

*Análisis de riesgo
y vulnerabilidad
climática con enfoque
ecosistémico*

PASTO

NaBa

Nature-Based Resilient Cities

*Análisis de riesgo
y vulnerabilidad
climática con enfoque
ecosistémico*

PASTO

Las ciudades son particularmente vulnerables a los impactos del cambio climático, como inundaciones, lluvias intensas, sequías y olas de calor, y es importante tomar medidas para adaptarse a estos riesgos.

Financiado por



Implementado por



WORLD
RESOURCES
INSTITUTE



ALCALDÍA DE PASTO

El proyecto es implementado por **ICLEI Colombia**, en alianza con **ICLEI América del Sur**, el **World Resource Institute** y el **Instituto Alexander von Humboldt**.

ICLEI Colombia

Director Ejecutivo

Alejandro González Valencia

Equipo de trabajo

Maria Fernanda Esquivel Torrez
Roxana García Cienfuegos
Maria Camila Moreno Carvajal
Maria Alejandra Palacio Villa
Carlos Vicente Rey
Maria Fernanda Riveros Bustos
Leonardo Ruales
Edwin Uribe
Melissa Velásquez Zuleta
Juliana Vélez Duque

ICLEI América del Sur

Director Ejecutivo

Rodrigo Perpetuo

Equipo de trabajo

Leta Vieira
Isadora Buchala
Keila Ferreira
Íris Coluna
Tiago Mello
Sarah Gimenes
Lucas Rocha

Alcaldía de Pasto

Diseño editorial

.Puntoaparte Editores

Un agradecimiento especial a todas las personas que con sus conocimientos aportaron en la creación de este producto:

Participantes de la alcaldía de Pasto, instituciones públicas y privadas, representantes de las comunidades, academia, organizaciones no gubernamentales y sociedad civil.

Mayo, 2023

Copyright:

Todos los derechos reservados

ISBN: 978-628-7526-24-2

ICLEI - Gobiernos Locales por la Sustentabilidad es una organización no gubernamental internacional que actúa como una red global de gobiernos locales y subnacionales comprometidos con el desarrollo sostenible y la mitigación de los efectos de la emergencia climática en un contexto urbano. ICLEI América del Sur reúne a sus 130 miembros en este movimiento global, en ocho países de la región, se ha destacado en el desarrollo y ejecución de proyectos sobre los temas de clima y desarrollo bajo en carbono, resiliencia, residuos sólidos, biodiversidad urbana, entre otros.

El Análisis de Riesgo y Vulnerabilidad Climática señala los riesgos y vulnerabilidades del territorio ante el cambio climático, a partir de la verificación de datos actuales y proyección de escenarios futuros, enfocándose en la construcción colectiva y participativa. Este análisis se realiza mediante la caracterización de componentes de riesgo, identificando cómo los diferentes grupos sociales, ecosistemas y biodiversidad se ven afectados por los efectos del cambio climático, y cuál es su nivel de resiliencia para adaptarse y responder a dichos efectos.

Este informe recoge los principales hallazgos del Análisis de Riesgo y Vulne-

bilidad Climática construido de manera participativa, en el marco del proyecto NaBa: Ciudades Resilientes basadas en la Naturaleza. Como parte del programa UK PACT en Colombia, NaBa apoya al país en la transición hacia un futuro más verde y resiliente, a través de soluciones basadas en la naturaleza para enfrentar la crisis climática y la pérdida de biodiversidad. El proyecto es implementado por ICLEI Colombia, en alianza con ICLEI América del Sur, el World Resource Institute y el Instituto Alexander von Humboldt.

Este resultado busca integrarse con los demás instrumentos de planificación urbana y con importantes caminos que hacen que las ciudades en el ámbito del proyecto NaBa caminen hacia el desarrollo sostenible.



Rodrigo Perpetuo

Secretario Ejecutivo
ICLEI América del Sur

CONTENIDO

p. 6

INTRODUCCIÓN

p. 8

Capítulo 1

METODOLOGÍA

p. 10

Fase 1. Lente climática

p. 11

Fase 2. Identificación de riesgos

p. 17

Fase 3. Identificación de la sensibilidad

p. 18

Fase 4. Mapeo participativo

p. 19

Fase 5. Geoprocesamiento de datos

p. 25

Fase 6. Análisis de cambio climático

p. 28

Fase 7. Validación y monitoreo

p. 32

Capítulo 2

DIAGNÓSTICO

p. 34

Diagnóstico inicial

p. 36

Riesgos asociados al cambio climático

p. 42

Priorización de riesgos

p. 46

Conclusiones y principales hallazgos

p. 48

Resultados Scorecard

p. 50

Capítulo 3

RESULTADOS ESPACIALES

p. 53

Delimitación del área de estudio

p. 54

Riesgo por Sequía

p. 62

Riesgo por Inundación

p. 74

Riesgo por Movimientos de remoción en masa

p. 88

Riesgo Crítico

p. 93

Escenarios de Cambio Climático

p. 101

Análisis de índices de Cambio Climático

p. 113

Capítulo 4

PRINCIPALES HALLAZGOS Y RECOMENDACIONES

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es resultado de la acción humana en los últimos 50 años, con la economía mundial y la urbanización como principales factores. Las ciudades son particularmente vulnerables a los impactos del cambio climático, como inundaciones, lluvias intensas, sequías y olas de calor, y es importante tomar medidas para mitigar y adaptarse a estos riesgos.

Colombia es un país altamente vulnerable al cambio climático, con efectos visibles en los ecosistemas, como el derretimiento de los nevados y el blanqueamiento de los corales. El aumento de la temperatura global debido a las actividades humanas ya ha alcanzado aproximadamente 1 °C con respecto a los niveles preindustriales, y es probable que aumente a 1,5 °C en las próximas décadas. Para enfrentar efectivamente los impactos del cambio climático, es necesario establecer estrategias técnicas, institucionales y políticas que integren a las comunidades y aumenten la resiliencia de los sistemas socioecológicos. El presente producto busca proporcionar información a los gobiernos locales para identificar los principales riesgos y el nivel de vulnerabilidad de las ciudades ante el cambio climático, y orientar los programas y planes de adaptación climática.

El concepto de riesgo en el contexto del cambio climático se integra con la práctica de reducción del riesgo de desastres, abordando los impactos generados por fenómenos naturales o antrópicos. El IPCC define el riesgo como el potencial de consecuencias adversas para los sistemas humanos o ecológicos, que surge de la interacción entre sus tres

componentes: las amenazas, la exposición y la vulnerabilidad de los sistemas socio-ecológicos afectados. La exposición se refiere a la presencia de elementos que pueden verse afectados negativamente, mientras que la vulnerabilidad se define como la propensión a ser afectado negativamente, involucrando los conceptos de sensibilidad y capacidad. El proceso de adaptación es clave para reducir la vulnerabilidad e inclusive la exposición al cambio climático. La evaluación del riesgo se enfoca en la interrelación entre el cambio climático y los sistemas socio-ecológicos.

El Análisis de Riesgo y Vulnerabilidad Climática (ARVC) se enfoca en evaluar y analizar los riesgos climáticos, y cómo estos pueden incrementar con el cambio climático. Este análisis se realiza mediante la caracterización de los componentes del riesgo, identificando cómo diferentes grupos sociales, ecosistemas y biodiversidad son afectados por los efectos del cambio climático, y cuál es su nivel de resiliencia para adaptarse y responder a dichos efectos. Incluir el análisis climático participativo en este proceso proporciona información adicional crucial y mejora la precisión del diagnóstico.

El diagnóstico del análisis climático participativo es una herramienta muy eficiente

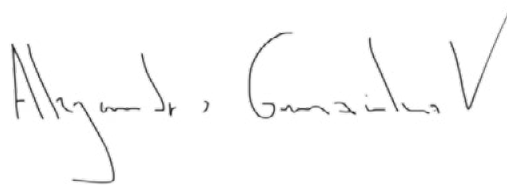
para la planificación urbana, ya que permite recoger información de las personas que viven directamente los eventos extremos y contribuye a la educación de las poblaciones. La interacción entre el gobierno local, la academia, el sector público, el sector privado y la sociedad civil genera insumos importantes para la toma de decisiones y el desarrollo de políticas públicas, considerando el cambio climático desde diferentes contextos.

La metodología propuesta para el ARVC abarca la integración de seis dimensiones propias de los sistemas socioecológicos propuestas por la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC): recurso hídrico, seguridad alimentaria, biodiversidad, infraestructura, salud y hábitat humano, con base en la información disponible en las ciudades y con el fin de fortalecer los procesos de toma de decisión a nivel urbano-regional y la implementación de planes de adaptación al cambio climático que integren la Adaptación basada en Ecosistemas y Soluciones basadas en la Naturaleza.

A nivel nacional, existen dos políticas públicas que abordan la gestión del riesgo de desastres y el cambio climático. La primera es la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, que establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD). La segunda es la Política Nacional de Cambio Climático, que tiene como objetivo integrar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono. Dentro de esta política surge el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), con el objetivo de reducir el riesgo y los impactos asociados a la variabilidad y al cambio climático. Se reconoce la necesidad de trabajar conjuntamente la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático para reducir la exposi-

ción y la vulnerabilidad ante los fenómenos climáticos y sus diferentes impactos. En el marco del proyecto y desarrollo del ARVC, es importante considerar las definiciones y comparar ambas políticas.

El alcance del ARVC estará limitado por la información disponible en cada ciudad y se representará por medio de cartografía detallada para contribuir en la toma de decisiones. Los territorios se interpretan como escenarios para estimar la interacción entre el clima y el riesgo en el futuro, y se representan por medio de mapas para evaluar y priorizar las acciones de intervención. Este producto hace parte de los resultados del proyecto NaBa en su año 1. El proyecto “NaBa: Ciudades Resilientes Basadas en la Naturaleza”, hace parte del portafolio del programa de UK-PACT en Colombia, que tiene como objetivo apoyar al país en una transición a un futuro más verde y resiliente. El foco de trabajo para el proyecto es la implementación y promoción de soluciones basadas en la naturaleza ante la crisis climática. Para lograr la formulación de estas soluciones, se considera necesario tener un diagnóstico de los riesgos climáticos que posee Montería. Este documento busca tener incidencia en planes, programas y políticas a nivel local, regional y nacional, y está dirigido a tomadores de decisión, incluyendo alcaldes, secretarios de ambiente y planeación, funcionarios públicos, sector privado, academia, entidades de investigación, ONG y sociedad civil.



Alejandro González

Director Ejecutivo
ICLEI Colombia

*Capítulo 1*

METODOLOGÍA

p. 10

Fase 1. Lente climática

p. 11

Fase 2. Identificación de riesgos

p. 17

Fase 3. Identificación de la sensibilidad

p. 18

Fase 4. Mapeo participativo

p. 19

Fase 5. Geoprocesamiento de datos

p. 25

Fase 6. Análisis de cambio climático

p. 28

Fase 7. Validación y monitoreo

Para desarrollar la metodología implementada se recurrió a distintos documentos nacionales e internacionales, así como a experiencias exitosas de Colombia y Brasil:

Internacionales / globales



Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (ARC6, IPCC, 2021)

Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (ARC5, IPCC, 2014)

Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook (GIZ, 2017)

The Vulnerability Sourcebook (GIZ, 2014)

Disaster Resilience Scorecard for Cities MCR2030

Nacionales



Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC, 2017)

Análisis del Riesgo al Cambio Climático, Manizales 2020 (URBAN-LEDS, 2022)

Análisis del Riesgo al Cambio Climático, Cartago 2020 (URBAN-LEDS, 2022)

Ley 1523 de 2012 sobre la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones

Experiencias exitosas de Brasil



Método Participativo de Análisis de Riesgo de Cambio Climático (MMA, 2018)

La infraestructura verde como instrumento estratégico para la adaptación y el aumento de la resiliencia urbana: un estudio de caso en Belo Horizonte, MG (Buchala, 2022)

La metodología utiliza un modelo conceptual que se basa en tres elementos que componen el riesgo: amenaza climática, vulnerabilidad y exposición. Estos elementos interactúan entre sí y determinan el riesgo de impacto relacionado con el clima. Las amenazas climáticas se refieren a eventos extremos que van más allá de la variabilidad considerada normal, como sequías, fuertes lluvias y olas de calor, entre otros.

La vulnerabilidad se refiere a la susceptibilidad de un entorno a sufrir daños cuando se enfrenta a una amenaza, y es específica a las amenazas que afectan el territorio. Por lo tanto, un sistema puede ser vulnerable a ciertas perturbaciones en el territorio y no a otras. La exposición es la medida en que el sistema está sujeto al contacto con la amenaza climática.

Es importante destacar que los cambios en el sistema climático y en los procesos socioeconómicos son factores que impulsan las amenazas, la vulnerabilidad y la exposición en las ciudades. Por lo tanto, las acciones de mitigación y adaptación pueden interferir directamente en la relación entre el impacto, el riesgo y la ocurrencia.

La metodología ARVC sigue una serie de pasos para analizar el territorio y las ocurrencias climáticas locales. Estos pasos incluyen la aplicación de la lente climática, la identificación de riesgos y sensibilidades, el mapeo participativo, el geoprocusamiento de datos, y la evaluación de escenarios futuros. Estos pasos ayudan a guiar el proceso de análisis del territorio y a desarrollar estrategias para la adaptación de los impactos del cambio climático.

Fase 1.

LENTE CLIMÁTICA

En la primera etapa de la metodología para abordar la gobernanza climática a nivel municipal, fue fundamental evaluar los planes, políticas, proyectos y programas ya existentes en el municipio, para conocer cuál era la visión en cuanto a la gestión del cambio climático. Esto permite tener un punto de partida y comprender cómo se maneja el tema en la región. Además, fue importante aplicar la lente climática para sensibilizar a los actores involucrados en la importancia de la problemática y su impacto potencial en las políticas públicas municipales.

Para llevar a cabo esta evaluación, se recolectó información de diversas fuentes, incluyendo instituciones gubernamenta-

les a nivel nacional y municipal, organizaciones internacionales como la ONU y el IPCC, instituciones de enseñanza e investigación, organizaciones no gubernamentales y el sector privado. Con la información recolectada, se aplicó la lente climática en conjunto con el municipio para identificar los actores relevantes y así llevar a cabo el trabajo de manera colaborativa y coordinada.

Dentro de los actores relevantes se incluyeron las secretarías, investigadores de academias, organizaciones sociales, personas del sector privado y sociedad civil, para contar con la representación de grupos de poblaciones vulnerables.

Fase 2.

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

En esta segunda etapa, se procedió inicialmente con una evaluación cualitativa del riesgo al cambio climático, con el objetivo de identificar los riesgos e impactos presentes en Pasto. En segunda instancia, se identificaron indicadores que permitieran evaluar desde cada uno de los componentes del riesgo (amenaza, exposición y vulnerabilidad), los impactos de los diferentes riesgos climáticos sobre las seis dimensiones de la TCNCC.

La evaluación cualitativa partió de determinar amenazas e impactos, vulne-

rabilidades y riesgos climáticos derivados del cambio climático presentes en la ciudad a través del conocimiento técnico y del territorio de los actores locales involucrados. Para el desarrollo de la herramienta, se tomó como base la *Guía para la elaboración de planes de adaptación al cambio climático para organizaciones* (Klima 2050), acorde con las afectaciones y las dimensiones del bienestar. Para esta evaluación se utilizaron las siguientes tablas:

Tabla 2. Probabilidad de ocurrencia de las amenazas.

Grado	Impactos
Muy probable	Es muy probable que suceda o puede ocurrir varias veces al año.
Bastante probable	Es probable que suceda o puede ocurrir una vez al año.
Probable	Es tan probable que suceda como que no o puede ocurrir una vez cada 10 años.
Poco probable	Es improbable que suceda o puede ocurrir una vez cada 25 años.
Improbable	Es muy improbable que suceda en los próximos 25 años.

Tabla 3. Grado de vulnerabilidad ante los impactos.

Grado	Recurso hídrico (RH)	Seguridad alimentaria (SA)	Biodiversidad
Muy grave	Afectaciones o daños al RH muy graves (afecta en totalidad las características de potabilidad del RH y escasea en gran parte del municipio la disponibilidad del mismo)	Repercusiones muy graves (poblaciones completas sin disponibilidad alimento por daños en cultivos y transporte de alimentos al municipio)	Repercusiones muy graves (pérdida del 80% o más de las áreas protegidas del municipio y su EEP)
Grave	Afectaciones al RH graves (afecta en una parte importante las características de potabilidad del RH y escasea en gran parte del municipio la disponibilidad del mismo)	Repercusiones graves en SA (una parte importante de la población sin disponibilidad de alimento por daños en cultivos y transporte de alimentos al municipio)	Repercusiones graves (pérdida de entre el 60% y 80% de las áreas protegidas del municipio y su EEP)
Importante	Afectaciones al RH importantes (afecta las características de potabilidad del RH y se presenta escasez en algunas zonas del municipio)	Repercusiones en la SA notables. (una parte importante de la población sin disponibilidad de alimentos locales por daños en cultivos)	Repercusiones notables (pérdida de entre el 40 y 60% de las áreas protegidas del municipio y su EEP)
Moderado	Afectaciones al RH menores (afecta las características de potabilidad del RH de forma leve y se presenta escasez en algunas zonas del municipio)	Repercusiones en la SA asumibles (pérdida de cultivos locales en una zona específica del municipio)	Repercusiones asumibles (pérdidas de entre el 20 y 40% de las áreas protegidas del municipio y su EEP)
Mínimo	Afectaciones al RH mínimas (afecta las características de potabilidad del RH de forma leve pero continua)	Repercusiones en la SA mínimas (pérdida parcial de cultivos locales en una zona específica del municipio)	Repercusiones mínimas (pérdidas menores del 20% de las áreas protegidas del municipio y su EEP)
Nulo	Sin afectaciones al recurso hídrico	Sin repercusiones en la seguridad alimentaria de la población	Sin repercusiones

Grado	Salud	Infraestructura	Hábitat humano
Muy grave	Pérdidas o daños humanos muy graves (muchas personas heridas y fallecidas ante el riesgo climático)	Repercusiones muy graves (pérdida total de infraestructura de red vial, acueducto, alcantarillado, energía, centros de salud)	Pérdida total de viviendas, espacios públicos de esparcimiento, educación y recreación en un área significativa (barrio, urbanización, ciudadela)
Grave	Daños humanos graves (algunas personas heridas y fallecidas ante el riesgo climático)	Repercusiones graves (pérdida parcial de infraestructura de red vial, acueducto, alcantarillado, energía, centros de salud)	Pérdidas parciales de viviendas, espacios públicos de esparcimiento, educación y recreación en un área significativa (barrio, urbanización, ciudadela)
Importante	Daños humanos importantes (algunas personas heridas de gravedad)	Repercusiones notables (pérdida parcial de infraestructura de red vial, acueducto, alcantarillado)	Pérdidas parciales de viviendas
Moderado	Daños humanos menores (algunas personas heridas con poca gravedad)	Repercusiones asumibles (pérdida parcial de infraestructura de la red vial)	Pérdidas parciales de espacios públicos de esparcimiento, educación y recreación
Mínimo	Daños humanos mínimos (pocas personas heridas con leve gravedad)	Repercusiones mínimas (daños puntuales en algún tipo de infraestructura de servicios)	Daños puntuales a las de viviendas, espacios públicos de esparcimiento, educación y recreación a (barrio, urbanización, ciudadela)
Nulo	Sin daños humanos	Sin afección a ninguna infraestructura	Sin afección a ninguna infraestructura de hábitat urbano

A partir de esta relación entre probabilidad y grado de vulnerabilidad se obtuvo el nivel de consecuencia del riesgo climático. Para facilitar la comprensión de los riesgos climáticos más importantes para el análisis, se adoptaron valores para cada nivel de consecuencia (Tabla 4).

Tabla 4. Clasificación del riesgo climático.

		Consecuencia					
		Nulo	Mínimo	Moderado	Importante	Grave	Muy grave
Probabilidad	Improbable	Nulo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo	Medio
	Poco probable	Nulo	Muy bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto
	Probable	Nulo	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Alto
	Bastante probable	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Alto	Muy alto
	Muy probable	Nulo	Medio	Alto	Alto	Muy alto	Muy alto

Fuente: ihobe, Gobierno Vasco, 2019.

Tabla 5. Valor de las clases de riesgo.

Valor de Riesgo		
Valor según la clase de riesgo	Nulo	0
	Muy bajo	0,2
	Bajo	0,4
	Medio	0,6
	Alto	0,8
	Muy alto	1

Los riesgos analizados en el municipio de Pasto fueron:



A continuación, se priorizaron los tres riesgos que requieren mayor gestión. Luego se evaluó cómo estos riesgos afectan las seis dimensiones de la TCNCC. Para cada dimensión, se presenta una definición y los criterios que se utilizaron para su evaluación.

1 Recurso hídrico: Esta dimensión hace referencia, por una parte, a la disponibilidad y acceso a agua potable por parte de la población. Por otra parte, considera el estado en el que se encuentran los cuerpos de agua. Para su evaluación, se con-

siderará la capacidad de los acueductos municipales, la eficiencia en el consumo y el acceso, con el fin de analizar la disponibilidad del recurso hídrico.

2 Seguridad alimentaria: Bajo esta dimensión, se considerarán las actividades agrícolas que se desarrollan en el municipio, las cuales representan un aporte significativo para la disponibilidad de alimentos en el mismo. Su evaluación integrará criterios para establecer las capacidades técnicas de las prácticas agrícolas.

- 3 **Biodiversidad:** Con esta dimensión se busca identificar los efectos de los impactos climáticos en los ecosistemas y la biodiversidad de las ciudades. En este sentido, se contemplarán las condiciones y capacidades de los hábitats naturales urbanos, considerando sus coberturas y las características de las especies que los habitan.
- 4 **Infraestructura:** En esta dimensión se incluirá la infraestructura asociada al transporte, como vías principales y aeropuertos, alcantarillado y acueducto, energía, centros de salud, y cómo esta puede verse afectada por los diferentes tipos de riesgo.
- 5 **Salud:** Dentro de esta dimensión se considerará la población más sensible, entre la cual se encuentran los niños menores de 10 años y los adultos mayores de 60 años. También se evaluará el acceso de la población a centros de salud, así como la capacidad instalada de estos centros.
- 6 **Hábitat humano:** Mediante esta dimensión se considerará la densidad y el tipo de viviendas presentes en la ciudad, así como las condiciones físicas en las que se encuentran los asentamientos. Además, se tomará en cuenta la infraestructura asociada a centros educativos y culturales, y las zonas de esparcimiento, como plazoletas y parques.

En cuanto a la caracterización de los componentes del riesgo, las amenazas se pueden identificar a través de señales climáticas y sus impactos físicos directos. Además, los impactos indirectos deben ser considerados para establecer la rela-

ción entre las señales climáticas y el riesgo de interés.

La exposición a los impactos del cambio climático está determinada por diversos factores que deben ser considerados. Entre ellos se encuentran elementos importantes como la presencia de población, ecosistemas, especies, infraestructura y medios de vida, entre otros. Es importante diferenciar los factores de exposición, como por ejemplo la presencia de personas en una zona afectada por inundaciones, de los atributos de dicha población, tales como edad, ingresos y condiciones de salud, los cuales están asociados al componente de vulnerabilidad.

A continuación, se identificaron los atributos que hacen a la ciudad vulnerable a riesgos climáticos, y los mecanismos necesarios para reducir dichos riesgos. Se identificaron factores de sensibilidad y capacidad y se analizaron aspectos físicos, económicos y culturales. Además, se consideraron las habilidades ecológicas de Pasto y los indicadores asociados a las Contribuciones de la Naturaleza para las Personas (NCP, por sus iniciales en inglés).

Con la metodología de GIZ (2017) se desarrollaron indicadores de la condición de la ciudad en relación con los factores de cada componente de riesgo, a nivel municipal y nacional, para explicar la condición de los factores identificados para cada relación entre los riesgos prioritarios y las dimensiones.

Fase 3.

IDENTIFICACIÓN DE LA SENSIBILIDAD

En esta fase se profundizó en el proceso de diagnóstico de los atributos que reflejan la sensibilidad de la gobernanza de la ciudad con respecto a los riesgos climáticos. Para llevar a cabo esta tarea, se usó la herramienta Scorecard, desarrollada por la iniciativa Making Cities Resilient 2030 (MCR2030), liderada por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR), junto con organizaciones globales como ICLEI, C40 y el Grupo del Banco Mundial.

El Scorecard es una herramienta que permite a los gobiernos locales evaluar su resiliencia ante los desastres, basándose en los diez fundamentos de UNDRR para hacer que las ciudades sean resilientes. Estos fundamentos incluyen evaluaciones de riesgos y amenazas múltiples, protección y mejora

de la infraestructura, protección de los servicios esenciales como la educación y la salud, construcción de reglamentos y planes de uso y ocupación de suelos, capacitación y concientización pública, protección ambiental y fortalecimiento de ecosistemas, preparación y respuesta ante emergencias, y recuperación y reconstrucción de la comunidad.

Para evaluar la resiliencia de los gobiernos ante los desastres, se aplicó el nivel 1 del Scorecard, que incluye la evaluación de diez aspectos esenciales. Esta evaluación ayuda a monitorear y revisar el progreso y los desafíos en la implementación del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres: 2015-2030 y apoya el análisis de referencia para la preparación de estrategias de resiliencia y reducción del riesgo de desastres.





Fase 4.

MAPEO PARTICIPATIVO

Los mapas participativos son una herramienta valiosa para representar la percepción de los participantes sobre los condicionantes de riesgo en un territorio determinado. El objetivo principal de los mapas participativos es fomentar la participación de los diferentes actores comunitarios que viven en la ciudad, de manera que su visión y percepción espacial del territorio se integren en el análisis de los riesgos y debilidades del lugar.

En el proceso de creación de los mapas participativos, se contó con un mapa detallado de algunos lugares vulnerables para permitir que los participantes del taller los identificaran correctamente. Además, los participantes identificaron los factores de riesgo asociados con el territorio. Estos factores de riesgo pueden ser clasificados en impacto, exposición, sensibilidad y capacidad.

El siguiente paso consistió en la creación de leyendas, donde se identificó cada factor de riesgo utilizando marcadores y bolígrafos de colores para hacer la leyenda. De esta manera, se creó un mapa para visualizar de forma clara los diferentes factores de riesgo presentes en el territorio.

Finalmente, los participantes identificaron en el mapa las zonas que tienen una mayor afectación por cada uno de los riesgos priorizados. El resultado del mapa refleja la opinión del grupo y se convirtió en un producto para la toma de decisiones relacionadas con la sostenibilidad y el urbanismo en el territorio.

Fase 5.

GEOPROCESAMIENTO DE DATOS

En el contexto de la sostenibilidad y el urbanismo, la medición y evaluación de los riesgos son fundamentales para tomar decisiones informadas y tomar medidas de adaptación. En este sentido, los indicadores son herramientas clave para cuantificar los riesgos y sus impactos en diferentes dimensiones.

En esta evaluación se analizó cómo las dimensiones de la TCNCC se ven afectadas por los riesgos climáticos priorizados. Una vez completada la evaluación, se espacializó la información base para la

construcción de cada indicador. Para ello, se utilizaron datos georreferenciados y herramientas de geoprocésamiento para analizar la información y construir los indicadores de cada componente de riesgo. La Tabla 6 muestra la información base que se utilizó para la construcción de los indicadores. Este proceso permitió identificar y priorizar los riesgos climáticos más importantes para la zona evaluada, lo que facilitará la toma de decisiones en materia de adaptación ante los riesgos climáticos.

Tabla 6. Información base por componente de riesgo para la construcción de los indicadores.

Amenaza

-
- 1 Series históricas de precipitación, temperatura y humedad relativa de las estaciones de monitoreo de la ciudad

 - 2 Registros o cartografía de ocurrencia de inundaciones

 - 3 Registros o cartografía de ocurrencia de deslizamientos

 - 4 Mapa hidrológico y/o hidrográfico

 - 5 Mapas de islas de calor y/o temperatura superficial

 - 6 Mapas de temperatura, humedad y precipitación total anual

 - 7 Imágenes satelitales y fotografías aéreas

Exposición

- 1 Censo poblacional

- 2 Mapa de asentamientos formales e informales

- 3 Mapa de vías principales

- 4 Mapa de construcciones

- 5 Mapas de usos del suelo y actividades

- 6 Modelo de elevación digital (DEM)

- 7 Mapas de suelos de protección, áreas protegidas y/o de importancia ecosistémica

- 8 Mapa de cultivos

Sensibilidad

- 1 Índice de pobreza multidimensional

- 2 Censo poblacional

- 3 Mapa o clasificación por edades

- 4 Mapa de asentamientos formales e informales y comunidades y/o barrios extremadamente afectados

- 5 Acceso a servicios públicos

- 6 Mapa de construcciones

- 7 Mapas de usos del suelo y actividades

- 8 Mapa de parques y zonas verdes públicas y privadas

- 9 Modelo de elevación digital (DEM, por sus iniciales en inglés)

- 10 Mapa de clasificación suelo permeable e impermeable (NDVI, por sus iniciales en inglés)

- 11 Mapa de cultivos

- 12 Mapa geológico

- 13 Mapa de tipo de suelo (pedología)

- 14 Imágenes satelitales y fotografías aéreas

Sensibilidad

- 15 Mapas de suelos de protección, áreas protegidas y/o de importancia ecosistémica

- 16 Áreas priorizadas para dragar, adecuación de rondas, jarillones, etc. y prevención de incendios

- 17 Inventarios de biodiversidad del municipio

- 18 Estructura ecológica principal

- 19 Mapa de arbolado e inventario forestal

- 20 Mapa de parques y zonas verdes públicas y privadas

- 21 Mapa de vías principales y tasas de flujo vehicular

- 22 Registro de muertes y casos de dengue, zika, chikungunya

Capacidad (adaptativa y de respuesta)

- 1 Planes de Manejo Ambiental de ecosistemas naturales, de siembra, silvicultura, restauración ecológica o relacionados

- 2 Proyectos de adaptación y sostenibilidad, incluyendo soluciones basadas en la naturaleza implementadas

- 3 Programas de seguridad alimentaria, vacunación y mejora de viviendas informales

- 4 Documento de mapeo de SE o NCP

- 5 Sistemas de alerta temprana para prevención de desastres

- 6 Mapa hidrológico y/o hidrográfico

- 7 Mapa o registro de la capacidad del sistema de drenaje de la ciudad

- 8 Mapa de vías principales

- 9 Equipamiento urbano (educación, cultura y centros de salud)

- 10 Mapa de arbolado e inventario forestal

- 11 Dotación de camas hospitalarias

- 12 Registros de sistemas de riego para cultivos en la ciudad

Por último, para determinar el indicador de un riesgo particular en relación con una dimensión específica, se utiliza una ecuación que pondera los componentes del riesgo. Esta ponderación requiere la determinación

de pesos asociados a cada componente de riesgo, donde se debe decidir si un componente influirá más que los demás. Para esta evaluación se asignó el mismo peso a los tres componentes del riesgo.

Ecuación (1)

$$R_{kl} = \frac{(A_{kl} * W_A) + (E_{kl} * W_E) + (V_{kl} * W_V)}{W_A + W_E + W_V}$$

Donde:

R_{kl} representa el valor del indicador de riesgo | para la dimensión k.

A_{kl} representa el valor del indicador de amenaza del riesgo | para la dimensión k.

E_{kl} representa el valor del indicador de exposición del riesgo | para la dimensión k.

W representa el peso asociado a cada uno de los componentes del riesgo.

Para determinar el riesgo multidimensional, se realizó una ponderación para la cual se establecieron los pesos asociados a cada dimensión de la TCNCC. La ponderación se

llevó a cabo a través de la ecuación 2, que permite obtener los indicadores de riesgo asociados a cada uno de los riesgos prioritarios identificados.

Ecuación (2)

$$R_l = \frac{\sum(R_{kl} * W_k)}{\sum W_k}$$

Donde:

R_l representa el valor del indicador del riesgo l.

R_{kl} representa el valor del indicador de riesgo l para la dimensión k.

W_k representa el peso asociado a cada dimensión k.

Finalmente, el proceso metodológico para la evaluación del riesgo crítico implica la ponderación de los indicadores asociados a los riesgos priorizados. Los pesos para cada riesgo fueron definidos por actores relevantes del municipio y por el equipo técnico de ICLEI, y se aplicaron para obtener el indicador de riesgo crítico.

En la evaluación de riesgos, se utiliza la Tabla 7 para determinar el nivel de riesgo asociado a cada riesgo priorizado, así como para el riesgo crítico. Esta tabla establece diferentes clases de riesgo, cada una con una escala de colores asociada que se utiliza para determinar fácilmente las zonas con mayor nivel de riesgo dentro de cada ciudad.

A partir de la clasificación de los indicadores obtenidos para cada dimensión evaluada, se pueden determinar los niveles de riesgo para cada uno de los riesgos priorizados. La evaluación de riesgos es fundamental para la implementación de medidas de adaptación basadas en ecosistemas, ya que permite priorizar las zonas más

críticas y enfocar los recursos en la implementación de medidas que sean más efectivas y eficientes.

La Figura 1 representa el proceso completo desde la recolección de información espacial hasta la obtención del indicador de riesgo crítico, el cual integra todos los riesgos priorizados en una sola medida. Este indicador permite identificar espacialmente las zonas con mayor nivel de riesgo dentro de una ciudad y así establecer medidas de adaptación basadas en ecosistemas.

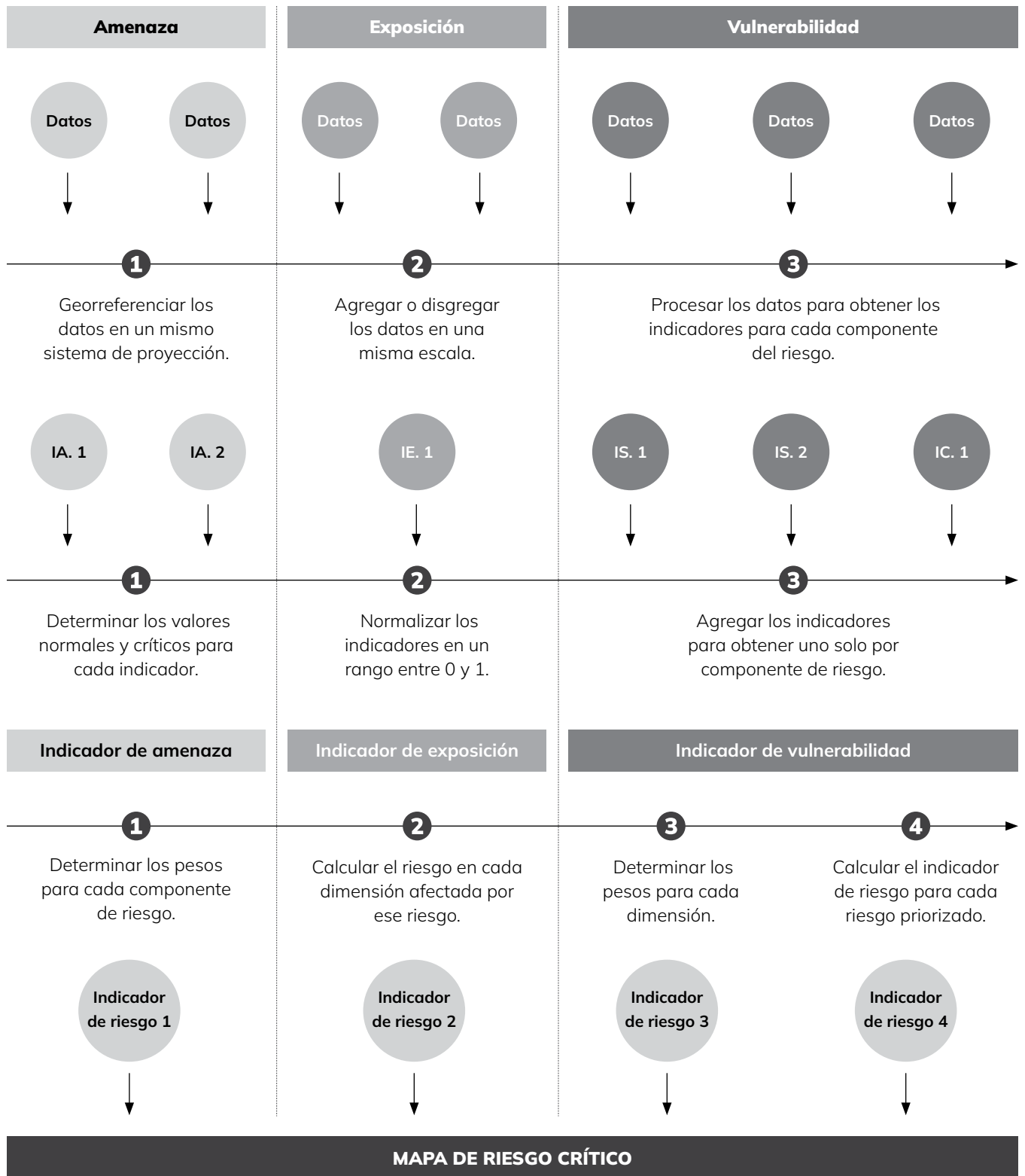
Es importante mencionar que, una vez obtenidos los mapas analíticos finales, su análisis contribuirá a que, en evaluaciones posteriores, se desarrollen consideraciones y recomendaciones para implementar medidas que permitan reducir el riesgo en las zonas prioritarias. Estas consideraciones pueden incluir la implementación de infraestructuras verdes, la promoción de prácticas sostenibles en la gestión del agua y la tierra, y la implementación de políticas de gestión de riesgos.

Tabla 7. Asociación entre métricas de riesgo con las clases según su magnitud.

Valor de la métrica de riesgo entre 0 y 1	Clase de riesgo	Descripción
0 - 0,2	1	Muy bajo
> 0,2 - 0,4	2	Bajo
> 0,4 - 0,6	3	Medio
> 0,6 - 0,8	4	Alto
> 0,8 - 1	5	Muy alto

Fuente: GIZ, 2017.

Figura 1. Modelo conceptual del flujo metodológico para el análisis espacial de riesgo y vulnerabilidad asociados al cambio climático. IA: indicador de amenaza, IE: indicador de exposición, IS: indicador de sensibilidad, IC: indicador de capacidad.



Fase 6.

ANÁLISIS DE CAMBIO CLIMÁTICO

En esta etapa se evaluó cómo los riesgos asociados a eventos climáticos extremos pueden aumentar en el futuro. Para esto, se realizaron las proyecciones de cambio en la precipitación y temperatura, y además se calcularon los indicadores de riesgo, considerando estos pronósticos. Asimismo, se mantuvieron constantes los demás indicadores de riesgo para identificar si se necesitan medidas de adaptación para incrementar la resiliencia de las ciudades. Por otra parte, se calcularon índices de cambio climático para identificar tendencias en el comportamiento de la temperatura y la precipitación que puedan reforzar el impacto de los riesgos climáticos.

ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Las acciones realizadas para la consolidación y análisis espacial de los escenarios de cambio climático se describen a continuación:

- 1 **Revisión documental:** se revisó la información, documentos y recursos relacionados con la metodología y elaboración del downscaling estadístico, que fueron elaborados en la TCNCC y fuentes académicas.
- 2 **Recopilación y organización de los datos:** se llevaron a cabo procedimientos para organizar las series de datos extraídos de la TCNCC Colombia, la climatología base 1975-2005 complementada con la climatología 1980-2010, y los archivos de esce-

narios de cambio climático RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para los horizontes temporales 2011-2040, 2040-2070 y 2070-2100. Estos datos se organizaron en formato espacial shapefile y series de tiempo.

- 3 **Diagnóstico y selección de la información:** se realizó un diagnóstico espacial utilizando herramientas SIG y de programación para identificar las estaciones climáticas cercanas a las áreas de estudio. Esto permitió determinar las estaciones que se utilizarían para establecer las climatologías y los escenarios en los diferentes periodos y RCP.
- 4 **Consolidación de datos para las ciudades:** después de determinar la información disponible sobre climatología y escenarios, se utilizó técnicas de análisis espacial para establecer un área de influencia de 10 a 30 km y extraer las estaciones influyentes en cada una de las ciudades.
- 5 **Establecimiento de métodos de interpolación para salidas ráster:** con los datos seleccionados para cada ciudad, se establecieron métodos de interpolación para lograr una resolución espacial de 100 × 100 m. En el caso de la temperatura, se utilizó un método de interpolación basado en el gradiente altitudinal, mientras que en la precipitación se utilizó IDW.

Los indicadores establecidos dentro de los escenarios de cambio climático incluyen las variables de precipitación, temperatura media y temperatura máxima. El horizonte temporal se establece mediante la combinación de los tres periodos propuestos en la TCNCC (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100) para generar un periodo hasta el año 2100.

En cuanto a los escenarios (RCP) seleccionados como indicadores dentro de la metodología, se establecieron de dos maneras. Para la variable de precipita-

ción, se identificaron los RCP más críticos y con mayor variabilidad en los patrones de lluvia, tal como se describe en la tabla siguiente. En el caso de la temperatura, se seleccionaron los escenarios que reflejan un mayor aumento en la estimación del cambio de la variable. Este segundo criterio se infiere a partir de los resultados de la validación realizada por el IDEAM en 2023 de los últimos diez años, concordando con los RCP más críticos en términos de cambio de humedad, temperatura y precipitación.

Tabla 8. RCP más críticos y con mayor variabilidad en los patrones de lluvia.

Escenario RCP	Descripción	Condiciones de humedad	Cambios de temperatura	Cambios de precipitación
RCP2.6	Bajas emisiones, políticas de mitigación ambiciosas	Reducción de la disponibilidad de agua. Posibles cambios en patrones de precipitación y aumento de sequías en algunas regiones.	Aumento de la temperatura global limitado a aproximadamente 2 °C por encima de los niveles preindustriales.	Patrones de precipitación variables, con posibles aumentos en algunas regiones y disminuciones en otras.
RCP4.5	Aumento moderado de emisiones, implementación de políticas de mitigación	Condiciones de humedad relativamente estables en comparación con los escenarios de mayor emisión. Disponibilidad adecuada de agua en la mayoría de las regiones.	Aumento moderado de la temperatura global, con una estimación de alrededor de 2-3 °C por encima de los niveles preindustriales.	Posibles cambios en patrones de precipitación, con aumentos en algunas regiones y disminuciones en otras.
RCP6.0	Aumento moderado de emisiones, falta de políticas de mitigación significativas	Posible aumento de la demanda y escasez de agua. Mayor variabilidad en patrones de precipitación, con riesgo de sequías e inundaciones más frecuentes.	Aumento significativo de la temperatura global, con una estimación de alrededor de 3-4 °C por encima de los niveles preindustriales.	Mayor variabilidad en patrones de precipitación, con aumentos en algunas regiones y disminuciones en otras.
RCP8.5	Altas emisiones, sin medidas significativas de mitigación	Aumento significativo de la demanda y escasez de agua. Aumento de sequías en algunas regiones y mayor riesgo de eventos extremos relacionados con el agua.	Aumento sustancial de la temperatura global, con una estimación de más de 4 °C por encima de los niveles preindustriales.	Patrones de precipitación más variables, con aumentos en algunas regiones y disminuciones en otras. Mayor probabilidad de eventos extremos de precipitación.

DATOS UTILIZADOS

Se estableció que las variables de precipitación, temperatura máxima y temperatura media en periodicidad de 2011-2040, 2040-2070, 2070-2100 y la climatología del 1976-2005, complementada con la climatología 1980-2010 que se usaron en la TCNCC, establecieron la línea base de los escenarios RCP 4.5, 6.0 y 8.5 para complementar los análisis de vulnerabilidad y riesgo climático. Es importante mencionar que los datos se consultaron y extrajeron de la tercera comunicación nacional, liderada por el

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

ÍNDICES DE CAMBIO CLIMÁTICO

Con el objetivo de determinar tendencias en la precipitación y la temperatura para monitorear y detectar el cambio climático, y cómo este incrementa el riesgo de desastres asociados a los eventos climáticos que son de interés para el presente estudio, se seleccionaron siete índices recomendados por el equipo de expertos para la detección y monitoreo del cambio climático (ETCCDI, por sus iniciales en inglés) y avalados por el IPCC.

Tabla 9. Lista de índices de cambio climático.

Sigla	Nombre	Definición	Unidades
R25	Días con precipitación muy intensa	Número de días en un año con prec. diaria ≥ 25 mm	días
R95p	Días muy húmedos	Precipitación total anual en que la prec. diaria $>$ percentil 95	mm
CWD	Días húmedos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con prec. diaria ≥ 1 mm	días
R5D	Precipitación máxima en 5 días	Cantidad máxima de precipitación en 5 días consecutivos	mm
CDD	Días secos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con prec. diaria < 1 mm	días
TX90p	Días calientes	Porcentaje de días en que la temp. Max. diaria $>$ percentil 90	%
WSDI	Duración del periodo cálido	Número de días en un año con al menos 6 días consecutivos con temp. Max. diaria $>$ percentil 90	días

Fuente: adaptado de Zhang *et al.* (2018).

De los índices presentados en la tabla anterior, R25 y R95p se asocian al riesgo por inundaciones, ya que representan características de la frecuencia y la intensidad de eventos de precipitación extremos. Por otra parte, los índices CWD y R5D fueron asociados al análisis de movimientos de remoción en masa, ya que estos permiten identificar zonas con lluvias prolongadas que pueden incrementar el riesgo. En cuanto al riesgo de sequía, este fue asociado al índice CDD, que permite identificar los extremos relacionados con ausencia de precipitación. Finalmente, los índices Tx90p y WSDI se asocian al aumento de temperatura en las zonas urbanas.

Para el cálculo de estos índices, se seleccionaron las estaciones meteorológicas del IDEAM más cercanas al área de estudio con disponibilidad de información para el periodo comprendido entre 1993 y 2022. Para cada estación se realizó el cálculo de cada índice utilizando el paquete RCLimDex

(Zhang *et al.*, 2018). Para la espacialización de cada indicador y de su tendencia en los últimos 30 años se utilizó la herramienta de interpolación *Inverso de la Distancia Ponderada* (IDW), que ofrece buena precisión para este tipo de análisis (Aragón-Moreno & Lerma-Lerma, 2019).

REFERENCIAS

- Zhang, X., Feng, Y., & Chan, R. (2018). User's manual: Introduction to RCLimDex v1. 9 Climate Research Division Environment Canada Downsview. *Ontario Canada December, 12, 2018.*
- Aragón-Moreno, J. A., & Lerma-Lerma, B. D. (2019). Análise espaço temporal (1981-2010) da precipitação na cidade de Bogotá: avanços na geração de índices extremos. *Revista Facultad de Ingeniería, 28(51), 51-71.*

Fase 7.

VALIDACIÓN Y MONITOREO

Este último paso de la metodología se divide en dos etapas. La primera consiste en validar los resultados del ARVC mediante la revisión de los mapas de riesgo generados para cada ciudad. En esta etapa, es importante realizar talleres con el GTR y los diferentes actores de la sociedad civil para determinar si las zonas de mayor riesgo identificadas en la cartografía coinciden con las áreas que históricamente han experimentado los mayores impactos derivados de los eventos climáticos extremos.

En la segunda etapa, se propone, como parte de la metodología, llevar a cabo un monitoreo continuo del ARVC a mediano

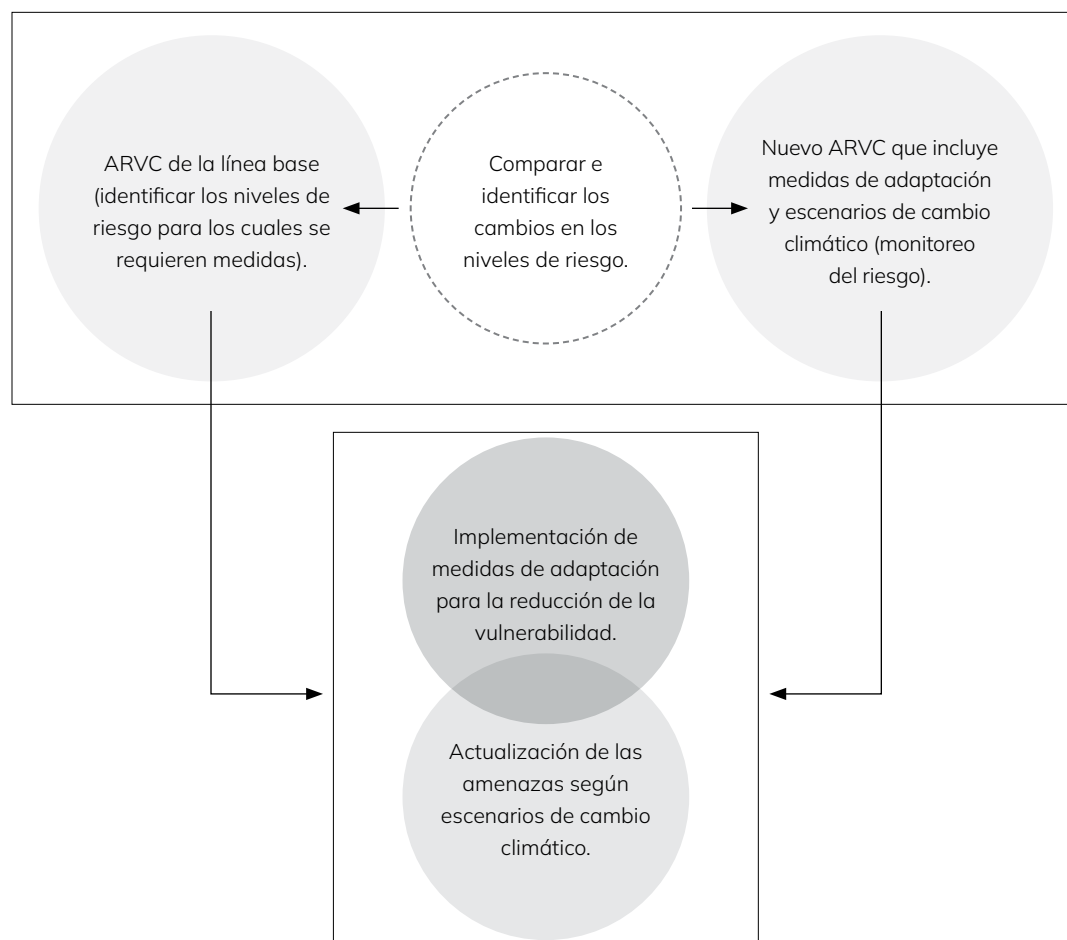
plazo (5-10 años). Este monitoreo implica que el municipio actualice las cadenas de impacto identificadas, incluyendo los efectos del cambio climático para ese periodo de evaluación, así como los beneficios obtenidos a través de la implementación de medidas de adaptación (por ejemplo, soluciones basadas en la naturaleza). También se recalculan los indicadores establecidos en la línea base. En la Figura 2 se muestra el proceso metodológico para realizar el monitoreo y poder identificar, en los ejercicios de monitoreo, en qué medida han cambiado los niveles de riesgo en las diferentes zonas de las ciudades.

Además, el municipio debe desarrollar indicadores que permitan medir el éxito en la implementación de programas de reducción de riesgos climáticos. Estos indicadores deben ser desarrollados por las diferentes secretarías de la alcaldía en base a una planificación estratégica, preferiblemente de manera transversal, para que se acerquen lo más posible a la realidad. La planificación estratégica para la adecuación del municipio debe considerar algunos criterios como las prioridades identificadas por el ARVC, las prioridades de la gobernanza local, el contexto político actual y el presupuesto municipal que estará disponible. Tomando lo anterior como

base, los municipios pueden desarrollar planes de acción climática y de biodiversidad que les permitan implementar las recomendaciones generadas por el ARVC y cuyo desarrollo se pueda monitorear mediante indicadores de éxito.

Mediante estos indicadores las ciudades podrán tener una trazabilidad del uso que se le dan a los resultados del ARVC dentro de los diferentes programas y proyectos, y la calidad de sus contribuciones a la adaptación urbana. Los indicadores de éxito acompañarán todo el proceso de implementación de las recomendaciones del ARVC, ya sea en políticas públicas o en obras de infraestructura para el municipio.

Figura 2. Modelo conceptual para el monitoreo del ARVC considerando escenarios de cambio climático y medidas de adaptación.



Fuente: Adaptado de GIZ, 2017

BIBLIOGRAFÍA

- BUCHALA, I. C. F. (2022). Infraestructura verde como instrumento estratégico de adaptación e aumento da resiliência urbana: estudo de caso em Belo Horizonte, MG. (Tesis de maestría). Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- DNP, MADS, IDEAM, SNGRD, UNGRD. (2012). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Colombia.
- FRITZSCHE, K., SCHNEIDERBAUER, S., BUBECK, P., KIENBERGER, S., BUTH, M., ZEBISCH, M.,... KAHLENBORN, W. (2014). The Vulnerability Sourcebook. Concepts and guidelines for standardized vulnerability assessments. Bonn e Eschborn: GIZ.
- GIZ and EURAC. (2017). Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook. Guidance on how to apply the Vulnerability Sourcebook's approach with the new IPCC AR5 concept of climate risk. Bonn: GIZ.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLELÍA. (2017). Tercera Comunicación Nacional De Colombia a La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CMNUCC). IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLELÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia.
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C. B., Barros, V.R., Dokken, D. J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T. E.,... White, L. L. (Eds.)]. Cambridge University Press.
- IPCC. (2018). Resumen para responsables de políticas. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, ... T. Waterfield (eds.)].
- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, ... B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press.
- IPCC. (2022). Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, ... B. Rama (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts,

Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts,... B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press.

- Ley 1523 de 2012. (24 de abril de 2012). Por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. D. O. No. 48411.
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. (2017). Política Nacional de Cambio Climático. Puntoparte. Colombia.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. (2018). Método de análise participativa de risco à mudança do clima. Brasília, DF: MMA. Recuperado de https://cooperacaobrasil-alemanha.com/Mata_Atlantica/Analise_Risco_Mudanca_Clima/Analise_Risco_%20Mudanca_Clima.pdf
- UNITED NATIONS, DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, POPULATION DIVISION. (2019). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420). New York: United Nations.
- Vélez-Duque, J. (2020). Social vulnerability as a key element in climate adaptation: The case of New York City.



*Capítulo 2*

DIAGNÓSTICO

p. 34

Diagnóstico inicial

p. 36Riesgos asociados al
cambio climático**p. 42**

Priorización de riesgos

p. 46Conclusiones y
principales hallazgos**p. 48**

Resultados Scorecard

El municipio de Pasto es la capital administrativa del departamento de Nariño, ubicado en el centro oriente del departamento, en el suroeste de Colombia. Tiene una superficie de 6181 kilómetros cuadrados y su cabecera municipal se encuentra a una altitud de 2527 metros sobre el nivel del mar (Alcaldía de Pasto, 2020). Desde el punto de vista biogeográfico, el municipio se sitúa entre las provincias Norandina y Amazónica 1, cerca de la línea ecuatorial, en la confluencia de la Quebrada La Honda con el río Pasto (Alcaldía de Pasto, 2015).

En cuanto a la actividad económica del municipio, el 11,1% de los establecimientos se dedican a la industria, el 56,0% al comercio, el 28,9% a los servicios y el 4,1% a otras actividades. En el área urbana, las principales actividades económicas son el comercio y los servicios, con algunas pequeñas industrias o microempresas, siendo alrededor del 50% de ellas de manufactura artesanal. En la zona rural, predominan las actividades agrícolas y ganaderas, y también se lleva a cabo minería a pequeña escala (DANE, 2010).

El municipio de Pasto cuenta con una importante dotación de recursos naturales, una rica biodiversidad en paisajes naturales y construidos, ecosistemas frágiles, cuencas hidrográficas, humedales, áreas protegidas y corredores biológicos con especies endémicas y recursos genéticos únicos. Estos recursos han sido el soporte de eventos ecológicos, sociales, económicos y políticos que han caracterizado una ruralidad inmersa en una estructura agraria campesina minifundista (Alcaldía de Pasto, 2015).

Según el Plan de Ordenamiento Territorial de Pasto, el territorio del municipio se ve afectado por diferentes fenómenos amenazantes de origen natural, tecnológico y antrópico. Estos fenómenos constituyen

determinantes para el uso y ocupación del suelo, así como para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, especialmente cuando el crecimiento urbano se enfrenta a factores limitantes que se resumen a continuación:

- 1 El municipio está expuesto a la amenaza de inundación, siendo las áreas urbanas las más propensas a este riesgo.
- 2 Se ha identificado la actividad sísmica como otra amenaza natural que afecta al 100% del territorio municipal.
- 3 Al oeste de la ciudad de Pasto, a una distancia de 9 km, se encuentra el volcán Galeras, que abarca el 17% del área municipal con 20 305 hectáreas. De estas, 3221,3 hectáreas se encuentran en la Zona de Amenaza Volcánica Alta (ZAVA), 1248,3 hectáreas en la Zona de Amenaza Volcánica Media y 16 137 hectáreas en la Zona de Amenaza Volcánica Baja.
- 4 Otra amenaza presente en el territorio es la subsidencia en sectores donde se llevaron a cabo actividades de extracción subterránea de recursos minerales.

Pasto cuenta con un Plan Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres. En este plan, el Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD) prioriza, formula, programa y realiza seguimiento a las acciones específicas necesarias para el conocimiento, monitoreo, reducción del riesgo presente y futuro, transferencia de riesgo, así como la preparación de respuestas ante emergencias y la preparación para la recuperación.



DIAGNÓSTICO INICIAL

A partir del análisis multidimensional desarrollado en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (IDEAM, 2017), se identificó que, en el departamento de Nariño, la mayoría de los municipios presentan un riesgo medio por cambio climático. Sin embargo, las dimensiones de biodiversidad y recurso hídrico muestran valores más altos, con riesgo alto y muy alto en la región.

Figura 3. Análisis de riesgo por cambio climático para el Departamento de Córdoba.

NARIÑO

2 municipios del departamento presentan riesgo alto y 4 riesgo medio por cambio climático. Los tres primeros en el ranking departamental corresponden a La Tola, Olaya Herrera y Francisco Pizarro.

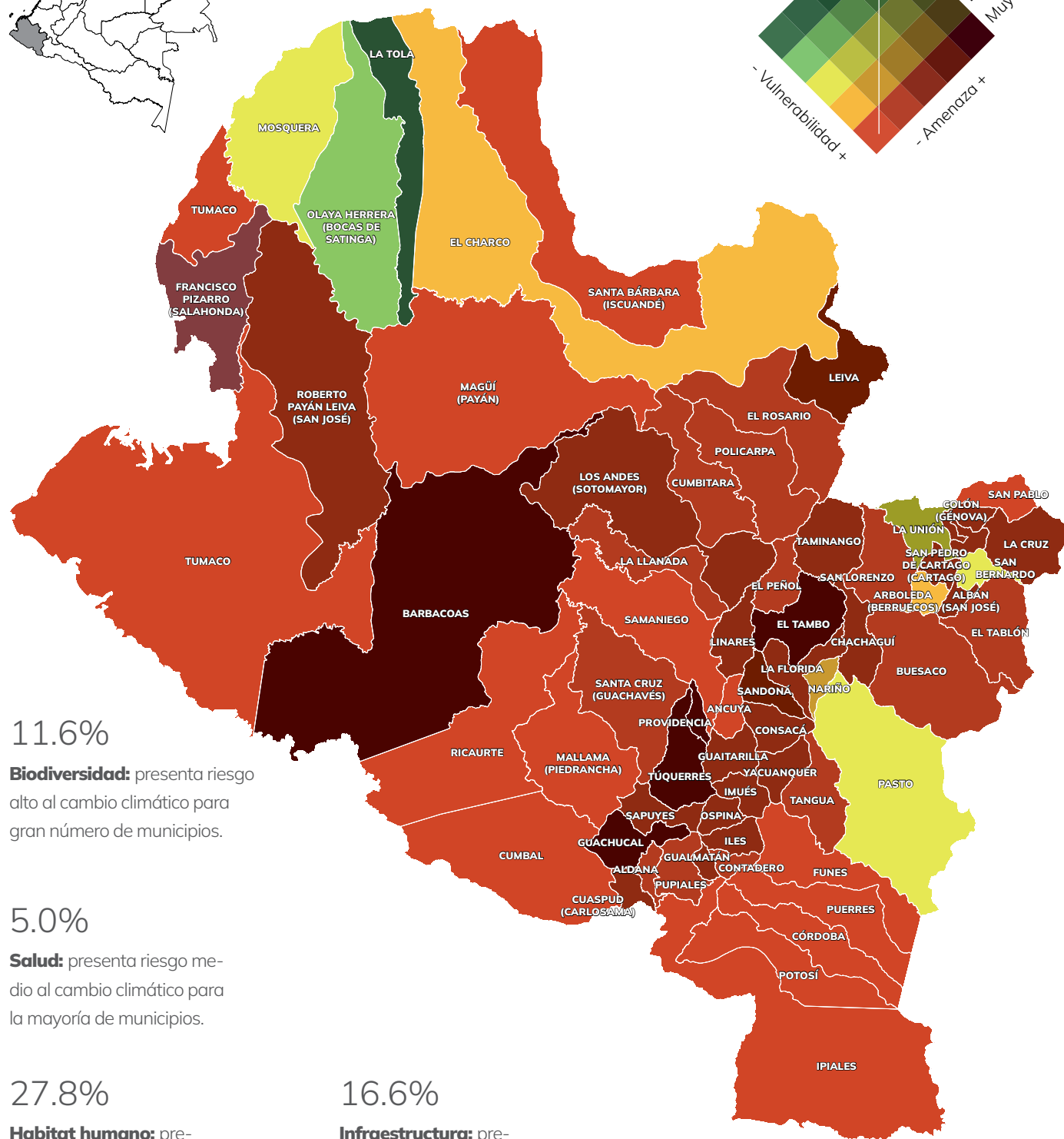
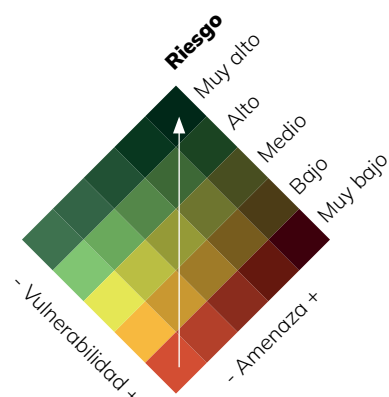
34.8%

Seguridad alimentaria: presenta riesgo muy bajo y medio al cambio climático para la mayoría de los municipios.

4.1%

Recurso hídrico: presenta riesgo medio al cambio climático para gran número de municipios.

Fuente: IDEAM (2017).



11.6%

Biodiversidad: presenta riesgo alto al cambio climático para gran número de municipios.

5.0%

Salud: presenta riesgo medio al cambio climático para la mayoría de municipios.

27.8%

Habitat humano: presenta riesgo muy bajo al cambio climático para la mayoría de municipios.

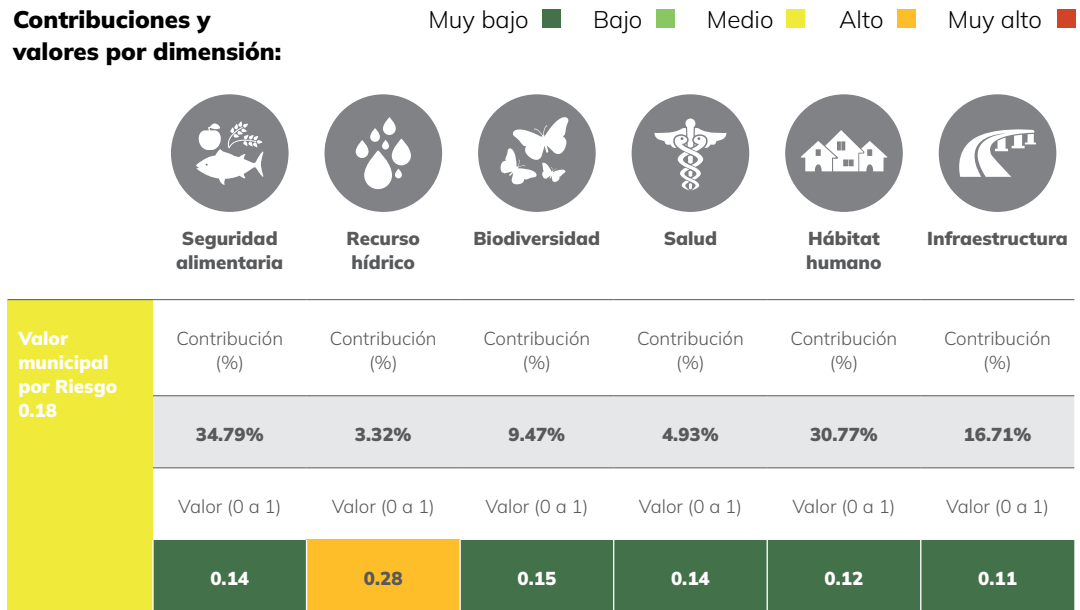
16.6%

Infraestructura: presenta riesgo muy bajo al cambio climático para casi todos los municipios.

Pasto ocupa la sexta posición en el ranking municipal de riesgo, con el valor más alto de riesgo por cambio climático en la dimensión de recurso hídrico. En las demás dimensiones, el municipio presenta valores más bajos,

lo que indica un riesgo muy bajo. Aunque la dimensión de seguridad alimentaria contribuye en mayor medida al riesgo por cambio climático en Pasto, esta dimensión también presenta un riesgo muy bajo.

Figura 4. Riesgo y contribuciones por dimensiones para Montería.



Fuente: IDEAM (2017).

RIESGOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático plantea uno de los mayores desafíos en cuanto a la gestión y reducción de riesgos de desastres, ya que los impactos asociados a estos riesgos pueden intensificarse debido a cambios en variables climáticas como la temperatura y la precipitación.

Siguiendo la metodología propuesta para llevar a cabo el análisis de riesgo y vulnerabilidad climática (ARVC), se realizó una revisión de los riesgos abordados en dicha metodología (por ejemplo, inundaciones, sequías, movimientos de remoción en masa, islas de calor y enfermedades transmitidas por vectores), determinando cómo

afectan estas amenazas a las diferentes dimensiones del bienestar, e identificando los estudios realizados por el municipio para evaluar y gestionar estos riesgos.

En la Tabla 10 se presentan los riesgos que se abordarán en esta revisión, así como la forma en que cada uno de ellos afecta a las dimensiones del bienestar. Algunas relaciones entre riesgos y dimensiones están vacías, ya que se considera que una dimensión en particular no se ve especialmente afectada por un riesgo determinado, o porque no se dispone de información ni de estudios que permitan realizar dicho análisis.

Tabla 10. Consecuencias de los riesgos en las dimensiones de la TCNCC.

Dimensión	Riesgo				
	Inundación	Sequía	Deslizamientos	Isla de calor	Enfermedades transmitidas por vectores
Recurso hídrico	-	Falta de acceso a agua potable	Afectación en las características fisicoquímicas de los cuerpos de agua	-	-
Seguridad alimentaria	Daños en producción agrícola	Daños en producción agrícola	Daños en producción agrícola	-	-
Biodiversidad	Daños en áreas protegidas y especies de fauna y flora	Daños en áreas protegidas y especies	Daños en áreas protegidas y especies de fauna y flora	Cambios en la distribución de especies	-
Infraestructura	Daños en infraestructura de servicios públicos	-	Daños en infraestructura de servicios públicos	-	-
Salud	Personas heridas y/o fallecidos	-	Personas heridas y/o fallecidos	Personas afectadas	Personas enfermas y/o fallecidas
Hábitat humano	Daños en viviendas, y equipamiento urbano	-	Daños en viviendas, y equipamiento urbano	-	-

Fuente: elaboración propia. ICLEI (2022).

REGISTROS HISTÓRICOS

Como parte de la identificación de los riesgos climáticos que afectan al municipio de Pasto, es fundamental considerar los registros de los eventos históricos que se han presentado y con qué frecuencia. La Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) es la encargada de consolidar la información asociada al riesgo de desastres a nivel nacional. A partir de los registros recopilados entre 1998 y 2017 por parte de la UNGRD, se pudo determinar que desde el año 1998 se han presentado fenómenos como inundaciones, deslizamientos, incendios forestales, creciente súbita y avalanchas, siendo los dos primeros los más recurrentes y con mayores daños causados. Las inundaciones son el principal riesgo en el municipio, presentándose anualmente y con una mayor frecuencia que los demás riesgos. A lo largo del periodo evaluado, las inundaciones han afectado a cerca de 32 547 personas y 6729 viviendas.

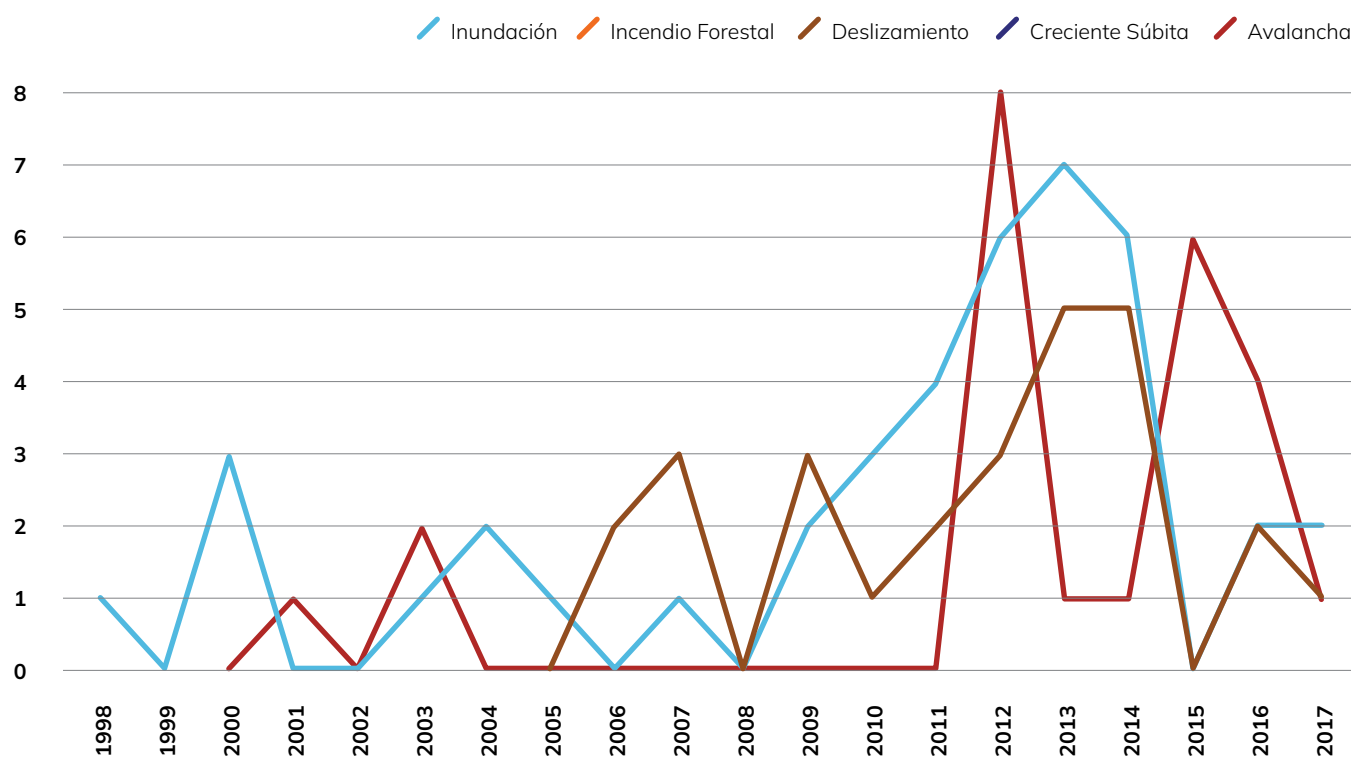
El municipio de Pasto incorpora la gestión del riesgo dentro del POT 2015-2027, el Plan Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres, el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico, el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial de Nariño y los Planes de Ordenamiento de la cuenca hidrográfica de los ríos Guaitara y Janambu, esto mediante el concepto de la gestión del riesgo de desastres, como un proceso social y político a través del cual la sociedad busca controlar los procesos de creación o construcción de riesgo o disminuir el riesgo existente con la intención de fortalecer procesos de desarrollo sostenible y la seguridad integral de la población (Alcaldía de Pasto, 2016).

Mediante el Plan Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres, se ge-

neran diferentes estrategias basadas en acciones que formulan proyectos de inversión de entidades, instituciones y organizaciones regionales y nacionales. Estas estrategias se orientan en el bienestar ciudadano, a través de la planificación, participación, promoción de cultura de prevención y construcción y mejoramiento de viviendas seguras y saludables (Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres [CM-GRD], Pasto, 2012).

En el POT 2015, se identifican las áreas expuestas a fenómenos amenazantes a partir del cruce de diferentes variables. Estas áreas se determinan en función del análisis de la información existente en diferentes fuentes como: información primaria obtenida a partir del proceso participativo desarrollado por el equipo POT, trabajos de campo e información de antecedentes ocurridos en el territorio que han provocado situaciones de emergencia. Las áreas priorizadas en temas de amenazas asociadas al cambio climático son por fenómenos de remoción en masa e inundaciones.

Cabe resaltar que, aunque existen otros fenómenos asociados al cambio climático, la información recolectada a partir de las bases de datos de las instituciones locales presenta las amenazas anteriormente mencionadas en mayor medida, por lo que serán el foco para el desarrollo de la identificación de los riesgos climáticos.

Figura 5. Registro histórico de eventos de desastres climáticos en el municipio de Pasto.**Tabla 11.** Causas, zonas afectadas y medidas de reducción por riesgo.**Inundaciones**

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Lluvias	Sectores bajos y cercanos a quebradas y ríos	Estudios de zonificación del río Pasto (realizados por CORPONARIÑO y el IDEAM)
Prácticas humanas inadecuadas, como la construcción en zonas inundables o la invasión de las rondas hídricas	Área urbana, específicamente en las zonas de influencia de los ríos Pasto, Blanco, Mijitayo, Chapal, y las Quebradas Membrillo, Guayco, Guachucal, Cuatarrán, Gallinacera, Los Chancos y Los Chilcos	Planes de ordenamiento y manejo de cuencas aprobados para Guamuez y Pasto
Canalización de los ríos y quebradas con sistemas de alcantarillado insuficientes, taponamiento de cauces, tala y quema de árboles en las cabeceras y zonas de ronda	Barrios Cantarana, Madrigal, Las Lunas II, Potrerillo, El Recuerdo, Chile, Caicedo, Pilar, ubicados en la zona suroriental de la ciudad	Estudios de zonificación regionales y sectoriales de áreas inundables

Fuente: UNGRD (1998-2017).

Inundaciones

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Ausencia o deficiencia de desagües o alcantarillado	Barrio Tamasagra en el sector occidental	POMCAS (Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas) para las cuencas de Mira, Patía, Carchi, Guaitara, Juanambú y Mayo
Disposición inadecuada de residuos que obstruyen los sumideros	Barrios El Triunfo, Jamondino, Puertas del Sol, Villa Olímpica y Fátima en la zona centro-sur	Se cuenta con 90 estaciones de monitoreo convencionales
Causas destacadas de este fenómeno en el municipio incluyen el manejo inadecuado de las aguas pluviales y residuales	Área de influencia del lago Guamués	Sistemas de Alerta Temprana
Deficiencia del sistema de alcantarillado para evacuar las aguas durante la época invernal	Corregimientos de Catambuco, Botanilla, Cabrera y Jongovito	Obras de ingeniería como la canalización de los cuerpos de agua
Muros de contención afectados por el socavamiento lateral de la quebrada		
Gran cantidad de residuos sólidos arrojados por la comunidad		

Sequía

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Temporadas de precipitaciones bajas	Zonas de tierras áridas, muy secas, secas y subhúmedas secas en suelo urbano y rural con bajo nivel de vulnerabilidad al fenómeno de la sequía	Las empresas prestadoras de servicios de agua potable deben incluir en su plan de acción a corto plazo la realización de estudios hidrológicos y ambientales de otras fuentes hídricas para garantizar un abastecimiento sostenible de agua en la zona urbana del municipio de Pasto. Optimización de los sistemas de acueductos tanto en áreas urbanas como rurales, lo cual incluye realizar estudios de factibilidad y sostenibilidad de dichos sistemas Formulación e implementación de programas de uso eficiente y ahorro de agua para todos los proveedores de servicios de agua potable.

Sequía

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Temporadas de precipitaciones bajas	Zonas de tierras áridas, muy secas, secas y subhúmedas secas en suelo urbano y rural con bajo nivel de vulnerabilidad al fenómeno de la sequía	Aplicación e instrumentación del Decreto 953 de 2013, con el propósito de proteger las áreas que suministran agua a los acueductos.

Movimientos de remoción en masa

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Presencias de pendientes pronunciadas y suelos de clase agrológica	Corregimiento de El Encano-Vereda El Naranjal	Mejoramiento de suelos agrícolas y beneficios para el almacenamiento de carbono en cultivos, a través de la implementación de buenas prácticas de cultivo
Deterioro de la capa vegetal alrededor del lago y la inestabilidad de los taludes	Distintos barrios de las comunas 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11 y 12.	Priorización de las obras de estabilización de taludes en sectores de los barrios La Independencia, El Carmen y considerados áreas en condición de riesgo.
Mayor carga de sedimentos transportados por las corrientes hídricas y al aumento de lixiviados en los suelos		Implementar las medidas de mitigación necesarias para garantizar la estabilidad, habitabilidad y funcionalidad de las obras en los sectores afectados por remoción en masa
Infiltración en los suelos por la falta de cobertura vegetal		Reforestación, rehabilitación y vigilancia de las áreas desalojadas debido a su condición de riesgo no mitigable por fenómenos de remoción en masa

Islas de calor

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Aumento de la temperatura como consecuencia del cambio climático.	Municipio y zonas aledañas en general, con poco nivel de riesgo.	Monitoreo y seguimiento del fenómeno, planificación e investigación

Enfermedades transmitidas por vectores

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Factores sociales, ambientales (como temperatura, precipitación y humedad relativa), climáticos y de servicios públicos	Municipio y zonas aledañas en general, con bajo nivel de riesgo	Seguimiento y regulación de casos de dengue, chikungunya y otras enfermedades

PRIORIZACIÓN DE RIESGOS

Para llevar a cabo la evaluación cualitativa de Pasto, se identificaron las amenazas, impactos, vulnerabilidades y riesgos derivados del cambio climático presentes en la ciudad, utilizando el conocimiento técnico y territorial de los actores locales involucrados.

Con el objetivo de comprender las amenazas e impactos, se planteó la siguiente pregunta de investigación: **¿Qué amenazas o eventos climáticos han afectado su territorio?** En el caso de Montería, se identificaron principalmente las amenazas de aumento de temperatura y cambios en las precipitaciones, ya sea en forma de aumento o su disminución. Además, se identificaron los siguientes impactos y su frecuencia de ocurrencia:

- 1 **Inundaciones (fluviales y pluviales):** ocurren al menos una vez al año durante la temporada de lluvias intensas.
- 2 **Sequías:** se presentan al menos en temporadas de sequía, aunque se ha observado un incremento en las temporadas de lluvias.
- 3 **Movimientos de remoción en masa (deslizamientos y torrentes):** Ocurren dos veces al año durante la temporada de lluvias, generando deslizamientos y flujos de lodo.

Para comprender las vulnerabilidades, se adoptaron criterios que demuestran por qué el impacto hace más vulnerable a la ciudad:

1 Inundaciones (fluviales y pluviales):

- Cercanía de los sistemas urbanos a las rondas hídricas de los cuerpos de agua.
- Socavación del suelo.
- Baja capacidad hidráulica de la sección transversal.
- Condiciones geomorfológicas del territorio.

2 Sequía:

- Urbanización no planificada.
- Falta de sistemas de captación, manejo y tratamiento del recurso hídrico.
- Falta de normatividad y política pública enfocada en riesgo climático.

3 Movimientos de remoción en masa (deslizamientos y avenida torrencial):

- Condiciones geomorfológicas del territorio.
- Falta de sistemas de captación, manejo y tratamiento del recurso hídrico.
- Falta de cobertura vegetal.
- Urbanización no planificada.

Tabla 12. Evaluación cualitativa de riesgos climáticos.

	Riesgo						Valor promedio del riesgo
	Recurso hídrico	Seguridad alimentaria	Biodiversidad	Infraestructura	Hábitat humano	Salud	
Inundaciones (encharcamiento, desbordamiento)	NA	Medio	Bajo	Alto	Alto	Medio	0,6
Sequías (Desabastecimiento)	Bajo	Bajo	Alto	NA	NA	NA	0,5
Movimientos de remoción en masa (Av. torrenciales, deslizamientos)	Alto	Alto	Medio	Muy alto	Muy alto	Nulo	0,7
Islas de calor	NA	NA	Nulo	NA	NA	Nulo	
Enfermedades transmitidas por vectores	NA	NA	NA	NA	NA	Nulo	

CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN

A partir de la información recopilada y analizada, se seleccionaron diferentes criterios para evaluar los cinco riesgos abordados en el análisis y, de esta manera, priorizar los tres con mayor calificación. Los criterios utilizados fueron los siguientes:

1 Disponibilidad de información: se consideró la disponibilidad de información como el principal insumo para realizar la cartografía de riesgo.

2 Diagnóstico cualitativo: se realizó una evaluación cualitativa para tener una primera aproximación al nivel de riesgo que presenta cada dimensión frente a los riesgos evaluados.

3 Percepción del riesgo: se tomó en cuenta la percepción que tienen los diferentes actores de la ciudad sobre cada riesgo.

4 Percepción del impacto en la biodiversidad: se evaluó la percepción de los actores sobre el impacto de los riesgos en la dimensión de biodiversidad, considerando el enfoque ecosistémico del proyecto.

A cada criterio se le asignó un peso según su importancia para el desarrollo de las etapas posteriores del proyecto. El desglose completo de la evaluación se presenta en la Tabla 13, donde se detalla cada criterio y la información base utilizada para la priorización.

Figura 6. Diagramas de radar para cada criterio de priorización.



Tabla 13. Descripción de los criterios para la priorización de riesgos.

Priorización de riesgos							
Criterio	Descripción	Valor	1	2	3	4	5
Disponibilidad de información	Se evalúa qué porcentaje del total de indicadores requeridos para analizar el riesgo tienen información completa para determinarlos (4. Disponibilidad de info.).	35%	0,55	0,58	0,55	0,41	0,50
Diagnóstico cualitativo	A partir de la evaluación cualitativa de los riesgos (3. Riesgo climático).	25%	0,64	0,53	0,70	0	0
Percepción Grupo de Trabajo Riesgo Climático	A partir de la pregunta 1 de la encuesta de percepción de riesgo	30%	0,76	0,52	0,62	0,46	0,20
Percepción Impacto en la Biodiversidad Grupo de Trabajo Riesgo Climático	A partir de la pregunta 3 de la encuesta de percepción de riesgo.	10%	1,00	0,20	0,80	0,20	0
Total			0,68	0,51	0,63	0,30	0,24

CONCLUSIONES Y PRINCIPALES HALLAZGOS

A través de la recopilación y análisis de información realizados en el municipio de Pasto, se identificó que existen estudios en materia de cambio climático, gestión del riesgo y desarrollo sostenible. Estas herramientas permiten conocer los proyectos, programas, actividades y políticas que se desarrollan en el territorio y contribuyen a la construcción de resiliencia.

Es importante destacar que el Plan Municipal de Gestión de Desastres debe actualizarse de manera prioritaria, ya que aún no incluye la versión más reciente de los escenarios de cambio climático evaluados en la TCNCC. Además, las propuestas y el diagnóstico datan de varios años atrás (IDEAM, 2017). Esta actualización podría mostrar cambios en los riesgos a los que está expuesta la ciudad y, por lo tanto, cambios en la priorización y formulación de medidas de mitigación y adaptación a dichos riesgos.

Se identificó que los principales riesgos climáticos que afectan a la ciudad son las inundaciones y los movimientos de remoción en masa. Las inundaciones ocurren con mayor frecuencia y han causado daños significativos en las personas, la seguridad alimentaria, la biodiversidad, la infraestructura y el hábitat humano. Estas inundaciones están asociadas principalmente con las características topográficas y geomorfológicas de la ciudad, el uso del suelo en las llanuras de inundación, el desbordamiento de caños y canales, la obstrucción de redes de alcantarillado, y laderas deforestadas. Además, las dinámicas de los cuerpos hídricos del territorio generan una amenaza

potencial de crecientes súbitas o avenidas torrenciales que afectan a las comunidades asentadas en las márgenes del río y a los habitantes del municipio en general.

En cuanto a los movimientos de remoción en masa, este riesgo es relevante para el municipio de Pasto debido al aumento de la erosión hídrica, la deforestación, el cambio de uso del suelo (principalmente por cultivos) y la presencia de asentamientos informales en zonas de pendiente, lo que contribuye a la generación de deslizamientos.

Es importante destacar que el municipio ha avanzado en la caracterización y categorización de los impactos y zonas vulnerables frente a los movimientos de remoción en masa, tanto en el Plan de Ordenamiento Territorial como en el plan de gestión del riesgo municipal. Estos documentos, mapas y cuantificación de viviendas y predios en riesgo serán clave para el desarrollo del ARVC, donde la zonificación e identificación de zonas de riesgo desempeñarán un papel fundamental. Además, las estrategias y acciones propuestas para la prevención y mitigación de estos riesgos serán clave para complementar el desarrollo de otras estrategias centradas en soluciones basadas en la naturaleza.

Por otro lado, el riesgo de sequía se prioriza en el municipio, ya que hay presencia de tierras subhúmedas secas con una pequeña presencia de tierras secas, lo que indica cierto grado de vulnerabilidad. Otros riesgos como la isla de calor y las enfermedades transmitidas por vectores afectan al municipio en la actualidad, pero no tienen una incidencia tan evidente como las inundaciones

y los movimientos de remoción en masa. Es importante destacar que, como lo mencionó el IDEAM en la TCNCC, muchos municipios tienen altas probabilidades de sufrir grandes fluctuaciones en sus ciclos climáticos, lo que agravará el aumento de la temperatura e intensificará los periodos de lluvia, entre otras manifestaciones atmosféricas que podrían aumentar la ocurrencia de estos fenómenos.

Con este diagnóstico, se reafirma que el cambio climático debe ser una prioridad en la ejecución de políticas públicas, programas, proyectos y actividades desarrolladas en los territorios. Por lo tanto, es importante fortalecer y enriquecer las acciones que se están llevando a cabo para mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos y convertir las ciudades en lugares seguros y resilientes.

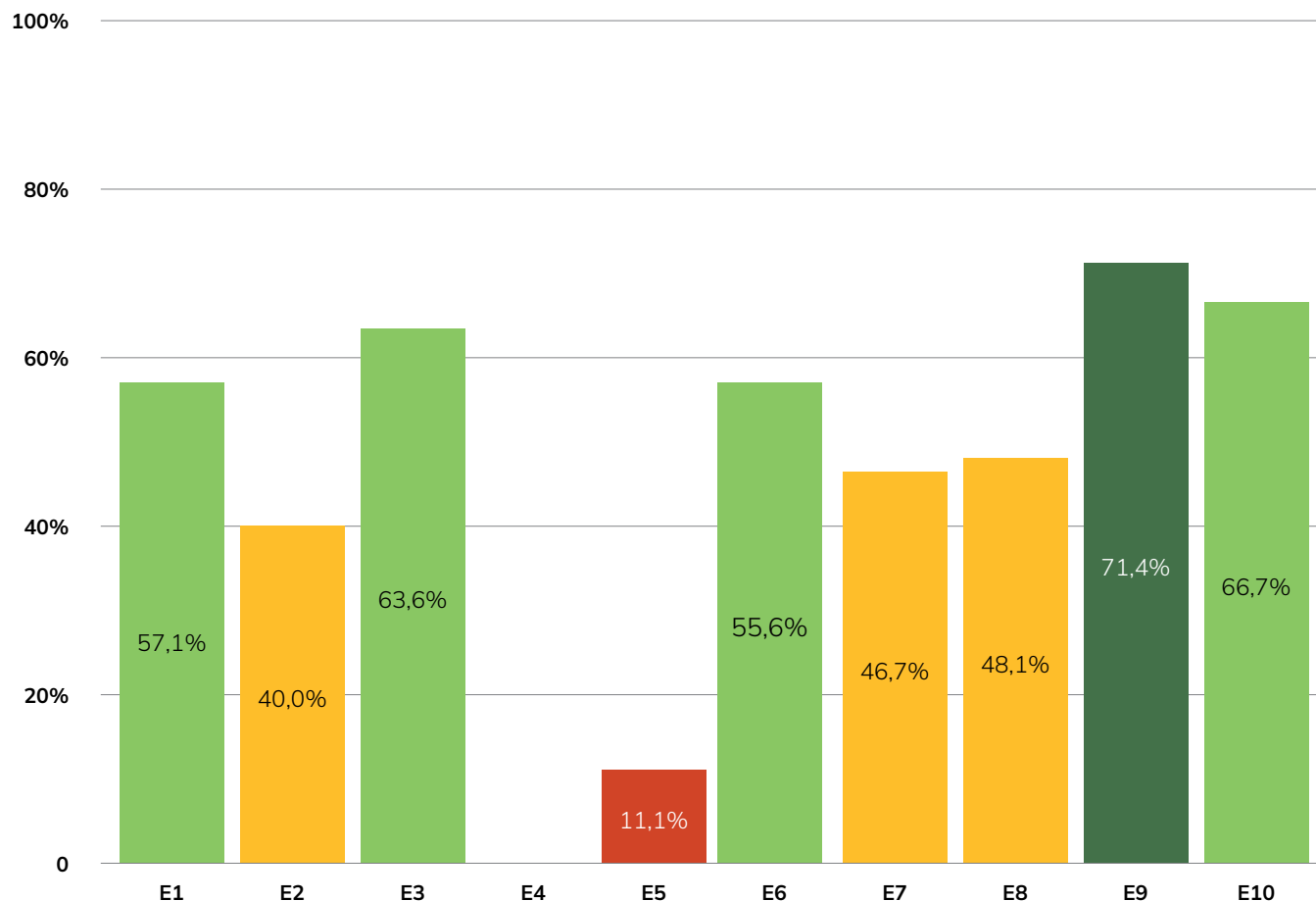
BIBLIOGRAFÍA DIAGNÓSTICO

- Alcaldía de Pasto. (2020). Información General. Pasto (Nariño), Colombia.
- Alcaldía de Pasto. (2016). Plan de Ordenamiento Territorial 2015-2027.
- Alcaldía de Pasto. Plan de Ordenamiento Territorial: Pasto, territorio Con-Sentido. Cuaderno Diagnóstico Ambiental.
- Chakraborty, T., & Lee, X. (2019). A simplified urban-extent algorithm to characterize surface urban heat islands on a global scale and examine vegetation control on their spatiotemporal variability. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 74, 269-280.
- Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2012). Plan Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres. Pasto.
- DANE. (2010). Censo General 2005: Pasto. Bogotá.
- GIZ and EURAC. (2017). Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook. Guidance on how to apply the Vulnerability Sourcebook's approach with the new IPCC AR5 concept of climate risk. Bonn: GIZ.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, Cancillería. (2017). Análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático en Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, Cancillería, FMAM. Bogotá D.C., Colombia.
- lhobe, gobierno Vasco. (2019). Guía para la elaboración de planes de adaptación al cambio climático para organizaciones" Klima 2050. Sociedad Pública de Gestión Ambiental, Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Gobernación de Nariño). (2019). Plan integral de gestión del cambio climático territorial.
- Palacios, F. (2008). Identificación y caracterización de las áreas propensas a inundación de características similares a las sucedidas en mayo del año 2000 en la comuna cinco de la ciudad de San Juan de Pasto: caso barrio El Pilar. Informe final de Trabajo de Grado. Universidad de Nariño.
- Narváz Mora, N., & Viteri Palacio, M. (2009). Plan Departamental De Gestión Del Riesgo Nariño 2008-2018. Universidad Tecnológica De Pereira Facultad De Ciencias Ambientales San Juan De Pasto.
- Unidad Nacional de Gestión del Riesgo. (1998-2017). Consolidado reporte de emergencias.

RESULTADOS SCORECARD

	Aspectos esenciales	Puntuación	Resiliencia
E1	Organizarse para la resiliencia	57,1%	Media alta
E2	Identificar, comprender y utilizar los escenarios de riesgos actuales y futuros	40,0%	Media baja
E3	Fortalecer la capacidad financiera para la resiliencia	63,6%	Media alta
E4	Promover el diseño y desarrollo urbano resiliente	0,0%	Baja
E5	Proteger las zonas naturales de amortiguación para mejorar las funciones de protección de los ecosistemas	11,1%	Baja
E6	Fortalecer la capacidad institucional para la resiliencia	55,6%	Media alta
E7	Comprender y fortalecer la capacidad social para la resiliencia	46,7%	Media baja
E8	Aumentar la resiliencia de la infraestructura vial	48,1%	Media baja
E9	Asegurar una respuesta efectiva ante los desastres	71,4%	Alta
E10	Acelerar el proceso de recuperación y reconstruir mejor	66,7%	Media alta
	Total	50,3%	Media alta

Puntaje Scorecard - MCR2030



A partir de la aplicación del Scorecard se pudo determinar que el municipio de Pasto presenta una resiliencia media-alta en cuanto a su gobernanza sobre la gestión del riesgo de desastres. Para incrementar su resiliencia, se deben realizar mejoras en los siguientes aspectos:

- 1 Promover, a través de los instrumentos de planificación territorial, que los nuevos desarrollos urbanos incorporen criterios sostenibles que aumenten la resiliencia frente a los riesgos climáticos y los impactos derivados del cambio climático.
- 2 Divulgar el conocimiento sobre el capital natural que posee el municipio y fomentar su apropiación por parte de la población para que reconozca el valor ecosistémico de su territorio.

- 3 Implementar proyectos relacionados con la infraestructura verde y azul, que se enfoquen en soluciones basadas en la naturaleza para aumentar la resiliencia ante los riesgos climáticos.
- 4 Incorporar sistemas de parques y áreas protegidas locales dentro del casco urbano del municipio, que no solo contribuyan a la mitigación del riesgo climático, sino también al suministro de servicios ambientales y ecosistémicos beneficiosos para la población.

Generar políticas y directrices que integren el diseño y la planificación urbana resiliente al cambio climático, teniendo en cuenta las condiciones geológicas y geomorfológicas del territorio.

*Capítulo 3*

RESULTADOS ESPACIALES

p. 53

Delimitación del área
de estudio

p. 54

Riesgo por Sequía

p. 62

Riesgo por Inundación

p. 74

Riesgo por Movimientos de
remoción en masa

p. 88

Riesgo Crítico

p. 93

Escenarios de Cambio Climático

p. 101

Análisis de índices de
Cambio Climático

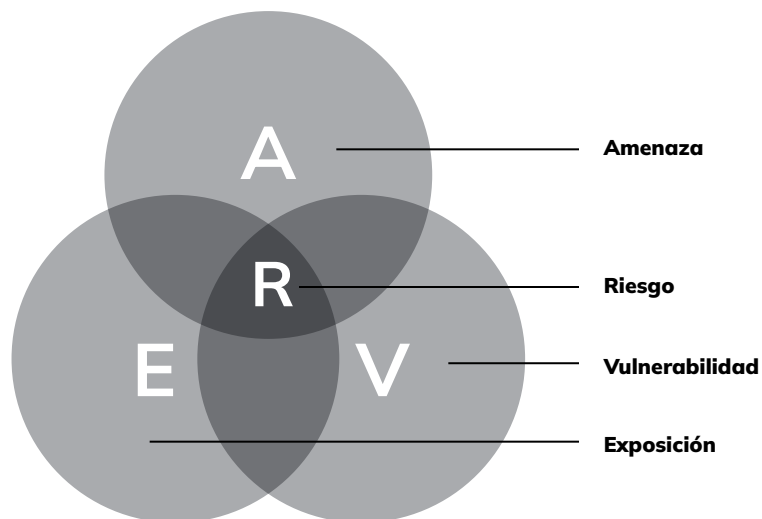
Tabla 14. Definición de las dimensiones del bienestar y elementos expuestos incluidos dentro del análisis de riesgo y vulnerabilidad climática.

Dimensión	Definición	Elementos expuestos
Recurso hídrico	Esta dimensión hace referencia, por una parte, a la disponibilidad y acceso al agua potable para la población. Por otra parte, se evalúa el estado de los cuerpos de agua. Para su evaluación, se tomará en cuenta la capacidad de los acueductos municipales, la eficiencia en el consumo y el acceso, a fin de analizar la disponibilidad del recurso hídrico.	<ol style="list-style-type: none"> 1 Cuerpos de agua 2 Pozos profundos, bocatomas y PTAP 3 Acueducto 4 Personas
Seguridad alimentaria	Bajo esta dimensión, se considerarán las actividades agrícolas que se desarrollan en el municipio, que son un aporte significativo para la disponibilidad de alimentos. Su evaluación integrará criterios para establecer las capacidades técnicas de las prácticas agrícolas.	<ol style="list-style-type: none"> 1 Uso agrícola 2 Uso pecuario
Biodiversidad	Con esta dimensión se busca identificar los efectos de los impactos climáticos en los ecosistemas y la biodiversidad de las ciudades. En este sentido, se tomarán en cuenta las condiciones y capacidades de los hábitats naturales urbanos, incluyendo sus coberturas y las características de las especies que los habitan.	<ol style="list-style-type: none"> 1 EEP/Áreas protegidas 2 Bosques 3 Humedales 4 Ríos
Infraestructura	Para esta dimensión, se incluyó la infraestructura asociada al transporte, como vías principales y aeropuertos, alcantarillado y acueducto, energía, y centros de salud, y cómo esta puede verse afectada por los diferentes tipos de riesgo.	<ol style="list-style-type: none"> 1 EEP/Áreas protegidas 2 Bosques 3 Humedales 4 Ríos

Dimensión	Definición	Elementos expuestos
Salud	En esta dimensión se considerará la población más vulnerable, incluyendo niños menores de 10 años y adultos mayores de 60 años, el acceso de la población a centros de salud, así como la capacidad instalada de estos centros.	<ol style="list-style-type: none"> 1 Personas
Hábitat humano	A través de esta dimensión se analizará la densidad y el tipo de viviendas presentes en la ciudad, así como las condiciones físicas en las que se encuentran los asentamientos. También se tomará en cuenta la infraestructura asociada a centros educativos y culturales, y zonas de recreación como plazas y parques.	<ol style="list-style-type: none"> 1 Viviendas 2 Parques que no están en la EEP 3 Plazoletas 4 Centros educativos y culturales

Considerando la visión del último informe del IPCC (2022)¹, en el cual se establece que el riesgo se compone de amenaza, exposición y vulnerabilidad, los modelos de riesgo se basan en el uso de indicadores para cada uno de estos componentes. El indicador de amenaza considera el comportamiento de variables climáticas como la precipitación y la temperatura, con el fin de identificar las zonas donde pueden ocurrir los riesgos climáticos evaluados. Por otra parte, el indicador de exposición tiene en cuenta los elementos mencionados en la Tabla 14. Este indicador permite ubicar espacialmente estos elementos en las zonas de amenaza. Finalmente, el indicador de vulnerabilidad se divide en dos subindicadores: el primero caracteriza la sensibilidad de los elementos expuestos y el segundo evalúa su capacidad

de respuesta. Para obtener información más detallada sobre los indicadores utilizados en el modelo de riesgo para cada dimensión, consulte el material en la sección Anexos.

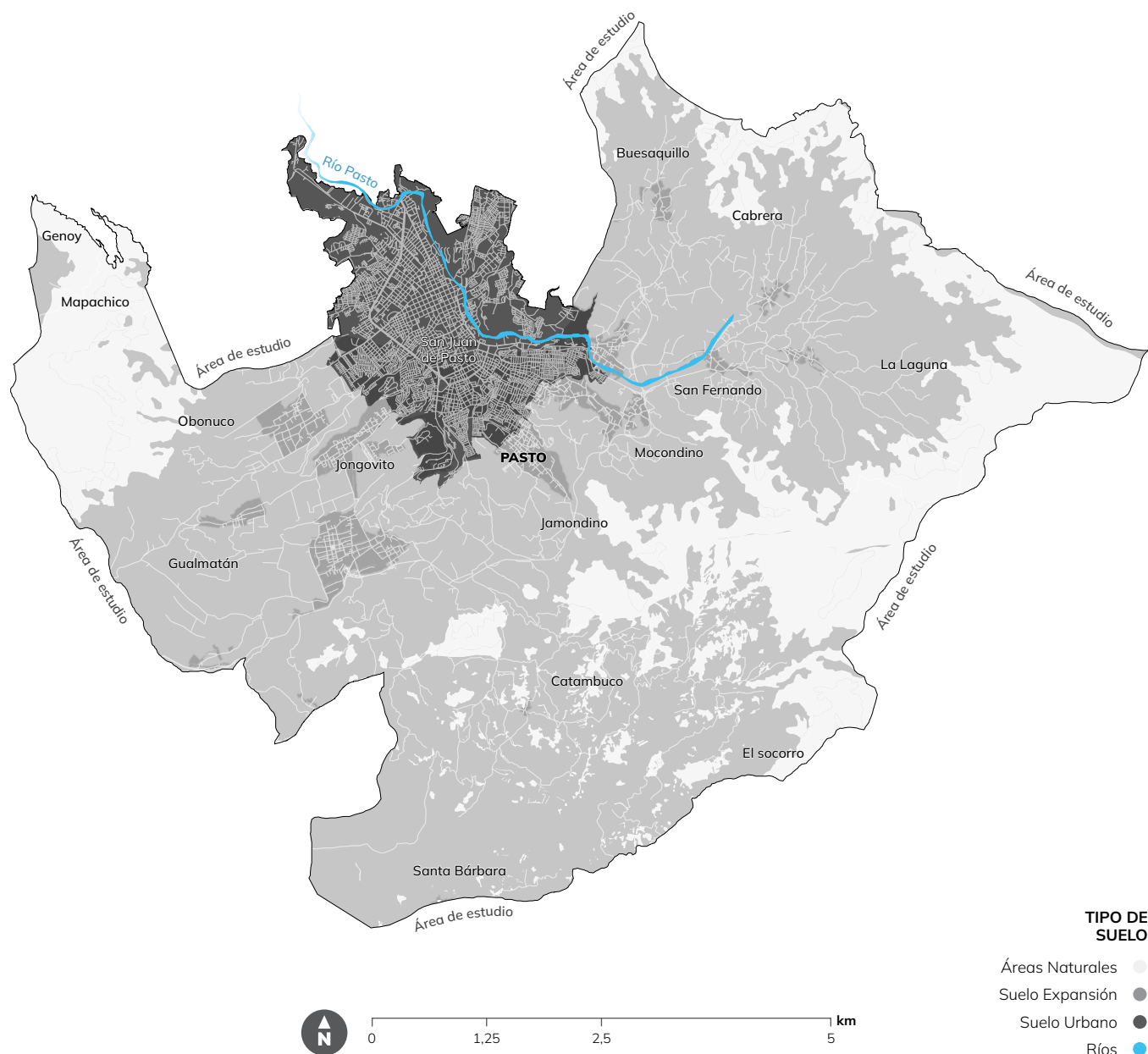


1. IPCC, 2022: Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33, doi:10.1017/9781009325844.001.

Delimitación del ÁREA DE ESTUDIO

Para delimitar el área de estudio para el ARVC, se partió de un área base definida a partir del suelo que ha sido clasificado por el municipio como suelo urbano y suelo de expansión urbana. En estas dos categorías de uso del suelo se hace más evidente el análisis para las dimensiones de hábitat humano, infraestructura y salud, ya que es allí donde se concentra la

población. A esta área base, se le adicionaron las áreas naturales periurbanas, que incluyen las áreas que hacen parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, y aquellas otras áreas que tienen una importancia ecosistémica, por las funciones ecológicas que proveen y las contribuciones que brindan a las personas y a sus medios de vida.





Riesgo por

SEQUÍA

Es un período de tiempo en el cual hay escasez de recurso hídrico, ya sea debido a la falta de precipitaciones, una disminución en la cantidad promedio de lluvias o un aumento anormal de la temperatura. Esto conlleva a la reducción del caudal de los ríos y/o a la reducción de la humedad en el suelo. Este fenómeno puede provocar un desequilibrio hidrológico importante en los ecosistemas, alterando sus funciones ecológicas².

AMENAZA POR SEQUÍA

La amenaza por sequía se analizó teniendo en cuenta la distribución espacial de la precipitación total anual y las áreas donde se registran los periodos más prolongados de sequía, evaluados mediante el indicador CDD (días consecutivos de sequía en

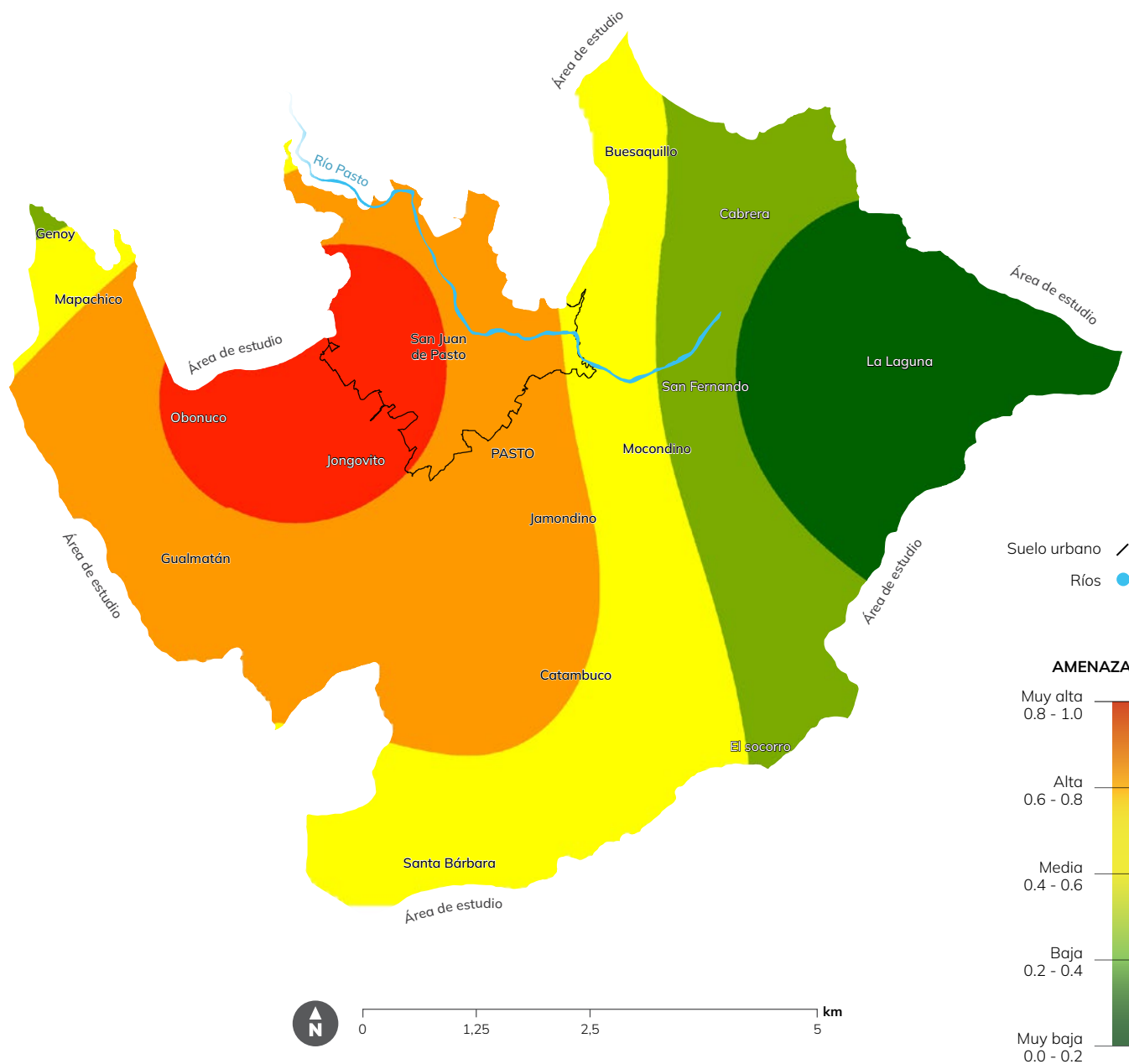
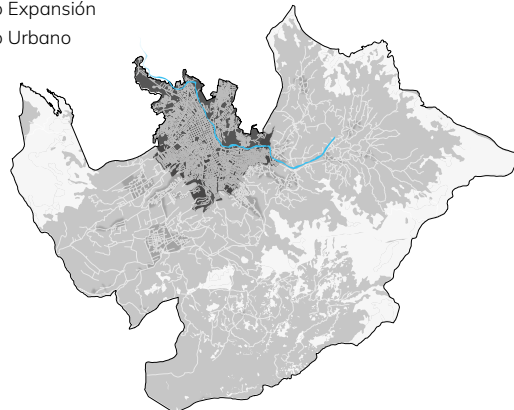
inglés). Se observa que las zonas con menor precipitación anual se encuentran en la zona nororiental del área de estudio, coincidiendo con los periodos más prolongados sin lluvia. Por lo tanto, los valores más críticos de amenaza por sequía se concentran a lo largo del casco urbano, especialmente en el nororiente, y se extienden con una amenaza alta y muy alta hacia la zona comprendida entre el casco urbano y el Galeras.

2. IDEAM. (2023). GLOSARIO. IDEAM. <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario#S>



La sequía afecta a los ecosistemas al reducir el caudal de los ríos y la humedad del suelo. La distribución espacial de la precipitación revela zonas con mayor riesgo de sequía, especialmente en el nororiente, amenazando el casco urbano y el área cercana al Galeras.

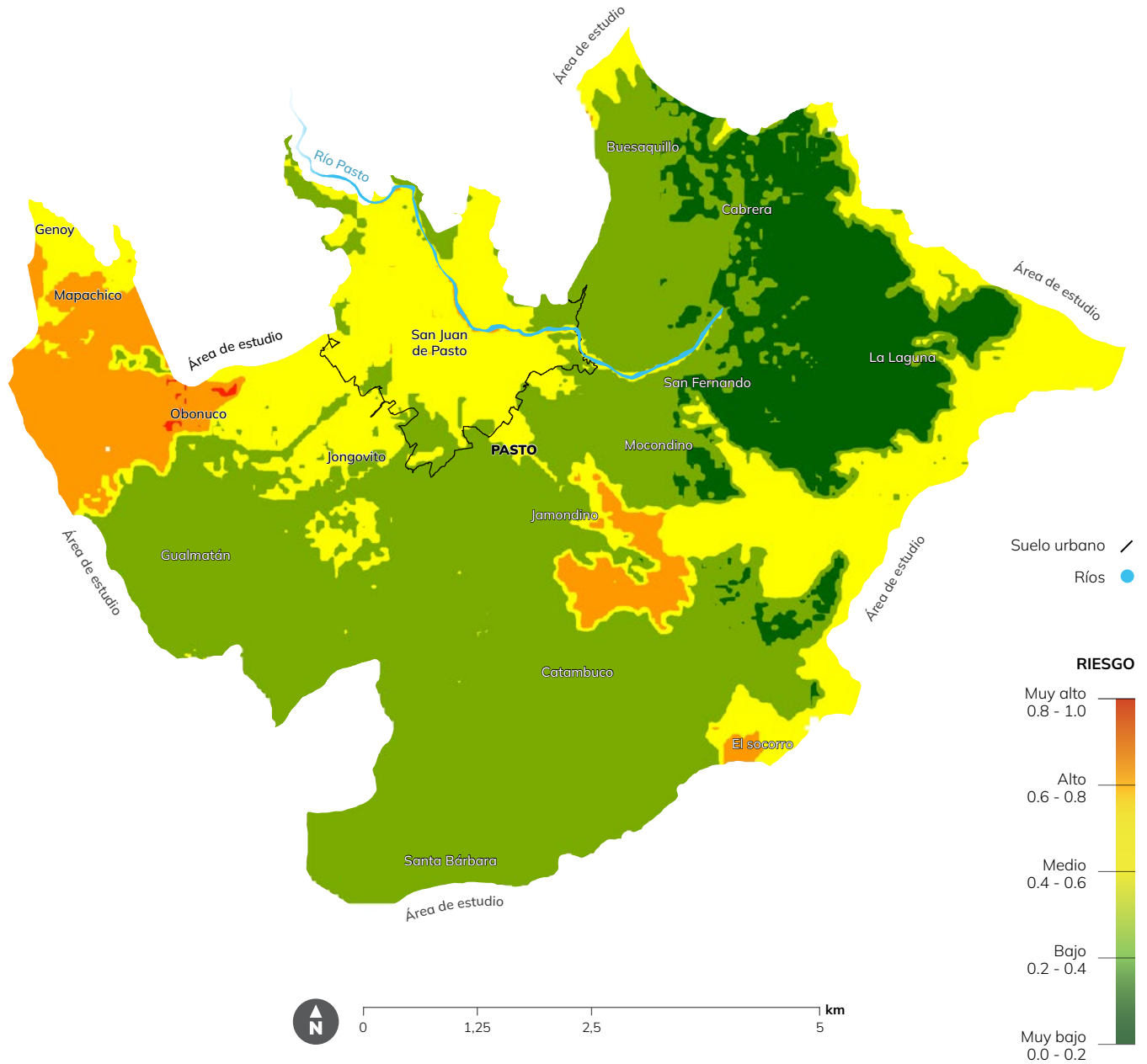
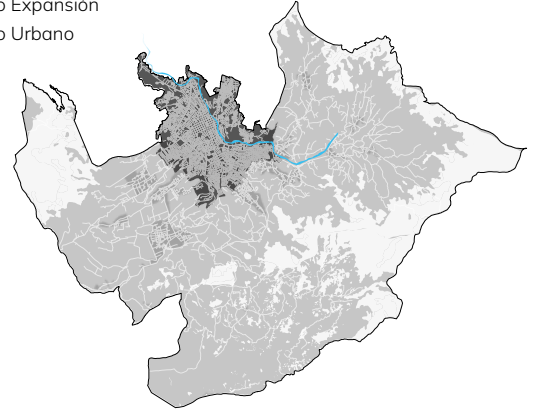
- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



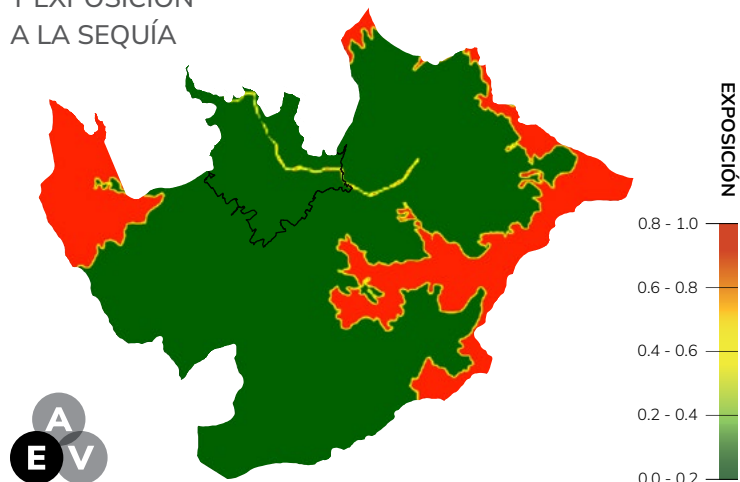
BIODIVERSIDAD Y RIESGO POR SEQUÍA

Las áreas naturales más alejadas del cuerpo hídrico de Pasto, como Obonuco y Gualmatán en el oeste, y las zonas protegidas en el este, están expuestas a sequías.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



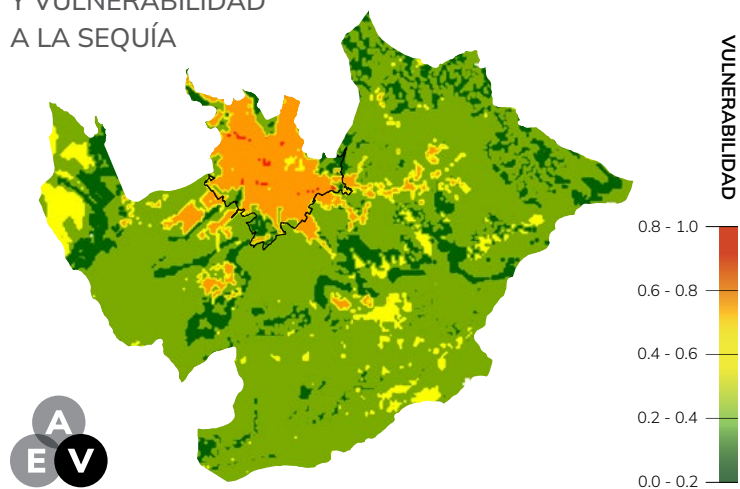
BIODIVERSIDAD Y EXPOSICIÓN A LA SEQUÍA



Las áreas naturales que se encuentran en las regiones más alejadas del cuerpo hídrico del mapa, como Obonuco y Gualmatán en el extremo oeste, y en todo el límite este que abarca Cabrera, La Laguna, Mocondino, Jamondino y Catambuco, están expuestas a sequías. Estas son las áreas donde se ubican las zonas ambientales protegidas. En la parte sur, la exposición se registra como baja debido a la ausencia de parques nacionales o reservas forestales en esa área.

Se puede apreciar que, para esta categoría, los corregimientos de Gualmatán, Mapachico, Genoy y parte de Obonuco presentan un riesgo alto, mientras que entre Catambuco y Jamondino se presenta un riesgo alto también. Estos corregimientos se encuentran dentro del área protegida Santuario de Fauna y Flora (SFF) Galeras. Además, debido a que son ecosistemas de páramo (occidente del municipio) y bosque, su tipo de suelo y su ubicación en los ecosistemas más vulnerables de la lista roja, aumentan su riesgo ante las sequías. Además, es posible que las prácticas de conservación implementadas en estas zonas no sean suficientes para garantizar su resiliencia.

BIODIVERSIDAD Y VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA

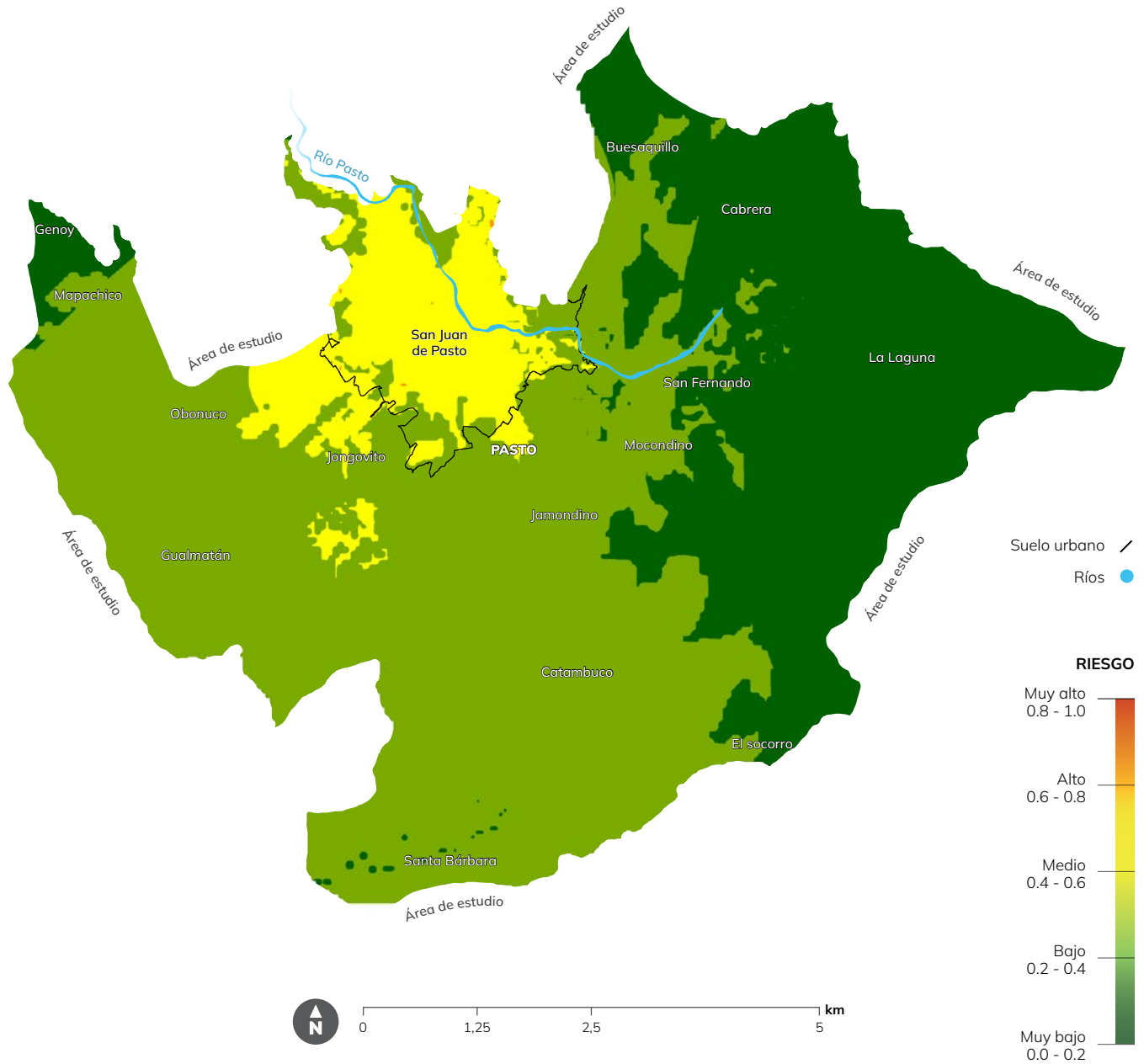
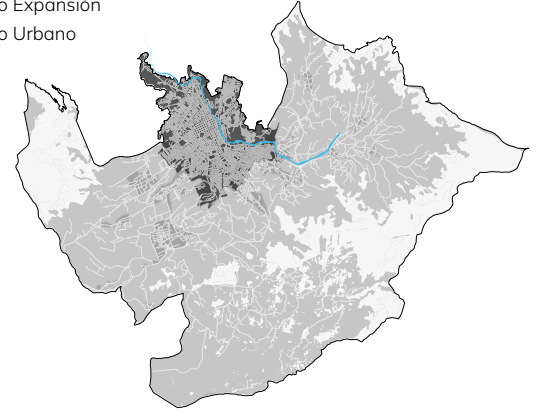


Este modelo fue desarrollado utilizando capas de información sobre la humedad del suelo y la protección de las zonas rurales en términos de su tipo de uso, como conservación y uso sostenible. Pasto está ubicada en una zona montañosa, cerca de un volcán, y cuenta con una vegetación baja y múltiples mosaicos de cultivo. Como resultado, casi toda el área analizada indica algún grado de vulnerabilidad. En cuanto al riesgo de sequía, el casco urbano tiene el mayor impacto en la biodiversidad según este modelo, mientras que las zonas con una vegetación más robusta muestran un menor riesgo.

RECURSO HÍDRICO Y RIESGO POR SEQUÍA

Las zonas más altas y protegidas son menos vulnerables, mientras que el casco urbano y áreas de suelo expuesto presentan mayor vulnerabilidad.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano

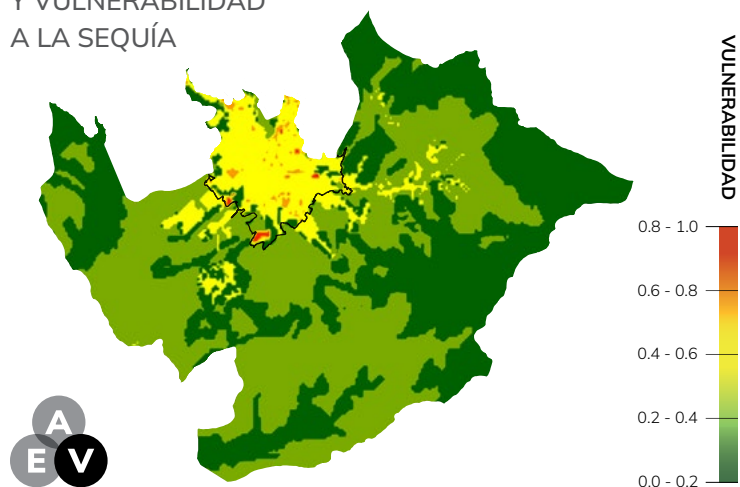


RECURSO HÍDRICO Y EXPOSICIÓN A LA SEQUÍA



Se registró solo un punto de alta exposición a las sequías en esta dimensión de recurso hídrico, el cual se encuentra en la parte urbana. Además, se observaron marcaciones de exposición baja en la zona limítrofe con Buesaquillo, en el extremo norte, lejos del cuerpo de agua indicado en el mapeo. Esta dimensión utiliza indicadores de densidad poblacional y presencia de cuerpos hídricos, lo que explica la única marca de alta exposición encontrada en el área urbana, alejada del cuerpo de agua.

RECURSO HÍDRICO Y VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA



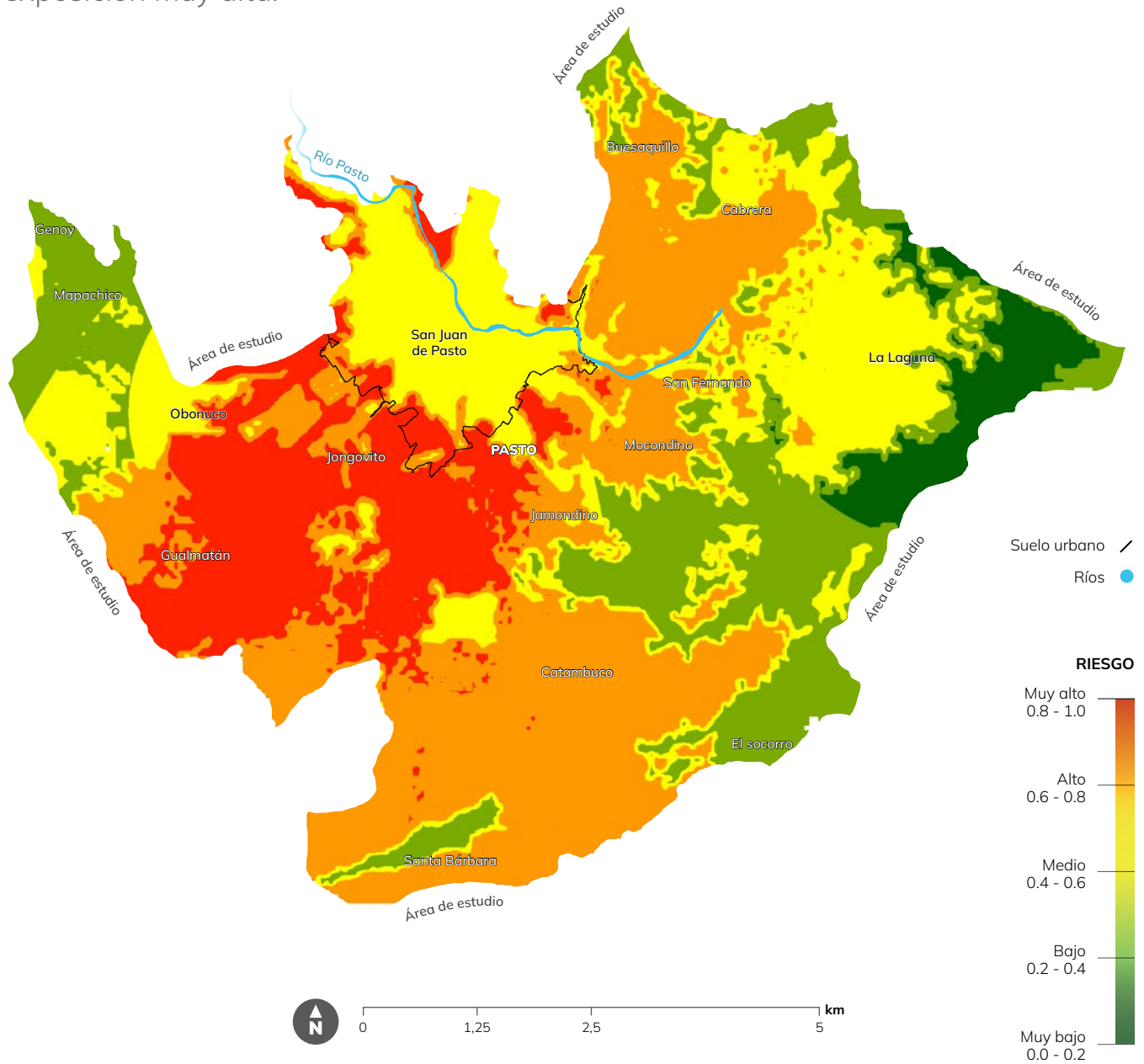
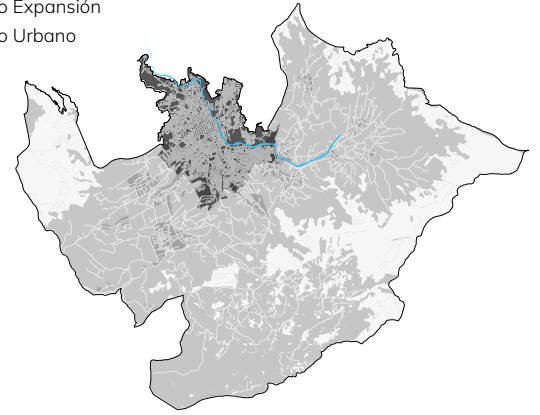
Para este modelo, se utilizaron datos poblacionales, como indicadores de pobreza multidimensional y acceso al suministro de agua, junto con información sobre la protección de los cuerpos hídricos. Las zonas más altas, como las que forman parte del sistema natural de drenaje, como los lechos de ríos, los bosques de galería y las líneas de drenaje topográfico, son las menos vulnerables debido a su contenido de humedad inherente. Por otro lado, el casco urbano y, especialmente, las zonas de suelo expuesto, son los puntos más vulnerables identificados por este modelo.

A pesar de que en Pasto no se han registrado casos de desabastecimiento por el río Pasto, es posible que se presenten disminuciones en el servicio, como se evidencia en el mapa. Se observa que la principal afectación se daría en la zona urbana, donde se encuentra la red de acueducto, y también en algunas zonas periurbanas, como el corregimiento de Catambuco, Jongovito y Obonuco. Es importante tener en cuenta que las tendencias de aumento de temperatura y variabilidad en los patrones de precipitación podrían afectar al municipio en los próximos años.

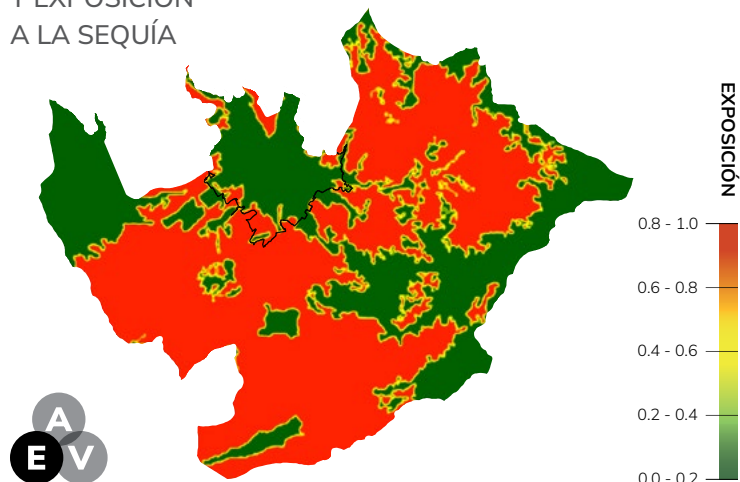
SEGURIDAD ALIMENTARIA Y RIESGO POR SEQUÍA

El mapa revela alta exposición en áreas agrícolas y pecuarias en caso de sequía. Regiones como La Laguna, Cabrera, Jamondino y Gualmatán muestran exposición muy alta.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



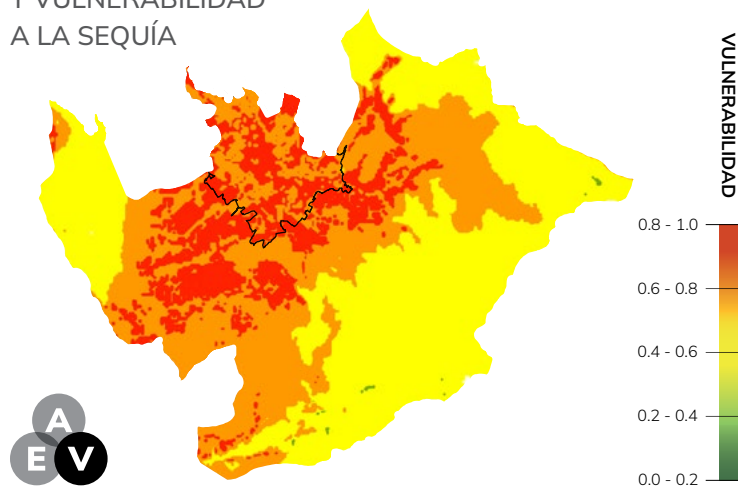
SEGURIDAD ALIMENTARIA Y EXPOSICIÓN A LA SEQUÍA



Este mapa muestra alta exposición a la sequía en áreas agrícolas y pecuarias. La zona limítrofe norte tiene los índices más altos. Las regiones La Laguna, Cabrera, San Fernando, Jamondino, Mocondino, Obonuco, Catambuco, Jongovito y Gualmatán también presentan alta exposición debido a su ubicación lejos del agua y uso agrícola predominante.

Se puede observar que esta dimensión presenta un riesgo muy alto en gran parte de la zona oriental del municipio, incluyendo los corregimientos de Obonuco, Gualmatán, Jongovito, Catambuco y Jamondino, así como en el norte de la zona urbana, en la comuna 9. Esto se debe a que en estas regiones predominan los suelos áridos que tienen dificultades para retener el agua, lo que resulta en niveles de humedad muy bajos. Estos factores están estrechamente relacionados con las zonas donde se registran más días consecutivos sin lluvia, lo que aumenta significativamente el riesgo. Por otro lado, en la parte sur y nororiental del municipio se presenta un riesgo alto, ya que, aunque estos suelos tienen una mayor capacidad de retención de humedad, siguen siendo suelos áridos.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA



Para esta dimensión, se utilizaron indicadores de aridez, nivel de humedad en la vegetación y protección del suelo agropecuario. Se puede observar que en el centro y parte del oeste del área de estudio se identifican altos niveles de riesgo. Esto puede atribuirse a la presencia de suelos áridos, los cuales tienen una capacidad reducida para retener agua. Además, es posible que en estas zonas no se estén implementando prácticas sostenibles en los cultivos, lo que contribuye a una menor capacidad de resistencia ante periodos de sequía.



Riesgo por

INUNDACIÓN

Es un fenómeno natural que se produce debido a lluvias intensas y persistentes, lo cual eleva el nivel de agua en los cuerpos de agua, provocando desbordamientos y la dispersión del agua en áreas circundantes. Estas inundaciones suelen ser lentas y prolongadas, aunque también existen las inundaciones súbitas que ocurren en cuerpos de agua en zonas montañosas o en terrenos con pendientes pronunciadas, donde las crecidas son repentinas y de corta duración³.

AMENAZA POR INUNDACIÓN

La amenaza de inundación se modeló utilizando información sobre la precipitación total anual y su comportamiento dentro del área de estudio. Además, se consideraron los estudios de amenaza incluidos en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), que abarcan las cotas de inundación para diferentes periodos de retorno y el inventario de eventos de inundación proporcionado por la Dirección

de Gestión del Riesgo de Desastres de Pasto (DGRD).

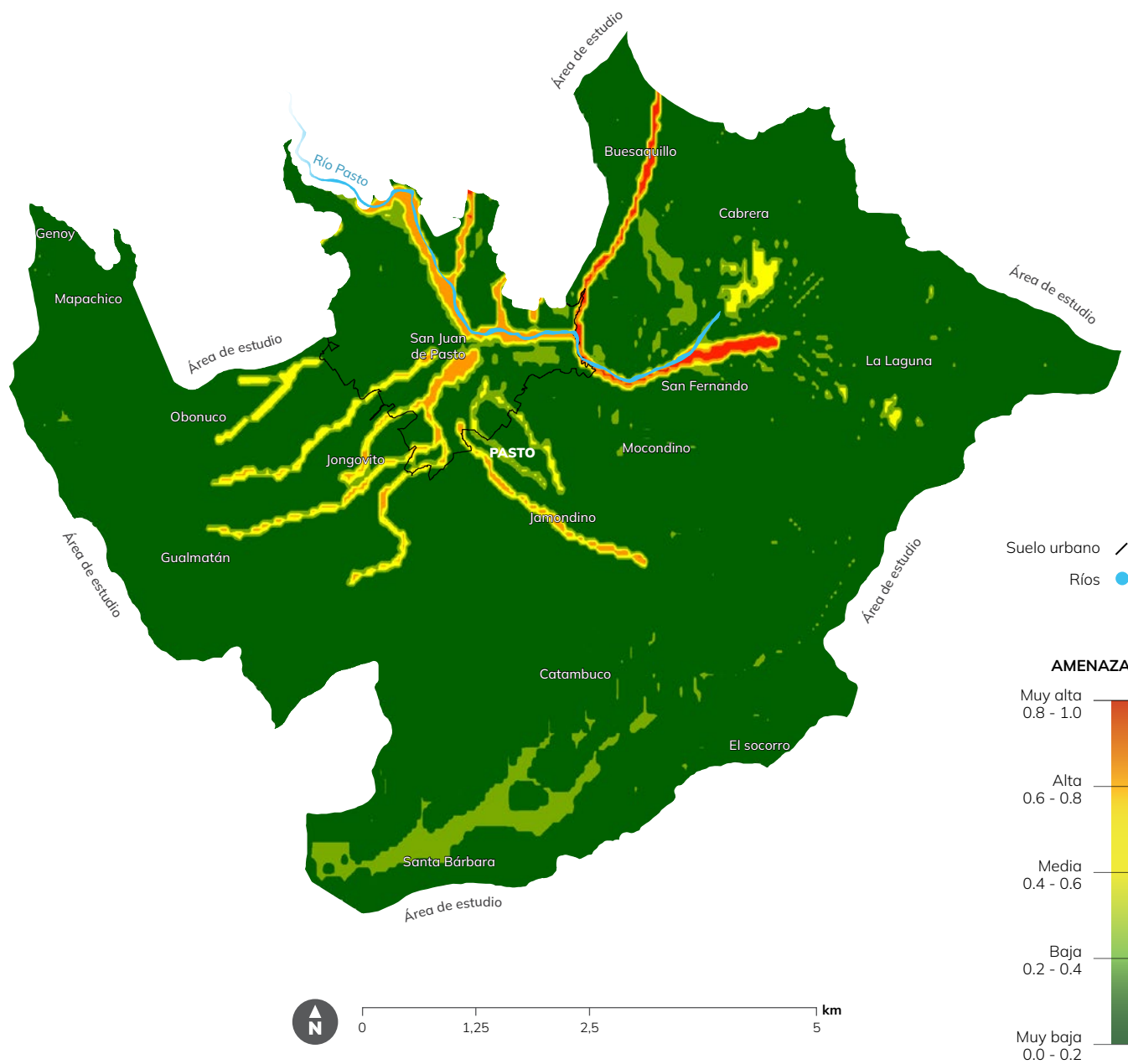
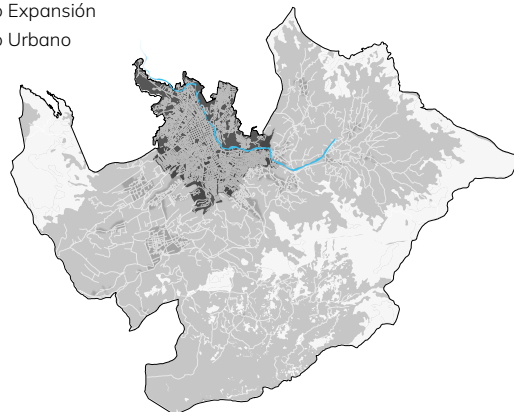
Teniendo en cuenta lo anterior, la amenaza de inundación está principalmente asociada al río Pasto, sus afluentes y las áreas circundantes. El río Pasto representa una amenaza muy alta en la parte oriental de la ciudad, mientras que hacia el norte la amenaza disminuye a niveles altos y medios. Diversas quebradas ubicadas al suroeste del río Pasto también presentan valores de amenaza media y baja. La quebrada El Quinche, como afluente del río Pasto, muestra los niveles más altos de amenaza. Esto se debe a que la zona nororiental del municipio registra las mayores precipitaciones.

3. IDEAM. (2023). GLOSARIO. IDEAM. <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario#S>



Las inundaciones son causadas por lluvias intensas y persistentes, lo que provoca desbordamientos en los cuerpos de agua. El río Pasto y sus afluentes representan una amenaza muy alta en la ciudad, especialmente en la zona oriental.

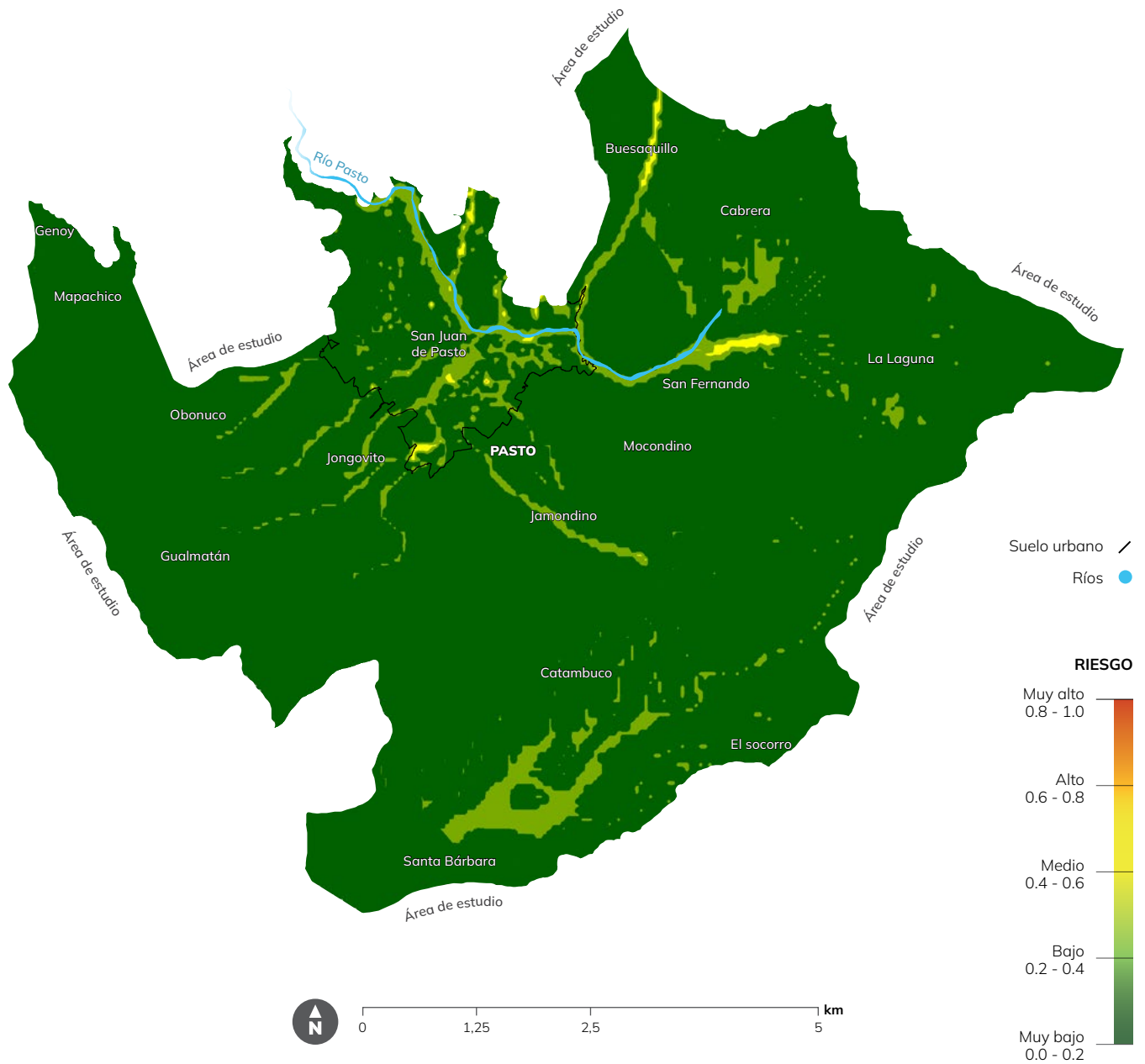
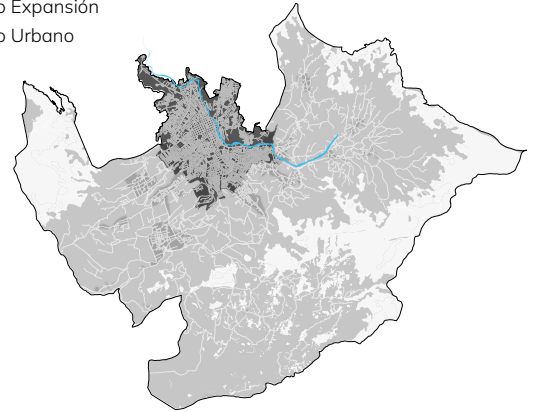
- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



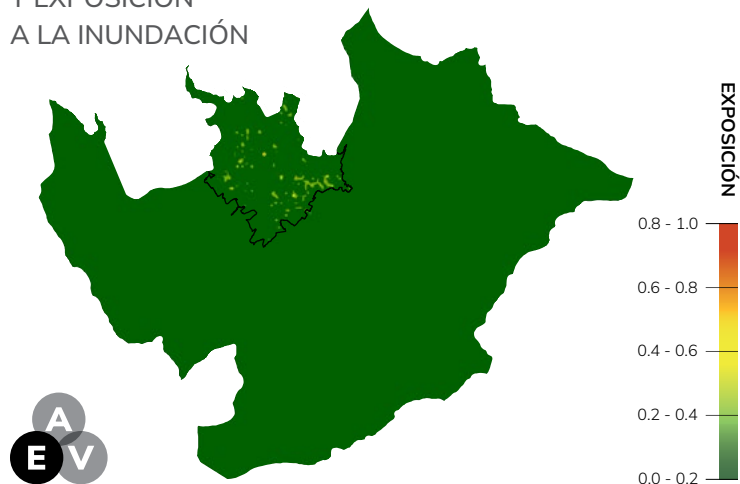
SALUD Y RIESGO POR INUNDACIÓN

La exposición a riesgos de inundaciones en la zona urbana de Pasto es baja en general, pero se identificó un punto de muy alta exposición en una ubicación central.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



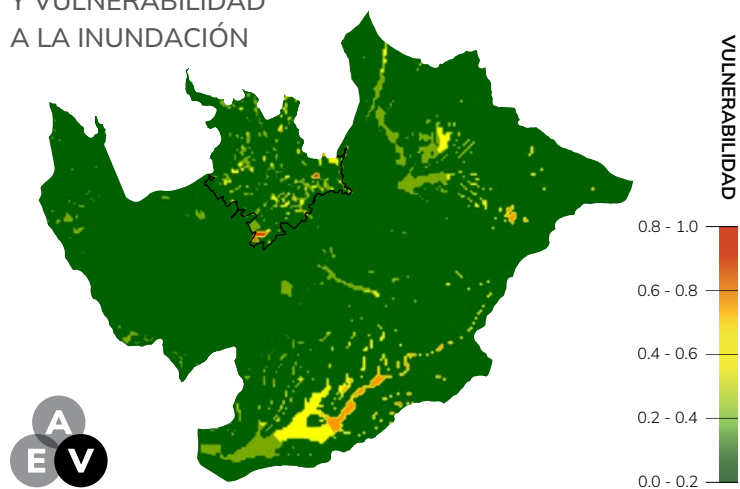
SALUD Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN



Se puede observar que el riesgo medio se presenta en el sur de la zona urbana, específicamente en la comuna 5. Esto se debe a las condiciones socioeconómicas de las poblaciones que residen en esa área, las cuales no son las mejores. Además, al encontrarse en una zona propensa a inundaciones, estas poblaciones son más vulnerables en comparación con otras áreas.

En la región de Pasto, específicamente en la zona urbana, los resultados indican que la exposición de la población a riesgos para la salud debido a inundaciones es baja en general. Sin embargo, se identificó un punto de muy alta exposición en una ubicación central del área urbana.

SALUD Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN

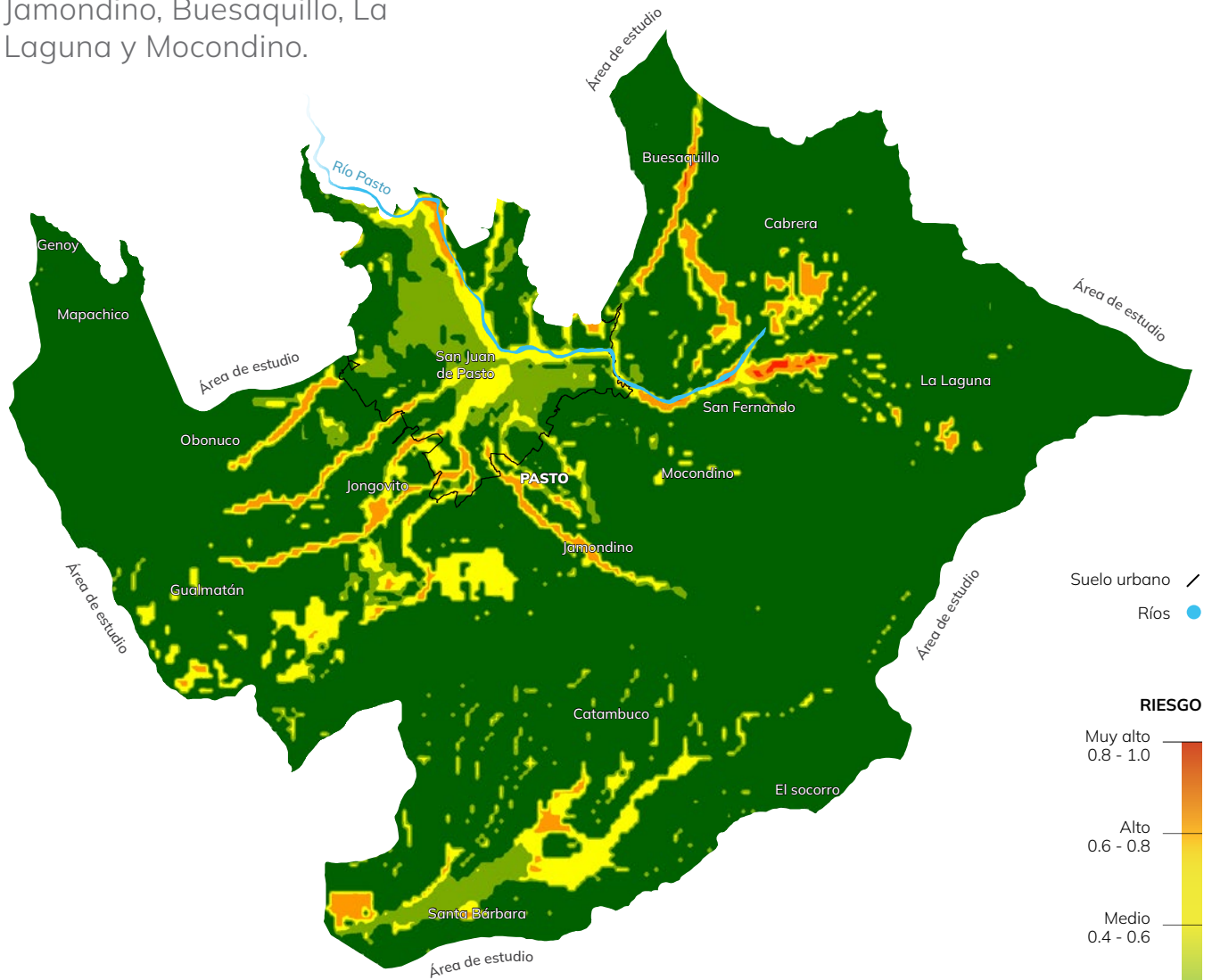
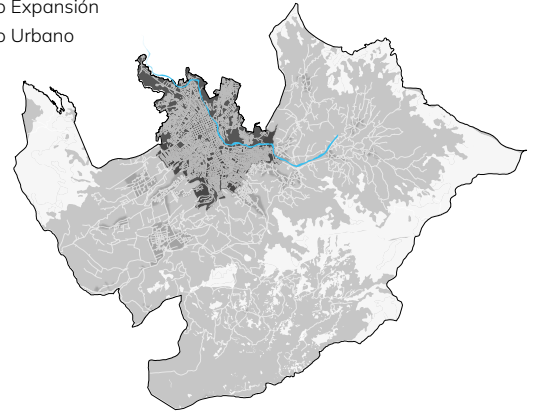


Este modelo tiene en cuenta información socioeconómica relacionada con la proximidad a instalaciones de salud y con la población en edad sensible. Se pondera en base a la identificación de zonas propensas al riesgo de inundación, considerando áreas planas. Las áreas marcadas en rojo en el casco urbano de Pasto indican zonas socialmente vulnerables, mientras que algunas áreas en color naranja en el este representan comunidades rurales.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y RIESGO POR INUNDACIÓN

El análisis reveló puntos dispersos de alta exposición a inundaciones en las áreas como Cabrera, Catambuco, Jongovito, Obonuco, Gualmatán, Jamondino, Buesaquillo, La Laguna y Mocondino.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



Suelo urbano /

Ríos ●

RIESGO

Muy alto 0.8 - 1.0

Alto 0.6 - 0.8

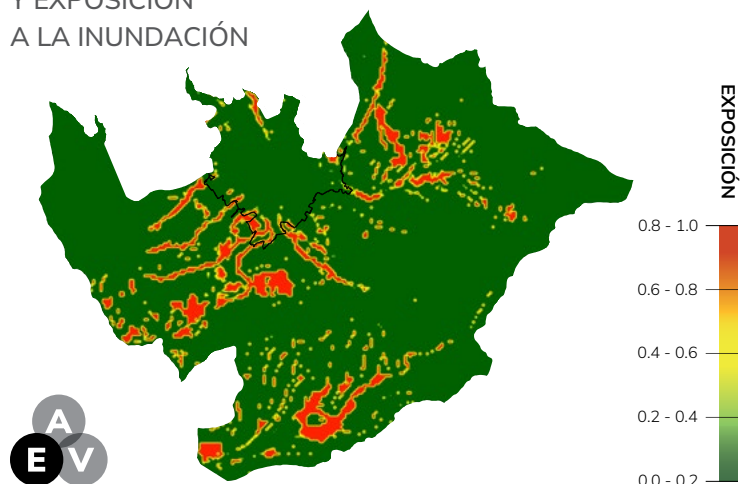
Medio 0.4 - 0.6

Bajo 0.2 - 0.4

Muy bajo 0.0 - 0.2



SEGURIDAD ALIMENTARIA Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN

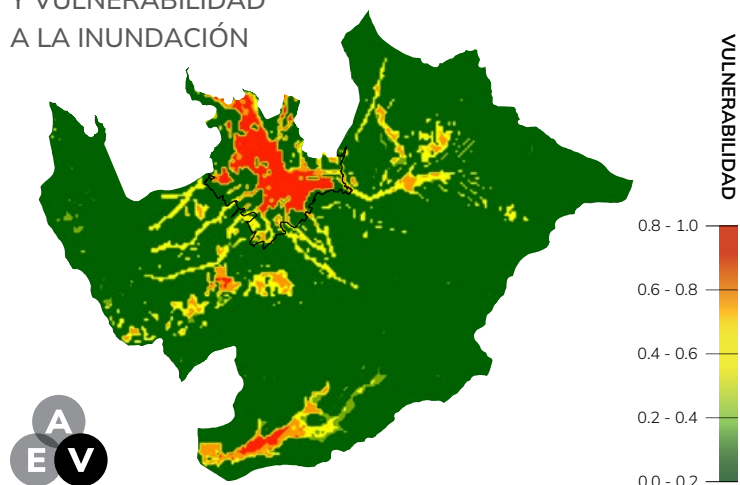


El análisis arrojó resultados dispersos. En el mapeo, se identificaron puntos de alta exposición en las regiones que rodean el área urbana, como Cabrera, Catambuco, Jongovito, Obonuco, Gualmatán, Jamondino, Buesaquillo, así como algunas zonas en La Laguna y Mocondino. Estos territorios están expuestos a inundaciones debido a la presencia de cuerpos de agua en el mapa, lo cual puede afectar la agricultura y la producción de alimentos, ya que el indicador utilizado fue el uso agrícola y pecuario.

Para esta dimensión, se tuvieron en cuenta los suelos agropecuarios y se puede observar que en el oriente del municipio, entre el corregimiento de San Fernando y La Laguna, se presenta un riesgo muy alto. Esto se debe a que esta zona es naturalmente propensa a las inundaciones debido a su topografía y características del suelo, lo que dificulta la reducción de su vulnerabilidad. Además, es posible que no se estén aplicando prácticas sostenibles en el uso del suelo, lo que aumenta su susceptibilidad ante estos eventos.

Por otro lado, se observa que los corregimientos de Obonuco, Jongovito, Gualmatán, Jamondino, Buesaquillo, Cabrera y Catambuco (cerca del embalse del río Bobo) presentan un riesgo medio y alto, a pesar de estar expuestos a la inundación. Sin embargo, estas zonas pueden tener mejores condiciones en términos de tipología y prácticas en el uso del suelo, lo que podría contribuir a una menor vulnerabilidad en comparación con otras áreas.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN

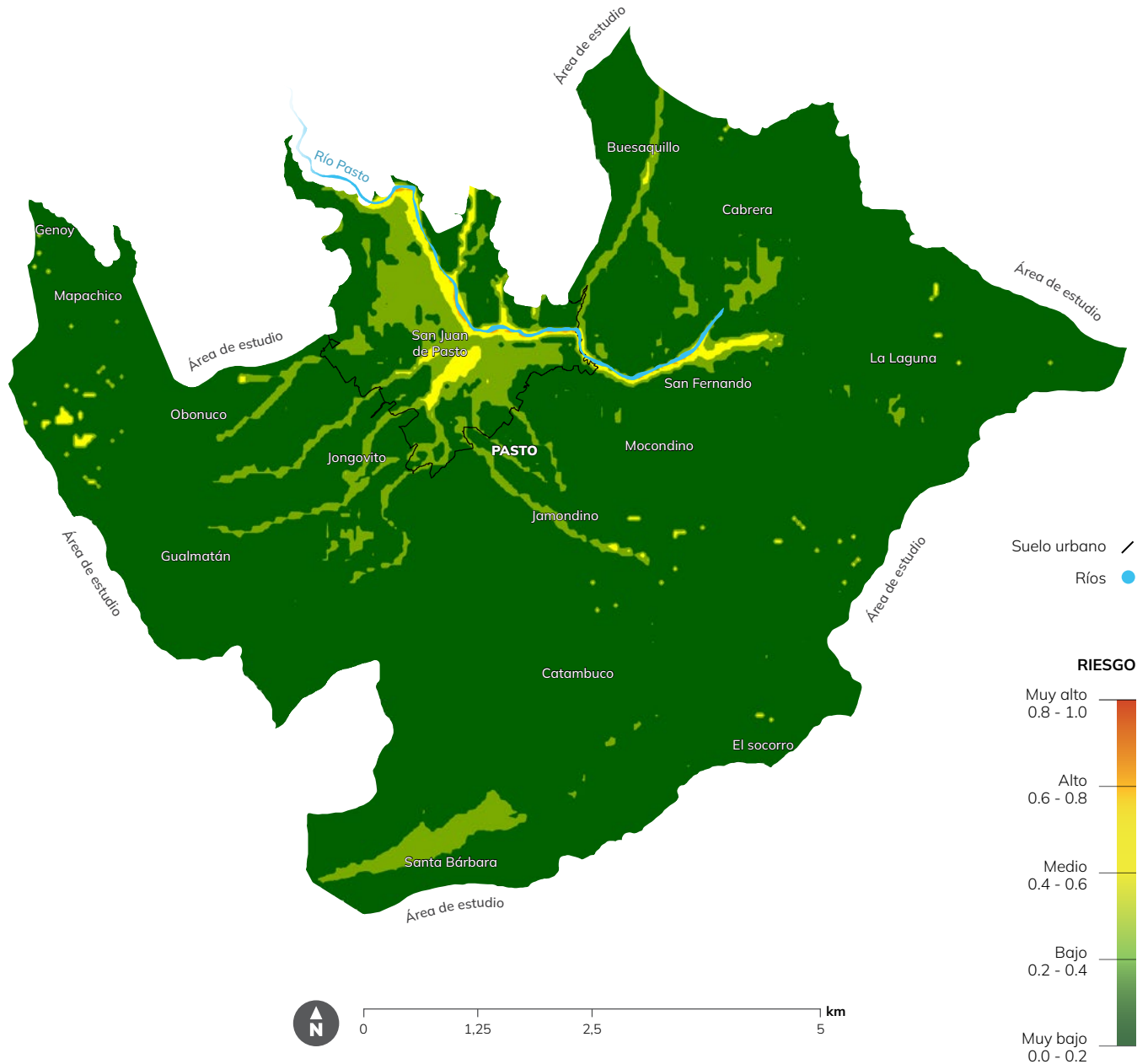
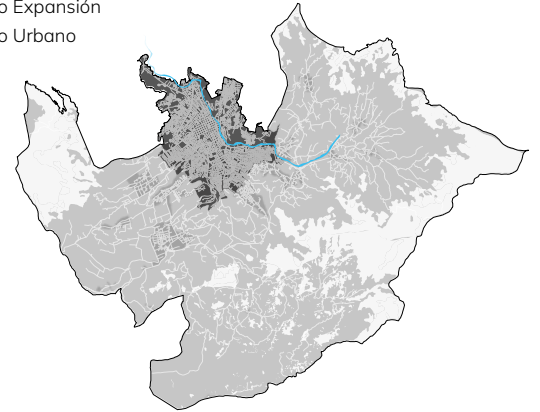


Esta capa de información se desarrolló utilizando datos físicos como pendientes susceptibles a inundaciones y litología, así como información sobre la capacidad de adaptación del suelo, como su permeabilidad. Las áreas de mayor impacto son naturalmente el casco urbano y las zonas cercanas a cuerpos de agua como lagunas, masas de agua, arroyos y ríos. El modelo no indica riesgo en las zonas donde hay cultivos.

BIODIVERSIDAD Y RIESGO POR INUNDACIÓN

El mapeo muestra respuestas limitadas en áreas naturales expuestas a inundaciones en Pasto. Se observan respuestas dispersas en Gualmatán, La Laguna, Jamondino y Catambuco.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano

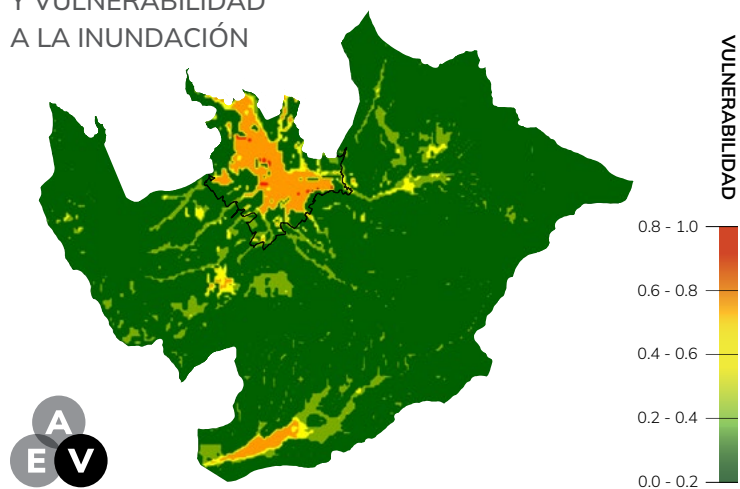


BIODIVERSIDAD Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN



En este mapeo, las respuestas al análisis de áreas naturales expuestas a inundaciones fueron limitadas. Se registraron algunas respuestas de "muy alta" en partes extremas del oeste, en Gualmatán, algunas en el este en La Laguna, y varias respuestas dispersas entre Jamondino y Catambuco. Esto podría deberse al tipo de suelo presente en esas áreas, ya que no se encontraron registros de cuerpos hídricos en estas regiones en el mapa.

BIODIVERSIDAD Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN



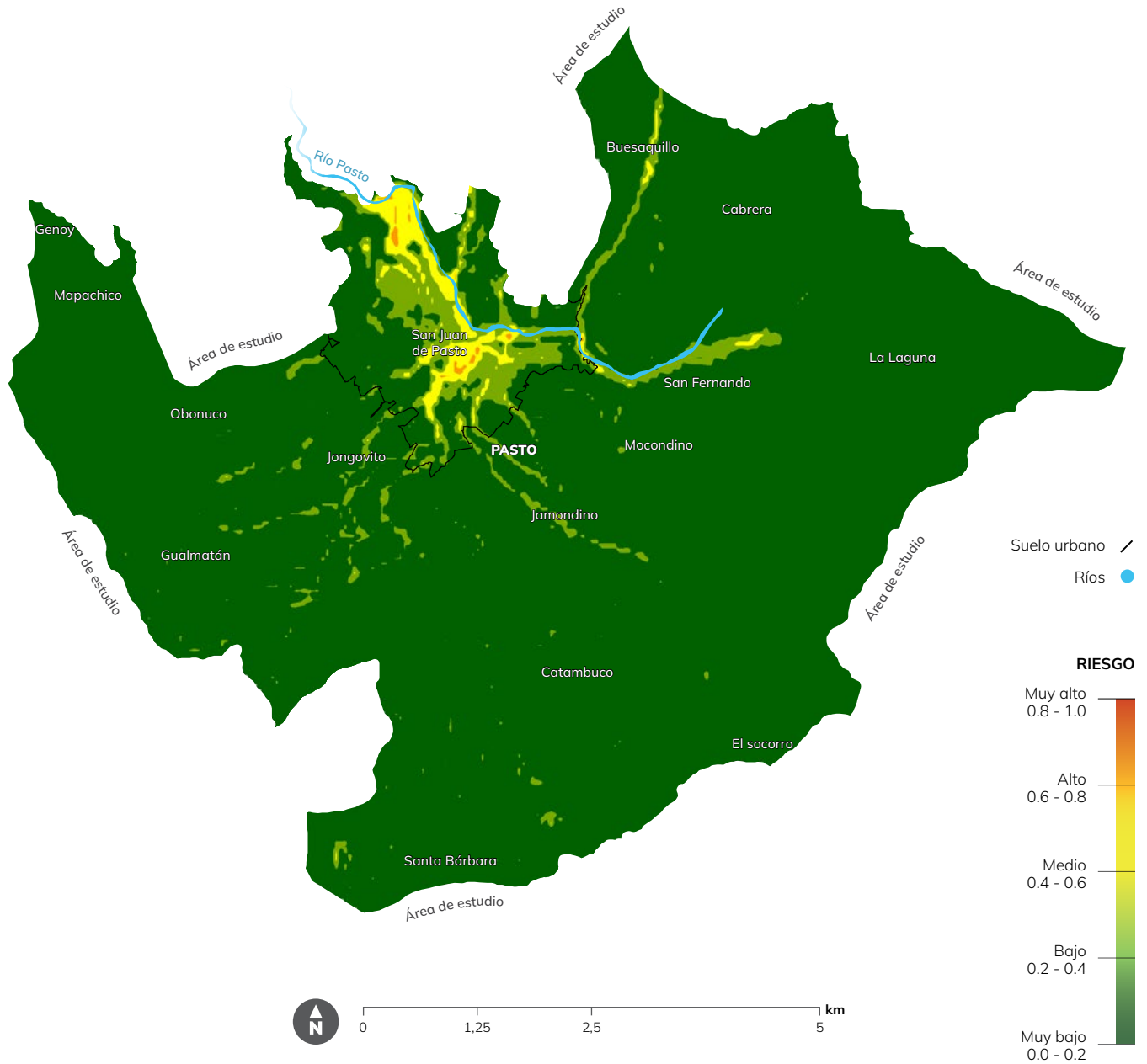
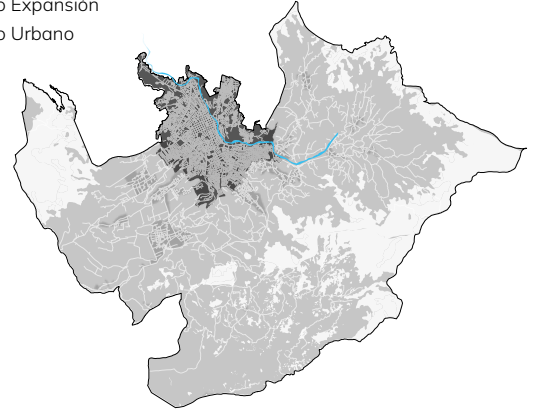
El modelo se realizó mediante la caracterización del tipo de suelo y la identificación de zonas propensas a inundaciones, considerando también la capacidad de permeabilidad del suelo. La topografía de Pasto, así como su cobertura vegetal, brindan protección general a las zonas rurales. Los mayores riesgos de inundación se observan cerca de los ríos y cuerpos de agua, especialmente en el área urbana.

Dentro del municipio, se identifican zonas de los ecosistemas que podrían verse afectados por inundaciones, como el páramo ubicado en el occidente del municipio, específicamente en las inmediaciones del corregimiento de Gualmatán. Además, el embalse del río Bobo, localizado en el sur del municipio y en el corregimiento de Santa Bárbara, también presenta riesgos de desbordamiento durante la temporada de lluvias si no se controla adecuadamente su capacidad de almacenamiento. Estas situaciones de vulnerabilidad pueden deberse a la naturaleza del suelo y a las prácticas de conservación que se están llevando a cabo en el páramo, las cuales no son las adecuadas para mitigar el riesgo de inundaciones.

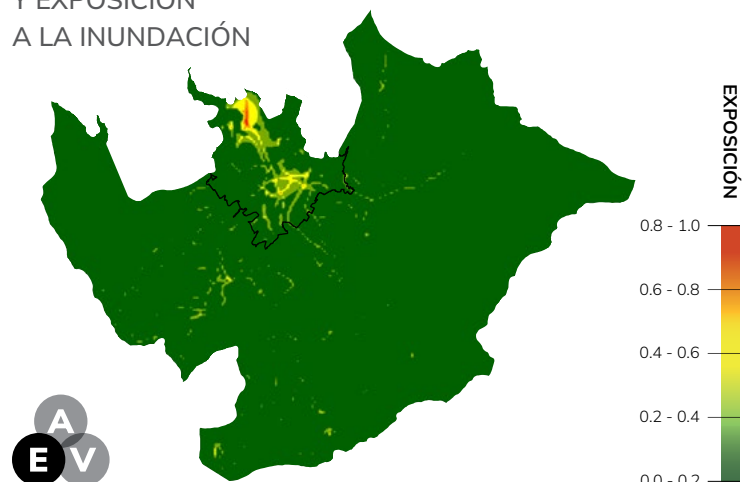
INFRAESTRUCTURA Y RIESGO POR INUNDACIÓN

Los índices de exposición en infraestructuras y servicios son más altos en el perímetro urbano al norte, pero se observan indicios de exposición moderada cerca del cuerpo de agua al sur.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano

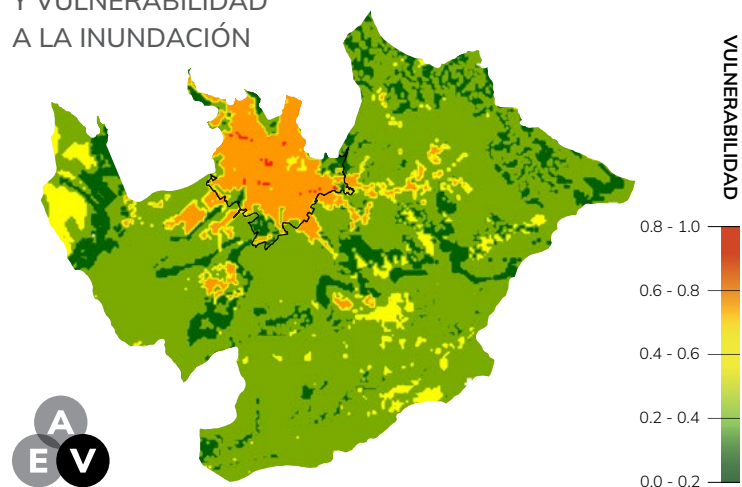


INFRAESTRUCTURA Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN



Por tratarse de una dimensión que evalúa la exposición de las construcciones civiles y los servicios a la población, al igual que en el caso de la salud, los índices fueron más altos en el perímetro urbano al norte, casi en la frontera con Morasurco. Sin embargo, hacia el sur de esa región, cerca del cuerpo de agua, se observan algunos indicios de exposición moderada, lo que significa que existe la posibilidad de que ocurran inundaciones que afecten las infraestructuras, aunque no en niveles muy altos.

INFRAESTRUCTURA Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN



Este indicador se basa en datos sobre la impermeabilidad del suelo, utilizados para la caracterización de las zonas urbanas, y en información sobre las pendientes y la presencia de vegetación. Como indicador de la vulnerabilidad urbana, destaca los mayores grados de vulnerabilidad en el casco urbano de la ciudad. Al igual que en el mapeo relacionado con la dimensión del hábitat humano, las áreas marcadas en rojo, que representan una alta vulnerabilidad, indican la superposición de condiciones que favorecen el riesgo de inundación.

Del mismo modo que en la dimensión anterior, en esta dimensión el riesgo se concentra especialmente en la zona urbana debido a la presencia de centros de salud y vías principales. Se puede observar que tanto en la comuna 9 como en la comuna 2, ubicadas en el norte y centro de la zona urbana respectivamente, se presenta un riesgo medio y alto. Esto se debe a que estas áreas concentran la mayor cantidad de centros de salud y están ubicadas en zonas de pendiente baja, lo que las hace más vulnerables a las inundaciones.

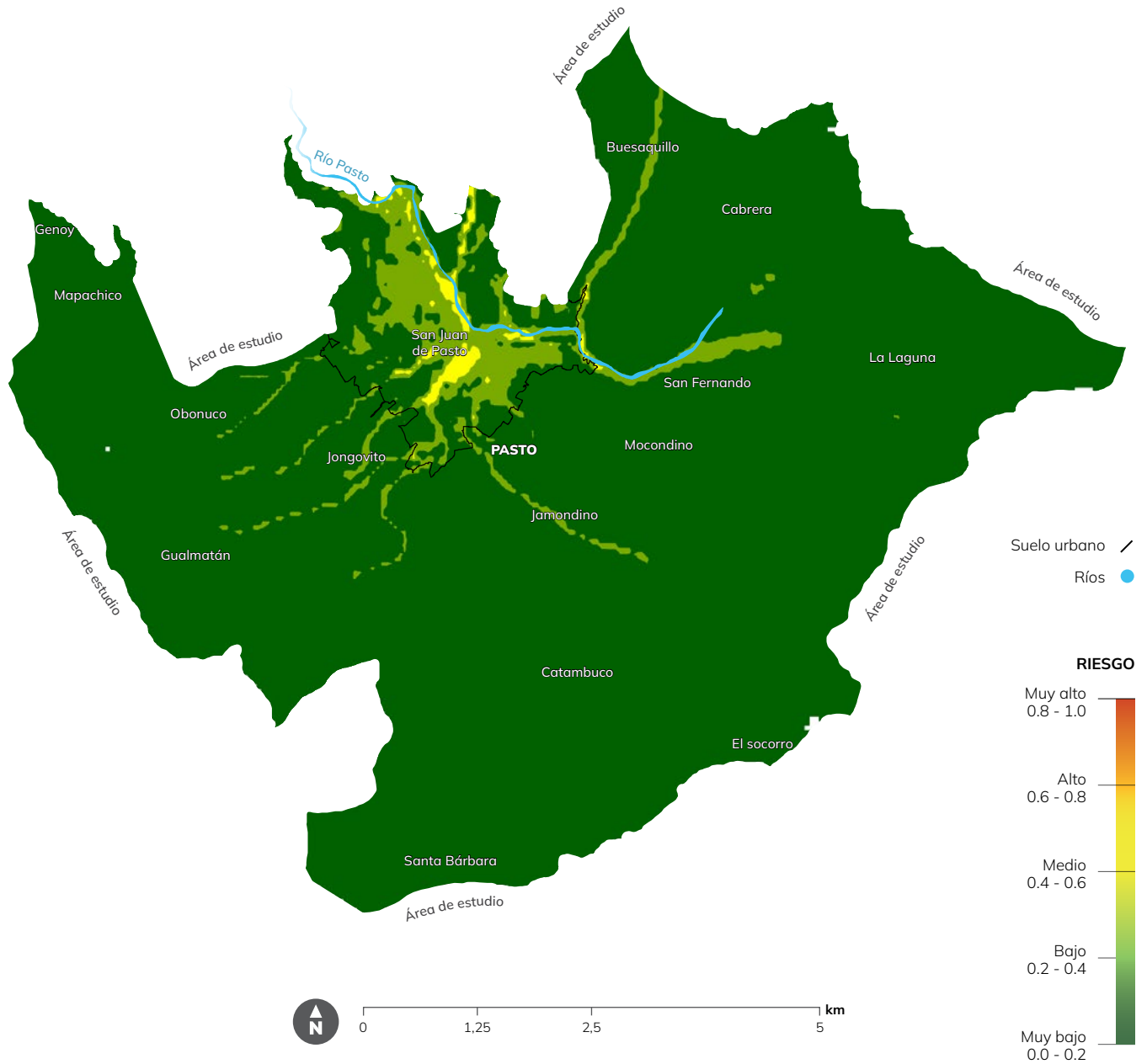
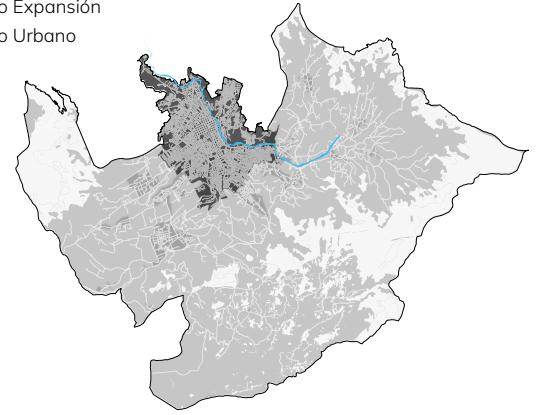
En cuanto al riesgo bajo, este se ve mitigado por la presencia de zonas verdes en el municipio, lo cual aumenta su capacidad de resistencia ante este tipo de riesgo.

Además de las viviendas, diferentes construcciones también se ven afectadas por las inundaciones, como las vías, puentes vehiculares, centros de salud y sistemas de acueducto y alcantarillado.

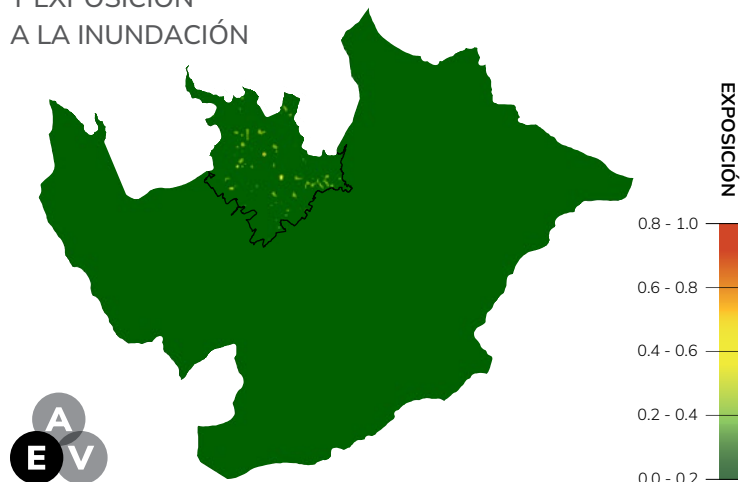
HÁBITAT HUMANO Y RIESGO POR INUNDACIÓN

Los índices de exposición en espacios públicos fueron más altos en el perímetro urbano, pero se registraron respuestas de exposición media o baja en áreas de recreación y cultura.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano

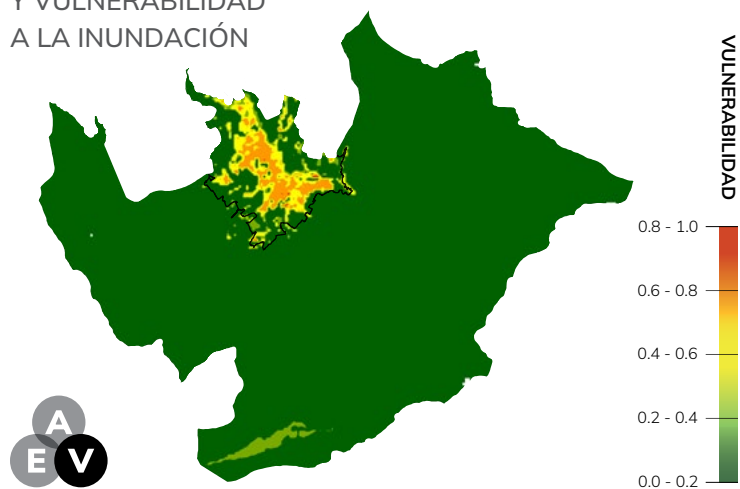


HÁBITAT HUMANO Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN



Similar al mapa de la salud, en esta dimensión los índices fueron más altos en el perímetro urbano, ya que los indicadores son los espacios públicos en el centro de las ciudades. Se observaron respuestas de exposición media o baja en los lugares donde las personas pasan su tiempo libre, como plazas públicas y centros culturales y educativos, frente a las inundaciones. Solo se registró un punto en el centro que fue marcado como de alta exposición debido a su proximidad a un cuerpo hídrico.

HÁBITAT HUMANO Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN



Para calcular este indicador, se utilizaron diferentes fuentes de información socioeconómica, como la pobreza y los programas de mejoramiento integral, así como aspectos físicos y la permeabilidad del suelo. Se puede observar que el casco urbano es especialmente vulnerable debido a su topografía y su grado de impermeabilización. Las áreas que no se consideran vulnerables son aquellas que albergan parques urbanos u otras infraestructuras con vegetación. Las áreas más vulnerables generalmente indican una superposición de sensibilidad, por ejemplo, una pendiente baja, alta impermeabilidad y algún grado de vulnerabilidad social.

En esta dimensión, se observa que el riesgo de inundación es mayor en la zona urbana debido a la concentración de viviendas, centros educativos, culturales y espacios públicos. Es importante destacar que, al sur de la zona urbana, entre las comunas 2 y 5, y en el centro, entre las comunas 1 y 11, se presenta un riesgo medio debido a que estas áreas están desarrolladas cerca de cuerpos de agua que representan una amenaza de inundación.

Se tiene registro de que en Pasto se han registrado inundaciones que han afectado a 251 viviendas. Aunque no sean muy frecuentes, estas inundaciones pueden causar daños significativos.

En la zona periurbana, se presenta un riesgo bajo debido a la presencia de fuentes hídricas. Aunque representan un riesgo, no es significativo para esta dimensión debido a la falta de poblaciones cercanas.



Riesgo por

MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

También conocidos como deslizamientos o derrumbes, se refieren al desplazamiento de suelo, tierra y/o rocas debido a la fuerza de la gravedad. Estos movimientos pueden ocurrir tanto por factores naturales, como la geología, hidrología o sismicidad del suelo, como por intervenciones humanas que alteran la estabilidad del terreno. Algunos tipos de movimientos de remoción en masa incluyen desprendimientos, volcamientos, deslizamientos, reptaciones y flujos⁴.

AMENAZA POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

La amenaza por movimientos de remoción en masa se caracteriza mediante la distribución de la precipitación total anual

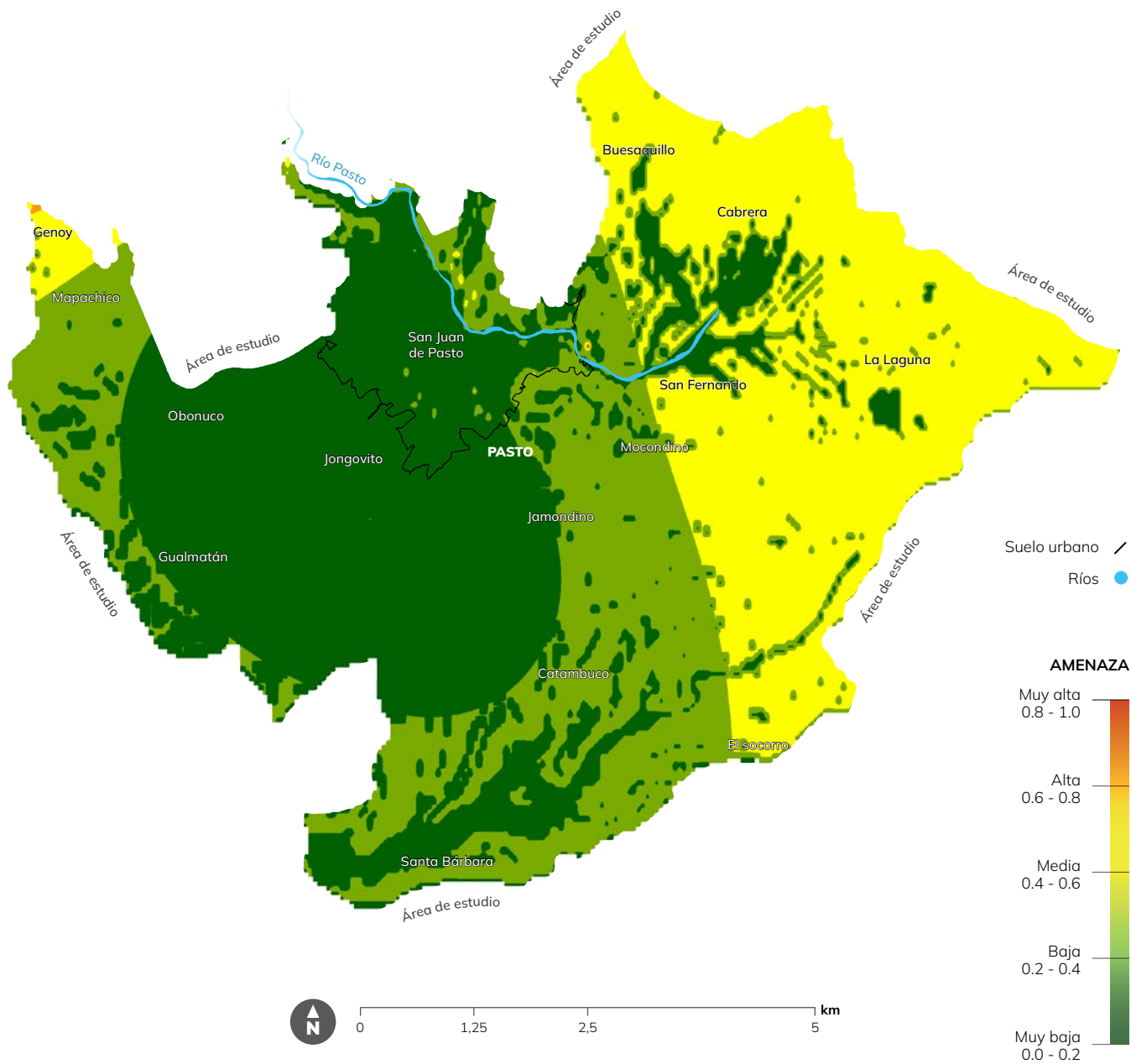
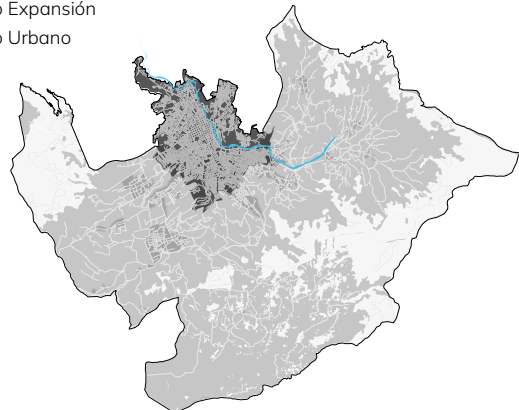
y la identificación de áreas con registros históricos de deslizamientos y caídas de material. En el caso de Pasto, se observa que la zona nororiental del área de estudio presenta una amenaza media a estos fenómenos debido a su mayor precipitación anual. De acuerdo con los registros de la DGRD, se identificaron zonas específicas en las comunas 3 y 11 de la zona urbana con una amenaza muy alta debido a la frecuencia de movimientos de remoción en masa reportados.

4. UNGRD. (2020). Riesgo por movimientos en masa en Colombia. Portal Gestión del Riesgo. <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2020/Riesgo-por-movimientos-en-masa-en-Colombia.aspx>



Los movimientos de remoción en masa, como deslizamientos y derrumbes, son una amenaza en la zona nororiental de Pasto debido a la mayor precipitación anual y la frecuencia de eventos reportados en las comunas 3 y 11.

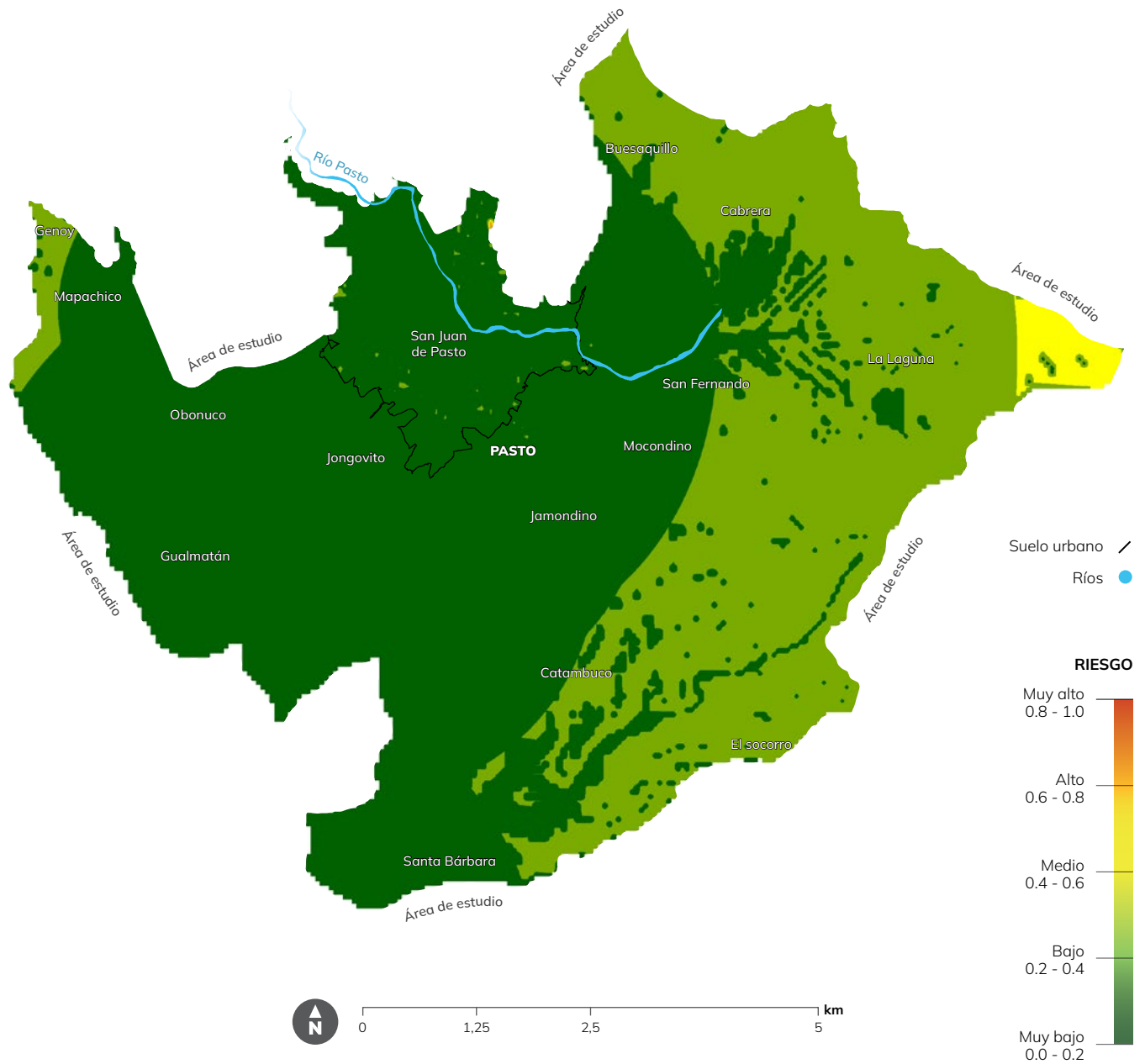
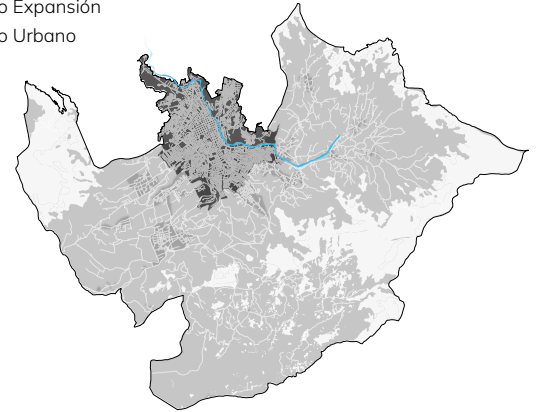
- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



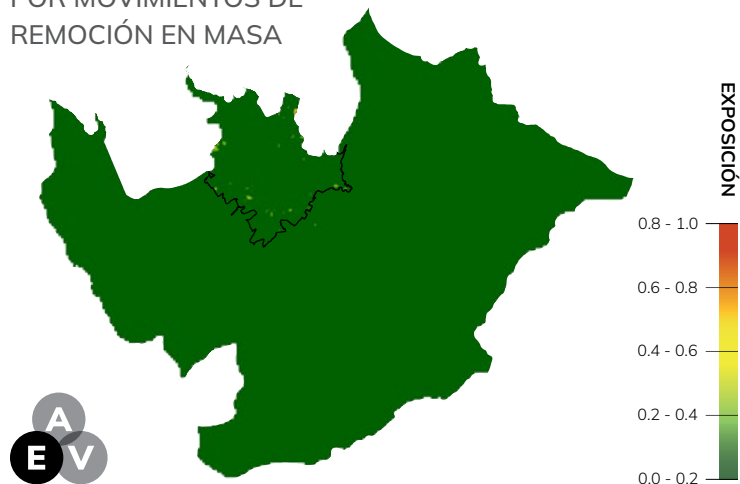
SALUD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

El corregimiento de La Laguna en la zona oriental de Pasto presenta un riesgo medio en cuanto a la exposición de la salud a movimientos terrestres.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano

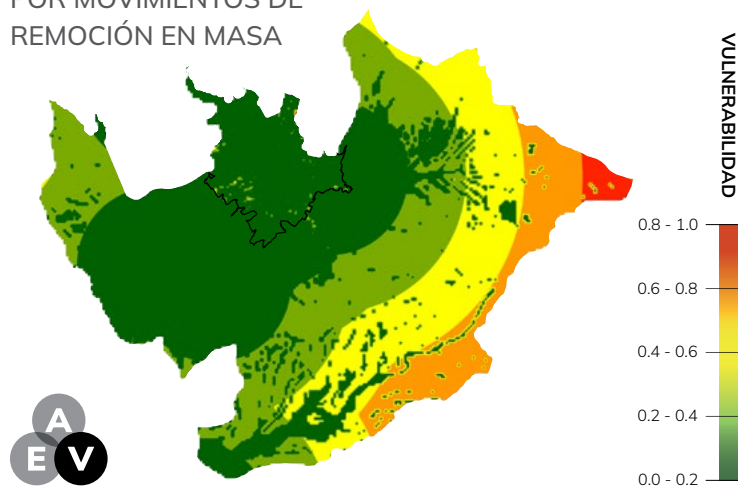


SALUD Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



Ese mapa no mostró muchas áreas de salud expuestas a movimientos terrestres, lo que indica que la salud de los niños pequeños y las personas mayores no está fuertemente expuesta a grandes eventos de deslizamientos. Solo se identificó un punto cercano a Buesaquillo con un alto nivel de exposición a esta situación, ya que esta dimensión considera el indicador de densidad poblacional y se encuentra en una región cercana a algunas áreas elevadas.

SALUD Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



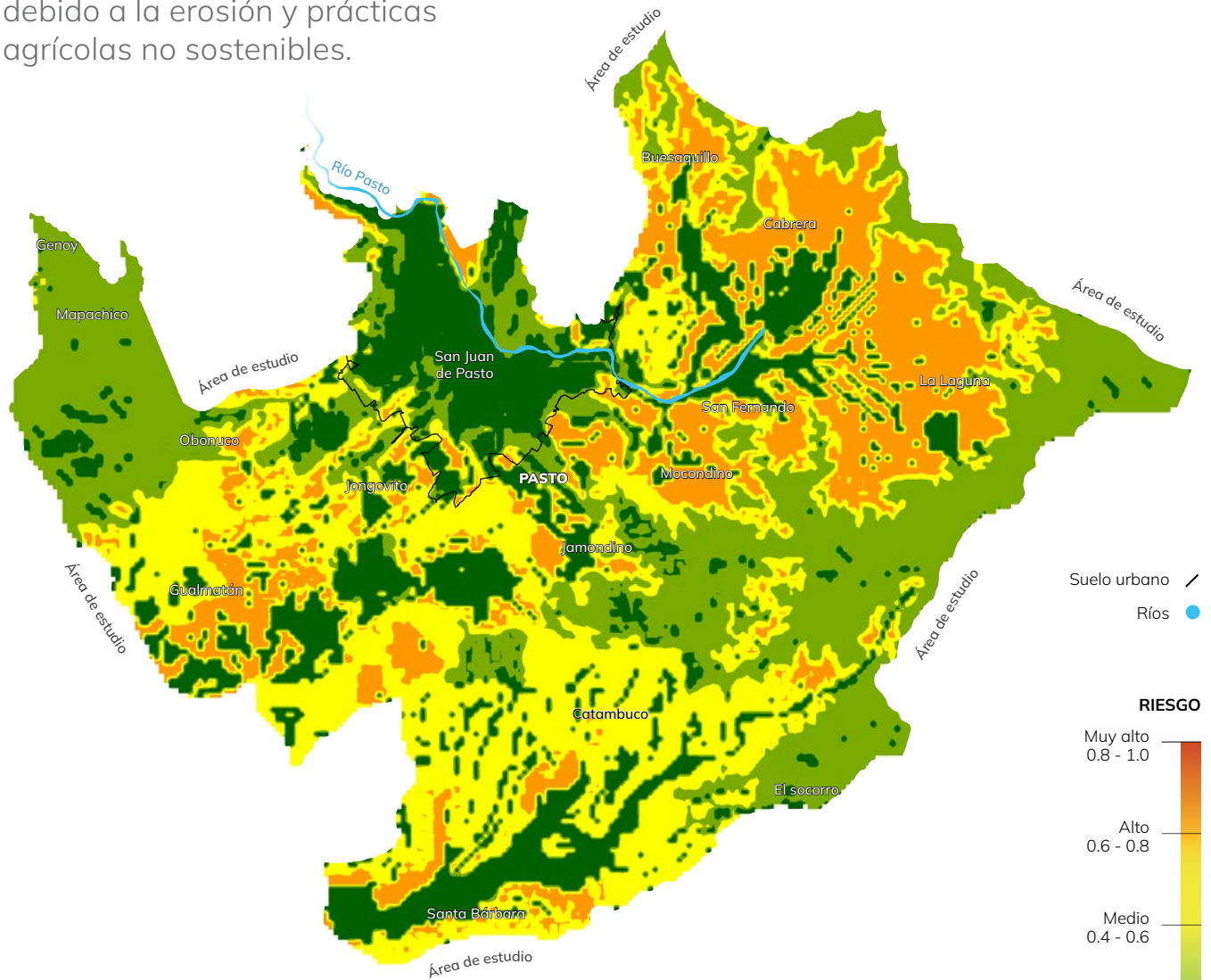
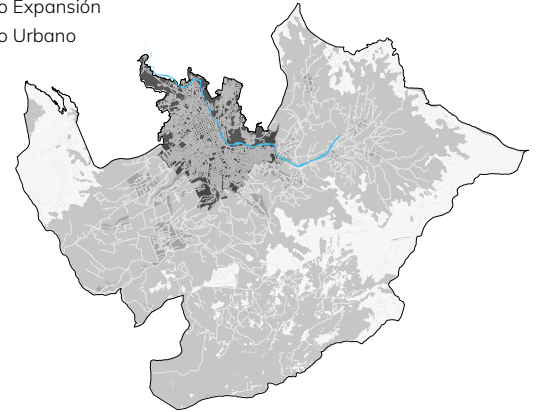
Este indicador considera información socioeconómica relacionada con el eje de salud pública, como la proximidad a servicios y la consideración de rangos de edad más sensibles. También se pondera en función de la indicación de zonas susceptibles a riesgos geológicos, basadas en la consideración de áreas con pendientes pronunciadas. En general, las zonas lejanas a Pasto que son susceptibles al riesgo geológico no presentan una alta presencia humana.

En esta dimensión se puede observar que la zona oriental del municipio, específicamente el corregimiento de La Laguna, presenta un riesgo medio. Esto puede deberse a la lejanía de los centros de salud, lo que hace que las poblaciones que residen allí sean más vulnerables en caso de un evento de remoción. El tiempo requerido para desplazarse y llegar a un centro médico podría ser mayor, lo cual representa un desafío adicional, especialmente si hay personas heridas. Además, es importante tener en cuenta que este corregimiento enfrenta una amenaza considerable debido a las condiciones naturales del terreno.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

Las áreas nororientales de Pasto presentan un alto riesgo de deslizamientos debido a la erosión y prácticas agrícolas no sostenibles.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



Suelo urbano /
Ríos ●

RIESGO

Muy alto
0.8 - 1.0

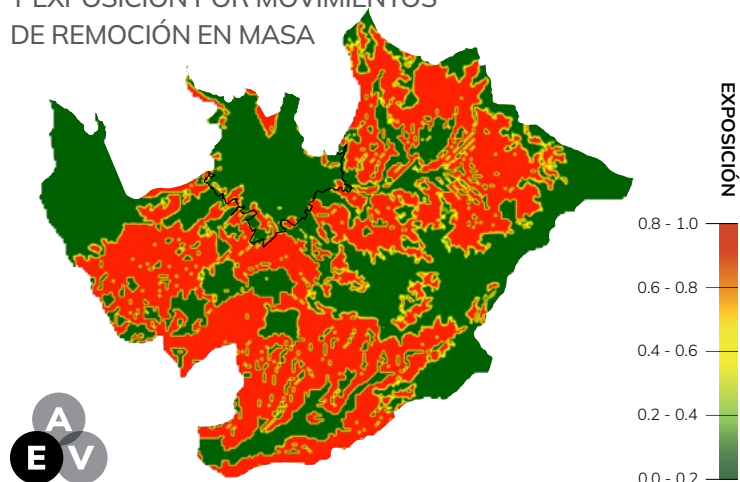
Alto
0.6 - 0.8

Medio
0.4 - 0.6

Bajo
0.2 - 0.4

Muy bajo
0.0 - 0.2

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

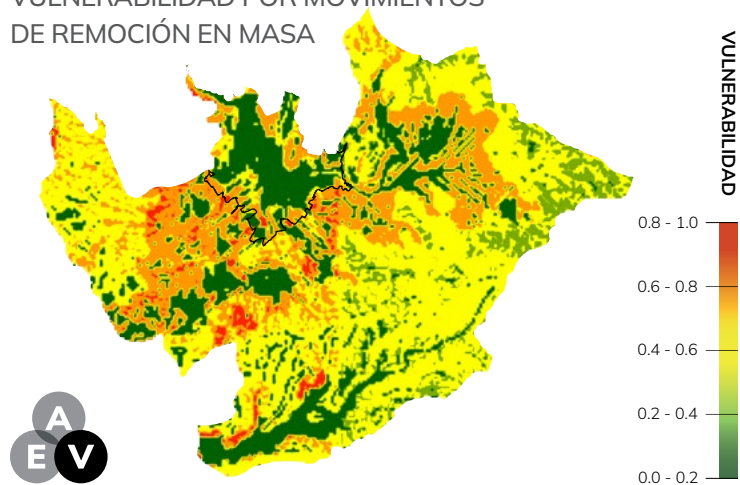


Varias áreas están expuestas a un alto riesgo de deslizamientos en el sector agrícola. Las zonas extremas, dedicadas a la conservación natural, presentan una baja probabilidad debido a que no se consideran en el indicador del porcentaje de áreas agrícolas. Por otro lado, las áreas intermedias, donde se cultivan cultivos y se cría ganado, sufren una exposición significativamente alta y peligrosa debido a su ubicación rodeada de terrenos elevados y montañas.

Se puede observar que al nororiente del municipio se presenta un riesgo alto, mientras que al sur occidente se registra un riesgo medio. Estos riesgos se deben a que los suelos agropecuarios en estas zonas sufren procesos de erosión, lo que los hace menos firmes. Además, las prácticas agrícolas llevadas a cabo no son sostenibles, lo que aumenta la vulnerabilidad de estos suelos ante eventos de remoción. Por otro lado, las zonas que presentan un riesgo bajo y muy bajo son aquellas donde se encuentran suelos con vegetación arbustiva o arbórea significativa, lo que les otorga una mayor resiliencia ante posibles desprendimientos.

En caso de deslizamientos, se ven afectados cultivos de hortalizas, especies menores, ganadería, así como los cultivos de trucha, cebolla y papa.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

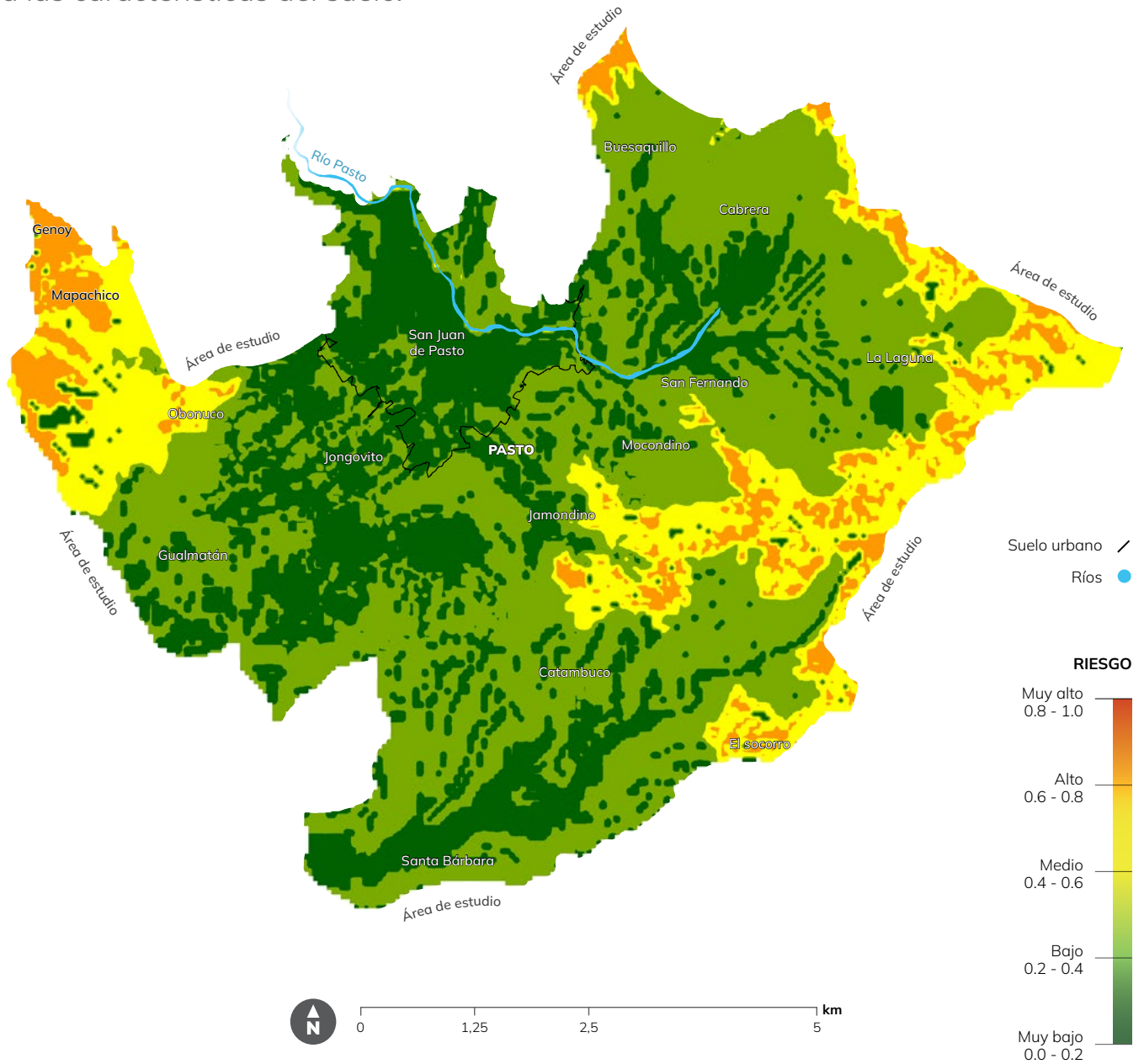
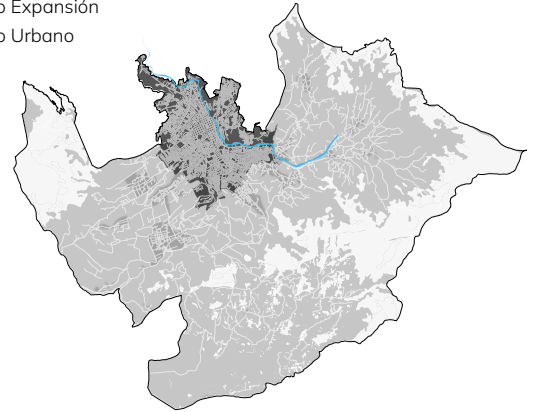


Este indicador se desarrolló utilizando datos del perfil físico-morfológico de Pasto, así como información sobre el suelo rural. Las zonas de cultivo que se encuentran en puntos de sensibilidad geológica son las que muestran una mayor indicación de vulnerabilidad. Las áreas verdes, que representan una vulnerabilidad muy baja del territorio, se encuentran en zonas más planas. Algunas de estas áreas coinciden con cultivos, mientras que otras se encuentran en áreas no necesariamente productivas, como el propio casco urbano de Pasto.

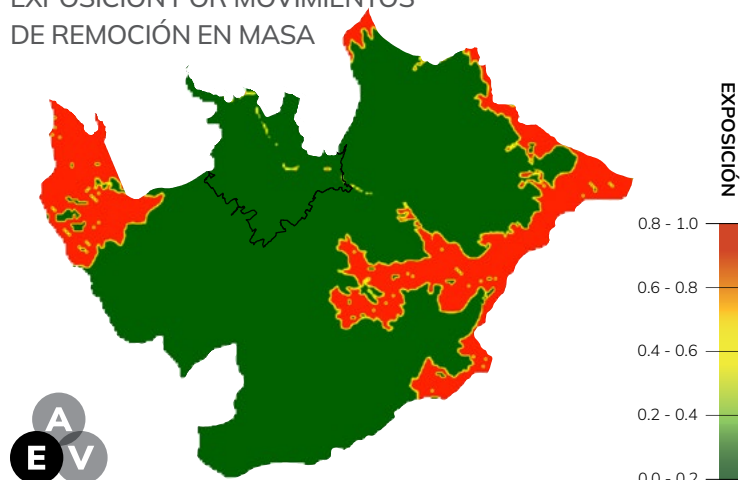
BIODIVERSIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

Las áreas naturales ubicadas en pendientes pronunciadas, como el SFF Galeras y los bosques andinos y de páramo, presentan un alto riesgo de movimientos de tierra debido a las características del suelo.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



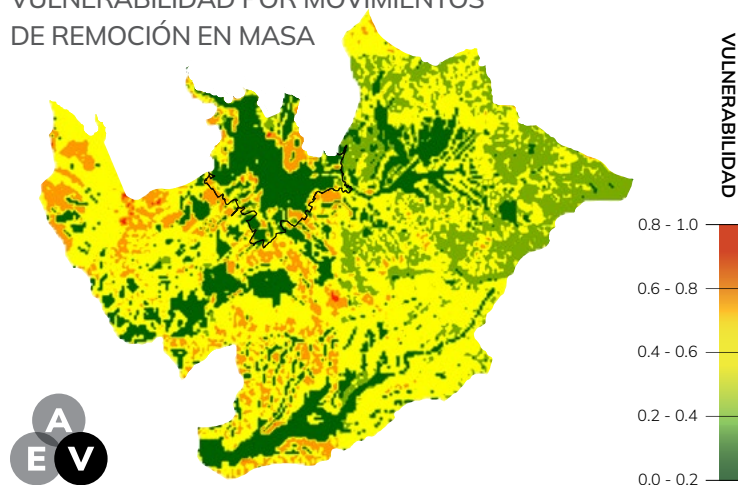
BIODIVERSIDAD Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



Por tratarse de una dimensión que utiliza indicadores de áreas naturales, como bosques o humedales, se observa que únicamente los bordes de las áreas ambientales protegidas y los bosques presentan una alta exposición a los movimientos de tierra provenientes de las zonas altas que rodean estas áreas naturales. Regiones como La Laguna, Mocondino, Jamondino y Catambuco son más susceptibles a sufrir remoción de tierras y están expuestas a este riesgo.

Para evaluar el riesgo en la dimensión de biodiversidad, se consideraron las áreas naturales ubicadas en pendientes pronunciadas. Se puede observar que aquellas que presentan un riesgo alto se encuentran en el SFF Galeras, en la zona occidental, así como en los bosques andinos y de páramo en la zona oriental. Este riesgo se debe a que las condiciones del suelo, incluyendo su tipología y las prácticas actuales, no favorecen la resiliencia de estos ecosistemas. Sin embargo, es importante destacar que la presencia de vegetación arbustiva ayuda a estabilizar el suelo. A pesar de ello, estas áreas naturales siguen expuestas y requieren intervención para su mantenimiento y conservación, ya que los eventos de riesgo pueden provocar la pérdida de cobertura vegetal y la interrupción de corredores biológicos importantes.

BIODIVERSIDAD Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

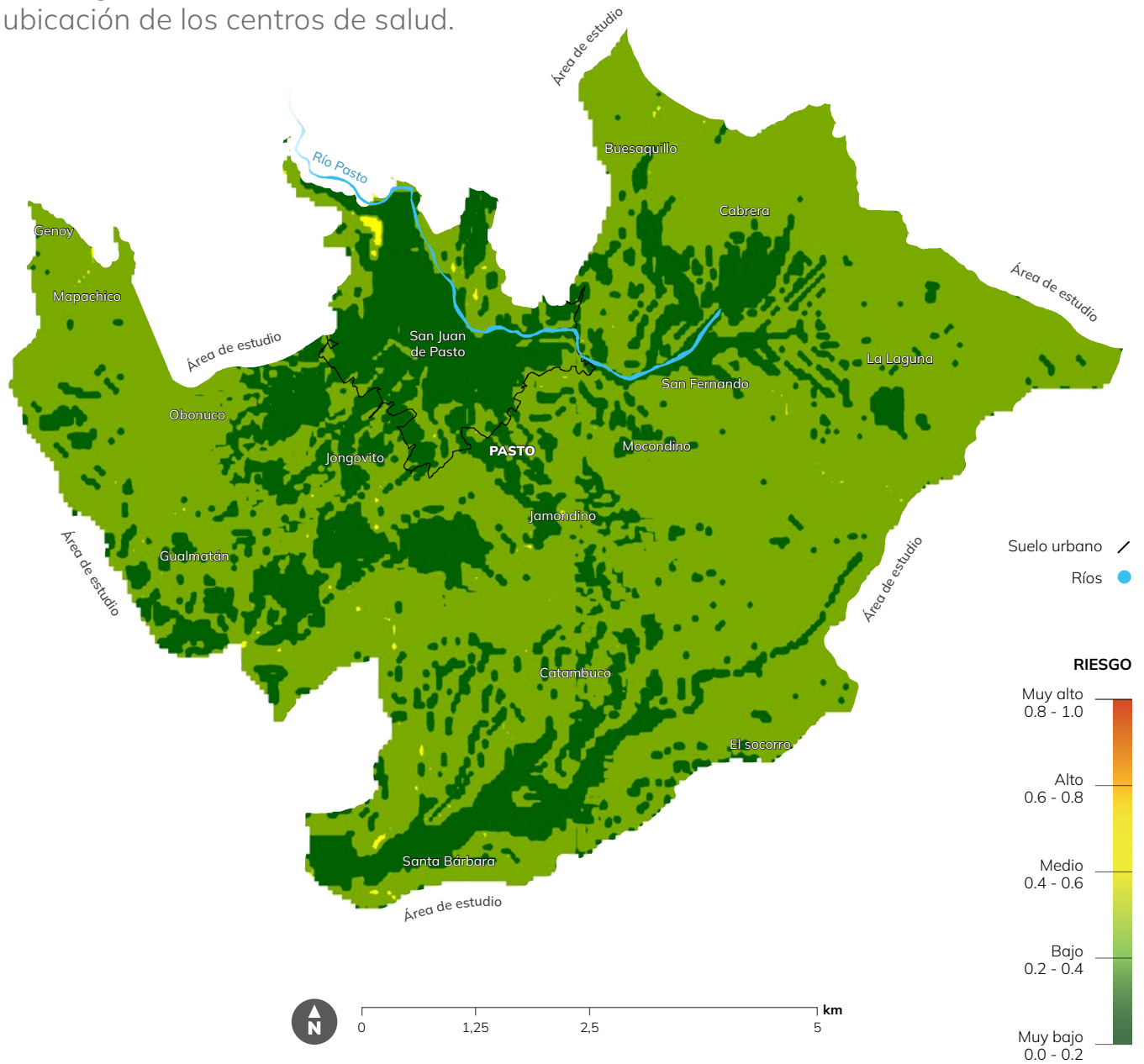
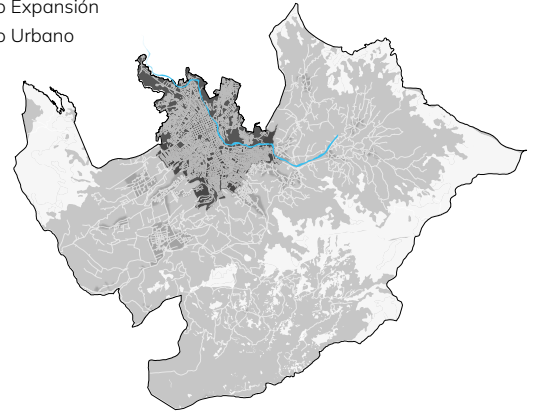


Se utilizó información sobre la vulnerabilidad de los ecosistemas, asociada a las características del territorio que los clasifican como susceptibles a riesgos geológicos. También se analizó el grado de protección del suelo no urbano. Las características físicas desempeñan un papel importante en este modelo. El casco urbano está ubicado en una zona plana, al igual que las inmediaciones del embalse Río Bobo. Estas áreas presentaron un bajo grado de vulnerabilidad. Por otro lado, las zonas montañosas se observan con características más pronunciadas y una capacidad adaptativa más baja.

INFRAESTRUCTURA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

El riesgo de deslizamientos en áreas urbanas se concentra en vías principales y centros médicos. La comuna 9 muestra un riesgo medio debido a la ubicación de los centros de salud.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



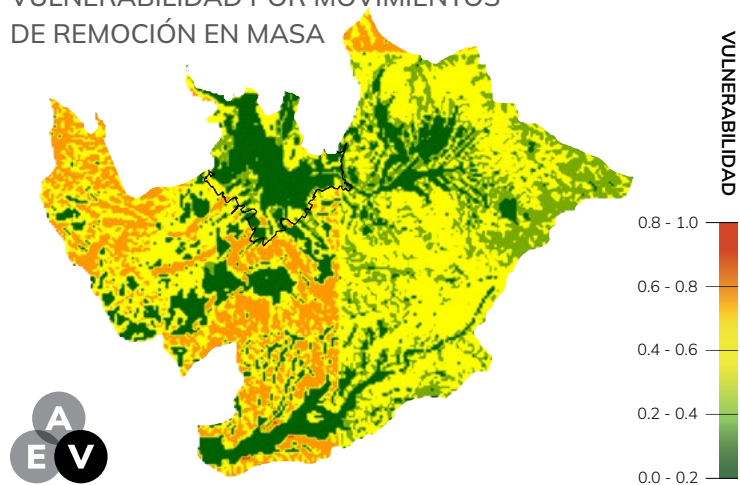
INFRAESTRUCTURA Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



Para este análisis, se tuvieron en cuenta las vías y los centros médicos que están expuestos a esta amenaza. Se observa que hay un riesgo medio muy puntual en el casco urbano, en la comuna 9, debido a que la gran mayoría de centros médicos se encuentran allí. También se observa que este riesgo medio aparece en las principales vías de la ciudad, tanto en el norte, sur, oriente y occidente, ya que estas vías están rodeadas de suelos que presentan erosión.

En este caso, las respuestas indicadas como baja y media están dispersas en todo el mapa. Esto se debe a que el indicador se basa en algunos edificios que prestan servicios a la población, como aeropuertos, hospitales y alcantarillado, lo que explica por qué las respuestas se encuentran más en las partes de las redes viales. Sin embargo, en la zona norte, cerca de la frontera con Mapachico, donde hay un cuerpo de agua, se encuentra una porción de exposición media y alta a las infraestructuras y servicios humanos en caso de desprendimiento del suelo elevado.

INFRAESTRUCTURA Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

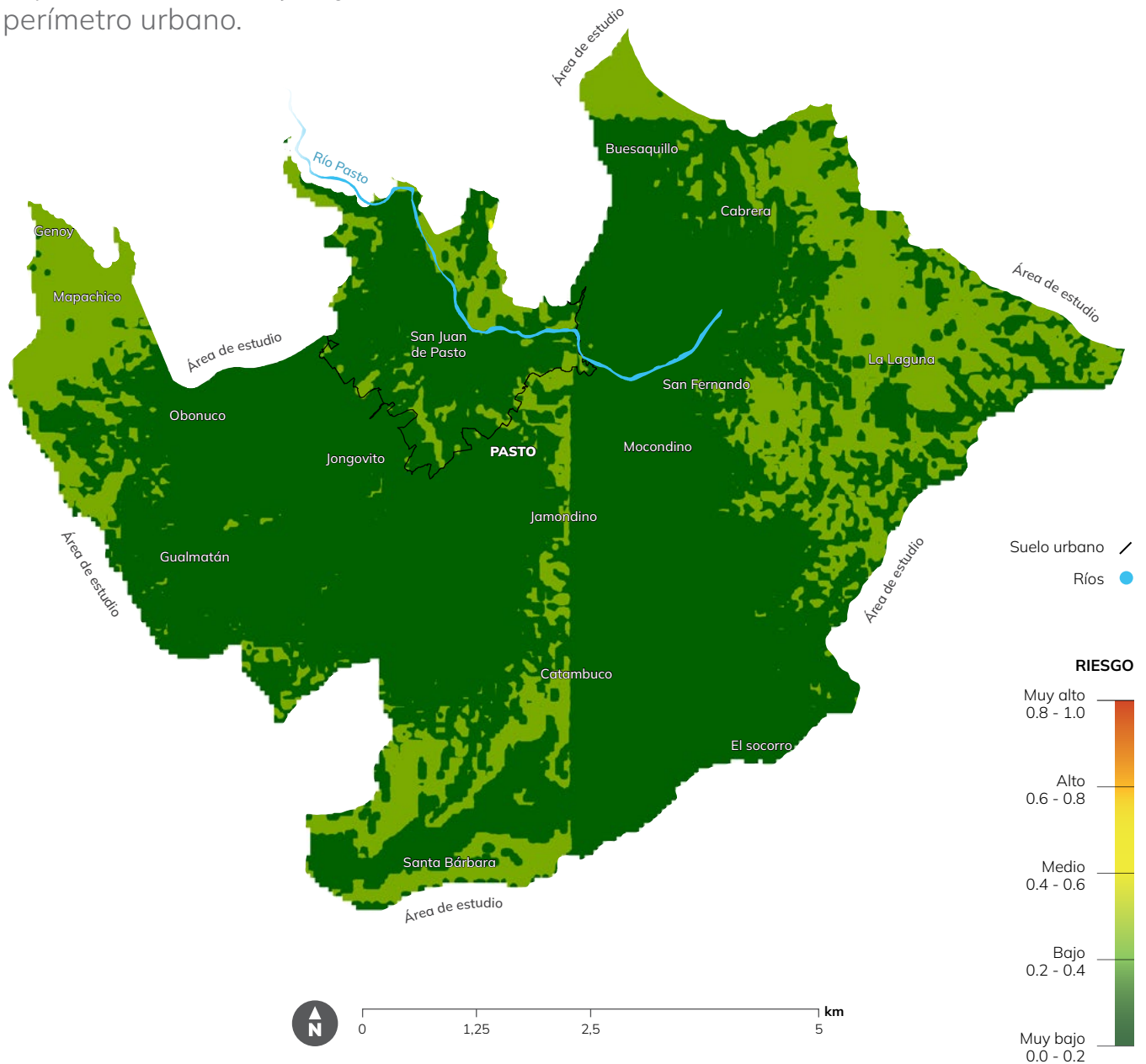
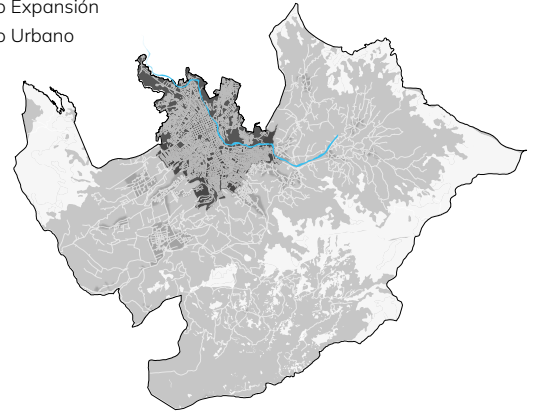


Para medir el grado de vulnerabilidad de la infraestructura, se realizó una caracterización de las zonas urbanas y se tuvieron en cuenta tanto las zonas susceptibles al riesgo geológico como aquellas con capacidad adaptativa.

HÁBITAT HUMANO Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

En el análisis de la exposición de los sitios culturales, de entretenimiento y educativos a los movimientos de remoción de masas, con una exposición mediana y baja en el perímetro urbano.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



HÁBITAT HUMANO Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



Para esta dimensión, se puede observar que en la zona norte de la zona urbana y en el occidente y oriente del municipio se presenta un riesgo bajo debido a la amenaza natural que representa el territorio. Sin embargo, en la zona urbana en sí, no se observa este riesgo y los centros educativos, culturales y el espacio público no se verían afectados.

En esta dimensión, predominó una exposición mediana y baja en el perímetro urbano de los sitios culturales, de entretenimiento y educativos a los movimientos de remoción de masas. Al igual que en el mapeo de la salud, solo se registró una marcación de alta exposición en el extremo norte, en la región limítrofe con Buesaquillo, debido a su alta densidad poblacional y su proximidad a áreas más elevadas.

HÁBITAT HUMANO Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

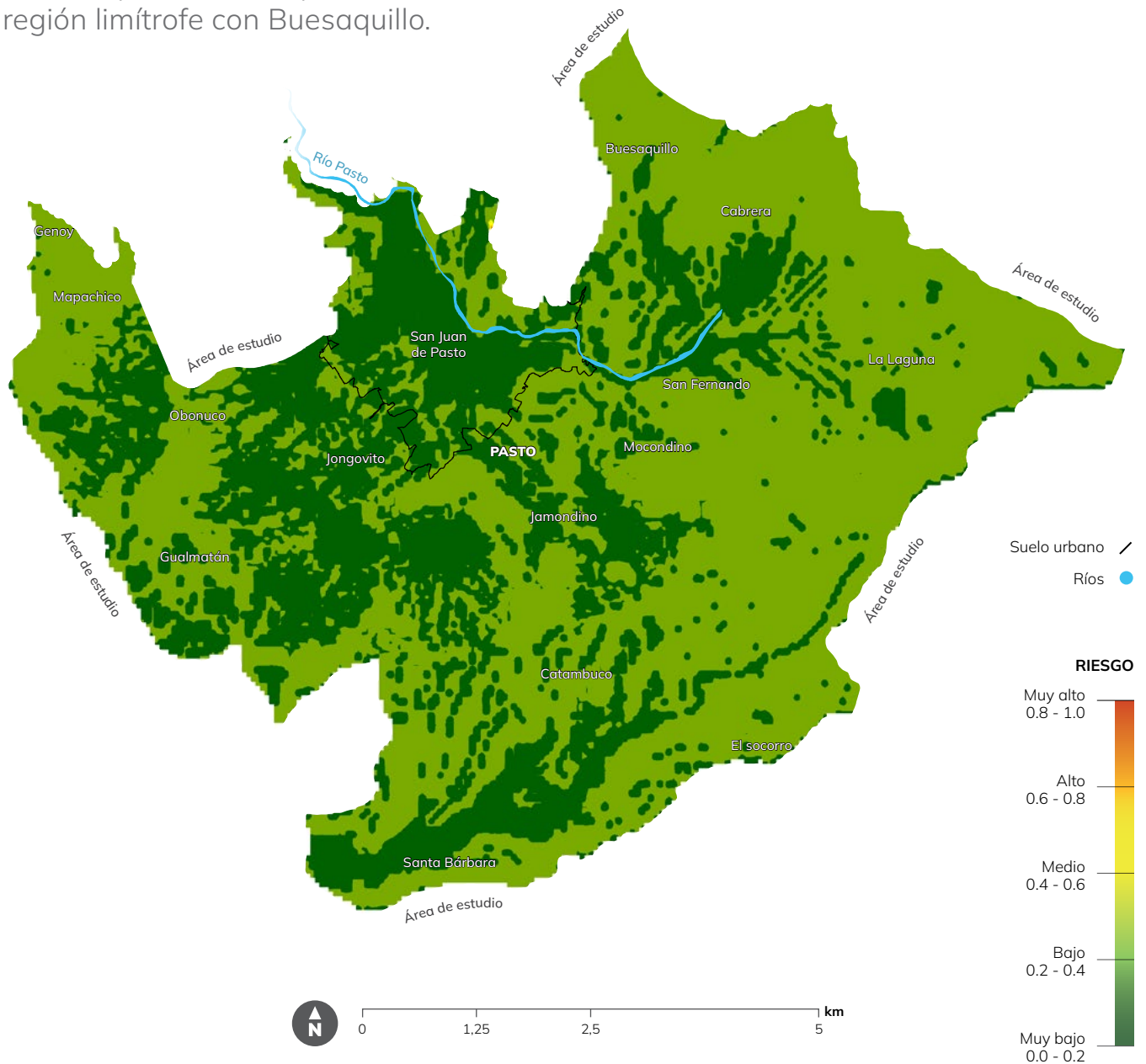
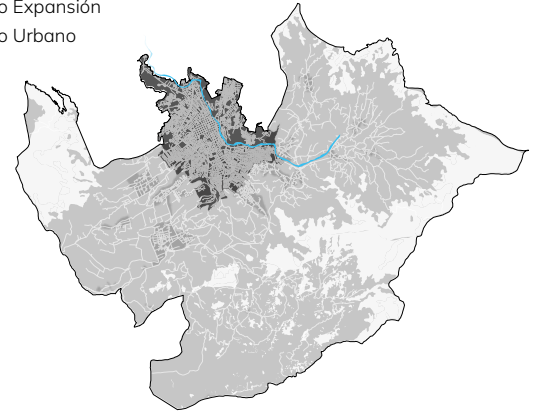


Se caracterizó tanto el área urbana como la rural en relación a la infraestructura, utilizando la ponderación de zonas susceptibles al riesgo y zonas con mayor capacidad adaptativa. Por ejemplo, se tuvo en cuenta las áreas vegetadas con raíces profundas, que tienen el potencial de estabilizar taludes. También se consideró el índice multidimensional de pobreza.

RECURSO HÍDRICO Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

El mapeo de los movimientos de masas mostró resultados similares a la salud y al hábitat humano. Los cuerpos hídricos no están expuestos, excepto en la región limítrofe con Buesaquillo.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



RECURSO HÍDRICO Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



El mapeo de los movimientos de masas fue similar al de la salud y al del hábitat humano, con las mismas respuestas. Esto significa que los cuerpos hídricos no están expuestos a la posibilidad de remoción de masas, excepto aquel que se encuentra en la región limítrofe con Buesaquillo por las mismas razones mencionadas anteriormente. El indicador utilizado es la densidad poblacional y esta región está cerca de áreas más elevadas.

Se observa en esta dimensión que el riesgo se extiende desde la zona periurbana hasta la zona rural. Aunque el riesgo es bajo y no se han presentado interrupciones en el servicio de acueducto, se evidencian procesos de erosión en toda la zona, tanto en los suelos como en los ríos y quebradas. En el caso específico del corregimiento de Macondino, los deslizamientos pueden afectar el acueducto veredal, lo que ocasiona problemas de turbiedad y arrastre de sedimentos.

Es importante tener presente que, aunque el riesgo es bajo, los acueductos veredales pueden verse afectados. Por tanto, es necesario implementar acciones preventivas en torno a las fuentes hídricas que abastecen estos acueductos, con el fin de evitar perjuicios a los habitantes en caso de eventos de remoción.

RECURSO HÍDRICO Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



El modelo considera susceptibilidad física y sensibilidad socioeconómica para determinar la vulnerabilidad. Áreas planas, como el casco urbano de Pasto y cercanías del Embalse Río Bobo, muestran baja vulnerabilidad debido a su escasa susceptibilidad. Las zonas montañosas cercanas a líneas de drenaje presentan mayor vulnerabilidad. Hay ocupación informal al este de Pasto, indicando mayor vulnerabilidad. Esta región tiene pendientes pronunciadas y se superpone con la sensibilidad social de la población.



RIESGO CRÍTICO

El análisis de riesgo crítico permite observar la ocurrencia de múltiples riesgos en un territorio, considerando la importancia de cada uno de ellos. Para la ciudad de Pasto, se llevaron a cabo encuestas a expertos de las diferentes oficinas de la alcaldía para determinar el nivel de importancia que asignan a cada uno de los riesgos evaluados, teniendo en cuenta la frecuencia con la que ocurren y los impactos asociados.

Los resultados obtenidos muestran que el riesgo por inundación es el más relevante, debido a las características del relieve de la región, este fenómeno ha desencadenado múltiples desastres en diferentes dimensiones, por lo que se le asignó un peso del 53,4%. En segundo lugar, se consideró el riesgo por movimientos de remoción en masa, con un peso del 35,1%, que se presenta principalmente en las áreas cercanas al río Pasto y otras quebradas que desembocan en él. Finalmente, el riesgo por sequía ocupó el tercer lugar, con un peso del 11,5%. Aunque la ciudad generalmente no experimenta temperaturas extremas debido a su altitud, su evaluación permite establecer que es un riesgo que tenderá a incrementar y a cobrar importancia bajo escenarios de cambio climático.

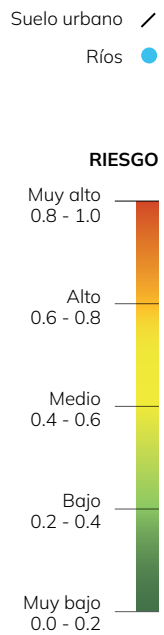
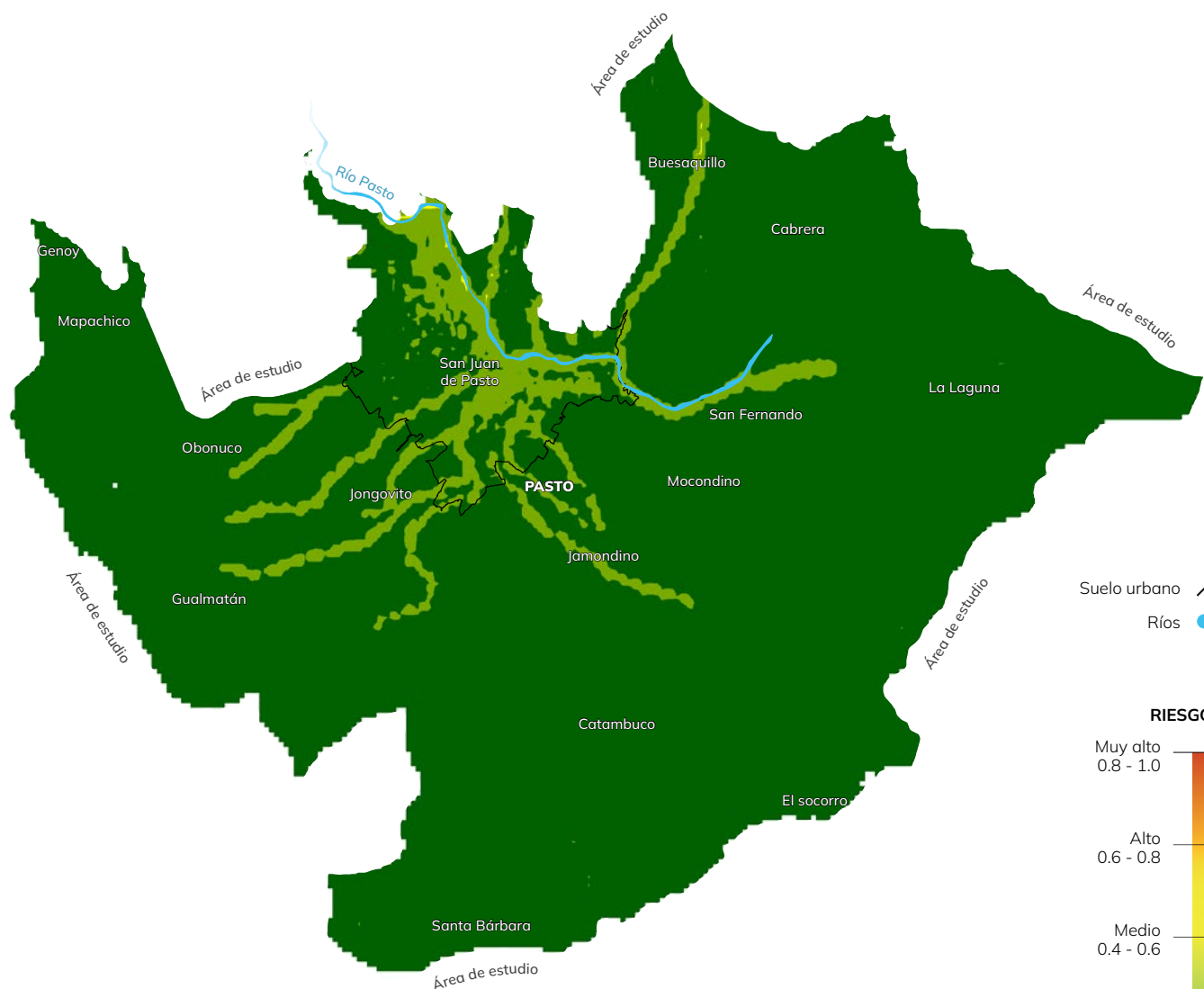
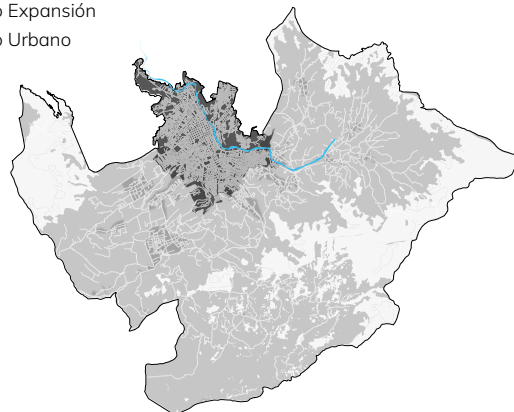
El comportamiento generalizado del riesgo crítico en el municipio está asociado a niveles bajos y muy bajos. Esto se debe principalmente a que los dos riesgos más importantes, los movimientos de remoción en masa y las inundaciones, no se superponen espacialmente. Por lo tanto, las zonas que podrían tener mayores niveles de riesgo son aquellas donde coinciden alguno de estos dos riesgos con la sequía, o donde alguno de estos dos riesgos alcanza valores críticos. Los niveles de mayor riesgo se determinan principalmente por las zonas de inundación que se presentan en la zona urbana, especialmente donde se superponen con zonas de riesgo de sequía, como ocurre en gran parte del casco urbano y en el occidente del municipio.

El análisis de riesgo en Pasto revela que la inundación es el riesgo más relevante, seguido de los movimientos de remoción en masa y la sequía.

RIESGO CRÍTICO

Los niveles de riesgo se concentran en zonas de inundación y áreas donde coinciden múltiples riesgos.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



RIESGO CRÍTICO PARA LA DIMENSIÓN DE BIODIVERSIDAD

Para analizar el riesgo crítico en la dimensión de biodiversidad, se utilizó una aproximación basada en el área para identificar las coberturas naturales de interés ecosistémico en el área de estudio que presentan mayores porcentajes en los niveles de riesgo medio, alto y muy alto (ver Figura 7).

Mediante este análisis, se ha determinado que no existe una superposición espacial significativa de los riesgos climáticos, lo que implica que se debe realizar un análisis integral de cada uno de ellos en lugar de tratarlos de manera conjunta. Como se mencionó anteriormente, las inundaciones y los deslizamientos de tierra ocurren en áreas con relieves diferentes, lo cual contribuye a esta falta de superposición.

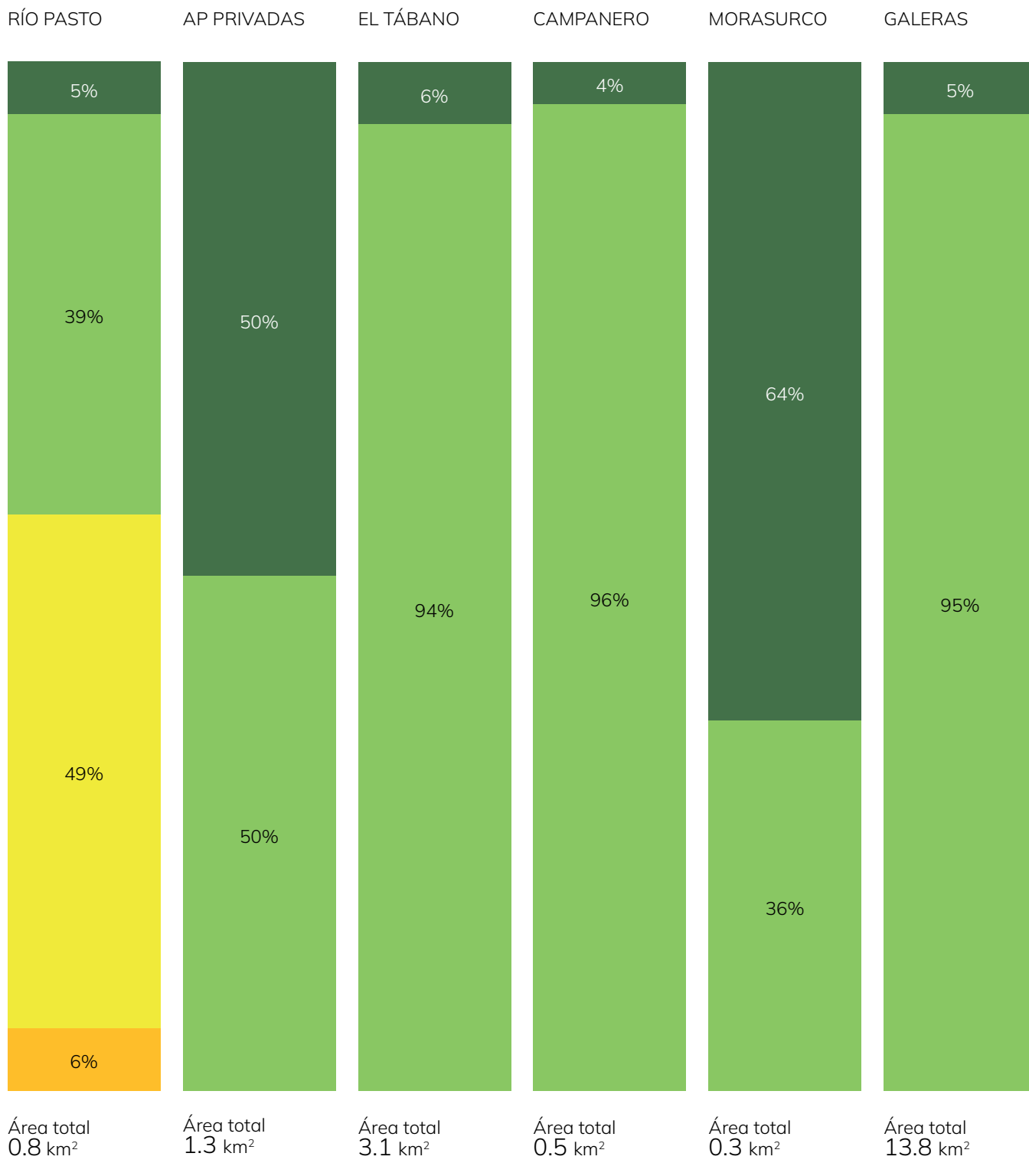
En este sentido, se destaca la importancia de dar un seguimiento especial al área del río Pasto, que ha sido identificada como una zona con riesgo de inundación. En términos de área, se ha determinado que el 6% de esta zona presenta un riesgo alto, mientras que el 49% muestra un riesgo medio. Por lo tanto, es crucial implementar medidas que contribuyan a la conservación de las coberturas naturales asociadas a este río.

Por otro lado, se ha observado que las demás áreas de importancia ecológica presentan riesgos bajos o muy bajos. En el caso de El Tábano, Campanero y Galeras, prácticamente la totalidad de estas áreas muestra un riesgo bajo. Sin embargo, es fundamental realizar un seguimiento continuo de los ecosistemas en estas áreas, ya que bajo las condiciones del cambio climático, podrían experimentar un aumento en los riesgos, incluso alcanzando niveles medios o altos. Por último, las áreas protegidas privadas y Morasurco presentan el menor riesgo climático en comparación con las demás áreas analizadas.

El análisis de riesgo crítico en biodiversidad revela que el área del río Pasto es vulnerable a inundaciones. Otras áreas importantes tienen riesgos bajos, pero requieren monitoreo ante el cambio climático.

Figura 7. Porcentaje de área en los diferentes niveles de riesgo crítico para la dimensión de biodiversidad de las áreas naturales.

ÁREA NATURAL

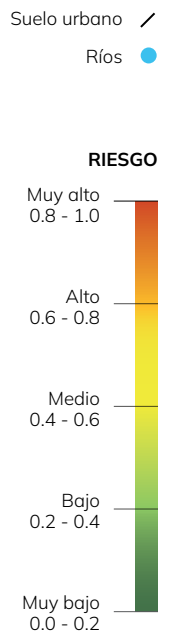
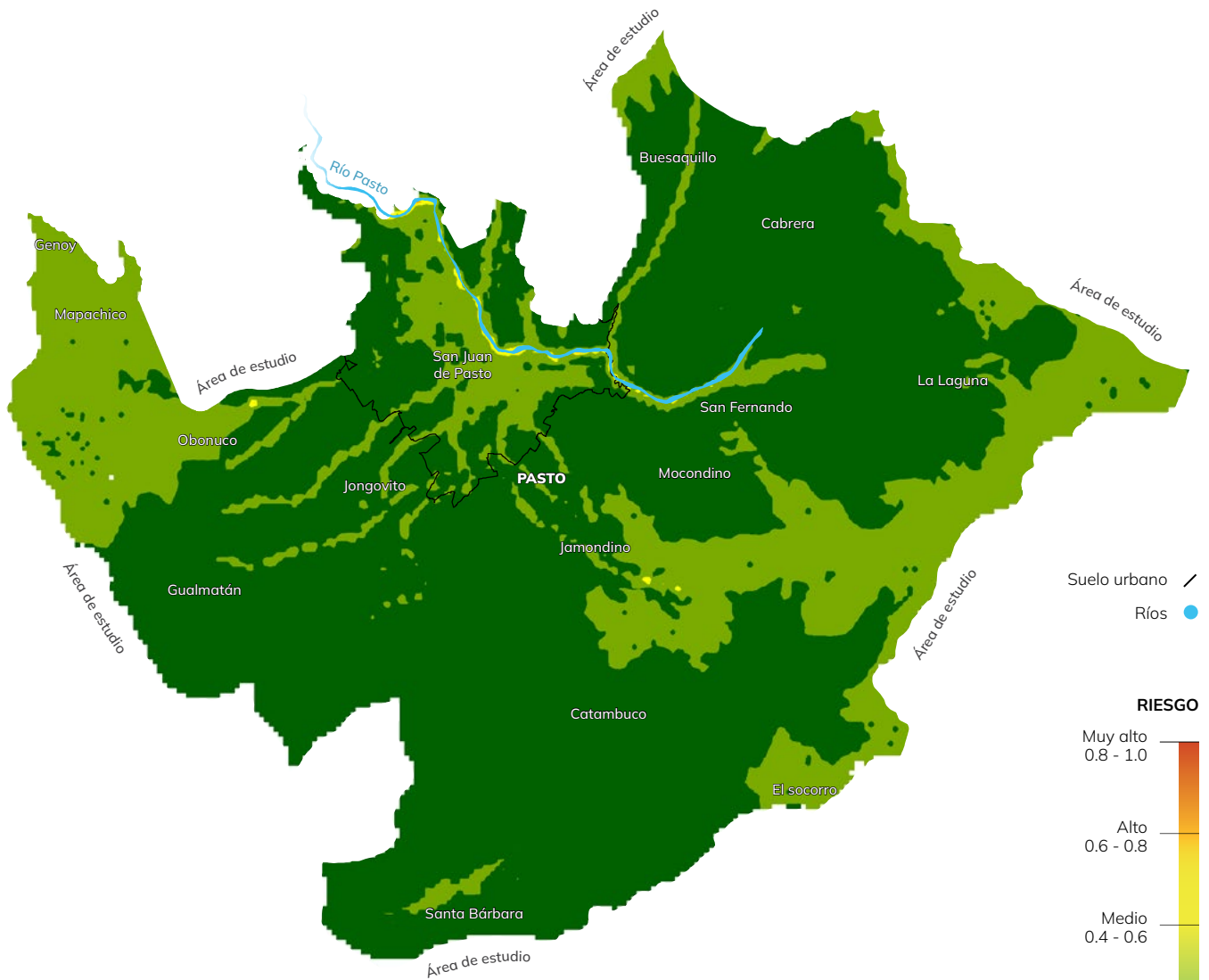
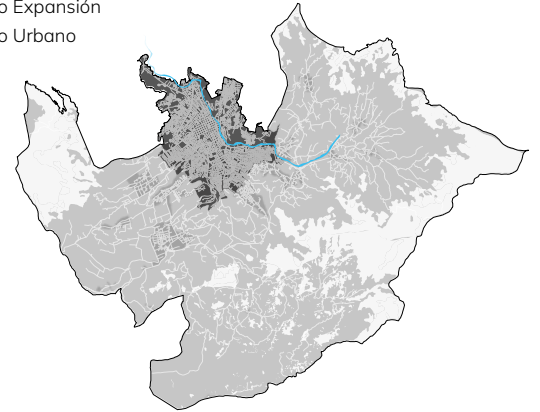


Riesgo: Muy bajo ■ Bajo ■ Medio ■ Alto ■ Muy alto ■

BIODIVERSIDAD Y RIESGO CRÍTICO

Las áreas protegidas privadas y Morasurco presentan el menor riesgo climático.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



ANÁLISIS DE RIESGO Y VULNERABILIDAD CLIMÁTICA CON ENFOQUE ECOSISTÉMICO



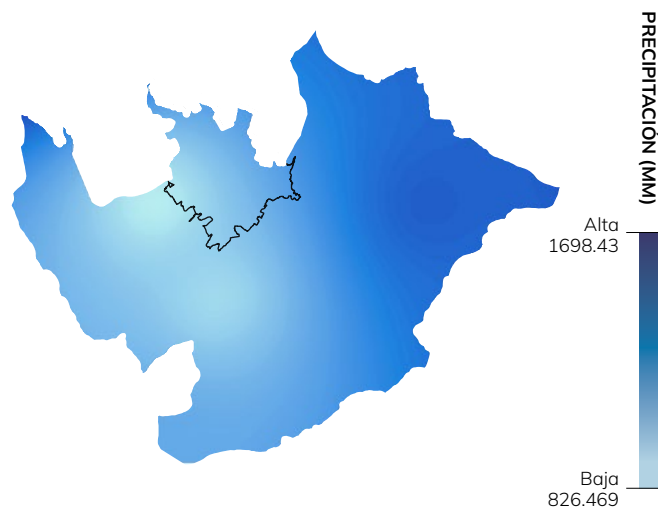
Escenarios de

CAMBIO CLIMÁTICO

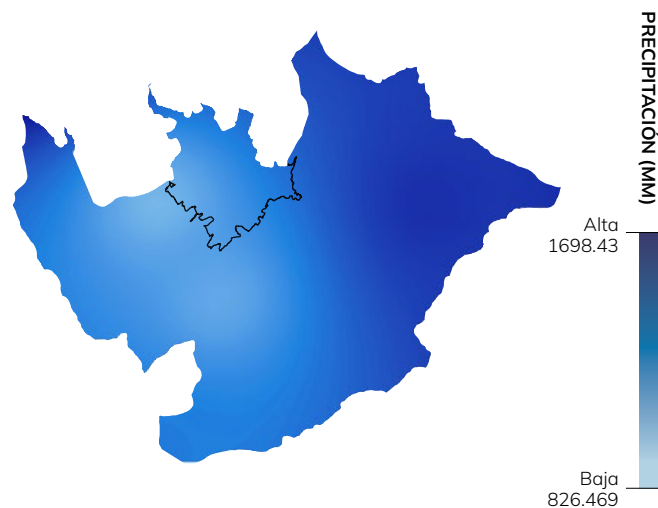
Para el análisis de los escenarios de cambio climático, se utilizó la serie de datos de la TCNCC (IDEAM, 2017), que abarca la climatología de 1975-2005 y se complementó con la climatología de 1980-2010. Los pronósticos se llevaron a cabo utilizando el escenario RCP 4.5, el cual ha demostrado tener una buena concordancia con los resultados de la TCNCC durante el primer periodo de pronóstico (2011-2040). En este estudio, se combinaron los horizontes de la TCNCC y se generó un único pronóstico de la climatología para el año 2100.

PRECIPITACIÓN

1975 - 2005



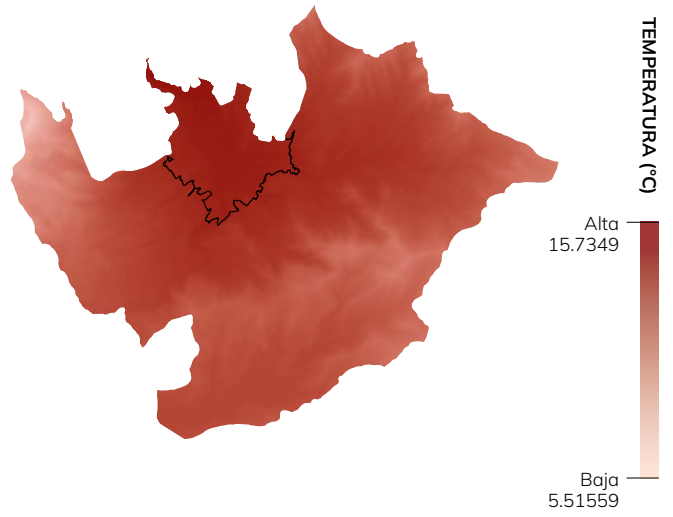
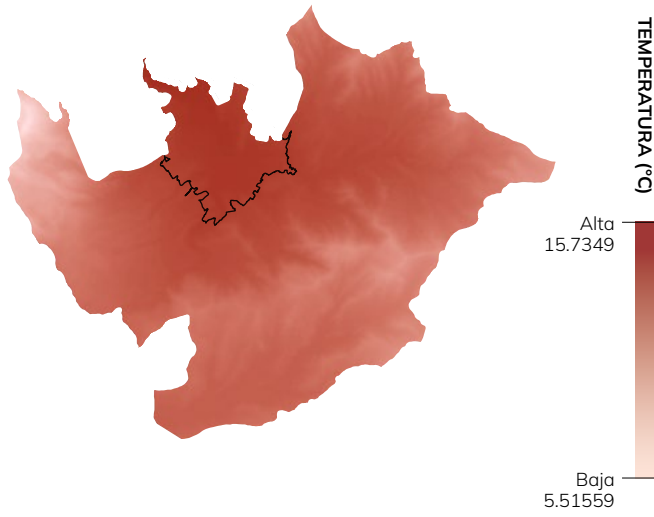
RCP 4.5 - 2100



TEMPERATURA MEDIA

1975 - 2005

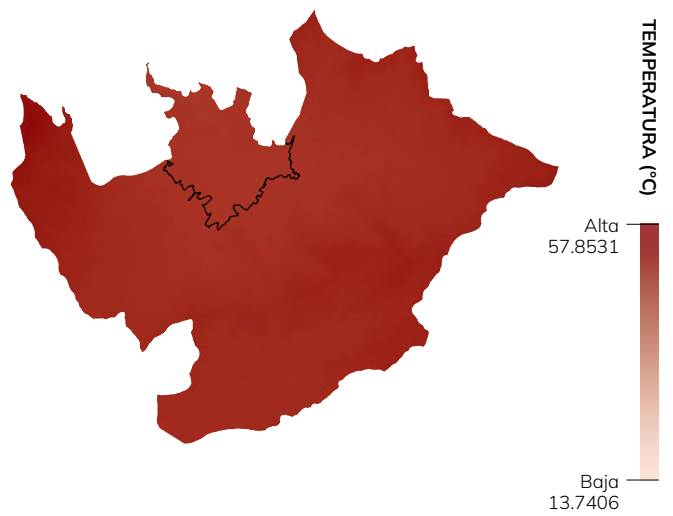
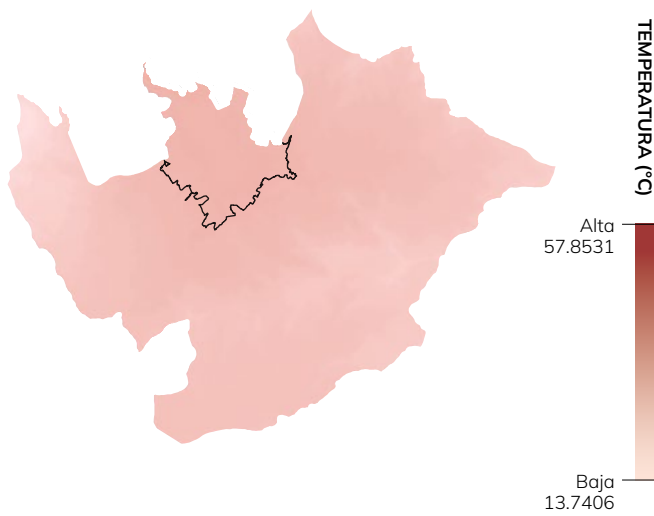
RCP 4.5 - 2100



TEMPERATURA MÁXIMA

1975 - 2005

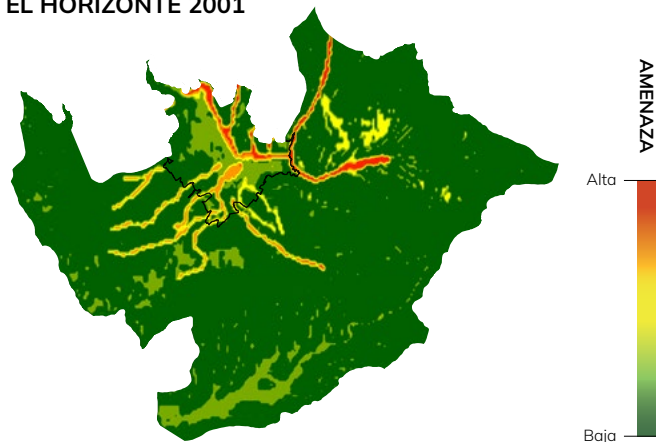
RCP 4.5 - 2100



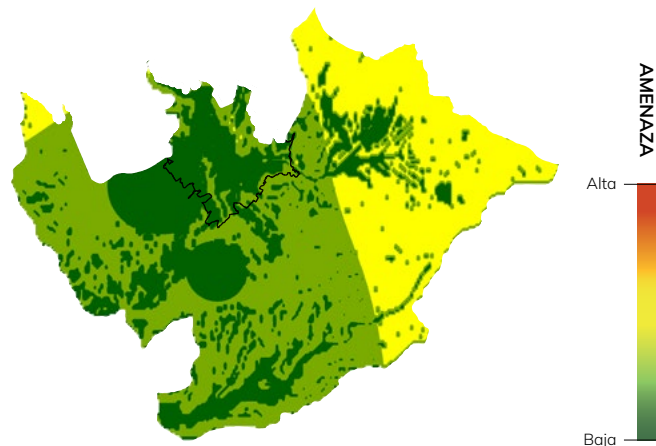
CAMBIO EN EL RIESGO POR CAMBIO CLIMÁTICO

De acuerdo con la formulación del modelo de riesgo, se incorporaron los escenarios de cambio climático mediante la actualización de los indicadores de amenaza, considerando los cambios en la precipitación, ya que esta es la principal variable climática asociada a los riesgos evaluados. Para proyectar el comportamiento de la precipitación, se utilizó el escenario RCP 4.5, que fue modelado en el presente capítulo. Los demás indicadores se mantuvieron constantes para la proyección del riesgo.

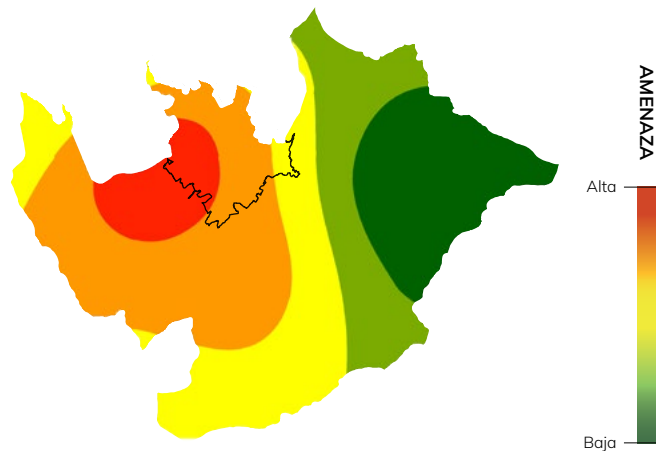
AMENAZA POR INUNDACIÓN BAJO EL ESCENARIO RCP 4.5 PARA EL HORIZONTE 2001



AMENAZA POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA BAJO EL ESCENARIO RCP 4.5 PARA EL HORIZONTE 2001



AMENAZA POR SEQUÍA BAJO EL ESCENARIO RCP 4.5 PARA EL HORIZONTE 2001



RIESGO CRÍTICO

Teniendo en cuenta que, bajo el escenario RCP 4.5, la precipitación en Pasto puede incrementar entre 161 y 237 mm para el horizonte temporal 2100, se observa que, en todo el territorio urbano y parte de la zona occidental del área rural, el riesgo crítico multidimensional y para la dimensión de biodiversidad aumentará entre un 0-15%. Esto se debe a que los riesgos de inundación y remoción en masa tienen mayor peso en el municipio, por lo tanto, un aumento en la precipitación incrementa la probabilidad de que estos eventos ocurran.

En cuanto a la zona oriental de la zona de estudio, se observa que tanto el riesgo crítico multidimensional como el riesgo crítico para la dimensión de biodiversidad pueden disminuir entre un 0-15%. Esto sugiere que los bosques que se encuentran en esta zona del municipio presentan una capacidad significativa, lo cual los hace resilientes ante eventos desencadenados por la alta precipitación. Es decir, gracias a la naturaleza de los suelos y la vegetación existente, junto con las prácticas sostenibles que se llevan a cabo, tienen la capacidad de regenerarse en caso de ocurrir un desastre.

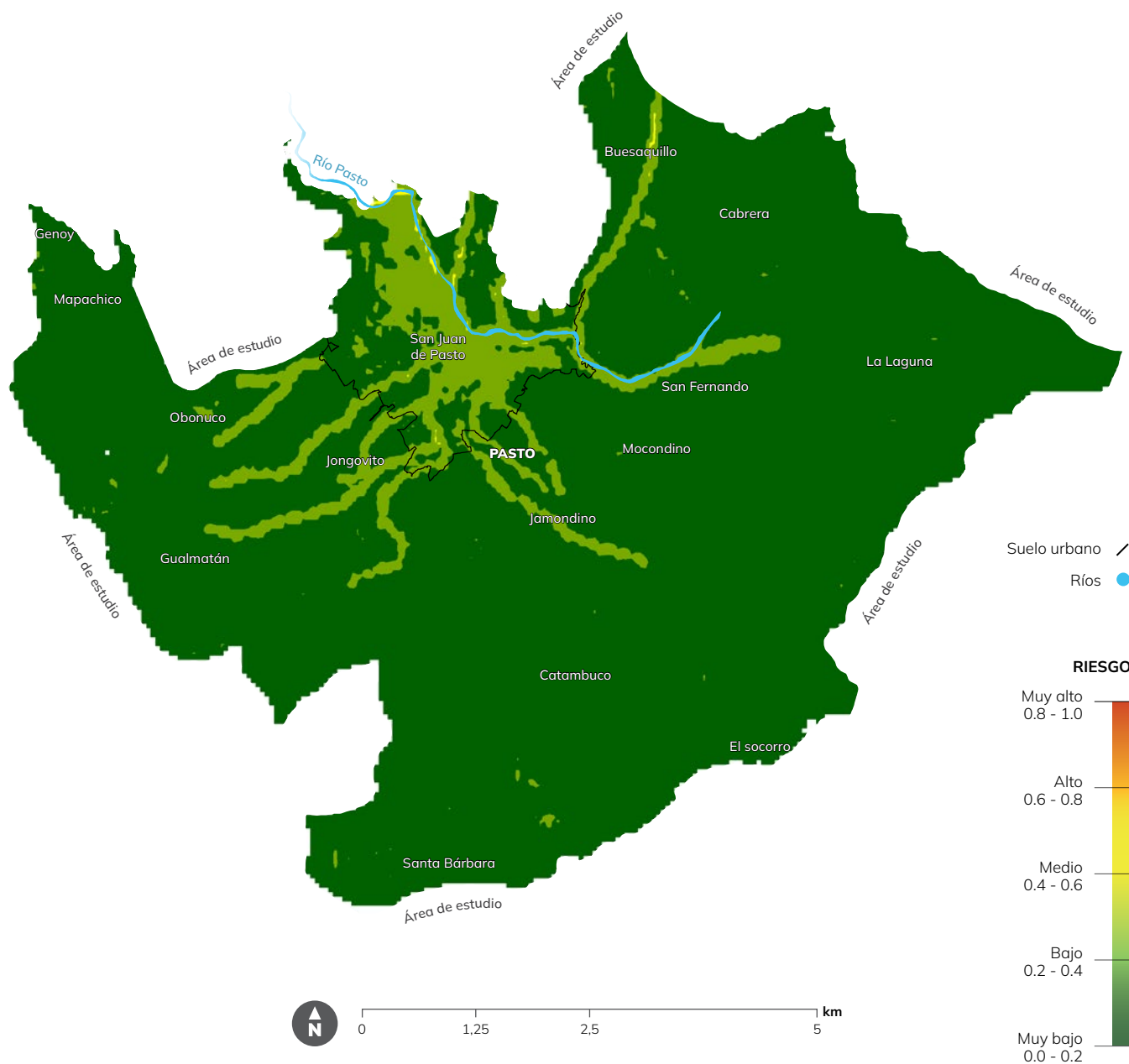
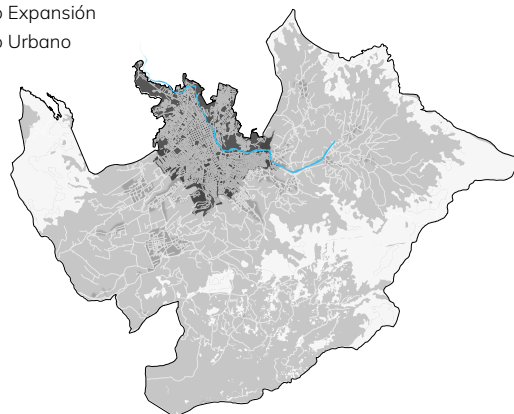


RCP45-2100

RIESGO CRÍTICO

Bajo el escenario RCP 4.5, se prevé un aumento de la precipitación en Pasto para el año 2100. Esto incrementará el riesgo crítico multidimensional y de biodiversidad en el territorio urbano y parte de la zona rural.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano

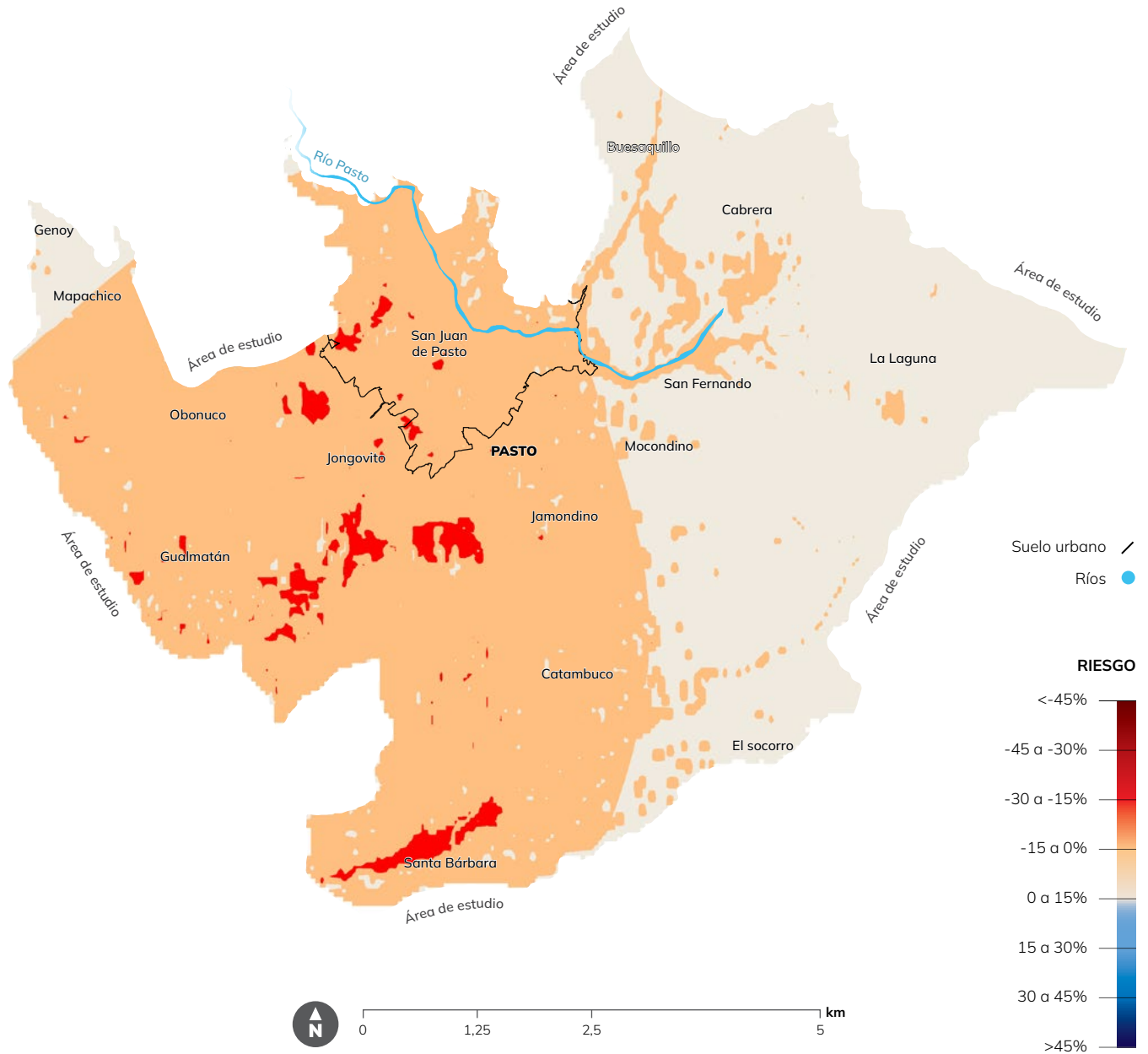
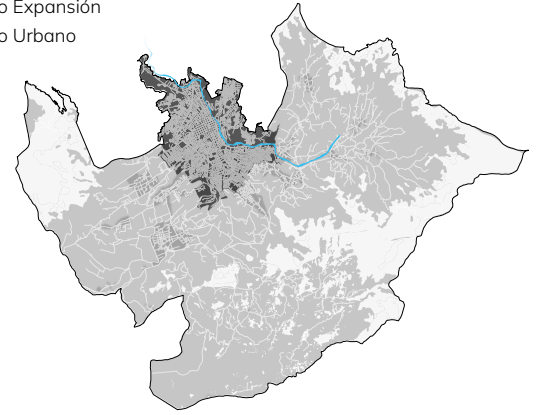


Cambio climático

RIESGO CRÍTICO

El aumento de la precipitación en Pasto bajo el escenario RCP 4.5 incrementará los riesgos de inundación y remoción en masa en todo el territorio urbano y parte de la zona rural.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano

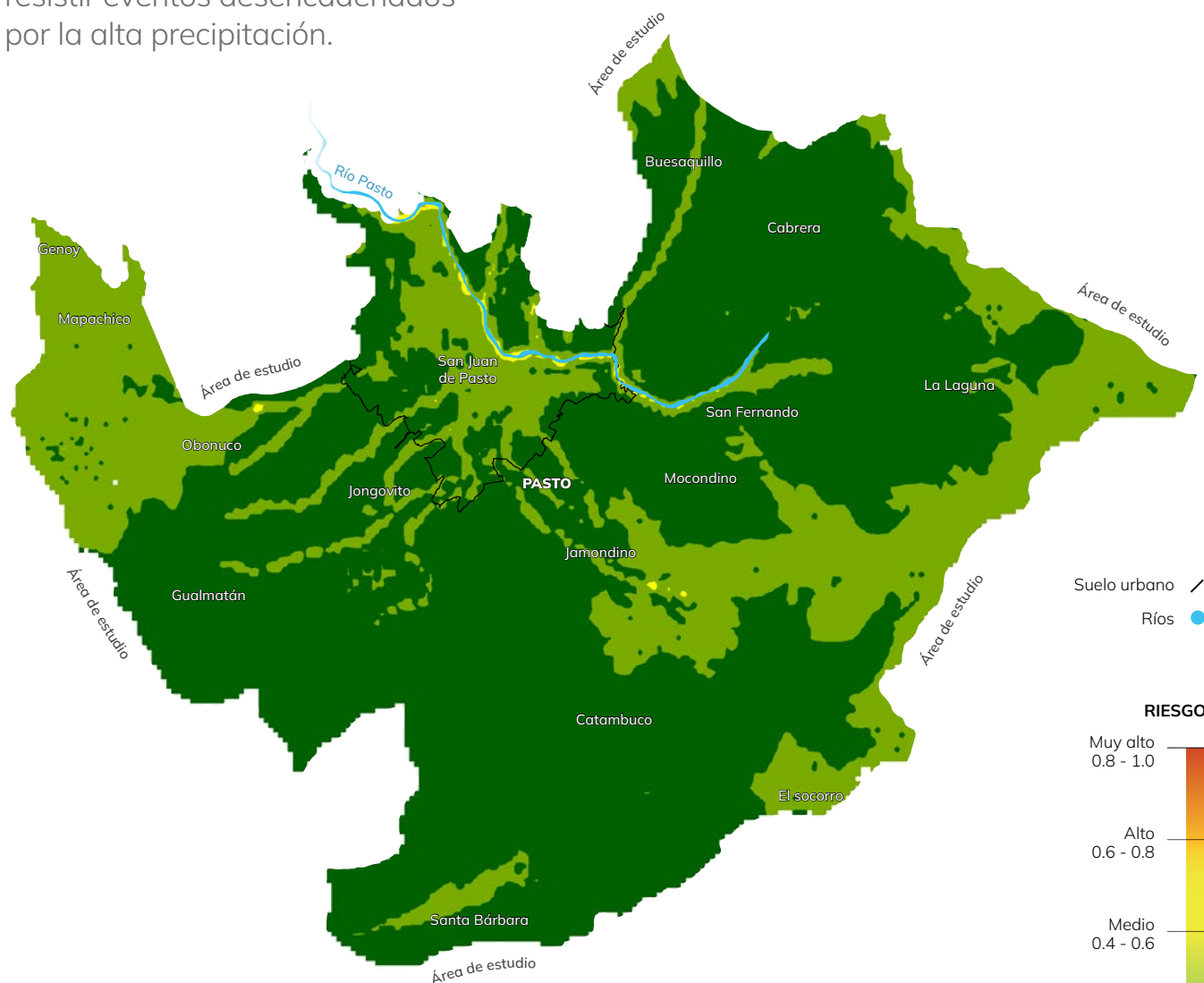
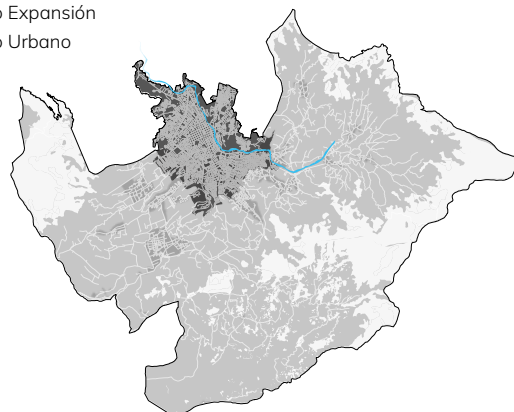


RCP45-2100

RIESGO CRÍTICO Y BIODIVERSIDAD

En la zona oriental del municipio de Pasto, el riesgo crítico multidimensional y de biodiversidad puede disminuir. Los bosques en esta área tienen una capacidad significativa de resistir eventos desencadenados por la alta precipitación.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



Suelo urbano /

Ríos ●

RIESGO

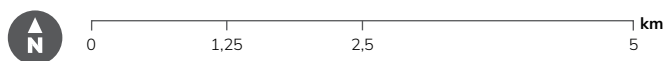
Muy alto 0.8 - 1.0

Alto 0.6 - 0.8

Medio 0.4 - 0.6

Bajo 0.2 - 0.4

Muy bajo 0.0 - 0.2

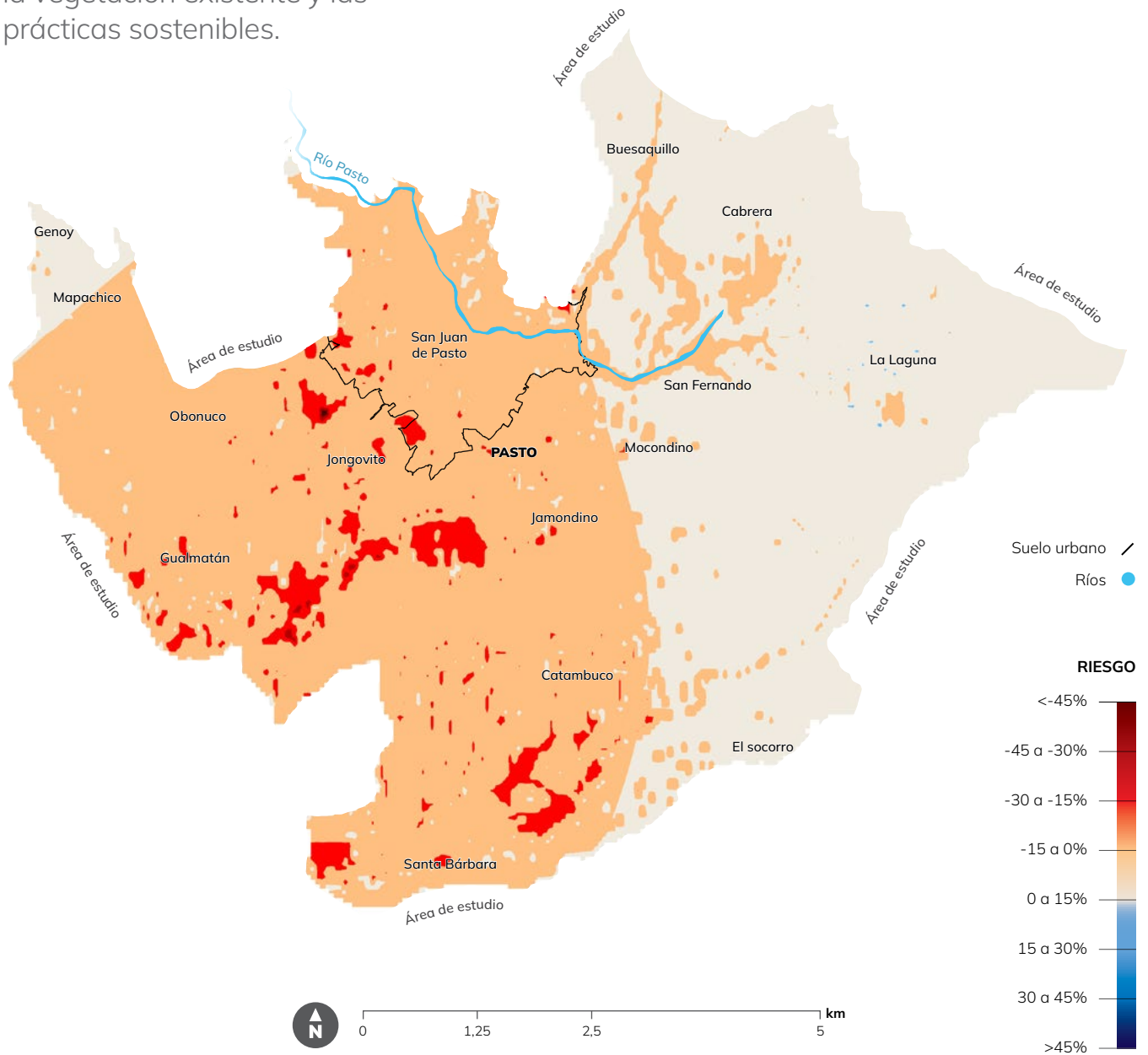
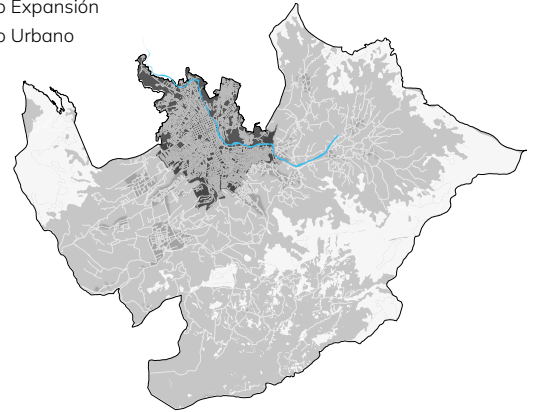


Cambio climático

RIESGO CRÍTICO Y BIODIVERSIDAD

Los bosques en la zona oriental del municipio de Pasto muestran una mayor resiliencia ante eventos desencadenados por la alta precipitación. Esto se debe a la naturaleza de los suelos, la vegetación existente y las prácticas sostenibles.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano





Análisis de índices de

CAMBIO CLIMÁTICO

ÍNDICES ASOCIADOS A INUNDACIONES

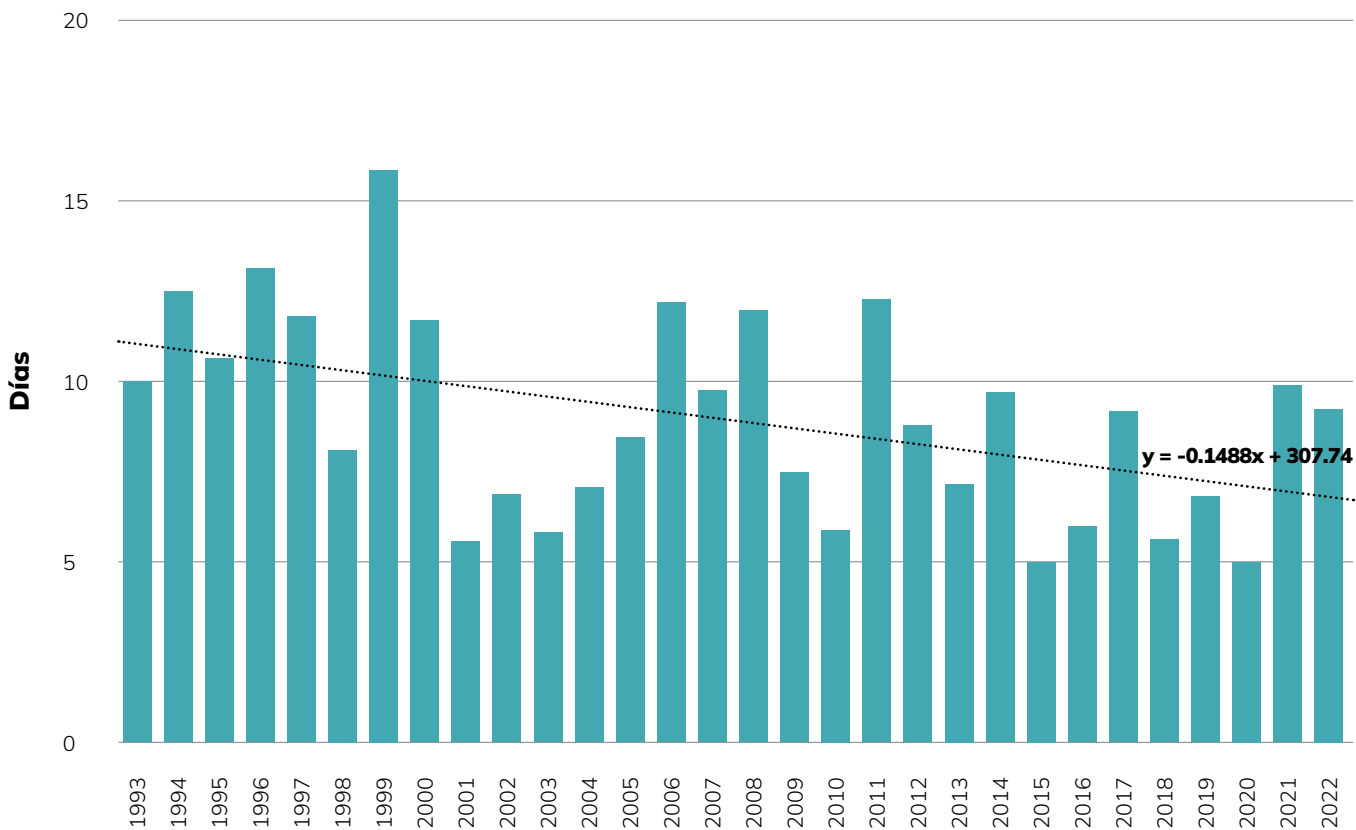
Al realizar el análisis cartográfico de los índices R25 y R95p, se puede observar que los eventos de precipitación intensa se concentran con mayor frecuencia en la zona noroccidental y nororiental de la zona de estudio, que corresponden al páramo de Morasurco y al Galeras, respectivamente. También se observa una concentración de precipitaciones extremas en la zona oriental de la ciudad, específicamente en los corregimientos de Cabrera, La Laguna y parte del páramo

de Bordoncillo, aunque con una menor frecuencia que en las zonas mencionadas anteriormente.

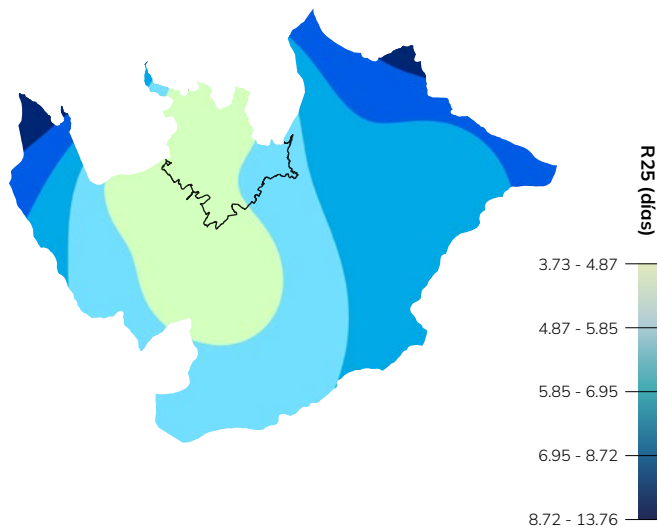
En cuanto a la tendencia de los índices, se puede observar que en los últimos años tanto el R25 como el R95p han mostrado un comportamiento decreciente. Por lo tanto, se espera que en la mayor parte del territorio haya una disminución considerable en la frecuencia de eventos intensos de precipitación y en la cantidad de precipitación asociada a eventos extremos.

NÚMERO DE DÍAS CON PRECIPITACIÓN MUY INTENSA (R25)

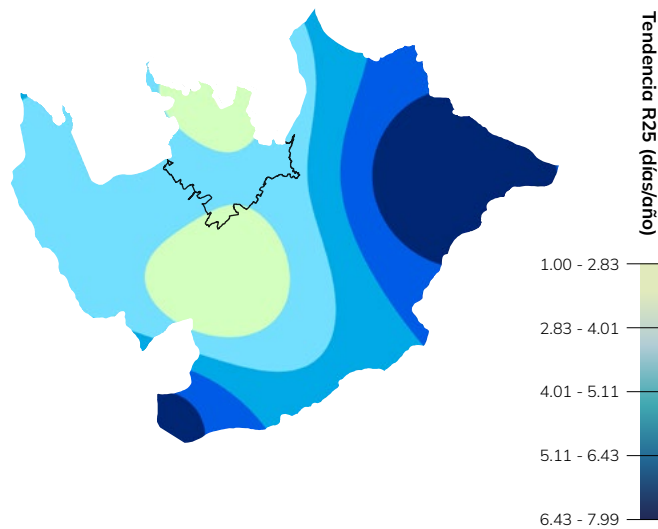
Figura 8. Tendencia de R25.



DÍAS DE LLUVIAS MUY INTENSAS

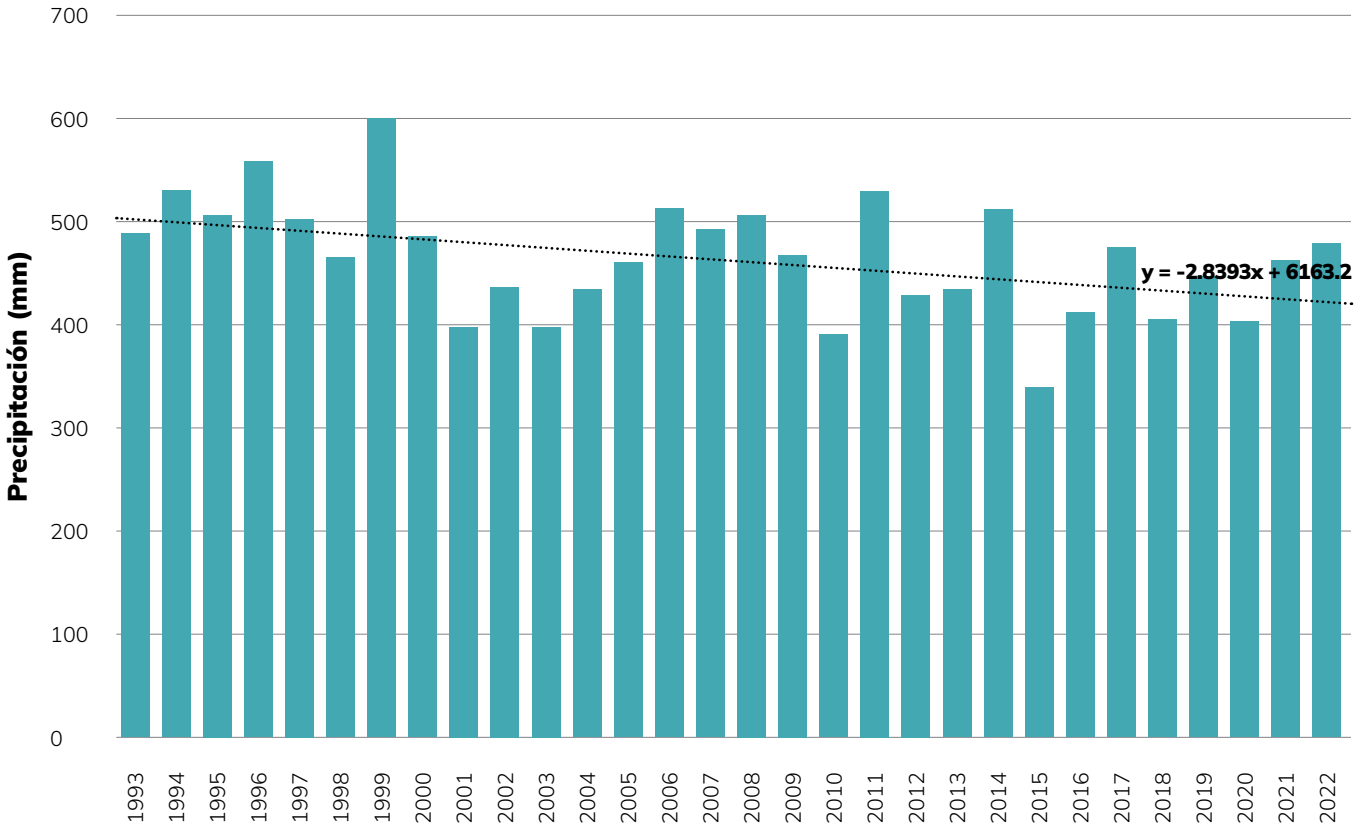


TENDENCIA DE R25 (1993-2022)



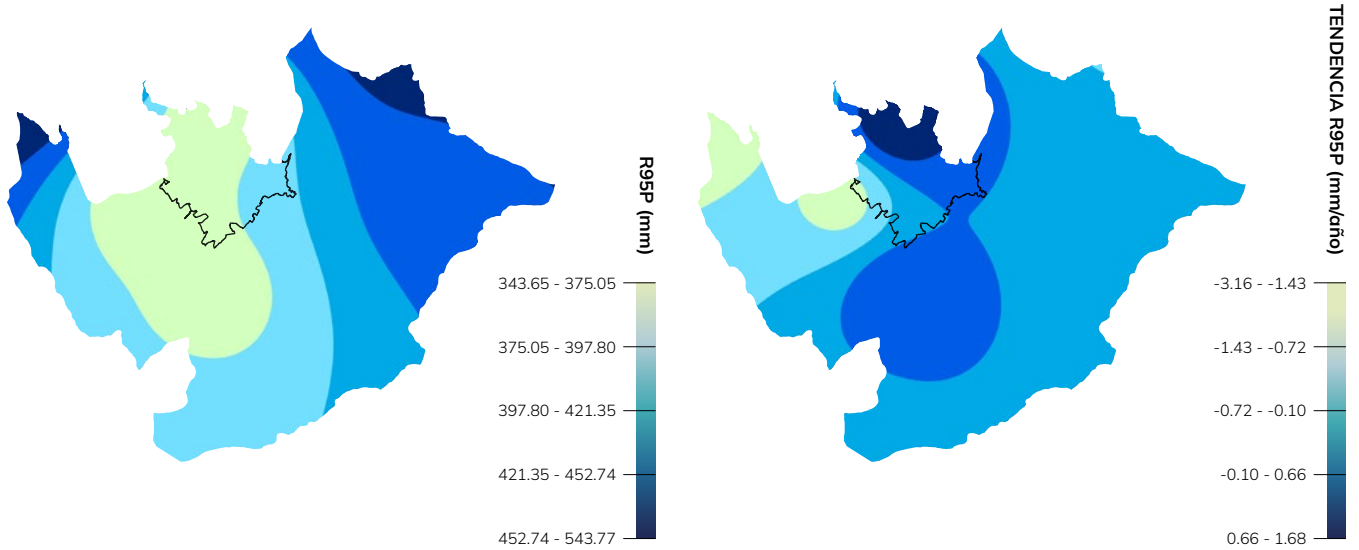
DÍAS MUY HÚMEDOS (R95P)

Figura 9. Tendencia de R95P.



DÍAS MUY HÚMEDOS

TENDENCIA DE R95P (1993-2022)



INDICADORES ASOCIADOS A MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

La cartografía del índice CWD muestra que la zona oriental de la ciudad (corregimiento La Laguna) es donde se presentan los periodos de lluvia más extensos, alcanzando períodos cercanos a los 14 días consecutivos de lluvia. De manera similar, la zona suroccidental también muestra este mismo comportamiento. Sin embargo, estas dos zonas son las que concentran menos precipitación en periodos de cinco

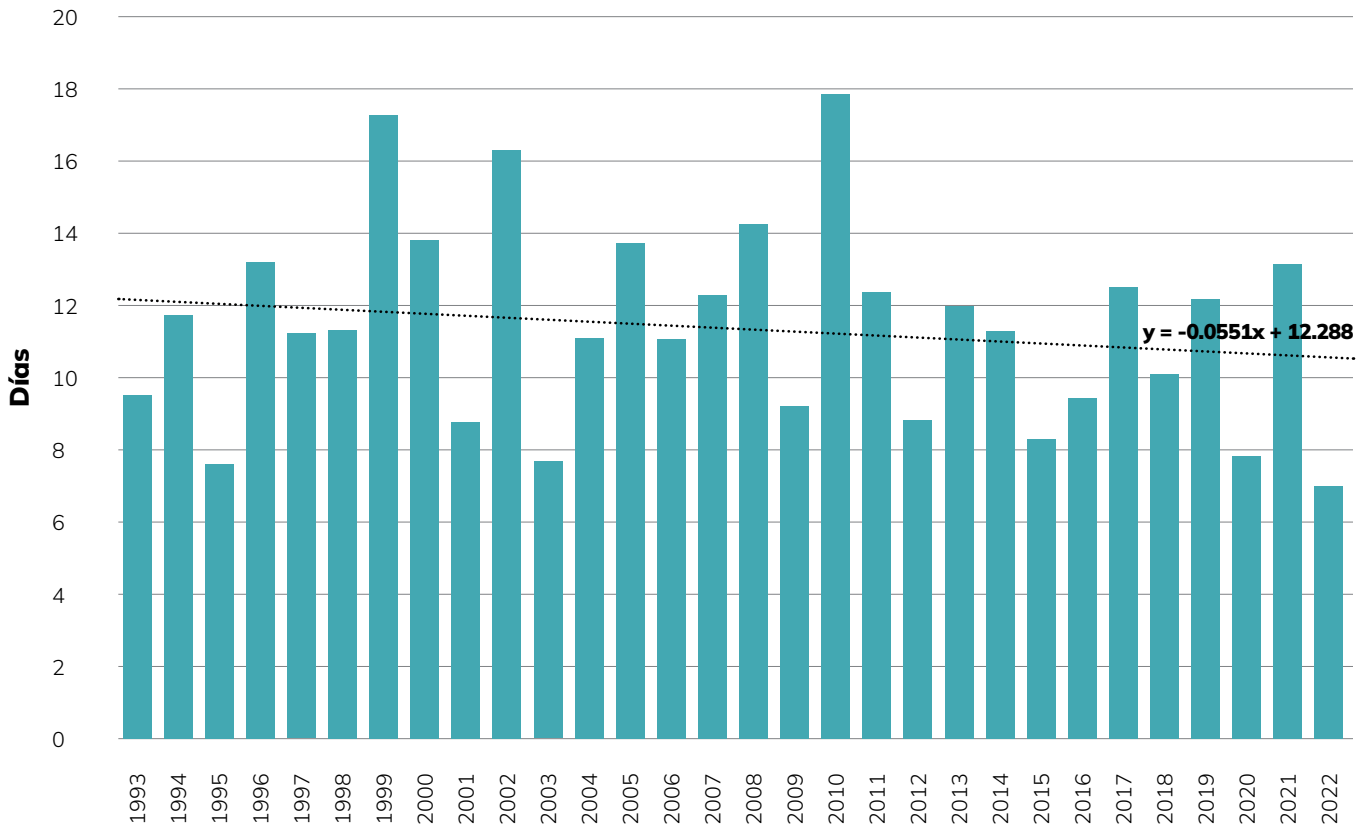
días consecutivos, lo que indica que su nivel de riesgo de movimientos de remoción en masa no es tan elevado.

Tanto la cantidad de días lluviosos consecutivos como la cantidad de precipitación acumulada durante cinco días muestran una tendencia a disminuir, especialmente hacia el norte de la zona urbana y al sur en el corregimiento de Catambuco para el primer índice, y al noroccidente para el segundo.

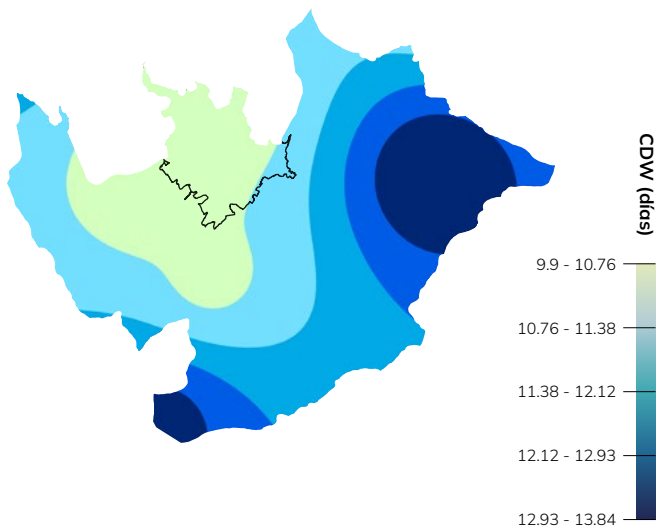


DÍAS HÚMEDOS CONSECUTIVOS (CWD)

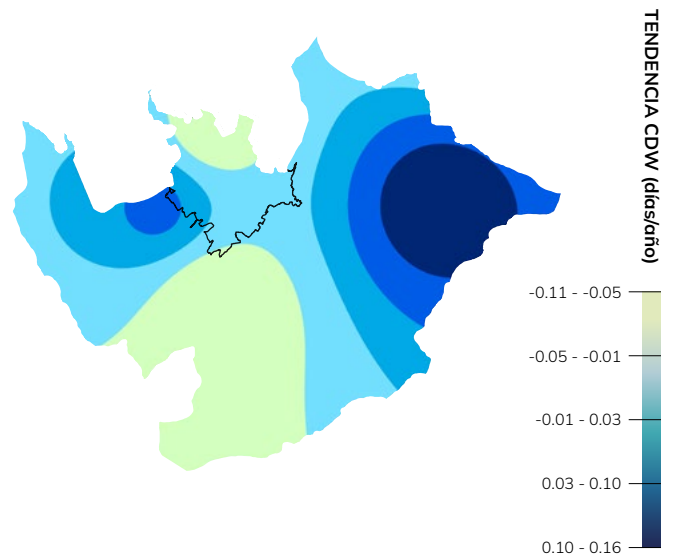
Figura 10. Tendencia de CWD.



DÍAS CONSECUTIVOS DE LLUVIA

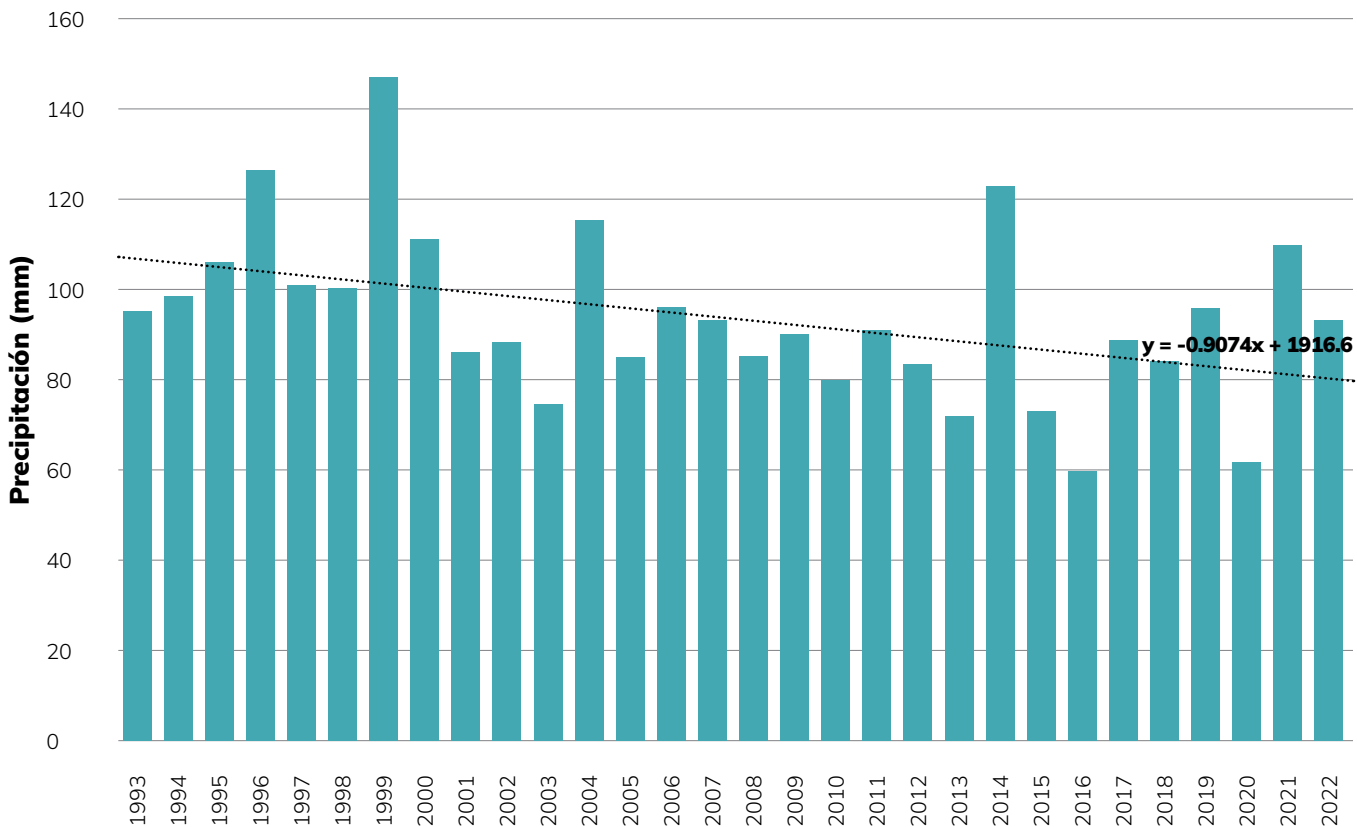


TENDENCIA CWD (1993 - 2022)

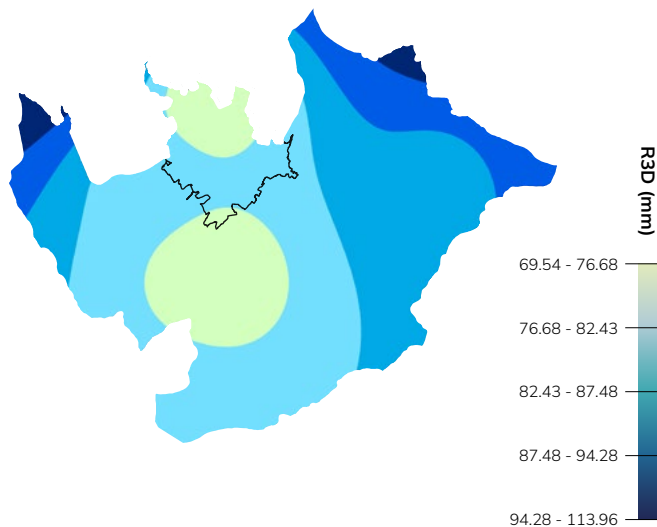


CANTIDAD MÁXIMA DE PRECIPITACIÓN EN 5 DÍAS (R5D)

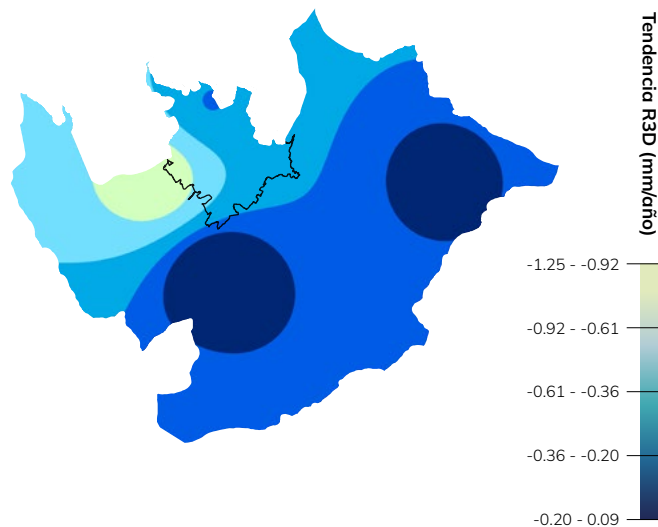
Figura 11. Tendencia de R5D.



PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE CINCO DÍAS.



TENDENCIAS DE R5D (1993-2022)



INDICADORES ASOCIADOS A SEQUÍA

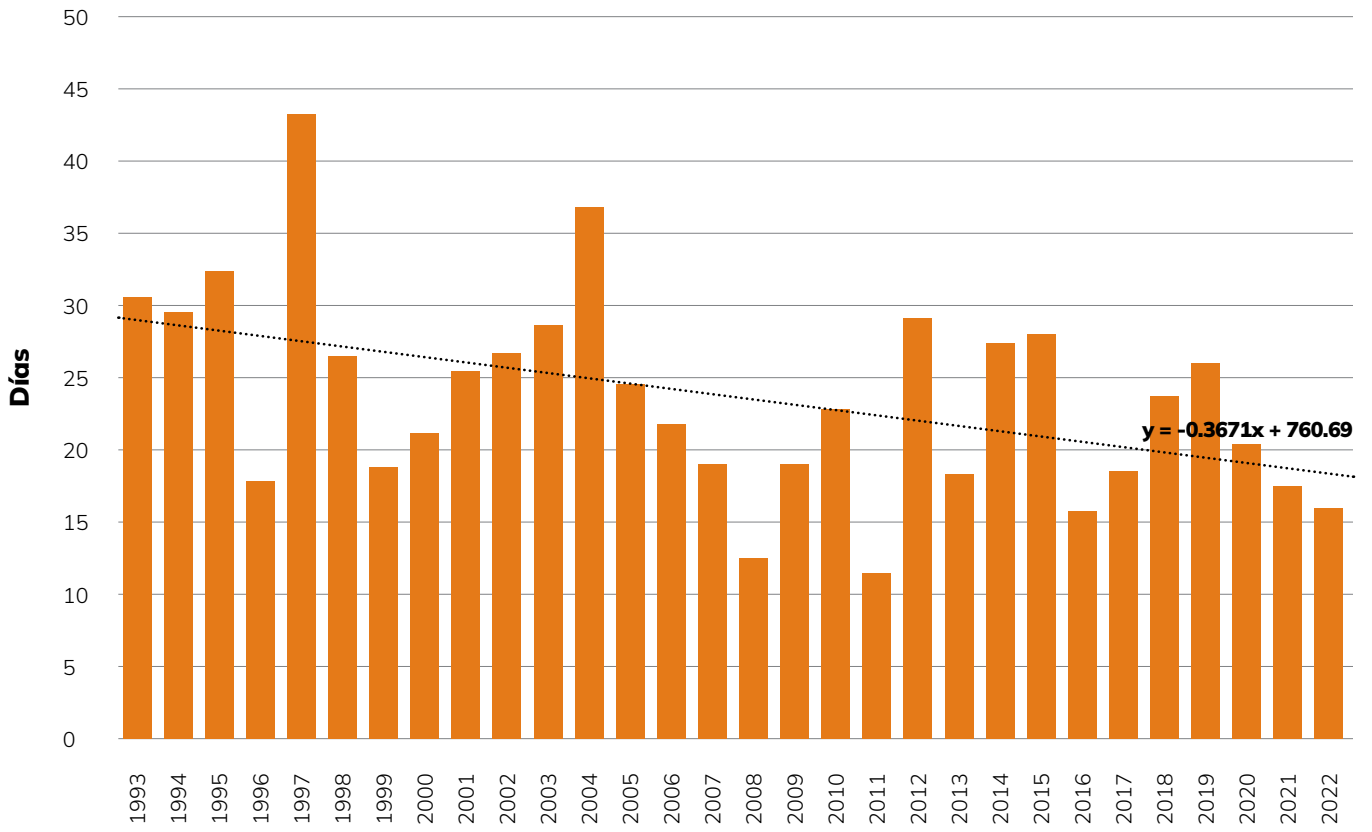
El índice asociado a la sequía muestra que los periodos de días sin lluvia pueden alcanzar 30 días consecutivos en la zona noroccidental y en el norte hasta 21 días, mientras que al oriente se mantienen periodos secos que duran entre

10 y 14 días aproximadamente. La tendencia de este índice es decreciente, al igual que los índices asociados a inundaciones, lo cual indica que se reducirán los días consecutivos sin lluvia en toda el área de estudio.

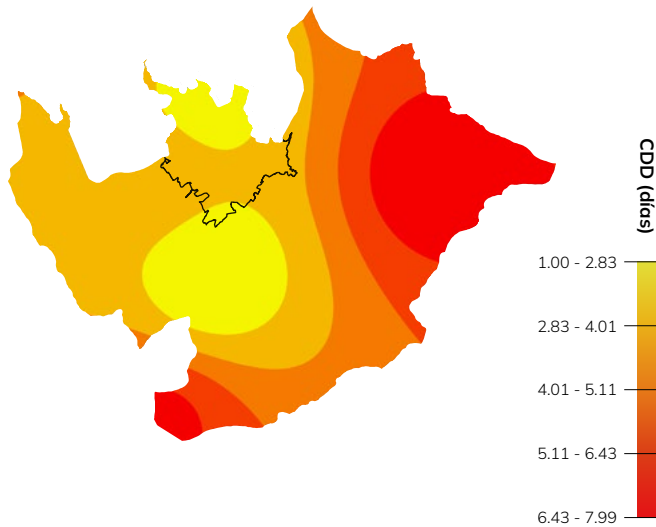


DÍAS SECOS CONSECUTIVOS (CDD)

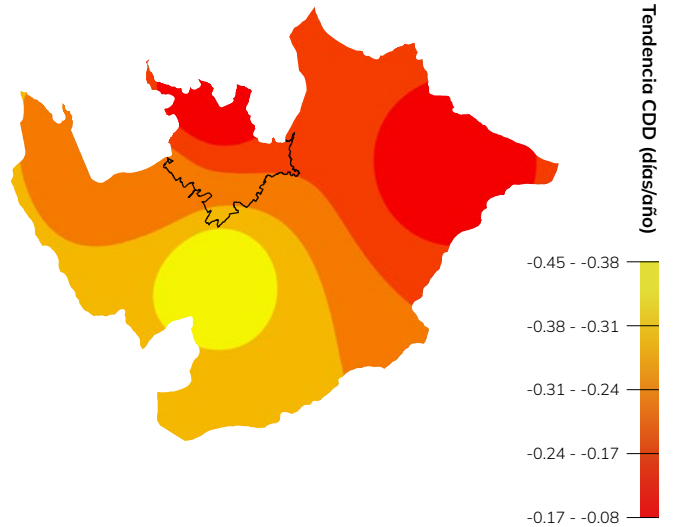
Figura 12. Tendencia de CDD.



DÍAS CONSECUTIVOS SECOS



TENDENCIA DE CDD (1993-2022)



INDICADORES ASOCIADOS AL AUMENTO DE LA TEMPERATURA Y SU EFECTO SOBRE LAS ISLAS DE CALOR

El índice TX90P es un indicador climático utilizado para medir la proporción de días con temperaturas máximas que superan el percentil 90 en relación con un periodo de referencia específico, en este caso, los años comprendidos entre 1993 y 2022. Durante el análisis realizado, se obtuvo un valor promedio de 10,37 para este índice. Esto indica que, en promedio, alrededor del 10,4% de los días en Pasto presentan temperaturas máximas que superan el umbral establecido en el percentil 90.

Por otro lado, la tendencia del índice TX90P, con un valor positivo de 0,35, sugiere que la proporción de días calurosos en relación con el historial climático de la ciudad está aumentando moderadamente a lo largo del tiempo. Esto implica que la frecuencia de días extremadamente cálidos ha experimentado un crecimiento gradual en Pasto.

En conjunto, estos valores indican que la ciudad ha experimentado una tendencia creciente en la frecuencia de días extremadamente cálidos y que, en promedio, tiene un número considerable de estos días anualmente. Sin embargo, es importante tener en cuenta que también

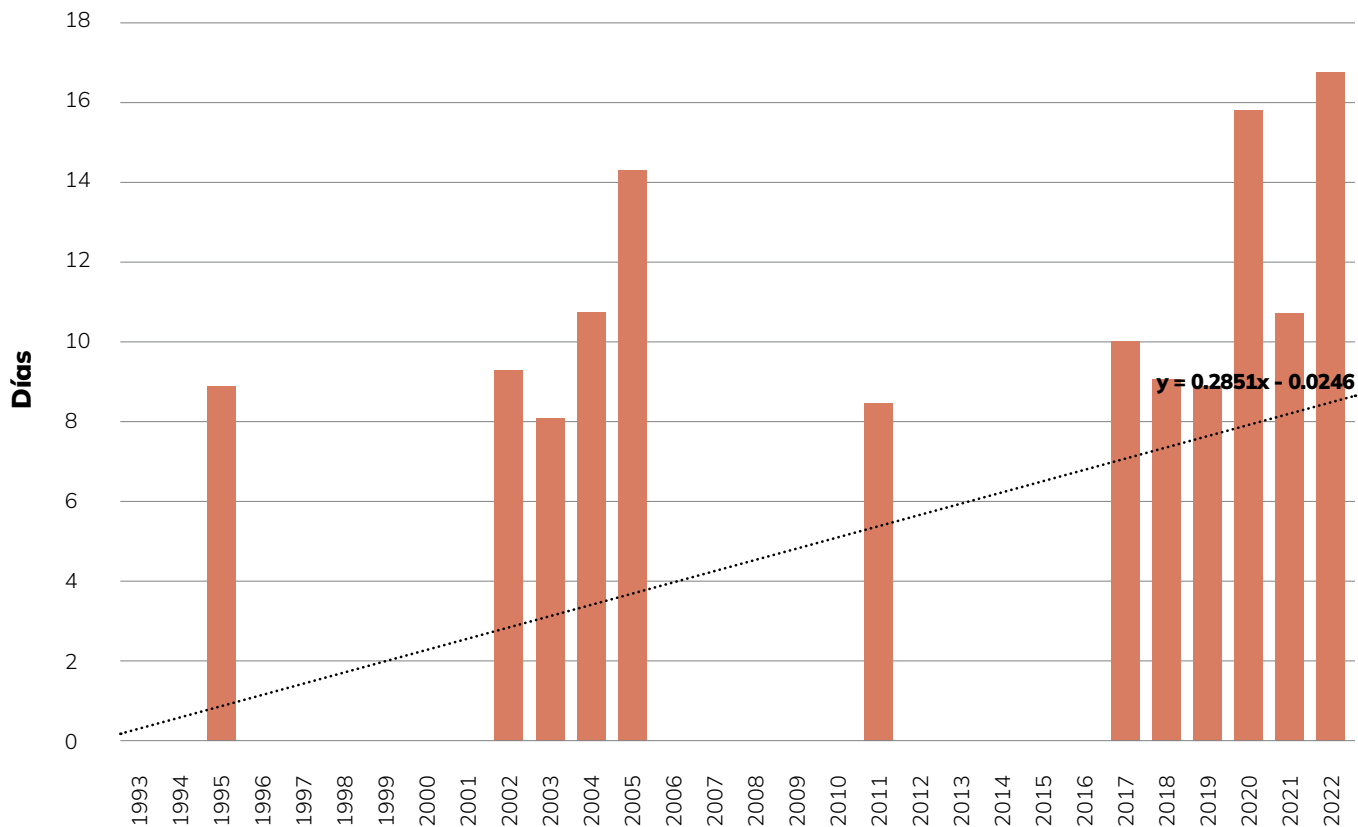
puede haber variaciones locales debido a factores topográficos y la influencia de la altitud y la proximidad al Ecuador.

Los valores del índice TX90P para Pasto señalan que la ciudad experimenta un porcentaje moderado de días calurosos en relación con su historial climático. Sin embargo, debido a las condiciones locales y las variaciones en la altitud, es posible que existan diferencias significativas en el clima de diferentes áreas dentro de la ciudad. Estas variaciones pueden influir en la magnitud y la duración de los días calurosos en diferentes zonas de Pasto.

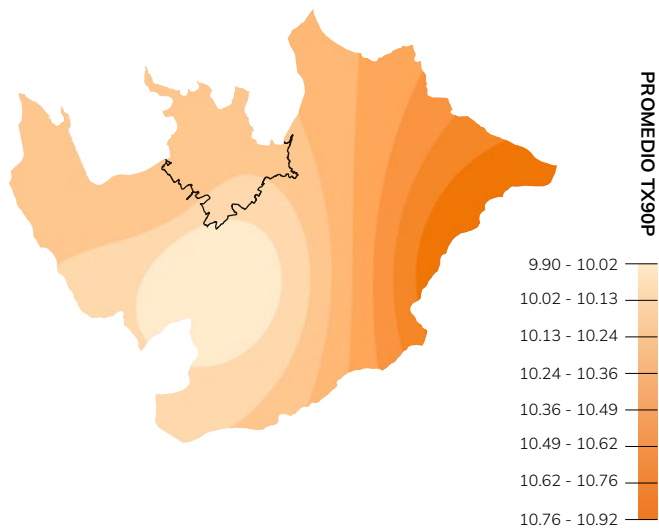
En resumen, los valores del índice TX90P indican una tendencia creciente en la frecuencia de días extremadamente cálidos en Pasto, con un promedio anual considerable de estos días. Sin embargo, debido a las variaciones locales y la influencia de la altitud y las condiciones topográficas, es importante tener en cuenta que pueden existir diferencias significativas en el clima de diferentes áreas de la ciudad. Estos hallazgos son fundamentales para comprender la realidad climática de Pasto y tomar decisiones informadas en términos de adaptación al cambio climático y gestión de riesgos.

PORCENTAJE DE DÍAS DONDE LA TEMPERATURA MÁXIMA ES MAYOR AL PERCENTIL 90 (T90XP)

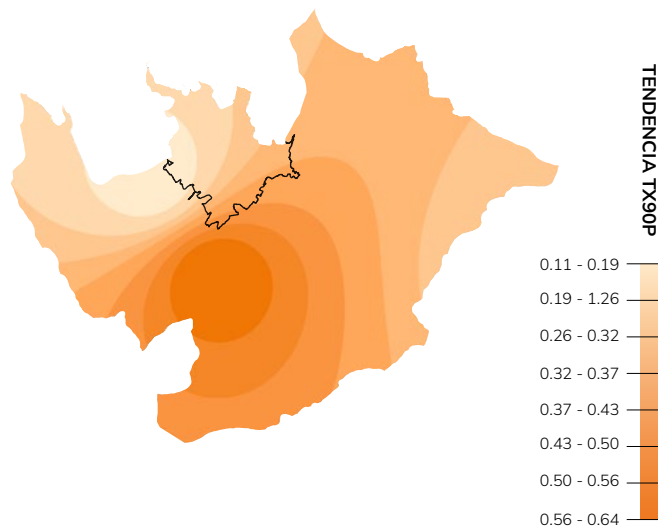
Figura 13. Tendencia de TX90P.



PROMEDIO TX90P



TENDENCIA TX90P (1993-2022)



WARM SPELL DURATION INDICATOR (WSDI)

El valor de tendencia del WSDI de 0,0147 indica un cambio positivo o una tendencia creciente en la duración de las olas de calor en Pasto. Sin embargo, dado que el valor es relativamente pequeño (menor que 1), sugiere un aumento suave o gradual en la frecuencia o duración de las olas de calor en lugar de un cambio significativo. Por su parte, el valor promedio del WSDI de 1,2 indica que, en promedio, las olas de calor en Pasto tienen una duración que está 1,2 desviaciones estándar por encima del promedio a largo plazo. Este valor indica que las olas de calor en la región son relativamente frecuentes o más largas en comparación con el promedio histórico analizado (1993-2022).

Teniendo en cuenta el rango de valores del índice WSDI, tanto el valor de tendencia del WSDI como el promedio del WSDI sugieren una tendencia creciente en la duración de las olas de calor y condiciones relativamente más cálidas en Pasto. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los valores proporcionados son específicos del análisis realizado y es posible que no representen todo el rango del índice ni tengan en cuenta valores extremos más allá de los datos analizados.

Nota: hasta ahora, los análisis se han basado en los datos recopilados de una única estación meteorológica en la región de Pasto. Sin embargo, para obtener resultados y análisis más precisos, es fundamental incluir datos adicionales de múltiples estaciones meteorológicas.

La inclusión de datos de diversas estaciones meteorológicas brinda la oportunidad de obtener una visión más completa y representativa de los patrones climáticos y las tendencias en la zona de Pasto. Cada estación captura particularidades locales y variaciones geográficas, lo que enriquecerá

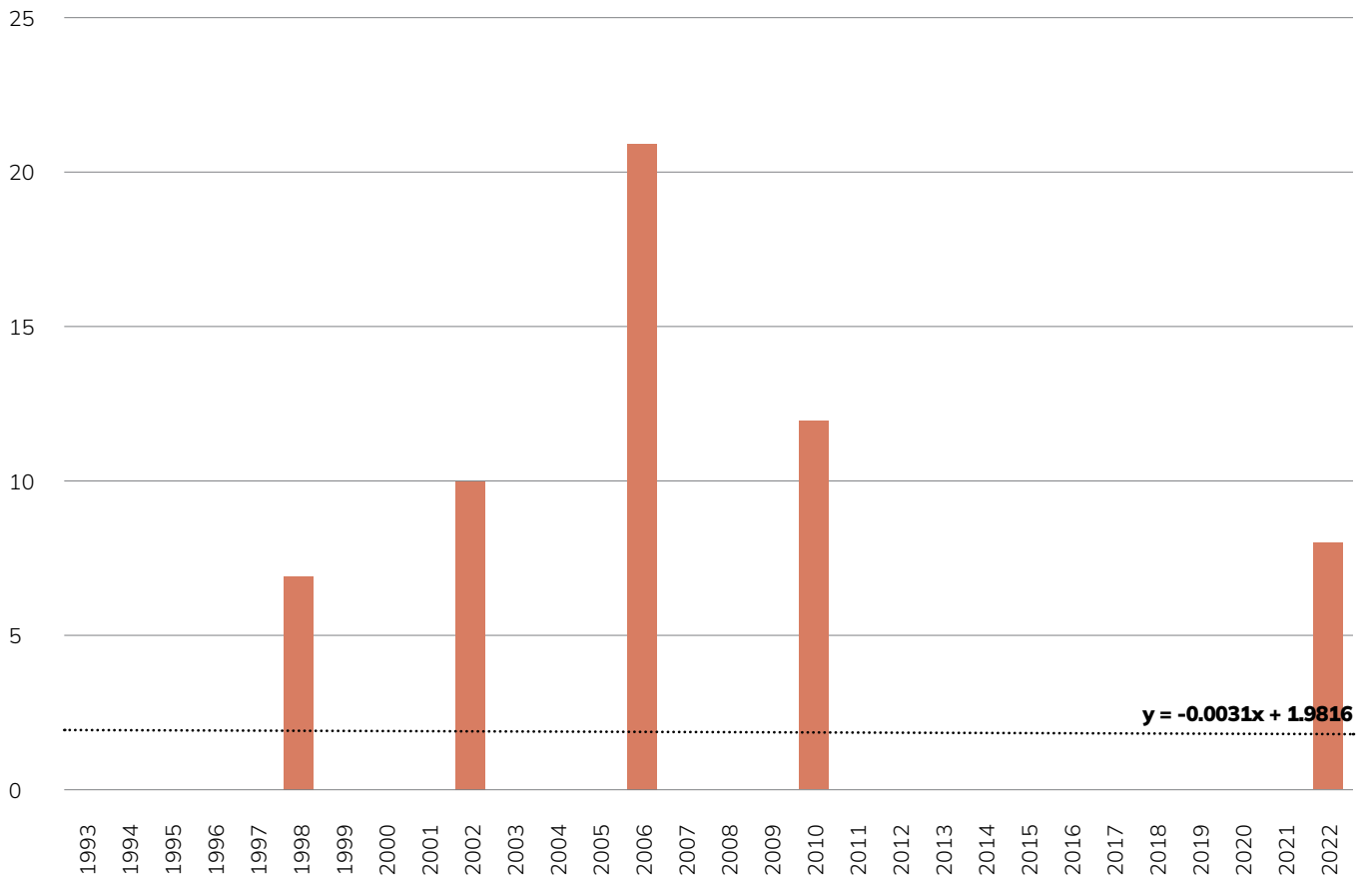
nuestro entendimiento del clima de la región en su conjunto.

Al considerar un conjunto más amplio de datos provenientes de múltiples estaciones, podremos realizar una evaluación más precisa de los índices climáticos, como el índice TX90P y el índice WSDI. Estos índices nos permiten medir la proporción de días calurosos y la duración de los periodos de calor, respectivamente. La inclusión de más datos nos proporcionará una comprensión más sólida de la realidad climática de la ciudad y nos ayudará a identificar tendencias a largo plazo con mayor confianza.

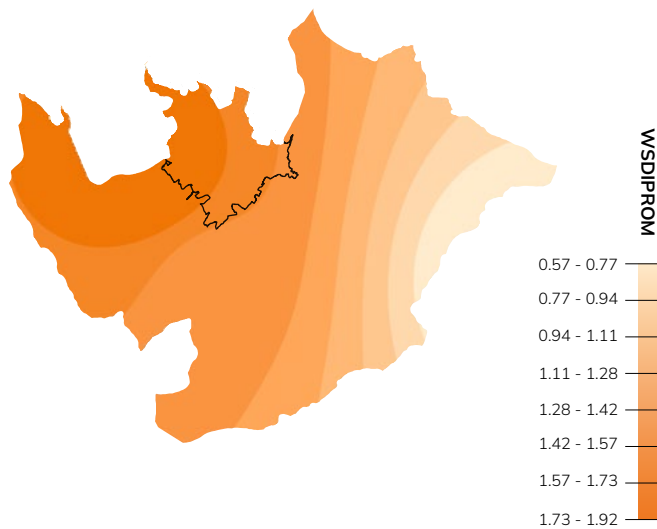
La disponibilidad de datos de múltiples estaciones meteorológicas también es fundamental para la toma de decisiones informadas y la planificación adecuada en términos de adaptación al cambio climático y la gestión de riesgos en Pasto. Al contar con una base de datos más sólida y representativa, los responsables de la toma de decisiones podrán diseñar estrategias y políticas más efectivas para enfrentar los desafíos climáticos actuales y futuros. Además, la inclusión de más estaciones meteorológicas puede proporcionar información valiosa para identificar áreas de vulnerabilidad específicas dentro de la región y para implementar medidas de adaptación localizadas.

En resumen, la incorporación de datos adicionales de múltiples estaciones meteorológicas en la región de Pasto es esencial para obtener una comprensión más precisa de los patrones climáticos y las tendencias a largo plazo. Estos datos más completos permitirán tomar decisiones informadas y planificar estrategias más efectivas en la adaptación al cambio climático y la gestión de riesgos. Es un paso importante hacia una gestión más sólida y resiliente ante los desafíos climáticos que enfrenta la ciudad de Pasto.

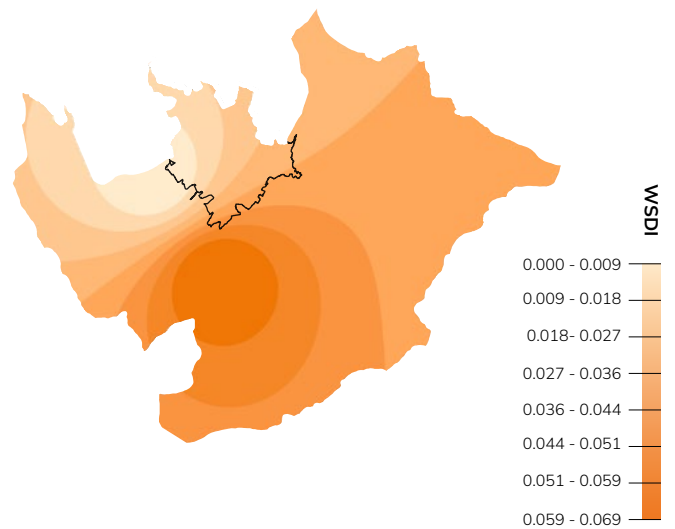
Figura 14. Tendencia del WSDI.



PROMEDIO WSDI (1993-2022)



TENDENCIA WSDI (1993-2022)





Capítulo 4

PRINCIPALES HALLAZGOS Y RECOMENDACIONES

El gradiente urbano-rural se evidencia en las diferentes dimensiones analizadas, ya que se dividen en grupos de influencia. Por ejemplo, las dimensiones de salud, infraestructura y hábitat humano se observan principalmente en el contexto urbano, mientras que la biodiversidad y la seguridad alimentaria se destacan en el contexto periurbano y rural. En cuanto al recurso hídrico, esta dimensión se presenta de manera transversal, ya que se analiza desde el ámbito rural en términos de la oferta del recurso hídrico por parte de los cuerpos de agua, y desde el ámbito urbano se considera el acceso de las personas al servicio de acueducto. Esto demuestra que los riesgos no tienen un comportamiento homogéneo en el territorio, por lo tanto, deben ser analizados y evaluados según el entorno en el que se desarrollan. Es necesario que la toma de decisiones se base en la comprensión de las dinámicas de cada contexto, de manera que al implementar acciones para reducir estos riesgos se incremente la resiliencia y la capacidad adaptativa de la ciudad.

DEL RIESGO PARTICULAR AL RIESGO CRÍTICO

En el análisis de riesgos climáticos, es fundamental comprender el comportamiento de cada riesgo, los impactos que generan en las diferentes dimensiones y cómo se deben manejar para reducir dichos impactos y aumentar la resiliencia. Sin embargo, es necesario complementar este tipo de análisis con un enfoque de riesgo crítico, que permita identificar las áreas del territorio donde se presentan múltiples riesgos climáticos que, al interactuar entre sí, generan impactos adicionales.

En este sentido, la cartografía de riesgo crítico desempeña un papel importante al identificar las zonas afectadas por múltiples riesgos. Estas áreas deben ser priorizadas y requieren medidas de adaptación integrales que consideren tanto los impactos individuales de cada riesgo como los impactos resultantes de su interacción. Por otro lado, la cartografía de los riesgos particulares

también es crucial, ya que permite proponer soluciones integrales para la reducción de cada riesgo específico en la ciudad.

BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

Los mapas de riesgo para la dimensión de biodiversidad revelaron la alta vulnerabilidad de los ecosistemas periurbanos. Estos ecosistemas están expuestos a amenazas que pueden aumentar debido a la crisis climática, lo que incrementa su riesgo. Además, la transformación y degradación de estos hábitats, a través de la pérdida de coberturas naturales y la extinción de especies, compromete la resiliencia de los sistemas socioecológicos. Esto resalta la importancia de proteger las áreas naturales, identificando aquellos ecosistemas que pueden fortalecer la estructura ecológica principal de la ciudad. Estas áreas deben ser conservadas y restauradas para aumentar la capacidad de respuesta ante posibles desastres.

RIESGOS ASOCIADOS AL AGUA

Es evidente que el exceso o la falta de agua pueden perjudicar o alterar las dinámicas naturales del medio ambiente, lo que obliga a los seres humanos a buscar soluciones para encontrar un equilibrio. En general, una gestión inadecuada del agua de escorrentía puede dar lugar a inundaciones y deslizamientos de tierra, ya que dependiendo de la infraestructura de drenaje convencional se reduce la capacidad de respuesta frente a eventos extremos, ya que estos sistemas tienden a colapsar cuando superan su capacidad de diseño. Por lo tanto, es necesario que la gestión del recurso hídrico se base en el reconocimiento de sus impactos con el fin de proponer alternativas resilientes, como una infraestructura verde que complemente el funcionamiento de la infraestructura convencional, y que permita aumentar la capacidad adaptativa en términos de manejo de la escorrentía.

RIESGO BAJO LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

No se puede negar que la crisis climática está ganando cada vez más fuerza y con el tiempo pueden surgir riesgos que actualmente no se están teniendo en cuenta. El aumento de la amenaza en áreas que actualmente no están expuestas a riesgos climáticos, junto con la creciente variabilidad e intensidad de los eventos climáticos, afectará especialmente a los grupos más vulnerables. En este sentido, es fundamental fortalecer el conocimiento sobre los riesgos actuales, ya que esto permitirá desarrollar capacidades para prepararse ante posibles riesgos futuros y emprender acciones preventivas para los riesgos existentes.



RIESGOS CLIMÁTICOS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

La seguridad alimentaria se refiere a garantizar la disponibilidad de alimentos de manera estable a lo largo del tiempo. Sin embargo, se evidencia que esta dimensión es altamente vulnerable, ya que carece de la capacidad adaptativa suficiente para ser resiliente ante los impactos de eventos climáticos extremos. Por lo tanto, es necesario evaluar si se están implementando prácticas sostenibles adecuadas para cada cultivo y tipo de suelo, y fortalecer la implementación de sistemas agroforestales. Estos sistemas son beneficiosos, ya que ayudan a restaurar las propiedades físicas y químicas del suelo.

IMPACTO DEL ARVC EN LAS HERRAMIENTAS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

Los instrumentos de ordenamiento territorial desempeñan un papel fundamental en el desarrollo del municipio, ya que permiten organizar la estructura política y administrativa en relación con la ocupación física del territorio. Dado que todos los sistemas urbanos interactúan con su entorno natural, pueden verse expuestos a diversas amenazas naturales. En este sentido, el análisis de riesgo y vulnerabilidad climática desempeña un papel crucial en la planificación, ya que permite evaluar las condiciones actuales y futuras de los riesgos climáticos y, a partir de ello, proponer modelos de desarrollo urbano que consideren adecuadamente estas condiciones.

Esto implica generar políticas y directrices que ayuden a regular los asentamientos y también implementar acciones orientadas a generar conocimiento sobre el riesgo y a desarrollar capacidades para hacer frente a los desastres. De esta manera, se busca promover una planificación urbana más resiliente que pueda anticiparse y adaptarse a los desafíos climáticos, contribuyendo así a la protección de los ciudadanos y la sostenibilidad del municipio en el largo plazo.

JUSTICIA CLIMÁTICA

La evaluación y monitoreo del cambio climático en las últimas décadas ha permitido establecer que las comunidades más vulnerables y de bajos recursos tienen una mayor tendencia a asentarse en zonas más amenazadas. Esto refleja que los modelos de crecimiento urbano propician condiciones de desigualdad, evidenciando que los riesgos no afectan de manera uniforme a todo el municipio. Es necesario que el gobierno local priorice el acompañamiento de estas poblaciones y genere planes de acción que incluyan soluciones, como la implementación de medidas estructurales y no estructurales, para reducir el riesgo y mejorar la resiliencia de estos habitantes.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Para la gestión de los riesgos climáticos actuales y en consideración de los escenarios de cambio climático, es necesario adoptar nuevas medidas de adaptación y fortalecer las acciones que ya se han implementado a través de diversas iniciativas. A continuación, se presentan una serie de medidas generales que pueden contribuir al manejo eficiente y a la adaptación climática de Pasto.

INUNDACIONES

Es importante que la ciudad empiece a sistematizar la información cartográfica relacionada con las medidas de adaptación y reducción del riesgo de inundaciones que se han implementado. El mapeo de estas intervenciones puede retroalimentar los modelos de riesgo y permitir una evaluación integral del impacto que estas soluciones están teniendo en la reducción del riesgo de inundaciones.

Dado que la región urbana y la red vial están ubicadas cerca de cuerpos de agua, se recomienda que la ciudad se enfoque en medidas adaptativas, como la implementación de sistemas de drenaje sostenibles que complementen el sistema de drenaje convencional. Además, es recomendable fortalecer los sistemas de alerta temprana.

En relación con la seguridad alimentaria, una forma de prevenir la pérdida

de cultivos debido a inundaciones es mediante programas de monitoreo meteorológico a corto y largo plazo, lo que ayuda a planificar las cosechas de manera más efectiva.

SEQUÍAS

La recomendación es utilizar sistemas agroforestales, que consisten en combinar cultivos con árboles para generar sombra y proteger los cultivos más vulnerables a la sequía. Además, se puede considerar a largo plazo la implementación de un mecanismo para llevar el excedente de agua captado durante períodos de lluvia intensa a estas regiones y aumentar la plantación de árboles. Esto permitiría crear microclimas con mayor humedad, lo que los haría más resilientes frente a los fenómenos climáticos.






MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

Considerando el enfoque de biodiversidad y seguridad alimentaria, se recomienda invertir en medidas como la implementación de barreras vivas y realizar estudios actualizados del suelo para identificar las zonas más propensas a deslizamientos durante períodos de lluvia debido a su inestabilidad.

En relación con la dimensión de seguridad alimentaria, el gobierno podría establecer un sistema de alerta temprana

na y capacitar a los diferentes actores involucrados en la producción agropecuaria para que puedan brindar apoyo a las comunidades que dependen de este medio de vida. Se sugiere priorizar los cultivos heterogéneos en lugar de los monocultivos, ya que estos últimos son más propensos a degradar el suelo. De esta manera, si ocurre un desastre, la población no se verá tan afectada al tener toda la plantación en riesgo. Además, se puede considerar la combinación de algunos cultivos con arbustos y árboles para ayudar a estabilizar el suelo mediante sus sistemas radiculares.



El cambio climático es resultado de la acción humana en los últimos 50 años, con la economía mundial y la urbanización como principales factores. Las ciudades son particularmente vulnerables a los impactos del cambio climático, como inundaciones, lluvias intensas, sequías y olas de calor, y es importante tomar medidas para mitigar y adaptarse a estos riesgos. Colombia es un país altamente vulnerable al cambio climático, con efectos visibles en los ecosistemas, como el derretimiento de los nevados y el blanqueamiento de los corales. El aumento de la temperatura global debido a las actividades humanas ya ha alcanzado aproximadamente 1 °C con respecto a los niveles preindustriales, y es probable que aumente a 1,5 °C en las próximas décadas.

NaBa

Nature-Based Resilient Cities