación Toribio	4
RR	Asociación Río Negro	5
SB	Similar a Asociación Símbola	5

Tabla 8. Unidades de suelos y su ponderación.

7.1.1.5. Mapa de Disparo por lluvias a partir del método Mora-Vahrson-Mora (2002)



Mapa 20. Ubicación de estaciones hidrometeorológicas que influyen en el Municipio.

Con el fin de detectar los períodos de sequía y de excesos hídricos para la zona de Popayán y Puracé el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) definió un el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) basado en la lluvia para la zona de Popayán y Puracé.

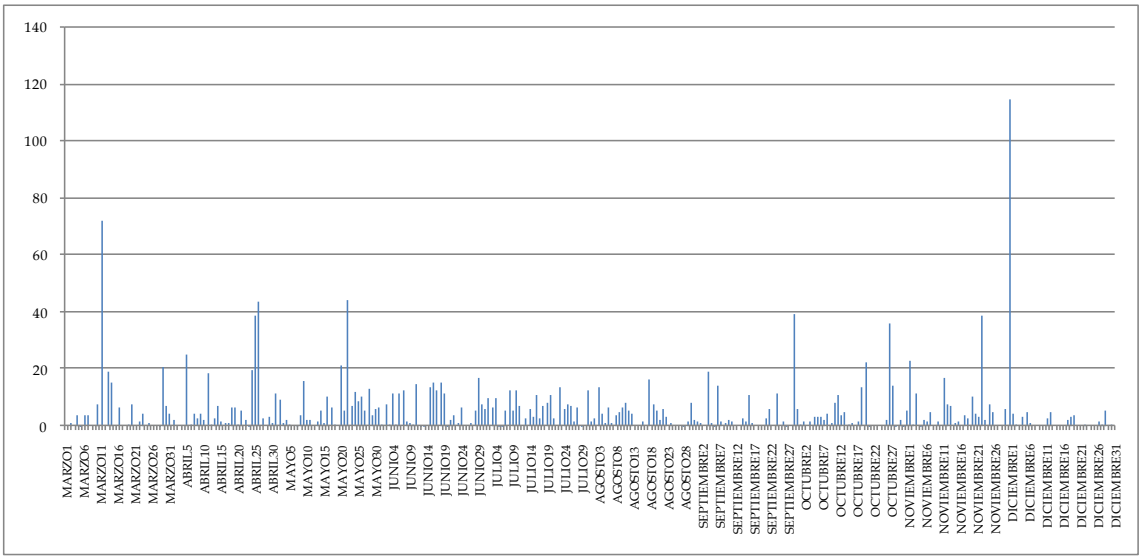


Figura 8. Comportamientos de las precipitaciones en el 2008, registrados en la estación de Santa Leticia.

"Días antes no llovió, fue solo ese día" (Presidente de la Junta de Acción Comunal de Santa Leticia)

A diferencia de la emergencia presentada el 24 de Junio de 2000 en la que de acuerdo con los testimonios de la comunidad los deslizamientos fueron producto de una lluvia acumulada de días anteriores (lo que en este documento se presenta como humedad), de acuerdo con los registros del IDEAM los valores mensuales promedio en la estación de Santa Leticia que cubre la zona correspondieron a los meses el Mayo: 306 Junio: 239.4, y el promedio mensual para ese año 168.8 , la emergencia presentada el primero de Diciembre de 2008 correspondió como se puede ver con en la figura 8 y en el testimonio de la comunidad, con un evento extremo.

Con el fin de realizar un análisis a nivel local de la relación entre precipitaciones y eventos de deslizamiento e inundaciones súbitas en el Municipio, se compararon los datos mensuales promedio de precipitación y los valores máximos de lluvias en el Municipio con la información histórica de eventos. La información histórica de eventos se presenta en la tabla N.15 y corresponde a los registros históricos de emergencias en el Municipio y talleres de percepción del riesgo realizados para cada uno de los resguardos indígenas y asociaciones campesinas del Municipio.

Resumen de valores estadísticos y cálculo de lluvias máximas a 100 años de recurrencia (método Gumbel). Ajuste del método a las especificaciones del área.

ID	CÓDIGO ESTACIÓN	NOMBRE ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO			
			100	Valoración del parámetro	50	20
1	2105019	Meremberg	134,1	2	121,2	104,0
2	2105031	Río Sucio 2	91,5	1	84,3	74,7
3	2105032	San Juan	158,8	2	141,6	118,6
4	2105503	Santa Leticia	112,0	3	102,3	89,5
5	2601002	Coconuco	111,2	2	102,1	89,9
6	2601003	Puracé	142,7	2	129,8	112,5
7	2601005	Loma redonda	110,1	2	100,4	87,3
8	2601007	Laguna San Rafael	94,2	1	86,5	76,1
9	2602032	Termales Pilimbala	107,0	2	97,1	83,7
10	5201015	Salinas	105,5	2	98,5	89,0
11	5201019	Las Estrellas	195,1	2	173,4	144,3

Tabla 9. Valoración del parámetro disparo por lluvia.

7.1.1.6. Mapa de Humedad a partir del método Mora-Vahrson-Mora (2002)

ID	CÓDIGO ESTACION	NOMBRE ESTACION	INFORMACION EXISTENTE									
			VMTP	VNDMP	VMMP24H	VMMT	VMINMT	VMMHR	VTME	VTMIS	VMEMT	VMMVV
1	2105006	La Argentina	1958/12 - 2010/07									
2	2105016	San Vicente	1975/12 - 2010/08									
3	2105019	Meremberg	1980/06 - 2010/05									
4	2105031	Río Sucio 2	1984/01 - 2010/07									
5	2105032	San Juan	2002/01 - 2010/05									
6	2105503	Santa Leticia	1971/6 - 2010/8							1977/01 - 2010/8		
7	2601002	Coconuco	1947/01 - 2010/04									
8	2601003	Puracé	1959/05 - 2010/05									
9	2601005	Loma redonda	1969/11 - 2000/09									
10	2601007	Laguna San Rafael	1970/02 - 2004/01									
11	2601010	Pte Aragón	2007/12 - 2010/04									
12	2602032	Termales Pilimbala	1970/11 - 2010/05									
13	2602046	Polindara	1984/11 - 2010/05									
14	2602507	Gabriel López	1971/06 - 2010/04									
15	2603503	Apto G L Valencia	1941/06 - 2008/12			1948/01 - 2009/12				1974/8 - 2010/03		1971/03 - 2010/05
16	5201011	Saladito	1990/12 - 2010/05									
17	5201015	Salinas	1990/06 - 2010/02									
18	5201019	Las Estrellas	1994/07 - 2010/07									
19	5201501	Paispamba	1994/12 - 2010/08			2003/03 - 2008/01	1997/09 - 2010/08					

Tabla 10. Cobertura de información de cada una de las estaciones del Municipio.

VMTP: Valores mensuales totales de precipitación (mms).
VNDMP: Valores números de días mensuales de precipitación.
VMMP24H: Valores máximos mensuales de precipitación (mms) en 24 horas.
VMMT: Valores máximos mensuales de temperatura °C.
VMINMT: Valores mínimos mensuales de temperatura °C.
VMMHR: Valores medios mensuales de humedad relativa (%).
VTME: Valores totales mensuales de evaporación (mms).
VTMBS: Valores totales mensuales de brillo solar (horas).
VMEMT: Valores medios mensuales de temperatura (°C).
VMMVV: Valores medios mensuales de velocidad del viento .

REGISTRO DE PRECIPITACIONES PROMEDIO MENSUALES													
N.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	VALOR ANUAL
1	2105019 - MEREMBERG	106,2	144,3	177,7	203,9	216,8	184,8	156,0	122,5	118,5	202,0	163,4	128,5	1924,7
2	2105031 - RIO SUCIO 2	97,2	134,5	166,2	228,4	256,3	270,7	257,3	191,6	176,8	205,0	165,3	127,8	2277,0
3	2105032 - SAN JUAN	130,4	124,3	237,8	260,6	324,8	505,6	542,3	420,1	229,4	195,7	190,1	175,4	3336,3
4	2105503 - SANTA LETICIA	88,4	121,2	162,9	211,4	198,7	171,4	149,8	120,9	124,4	168,2	150,9	113,6	1781,9
5	2601002 - COCONUCO	135,3	136,9	165,8	198,0	159,3	83,2	46,8	45,8	75,0	229,2	282,8	190,5	1748,6
6	2601003 - PURACE	168,9	150,7	174,3	204,5	165,5	84,2	83,7	69,3	106,0	251,5	298,4	241,5	1998,5
7	2601005 - LOMA REDONDA	107,6	125,4	143,5	205,7	284,8	342,6	472,0	321,4	224,2	188,3	163,1	131,1	2709,6
8	2601007 - LAGUNA SAN RAFAEL	101,3	114,4	130,9	183,5	228,3	275,3	382,1	260,5	170,1	170,4	162,0	128,3	2307,0
9	2602032 - TERMALES PILIMBALA	119,0	112,3	138,8	151,7	122,6	111,3	120,1	93,4	77,3	177,6	197,3	145,8	1567,2
10	5201015 - SALINAS	200,4	128,8	189,9	166,4	121,1	54,2	33,9	15,9	62,5	231,0	250,1	219,4	1673,6
11	5201019 - LAS ESTRELLAS	145,5	109,1	142,4	145,3	86,6	44,3	51,5	12,7	43,0	197,8	219,9	243,1	1441,3

Tabla 11. Registro de precipitaciones promedio mensuales.

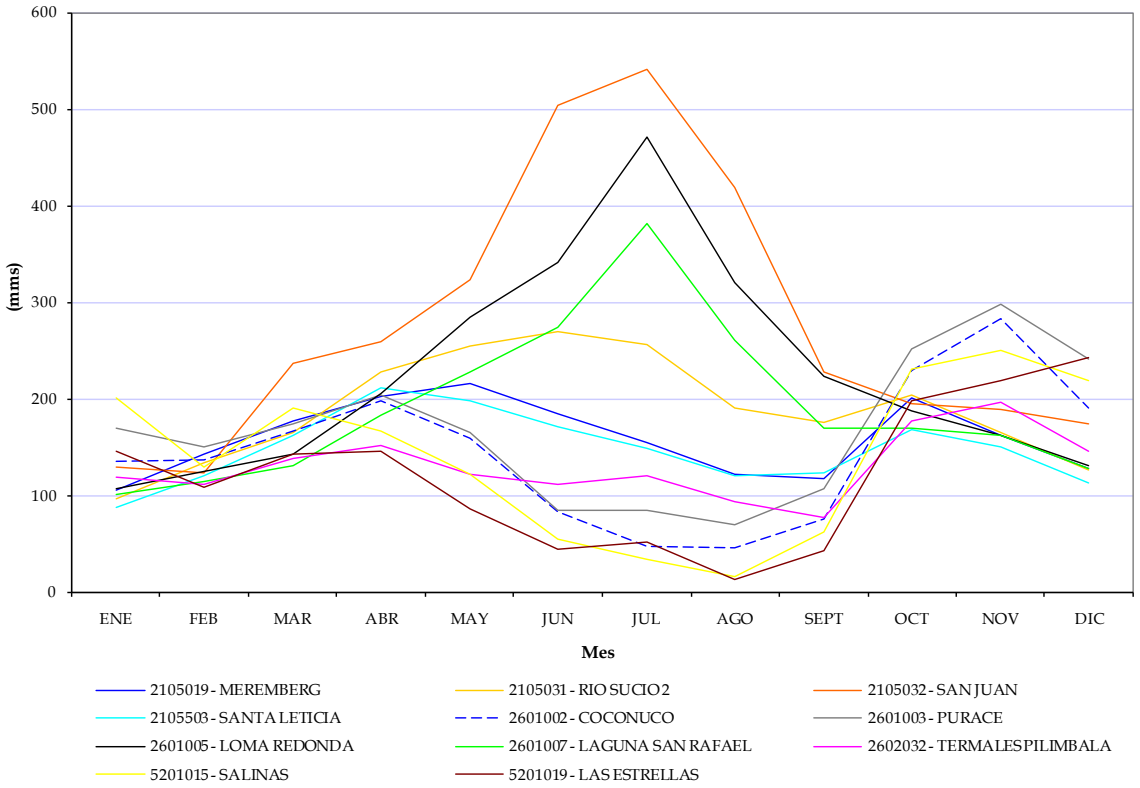


Figura 9. Precipitaciones promedio mensuales.

Promedio de precipitación mensual (mm)	Valor asignado
< 125	0
125-250	1
>250	2

Tabla 12. Valores asignados a los promedios mensuales de lluvia (Mora et al., 1992).

Suma de valores asignados a cada mes	Descripción	Valoración del parámetro
0-4	Muy bajo	1
5-9	Bajo	2
10-14	Medio	3
15-19	Alto	4
0-24	Muy alto	5

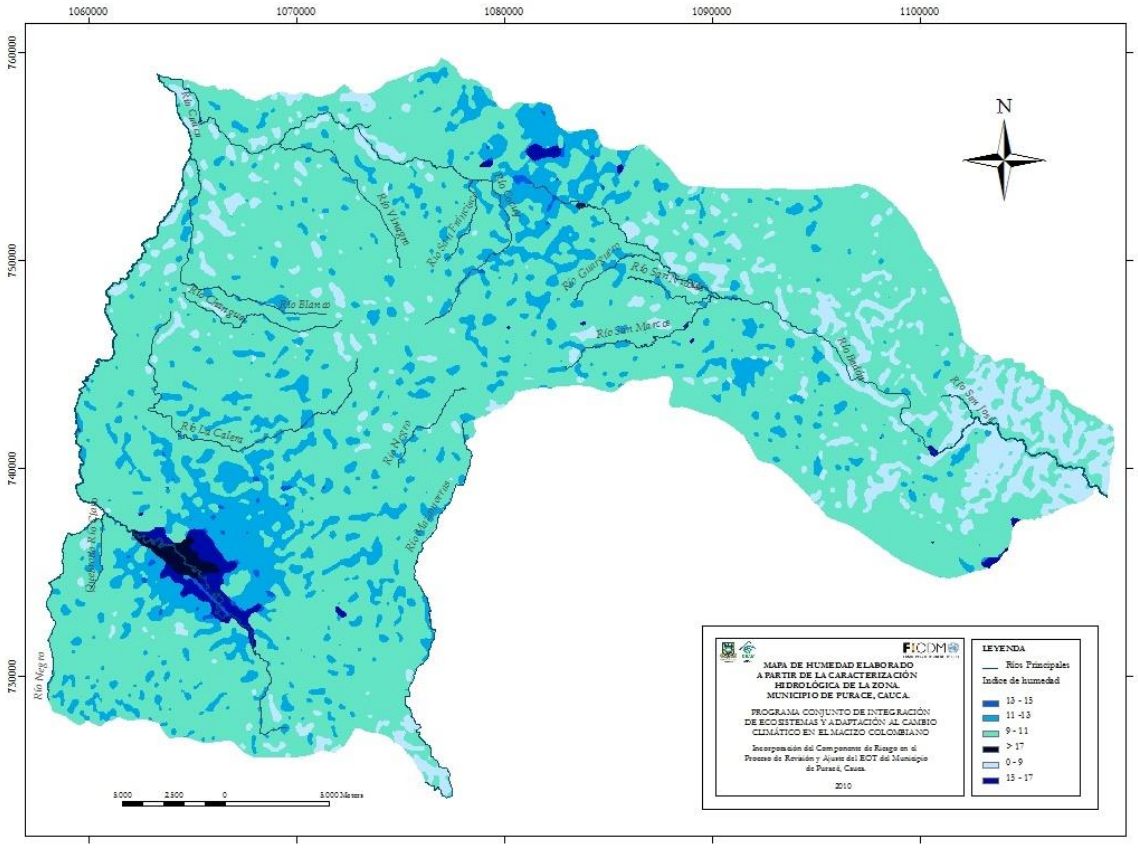
Tabla 13. Valoración del parámetro humedad del terreno (SH) (Mora et al., 1992).

La figura 9 se visualiza las precipitaciones promedio mensuales para cada una de las estaciones que tienen influencia en el área del Municipio. Aunque ya se contaba con una aproximación al modelamiento hidroclimático de la zona realizado por el IDEAM a escala nacional, para este tipo de estudios es necesario tener en cuenta los diferentes microclimas; ya que por ejemplo pese a que en los resultado regionales se ha establecido un régimen bimodal para la zona, se encontraron comportamientos monomodales en las estaciones Laguna de San Rafael, Loma redonda y San Juan.

REGISTRO DE PRECIPITACIONES PROMEDIO MENSUALES															
N.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	VALOR ANUAL	
1	2105019 - MEREMBERG	106,2	144,3	177,7	203,9	216,8	184,8	156,0	122,5	118,5	202,0	163,4	128,5	1924,7	
		0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	9,0	2
2	2105031 - RIO SUCIO 2	97,2	134,5	166,2	228,4	256,3	270,7	257,3	191,6	176,8	205,0	165,3	127,8	2277,0	
		0,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	14,0	3
3	2105032 - SAN JUAN	130,4	124,3	237,8	260,6	324,8	505,6	542,3	420,1	229,4	195,7	190,1	175,4	3336,3	
		1,0	0,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	16,0	4
4	2105503 - SANTA LETICIA	88,4	121,2	162,9	211,4	198,7	171,4	149,8	120,9	124,4	168,2	150,9	113,6	1781,9	
		0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	7,0	2
5	2601002 - COCONUCO	135,3	136,9	165,8	198,0	159,3	83,2	46,8	45,8	75,0	229,2	282,8	190,5	1748,6	
		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	1,0	9,0	2
6	2601003 - PURACE	168,9	150,7	174,3	204,5	165,5	84,2	83,7	69,3	106,0	251,5	298,4	241,5	1998,5	
		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	1,0	10,0	3
7	2601005 - LOMA REDONDA	107,6	125,4	143,5	205,7	284,8	342,6	472,0	321,4	224,2	188,3	163,1	131,1	2709,6	
		0,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	15,0	4
8	2601007 - LAGUNA SAN RAFAEL	101,3	114,4	130,9	183,5	228,3	275,3	382,1	260,5	170,1	170,4	162,0	128,3	2307,0	
		0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	13,0	3
9	2602032 - TERMALES PILIMBALA	119,0	112,3	138,8	151,7	122,6	111,3	120,1	93,4	77,3	177,6	197,3	145,8	1567,2	
		0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	5,0	2
10	5201015 - SALINAS	200,4	128,8	189,9	166,4	121,1	54,2	33,9	15,9	62,5	231,0	250,1	219,4	1673,6	
		1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	1,0	8,0	2
11	5201019 - LAS ESTRELLAS	145,5	109,1	142,4	145,3	86,6	44,3	51,5	12,7	43,0	197,8	219,9	243,1	1441,3	
		1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	6,0	2
12	5201501 - PAISPAMBA	220,0	178,7	172,7	204,1	118,4	65,3	33,5	19,6	58,9	267,0	299,7	262,7	1900,6	
		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	11,0	3

Tabla 14. Ponderación asignada a cada una de las clases del mapa de humedad.

7.1.1.7. Mapa de Humedad a partir de la caracterización hidrológica del área.



Mapa 21. Índice de humedad a partir de la caracterización hidrológica de la zona.

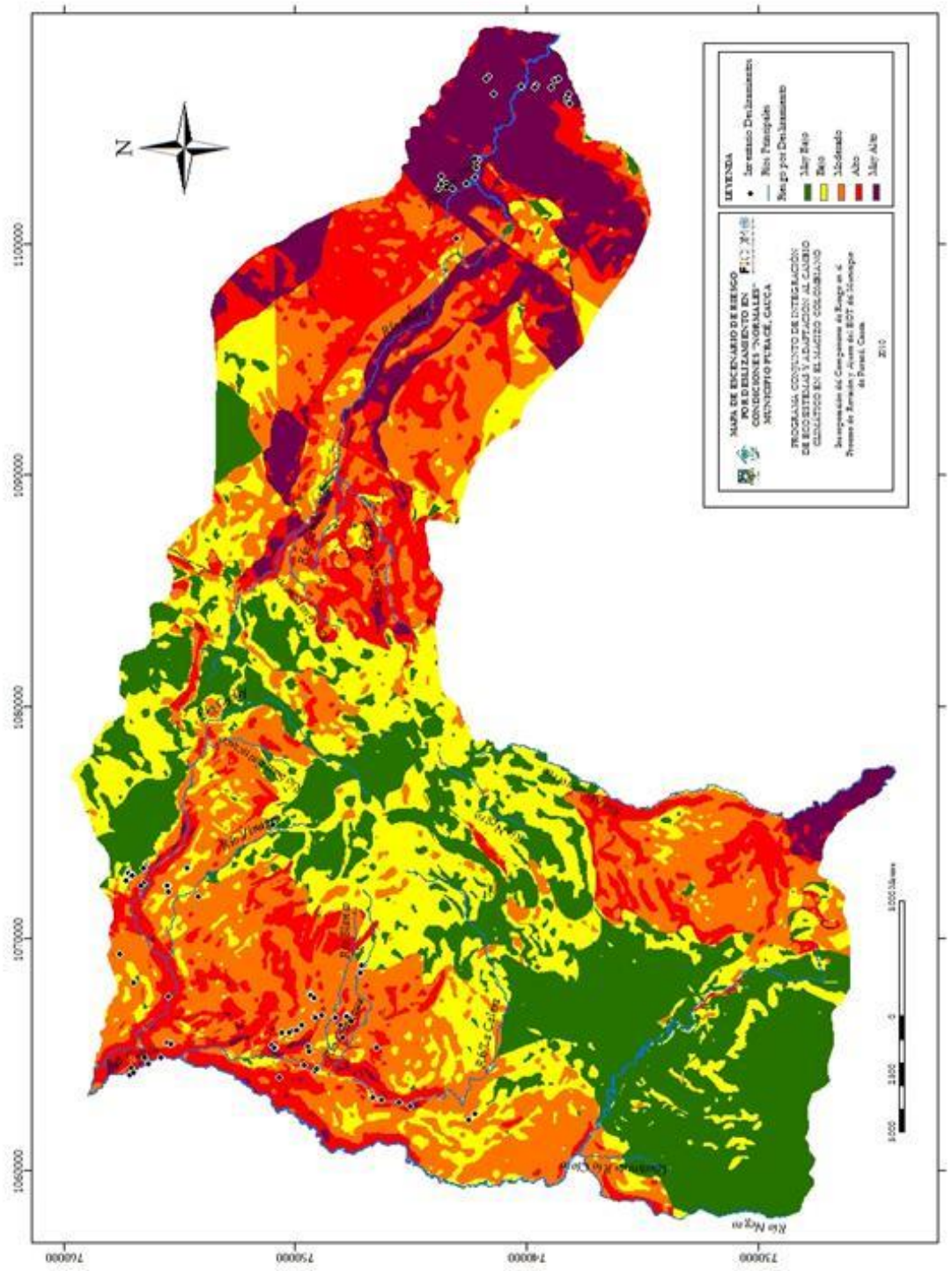
Día	Mes	Año	Tipo de evento											Resguardo / Corregimiento	Vereda	Fuente	Observaciones
			ID	S	AV	DZ	R	DB	I	IF	A	LL	AG				
7	Noviembre	1939												Mun. Puracé		DESINVENTAR	
15	Marzo	1946												Mun. Puracé		DESINVENTAR	
7	Mayo	1949												Mun. Puracé		DESINVENTAR	
3	Noviembre	1951												Mun. Puracé		DESINVENTAR	
22	Diciembre	1966												Mun. Puracé		DESINVENTAR	
15	Marzo	1971												Mun. Puracé		DESINVENTAR	
2	Noviembre	1971												Mun. Puracé		DESINVENTAR	
18	Febrero	1972												Puracé	Industrias Puracé	DESINVENTAR	Mina de azufre
2	Julio	1974												Puracé	Industrias Puracé	DESINVENTAR	Mina de azufre
11	Julio	1974												Puracé	Industrias Puracé	DESINVENTAR	Mina de azufre
14	Agosto	1975												Puracé	Industrias Puracé	DESINVENTAR	Explosión - Mina de azufre
15	Septiembre	1976												Puracé	Industrias Puracé	DESINVENTAR	Mina de azufre
		1980												Puracé	Campamento	EOT vigente	
9	Diciembre	1981												Mun. Puracé		DESINVENTAR	
		1981												Puracé	Chapío	EOT vigente	Río Vinagre
30	Abril	1984												Mun. Puracé	Patico	DESINVENTAR	
30	Diciembre	1988												Mun. Puracé		DESINVENTAR	Termales de Aguatibia
		1997												Santa Leticia	Bellavista	EOT vigente	
	Mayo	1998												Kokonuko	Pisanrabó	EOT vigente	
	Junio	1998												Santa Leticia	San Antonio	EOT vigente	
	Octubre	1999												Kokonuko	San Bartolo	EOT vigente	Q El salado
	Noviembre	1999												Paletará	Río Claro	EOT vigente	
	Marzo	1999												Santa Leticia	Aguacatal	EOT vigente	Vía a Sta Leticia
	May-Jul	1999												Santa Leticia	Calabozo	EOT vigente	
	Junio	1999												Santa Leticia	Dos Quebradas, Centro	EOT vigente	Q. La Esmeralda
	Octubre	1999												Santa Leticia	Bellavista	EOT vigente	
	Enero	2000												Kokonuko	Patugó	EOT vigente	
	Enero	2000												Kokonuko	Chiliglo, Cobaló	EOT vigente	
	Enero	2000												Puracé	Sector Puente Seco	EOT vigente	
	Feb- Mar	2000												Puracé	Alto Anambio, Hato Viejo	EOT vigente	
		2000												Santa Leticia	Aguacatal	EOT vigente	
24	Junio	2000												Santa Leticia	Bellavista, La Palma, Vega, La Candelaria, El Trébol, Patio Bonito.	EOT vigente	
	Enero	2000												Santa Leticia	Dos Quebradas	EOT vigente	
		2000												Santa Leticia	San José	EOT vigente	
	Junio	2000												Santa Leticia	Bellavista	EOT vigente	
		2000												Santa Leticia	La Playa	EOT vigente	
6	Febrero	2004												Mun. Puracé		DESINVENTAR	
18	Agosto	2004												Mun. Puracé		DESINVENTAR	
15	Noviembre	2004												Mun. Puracé		DESINVENTAR	
6	Marzo	2007												Mun. Puracé		DESINVENTAR	
1	Diciembre	2008												Santa Leticia	La Playa	Taller percepción	Río Bedón
1	Diciembre	2008												Santa Leticia	Todo el corregimiento	Taller percepción	
1	Diciembre	2008												Santa Leticia	Casco Urbano	Taller percepción	Q. Sta Leticia
	Enero	2009												Puracé	Puracé-centro	Taller percepción	
	Enero	2009												Puracé	Puracé-centro	Taller percepción	
8 a 10	Enero	2009												Santa Leticia	Todo el corregimiento	Taller percepción	

Tabla 15. Información histórica de eventos ocurridos en el Municipio.

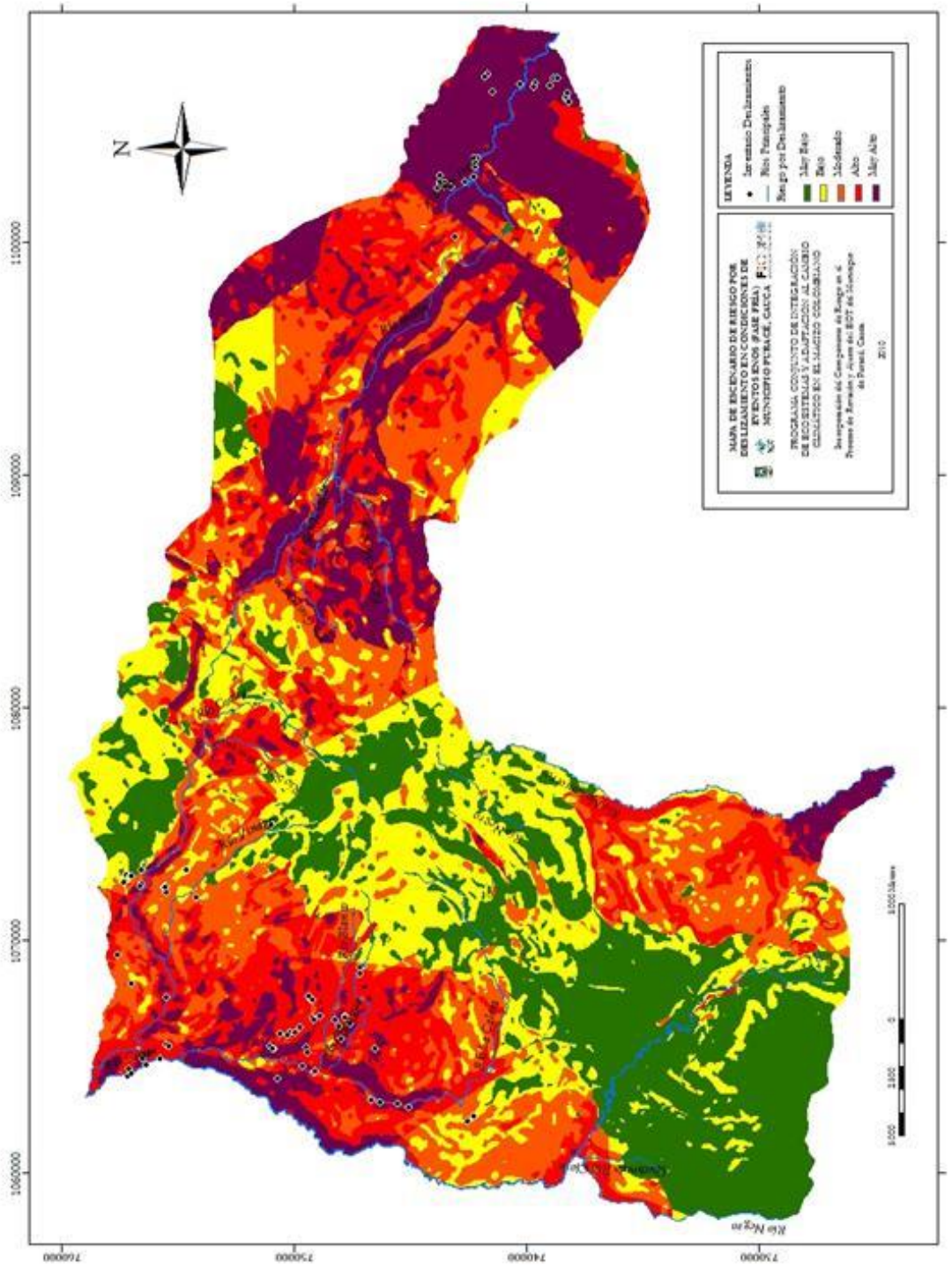
S: Sismo
AV: Actividad Volcánica
DZ: Deslizamiento
R: Represamiento
DB: Desbordamiento
I: Incendios
IF: Incendios Forestales
A: Avalancha
LL: Lluvia de lodo
AG: Agrietamiento en laderas
ID: Inundación

Como se puede ver en la tabla, el registro histórico se extrajo de información de diferentes escalas por lo que es necesario tener en cuenta el sesgo de esta información. Se contó con la información existente a nivel nacional de la base de datos del Sistema de Inventario de Desastre DESINVENTAR, información del CLOPAD, e información consolidada en el EOT existente.

Esta información sirvió para que junto con el mapa de inventario, se hiciera el cruce con el mapa de amenazas para plantear los mapas de escenarios que se presentan a continuación:



Mapa 22. Escenario de riesgos por deslizamiento e inundaciones súbitas en condiciones "normales" para el Municipio de Puracé.



Mapa 23. Mapa de escenarios de riesgo por deslizamiento e inundaciones súbitas en condiciones de eventos ENOS (fase fría) para el Municipio de Puracé.

7.2. Escenarios de riesgo por incendios forestales y de cobertura vegetal en el Municipio de Puracé.

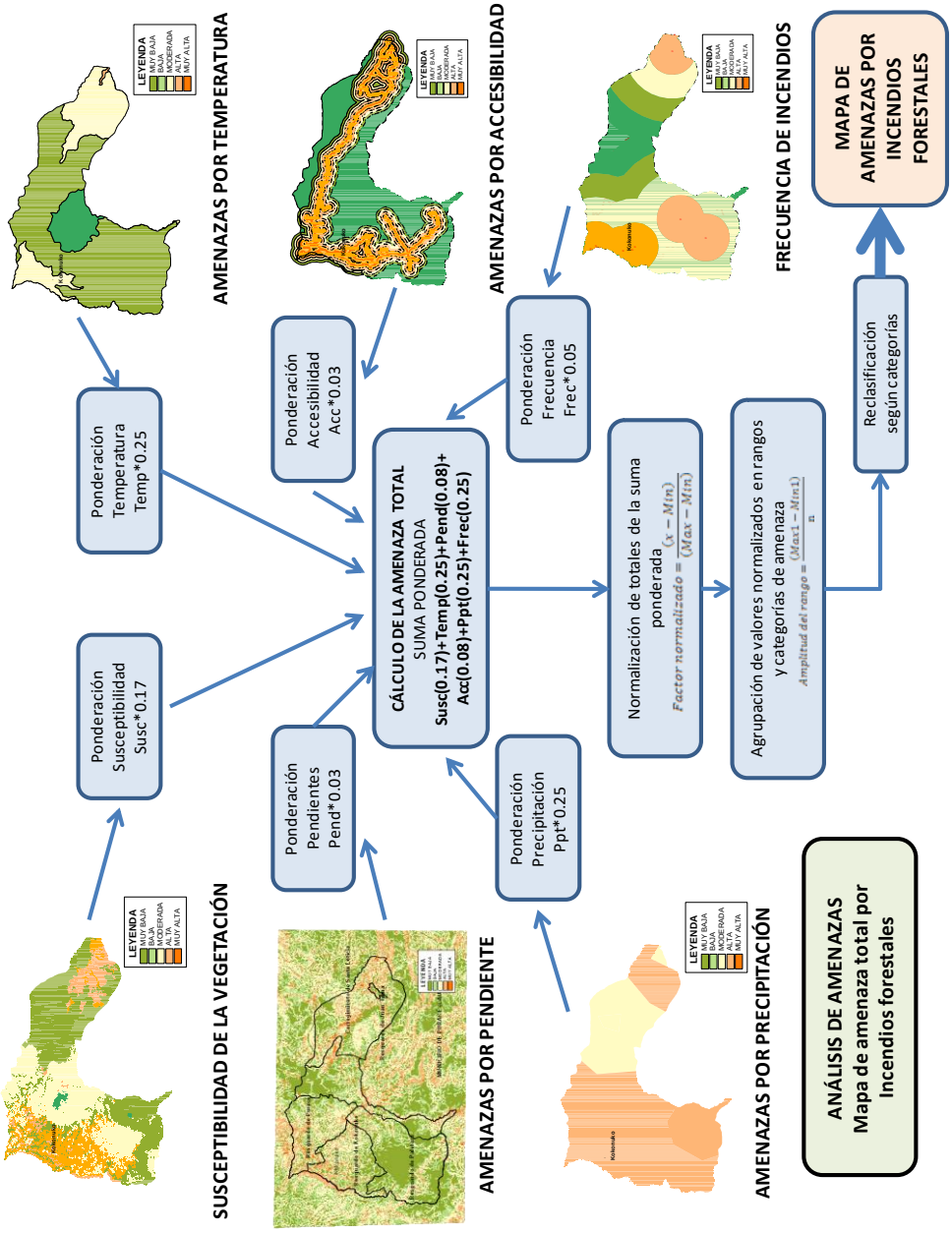
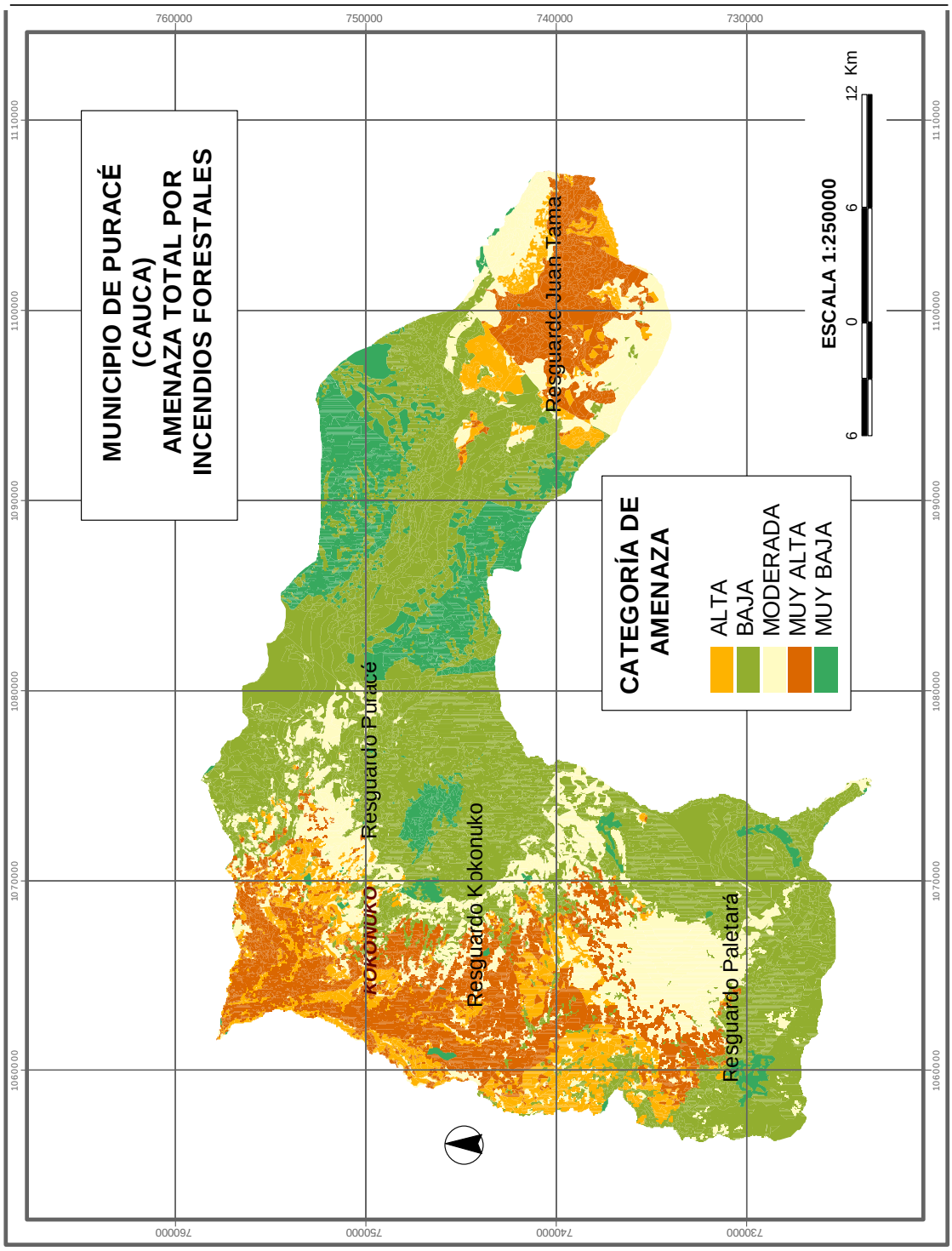


Figura 10. Representación gráfica del procesamiento (metodología para el análisis de la amenaza por incendio de cobertura vegetal).



Mapa 24. Mapa de amenaza total por incendios forestales en el Municipio de Puracé.

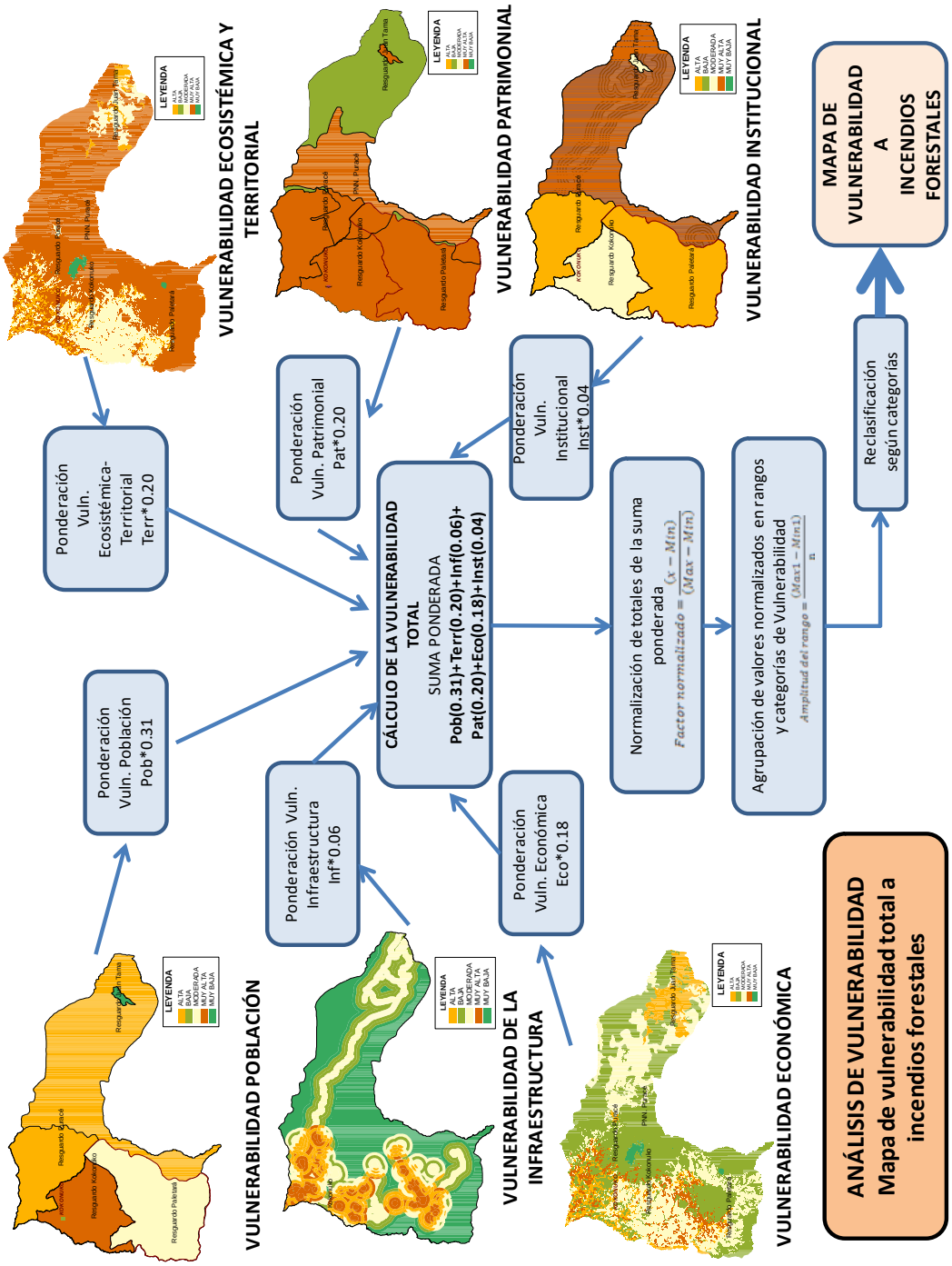
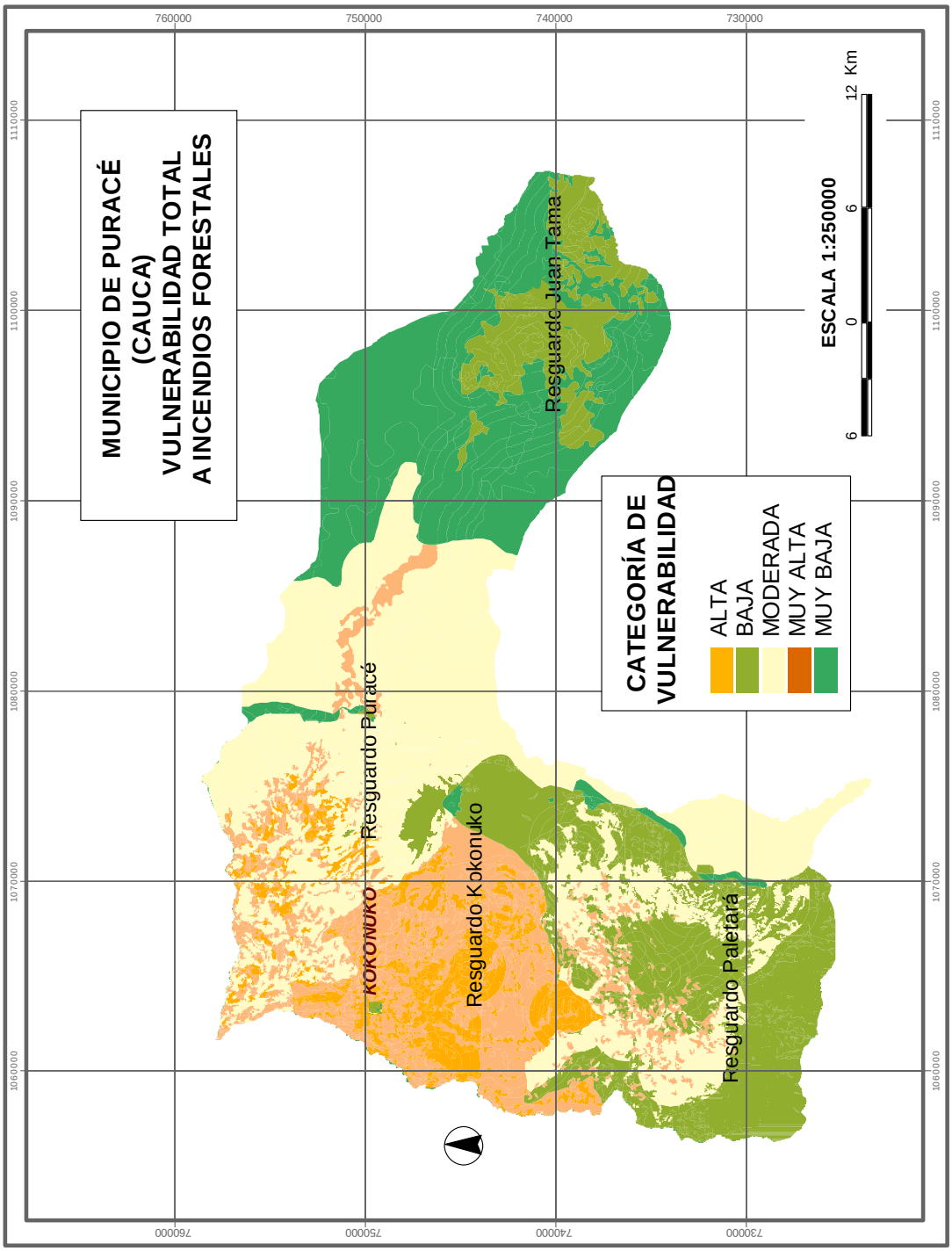


Figura 11. Representación gráfica del procesamiento (metodología para el análisis de la vulnerabilidad ante incendios forestales).



Mapa 25. Mapa de vulnerabilidad total a incendios forestales del Municipio de Puracé.

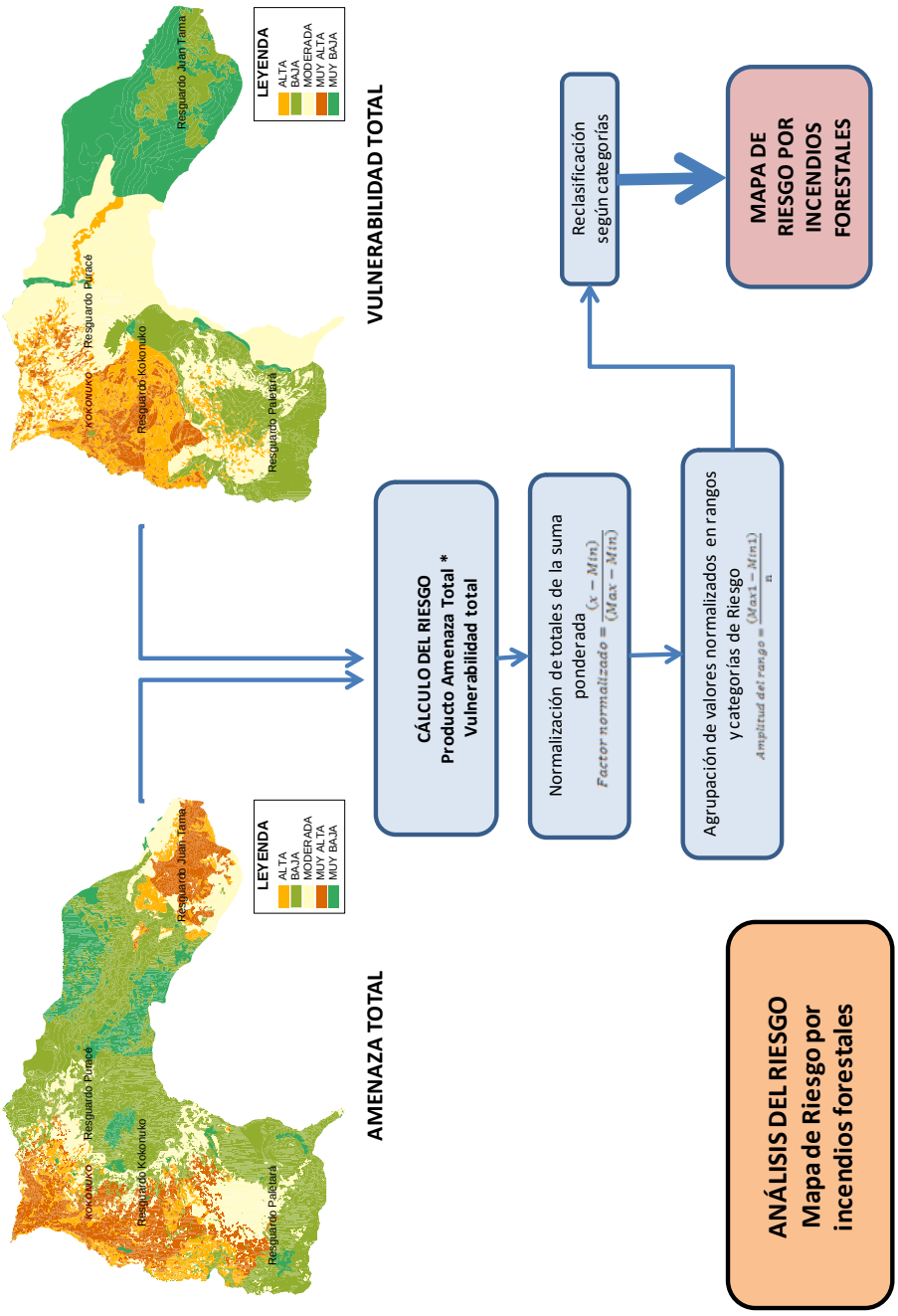
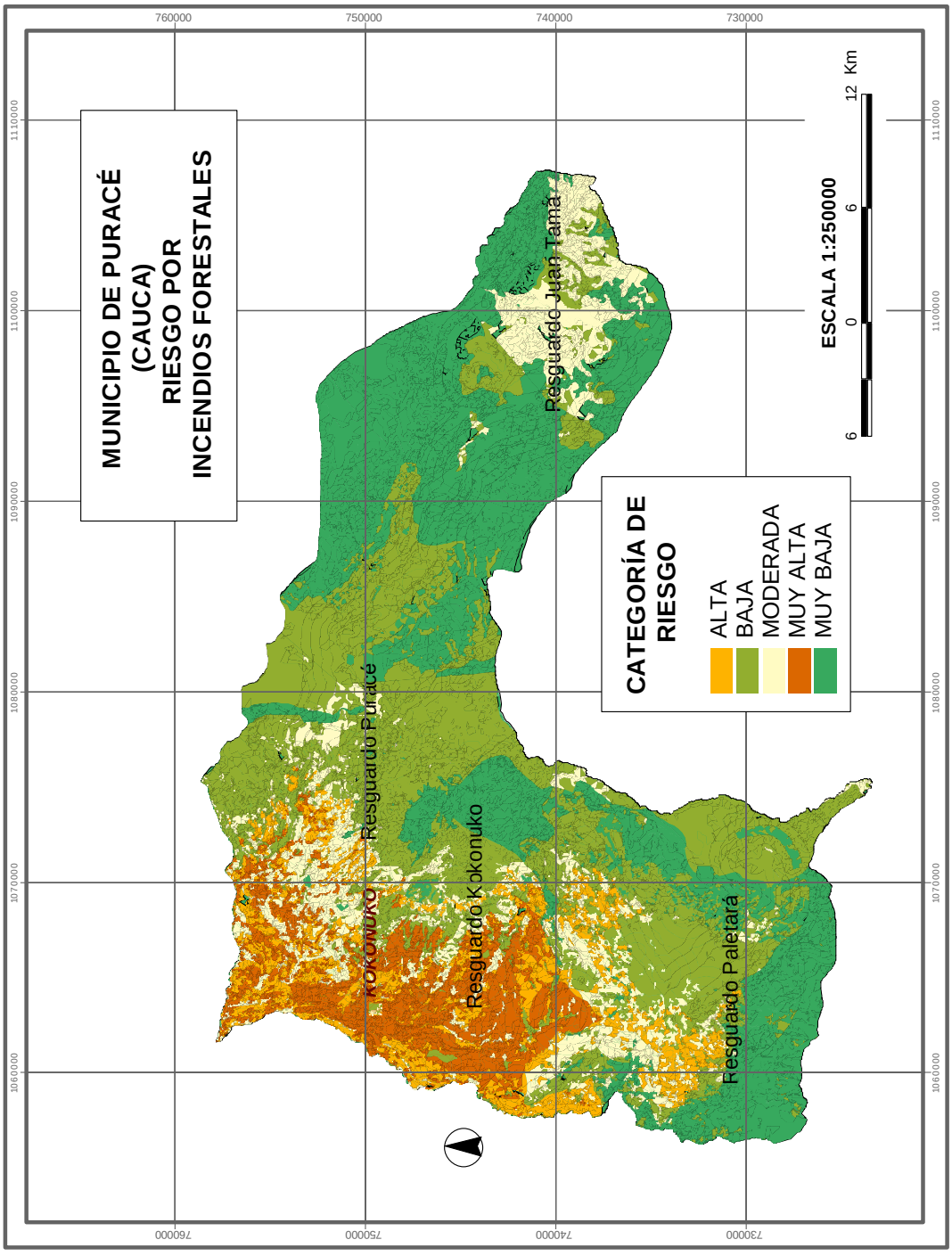


Figura 12. Representación gráfica del procesamiento (metodología para el análisis del riesgo ante incendios forestales).



Mapa 26. Mapa de riesgo por incendios forestales del Municipio de Puracé.

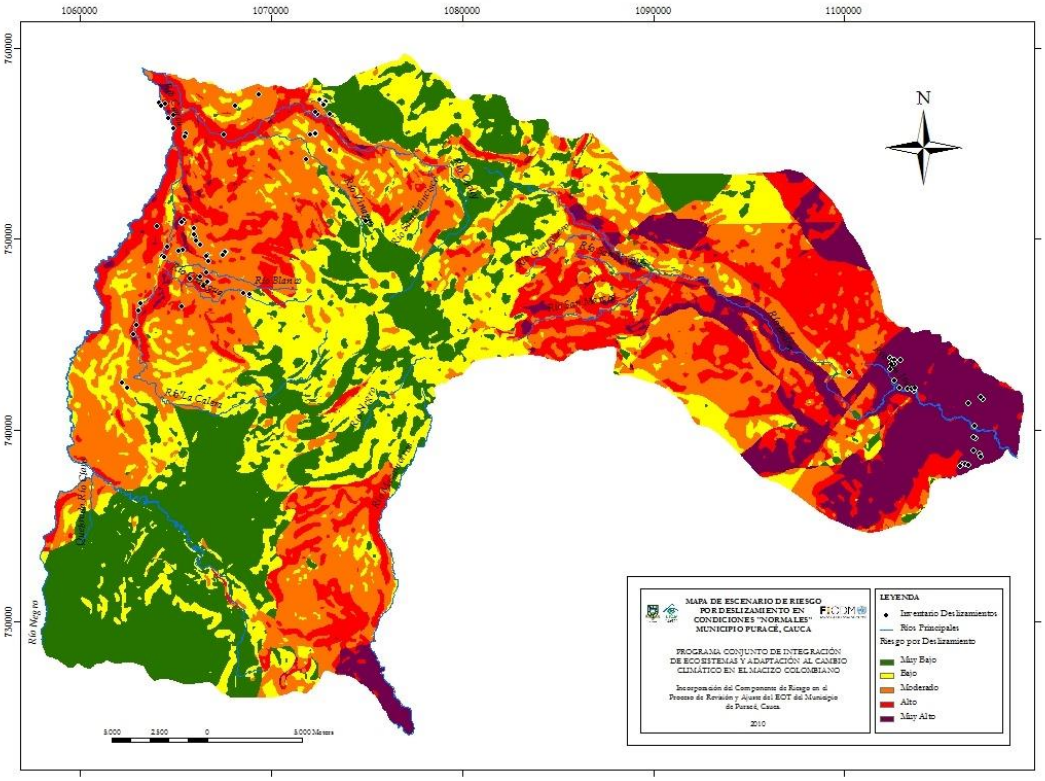
8. Evaluación de zonas de riesgo mitigable y no mitigable y recomendaciones de uso de suelo para el EOT y para programas de reasentamientos del Municipio.

8.1. Riesgo en el Municipio.

8.1.1. Clases de riesgo por deslizamiento e inundaciones súbitas.

A continuación se describen en mayor detalle los mapas de escenarios generados para el Municipio, con el fin de identificar cuáles de esos riesgos clasifican como mitigables y cuáles no.

8.1.1.1. Condiciones normales.



Mapa 27. Escenario de riesgo por deslizamiento en "condiciones normales".

Los límites para definir las clases de riesgos para un escenario en condiciones "normales" presentadas en el mapa 27, se obtuvieron según la metodología de frecuencias iguales, que consiste en dividir el rango de valores de susceptibilidad obtenidos en 5 clases de susceptibilidad. Cada una de estas clases se describe a continuación:

Riesgo Muy Alto.

Las características de esta clase permiten clasificar los terrenos como inestables y extremadamente vulnerables. Como se puede ver en el mapa 27, las zonas de "susceptibilidad muy alta" hacen parte principalmente del corregimiento de Santa Leticia en el sector correspondiente a las veredas El Aguacatal, Calabozo, La Playa, Bellavista, Candelaria, La Esmeralda, el Roble, la Palma y Alto de Candelaria. También hay unas pequeñas zonas clasificadas como de susceptibilidad muy alta dentro del Parque Nacional Natural Puracé.

Al occidente del Municipio hay unos sectores de área muy pequeña clasificados como de susceptibilidad muy alta en el valle del río Cauca, en el sector correspondiente a la vereda Alto de la Laguna en el resguardo indígena de Kokonuko, y en el sector de Patico en el resguardo indígena de Puracé.

Asimismo, como susceptibilidad muy alta se han identificado algunos sectores en Kokonuko, específicamente en las veredas de San Bartolo, Cobaló y Kokonuko; y en Puracé en el valle del río San Francisco en el sector correspondiente al cruce de las veredas Campamento, Tabío y Pululó.

Riesgo Alto.

Las características de esta clase permiten calificar estos terrenos como de inestabilidad latente. Los sectores clasificados en esta categoría corresponden principalmente al resguardo de Kokonuko y al corregimiento de Santa Leticia. En este último, abarca parte de las veredas Tijeras, Km 48 y Dos quebradas principalmente; y en el resguardo indígena de Kokonuko, abarca parte de las veredas Kokonuko centro, Belén, 3 de Noviembre, Penisigó, San Pedrillo, San Bartolo, Alto de la laguna (en el valle del río Cauca), Cristal.

En el resguardo indígena de Paletará hay pequeños sectores que se ubican en la parte alta de la vereda Río negro, y en el valle del río Negro en el sector que corresponde a la vereda Río Claro Alto.

En el resguardo indígena de Puracé se clasificaron sectores del valle del río Vinagre en las veredas de Patico, Hato Viejo, Puracé centro, Ambiró, y pequeñas zonas de las veredas Alto Anambio, Chapío, Campamento e Hispala. También entra dentro de esta categoría el sector correspondiente al valle del río San Marcos dentro del área del Parque Nacional Natural Puracé.

Riesgo Moderado.

Las características de esta clase permiten calificar estos terrenos como relativamente estables. Esta categoría abarca principalmente los resguardos indígenas de Puracé y kokonuko en las veredas ya mencionadas. En el resguardo de Kokonuko se incluyen las veredas San Miguel de los Lagos y El Trébol.

En el resguardo indígena de Paletará se incluyen pequeñas áreas de las veredas del Jigual, Rio Claro, El Mirador, Río Negro y El Depósito.

Riesgo Bajo.

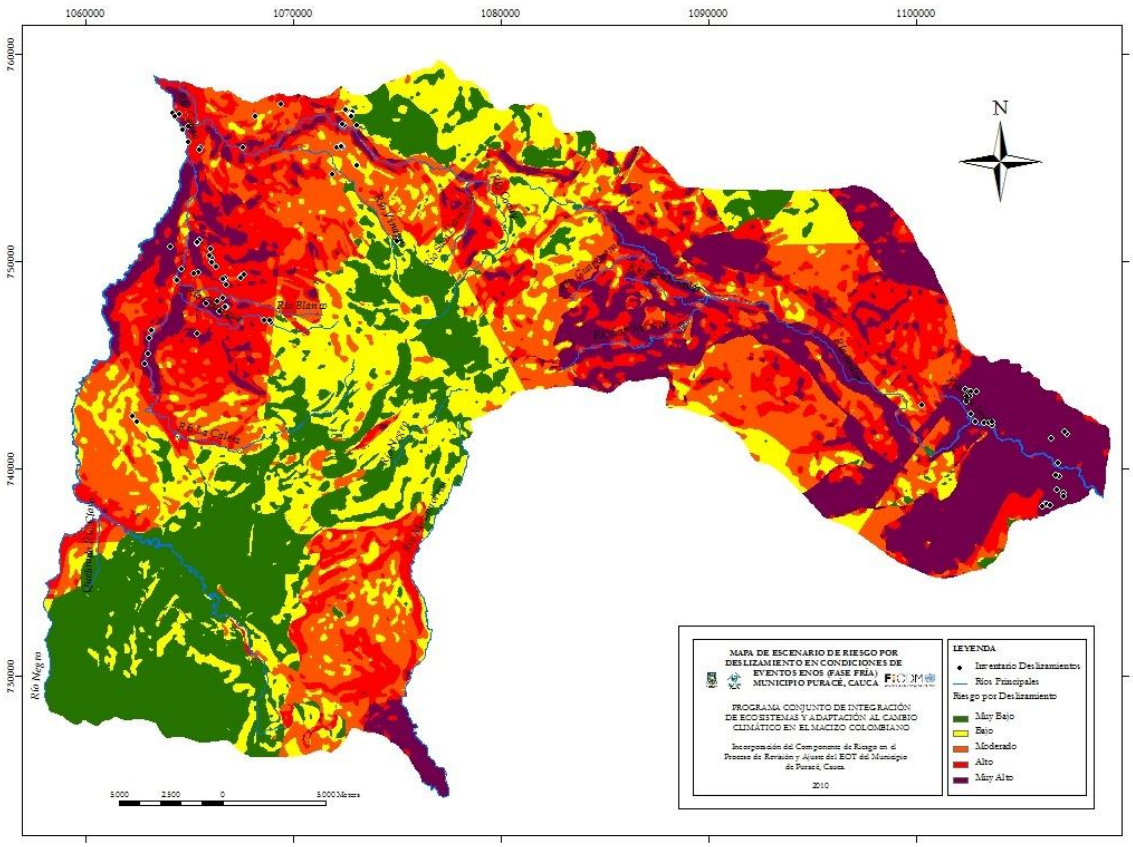
Las características de esta clase permiten calificar estos terrenos como estables. Abarca principalmente el área del parque Nacional Natural Puracé y la parte alta de los resguardos de Puracé, kokonuko y Paletará. En el resguardo de Puracé abarca casi el 50% de la vereda de Pululó.

Riesgo Muy Bajo.

Las características de esta clase permiten calificar estos terrenos como estables. Esta clase se ubica principalmente en el resguardo indígena de Paletará producto principalmente de las bajas pendientes que las caracterizan. También se presenta en el Parque Nacional Natural Puracé y en el resguardo de Puracé, principalmente en las veredas Cuaré, Pululó, Campamento, Chapío y Alto Anambio.

8.1.1.2. Condiciones de evento ENOS (Fase fría)

Aunque el fenómeno ENOS es considerado como una expresión de la variabilidad climática, se ha planteado un escenario en el que se tengan en cuenta los eventos **extremos** de la fase fría de ENOS, es decir aquellos que se asocian con el cambio climático. El mapa de este escenario se presenta en el mapa 28.



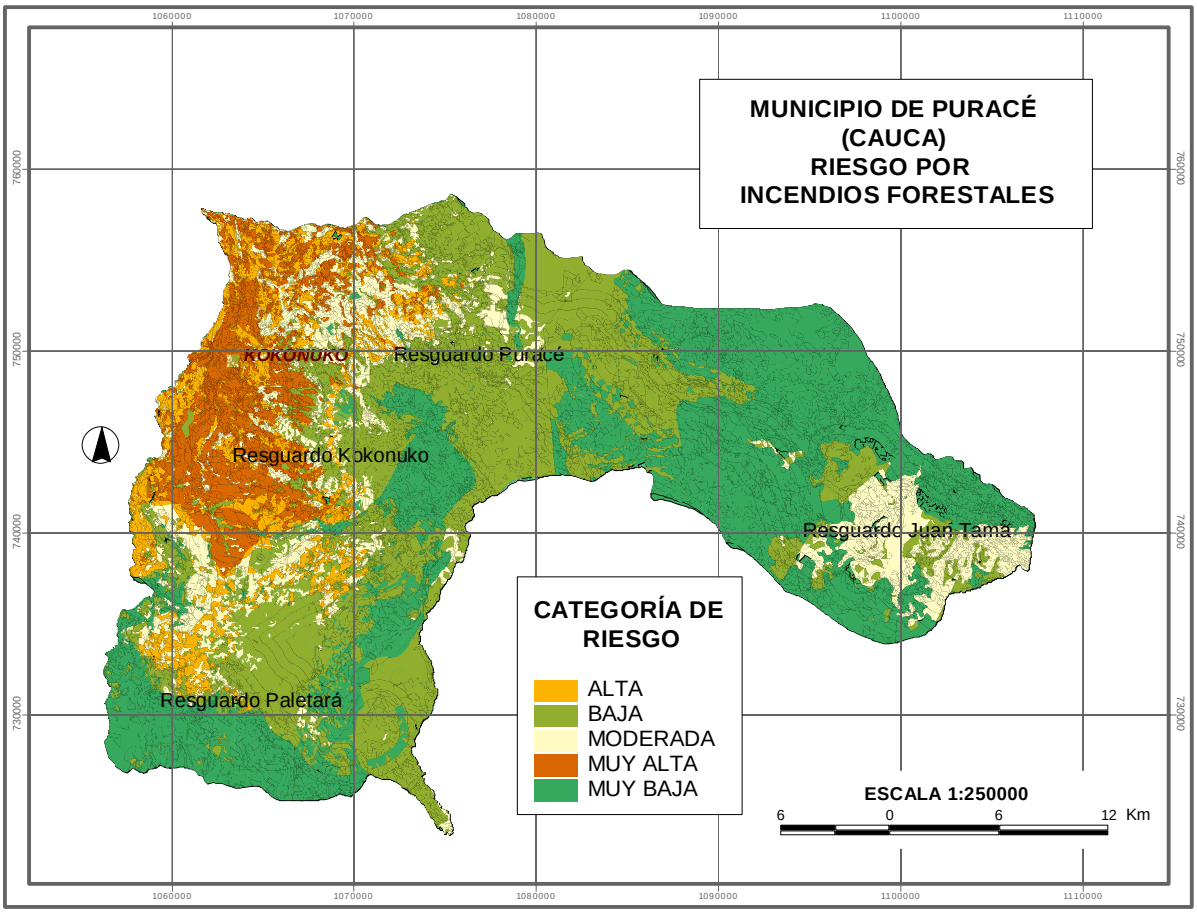
Mapa 28. Escenario de riesgo por deslizamiento en evento ENOS (fase fría).

Como se puede ver en el mapa 28, las zonas que fueron planteadas como de muy bajo y bajo riesgo en un escenario de "situaciones climáticas normales" permanecen constantes en condiciones de eventos extremos; pero al tratarse de las zonas de moderado, alto y muy alto riesgo en condiciones climáticas extremas - asociadas a información de lluvias máximas en 24 horas, cambian a una clase más crítica.

Lo anterior, responde principalmente a que el factor detonante que determinó este escenario fue el disparo por lluvias; por esto se evidencia cómo en los mapas la susceptibilidad aumenta en las zonas que ya se han clasificado en riesgo por deslizamiento; así gran parte de las zonas ya

enunciadas como de alto riesgo, se presentan como de muy alto riesgo, y las clasificadas como de riesgo moderado, ahora se presenta como de alto riesgo.

8.1.2. Clases de riesgo por incendio forestal y de cobertura vegetal.



Mapa 29. Riesgo por incendio forestal y de cobertura vegetal bajo condiciones "normales".

El escenario de riesgo por incendio de cobertura vegetal propuesto para el Municipio, corresponde al primer trabajo de zonificación de riesgo por incendios realizado a nivel local con base en el protocolo metodológico para la realización de zonificaciones de riesgo a nivel local y regional definido por IDEAM con base en la experiencia nivel nacional, por lo que se constituye en una muy buena aproximación. Sin embargo, de acuerdo con la recomendación hecha para la zonificación de riesgos por deslizamiento e inundaciones súbitas, es necesario que estos mapas

se actualicen periódicamente aprovechando las capacidades locales de promotores comunitarios para la permanente alimentación de las bases de datos de eventos, y de la actualización de cartografía básica y temática que se requiere para estos estudios.

Riesgo Muy Alto.

Dentro de esta categoría se han clasificado gran parte del territorio del resguardo de Puracé y Kokonuko. Dentro de las veredas que se identifican en esta clase están: Del resguardo de Kokonuko, las veredas: San Miguel de los Lagos, El Jigual, Patugó, Chiligló, San Bartolo, Alto de la Laguna, San José de Pisanrabó, Cobaló, Cristal, San Pedrillo, Belén y Coconuco; y del resguardo de Puracé se encuentran las veredas: Patico, Ambiró, Pululó, Tabio, Alto Anambio, Chapío, Puracé, Hato Viejo, 20 de Julio e Hispala.

Riesgo Alto.

Dentro de esta categoría se han clasificado zonas en las veredas ya clasificadas en riesgo muy alto del resguardo de Puracé y Kokonuko, y además se incluyen la vereda El Trébol de Kokonuko y Campamento de Puracé. Adicional a estas, se clasificaron zonas en el resguardo de Paletará ubicadas en las veredas: El Mirador, río Claro, El Jigual, Rio Negro, La Josefina y El Depósito.

Riesgo Moderado.

Dentro de esta categoría se ha clasificado un pequeño grupo de zonas que representa todo el municipio. En el corregimiento de Santa Leticia se identificaron las veredas San José, Km 48, Juan Tama, La Vega, La Playa, Santa Leticia, y Alto la Candelaria; en el resguardo indígena de Puracé Alto Anambio, Chapío y Campamento; en el resguardo indígena de Kokonuko la vereda El Cristal; y en el resguardo de Paletará las veredas Mirador, El Jigual y la Josefina.

Riesgo Bajo.

Dentro de esta categoría se han clasificado gran parte del territorio que corresponde al Parque Nacional Natural Puracé, la parte alta de los reguardo de Puracé y Kokonuko y gran parte de la vereda Río Negro de Paletará.

Riesgo Muy Bajo.

Abarca aproximadamente un 70% del corregimiento de Santa Leticia, este porcentaje cubre áreas de reserva, y las veredas San Antonio, Tijeras y Dos quebradas. Del resguardo de Paletará se clasifican la parte alta de las veredas Río Claro y El Depósito.

8.1.3. Riesgo mitigable.

En el mundo de la gestión del riesgo, la mitigación es entendida como el conjunto de medidas para reducir la vulnerabilidad frente a las amenazas. Sin embargo, con las experiencias vividas a nivel nacional e internacional, y con las dinámicas que se presentan en la zona, es importante aclarar un poco más este concepto ya que normalmente se entiende la mitigación como obras de ingeniería, y principalmente en el caso de los deslizamientos e inundaciones súbitas, se presenta una amplia gama de obras de concreto.

De acuerdo con la propuesta que las obras de infraestructura solamente resultan eficaces y "sostenibles" cuando sirven para coadyuvar las dinámicas naturales, pero no para oponerse a ellas (Wilches, 2010), se considera que el tipo de intervención que se haga en el territorio debe estar en armonía con las dinámicas naturales. En este sentido, expertos de la Universidad de Florencia han presentado una propuesta denominada "ingeniería naturalística" que además de potencializar la recuperación de la naturaleza usando su lógica para los procesos de recuperación, generan empleo local, usando elementos del entorno –lo que hace los precios sean muchos más bajos que las obras de ingeniería convencional-, y de manera especial protege vida y bienes de potenciales afectados.

Así, la ingeniería naturalística se presenta como una propuesta novedosa que abarca un conjunto de técnicas de mitigación del riesgo por deslizamiento; pero, no es la única. Es por esto, que la tarea consiste en definir con base en los escenarios de riesgo por deslizamientos e inundaciones súbitas presentados, cuáles de estos riesgos se pueden "tratar" y cuáles no, y qué tipo de tratamiento merece cada uno de ellos con el fin de disminuir la vulnerabilidad.
A continuación se presentan brevemente los resultados de la evaluación de los riesgos del municipio, en un orden de prioridad de intervención propuesto de acuerdo con la población y los elementos expuestos para zonas definidas como de alto y muy alto riesgo. La prioridad de intervención, define el tipo de acción de mitigación a realizar, si es de corto, mediano o largo plazo.

Aunque en este documento se presenta una propuesta general de acciones a realizar en cada uno de los resguardos y corregimientos, vale la pena que sea evaluada, complementada y ajustada por la comunidad de acuerdo con los planes y obras trazadas para cada uno de sus territorios, para ello se propone hacer una minga con representantes de las comunidades, representantes de la oficina de planeación municipal, promotores comunitarios del programa conjunto, equipo técnico del terreno del programa conjunto –incluyendo equipo técnico de la asistencia técnica-, con el fin de elegir la acción optima a realizar en cada uno de los casos.

Resguardo Indígena de Kokonuko…

1. Plan de contingencia del sector turístico de Agua Hirviendo.

Figura 13. Vista de amenaza concatenada en el sector de Agua Hirviendo.

Dentro del plan de vida del resguardo indígena de Kokonuko se destaca el componente turístico alrededor de la actividad termal presentada en este resguardo. El sector de Agua Hirviendo es uno de los principales atractivos turísticos, lo que lo ha convertido en un sitio de gran importancia económica, social y cultural para la comunidad quién es la que administra el hotel principal ubicado en este lugar.

Como se puede ver en la figura 13, los deslizamientos que se presentan en la vereda Cobaló -principalmente en la parte alta-, han llegado a generar avalanchas que han afectado en varias ocasiones el caserío de Agua Hirviendo. Es por esto, que de acuerdo con el tipo de emergencias ya presentadas y la inviabilidad de reubicar este sector, que es necesario que la población que trabaja y habita en este sector cuente con una estructura estratégica y operativa que ayude a controlar una situación de emergencia. Tener un plan de emergencia le permite a la comunidad disminuir su vulnerabilidad y estar preparada para futuros eventos.

2. Reforzamiento de cubierta de la escuela San José de Pisanrabó.

Figura 14. Vista de la vereda Pisanrabó desde Cobaló.

La escuela de San José de Pisanrabó se ha visto afectada en varias ocasiones por vendavales que han evidenciado su vulnerabilidad ante estos eventos. Teniendo en cuenta los riesgos de la vereda Pisanrabó, están relacionados principalmente con la actividad sísmica, los vendavales y los movimientos en masa –caída libre de roca- es necesario que la escuela como sitio de interés cultural y de posible albergue en caso de una emergencia, se encuentre en óptimas condiciones.

3. Aislamiento de bocatomas y red de acueducto de la vereda Pisanrabó.

4. Reconstrucción del Puente de Chulumbio.

Figura 15. Puente sobre Quebrada Chulumbio.

Ubicado en la vereda Chiliglo. Este puente comunica con las veredas Patugó, al sector de El Consuelo y a la empresa "El Rayo", y puede estar afectado por avalanchas generadas en la quebrada Chulumbio o por deslizamientos, por lo que las personas en riesgo son principalmente los habitantes de estos sectores mencionados que perderían su principal vía de acceso. Como se puede ver en la figura 5, la misma estructura del puente sirve de depósito ya que su estructura no está soportada en las bases que se le construyeron. Se dañó en el año 2008.

5. **Ingeniería naturalística.**

Figura 16. Evidencias de deforestación en el resguardo.

Gran parte de los deslizamientos que se han presentado en las veredas San Bartolo, Alto de la Laguna, Patugó, Cobaló y San Pedrillo, son producto de las fuertes pendientes, del proceso de deforestación, y del sobrepastoreo en la zona (Figura 16); pero principalmente de los cortes hechos a las laderas para abrir paso a caminos y vías principales (Figura 17).

Teniendo en cuenta cada uno de estos factores y conociendo la gran caja de herramientas que presenta la ingeniería naturalística en obras de mitigación que potencializan la dinámica propia del paisaje, debe quedar capacidad instalada en la zona para realizar mantenimientos de taludes de modo que se pueda lograr un trabajo constante de monitoreo de las características del terreno que permita ir trabajando en la gestión correctiva del riesgo. Este tipo de actividades debe ir aunada a las actividades y proyectos que plantee el cabildo de trabajo de comunitario.

Figura 17. Ejemplo de zonas de muy alto riesgo en el resguardo de Kokonuko.

Resguardo Indígena de Paletará…

Aunque la amenaza por deslizamiento e inundaciones súbitas en este resguardo es de muy baja a baja, se deben plantear acciones en pro de mitigar los procesos de reptación intensa y erosión laminar que afecta los suelos de la mayor parte del resguardo. Dichas acciones de ganadería sostenible se proponen en la ruta de adaptación del cambio climático propuesta por el programa conjunto.

Resguardo Indígena de Puracé…

1. Estabilización de ladera en la Creciente con apoyo de ingeniería naturalística.

Figura 18. Deslizamiento sector La Creciente.

Como se ha mencionado en anteriores informes, una de las emergencias más grandes que ha afectado el resguardo de Puracé ha sido la destrucción del acueducto Tablón-Chapío-Belén que abastece a 165 familias. Una avalancha que se formó con el represamiento de material de deslizamientos presentados en la parte alta de la vereda Chapío y que fue arrastrado por la Quebrada La creciente, causó la destrucción de este acueducto veredal.

La topografía y las características geomorfológicas del lugar donde se encuentra el acueducto evidencian que el trabajo de mitigación debe enfocarse directamente a la amenaza; es decir, pese a que no hay un lugar donde se pueda reubicar el acueducto -que es el principal elemento expuesto a la avalancha-, sí existe la posibilidad de estabilizar la ladera reforestando y estabilizando mediante obras de ingeniería naturalística las laderas afectadas por los deslizamientos.

Es importante mencionar que aunque la comunidad manifestó que está emergencia también había ocurrido aproximadamente hace 50 años, es necesario notar que los procesos de deforestación en estos 50 años también han aumentado – como aún se evidenció en las visitas de campo con las evidencias de quemas recientes en el sector -, por lo que aunque existe la amenaza aún existe la posibilidad de ayudarle a la ladera a que recupere su estabilidad.

2. Aislar nacientes y tubería de abastecimiento en riesgo en el sector de 20 de Julio.

3. Garantizar continuidad a la propuesta de ganadería sostenible en todo el resguardo.

Corregimiento de Santa Leticia…

Figura la vereda La Playa con el Huila.

Figura 19. Ejemplo de afectaciones en la banca de una vía.

1. Control en taludes que afectan banca vial – obras de contención – ingeniería naturalística.

Como se puede ver en las figuras 19 y 20, en el corregimiento se presentan grandes afectaciones en la banca vial que afectan desde el nivel veredal, hasta el nivel regional, ya que este corregimiento colinda con el departamento del Huila. Así, las emergencias catalogadas como de menor magnitud, se relacionan con la pérdida de las cosechas de frutales en la parte baja del corregimiento – veredas la playa, calabozo, aguacatal-, debido a las afectaciones de las vías veredales; y emergencias de mayor magnitud se refiere a que el corregimiento puede quedar totalmente incomunicado porque las vías de acceso todas presentan problemas de deslizamientos. Asimismo, es el camino al departamento del Huila, por lo que puede llegar a generar emergencias de tipo regional.

Teniendo en cuenta que los deslizamientos que se presentan en la zona son principalmente de tipo superficial, producto de los fuertes procesos de deforestación en la zona, de cortes a las laderas de fuertes pendientes para el trazo de vías y de altos índices de escorrentía en la zona, es necesario que los esfuerzos de estabilización y control de taludes vayan enfocados al rescate ambiental de este territorio, por lo que es necesario que se evalúen herramientas de la ingeniería naturalística que más allá de instalar un gavión y de canalizar las aguas, le permita a la ladera su propia estabilización.

2. Aislamiento para reforestación natural del terreno, zona aledaña a la escuela vereda Bellavista.

Aunque la escuela de Bellavista no presenta evidencias de movimiento en masa, es necesario que se tomen medidas preventivas para la reforestación de la zona aledaña, ya que aproximadamente a 500 metros de ella, se empiezan a notar coronas de grandes deslizamientos que afectan la zona.

3. Aislar y reforestar laderas que conforman el valle del río Bedón y sus afluentes.

4. Gestar proyectos de agricultura y ganadería sostenible en la zona.

5. Apoyar el manejo que se le ha dado a las áreas de reserva del reasentamiento de Juan Tama.

Figura 21. Fotografías que evidencian los movimientos en masa que afectan el corregimiento de Santa Leticia.

8.1.4. Riesgo no mitigable.

Los riesgos clasificados como "no mitigables", corresponden a aquellos donde la única acción posible para evitar el desastre es el reasentamiento de la población o la reubicación de infraestructuras en zonas de alto riesgo. Dentro del municipio -especialmente en el corregimiento de Santa Leticia- se han identificado terrenos, que debido a su dinámica presentan riesgos cuya vulnerabilidad solamente se puede reducir con la reubicación de los elementos expuestos como viviendas, redes de acueducto y escuelas.

Pensar en un proceso de reubicación o reasentamiento genera varias inquietudes, entre las que se encuentran las siguientes dos básicas: ¿Cuál es entonces el terreno apto para la reubicación? ¿Cuál es el uso del suelo adecuado para el terreno que queda inhabitado?. En este capítulo se presentan cuáles son las zonas de riesgo no mitigable y algunas opciones de terrenos aptos para la reubicación de dichos elementos expuestos *desde el punto de vista técnico*. [5]

En Colombia se han venido construyendo, desde hace muchos años, por parte de la sociedad civil en conjunto con el Estado, experiencias exitosas de conservación de zonas protegidas "con la gente", no con exclusión de ella (Wilches-chaux, 2010). Un ejemplo de estas propuestas corresponde a lo que se ha definido dentro del Programa Conjunto como "corredores biológicos", que son zonas de conectividad ecológica, que responden a lo que la comunidad indígena entiende como corredor que "un sitio donde podemos estar y que tenemos que cuidar".

Se trata así de que a partir del intercambio de saberes entre expertos locales y técnicos se planteen para las zonas que fueron clasificadas como de alto riesgo de acuerdo con su dinámica histórica y con los estudios técnicos, cuáles son los usos adecuados para cada una ellas dentro de sus ecosistemas. Al respecto Wilches (2010) plantea que el principio es: yo puedo permanecer en este ecosistema en la medida en que yo y las actividades que yo llevo a cabo, nos convirtamos en recursos y servicios para el ecosistema, no viceversa.

[5] Durante la formulación de estos estudios, se contempló la etapa de planteamiento de recomendaciones de uso del suelo para programas de reasentamiento; sin embargo, una vez planteados los escenarios de riesgo del Municipio quedó en evidencia que no es necesaria la formulación de un programa de reasentamiento, aunque sí se deben dar orientaciones para la reubicación de un grupo de personas que se encuentra en alto riesgo.

Resguardo Indígena de Kokonuko…

Viviendas a reubicar:
✓En la vereda Pisanrabó, las viviendas que están en el margen de la Quebrada peña Blanca.
✓En la vereda San Bartolo, las viviendas que se encuentran ubicadas sector peñas blancas – cuerpo de un antiguo deslizamiento -.
Los sectores propuestos para el reasentamiento de estas viviendas corresponden a la parte baja de las veredas Patugó, San Miguel de los Lagos, El Trebol y Penisigó.

Resguardo Indígena de Puracé…

Como se mencionó en informes anteriores, la amenaza de este resguardo es la caída libre de roca; y aunque en casos específicos el cabildo ha contribuido con labores de mitigación como mover el material rocoso, en la mayoría de los casos esta labor es imposible, además se debe tener en cuenta que el mayor riesgo se presenta ante actividad sísmica. Es por esto que se proponen las acciones de reubicación de las siguientes viviendas:

✓ En la vereda Hato viejo, la vivienda del señor Victoriano Pisso.
✓ En la vereda Patico, las viviendas del señor Albeiro Gurrute en el sector El Playón, y Anselmo Jalvin Caldón.
✓ En la vereda Valle del Vinagre, las viviendas de: Mario Elbio Aguilar, Sandra Quirá, José Manuel Quirá Y Leonor Bolaños.
✓ En la vereda Cuaré, aproximadamente 13 viviendas deben ser reubicadas.

Los sectores propuestos para el reasentamiento de estas viviendas corresponden a la parte baja de la vereda Tabío, y a algunos sectores de las veredas Campamento y Pululó.

Corregimiento de Santa Leticia…

Figura 23. Fotografía escuela San Fernando.

Figura 22. Fotografía de zona de ubicación del acueducto veredal de Aguacatal.

✓Calabozo Inicialmente se planteó la reubicación de la escuela de la vereda debido a las emergencias presentadas por desbordamientos y avalanchas del río Bedón, y uno de sus afluentes (figura 12), los cuales han destruido totalmente el puente que permite su acceso. Sin embargo, al visitar la escuela se encontró que actualmente solo cuenta con nueve alumnos, por lo que como medida de corto plazo los estudiantes podrían ser trasladados a la escuela de la vereda La Playa.

✓Aguacatal La zona donde se encuentra la red de acueducto veredal de aguacatal (figura 13) debe aislarse para permitir su reforestación natural, no existe la posibilidad de trasladar la red de acueducto ni de adoptar otra captación de agua.

8.2. Recomendaciones de uso del suelo para el EOT.

RESGUARDO INDÍGENA DE KOKONUKO			
	VEREDA	**CARACTERÍSTICAS**	**RECOMENDACIONES**
ALTO Y MUY ALTO	Pisanrabó	* La principal amenaza de esta vereda es de origen sísmico, ya que es atravesada por una de los alineamientos tectónicos que evidencian la falla Romeral. En condiciones normales -de baja sismicidad- hay desprendimiento de material rocoso en el sector conocido como "peñas blancas", que puede caer y afectar viviendas de este poblado, por lo que con un evento sísmico de mayor magnitud las consecuencias puedan ser mayores.	* Es necesario restringir la ubicación de nuevas viviendas en este sector.
		* Las pendientes fuertes (que alcanzan hasta 35°), sumado a condiciones de suelos de origen volcánico desprotegidos, generan altos índice de escorrentía en algunos sectores, lo que ha generado deslizamientos de tipo superficial que generan represamientos y afectación en algunas de las nacientes, en quebradas y en el río Changue, además de erosión en terracetas.	* Es necesario reforestar esta cuenca, ya que el suelo está desprotegido de cobertura vegetal. * Se deben reubicar las viviendas que están al margen de la quebrada Peña Blanca (están sobre su ronda). * Es necesario aislar bocatomas y red de acueducto, y que se respete la ronda del río, debido al riesgo por avalancha especialmente con el río Changue.
		* Riesgo por vendaval.	* Se debe reforzar el tejado de la escuela San José.
	San Bartolo, San Pedrillo, 3 de Noviembre, Belén y Kokonuko	* Las fuertes pendientes que caracterizan estas veredas, su geomorfología -valle aluvial estrecho- y los cortes que se le han hecho a los taludes para la apertura de sus vías la vuelven muy susceptible a los movimientos en masa. También es importante tener en cuenta que la dirección del río Grande está marcada por el alineamiento tectónico que atraviesa estas veredas y que en caso de actividad sísmica detonaría deslizamientos.	* Las quemas son una actividad aún frecuente en la mayoría de las laderas, estas prácticas que tienen como fin ampliar la frontera agrícola, dejan los terrenos totalmente expuestos, por lo que es necesario prohibirlas, así como nuevos asentamientos en este sector. * Algunas viviendas que pertenecen al caserío de San Bartolo se encuentran ubicadas en el cuerpo y pie de un antiguo deslizamiento -sector conocido como peñas blancas-, estas viviendas se deben reubicar.

Tabla 16. Recomendaciones de uso del suelo resguardo indígena de Kokonuko.

RESGUARDO INDÍGENA DE KOKONUKO			
	VEREDA	**CARACTERÍSTICAS**	**RECOMENDACIONES**
ALTO Y MUY ALTO	Cobaló	* Deslizamientos superficiales y recurrentes afectan esta vereda, así como erosión en terracetas. Los movimientos en masa en esta vereda responden a sus pendientes fuertes, su alto índice de humedad, y las geoformas que presenta asociadas a depósitos de flujos de lava. Esta vereda es atravesada por un alineamiento tectónico, lo que permite inferir que la actividad sísmica también funciona como detonante en esta región.	* Debido a las emergencias presentadas en el sector turístico de Agua hirviendo producto de deslizamientos y pequeñas avalanchas, es necesario preparar un plan de contingencia para la comunidad de este asentamiento. * Algunos deslizamientos en este sector se han inducido por el corte en los pies de ladera, sin suavizar las pendientes - lo que evidencia falencia en las técnicas de construcción-, por lo que algunas técnicas propuestas de ingeniería naturalística servirían para mitigar estos riesgos. Asimismo, teniendo en cuenta la pendiente, la desecación de humedales en la parte alta de la ladera y el riesgo por deslizamientos (superficiales y caída de roca), no pueden otorgarse más permisos de construcción en este sector. * Las laderas del valle de la quebrada Agua Hirviendo han sufrido un proceso de deforestación muy fuerte, y se han utilizado para el pastoreo, por lo que es necesario aislar esta zona para que se reforeste naturalmente, pues esto ha coadyuvado al proceso de erosión.
	Alto de la Laguna	* Las fuertes pendientes que conforman el valle del río Cauca, cuyo cauce está marcado por alineamientos de la falla Romeral han sido los sectores clasificados con susceptibilidad muy alta en esta vereda.	* Se deben aislar las laderas que conforman el valle del Cauca para permitir que empiece un proceso de regeneración natural ya que se han visto afectadas por prácticas de deforestación y quemas.

RESGUARDO INDÍGENA DE KOKONUKO			
	VEREDA	**CARACTERÍSTICAS**	**RECOMENDACIONES**
MODERADO	Chiliglo	* Suelos de coluvios (derivados de ceniza volcánica y flujos de lodo), que con fuertes pendientes y alto índice de escorrentía generan deslizamientos; los cuales afectan especialmente el valle del río Changue y la parte media de su microcuenca. Los deslizamientos en este sector también han causado pequeñas avalanchas que llegaron a afectar sitios de interés comunitario ubicados en la parte baja de la microcuenca, como es el caso del puente Chulumbio.	* Se debe reconstruir el puente Chulumbio, ya que permite un acceso peatonal al sector del Consuelo, El Rayo y la vereda patugó. Actualmente la estructura del puente no está apoyada sobre la base, por lo que en caso de una avalancha o deslizamiento la misma estructura sirve de depósito. * Se deben aislar las laderas -principalmente las que coinciden con fuertes pendientes- para que se reforeste naturalmente.
	Patugó	* Deslizamientos que causan represamiento en las quebradas.	* Reforestar las márgenes y aislar las zonas de deslizamientos promoviendo las especies nativas.
	Especialmente en el resguardo de Kokonuko, en condiciones de eventos climáticos expremos -fase fría- las zonas clasificadas como de riesgo moderado por deslizamiento cambian a alto riesgo, y sectores de alto riesgo se reclasifican como muy alto. Algunos de estos sectores corresponden a las veredas Cobaló, Chiliglo, Pisanrabó, Patugó, Alto de la Laguna, Kokonuko y Cristal. En condiciones climáticas "normales" el resguardo tiene un nivel de riesgo por remoción en masa moderado, lo que responde a las características intrínsecas antes mencionadas y a factores detonantes entre los que se encuentra el cambio de uso que se le ha dado a la tierra, el cual ha favorecido el proceso de deforestación.		
BAJO	Principalmente el sector correspondiente a la parte alta de las veredas el Mirador, cristal, Patugó y el Jigual. Presentan erosión laminar y algunas terracetas.		
MUY BAJO	La parte alta de las veredas el Mirador, cristal, Patugó y el Jigual.		

RESGUARDO INDÍGENA DE PALETARÁ			
	VEREDA	**EVENTO**	**RECOMENDACIONES**
ALTO	Río Claro Alto.	Deslizamientos de tipo rotacional se han presentado en zonas de cobertura boscosa, los cuales se relacionan con las geoformas de este lugar -laderas de origen estructural-, con su fuerte pendiente y principalmente con su litología (areniscas, limolitas-sedimentario-). Aunque en este sector la lluvia sigue siendo el detonante de deslizamientos, algunos movimientos en masa se asocian a pequeños sismos presentados. Asimismo, la misma cobertura vegetal ha funcionado como detonante ya que aunque es una zona boscosa, son árboles de raíces no muy profundas que en lugar de amarrar el suelo, se convierten en carga para la ladera.	Pese a que actualmente en este sector no hay viviendas, es necesario que se restrinja la ocupación de este territorio de acuerdo con las características ya descritas. Asimismo, las acciones de conservación y manejo de biodiversidad que se han manejado por tratarse de área de reserva del cabildo, deben ser apoyados.
	El Depósito y Río Negro.	Las partes altas de estas veredas, presentan fuertes procesos de reptación superficial local, que sumada a las fuertes pendientes que la caracterizan y a suelos desprotegidos por los incendios que se han presentado, provocan alta inestabilidad en las laderas.	Es necesario proteger la poca cobertura que queda, por lo que se deben aislar estos sectores para evitar el paso de ganado o animales pesados y permitir que se de un proceso de regeneración natural.
MODERADO	El Mirador	Aunque los pocos movimientos en masa que se han presentado en esta vereda, responden principalmente al corte en las laderas para el trazo de la vía; sus características intrínsecas como geomorfología -laderas estructurales-, altos niveles de escorrentía, litología -areniscas, limolitas-, la convierten en una zona de riesgo moderado.	Se deben continuar con trabajos de ganadería sostenible, de modo que se eviten procesos de reptación, y que se permita que el terreno afectado por erosión ligera y terracetas se recupere.
BAJO Y MUY BAJO	La mayor parte del territorio que corresponde a este resguardo se encuentra en esta clase de riesgo por deslizamiento e inundación súbita, ya que como se mencionó en el análisis de susceptibilidad, las amenazas en este resguardo son de tipo climatológico principalmente (heladas, sequías, granizadas). Sin embargo, es necesario que a estos suelos se les de un adecuado uso y manejo para evitar así el incremento de procesos erosivos, que podrían generar la sobre-utilización del suelo con los cultivos de papa y ganadería.		

Tabla 17. Recomendaciones de uso del suelo resguardo indígena de Paletará.

RESGUARDO INDÍGENA DE PURACE			
	VEREDA	**CARACTERÍSTICAS**	**RECOMENDACIONES**
ALTO Y MUY ALTO	Hato Viejo	* Se evidencian procesos de remoción en masa en esta vereda, como solifluxión, deslizamientos y caída libre de material rocoso. Los deslizamientos que se presentan han sido desencadenados por el corte hecho a la ladera para la apertura de la vía, ya que cuenta con pendientes fuertes. Sumado a esto, hay otros factores intrínsecos relacionados con la ocurrencia de deslizamientos como el alto índice de escorrentía, y los suelos de texturas franco-arenosas y arcillosas.	* Se debe reubicar la vivienda del señor Victoriano Pisso.
	20 de Julio	* Además de que en esta vereda también se presentan las características que la hacen susceptible a deslizamientos mencionadas para la vereda Hato Viejo, un alineamiento tectónico relacionado con la falla Romeral que la atraviesa se convierte también en un factor detonante. Otro factor detonante de deslizamientos está relacionado con el movimiento de tierras generado por la extracción de material de la zona -conocidos como minas de piedra-. Principalmente la caída libre de roca es el tipo de remoción en masa que se presenta para esta vereda.	* Un deslizamiento de tipo rotacional está amenazando un nacimiento de agua, por lo que debe aislarse. De igual forma, debe protegerse la tubería de abastecimiento que está en riesgo.
	Patico	* La amenaza por deslizamientos está relacionada principalmente con suelos de la asocación Sotará -suelos de coluvios-, pendientes fuertes, y un alto índice de escorrentía y con el trazo de la vía. Se presentan deslizamientos y caída libre de roca.	* Se debe revisar en detalle y con la comunidad qué tipo de acciones se pueden realizar para mitigar el riesgo por caída de roca que puede afectar dos viviendas de Luciano Jalvin. * Se deben reubicar las viviendas del señor Albeiro Gurrute en el sector El Playón, y Anselmo Jalvin Caldón.
	Hispala	* La amenaza por deslizamientos está relacionada principalmente con su ato índice de escorrentía y sus suelos de texturas franco-arenosas y arcillosas, pero principalmente por sus fuertes pendientes.	* Se deben continuar con trabajos de ganadería sostenible, de modo que se eviten procesos de reptación, y cargas para el terreno que puedan activar los movimientos en masa.

RESGUARDO INDÍGENA DE PURACE			
	VEREDA	**CARACTERÍSTICAS**	**RECOMENDACIONES**
ALTO Y MUY ALTO	Chapío	* La geomorfología - depósitos de morrenas-, la pendiente fuerte, y los suelos con alto contenido de humedad de origen volcánico, han permitido que se presenten deslizamientos superficiales pequeños en un sector específico de la microcuenca de la quebrada La Creciente. Estos deslizamientos han llegado a generar avalanchas de grandes afectaciones, ayudados por la pendiente y las geoformas de la zona que permiten que tome fuerza.	* Un factor detonante para la ocurrencia de los deslizamientos en esta microcuenca, ha sido el fuerte proceso de deforestación que ha sufrido, por lo que con técnicas de ingeniería naturalística se lograría una reforestación natural de la cuenca en este sector, de modo que le garantice estabilidad a la ladera.
	Valle del río Vinagre	* Pendientes extremadamente fuertes, la geología y geomorfología de la zona hacen que este valle presente alto riesgo por movimientos en masa como deslizamientos y caída libre de roca, y en algunos sectores riesgo por avalancha.	* Se deben reubicar las viviendas de: Mario Elbio Aguilar, Sandra Quirá, José Manuel Quirá Y Leonor Bolaños.
MODERADO	Alto Anambio, Campamento, Chapío y Ambiró	* En términos generales los eventos clasificados como amenaza moderada corresponden principalmente a erosión laminar y algunas terracetas producto del uso que se le ha dado al suelo en estas zonas.	* Se deben continuar con trabajos de ganadería sostenible, de modo que se eviten procesos de reptación, y que se permita que el terreno afectado por erosión ligera y terracetas se recupere.
BAJO Y MUY BAJO	Cuaré, Pululó, Chapío, Alto Anambio y Campamento.	* Pese a las fuertes pendientes que también se presentan en estas veredas, el factor determinante en su baja susceptibilidad a deslizamientos es su geomorfología - cráter de caldera antiguo-. * Aunque presenta problemas para la espacialización, el riesgo por caída libre de roca genera una amenaza alta para la vereda de Cuaré.	* Para que se encuentran en riesgo por caída libre de roca (ver listado de elementos expuestos) en la vereda de Cuaré se puede evaluar con la comunidad la posibilidad de hacer mingas para mover las rocas -como se ha hecho en otras partes del cabildo; sin embargo, gran parte de estas viviendas deben ser reubicadas.

Tabla 18. Recomendaciones de uso del suelo resguardo indígena de Puracé.

CORREGIMIENTO DE SANTA LETICIA			
	VEREDA	**EVENTO**	**RECOMENDACIONES**
MUY ALTO	Calabozo	* Terrenos deforestados, evidencias de quemas, suelos esquistosos, cobertura de rastrojos, altos índices de escorrentía en fuertes pendientes fuertes han generado gran número de deslizamientos superficiales que caracterizan el corregimiento de Santa Leticia.	* Se deben prohibir nuevos asentamientos en el costado sureste del camino que conduce de Aguacatal a calabozo, ya que además de pertenecer a la ronda del río Bedón, ya se han presentado emergencias en este sector.
	La Palma	* Constantes deslizamientos en las laderas, que forman parte de la micro-cuenca de la quebrada el roble, ocasionando pérdida de cultivos, represamientos y desestabilizando algunas viviendas.	* Se deben prohibir nuevos asentamientos sobre la ladera ubicada al costado noreste del camino que conduce de Aguacatal a calabozo, ya que se esta zona presenta evidencias de antiguos movimientos en masa, y de reactivaciones de origen sísmico y por lluvia.
	El Roble y Patio Bonito	* El sobrepastoreo en pendientes muy fuertes, y cortes en las laderas para la construcción de vías han servido como detonante para la ocurrencia de deslizamientos.	* La escuela de San Fernando debe ser reubicada ya que se encuentra en riesgo por deslizamiento y por avalancha.

Tabla 19. Recomendaciones de uso del suelo corregimiento de Santa Leticia.

CORREGIMIENTO DE SANTA LETICIA			
	VEREDA	**EVENTO**	**RECOMENDACIONES**
MUY ALTO	La Playa	* Deslizamientos que pueden causar el represamiento de la Quebrada La Esmeralda, y cambio en el cauce del río Bedón.	* Se debe hacer la evaluación con ingeniería naturalística para el proceso de reforestación en la vereda Bellavista, ya que es necesario que el suelo recobre su cobertura porque después de varios deslizamientos que afectaron viviendas, el terreno ha quedado totalmente expuesto, y la escuela se encuentra muy cerca a una corona de estos deslizamientos, por lo que es necesario iniciar un proceso de control de taludes pronto. * Algunos deslizamientos en este sector se indujeron por el corte en los pies de ladera para el trazo de la vía que conduce al Huila, sin suavizar las pendientes -lo que evidencia falencia en las técnicas de construcción-, por lo que algunas técnicas propuestas de ingeniería naturalística servirían para mitigar estos riesgos. Es necesaria una pronta intervención a estos deslizamientos activos en la vereda la Playa, ya que hay un riesgo latente por las vías que son las más afectadas, ya que el corregimiento queda totalmente incomunicado.
	Dos Quebradas	* En las zonas de escasa cobertura se han presentado deslizamientos que han desestabilizado taludes cercanos a viviendas.	* Parte de la red de acueducto veredal de aguacatal se encuentra en un depósito de deslizamiento, por lo que debe aislarse esta zona con el fin de que se reforeste naturalmente ya que con los constantes movimientos en masa que se presentan en la zona, se queda la vereda sin abastecimiento de agua.

CORREGIMIENTO DE SANTA LETICIA			
	VEREDA	**EVENTO**	**RECOMENDACIONES**
ALTO	Km 48	* Laderas de fuerte pendientes que fueron afectadas por cortes para el trazo de la vía.	* Se deben continuar con trabajos de ganadería sostenible en todo el corregimiento, de modo que se eviten procesos de reptación, y que se permita que el terreno afectado por erosión ligera y terracetas se recupere.
	San José y Dos Quebradas	Los deslizamientos que se presentan en esta vereda corresponden principalmente a deslizamientos de tipo superficial producto de las fuertes pendientes y al alto índice de escorrentía. Las fuertes pendientes de las laderas que conforman el valle del río Bedón, presentan deslizamientos superficiales cuyo material es arrastrado por las aguas del Bedón.	* Hasta el momento los deslizamientos presentados en esta vereda, se ubican dentro del área de reserva designada por el resasentamiento indígena de Juan Tama, por lo que es necesario continuar con el aislamiento y protección que se le ha dado a gran parte de las laderas que conforman la vereda. *Se debe proteger las laderas que conforman el valle del río Bedón, debido a que el proceso de deforestación sumado a las fuertes pendientes les ha generado deslizamientos superficiales.
MODERADO	San Antonio, San José, Tijeras, Yarumal, Santa Leticia, Juan Tama, Vega Candelaria.	Erosión ligera, caída de roca esporádica. El riesgo principalmente se presenta en el valle del río Bedón, que por sus fuertes pendientes y la geología y la geomorfología asociadas facilitan procesos aluviales y denudacionales en el área; por lo que es necesario proteger las laderas que lo conforman.	
BAJO Y MUY BAJO	Zona de reserva.		

9. Lineamientos para la incorporación de la evaluación, prevención y reducción del riesgo asociados al cambio climático.

9.1. Reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático.

9.1.1. Evaluación de riesgos climáticos actuales y futuros en base a amenazas naturales.

"El proceso de adaptación no es nuevo; a través de la historia, los pueblos se han adaptado a condiciones cambiantes, que incluyen los cambios naturales del clima a largo plazo. Lo que es innovador es la idea de incorporar los riesgos climáticos futuros en los planes de formulación de políticas".

Marco de Políticas de Adaptación.

El marco de política de adaptación MPA corresponde con una serie innovadora de guías para el desarrollo y la implementación de estrategias de adaptación ante el cambio climático incluyendo la variabilidad, elaboradas por el Programa de las Naciones unidas y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (PNUD-FMAM) (Lim, B. Et al. 2005).

Teniendo en cuenta que las estrategias de adaptación ante el cambio climático deben ir en armonía con las demás prioridades nacionales y del ámbito local como es actualmente la gestión, reducción o manejo de desastres para el país, el Programa Conjunto ha definido dentro de su ruta de adaptación al cambio climático y como una medida territorial de adaptación el componente de gestión del riesgo, así como acciones de adaptación focalizadas en este tema.

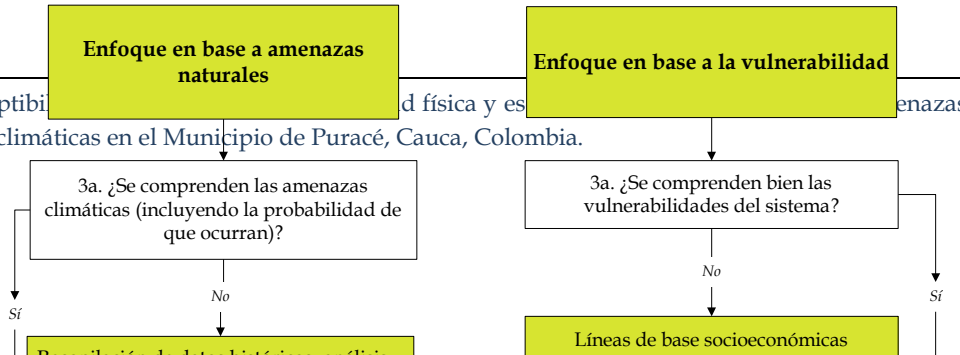
El primer paso para el desarrollo y planteamiento de la ruta de adaptación al cambio climático, consistió en la evaluación de la vulnerabilidad actual a los riesgos climáticos, que de acuerdo con las guías del MPA se refieren a la combinación de: la magnitud de un evento climático, la posibilidad de dicho evento y las consecuencias de éste.

La figura 1, (MPA, 2005), se basa en la comprensión de las interacciones históricas entre la sociedad y las amenazas del clima, incluyendo las adaptaciones que han evolucionado para hacerle frente a estas amenazas. Presenta dos enfoques principales para evaluar esos riesgos: un

enfoque basado en amenazas naturales y el otro basado en vulnerabilidad, que son complementarios y pueden usarse por separado o juntos; la elección del enfoque depende del énfasis que se le quiera dar al aspecto biofísico o al socioeconómico del riesgo relacionado con el clima.

Para el caso de la evaluación de la vulnerabilidad actual de los ecosistemas al cambio climático en el macizo colombiano, se utilizaron los dos enfoques en fases diferentes de modo que lograran complementarse. En la primera fase la evaluación se hizo con base en vulnerabilidad, que tiene como fin determinar la probabilidad de que la vulnerabilidad actual o deseada pueda verse afectada por riesgos climáticos futuros; y en una segunda fase se hizo con base en amenazas naturales recurrentes con el fin de analizar resultados posibles de amenazas como incendios forestales, deslizamientos e inundaciones súbitas.

Aunque se ha planteado el enfoque basado en amenazas naturales recurrentes como complementario al de vulnerabilidad, los dos enfoques han contado con métodos cualitativos y cuantitativos; sin embargo, la calidad de la información, los datos y los conocimientos disponibles para este enfoque permitieron caracterizar de forma más completa los eventos extremos y sus consecuencias, generando así un insumo clave para el planteamiento de los escenarios de clima futuro.



9.2. Análisis de la información hidrometeorológica como base para la evaluación de riesgos de desastres asociados al cambio climático.

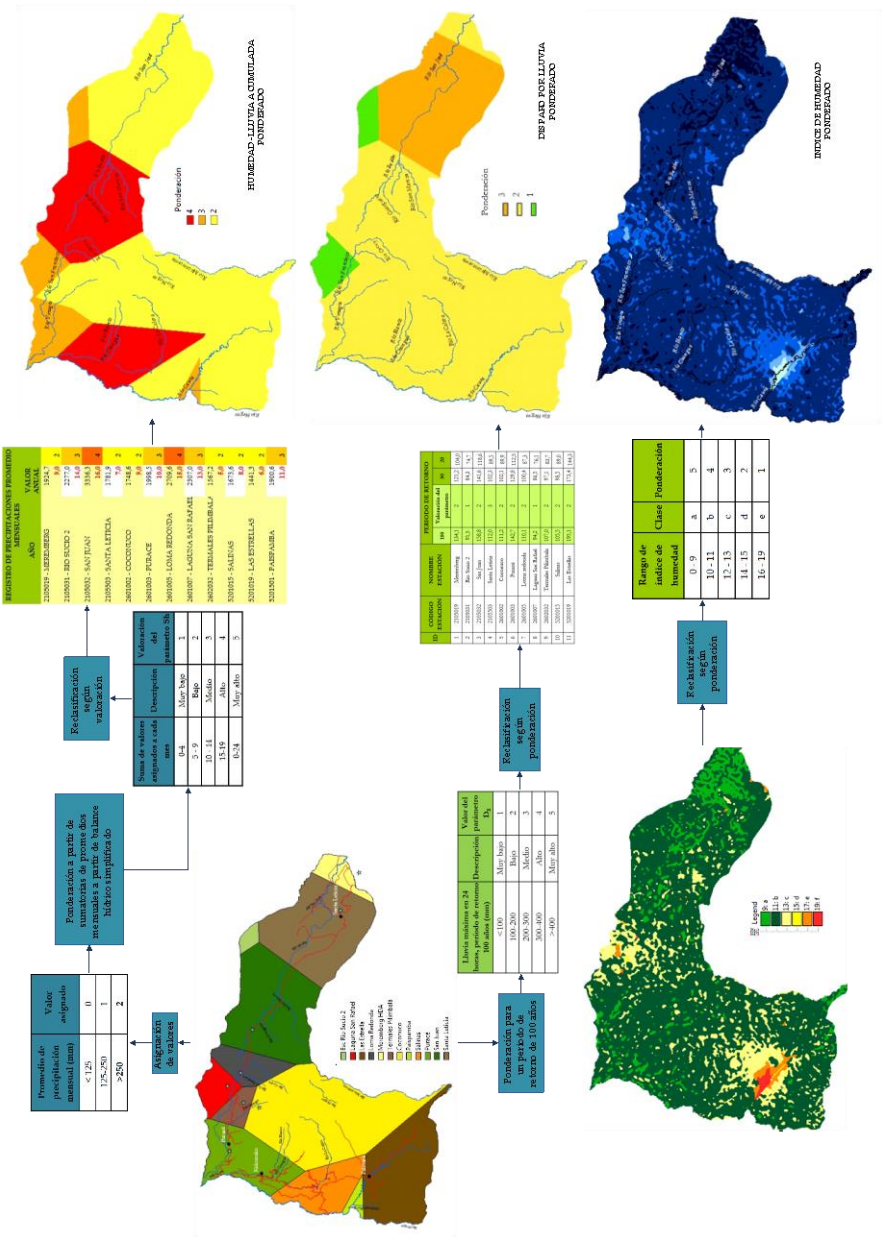


Figura 25. Representación gráfica de la metodología para el análisis de las variables climáticas en los estudios de riesgos.

9.2.1. Evaluación de las condiciones climáticas intrínsecas.

La evaluación de las condiciones climáticas intrínsecas se refiere principalmente a la estimación de la cantidad de agua retenida en el suelo, para esta se plantean dos soluciones que resultan complementarias:

1. **Análisis de humedad a partir del análisis de la información climatológica.**

Se recurre a los promedios mensuales de precipitación, efectuando con ellos un balance hídrico simplificado, en donde se asume una evapotranspiración potencial de 125 mm/mes; por lo tanto, precipitaciones mensuales inferiores a 125 mm no conducen a un aumento de la humedad del terreno, mientras que una precipitación entre 125 y 250 mm si la incrementa, y precipitaciones mensuales superiores a 250 mm conducen a una humedad del suelo muy alta (Mora et al., 1992).

Seguidamente, a los promedios mensuales se les asignan los valores de la tabla 1 y se efectúa la suma de estos valores para los doce meses del año, con lo que se obtiene un valor que puede oscilar entre 0 y 24 unidades. El resultado refleja los aspectos relacionados con la saturación y la distribución temporal de humedad en el terreno (Mora et al., 1992), este resultado se reclasifica de acuerdo con la tabla 2, para asignarle su ponderación.

Promedio de precipitación mensual (mm)	Valor asignado
< 125	0
125-250	1
>250	**2**

Tabla 20. Rango de valores para reclasificar los valores de humedad.

Suma de valores asignados a cada mes	Descripción	Valoración del parámetro Sh
0-4	Muy bajo	1
5 - 9	Bajo	2
10 - 14	Medio	3
15-19	Alto	4
19-24	Muy alto	5

Tabla 21. Rango de valores para reclasificar los valores de humedad.

Análisis de humedad a partir de la caracterización hidrológica del área basada en el Modelo de Elevación Digital.

Pese a que se mencionan ciertas condiciones de humedad para el área en la información de tipo de suelos levantada por el IGAC, luego de conocer el comportamiento de las diversas variables climáticas medidas en las cuencas que conforman el Municipio y de realizar el trabajo de campo para el levantamiento de información de riesgos se evidenció la necesidad de hacer un análisis específico para la caracterización hidrológica de la zona que permitiera conocer las condiciones de humedad, debido a la importancia de esta variable en la ocurrencia de deslizamientos.

Es por esto, que se hizo un análisis de humedad con base en la caracterización hidrológica del área en el software libre ILWIS. Este análisis se basa en el Modelo Digital del Terreno (MDT) a escala 1:20000 y se enfoca a la generación de coberturas que permitan el entendimiento y la formulación de las posibles soluciones para la mitigación y pérdidas de terrenos causadas por procesos que generan Fenómenos de Movimientos en Masa (FMM), los cuales se han incrementado durante los últimos años debido al aumento de la población en donde se refleja una mayor actividad antrópica, representada en su mayor parte por labores agropecuarias, mineras o ingenieriles. Este trabajo se describe a continuación:

Paso 1. *Obtener información básica correspondiente a la topografía del terreno.*

Inicialmente se planteó trabajar con el Modelo de Elevación Digital suministrado por la Nasa y el Ministerio de economía de Japón con el proyecto ASTER GDEM, cuya resolución espacial de 30 metros, corresponde a lo más detallado y disponible para la zona. Sin embargo, durante el trabajo con ese modelo se encontraron varias inconsistencias con la información relacionadas principalmente a "protuberancias" y "rasgos extraños" en los datos, que fueron corroboradas investigando sobre las validaciones realizadas de ese modelo[6].

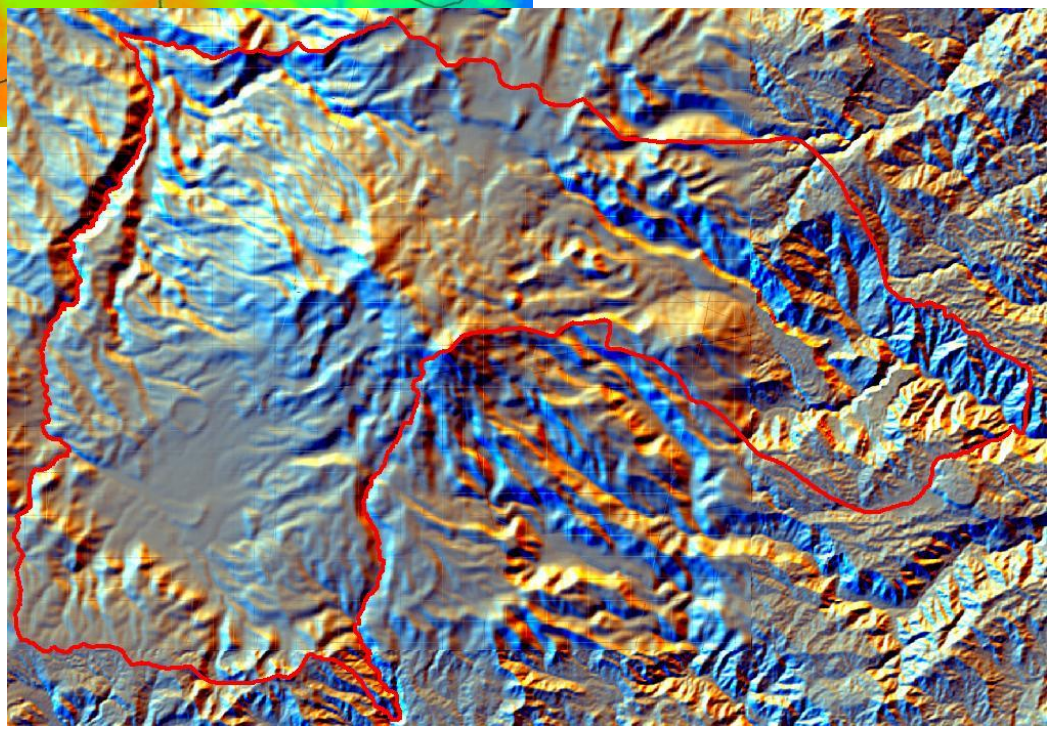
Para resolver estas inconsistencias, el IGAC realizó las correcciones a este modelo en algunas zonas del país a partir de manejo de información digital; sin embargo, una las zonas corregidas no cubre la totalidad del territorio de Puracé, cubre alrededor del 70% del área. Por otro lado, si se utilizaba otro tipo de información altimétrica del Municipio, como por ejemplo las curvas de nivel presentadas en la cartografía básica del terreno del año 1986 del IGAC, se sesgaba la calidad de los productos ya que tomaríamos como base información secundaria.

Por lo anterior, fue necesario fusionar la información de dos Modelos de Elevación Digital: el primero corresponde al resultado del proyecto ASTER GDEM de 30 metros de resolución

[6] Una de las validaciones hechas a este modelo, corresponde a la realizada por METI/ERSDAC, NASA/LPDAAC y USGS/EROS y presentadas en el documento titulado "ASTER GLOBAL DEM VALIDATION".

espacial con otro MED producto del proyecto promovido por la NASA en colaboración con otras organizaciones: "Shuttle Radar Topography Mission" SRTM-90, cuya resolución espacial de 90 metros. Esto, para trabajar con información de la misma calidad, aunque no de la misma resolución espacial.

A continuación se presenta en un mapa de sombras, los resultados de esta fusión:



Mapa 30. Mapa de sombras generado para el Municipio a partir de dos Modelos de Elevación Digital.

Paso 2. *Remover depresiones en el Modelo Digital de Elevación.*

Antes de usar la operación de dirección de flujo fue necesario remover las depresiones o sumideros del DEM, a partir de la herramienta *Fill sinks*. Al comparar los dos mapas en detalle podemos ver cómo luego de la operación se han extraído las zonas de depresión (Figuras 3 y 4) que trae por defecto el modelo y que imprimirían error al generar los mapas de pendientes y los otros resultantes a partir del DEM.

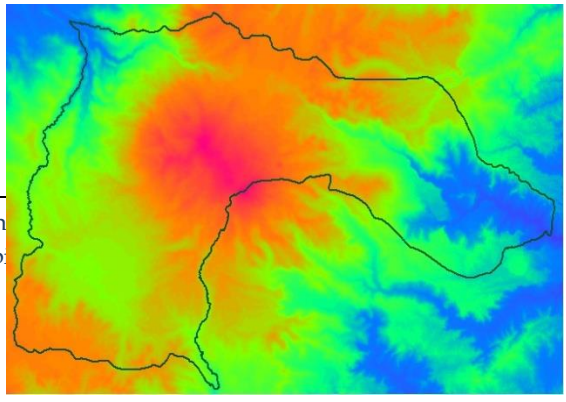
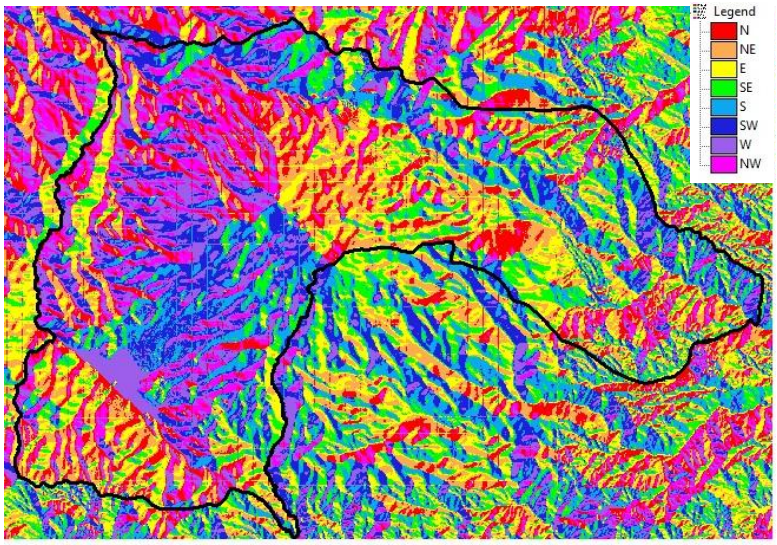


Figura 26. DEM antes de la operación Fill Sinks.

Figura 27. DEM sin depresiones.

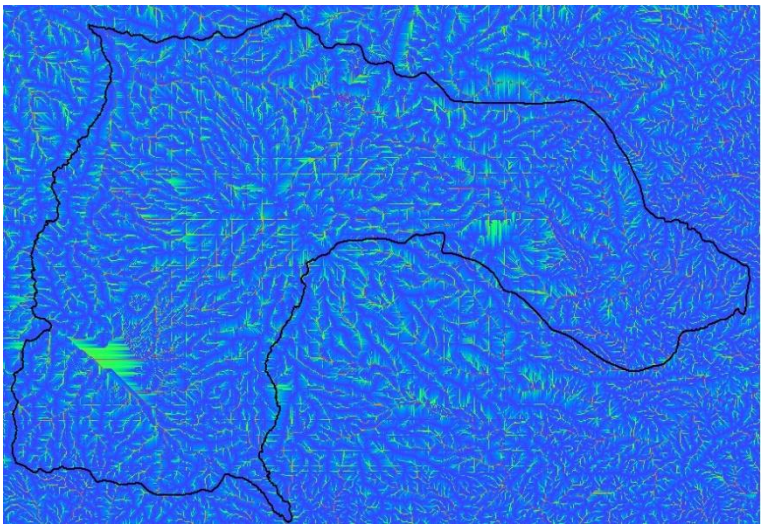
Paso 3. *Calcular la dirección de flujo.*

Una vez se cuenta con el DEM corregido es necesario determinar la dirección de flujo con la herramienta *Flow Direction,* la cual ayuda a determinar en cuales de los pixeles vecinos entra el agua a un pixel central para fluir naturalmente.



Mapa 31. Mapa de dirección de flujo.

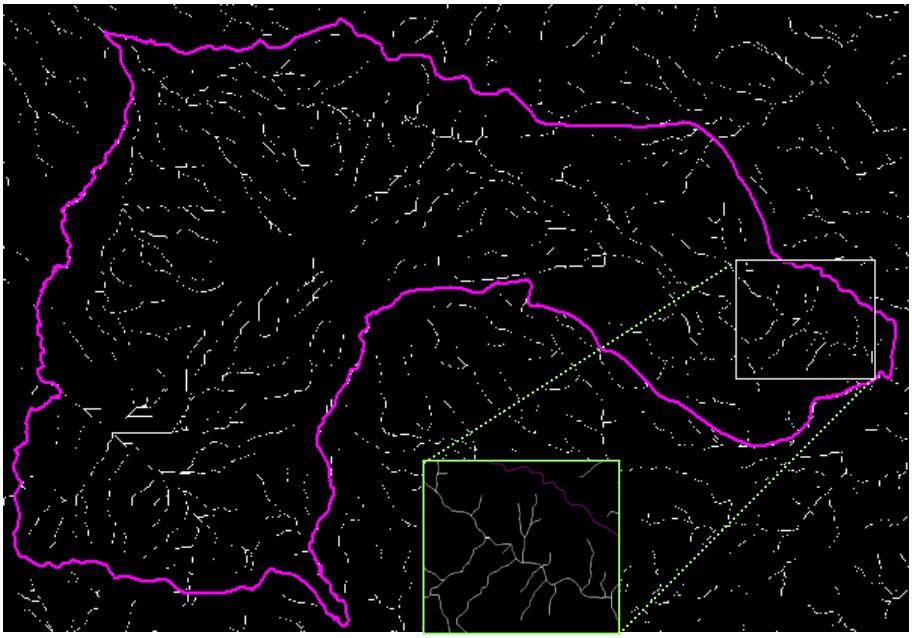
Paso 4. *Calcular la acumulación de flujos.*



Mapa 32. Mapa de acumulación de flujos.

Con la herramienta *Flow Accumulation* se realiza un conteo acumulativo del número de pixeles que naturalmente drenan dentro de las desembocaduras. La operación puede ser usada cuando se encuentra el patrón de drenaje.

Paso 5. *Extraer red de drenaje.*

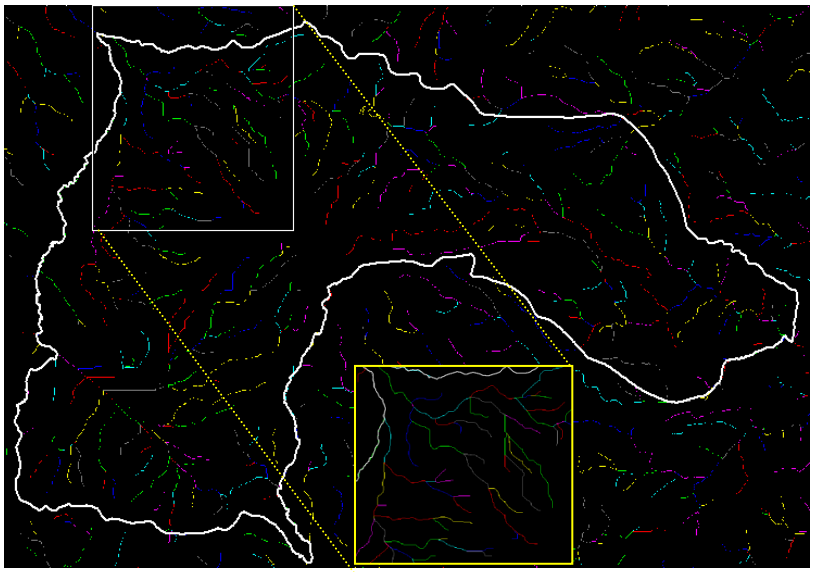


Mapa 33. Mapa booleano de drenaje mostrando detalle de un sector.

Con la herramienta *Drainage Network Extraction* se extrajo una red de drenaje básica mediante un mapa raster de tipo booleano (Figura 6). El mapa de drenajes básico se muestra como pixeles

verdaderos, mientras que los demás pixeles muestran valores falsos. Para el presente análisis se utilizó un umbral de corriente de 1000 pixeles.

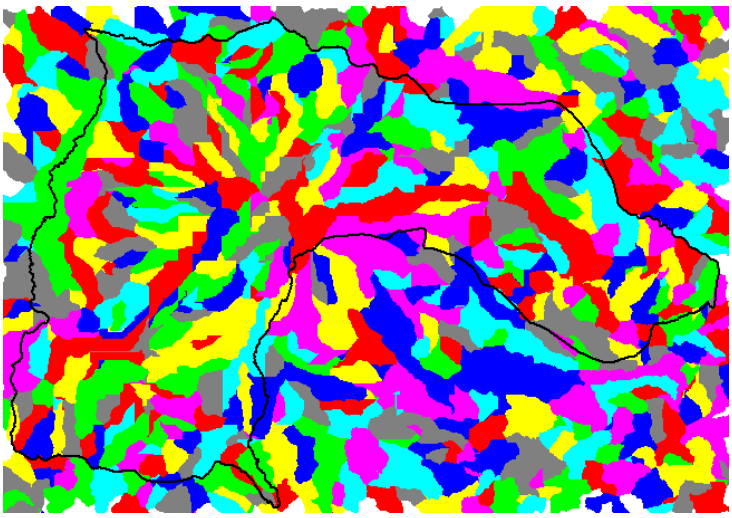
Paso 6. *Jerarquizar la red de drenaje.*



Mapa 34. Mapa de jerarquización de drenajes.

La operación *Drainage Network Ordering* examina todas las líneas de drenaje en toda la red de drenaje básica del mapa, encontrando los nodos en donde dos o más corrientes convergen y asigna un único valor identificador para cada corriente entre esos nodos, así como para las corrientes que tienen un solo nodo. Se utilizó una longitud mínima de drenaje de 500 m.

Paso 7. *Calcular área de las microcuencas.*



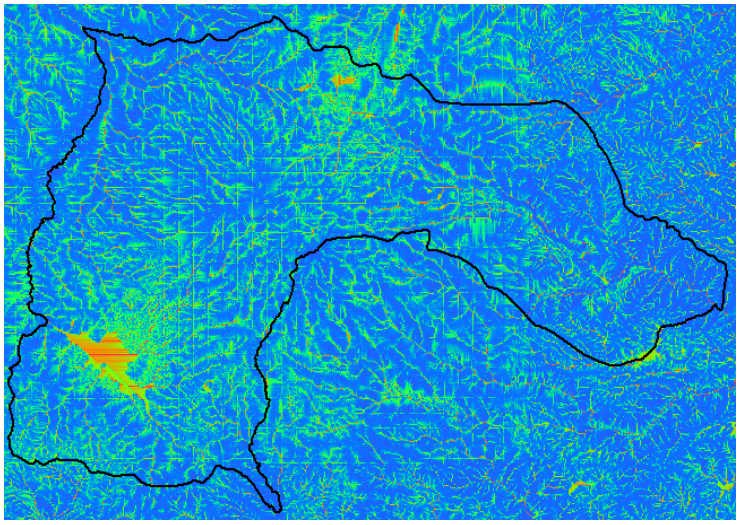
Mapa 35. Mapa de microcuencas en donde se muestran con drenajes extraídos mediante el procesamiento del DEM.

La operación *Catchment Extraction Operation* genera microcuencas; una microcuenca puede ser calculada para cada corriente encontrada en el mapa de salida del mapa generado mediante la *Drainage Network Ordering*. Esta operación usa un mapa de dirección de flujos para determinar el recorrido del flujo de cada corriente. Pese a que este mapa no fue resultado como parámetro en el análisis de deslizamientos, ayuda a comprender de mejor forma los procesos de remoción en masa ocurridos en la zona.

Paso 8. *Calcular el índice de humedad.*

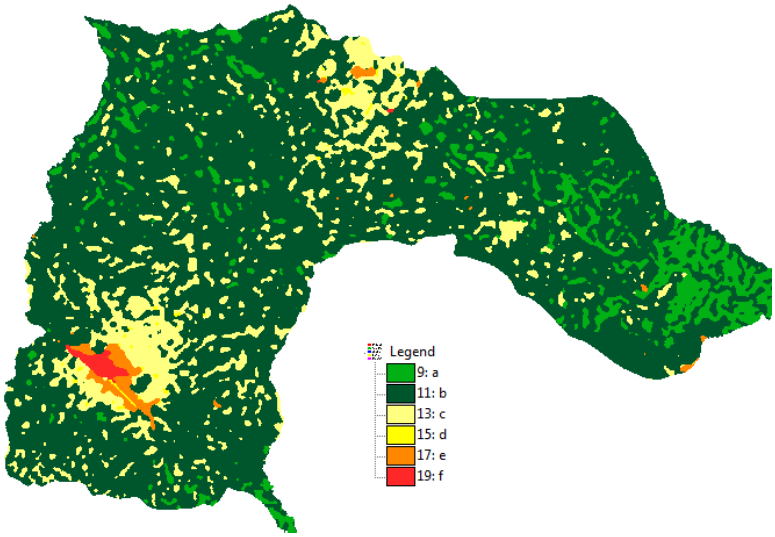
El mapa de índice de humedad se calcula a partir de la operación *Compound Index Calculation*, que corresponde a una serie de scripts (rutinas) para calcular una serie de mapas que son relevantes con respecto al estudio de manejo de cuencas, erosión y prácticas de conservación de suelos. Se calculan tres mapas con esta operación, los cuales corresponden a: *Wetness index* (índice de humedad), *power index* (índice de poder) y *sediment index* (índice de transporte de sedimentos).

El índice de humedad establece una zona de influencia en relación con la pendiente del terreno. Esto es básicamente la famosa ecuación: **w = ln (As / tan (ß))** (Beven y Kirkby, 1993). De esta forma se obtiene una idea de la distribución espacial y las zonas de saturación u origen de variables para la generación de escorrentía.



Mapa 36. Índice de humedad calculado.

Paso 8. *Calcular el índice de humedad.*



Mapa 37. Mapa de índice de humedad del Municipio.

Una vez se obtiene el mapa de índice de humedad, es necesario realizar su validación con las observaciones de campo y con los resultados de la caracterización hidrometeorológica del área de estudio. Un ejemplo de la validación se hizo con los resultados obtenidos para la cuenca del río Bedón, ya que el análisis de la información hidroclimática demostró que "los meses que representan mayor déficit son de mayo a septiembre, y no representan ningún tipo de almacenamiento, sin embargo su producción hídrica es muy generosa, lo que da lugar a inferir que su escurrimiento superficial y subsuperficial son de gran proporción".

9.2.2. Evaluación de los "detonantes" asociados al clima.

Cálculo del parámetro de disparo por lluvias (Dll)

Para este parámetro se consideraron las intensidades de lluvias potencialmente generadoras de deslizamientos; se utilizó la lluvia máxima en 24 horas con un periodo de retomo de 100 años, aplicando *la distribución de valores extremos Gumbel tipo I* a las series temporales de cada una de las estaciones que cubren el área. En la tabla N.1 se aprecia la valoración propuesta de acuerdo con la metodología Mora-Vahrson.

Lluvia máxima en 24 horas, período de retorno 100 años (mm)	Descripción	Valor del parámetro D_{LL}
<100	Muy bajo	1
100-200	Bajo	2
200-300	Medio	3
300-400	Alto	4
>400	Muy alto	5

Tabla 22. Valoración del parámetro de disparo por lluvias Dll.

A partir de los datos de lluvias máximas diarias que se encuentran en la hoja de cálculo Datos_lluvias.xls, calcular la lluvia máxima con un periodo de retorno de 100 años para cada estación meteorológica, utilizando el método Gumbel tipo I.

ID	CÓDIGO ESTACIÓN	NOMBRE ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO			
			100	Valoración del parámetro	50	20
1	2105019	Meremberg	134,1	2	121,2	104,0
2	2105031	Río Sucio 2	91,5	1	84,3	74,7
3	2105032	San Juan	158,8	2	141,6	118,6
4	2105503	Santa Leticia	112,0	3	102,3	89,5
5	2601002	Coconuco	111,2	2	102,1	89,9
6	2601003	Puracé	142,7	2	129,8	112,5
7	2601005	Loma redonda	110,1	2	100,4	87,3
8	2601007	Laguna San Rafael	94,2	1	86,5	76,1
9	2602032	Termales Pilimbala	107,0	2	97,1	83,7
10	5201015	Salinas	105,5	2	98,5	89,0
11	5201019	Las Estrellas	195,1	2	173,4	144,3

Tabla 23. Ponderación del parámetro de disparo por lluvias Dll.

9.3. Planteamiento de escenarios de riesgo.

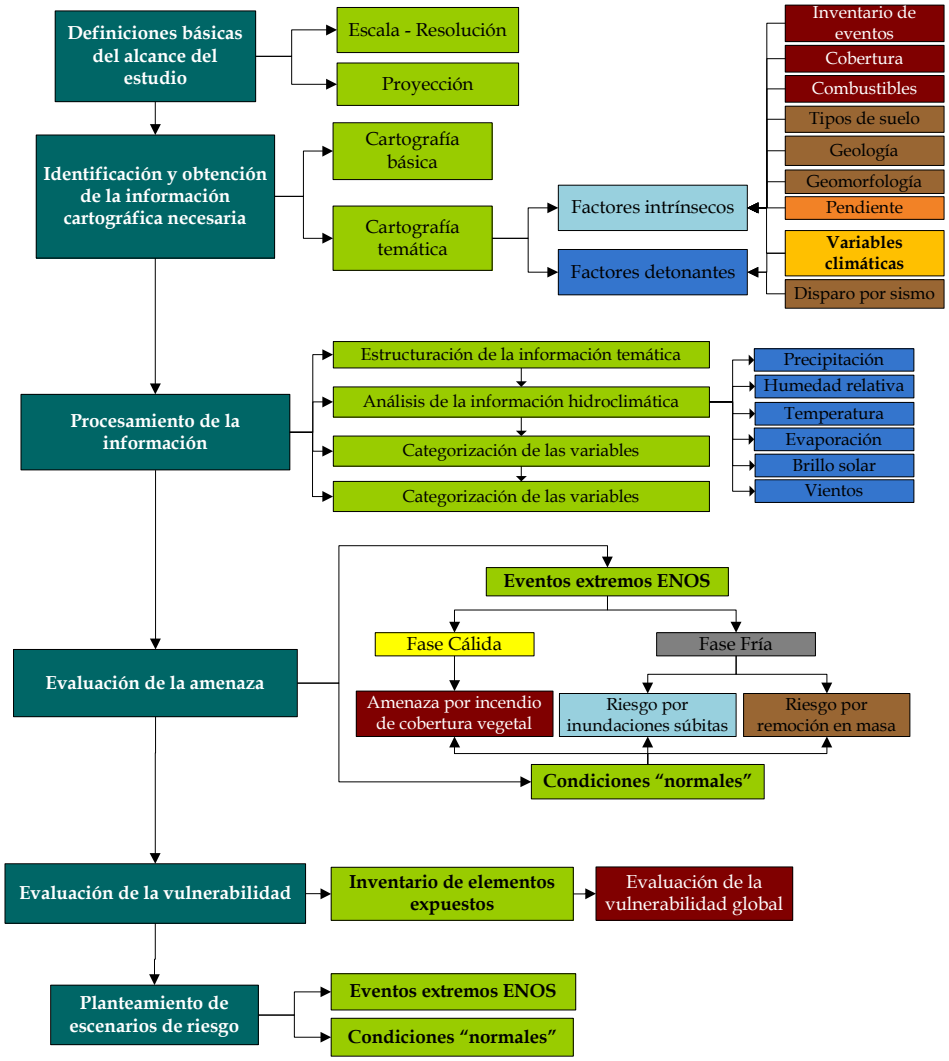


Figura 28. Metodología básica para el planteamiento de los escenarios de riesgo.

La base metodológica para el planteamiento de escenarios de riesgos fue la misma tanto para el análisis de riesgo por deslizamientos e inundaciones súbitas, como para el análisis de riesgo por incendios forestales o de cobertura vegetal, y se representa en la figura 28. Como se puede ver, corresponde a la unión de métodos heurísticos y estadísticos, que permitieron tener un mejor entendimiento de las dinámicas del territorio; así como, aprovechar al máximo la información de los estudios ya realizados en el área.

10. Conclusiones y recomendaciones

La continua actualización del inventario de eventos, debe ser parte de un proyecto liderado por las organizaciones presentes en la comunidad (indígenas y campesinas) en coordinación con el CLOPAD, enfocado en la búsqueda de empoderamiento para establecer redes de monitoreo que permitan la actualización de las bases de datos de eventos en la cuenca, y rescatando la memoria histórica comunal e individual.

Teniendo en cuenta que las mayores deficiencias de información espacial y alfanumérica se presentan para el área de Santa Leticia, la cartografía social se presenta como una herramienta clave para el levantamiento de información temática y de riesgos en este sector.

El proceso de identificación de amenazas en el Municipio que parte de la percepción del riesgo de la comunidad, así como del trabajo de levantamiento de la información relacionada con el apoyo de promotores comunitarios, además de permitir contar con información más completa de los riesgos, ha permitido iniciar y acompañar un proceso de empoderamiento por parte de representantes de la comunidad en esta temática. Este empoderamiento permite que sean los mismos promotores comunitarios quienes se encarguen de monitorear y tener un mayor conocimiento de su territorio, identificar sus riesgos y ubicarlos en sus mapas; esto con el fin de tener más herramientas para que las decisiones que se tomen en cuanto a usos de la tierra vayan en armonía con la dinámica del territorio.

Es importante resaltar que pese al proceso de capacitación básica en manejo de GPS y Sistemas de Información Geográfica a los promotores comunitarios que ya se había desarrollado por el Programa Conjunto, fue conveniente hacer el repaso para el trabajo específico de levantamiento de información de riesgos porque mejorar la generación de cartografía básica; así mismo, para el área del corregimiento de Santa Leticia -que no hace parte del área del Programa-, se logró dar capacitaciones que permitieron generar confianza en los promotores para que sean ellos mismos quienes levanten su información espacial. En este punto, es importante resaltar la valiosa participación de la guardia indígena en el levantamiento de la información del corregimiento, que contrasta con la participación de la comunidad campesina de Santa Leticia.
Por otro lado, resulta interesante como en la identificación de riesgos con apoyo comunitario se logra una gran articulación con el trabajo que desarrollan diferentes instituciones como INGEOMINAS e IDEAM, permitiendo establecer un diálogo de saberes que nutre de forma muy valiosa este proceso. Asimismo, es importante resaltar cómo otras actividades desarrolladas por el Programa Conjunto como el intercambio de experiencia fortalecen la apropiación de la

temática por parte de la comunidad, esclareciendo la importancia del papel que juega la guardia indígena en la identificación de los riesgos.

Finalmente, es importante mencionar que dentro de este proceso se ha identificado como tarea pendiente para cada uno de los cabildos la actualización de la cartografía básica de los resguardos, específicamente en cuanto a límites veredales y ejes viales, ya que el conocimiento de la comunidad no coincide con la cartografía oficial. Esta misma tarea debe realizarse en el corregimiento de Santa Leticia, ya que por ejemplo, en la cartografía oficial hay veredas que aparecen sin nombre y que en los talleres de percepción comunal no se lograron definir por los representantes de la comunidad.

Es importante aclarar que debido a que el corregimiento de Santa Leticia está habitado principalmente por población campesina, el trabajo de identificación de amenazas y elementos expuestos fue llevado a cabo por representantes de la guardia indígena del cabildo de Juan Tama (quienes apoyaron el levantamiento de riesgos en su resguardo, que abarca el 0,5% del área del Municipio) y por 5 representantes de la comunidad campesina (quienes apoyaron el levantamiento de riesgos en su resguardo, que abarca el 26% del área del Municipio), por lo que se contó con muy poco apoyo comunitario para el levantamiento en el corregimiento de grandes extensiones, que sumado a la baja asistencia por parte de la comunidad campesina a los talleres de percepción de riesgo, permitieron que el trabajo de identificación de riesgos demandara más tiempo del esperado.

El análisis de las variables de disparo por lluvia y humedad del terreno, evidencia que la información climatológica debe ser tratada en detalle, de modo que se tengan en cuenta las condiciones locales del área de estudio, a partir de los análisis de regímenes específicos de precipitación de cada una de las estaciones de la zona.

Por la implicaciones que tienen estas definiciones de uso del suelo (también teniendo en cuenta el componente de cambio climático) en un instrumento de planificación territorial como el EOT, es necesario que estos estudios se estén actualizando con cierta recurrencia. En este sentido, es notorio el control que ha hecho la propia comunidad indígena por los derechos de la madre naturaleza en los resguardos del Municipio, que si bien no se puede hablar de un control total, en territorios indígenas el proceso de deforestación ha sido menor.

Se evaluó el mapa de escenario de riesgo por deslizamiento en condiciones "normales" con la información tectónica del área y se encontró correlación entre los lineamientos asociados al sistema de fallas romeral y la ocurrencia de deslizamientos; sin embargo, teniendo en cuenta que la actividad tectónica no es igual a lo largo de los lineamientos y fallas, esta información no puede

ser incluida como una de las variables detonantes en la ocurrencia de deslizamientos. Es por esto que una parte del monitoreo que se debe seguir haciendo de las amenazas en el Municipio, corresponde al registro de los eventos sísmicos, ya que precisamente la sismicidad juega uno de los papeles principales como detonante de deslizamientos en el área.

La precisión en el planteamiento de escenarios de riesgo, depende principalmente de:

1. Que las variables identificadas en campo como relacionadas con la ocurrencia de deslizamientos recojan las observaciones del área desde el punto de vista técnico y desde la experticia de los observadores locales. El diálogo de saberes además de dar agilidad en el entendimiento de las dinámicas del territorio, permite tener una mayor precisión en los análisis. En este caso, la información local permitió conocer la cronología de los eventos ocurridos, así como la percepción de las causas relacionadas con la ocurrencia de deslizamientos.
2. La calidad, escala y disponibilidad de la información correspondiente a las características físicas del territorio. En este caso se buscaron diferentes fuentes de información y aunque se contó con una cartografía a pequeña escala (lo que no corresponde con la escala de este estudio) se trató de sacar el mayor provecho de la cartografía existente, así como de información espacial de otras fuentes como ortofotos, imágenes de satélite y modelos de elevación digital.
3. El inventario de eventos de la zona, ya que debe ser lo más detallado y actualizado posible. La gran ventaja del proceso de fortalecimiento de capacidades que se ha llevado a cabo en el Municipio es que existe una capacidad instalada en los cabildos para la actualización de estas bases de datos espaciales que además de permitir la actualización de los mapas de escenarios de riesgo, corresponden un instrumento clave en la gestión local del riesgo.

Hasta el momento al trabajo de identificación y análisis de riesgos se le ha dado un fuerte enfoque participativo, por lo que es necesario que las propuestas presentadas en este documento respecto a mitigación de riesgos y recomendaciones de uso del suelo sean retroalimentadas por el equipo de expertos locales que apoyó todo el trabajo de riesgos, ya que con el conocimiento técnico adquirido, su saber local y su experiencia en el monitoreo de eventos en la zona, ellos se convierten en los principales veedores encargados de que se tengan en cuenta los lineamientos generales de uso del suelo en los proyectos a formular dentro de los diferentes instrumentos de planificación local.

Las recomendaciones presentadas en este documento, corresponden a la propuesta técnica realizada producto de la consultoría, por lo que se sugiere sea socializada a la comunidad y al equipo de terreno que ha brindado el acompañamiento técnico en el programa, con el fin complementar y ajustar la propuesta de acuerdo con los alcances logrados hasta el momento en otras líneas de trabajo del Programa.

Después de hacer un análisis de los escenarios de riesgo en el municipio, se demuestra cómo el uso del suelo y el cambio de uso del suelo ligado a procesos de deforestación, se convierten per se en uno de los principales factores detonantes de deslizamientos. De esta forma se evidencia cómo la deforestación además de reducir las emisiones de CO2, deja el territorio totalmente descubierto ante las amenazas asociadas a los eventos extremos generados por el cambio climático.

Pese a no contar con un análisis multitemporal del territorio, dentro de las procesos de remoción en masa que se presentan en cada resguardo y corregimiento, se nota una huella de las dinámicas que han afectado cada territorio; es así como por ejemplo, con los altos índices de escorrentía y los altos niveles de deforestación que se presentan en Santa Leticia, se plantea relación con prácticas de ganadería y agricultura extensiva y la inquietud si en este territorio se iniciaron en algún momento con el cultivo de la amapola, como en otros sectores del Cauca.

Gracias al enfoque participativo que se manejó en este trabajo, y el fortalecimiento de capacidades locales, la comunidad debe ser la directamente encargada de alimentar las bases de datos para actualizar estos estudios. Ya se hizo un primer ejercicio -luego de contar con los escenarios de riesgo- con las emergencias ocurridas los días 14, 15 y 16 de Diciembre del año 2010. De esta forma la identificación de riesgos se constituye como una herramienta de gestión del riesgo.

Luego de definir los escenarios de riesgo por deslizamiento en el Municipio, queda en evidencia que un parámetro detonante fundamental en el análisis de la amenaza es el cambio de uso del suelo. Pero como desafortunadamente no se contó con un análisis multitemporal, sino que únicamente con la información de tipos de suelo levantada para el año 2000 -en información del EOT vigente- y de una parte del área del municipio para el año 2009, la variable cambio de uso no fue incluida en estos análisis; por lo que se propone para futuros estudios en la zona.

Se confirma la idea que las emergencias que se han presentado en el Municipio de Puracé, son producto de la interacción de comportamientos climáticos en la zona con un conjunto de factores intrínsecos entre los que se encuentra el maltrato e irrespeto que se le ha dado a la madre tierra con prácticas como la deforestación y las quemas que la han afectado durante muchos años.

Con el análisis de los eventos extremos queda en evidencia que los deslizamientos generan emergencias que "No dan tiempo", lo que difiere de la percepción que se tiene ya que muchas veces se hablan de estos como movimientos lentos del terreno. De ahí la importancia que ahora

que se cuenta con una caracterización de las amenazas para los diferentes escenarios climáticos, las medidas que se planteen para reducir el riesgo como son los Sistemas de Alerta Temprana, tomen como base estos resultados.

11. Bibliografía

CAICEDO, F., 2010: Caracterización morfométrica e hidrometeorológica de las cuencas piloto del programa conjunto. Programa Conjunto de Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático. PNUD. Bogotá- Colombia.

CARRILLO, E., OLIVA, J., NAVARRO, H., CHAVARRIA, M., 2003: Generación de información básica para el análisis de susceptibilidad a movimientos en masa en un área del lago Atitlán, departamento de Sololá (República de Guatemala), a partir del Modelo Digital de Elevación escala 1:20000. INGEOMINAS – CONRED-GUATEMALA. Ciudad de Guatemala.

CASTILLO, C.; 2008: Análisis de la construcción social del riesgo frente a eventos potenciales del volcán Puracé en el resguardo indígena de Puracé. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Humanas y Sociales. [Tesis de Geografía]

CIACUA-CEDERI.; 2006: Estudio para proponer la metodología para la evaluación, zonificación y reducción de riesgos por inundaciones y avenidas torrenciales y su articulación con los POT, aplicación de zonificación de amenazas en un caso piloto del Distrito de Bogotá. Universidad de los Andes.

FUENTES, J.; 2009: Aplicación de la Geomorfometría para la definición de unidades fisiográficas de paisaje en una zona piloto del Parque Nacional Natural Puracé. -63. Pags. [Trabajo de grado maestría en ciencias de la Geo-información y observación de la tierra para la planificación del territorio]. International Institute for Geo-Information Sciences and Earth Observation. Cochabamba, Bolivia.

LIM, B., SPANGER-SIEGFRIED, E., BURTON, I., MALONE, E. & HUQ S., 2005: Marco de políticas de adaptación al cambio climático: Desarrollando estrategias, políticas y medidas. Programa Naciones Unidas Para el Desarrollo PNUD. Primera edición 2005 publicada por Cambrigde University press bajo el título Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Development Strategies, Policies and Measures.

MAVDT; 2005: Guía metodológica para Incorporar la Prevención y la Reducción de riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial. Serie Ambiente y Desarrollo Territorial.

MAVDT; 2007: Documento análisis de suficiencia y articulación Expediente Municipal de Puracé. Producto del contrato de asistencia técnica y asesoría a los municipios Región Macizo Norte del Departamento del Cauca.

METI/ERSDAC., NASA/LPDAAC & USGS/EROS., 2009: ASTER Global DEM Validation. Summary report.

MORA, R., MORA, S. & VAHRSON, W., 1992: Mapa de Amenaza de Deslizamientos,Valle Central, Costa Rica. Centro de Coordinación para la prevención de Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), San José de Costa Rica.

ONU/EIRD. Nota informativa N.1. Ginebra, sep 2008). El cambio climático y la reducción del riesgo de desastres.

SAAVEDRA, H; 2010: Índice De Precipitación Estandarizado SPI. Sequía – Excesos Hídricos Para Popayán y Puracé. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Subdirección de meteorología.

USAID., 2007: Tiempo para entregar el relevo: Reducción del riesgo de desastre desde la perspectiva de gestión ambiental, ordenamiento territorial, finanzas e inversión pública. Grupo Internacional Recursos del Sur, IGR. San José, Costa Rica.