

*Análisis de riesgo
y vulnerabilidad
climática con enfoque
ecosistémico*

PEREIRA

NaBa

Nature-Based Resilient Cities



*Análisis de riesgo
y vulnerabilidad
climática con enfoque
ecosistémico*

PEREIRA

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



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 Pereira

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 Pereira, 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 Vulnera-

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. 44

Priorización de riesgos

p. 48

Conclusiones y principales hallazgos

p. 50

Resultados Scorecard

p. 54

Capítulo 3

RESULTADOS ESPACIALES

p. 57

Delimitación del área de estudio

p. 58

Riesgo por Sequía

p. 66

Riesgo por Inundación

p. 78

Riesgo por Movimientos de remoción en masa

p. 92

Riesgo Crítico

p. 97

Escenarios de Cambio Climático

p. 105

Análisis de índices de Cambio Climático

p. 119

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

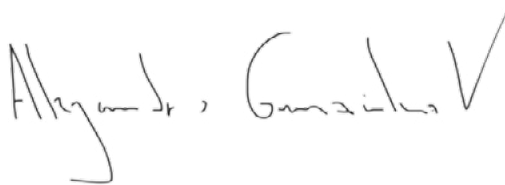
para la planificación urbana, ya que permite recoger información de las personas que viven directamente los eventos extremos y contribuye a la educación de las poblaciones. La interacción entre el gobierno local, la academia, el sector público, el sector privado y la sociedad civil genera insumos importantes 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:

Tabla 1. Documentos y experiencias de base para el desarrollo de la metodología.

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 geoprocetamiento 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 gubernamentales 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 Pereira. 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, vulnera-

bilidades 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 Pereira 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 Pereira 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 comoICLEI, 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 determina-

ción 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 zo-

nas 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.

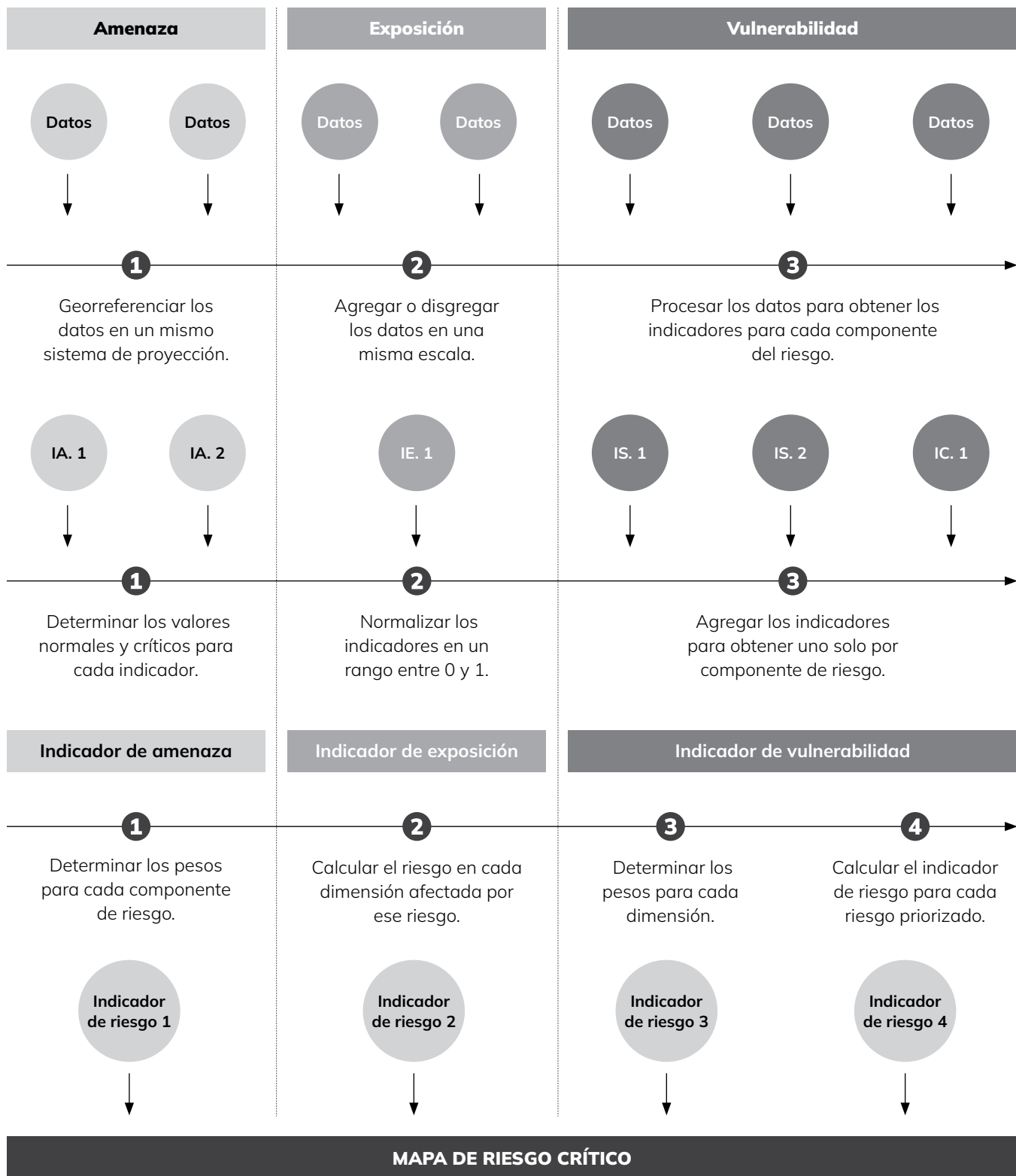
Es importante mencionar que, una vez obtenidos los mapas analíticos finales, su análisis contribuirá a que, en evaluaciones posteriores, se desarrollen consideraciones y recomendaciones para implementar medidas que permitan reducir el riesgo en las zonas prioritarias. Estas consideraciones pueden incluir 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 escenarios 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

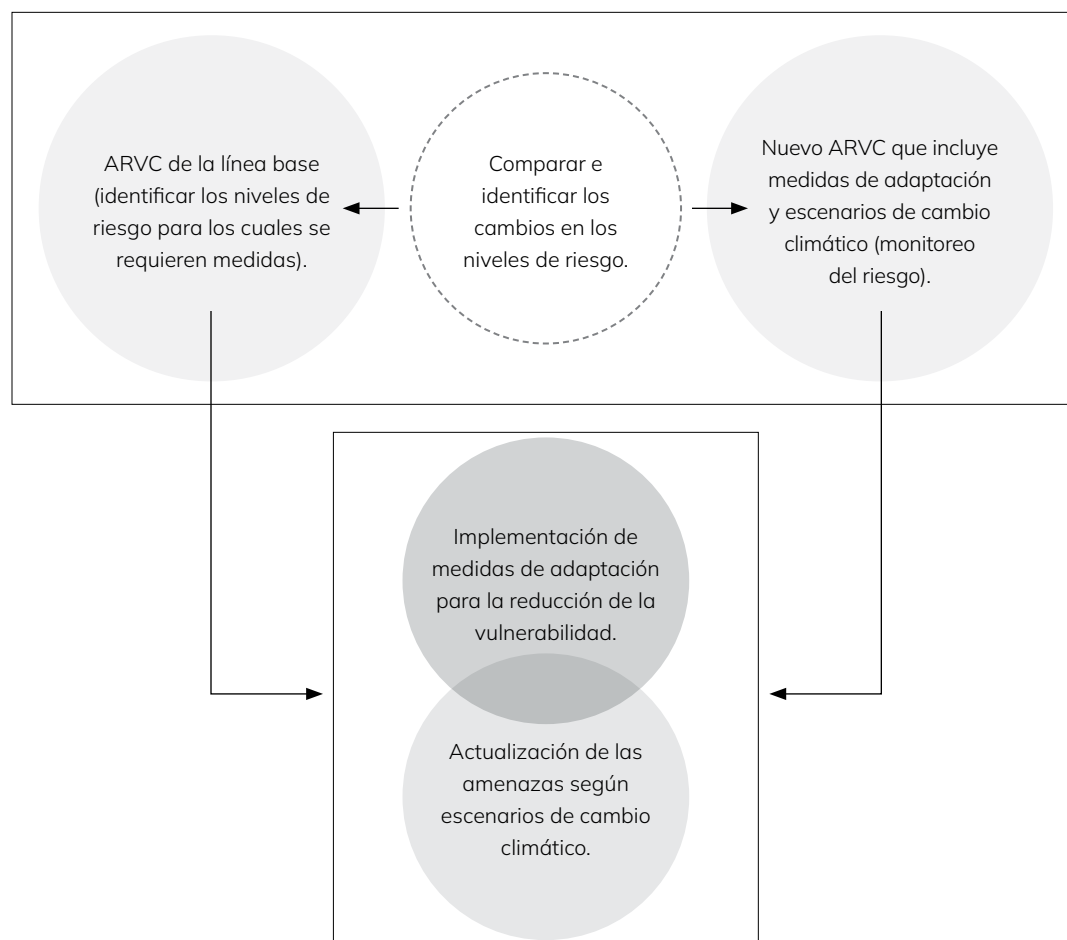
plazo (5-10 años). Este monitoreo implica que el municipio actualice las cadenas de impacto identificadas, incluyendo los efectos del cambio climático para ese periodo de evaluación, así como los beneficios obtenidos a través de la implementación de medidas de adaptación (por ejemplo, soluciones basadas 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, CANCELLETERÍA. (2017). Tercera Comunicación Nacional De Colombia a La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CMNUCC). IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLETERÍA, 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. Punto aparte. 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. 36

Riesgos asociados al
cambio climático

p. 44

Priorización de riesgos

p. 48

Conclusiones y
principales hallazgos

p. 50

Resultados Scorecard



El municipio de Pereira se encuentra ubicado sobre la cordillera central, en el valle del río Otún y parte del valle del río Cauca. Al igual que muchas ciudades colombianas, posee zonas montañosas y zonas planas. Las calles de la ciudad se adaptan al relieve de la zona, como la Avenida el Río que atraviesa el valle del río Otún (Alcaldía de Pereira, 2021).

Pereira es una ciudad conformada por 19 comunas, 12 corregimientos y 109 veredas; cuenta con una población mayor a 467 000 personas, donde el 84 % reside en áreas urbanas y el 16 % restante en áreas rurales, con una tendencia de “disminución paulatina de la población en el área rural” (Alcaldía de Pereira, 2016).

El municipio cuenta con una economía diversificada. El sector primario representa el 5,7 % del producto interno, el sector secundario muestra un peso relativo del 26,2 % en el municipio y el sector terciario es el más representativo con una magnitud del 68,1 % (Alcaldía de Pereira, 2021).

El comercio es la segunda actividad generadora de empleo en Pereira. La ciudad ha experimentado un rápido crecimiento en su comercio formal, y gran parte de este se encuentra en centros comerciales como Alcides Arévalo, Bolívar Plaza, Lago Plaza, Novacentro, Parque Arboleda, Pereira Plaza, Victoria, Unicentro, entre otros, donde se ofrece una amplia variedad de productos y servicios, lo cual puede considerarse exitoso a corto plazo (Alcaldía de Pereira, 2021).

El suelo de Pereira se distribuye según sus climas de la siguiente manera: clima cálido 9,9 %, clima medio 60,7 %, clima frío 11,5 % y páramo 17,7 %. Estas características climáticas y la configuración del suelo brindan una diversidad en la cobertura vegetal y paisajística, convirtiendo a Pereira en una de las biodiversidades más ricas de la nación. Sin embargo, la ciudad se considera una zona de alta vulnerabili-

dad sísmica debido al tipo de suelos que la conforman y las fallas geológicas presentes (Alcaldía de Pereira, 2021).

Teniendo en cuenta estas características y los riesgos climáticos que se han exacerbado con el tiempo, además del aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial, se ha desarrollado la Estrategia Municipal de Adaptación a la Variabilidad y al Cambio Climático (EMAVCC). Esta herramienta, construida por la Secretaría de Planeación de Pereira, tiene como objetivo identificar y desarrollar planes de adaptación del territorio a la variabilidad y al cambio climático.

La EMAVCC busca la participación activa de los principales actores, como la comunidad académica, el sector público, el sector privado y la sociedad civil, para fomentar el desarrollo de acciones que combinen el conocimiento científico con el conocimiento empírico y tradicional en una misma plataforma territorial. En ese sentido, el documento también identifica que las principales amenazas e impactos frente al cambio climático para el municipio están relacionados con incendios forestales, vendavales, inundaciones, deslizamientos y avenidas torrenciales (Secretaría de Planeación, 2018).

La EMAVCC plantea siete programas estratégicos que se entrelazan en relación con diferentes temas. Por ejemplo, la gestión del riesgo y el manejo integral del recurso hídrico son temas importantes para reducir la vulnerabilidad de los sistemas productivos rurales del municipio (Pineda, 2016).

En este sentido, el documento diagnóstico proporcionará al municipio una recopilación de información y hallazgos sobre los avances en materia de cambio climático y gestión del riesgo climático, brindando así una base técnica para iniciar el diseño y desarrollo del análisis de riesgo y vulnerabilidad climática (ARVC).

DIAGNÓSTICO INICIAL

El departamento de Risaralda presenta niveles altos y medios de riesgo por cambio climático, especialmente en los municipios ubicados al sur del territorio. Las dimensiones de seguridad alimentaria, recurso hídrico y biodiversidad son las que presentan los mayores valores de riesgo por cambio climático, con índices altos y muy altos.

El análisis de riesgo revela que Pereira es el municipio con los mayores va-

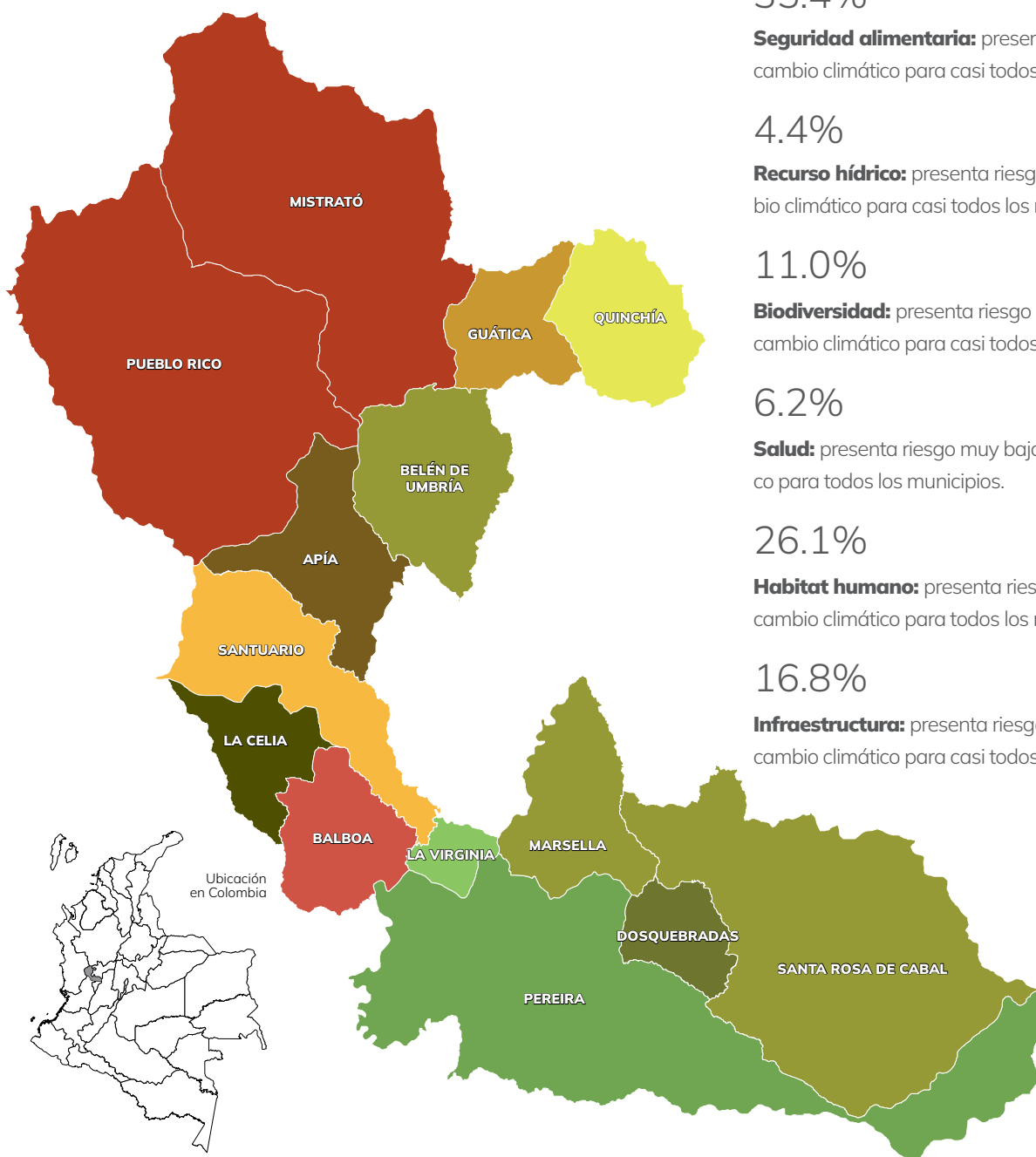
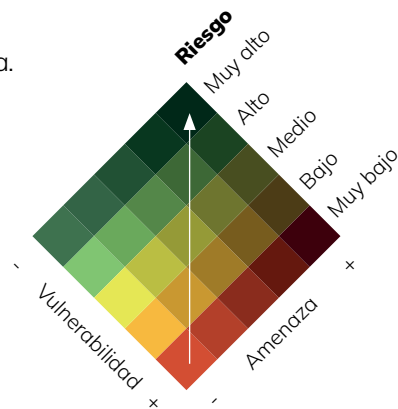
lores de riesgo por cambio climático en el departamento, ocupando el primer puesto en el ranking municipal. Las tres dimensiones con los índices más altos en el municipio son biodiversidad con un riesgo medio, y recurso hídrico, y seguridad alimentaria (ambas con riesgo alto). Además, estas dimensiones contribuyen en conjunto al 48,03 % del riesgo total del municipio.



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

RISARALDA

2 municipios del departamento presentan riesgo alto y 6 riesgo medio por cambio climático. Los tres primeros en el ranking departamental corresponden a Pereira, La Virginia y Dosquebradas.



35.4%

Seguridad alimentaria: presenta riesgo alto al cambio climático para casi todos los municipios.

4.4%

Recurso hídrico: presenta riesgo muy alto al cambio climático para casi todos los municipios.

11.0%

Biodiversidad: presenta riesgo alto y medio al cambio climático para casi todos los municipios.

6.2%

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

26.1%

Habitat humano: presenta riesgo muy bajo al cambio climático para todos los municipios.

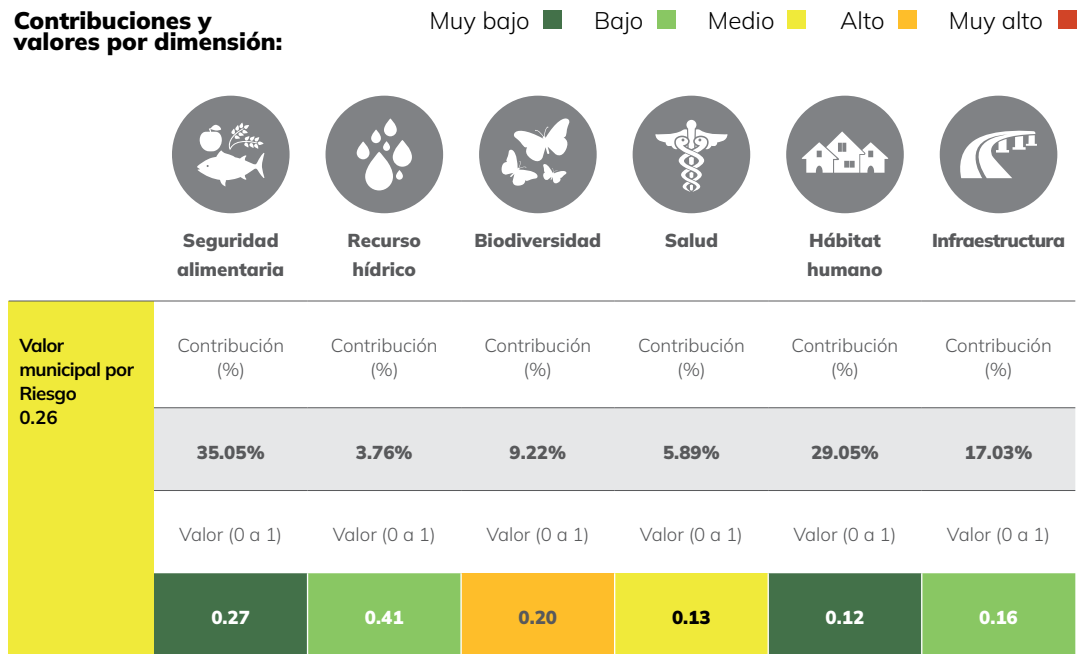
16.8%

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



Fuente: IDEAM (2017).

Figura 4. Riesgo y contribuciones por dimensiones para Montería.



Fuente: IDEAM (2017).

RIESGOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO

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

Siguiendo la metodología propuesta para llevar a cabo el ARVC, se realizó una revisión de los riesgos abordados en la metodología (por ejemplo, inundaciones, sequía, movimientos de remoción en masa, islas de calor y enfermedades transmitidas por vectores). Se determinó cómo estos

riesgos afectan las diferentes dimensiones del bienestar y se identificaron los estudios realizados por el municipio para evaluar y gestionar dichos riesgos.

La Tabla 10 presenta los riesgos que serán abordados dentro de la revisión y la forma en que cada uno de estos afectan las dimensiones del bienestar. Algunas relaciones riesgo-dimensión se encuentran vacías, ya que se considera que esa dimensión no se ve particularmente afectada por un determinado riesgo, o porque no hay información disponible ni estudios que permitan realizar dicho análisis.

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

	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	Daños en áreas protegidas y especies	Daños en áreas protegidas y especies	Cambios en la distribución de especies	-
Infraestructura	Daños en infraestructura vial, acueductos, energía	-	Daños en infraestructura vial, acueductos, energía	-	-
Salud	Personas heridas y/o fallecidos	-	Personas heridas y/o fallecidos	Personas afectadas	Personas enfermas y/o fallecidas
Hábitat humano	Daños en viviendas	-	Daños en viviendas	-	-

Fuente: (IDEAM, PNUD, MADS, 2016, #).

REGISTROS HISTÓRICOS

Como parte de la identificación de los riesgos climáticos que afectan al municipio de Pereira, 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 entidad encargada de recopilar 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 los eventos de fenómenos de remoción en masa e inundaciones son los principales riesgos del municipio, presentándose con mayor frecuencia e intensidad que otros riesgos. Durante el periodo evaluado, se registraron afectaciones en 46 039 personas y 5175 viviendas en el municipio.

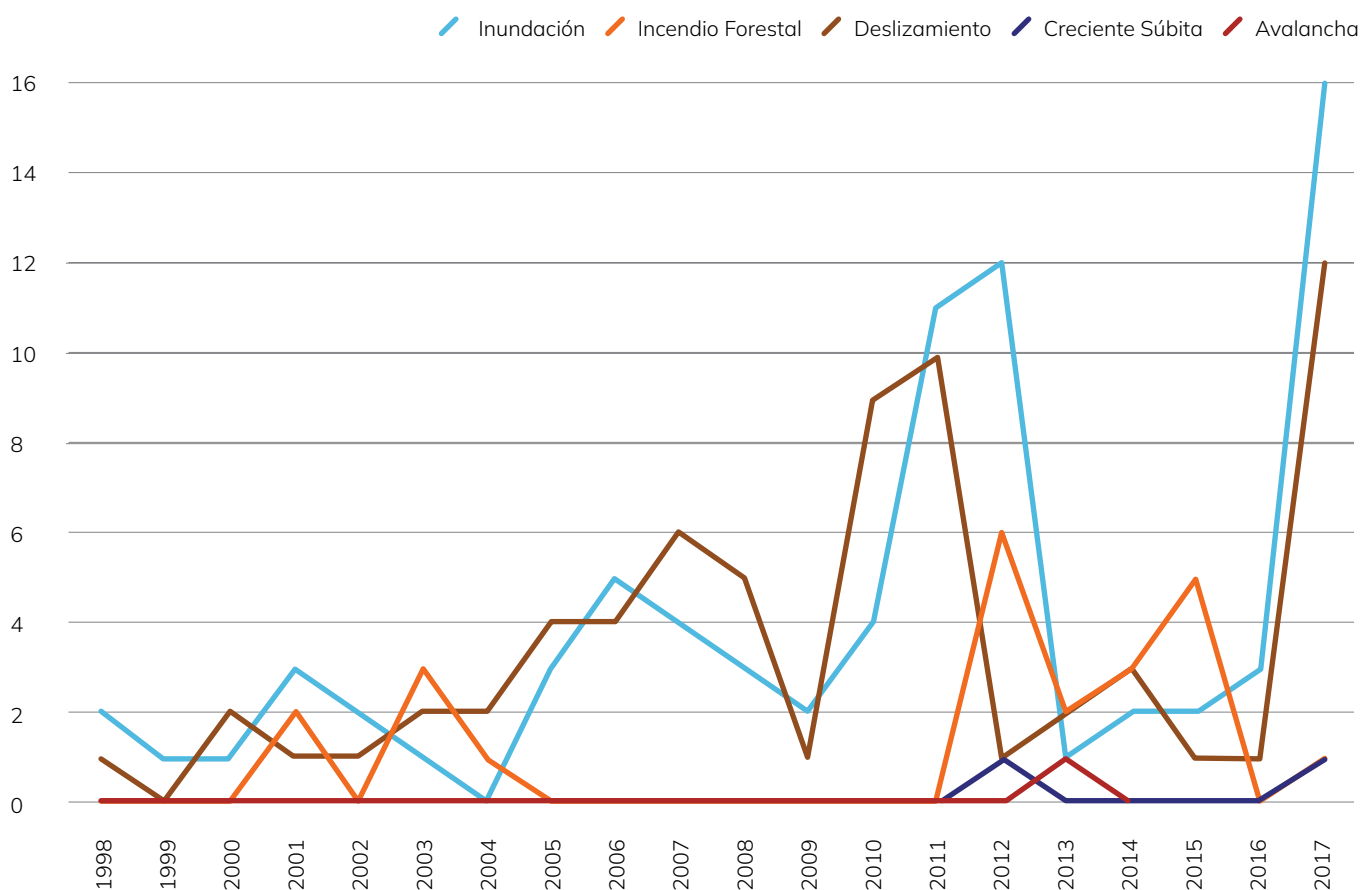
En el municipio, los procesos de degradación ambiental asociados a dinámicas urbanísticas han potenciado o generado amenazas socio-naturales como fenómenos de remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, así como incrementado los efectos de los fenómenos sísmicos debido a la construcción sobre suelos artificiales. Esto demuestra la construcción social del riesgo, donde la amenaza es uno de sus factores (Vásquez, 2018).

Estos eventos se han incrementado debido a diversas transformaciones ambientales relacionadas con llenos antrópicos, intervención de drenajes y

transformación del paisaje, asociadas a la ocupación y construcción en laderas y otros terrenos (Uchima, 2020). Además, las condiciones de riesgo están asociadas con tres escenarios principales:

- 1 La ocupación de zonas inundables en márgenes de ríos y quebradas.
- 2 La ocupación de laderas inestables o de alta susceptibilidad a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.
- 3 La ocupación y construcción de drenajes canalizados sobre los cuales se han formado y consolidado llenos antrópicos.

Teniendo en cuenta que el crecimiento de la población y de los bienes ubicados en zonas expuestas a fenómenos hidrometeorológicos y de degradación ambiental son factores determinantes en el aumento del riesgo, en el año 2015 se identificaron cerca de 3628 viviendas expuestas a riesgos geológicos, hidrológicos o combinados, ubicadas en las comunas Ferrocarril (26 %), Consota (17 %), Boston (13 %), Otún (13 %) y Villasantana (9 %). Para la zona rural, se contabilizaron 1628 viviendas en Caimalito (50 %) y Puerto Caldas (19 %). El 17,6 % del área total del suelo urbano se clasifica como riesgo para deslizamientos (Alcaldía de Pereira, 2016).

Figura 5. Registro histórico de eventos de desastres climáticos en el municipio de Pereira.

Fuente: UNGRD (1998-2017).

Tabla 11. Causas, zonas afectadas y medidas de reducción por riesgo.riesgo.

Inundaciones

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Inundación las cotas asociadas a los incrementos del caudal de los cauces, teniendo en cuenta las características geomorfológicas, geológicas e hidrológicas.	Franjas de inundación para los ríos Otún y Consota, así como las quebradas Combia y el Oso	En la Estrategia Municipal de Adaptación a la Variabilidad y al Cambio Climático (EMAVCC) estrategia se identifican los posibles aumentos en las precipitaciones como un factor que afecta los desarrollos urbanos ubicados en áreas donde se espera un incremento en los caudales, principalmente alrededor de las cuencas de los ríos Otún y Consota.
Régimen hidroclimatológico	Zona urbana del municipio	Canalización de 1600 metros del tramo final de esta corriente

Fuente: UNGRD (1998-2017).

Inundaciones

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Corrientes hídricas con niveles de altura muy bajos, que varían entre menos 0,5 metros y 3 metros en relación a la lámina de agua	Áreas bajas del municipio	Elaboración y ejecución de los Planes de Contingencia frente a fenómenos de variabilidad climática como El Niño y La Niña.
El aumento en la frecuencia, intensidad y magnitud de los eventos hidrometeorológicos	Río Consota	
Inundación en la cuenca del río Consota y en menor medida en la cuenca del río Otún	De La Curva hasta la desembocadura de la Quebrada El Jardín	
Incremento de hasta el 40 % en la precipitación en el área de expansión occidental ubicada en la parte baja de la cuenca del río Consota	Desde la desembocadura de la quebrada El Jardín hasta la desembocadura de la quebrada La Dulcera	
	De la desembocadura de la quebrada La Dulcera hasta la desembocadura de la quebrada El Oso	
	De la desembocadura de la quebrada El Oso hasta el sector de Galicia	
	Río Otún	
	Quebrada El Oso y otras fuentes hídricas en la zona urbana y de expansión	

Sequía

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Algunas áreas susceptibles a las sequías debido a que son cuencas abastecedoras del municipio, consideradas críticas y estratégicas por parte de instituciones como la Alcaldía Municipal y Aguas y Aguas de Pereira.	Area rural	Acciones para la protección y conservación de las cuencas y microcuencas abastecedoras de los sistemas de acueducto, con el fin de asegurar el suministro de agua. Esto incluye el reconocimiento y la aplicación de las directrices relacionadas con la regulación de corrientes, así como el fomento del uso racional del agua superficial y subterránea.
Acueductos veredales, que en algunos casos no satisfacen las necesidades de suministro para ciertas poblaciones.	El Bosque en la cuenca alta del río Otún	Realizar estudios para determinar la delimitación y viabilidad, en términos de calidad y cantidad, del recurso hídrico subterráneo como una fuente alternativa de abastecimiento de agua. Apoyar la elaboración e implementación de planes de uso eficiente y ahorro del agua para acueductos comunitarios y centros poblados.
	Minas del Socorro en la vereda La Amoladora Baja del corregimiento de Combia	Implementar programas de optimización del uso del agua, promoviendo el uso racional del recurso hídrico y la reforestación para mejorar las capacidades de regulación hídrica.
	Parque Nacional Natural Los Nevados	Cumplir con las acciones aprobadas por la CARDER en relación con el ajuste del PSMV (Plan de Ordenamiento Territorial de Suelo de Manizales) de la zona urbana y de expansión, e incentivar la realización de planes de saneamiento en los centros poblados.
	Distrito de Conservación de Suelos Alto del Nudo	
	Distrito de Conservación de Suelos Alto del Nudo	
	Distrito de Conservación de Suelos Barbas - Bremen	
	Santuario de Flora y Fauna Otún Quimbaya	

Sequía

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
	Parque Regional Natural Ucumarí	
	Parque Nacional Natural Los Nevados	
	Áreas rurales cercanas al río Cauca	

Movimientos de remoción en masa

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Características geomorfológicas, geológicas e hidroclimatológicas	Ríos Otún, Consota y las quebradas La Dulcera, La Arenosa, El Tigre, San José y El Oso	Desarrollo de un estudio y estrategia de protección financiera y aseguramiento de infraestructuras y cultivos ante desastres y eventos climáticos extremos
Suelos urbanos con pendientes superiores al 60 %	Población en general e infraestructura	Análisis y zonificación de la vulnerabilidad al cambio climático en la zona urbana y centros poblados de Pereira, considerando la vulnerabilidad física de las infraestructuras y los aspectos socioeconómicos de las poblaciones
Geología, la geomorfología, el tipo y la conformación del suelo, el sistema de fallas local, la erosión en la zona y la construcción de carreteras, así como el manejo de la cobertura vegetal en las laderas	Zona rural del municipio: corregimientos de Combia, Altagracia, Arabia, Morelia, Tribunus y La Florida	El proyecto de resignificación de los ríos Otún y Consota tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de los habitantes de Pereira y promover la sustentabilidad territorial mediante la formulación y ejecución de macroproyectos
Fenómeno de La Niña	Asentamientos urbanos informales: Consota, Boston, Villasantana, San Nicolás y Rocío Alto	El macroproyecto de vivienda Ciudadela Gonzalo Vallejo tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de los habitantes del municipio de Pereira, especialmente en su zona sur.

Movimientos de remoción en masa

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Laderas con pendientes pronunciadas en la zona rural del municipio		
Pisoteo constante del ganado en laderas con pendientes altas y medias		
Incremento de la precipitación		

Islas de calor

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Aumento progresivo de la temperatura media	Ciudad en general	Planes de reforestación y conservación de las cuencas abastecedoras en las zonas rurales del río Otún
		El Manual de Silvicultura Urbana de Pereira, elaborado por la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), analiza las especies de árboles en el espacio público urbano del municipio y proporciona una línea base para su manejo, gestión y ordenamiento

Enfermedades transmitidas por vectores

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Dengue, chikungunya o zika	Barrios ubicados alrededor de los ríos Otún y Consota, así como las quebradas El Oso, El Jardín, La Dulcera y La Goya	Identificación de algunas zonas propensas a la proliferación de vectores, basándose en la información sobre inundaciones a nivel urbano

PRIORIZACIÓN DE RIESGOS

Para realizar la evaluación cualitativa de Pereira, se identificaron las amenazas, impactos, vulnerabilidades y riesgos climáticos derivados del cambio climático presentes en la ciudad, mediante el conocimiento técnico y territorial de los actores locales involucrados.

En el desarrollo de la herramienta, se utilizó como base la “Guía para la elaboración de planes de adaptación al cambio climático para organizaciones Klima 2050”. El equipo de Bajo Carbono de ICLEI Colombia adaptó las afectaciones y dimensiones del bienestar mencionadas en la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (TCNCC) del IDEAM.

Para 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 Pereira, las principales amenazas identificadas fueron el aumento de temperatura y los cambios en las precipitaciones, ya sea en forma de aumento o disminución. Los impactos identificados y su ocurrencia fueron los siguientes:

- 1 **Inundaciones:** ocurren más de una vez al año durante las temporadas de lluvia.
- 2 **Sequías:** se presentan en las temporadas de menor lluvia.

- 3 **Movimientos de remoción en masa:** ocurren cada temporada de lluvias, pero principalmente en mayo.
- 4 **Islas de calor:** se manifiestan durante las temporadas de menor lluvia.
- 5 **Enfermedades transmitidas por vectores:** aumentan durante las temporadas de lluvia.

Para comprender las vulnerabilidades, se adoptaron criterios que demuestran por qué estos impactos hacen a la ciudad más vulnerable. Los criterios identificados fueron los siguientes:

- 1 **Inundaciones:** falta de campañas de educación en gestión del riesgo, infraestructura poco resiliente y cercanía de los sistemas urbanos a las áreas de inundación de los cuerpos de agua.
- 2 **Movimientos de remoción en masa:** altos niveles freáticos en el territorio, deforestación excesiva y condiciones geomorfológicas del territorio.

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	Alto	Medio	Alto	Alto	Muy alto	0,8
Sequías (Desabastecimiento)	Bajo	Bajo	Bajo	NA	NA	NA	0,4
Movimientos de remoción en masa (Av. torrenciales, deslizamientos)	Alto	Alto	Alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	0,9
Islas de calor	NA	NA	Nulo	NA	NA	Bajo	0,4
Enfermedades transmitidas por vectores	NA	NA	NA	NA	NA	Medio	0,6

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 inicial para determinar el nivel de riesgo de cada dimensión frente a los riesgos evaluados.

3 Percepción del riesgo: Se tuvo en cuenta la percepción de 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 biodiversidad, considerando el enfoque ecosistémico del proyecto.

A cada criterio se le asignó un peso según su importancia para el desarrollo de las siguientes etapas del proyecto. En la Figura 6 se pueden observar los resultados obtenidos para la priorización de riesgos en Pereira. El desglose de la evaluación se presenta en la Tabla 13, donde se detalla cada criterio y la información base utilizada para realizar la priorización.

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

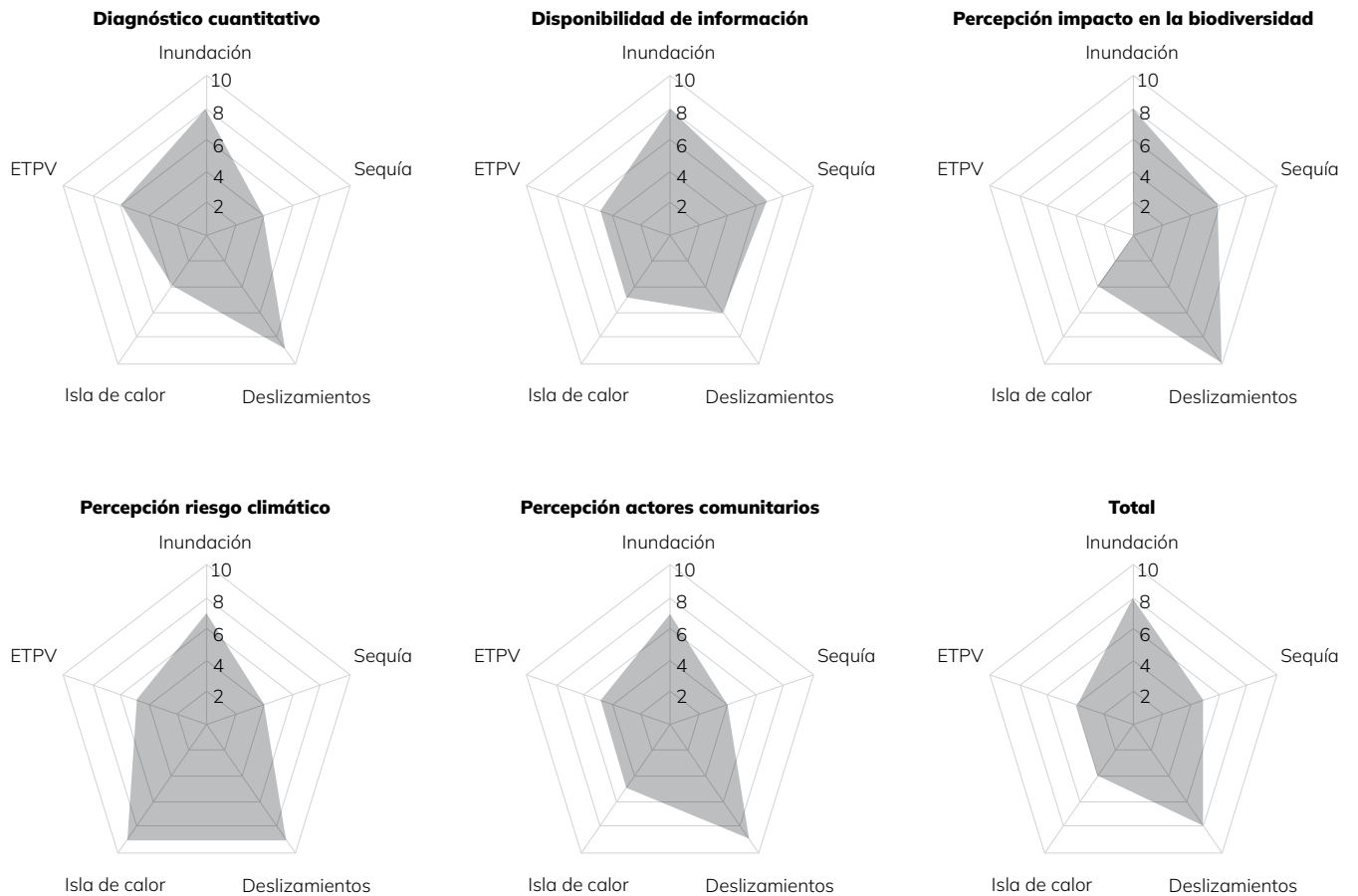


Tabla 13. Descripción y evaluación de los criterios para la priorización de riesgos.riesgos.

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 %	0,85	0,71	0,62	0,53	0,50
Diagnóstico cualitativo	A partir de la evaluación cualitativa de los riesgos (3. Riesgo climático).	25 %	0,80	0,40	0,90	0,40	0,60
Percepción del Grupo de Trabajo Riesgo Climático	A partir de la pregunta 1 de la encuesta de percepción de riesgo.	15 %	0,74	0,46	0,96	0,50	0,50
Percepción del Grupo de Trabajo Actores Comunitarios	A partir de la pregunta 1 de la encuesta de percepción de riesgo.	15 %	0,74	0,46	0,96	0,50	0,50
Percepción del impacto en la biodiversidad del Grupo de Trabajo Riesgo Climático	A partir de la pregunta 3 de la encuesta de percepción de riesgo.	10 %	0,80	0,60	1,00	0,40	0,00
Total			0,80	0,55	0,83	0,48	0,48

CONCLUSIONES Y PRINCIPALES HALLAZGOS

En los resultados de la evaluación cualitativa, se dio prioridad a los riesgos de inundación, sequía y fenómenos de remoción en masa. En el caso de las inundaciones y los fenómenos de remoción en masa, se cuenta con información robusta, incluyendo proyecciones, cartografía y otros documentos relevantes. Además, en los talleres presenciales y virtuales se compartieron perspectivas institucionales y comunitarias sobre los riesgos prioritarios.

En la información recopilada, se destacan proyecciones sobre el aumento de las precipitaciones, lo que implica considerar las avenidas torrenciales como un riesgo asociado al cambio climático, complementando el riesgo de inundación. También se identificaron factores que hacen vulnerable a la ciudad debido a sus condiciones climáticas, geológicas y de planificación urbana.

Se observa un aumento de las precipitaciones y la temperatura en la zona según los hallazgos de la TCNCC y la EMAVCC. Sin embargo, las precipitaciones son el factor principal, ya que su incremento puede generar deslizamientos, avenidas torrenciales y posibles inundaciones.

Entre las características que hacen vulnerable al municipio de Pereira se encuen-

tran las viviendas informales ubicadas en las rondas de los ríos Otún y Consota, así como en las quebradas El Oso, La Dulcera y La Goya. Estas zonas son propensas a avenidas torrenciales y movimientos de remoción en masa debido al tipo de suelo, la deforestación y pendientes con más del 60 % de inclinación.

La disponibilidad de información sobre la proliferación de vectores y los casos de enfermedades asociadas al cambio climático es limitada. Se buscarán sinergias u otros medios de colaboración con organizaciones que trabajen directamente en este tema.

Es importante desarrollar estrategias y planes que fomenten la conservación, restauración y cuidado de los ecosistemas que proveen el recurso hídrico, especialmente considerando la posibilidad de sequía en algunas zonas del municipio.

Se recomienda actualizar de forma continua los inventarios de los bienes expuestos a riesgos climáticos para llevar a cabo un monitoreo y seguimiento continuo, especialmente en situaciones de desastre. Además, esto contribuirá a futuros planes de reubicación y vivienda digna.

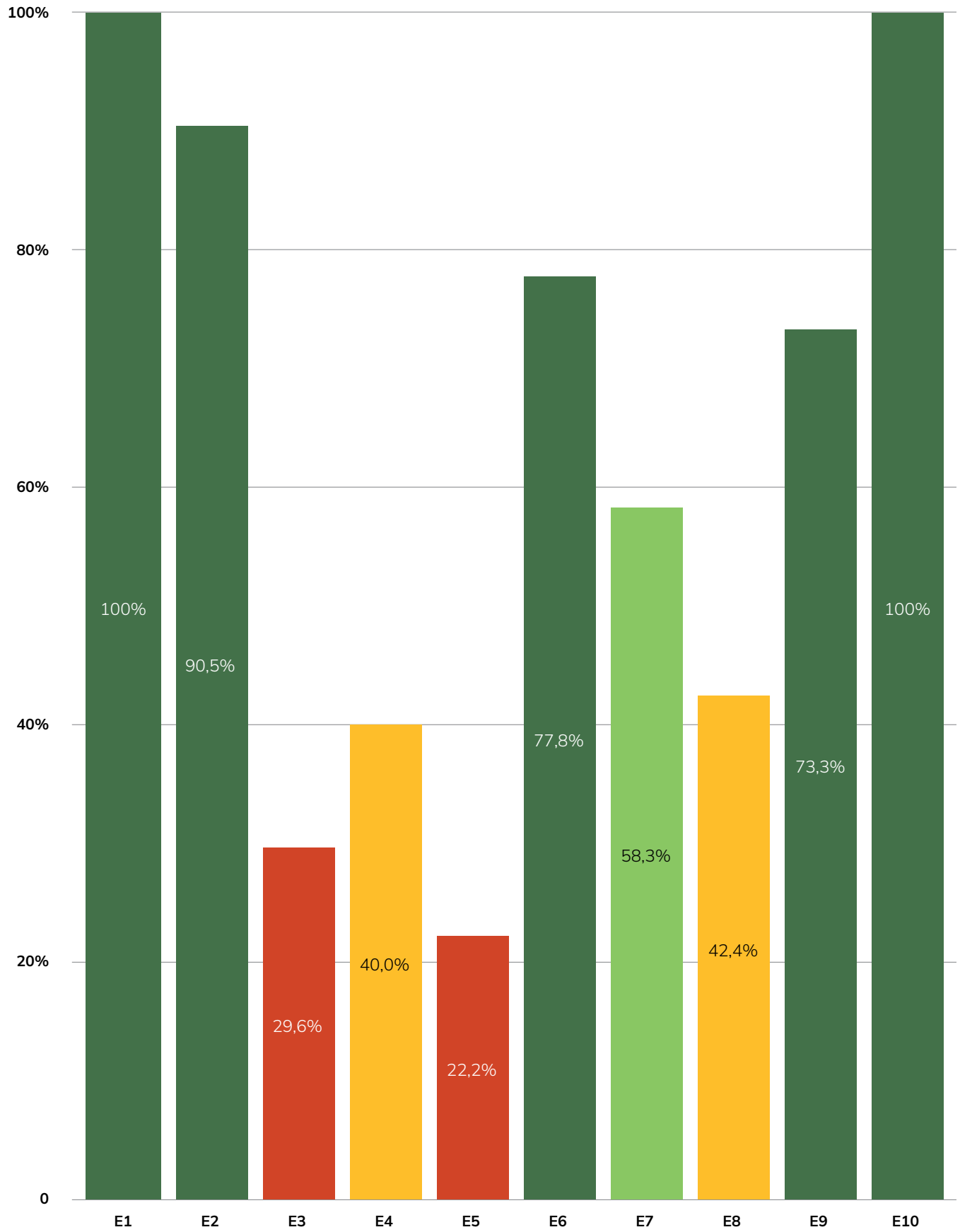
BIBLIOGRAFÍA DIAGNÓSTICO

- Aguas y Aguas de Pereira; Pontificia Universidad Javeriana (Colombia). (2018). Formulación del Plan Maestro de Seguridad Hídrica para el Municipio de Pereira. Pereira.
- Alcaldía de Pereira. (2016). Acuerdo 35, 2016. Pereira, 14 dic. 2016.
- Alcaldía de Pereira. (2016). Plan de Ordenamiento Territorial de Pereira POT (Documento técnico de soporte ed.).
- Alcaldía de Pereira. (2021). Economía. Pereira. Recuperado de <https://www.pereira.gov.co/publicaciones/19/economia/>
- Alcaldía de Pereira. (2021). Presentación. Alcaldía de Pereira. Recuperado de <https://www.pereira.gov.co/publicaciones/1152/presentacion/>
- Alcaldía de Pereira. (2016). Plan de Desarrollo Municipal. Recuperado de <https://www.crcrisaralda.org/wp-content/uploads/2018/04/Plan-de-Desarrollo-Pereira-2016-2019.pdf>
- 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.
- 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.
- Ithobe, 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.
- Lopez, J. J. (2002). Impactos sobre los riesgos naturales de origen climático. Bogotá D.C.
- Pineda, Eduardo Arias. (2016). Vulnerabilidad al cambio climático del sector agropecuario de Pereira: La gestión del cambio climático en el municipio de Pereira. Pereira.
- Secretaría de Planeación Municipal de Pereira. (2018). Estrategia municipal de adaptación a la variabilidad y al cambio climático.
- Uchima, K. Y. (2020). Evaluación de la gestión del riesgo en el municipio de Pereira mediante uso de indicadores para su seguimiento y control.
- Vásquez, H. (2018). Degradación ambiental y riesgo de desastres: Implicaciones en el ordenamiento territorial de la ciudad de Pereira. UTP.

RESULTADOS SCORECARD

	Aspectos esenciales	Puntuación	Resiliencia
E1	Organizarse para la resiliencia	100,0 %	Alta
E2	Identificar, comprender y utilizar los escenarios de riesgos actuales y futuros	73,3 %	Alta
E3	Fortalecer la capacidad financiera para la resiliencia	42,4 %	Media baja
E4	Promover el diseño y desarrollo urbano resiliente	58,3 %	Media alta
E5	Proteger las zonas naturales de amortiguación para mejorar las funciones de protección de los ecosistemas	77,8 %	Alta
E6	Fortalecer la capacidad institucional para la resiliencia	22,2 %	Baja
E7	Comprender y fortalecer la capacidad social para la resiliencia	40,0 %	Media baja
E8	Aumentar la resiliencia de la infraestructura vial	29,6 %	Baja
E9	Asegurar una respuesta efectiva ante los desastres	90,5 %	Alta
E10	Acelerar el proceso de recuperación y reconstruir mejor	100,0 %	Alta
	Total	58,2 %	Media alta

Puntaje Scorecard - MCR2030



A partir de la aplicación del Scorecard se pudo determinar que el municipio de Pereira presenta una resiliencia media-alta en cuanto a su gobernanza sobre la gestión del riesgo de desastres. Sin embargo, aún existen aspectos relevantes en los que se pueden realizar mejoras para incrementar su resiliencia. Estos incluyen:

- 1** Fortalecer la capacidad financiera para la resiliencia:

 - Realizar una evaluación exhaustiva de las necesidades financieras para la resiliencia urbana, identificando las áreas prioritarias de inversión. Esta evaluación debe aprovechar la información de diversas fuentes de financiamiento, tanto internas como externas, como préstamos, subsidios, donaciones y asociaciones público-privadas.
 - Buscar oportunidades de financiamiento a través de programas y fondos nacionales e internacionales destinados a la resiliencia urbana.
- 2** Fortalecer la capacidad institucional para la resiliencia:

 - Fortalecer las entidades encargadas de la resiliencia urbana.
 - Establecer alianzas estratégicas con organizaciones locales, regionales y nacionales, así como con instituciones académicas e investigativas, para compartir conocimientos y buenas prácticas.
 - Mejorar la coordinación y la comunicación entre los diferentes actores involucrados en la toma de decisiones relacionadas con la gestión de riesgos asociados al cambio climático y la gobernanza.
- 3** Comprender y fortalecer la capacidad social para la resiliencia:

 - Realizar campañas de sensibilización y educación pública para aumentar la conciencia sobre la importancia de la resiliencia urbana, la gestión de riesgos asociados al cambio climático y la



gobernanza, y promover la participación ciudadana.

- Fomentar la creación de redes comunitarias y fortalecer las organizaciones locales para que sean capaces de responder de manera efectiva ante situaciones de crisis y puedan ser escuchadas en las decisiones que les afecten.
 - Integrar la perspectiva de género y la inclusión social en las estrategias de resiliencia urbana, asegurando la participación equitativa de todos los grupos de la sociedad.
- 4** Aumentar la resiliencia de la infraestructura vial:
- Realizar evaluaciones de riesgos para identificar las vulnerabilidades de la infraestructura vial existente y establecer planes de acción para abordarlos.
 - Invertir en el mantenimiento y la modernización de la infraestructura vial, priorizando elementos clave para la resiliencia, como puentes, sistemas de drenaje urbano sostenible y vías de evacuación.
- Implementar medidas de adaptación, como el uso de materiales resistentes, el diseño de vías alternativas y la integración de soluciones verdes y basadas en la naturaleza en la infraestructura vial.
- 5** Promover el diseño y desarrollo urbano resiliente:
- Incorporar principios de resiliencia, adaptación y gobernanza en los planes de ordenamiento territorial y en los códigos de construcción, estableciendo regulaciones y estándares que promuevan la resistencia ante desastres naturales y el cambio climático, fomentando así la resiliencia urbana.
 - Fomentar la creación de espacios verdes y la conservación de áreas naturales dentro de la ciudad, que actúen como amortiguadores frente a eventos extremos.



Capítulo 3

RESULTADOS ESPACIALES

p. 57

Delimitación del área de estudio

p. 58

Riesgo por Sequía

p. 66

Riesgo por Inundación

p. 78

Riesgo por Movimientos de remoción en masa

p. 92

Riesgo Crítico

p. 97

Escenarios de Cambio Climático

p. 105

Análisis de Índices de Cambio Climático

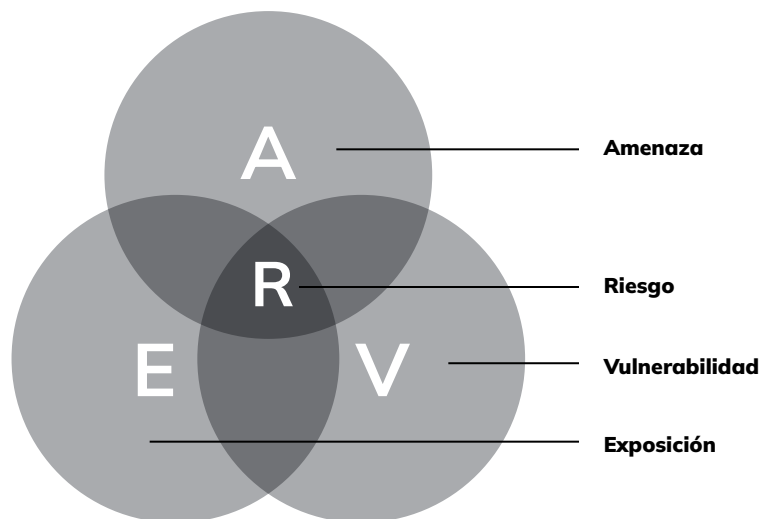
Tabla 14. Definición de las dimensiones del bienestar y elementos expuestos incluidos dentro del análisis de riesgo y vulnerabilidad climática..

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.	<ul style="list-style-type: none"> ❶ Cuerpos de agua ❷ Pozos profundos, bocatomas y PTAP ❸ Acueducto ❹ 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.	<ul style="list-style-type: none"> ❶ Uso agrícola ❷ 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.	<ul style="list-style-type: none"> ❶ EEP/Áreas protegidas ❷ Bosques ❸ Humedales ❹ 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.	<ul style="list-style-type: none"> ❶ EEP/Áreas protegidas ❷ Bosques ❸ Humedales ❹ 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.

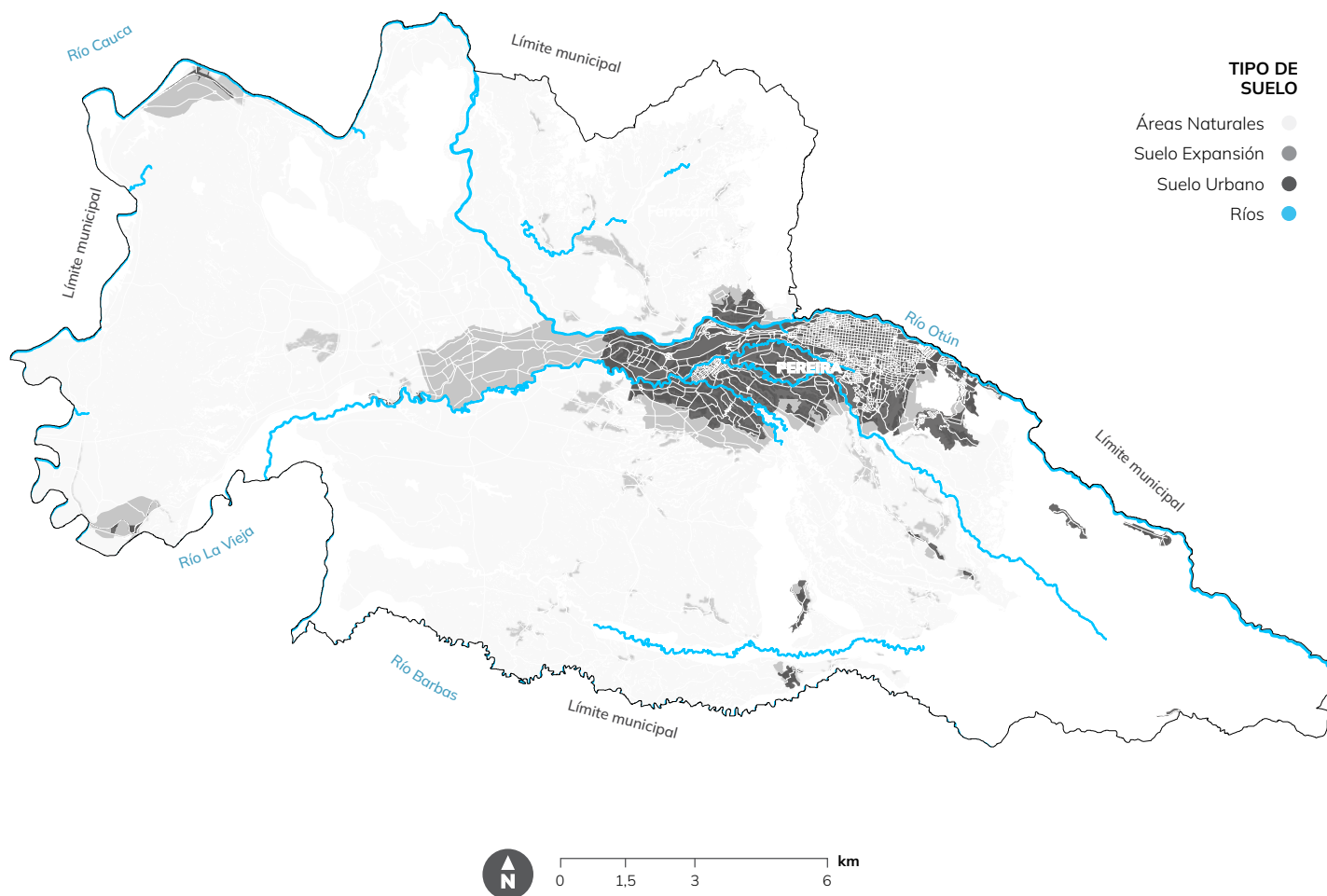
Para obtener información más detallada sobre los indicadores utilizados en el modelo de riesgo para cada dimensión, consulte el material en la sección Anexos.



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. Lösche, 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. Lösche, 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 del ARVC, se partió de un área base definida por el municipio como suelo urbano y suelo de expansión urbana. Estas categorías de uso del suelo son relevantes para analizar las dimensiones de hábitat humano, infraestructura y salud, ya que concentran la población. A estas áreas base se les adicionaron las áreas naturales periurbanas, que incluyen las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y otras de importancia ecosistémica por sus funciones ecológicas y contribuciones a las personas y medios de vida.





Riesgo por

SEQUÍA

Es un periodo 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

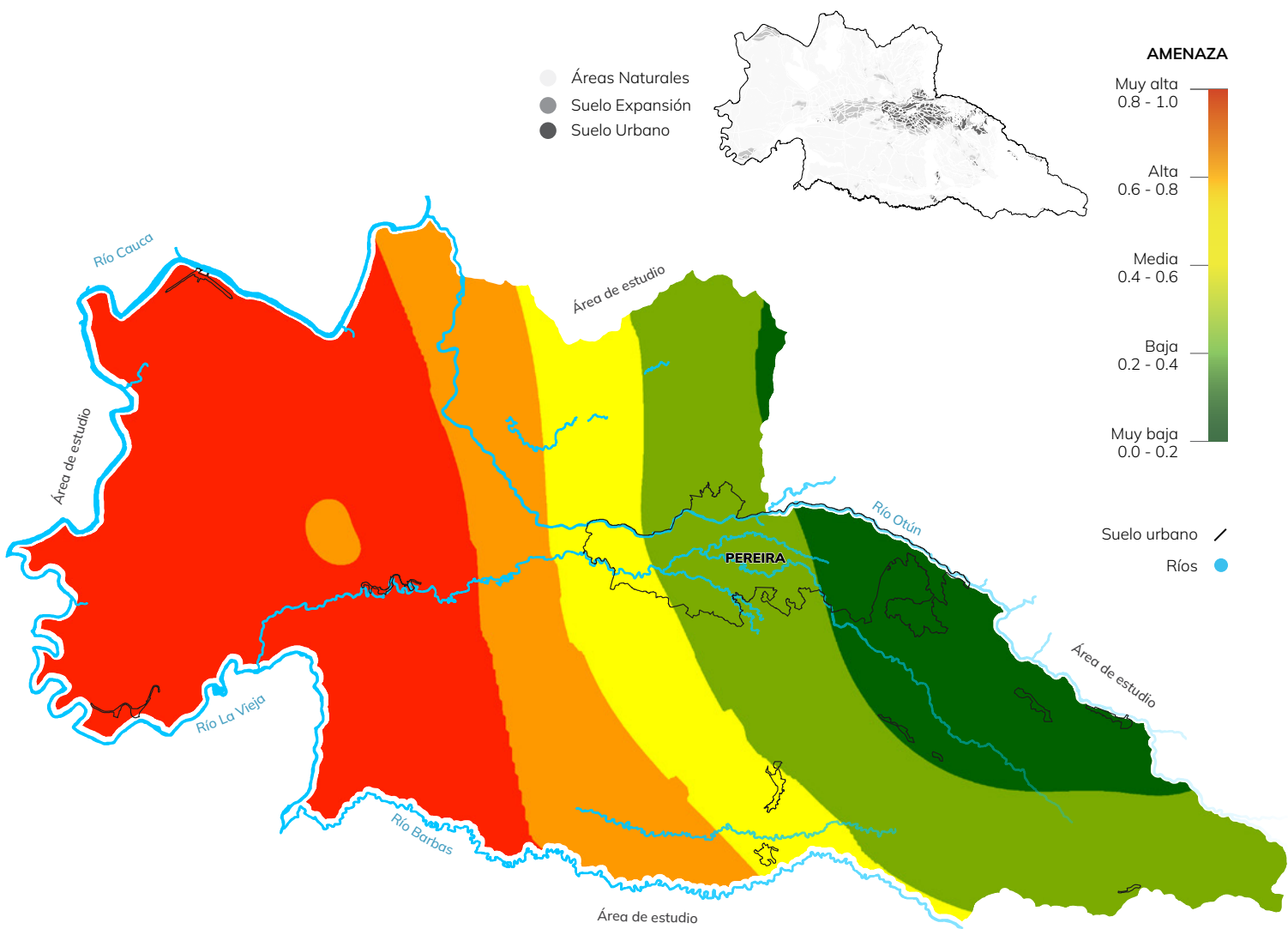
La amenaza por sequía se analizó considerando la distribución espacial de la precipitación total anual y las zonas con los periodos más prolongados de sequía, medidos mediante el indicador CDD (días consecutivos de sequía en inglés). Estas dos variables presentan una tendencia si-

milar a lo largo del área de estudio. En el oriente, en la zona de Otún y Consota Alta, coinciden los mayores niveles de precipitación total anual con los periodos más cortos de sequía. A medida que se avanza hacia el occidente, en las zonas rurales de Consotá Baja, Cauca, Pinal y Barbas Cestillal, donde las precipitaciones anuales son más elevadas, se alcanzan niveles de amenaza alta y muy alta debido a los periodos prolongados de sequía.

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

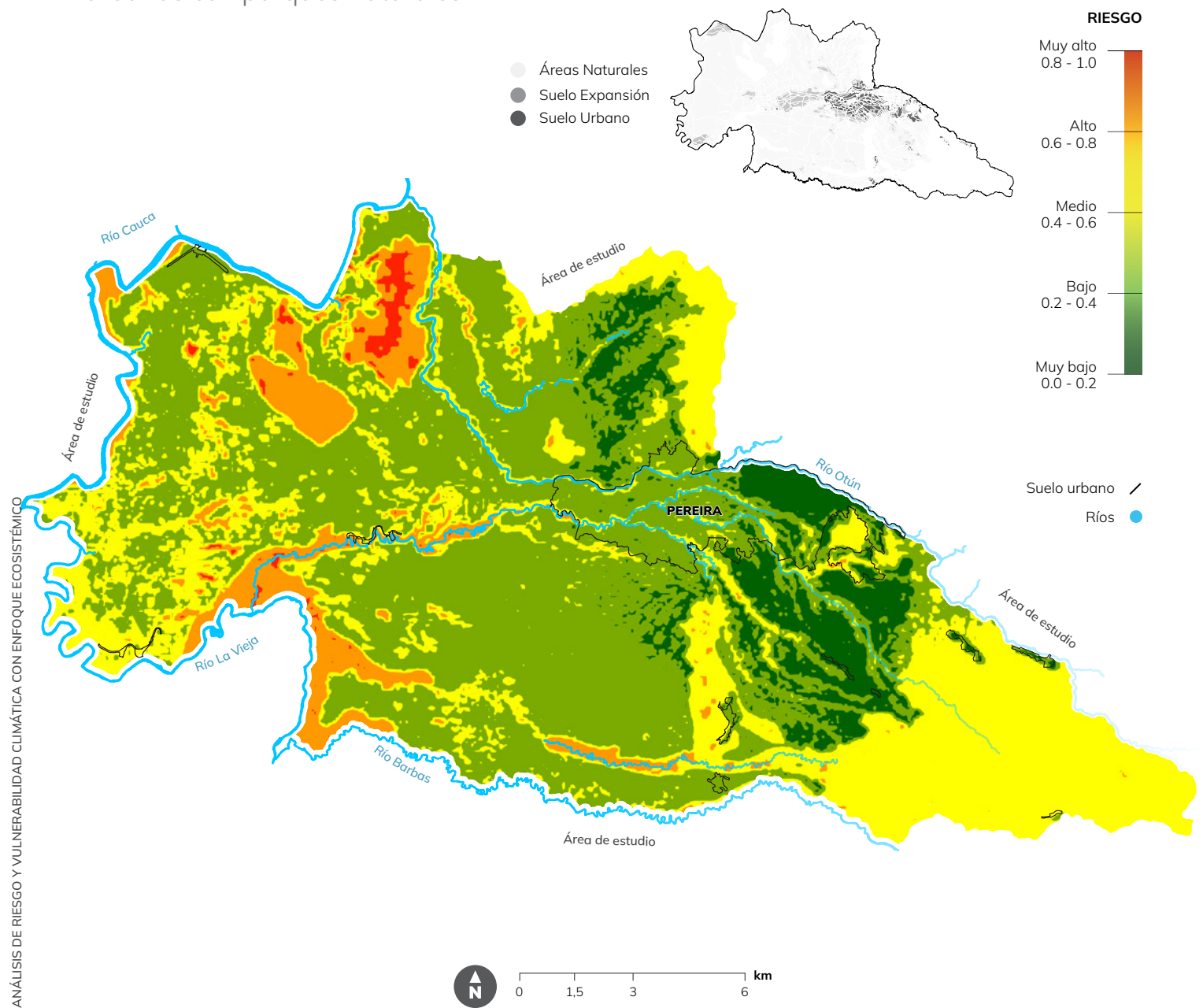


La sequía es un fenómeno que se caracteriza por la escasez de recursos hídricos, afectando los ecosistemas y provocando desequilibrios hidrológicos. En el área se identificaron zonas con altos niveles de amenaza con periodos prolongados de sequía.

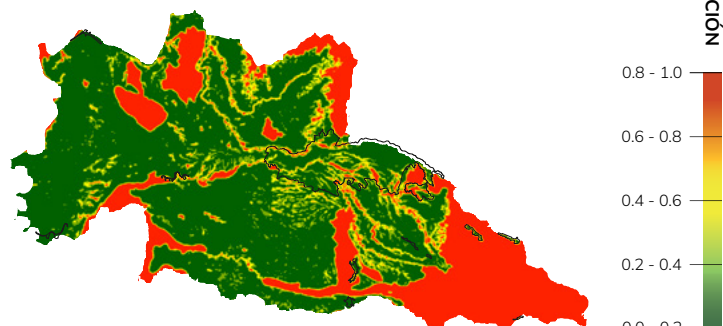


BIODIVERSIDAD Y RIESGO POR SEQUÍA

El riesgo crítico en la dimensión de biodiversidad en Pereira se mapeó, identificando las áreas más expuestas a sequías. Se observó alta exposición en zonas alejadas de cuerpos hídricos y en áreas urbanas con parques naturales.

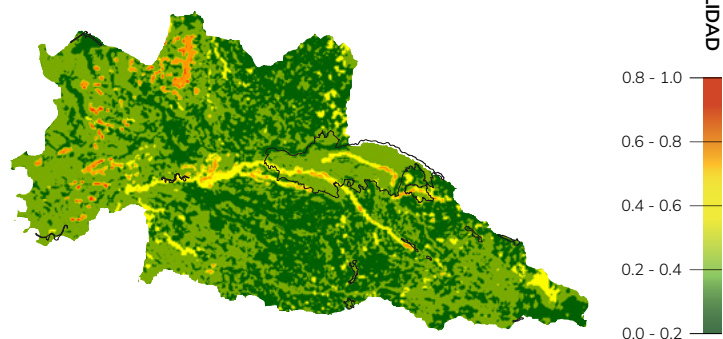


BIODIVERSIDAD Y EXPOSICIÓN A LA SEQUÍA



En la dimensión Biodiversidad, se realizó el mapeo de la exposición en el municipio ante la ocurrencia de sequías utilizando el indicador del porcentaje de áreas naturales, como las áreas de protección ambiental. Por lo tanto, las partes más alejadas de los cuerpos hídricos fueron identificadas como las más expuestas. Estas regiones incluyen el extremo este, el extremo norte cerca de la frontera con Dosquebradas, el extremo sur y algunas áreas en el noroeste del territorio. Algunos puntos en el suelo urbano también presentan una alta exposición debido a la presencia de parques naturales, jardines botánicos y zonas verdes que pueden verse afectadas durante los meses más cálidos y secos del año, así como por posibles incendios naturales o provocados.

BIODIVERSIDAD Y VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA



Este indicador fue desarrollado utilizando información sobre la vulnerabilidad de los ecosistemas y el grado de humedad y protección del suelo. En el contexto urbano, las áreas ubicadas en los lechos de los ríos muestran una alta vulnerabilidad, posiblemente debido a su relación con los bosques de galería. También se observan manchas de alta y muy alta vulnerabilidad al noreste del área analizada.

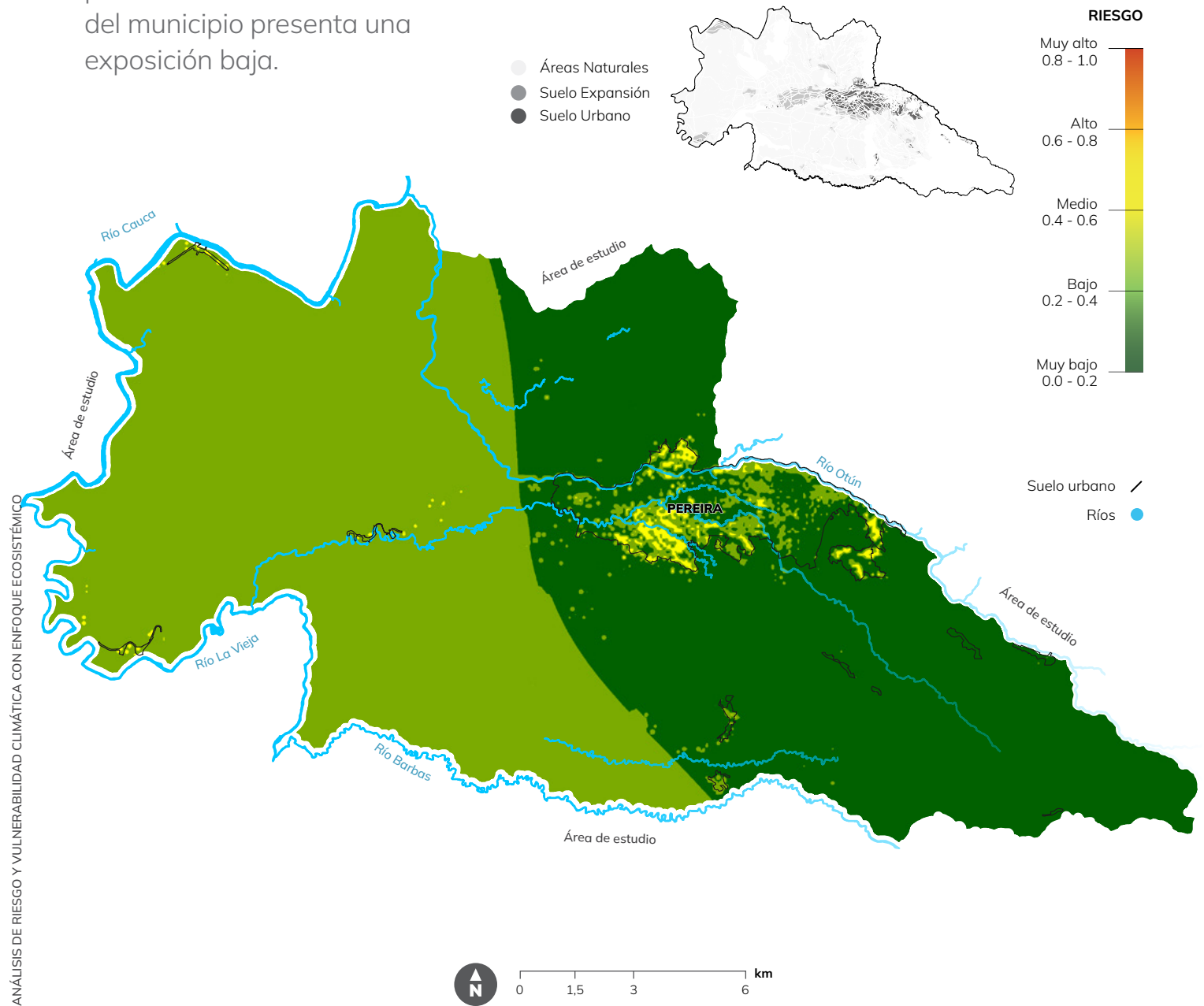
La biodiversidad de Pereira presenta riesgo alto y medio. Las áreas naturales de la zona oeste se verían fuertemente afectadas, ya que es la zona que registra una precipitación anual más baja y más días consecutivos sin lluvia.

Las áreas de protección y conservación del corregimiento de Caimalito presentan riesgo alto y muy alto. Por otro lado, las áreas protegidas del este de Pereira, como Campoalegre, Otún Quimbaya, Barbas Bremen, Quebradanegra, La Carmencita y Cataluna, presentan un riesgo medio.

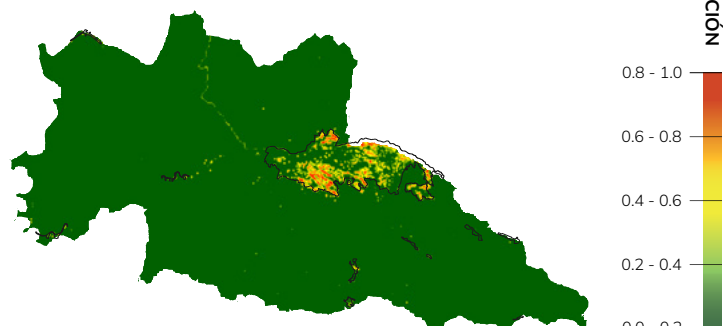
Hasta el momento, Pereira no ha experimentado fuertes sequías, pero no está exenta de periodos de escasez de agua debido a la variabilidad climática. En caso de sequía, la biodiversidad se vería fuertemente afectada, ya que habría una reducción en la disponibilidad de recursos, lo que podría provocar la disminución de especies de fauna y flora importantes para la región, además de aumentar el riesgo de incendios forestales. Estos impactos pueden tener consecuencias negativas para la biodiversidad de la región, por lo tanto, es importante tomar medidas para mitigar los efectos de las sequías.

RECURSO HÍDRICO Y RIESGO POR SEQUÍA

El mapa de la dimensión Recurso Hídrico muestra que la parte urbana de Pereira es más expuesta a sequías debido a la densidad poblacional y la presencia del río Otún. El resto del municipio presenta una exposición baja.



RECURSO HÍDRICO Y EXPOSICIÓN A LA SEQUÍA



En cuanto a la ocurrencia de sequías, en la dimensión Recurso Hídrico, se utilizaron como indicadores la densidad poblacional y los cuerpos de agua. Por esta razón, en el mapa se observa que la parte urbana es la más expuesta, debido a la presencia del río Otún, sus afluentes y la alta densidad poblacional en esa región. El resto del mapa muestra una exposición muy baja a las sequías, ya que, aunque hay cuerpos hídricos en esas áreas, la densidad poblacional es baja, que es el otro indicador considerado.

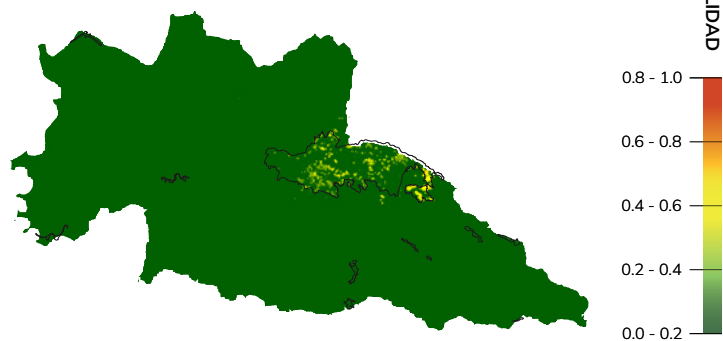
La dimensión Recurso Hídrico tiene en cuenta el impacto que podría generar una sequía en el abastecimiento de agua potable. Para evaluar esta dimensión, se consideran dos factores principales: la precipitación anual y los días consecutivos sin precipitación.

Pereira ha sido diagnosticada con un riesgo bajo de sequías; sin embargo, no está exenta de experimentar periodos de escasez de agua debido a la variabilidad climática. Hasta el momento, el municipio no ha experimentado fuertes sequías, ya que el factor predominante es el aumento de las precipitaciones.

En caso de sequía, el abastecimiento de agua potable se vería afectado, especialmente en el sur de Pereira, en las comunas San Joaquín, Perla del Otún, Consota y El Oso. Estas zonas presentan un riesgo medio para esta dimensión. Por otro lado, Villa Santana también presenta zonas con riesgo medio. Esta comuna es más sensible a este tipo de eventos debido a su alto índice de pobreza multidimensional.

El área rural también se vería afectada, ya que es vulnerable debido al estado actual de los acueductos veredales, los cuales no satisfacen las necesidades de suministro en algunas poblaciones. Es importante identificar estas áreas más propensas a experimentar escasez para diseñar estrategias de mitigación más enfocadas y garantizar el acceso a este recurso para toda la población del municipio.

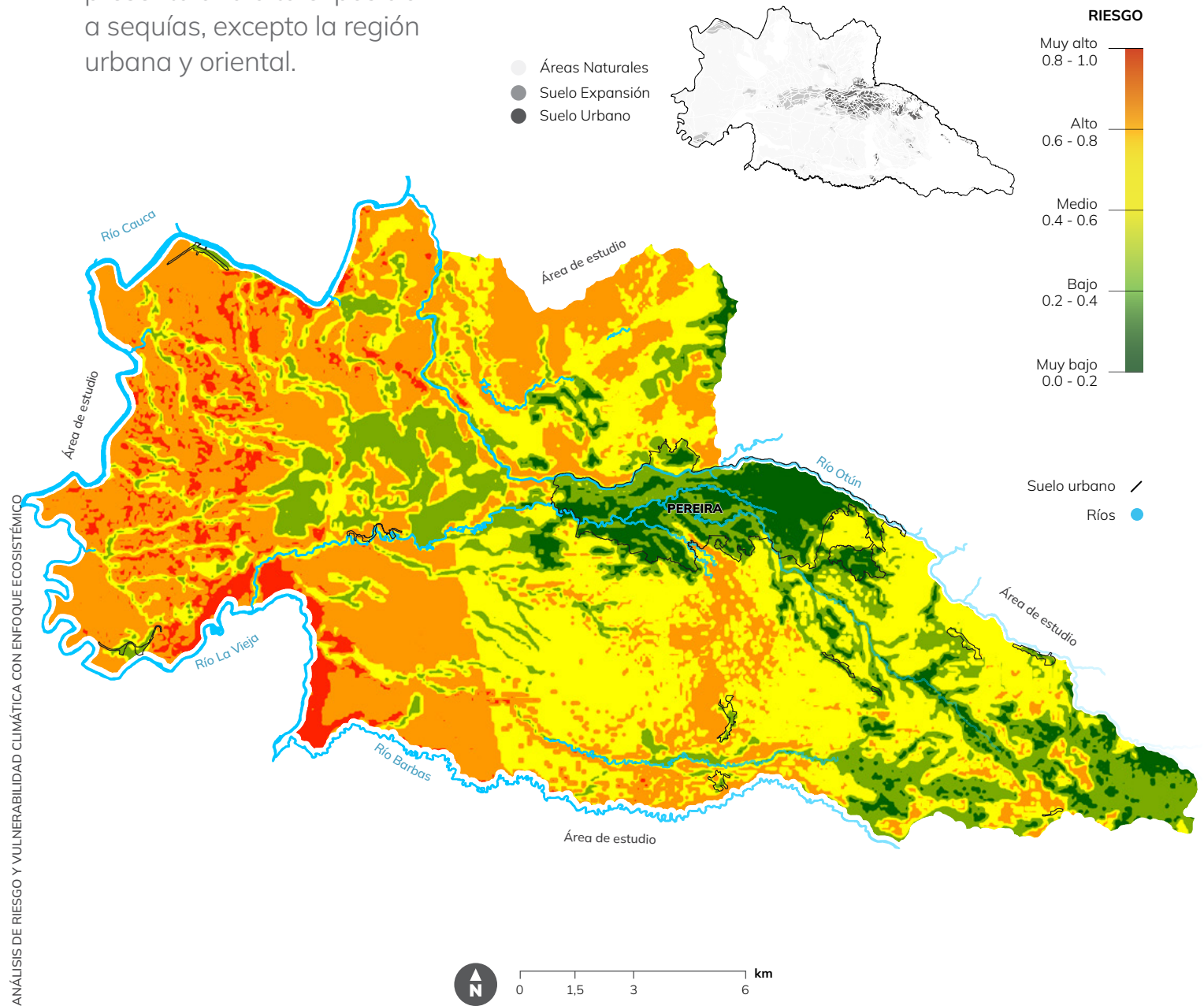
RECURSO HÍDRICO Y VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA



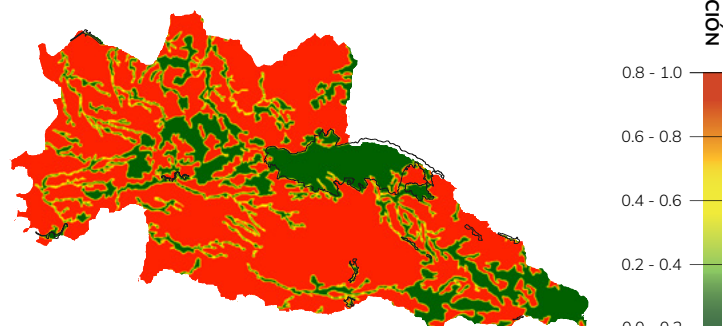
El modelo se basa en datos socioeconómicos, como la pobreza de la población y la tasa de suministro de agua potable, así como en criterios de protección hídrica. En general, se observan niveles bajos de vulnerabilidad en la mayoría del área analizada, siendo los asentamientos o pueblos de carácter informal, como Villa Santana y Guayabal, los más vulnerables.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y RIESGO POR SEQUÍA

El mapa de seguridad alimentaria muestra que gran parte del territorio de Pereira presenta una alta exposición a sequías, excepto la región urbana y oriental.

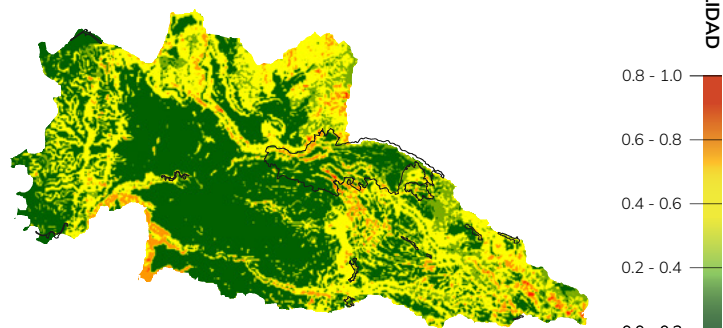


SEGURIDAD ALIMENTARIA Y EXPOSICIÓN A LA SEQUÍA



Este mapa es uno de los que presenta más áreas con altas exposiciones, ya que utiliza el porcentaje de área agropecuaria como indicador. La región urbana, donde no hay espacios para la agricultura o la cría de ganado, y la parte oriental, que es una zona natural, fueron las únicas áreas que registraron un índice bajo. El resto del territorio en cuanto a seguridad alimentaria fue marcado como de alta exposición a las sequías, dado que la región tiene un clima cálido y experimenta meses con poca lluvia, especialmente entre diciembre y abril.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA



Para este mapeo, se utilizaron capas de aridez y humedad del suelo, relacionadas con el grado de protección y uso del suelo en áreas rurales. Pereira muestra una alta vulnerabilidad a la sequía en esta dimensión, debido a la gran presencia de pastizales y otras zonas áridas fuera de los límites urbanos. El modelo también indica que la urbanización en sí misma es vulnerable, aunque no necesariamente exista un riesgo asociado a la seguridad alimentaria en este contexto.

Pereira presenta un riesgo medio en las zonas de La Bella, La Florida, Tribunales Corcega y Arabia. En las zonas de Puerto Caldas, Morelia, La Estrella-La Palmilla, Altagracia y Caimalito se presenta un riesgo alto para la dimensión Seguridad Alimentaria. Esta dimensión tiene en cuenta el impacto que podría generar una sequía en la disponibilidad de alimentos. Para evaluar esta dimensión, se considera la precipitación anual y los días consecutivos sin precipitación.

La parte oeste del municipio tendría un mayor impacto, ya que registra una precipitación anual más baja y más días consecutivos sin lluvia. Además, el área rural cuenta con acueductos veredales poco eficientes, los cuales no satisfacen de manera efectiva el suministro de agua.

Al este de Pereira se encuentran las áreas protegidas declaradas como principales abastecedoras del recurso hídrico. Por lo tanto, los cultivos cercanos a estas zonas no tendrían un impacto tan fuerte ante una sequía.

Ante un evento de escasez hídrica, se vería afectada la economía y la disponibilidad de alimentos en la región, reduciendo la disponibilidad de café, plátano, aguacate, cítricos, hortalizas y afectando las producciones ganaderas y piscícolas. Por esto, es necesario implementar medidas de prevención y planificación para reducir los riesgos y garantizar la seguridad alimentaria en áreas propensas a sequías.



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

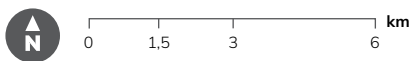
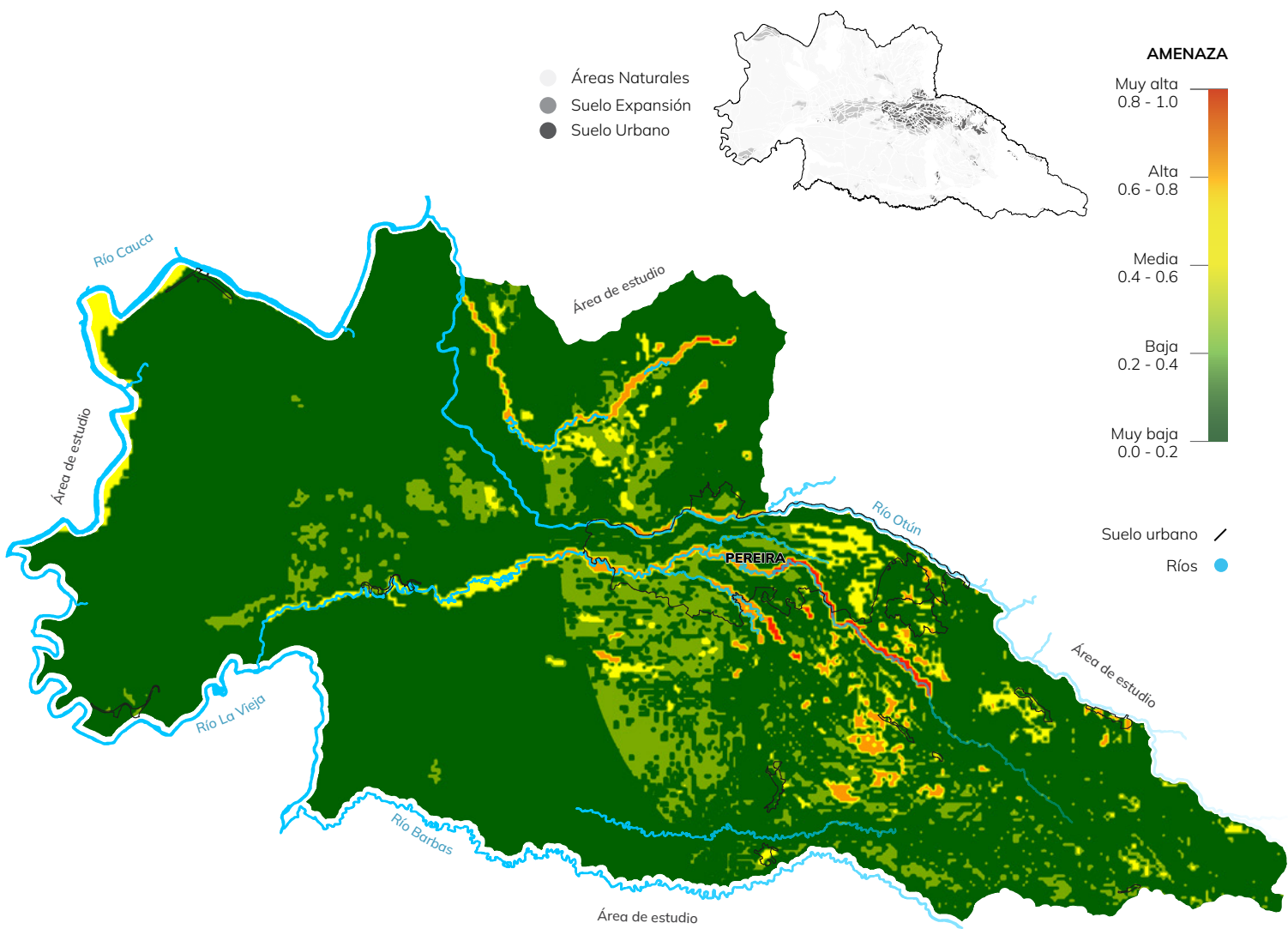
La amenaza por inundación se modeló utilizando información de precipitación total anual y su comportamiento dentro del área de estudio. También se tuvieron en cuenta los estudios de amenaza presentes en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), que identifican las zonas afectadas por inundaciones fluviales.

Al considerar el comportamiento de la precipitación y los estudios de inundación, se observa que las zonas con mayor amenaza por inundación están asociadas al río Otún dentro del suelo urbano, al río Cauca en el límite con el Valle del Cauca, al río Consotá y a la quebrada Combia. Estos dos últimos cuerpos de agua presentan una amenaza que varía de media a muy alta. Además, las zonas bajas de Consotá Alta, propensas a la acumulación de escorrentía y con los niveles más altos de precipitación en el área de estudio, también tienen un alto riesgo de inundación.

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

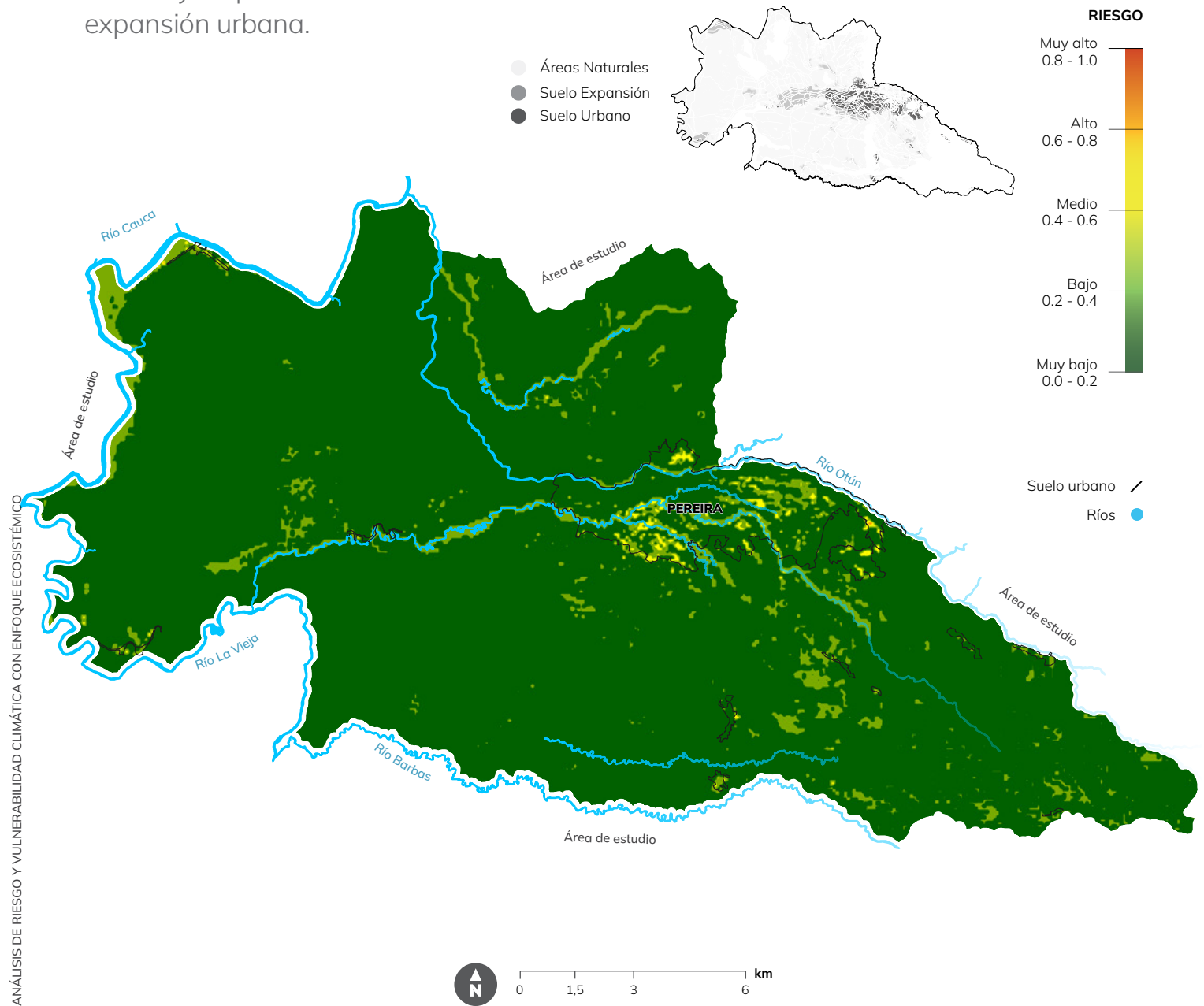


Las inundaciones son fenómenos naturales causados por lluvias intensas que elevan el nivel del agua en cuerpos de agua, provocando desbordamientos. En Pereira, las zonas más amenazadas son el río Otún, el río Cauca y la quebrada Combia.

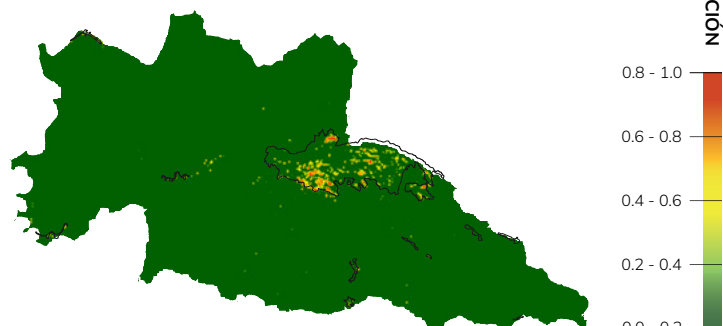


SALUD Y RIESGO POR INUNDACIÓN

En el municipio se observa una exposición media en las áreas limítrofes, mientras que las exposiciones altas se concentran en el sur del suelo urbano y en partes del área de expansión urbana.

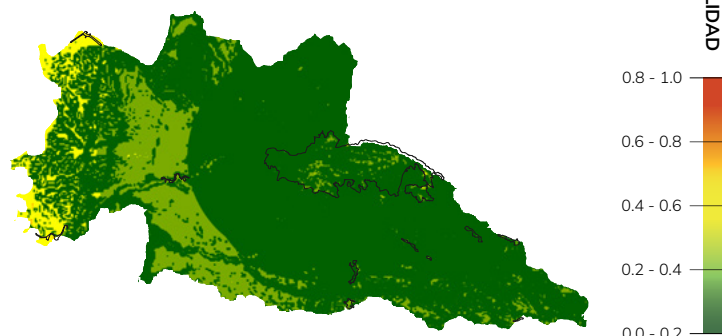


SALUD Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN



Se presentaron muchas zonas con una exposición media en las áreas limítrofes del municipio. En cuanto a las exposiciones altas, están concentradas en el sur del suelo urbano y en algunas partes del área de expansión urbana, como se puede observar en el mapa. El resto del mapa muestra una baja exposición debido a la falta de una alta concentración poblacional, ya que el indicador utilizado en esta dimensión es la densidad poblacional y los problemas de salud de personas mayores y niños relacionados con la ocurrencia de inundaciones.

SALUD Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN



El modelo tiene en cuenta información socioeconómica como la proximidad a centros de salud, la población en edad vulnerable y la pobreza. Si se utiliza un filtro para indicar esta dimensión en las zonas susceptibles al riesgo de inundación, se puede observar que hay poca o ninguna vulnerabilidad asociada al casco urbano en este aspecto.

La dimensión Salud considera varios factores, como la densidad de población en zonas inundables, el índice de pobreza multidimensional, el porcentaje de población sensible (menores de 10 años y mayores de 60 años) y la proximidad de la población a los centros médicos. Estos aspectos son fundamentales para comprender los posibles impactos en la salud de la población durante eventos de inundación. Una alta densidad poblacional y un alto índice de pobreza limitan la capacidad y la resiliencia de la comunidad. Además, la presencia de grupos vulnerables como niños y personas mayores aumenta la sensibilidad ante estos riesgos. Por otro lado, la cercanía a los centros médicos es un factor crucial en términos de capacidad de respuesta de la población.

En el caso de la comuna Cuba, se identifica un riesgo medio a inundaciones. Esta zona es muy vulnerable debido a su ubicación entre el Río Consotá y la Quebrada El Oso, lo cual aumenta considerablemente el riesgo de inundaciones. Además, esta zona no cuenta con una buena proximidad a centros médicos, lo que disminuye su capacidad de respuesta ante posibles eventos.

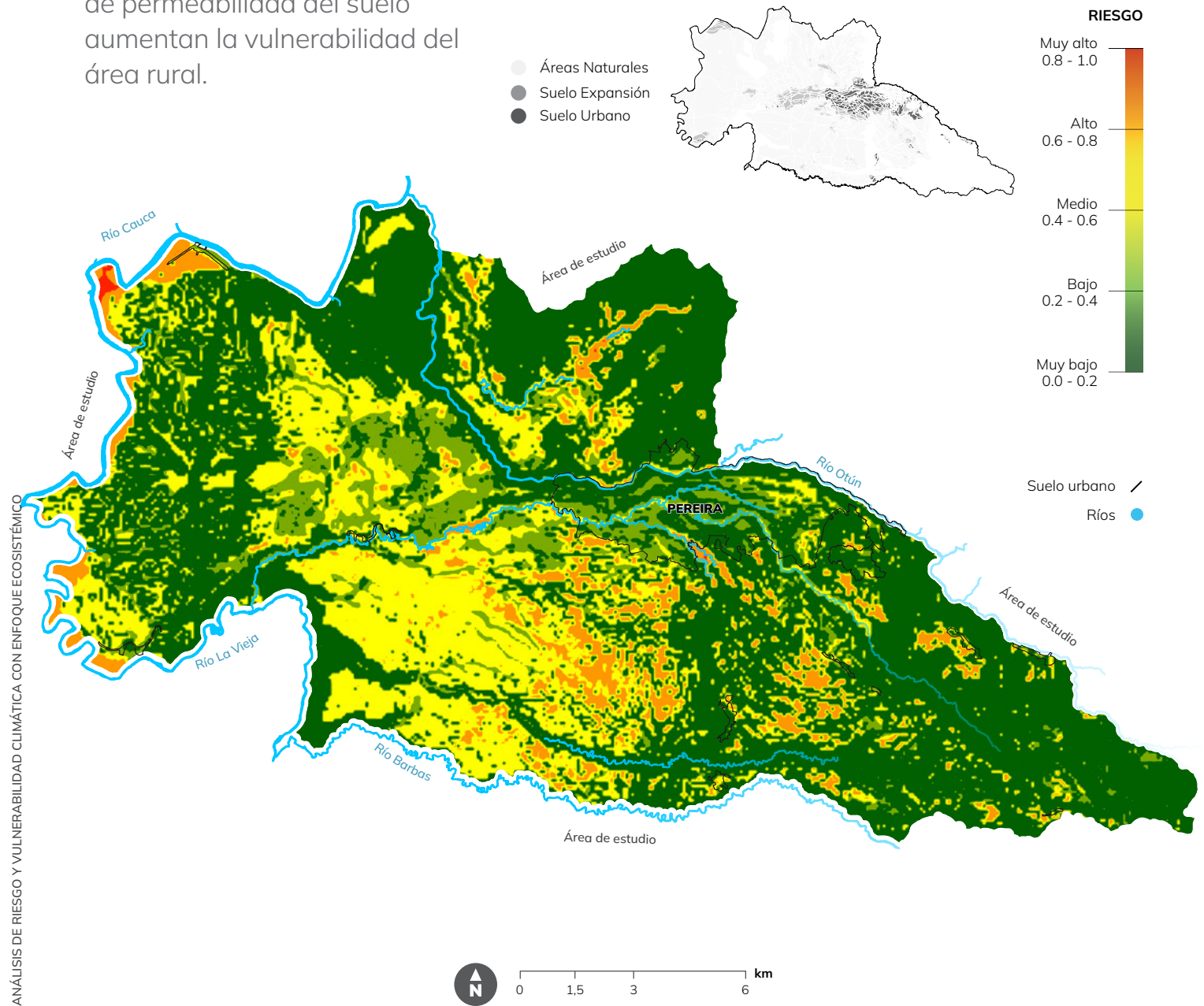
Es importante destacar que el centro de Pereira se beneficia de una buena proximidad a centros médicos. Esta cercanía resulta beneficiosa en términos de acceso rápido a servicios de atención médica y atención de emergencia para la población que reside en esa área.

La comuna Del Café presenta un riesgo medio debido a su cercanía con el río Otún. Sin embargo, tampoco cuenta con una buena proximidad a centros médicos, lo cual aumenta su vulnerabilidad ante las amenazas.

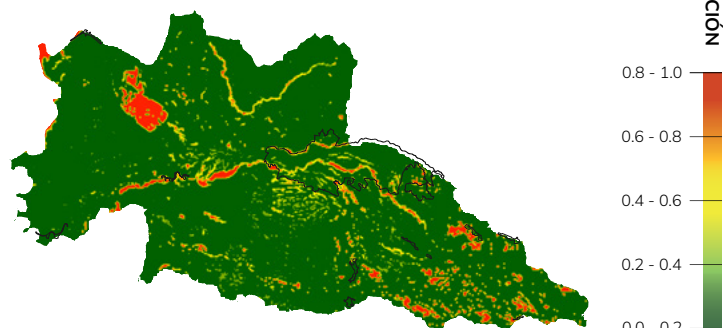
Los barrios Veracruz y Veracruz II, pertenecientes a la comuna Villasantana, también presentan un riesgo medio. La comunidad en esta comuna enfrenta condiciones económicas precarias y tiene un alto porcentaje de población infantil y de adultos mayores, lo que incrementa su vulnerabilidad ante las inundaciones. Además, tienen una baja densidad de centros médicos. Por lo tanto, ante un evento de inundación, sus condiciones de salud pueden verse fuertemente afectadas.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y RIESGO POR INUNDACIÓN

El riesgo de inundación se concentra en áreas agropecuarias fuera del territorio urbano. La topografía y la falta de permeabilidad del suelo aumentan la vulnerabilidad del área rural.

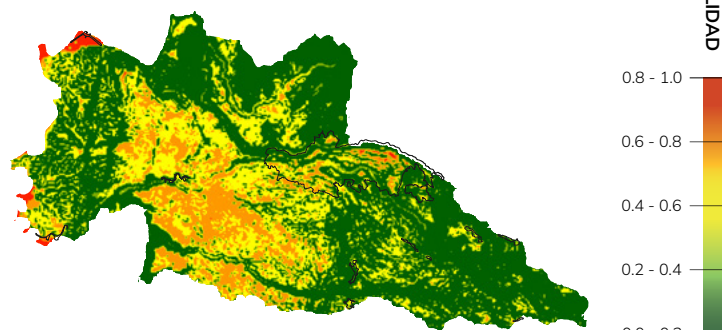


SEGURIDAD ALIMENTARIA Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN



Para evaluar los riesgos de exposición a inundaciones, se utilizó como indicador la cantidad de áreas agropecuarias. Las áreas con mayor exposición se encuentran en los extremos oeste, central, norte y sur, todas ellas fuera del territorio urbano. Estas áreas son las que tienen más espacios para la agricultura y están cerca de los afluentes del río Otún. Solo las partes más cercanas a Dosquebradas y al extremo este presentan una exposición muy baja debido a que son regiones forestales.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN



La conformación topográfica de las zonas rurales de Pereira muestra una alta susceptibilidad al riesgo de inundación debido a la presencia de áreas planas o cóncavas y suelos poco permeables. Esta situación puede ser desfavorable para la agricultura en caso de eventos de inundación. El mapeo, basado en criterios físicos y legales de protección, indica que la mayoría de las áreas cultivables presentan niveles de vulnerabilidad moderados a altos.

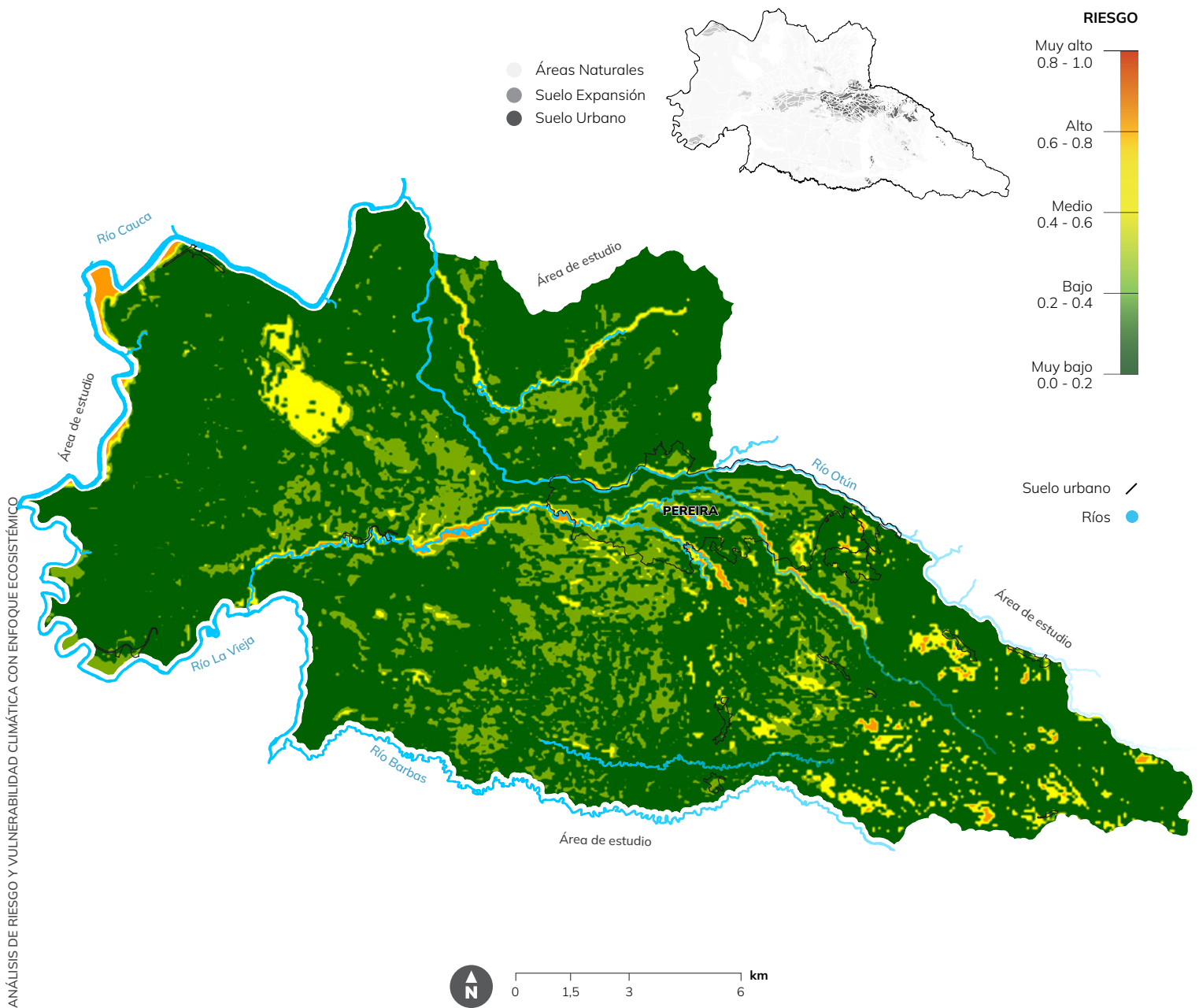
En términos generales, la seguridad alimentaria en Pereira presenta un riesgo medio. El suelo destinado a la agricultura se encuentra en áreas con una pendiente inferior a 4 grados, lo que lo hace susceptible a inundaciones.

Los corregimientos de Morelia, La Estrella, Cerritos y las zonas de Caimalito y Puerto Caldas presentan un riesgo medio y alto de inundaciones debido al tipo de suelo y a su capacidad de drenaje. Estas áreas agrícolas se caracterizan por tener cultivos permanentes arbustivos como el café. Cuando estas áreas tienen una gran homogeneidad en los cultivos, la escorrentía superficial no se absorbe fácilmente debido a la falta de diversidad vegetal, como bosques o pastizales, que ayudan a retener el agua. Esto reduce la capacidad de estos territorios para resistir el riesgo de inundación.

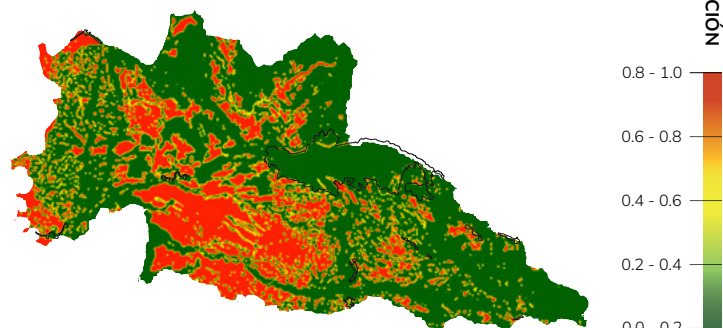
Entre los cultivos o alimentos más afectados se encuentran el café, plátano, aguacate, cítricos, hortalizas, actividades ganaderas y piscícolas. Por otro lado, la implementación de prácticas agrícolas sostenibles puede reducir la presión sobre el suelo y permitir que sea más resistente ante desastres. La adopción de técnicas de conservación del suelo y enfoques agrícolas sostenibles puede mejorar la capacidad de drenaje del suelo, reducir la escorrentía y aumentar su capacidad de retención de agua. Esto ayuda a que las áreas agrícolas sean más resilientes ante las inundaciones y contribuye a mitigar el riesgo de desastres relacionados con el agua.

BIODIVERSIDAD Y RIESGO POR INUNDACIÓN

La dimensión de biodiversidad en Pereira muestra áreas de alta exposición a inundaciones en la región occidental y puntos en la porción oriental.

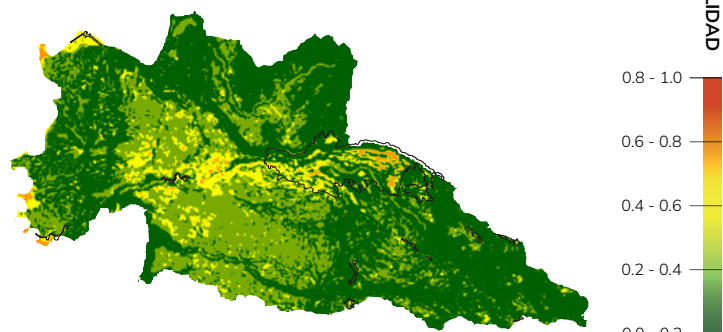


BIODIVERSIDAD Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN



En esta dimensión, al considerar el indicador de áreas naturales como bosques y áreas protegidas, se observó que la región occidental del territorio y algunos puntos en la porción oriental presentaron una alta exposición a inundaciones. Estas áreas naturales se encuentran cerca del río Otún y sus afluentes principales, así como en la zona de expansión del suelo.

BIODIVERSIDAD Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN



El mapeo se basa en información sobre la susceptibilidad a inundaciones, la cuantificación de especies endémicas afectadas y la evaluación de la capacidad de adaptación, permeabilidad y protección del suelo rural. El grado de vulnerabilidad varía desde muy bajo hasta alto, y en el contexto rural, se observa que las zonas con algún grado de urbanización y, por lo tanto, impermeabilización del suelo, son las más impactadas, lo que puede tener un efecto directo sobre las especies existentes.

A grandes rasgos, la dimensión de biodiversidad presenta un riesgo medio y bajo de inundaciones. Sin embargo, existen algunas áreas específicas que requieren atención.

El Distrito de Conservación de Suelos Barbas-Bremen, el Santuario de Flora y Fauna Otún Quimbaya y algunas áreas de especial importancia ecosistémica, como el Humedal Hacienda Marruecos y Caimalito, presentan zonas con riesgo medio y alto de inundaciones. Esto se debe a varios factores que aumentan la vulnerabilidad, como la ubicación geográfica, el tipo de suelo, la capacidad de drenaje, la vulnerabilidad de los ecosistemas y los conflictos por el uso del suelo. Estos factores hacen que estas áreas sean susceptibles a inundaciones.

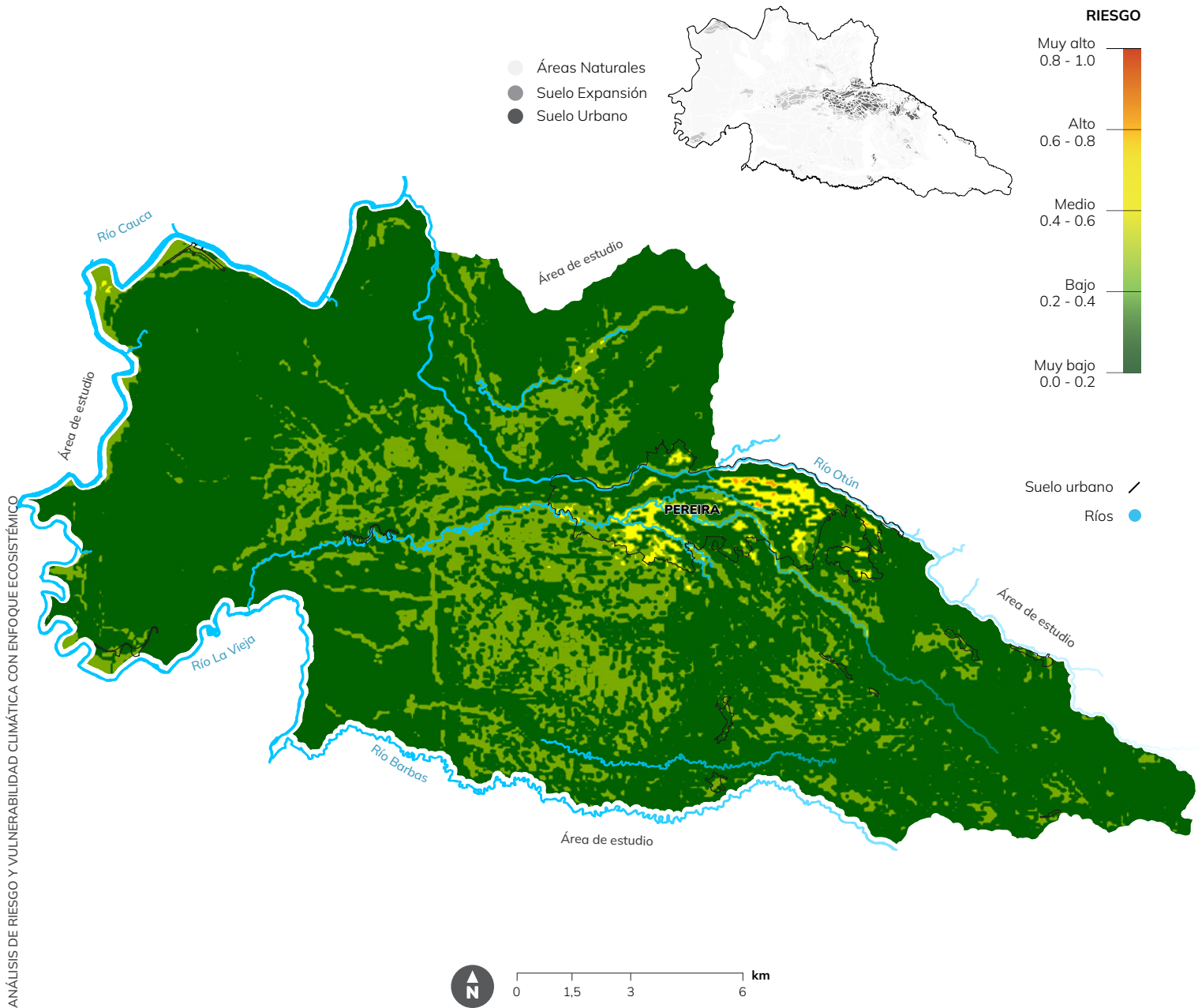
A pesar de que estas zonas naturales tienen una buena retención hídrica, la presión generada por la expansión urbana, la sobreexplotación y las actividades agropecuarias reducen significativamente la capacidad de retención de agua en el suelo, lo que aumenta el riesgo de inundaciones.

Las áreas cercanas a las rondas hídricas de los ríos Otún y Consotá presentan un riesgo medio y alto debido a su constante exposición a inundaciones. Los cambios en los niveles del agua y los aumentos en el caudal representan un riesgo para la gran biodiversidad que habita en estas áreas ribereñas.

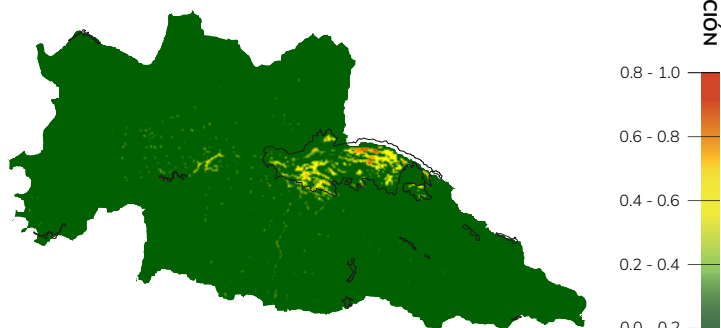
Aunque la dimensión Biodiversidad no presenta un riesgo significativo de inundación en todo el territorio, es importante implementar medidas de manejo y conservación en estas áreas para garantizar la protección de la biodiversidad de Pereira.

INFRAESTRUCTURA Y RIESGO POR INUNDACIÓN

En la dimensión de Infraestructura, Pereira presenta riesgos medios y altos de inundaciones en áreas como el norte de la región urbana y sectores cercanos al río Otún.

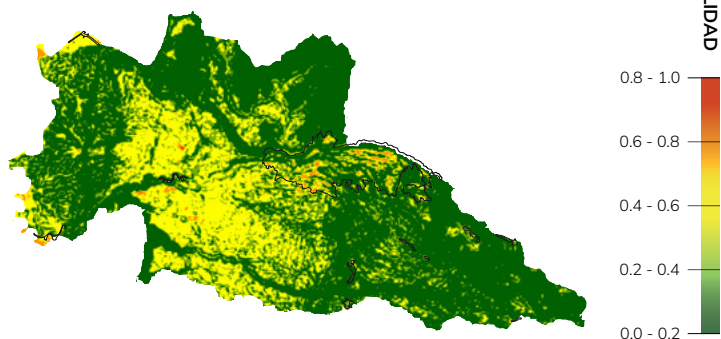


INFRAESTRUCTURA Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN



Pereira no presentó muchas áreas con una alta exposición en esta dimensión. Lo más destacado se observó en el norte de la región urbana, cerca del río Otún y de Dosquebradas. Esto se debe a que los indicadores considerados están relacionados con áreas que brindan servicios a la población, como aeropuertos, longitud de vías, densidad de centros de salud y redes de alcantarillado. En el resto del territorio, el índice fue muy bajo debido a que no son regiones con alta densidad poblacional ni disponen de esos servicios.

INFRAESTRUCTURA Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN



Hay muchas zonas cóncavas en el área rural de Pereira. Estas se identificaron en su mayoría con un grado medio de vulnerabilidad. Lo mismo ocurre en las regiones urbanas centrales que se encuentran cerca del agua o de las líneas de drenaje. Sin embargo, es destacable la presencia de vegetación dentro del área urbana, lo que reduce el índice de vulnerabilidad.

El riesgo de inundación en la dimensión Infraestructura se evalúa teniendo en cuenta varios aspectos, como las vías de transporte, la densidad de centros de salud, la presencia de aeropuertos y las redes de alcantarillado.

Durante los talleres participativos, se identificaron algunas áreas que han experimentado afectaciones por inundaciones, como la red vial de la vía corregimiento La Florida, la Avenida del Sur y la Avenida del Río. Asimismo, se han observado afectaciones en el acueducto de la vereda Amoladora Baja en el corregimiento de Combia.

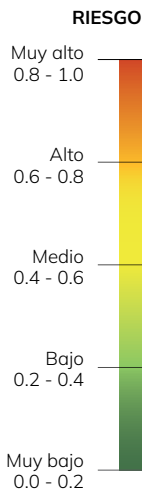
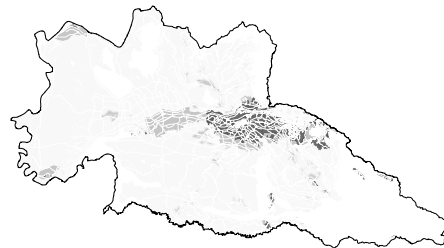
En el centro de Pereira, se ha identificado un nivel de riesgo considerable. Los sectores de Lago Uribe, El Primero de Febrero y la Comuna Oriente presentan un nivel de riesgo alto debido a su ubicación geográfica y su proximidad a cuerpos de agua, como el río Otún. Estas características aumentan la vulnerabilidad de estas zonas ante las inundaciones.

La zona de San Nicolás también muestra un alto nivel de riesgo de inundaciones debido a su cercanía a la Quebrada La Dulcera. Por otro lado, la comuna Cuba presenta un riesgo medio debido a su proximidad al Río Consotá y la Quebrada El Oso. Es necesario implementar medidas de prevención y gestión para proteger a los habitantes y la infraestructura de estas zonas.

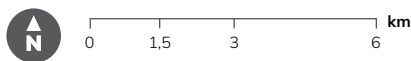
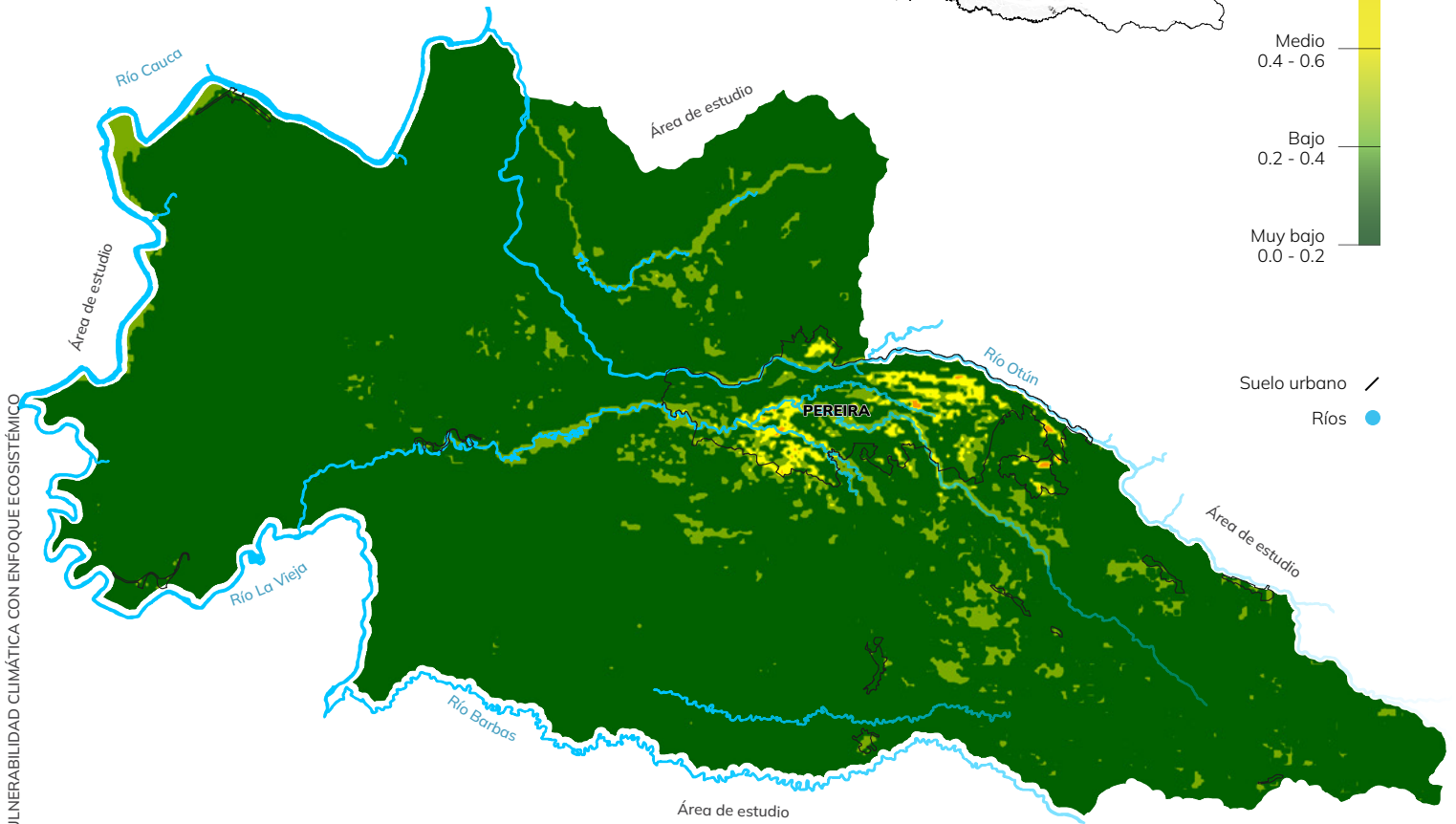
HÁBITAT HUMANO Y RIESGO POR INUNDACIÓN

En la dimensión de Hábitat Humano, se presentan riesgos medios y altos de inundaciones en el suelo urbano y en el de expansión. Las comunas Del Café, El Centro, Cuba, El Oso, San Joaquín y Perla del Otún son algunas de las zonas con riesgo.

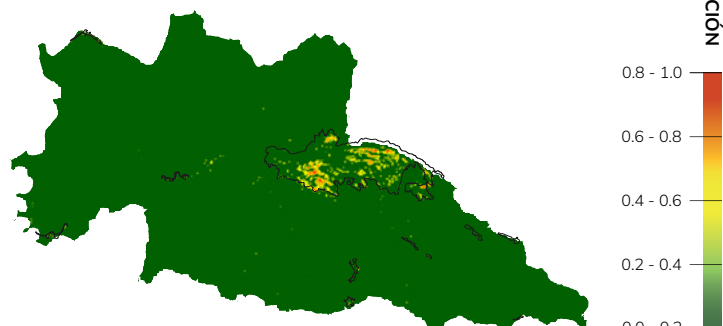
- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



- Suelo urbano /
- Ríos ●

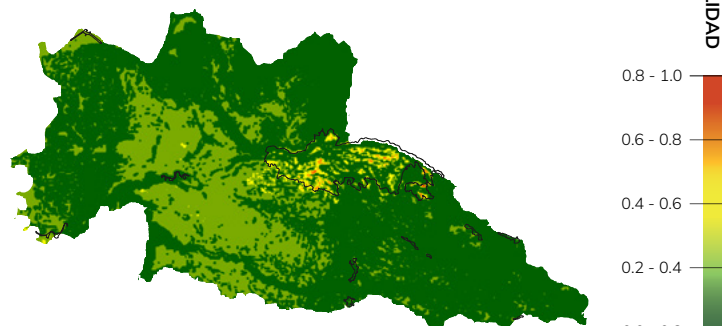


HÁBITAT HUMANO Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN



Utilizando indicadores de densidad de centros educativos y culturales, áreas de espacios públicos y densidad habitacional, se observa un alto nivel de exposición en las regiones de suelo urbano. En particular, en el norte, cerca del Río Otún, y en algunas pequeñas partes del extremo oeste, se registran altas exposiciones en estos espacios públicos. Las exposiciones medias se encuentran al sur del territorio urbano, debido a su proximidad a los afluentes y otros cuerpos hídricos.

HÁBITAT HUMANO Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN



Este indicador tuvo en cuenta la urbanización, las poblaciones sensibles y las áreas propensas al riesgo de inundación, en relación con la presencia de espacios verdes dentro del área urbana. Pereira tiene un patrón de desarrollo peculiar, que se desarrolla linealmente a lo largo de las líneas de drenaje. Estas zonas se identifican como propensas a inundaciones debido a su proximidad al agua y a las condiciones topográficas favorables, especialmente en Cuba y en la región central de la ciudad.

La dimensión Hábitat Humano presenta un riesgo medio y alto de inundaciones tanto en el suelo urbano como en el suelo de expansión. Esta dimensión tiene en cuenta la densidad de centros educativos y culturales, el espacio público presente en zonas inundables, la densidad poblacional y el porcentaje de zonas verdes.

Las comunas Del Café, El Centro, Cuba, El Oso, San Joaquín y Perla del Otún presentan un riesgo medio de inundaciones. Estas zonas cuentan con una buena densidad de espacio público y equipamiento urbano, como centros educativos y culturales. Sin embargo, en caso de eventos de inundación, estos elementos podrían sufrir impactos significativos, lo que afectaría la calidad del hábitat humano de las personas.

El colegio Sofía Hernández Marín, ubicado en el barrio La Isla, se encuentra en una zona de alto riesgo de inundaciones debido a su cercanía con la quebrada El Oso. Este barrio ha experimentado inundaciones constantes debido a la falta de medidas de gestión y el manejo inadecuado de residuos por parte de la comunidad. Es importante fortalecer las infraestructuras educativas y culturales en áreas propensas a inundaciones para garantizar el acceso continuo a la educación y promover el desarrollo integral de las personas.

En algunas áreas de las comunas Villa Santana y Oriente, se observa un alto riesgo en la dimensión Hábitat Humano. Estas zonas presentan una alta densidad habitacional, poca densidad de centros educativos y culturales, y además tienen un alto índice de pobreza. En la comuna Oriente, el equipamiento, las viviendas y el espacio público están expuestos a un alto riesgo de inundaciones debido a su cercanía con el río Otún.

Durante los talleres participativos se identificaron las siguientes zonas: río Consota, Caimalito, Puerto Caldas, barrio Kennedy, Universidad Católica, escuela La Carbonera, colegio Gabriel Trujillo, barrio El Dorado, barrio El Cortés, comuna Del Café, barrio El Poblado y barrio Luis Alberto.



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

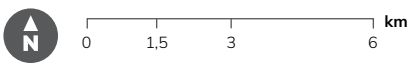
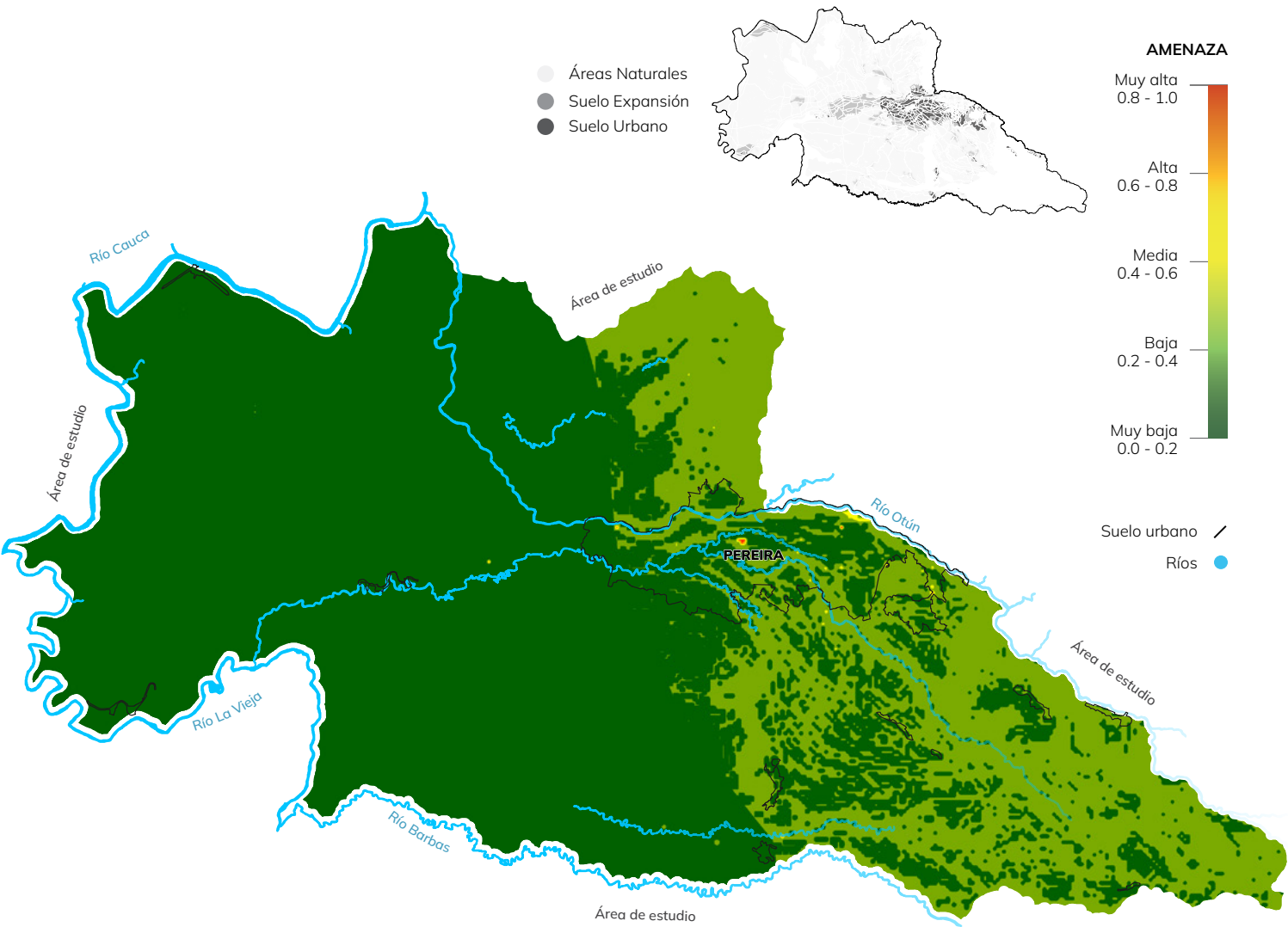
La amenaza por movimientos de remoción en masa se caracteriza mediante la distribución de la precipitación total anual y las zonas con registros históricos de remocio-

nes en masa. En la mayor parte del territorio que abarca el área de estudio, la amenaza es muy baja en el occidente y baja hacia el oriente, debido al aumento de la precipitación en las zonas montañosas. Sin embargo, se registran amenazas medias o altas en algunas zonas puntuales, asociadas a los registros históricos de remociones en masa en la región. Destaca la zona contigua al Parque Metropolitano del Café en el área urbana, donde se han producido movimientos de remoción en masa.

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>

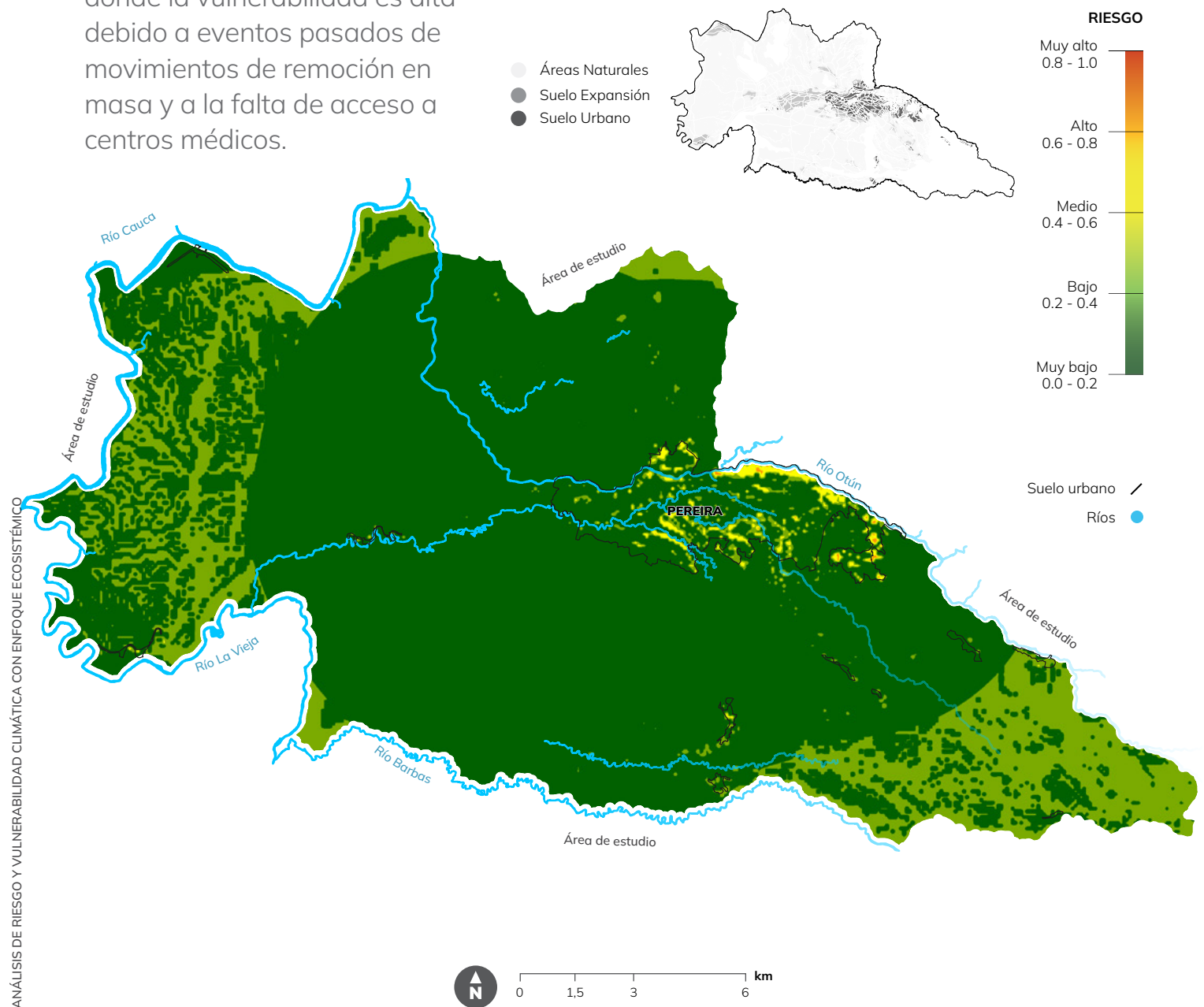


La amenaza es baja en la mayoría del territorio, pero se registran amenazas medias o altas en zonas puntuales, como cerca del Parque Metropolitano del Café.

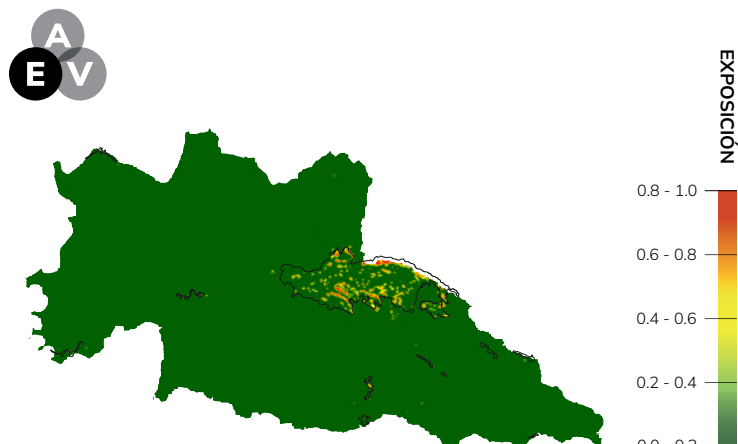


SALUD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

En áreas rurales, la exposición es baja. La dimensión Salud muestra riesgo medio y alto en comunas como Villa Santana, donde la vulnerabilidad es alta debido a eventos pasados de movimientos de remoción en masa y a la falta de acceso a centros médicos.

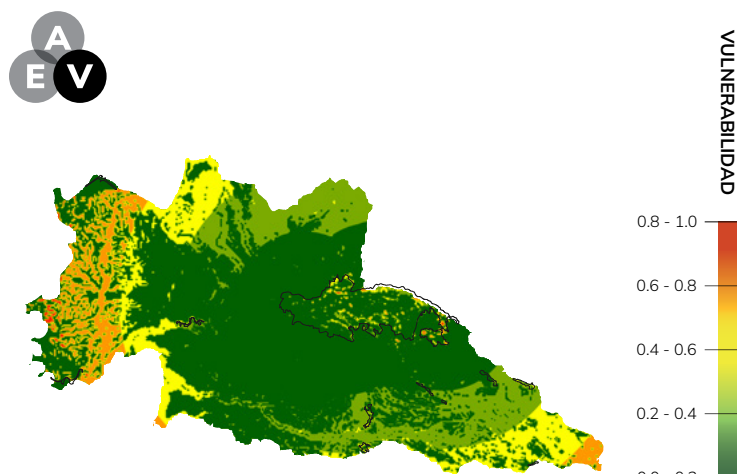


SALUD Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



Al igual que en otros mapas, también se obtuvo un resultado de alta exposición concentrada en el suelo urbano, especialmente cerca de la frontera con Dosquebradas, debido a las razones ya mencionadas, como las tierras altas y el río. En esta dimensión, el indicador utilizado fue la densidad poblacional. Dado que la porción urbana está concentrada en una zona específica, el resto del territorio es principalmente rural y presenta una baja densidad poblacional. Por lo tanto, se registró una baja exposición en esas áreas.

SALUD Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



Este indicador fue desarrollado utilizando datos socioeconómicos relacionados con el acceso a la salud y la vulnerabilidad de la población. Los pueblos más alejados de la ciudad, especialmente en el este, son los más afectados. También se observa en la ciudad la combinación de riesgo geológico y poblaciones socialmente vulnerables, no necesariamente debido a la informalidad de la comunidad o el barrio, sino más bien a la proximidad a zonas de riesgo, como en el noreste del casco urbano principal.

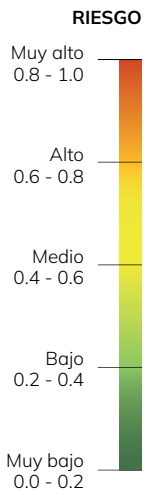
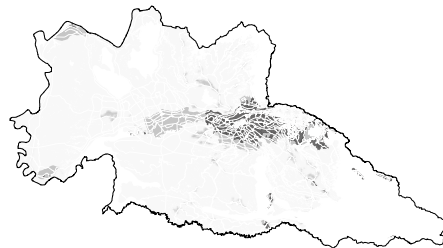
La dimensión Salud en zonas susceptibles a movimientos de remoción en masa se evalúa considerando la densidad de población, el índice de pobreza multidimensional, el porcentaje de población sensible y la proximidad a centros médicos. Estos aspectos son clave para comprender los impactos en la salud de la población. Una alta densidad poblacional y un alto índice de pobreza limitan la capacidad y resiliencia de la comunidad. La presencia de grupos vulnerables, como niños y personas mayores, aumenta la sensibilidad ante estos riesgos.

Las comunas Villa Santana, Río Otún, Oriente, Villavicencio y Consota presentan un riesgo medio en términos de la dimensión Salud. Sin embargo, en Villa Santana existen algunas zonas con un riesgo alto. En esta comuna, se han registrado eventos de movimientos de remoción en masa que han ocasionado pérdidas humanas y heridos. El barrio El Danubio, en Villa Santana, está ubicado en zonas de alto riesgo de deslizamiento, lo que provoca una gran vulnerabilidad en la comunidad durante periodos de lluvias intensas. Además, esta zona no cuenta con una buena proximidad a centros médicos, lo cual disminuye su capacidad de respuesta ante posibles eventos. Por otro lado, la comuna con el mayor índice de población en extrema pobreza es Villa Santana, lo cual afecta fuertemente su capacidad de resiliencia.

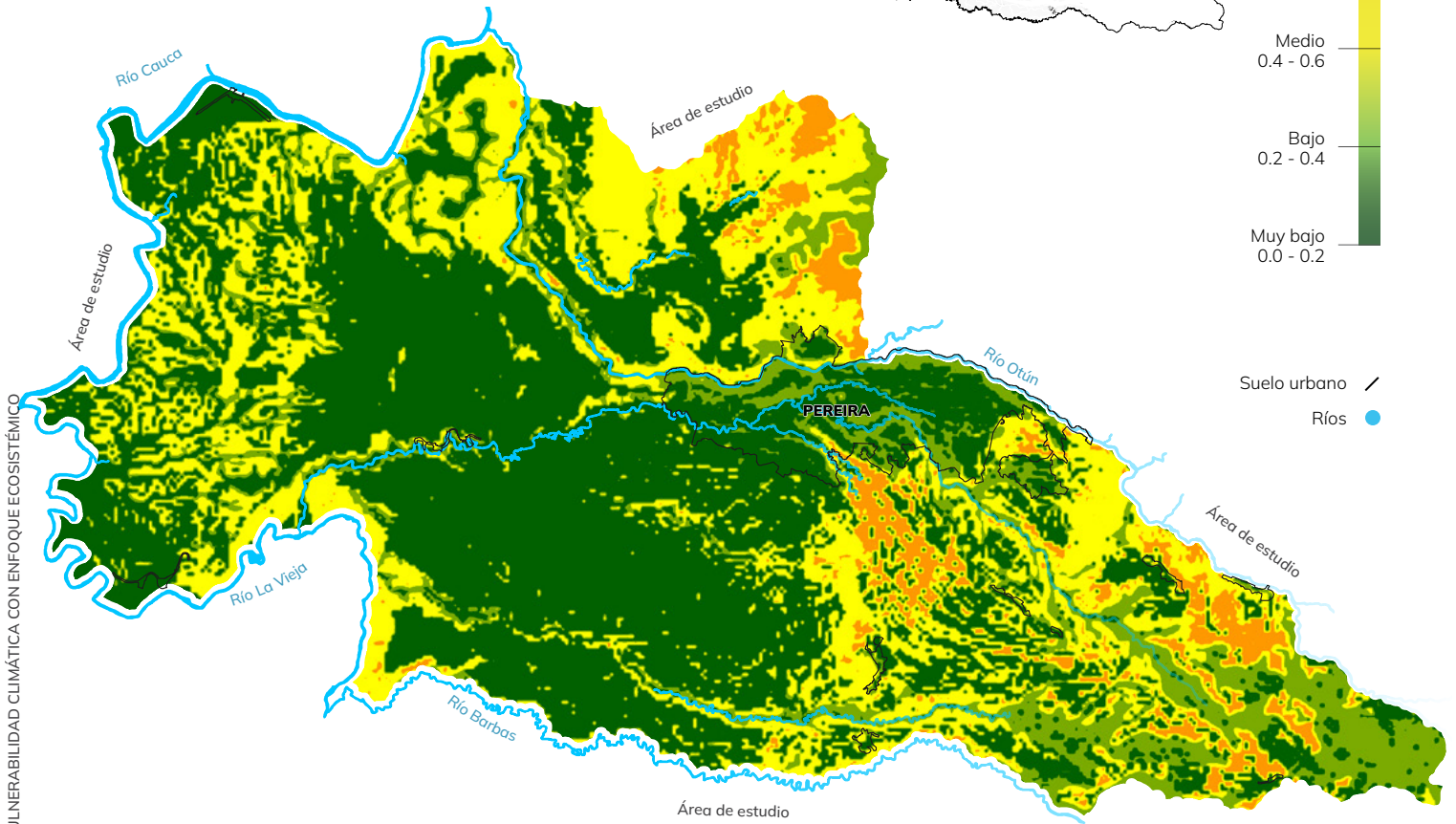
SEGURIDAD ALIMENTARIA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

Pereira es vulnerable debido a su ubicación montañosa y la agricultura en áreas con pendientes pronunciadas. Los movimientos de remoción en masa podrían afectar gravemente los cultivos y la disponibilidad de alimentos.

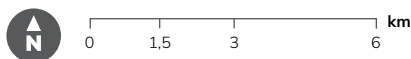
- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



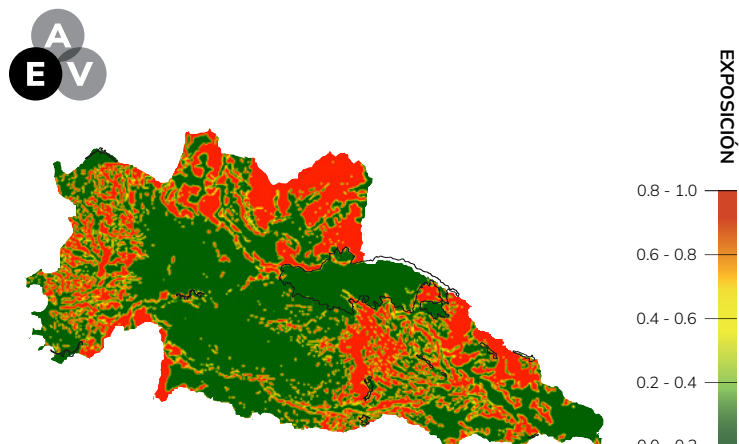
- Suelo urbano /
- Ríos ●



ANÁLISIS DE RIESGO Y VULNERABILIDAD CLIMÁTICA CON ENFOQUE ECOSISTÉMICO

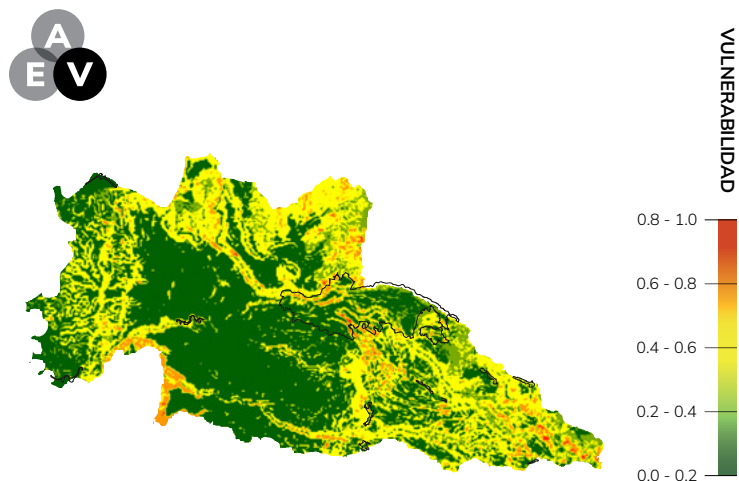


SEGURIDAD ALIMENTARIA Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



Este mapa utilizó el indicador de porcentaje de áreas agropecuarias para analizar la exposición de la seguridad alimentaria ante movimientos de remoción en masa. El resultado mostró una alta exposición en casi todo el municipio, con excepción de las regiones urbanas, de expansión y la parte central. Esto se debe a que, en las zonas urbanas, a pesar de estar cerca de Dosquebradas donde hay montañas, no existen espacios destinados a la agricultura o cría de ganado. Además, las regiones de expansión y central son áreas planas, lo que significa que no experimentan cambios topográficos que puedan desencadenar movimientos de masa.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



Ubicada en una región montañosa, se observa que Pereira es altamente vulnerable desde el punto de vista geológico. En este análisis se evaluaron aspectos físicos y el uso del suelo. Muchas zonas son naturalmente sensibles en este sentido, y la expansión de actividades agrícolas, especialmente en las áreas rurales, puede agravar esta situación al remover vegetación que estabiliza los taludes.

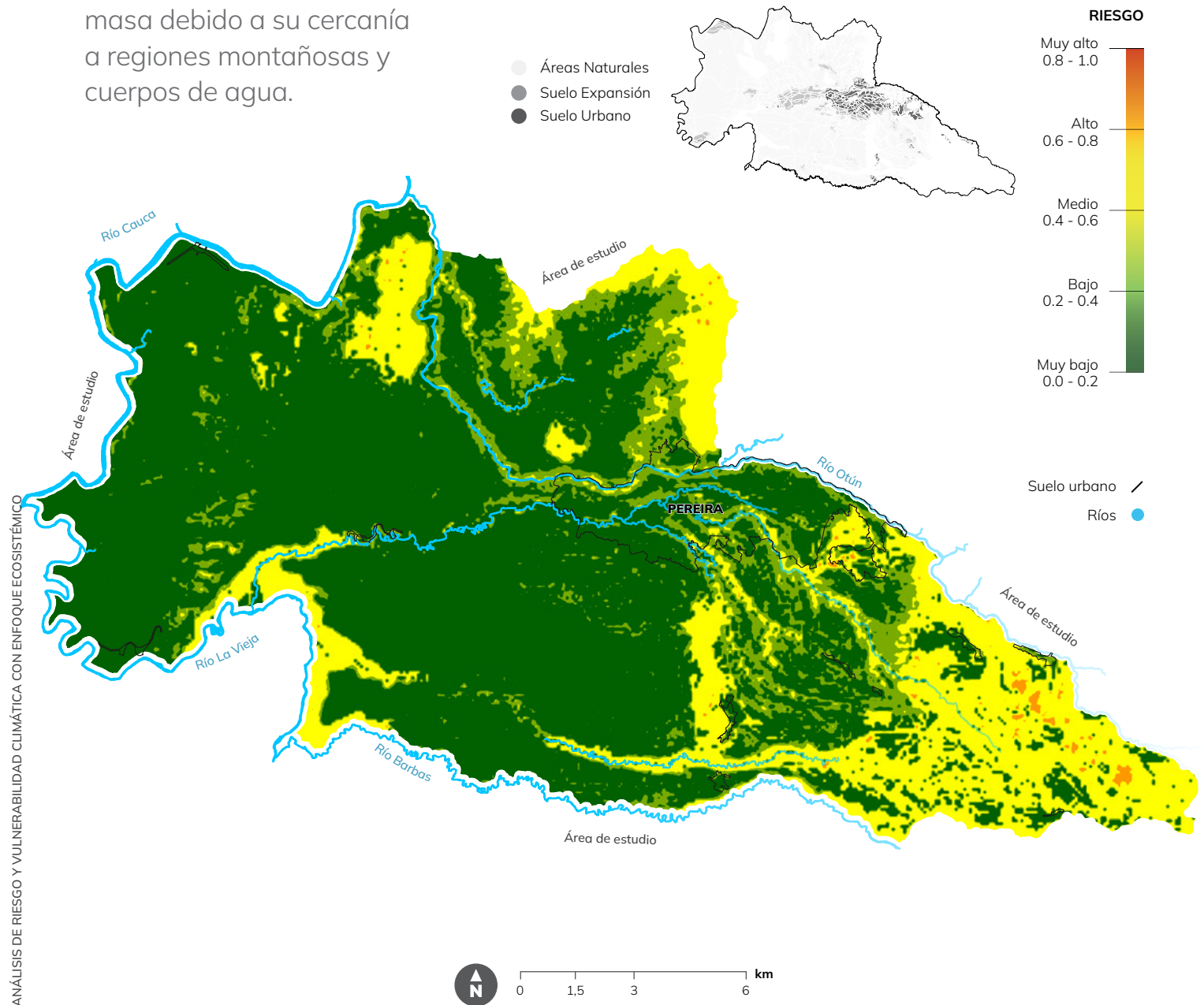
En caso de producirse movimientos de remoción en masa, la seguridad alimentaria se vería gravemente afectada, ya que la zona agrícola de Pereira se encuentra en áreas con pendientes pronunciadas, lo que aumenta la probabilidad de deslizamientos.

Los corregimientos más afectados serían Combia Baja, Cerritos, Morelia y La Estrella-La Palmilla. Si se produjeran movimientos de remoción en masa en estas áreas, la seguridad alimentaria en Pereira sufriría graves consecuencias. Estos movimientos podrían destruir o dañar los cultivos, cubriendo los campos agrícolas con sedimentos o escombros, lo que provocaría pérdidas de cosechas y reduciría la disponibilidad de alimentos.

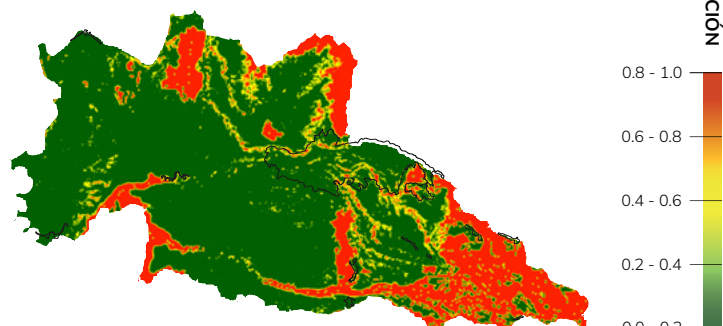
Los cultivos de café, plátano, aguacate, cítricos, hortalizas, así como las actividades ganaderas y piscícolas, serían especialmente afectados por los movimientos de remoción en masa en Pereira. Por lo tanto, es necesario implementar medidas de prevención y planificación para reducir los riesgos y garantizar la seguridad alimentaria en áreas propensas a este tipo de eventos.

BIODIVERSIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

El mapeo revela que las áreas naturales de Pereira presentan una alta exposición a los movimientos de remoción en masa debido a su cercanía a regiones montañosas y cuerpos de agua.



BIODIVERSIDAD Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTO O REMOCIÓN DE MASAS

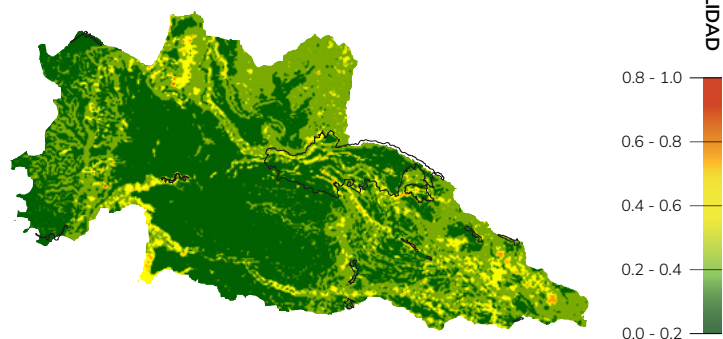


Para este mapeo, el indicador estudiado fueron las áreas naturales. Las zonas verdes del municipio en las porciones Este, extremo Norte y Sur, que hacen frontera con otros municipios, presentan exposiciones muy altas debido a su proximidad a regiones montañosas y cuerpos de agua, que a menudo son responsables de la remoción o transporte de masas. Las áreas urbanas registraron exposiciones medias, al igual que sus zonas de expansión. El centro se consideró como una zona de baja exposición debido a su mayor distancia de las tierras más elevadas.

La biodiversidad en Pereira está expuesta a un riesgo medio y alto por los movimientos de remoción en masa, lo que representa una fuerte amenaza para la fauna y flora de la región. Los deslizamientos de tierra, avalanchas o flujos de lodo provocan la pérdida de hábitats, alteran la estructura de los ecosistemas y afectan los servicios ecosistémicos.

Barbas Bremen, El Cerro Filo Bonito, Alto del Nudo, Otún Quimbaya, Cerro del Oso Las Colinas-Garrapatas y Cerro Mirador del Otún presentan un riesgo medio de movimientos de remoción en masa. Estas áreas son de gran importancia ecosistémica y desempeñan un papel crucial en la protección del paisaje. Además, la Cuenca Alta del Río Otún presenta un riesgo medio y alto. La sobreexplotación de estas áreas y la expansión urbana reducen la resiliencia y la capacidad de respuesta ante los movimientos de remoción en masa. Por lo tanto, es fundamental implementar medidas de protección para garantizar la conservación de estos valiosos ecosistemas.

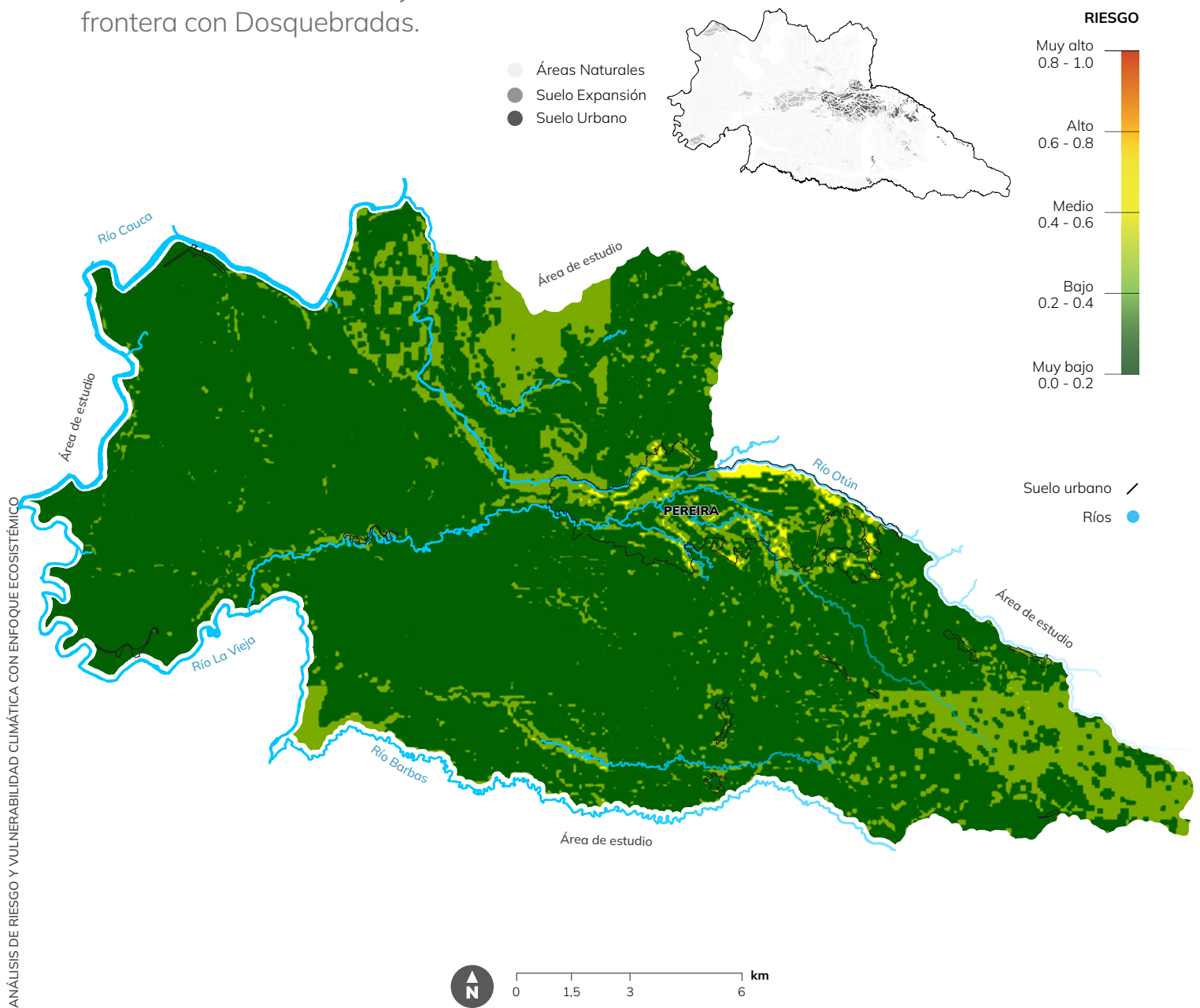
BIODIVERSIDAD Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



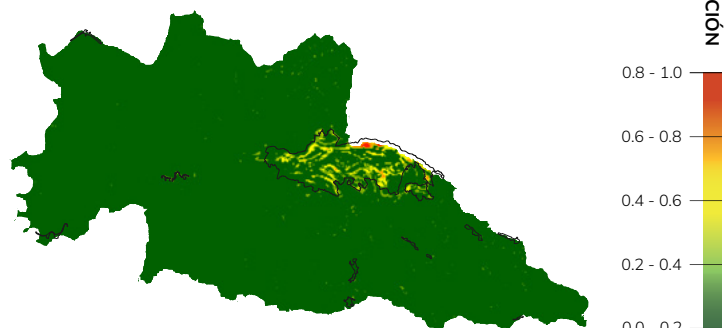
Este indicador se construyó utilizando datos sobre la geomorfología local y la sensibilidad de especies endémicas, relacionados con la capacidad de hacer frente al riesgo de movimientos de remoción de masas. El análisis indica que la vulnerabilidad varía de muy baja a media, y las zonas más susceptibles son aquellas con mayores pendientes.

HÁBITAT HUMANO Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

El análisis de infraestructura en Pereira revela que hay una alta exposición en el norte del suelo urbano, cerca del río Otún y la frontera con Dosquebradas.



INFRAESTRUCTURA Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

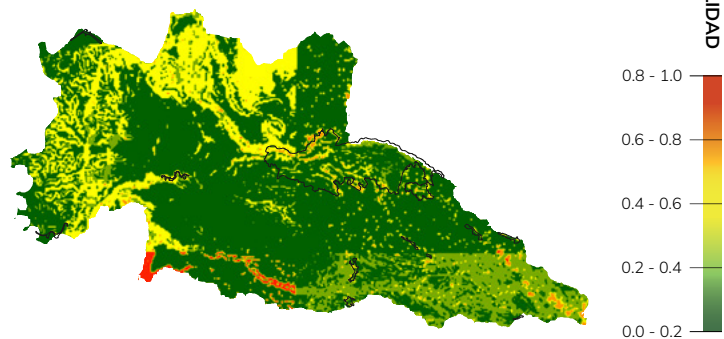


Con el análisis de las vías, densidad de centros de salud, aeropuertos y redes de alcantarillado, los resultados no mostraron muchas áreas con alta exposición. Se observa una alta exposición de estas infraestructuras en el norte de la zona urbana, cerca del río Otún y casi en la frontera con Dosquebradas. En el caso de la zona rural, se presentó una exposición muy baja, ya que se encuentran alejadas de las áreas con altas densidades poblacionales.

Para esta dimensión se considera la infraestructura presente en zonas susceptibles a movimientos de remoción en masa, como vías de transporte, aeropuertos, hospitales y sistemas de alcantarillado.

Se encontró que la infraestructura de la comuna Río Otún presenta un riesgo medio de movimientos de remoción en masa. Esta comuna se encuentra ubicada en zonas con pendientes pronunciadas y suelo inestable. Por otro lado, las comunas Ferrocarril, Boston y Villa Santana también presentan zonas con riesgo medio. Villa Santana es un barrio ubicado en una ladera y tiene un historial de deslizamientos, que han afectado severamente la infraestructura y las viviendas.

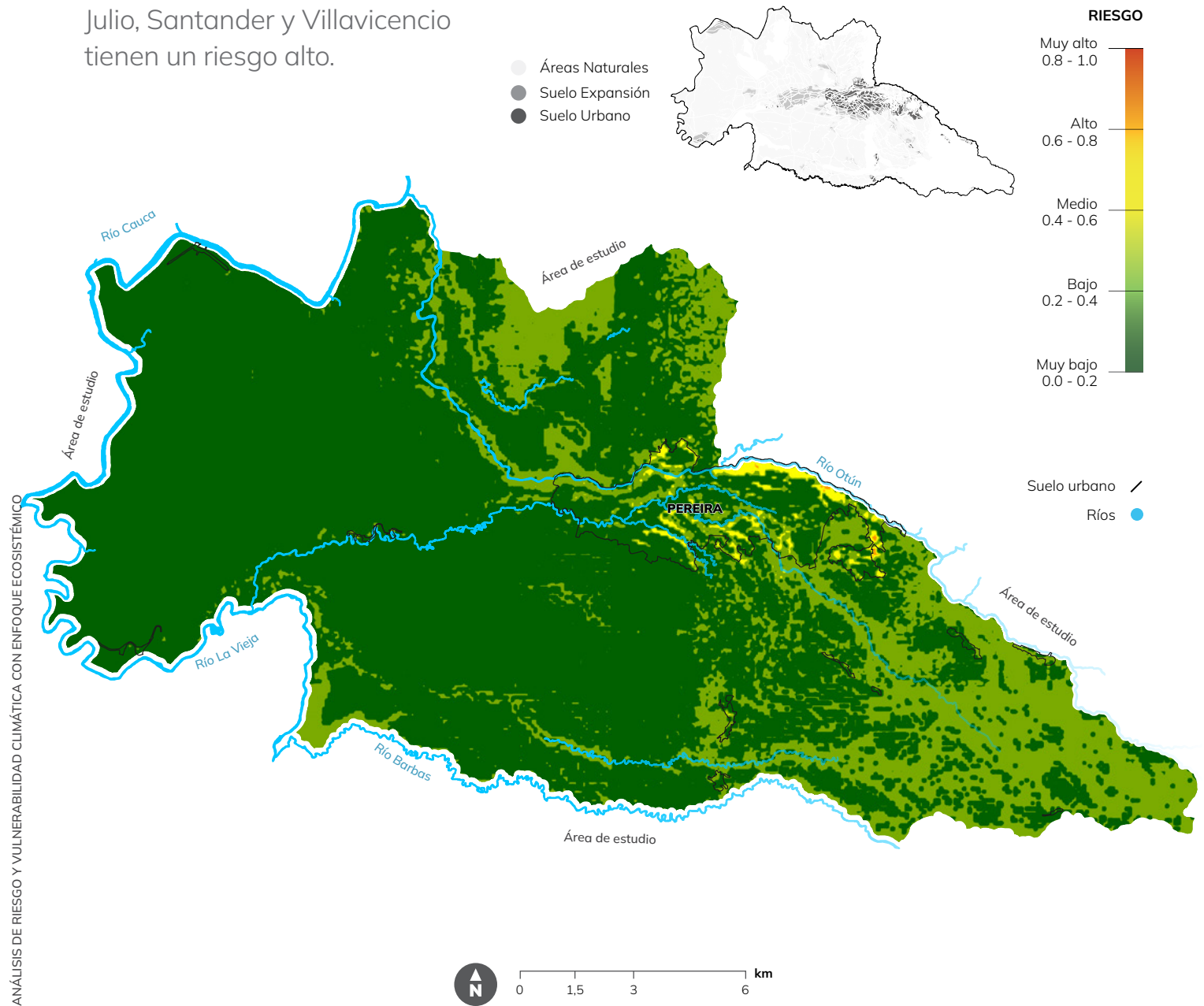
INFRAESTRUCTURA Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



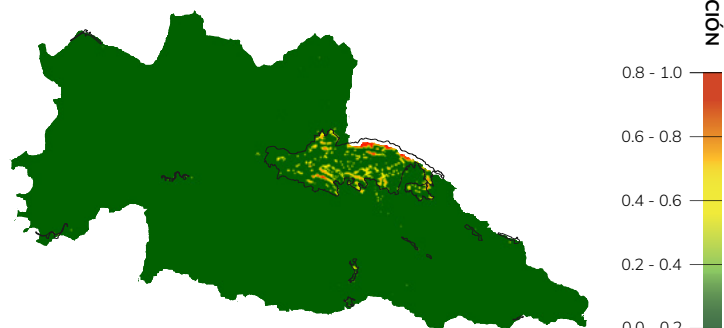
El análisis se basa en las características del territorio en términos de susceptibilidad a riesgos geológicos y capacidad de mitigación y/o protección. Las zonas con los mayores grados de susceptibilidad, marcadas en rojo, se encuentran en áreas cercanas a cursos de agua y/o con pendientes pronunciadas, tanto en zonas rurales como urbanas.

HÁBITAT HUMANO Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

Las comunas Villa Santana, Río Otún, El Poblado y Oriente presentan un riesgo medio, mientras que los barrios 20 de Julio, Santander y Villavicencio tienen un riesgo alto.



HÁBITAT HUMANO Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTO O REMOCIÓN DE MASAS

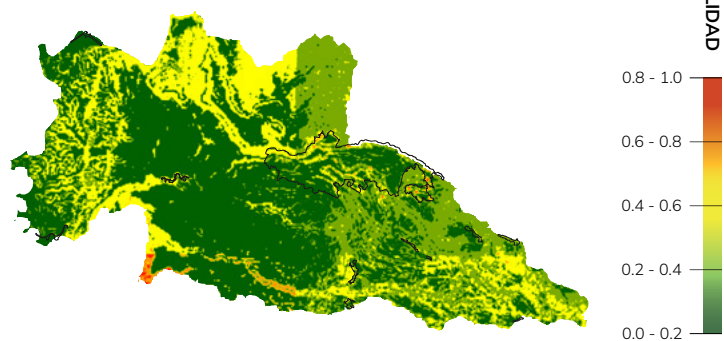


Para este análisis, se consideraron 3 indicadores: la densidad de centros educativos y culturales, el porcentaje del área de espacio público y la densidad habitacional. El área urbana cerca del Río Otún fue la más expuesta, como se explicó anteriormente. El resto del mapa se registra como de nivel de exposición bajo, al igual que en el mapa de la dimensión Salud, debido a la falta de altas densidades poblacionales fuera del área urbana.

Las comunas Villa Santana, Río Otún, El Poblado y Oriente presentan un riesgo medio en la dimensión Hábitat Humano. Sin embargo, los barrios 20 de Julio, Santander y Villavicencio presentan un riesgo alto para esta dimensión.

En cuanto a los barrios El Danubio y Las Brisas de Villa Santana, como se mencionó anteriormente, presentan zonas de alto riesgo. En este sector, se han registrado historiales de deslizamientos que han ocasionado pérdidas y daños en viviendas e infraestructuras públicas, lo que ha tenido un impacto significativo en la calidad del hábitat de esta comunidad. Debido a su elevado índice de pobreza, su capacidad de resiliencia ante este tipo de eventos es baja. Por lo tanto, es importante implementar medidas de fortalecimiento comunitario para fomentar su participación activa en la planificación y ejecución de acciones de prevención y mitigación ante movimientos de remoción en masa.

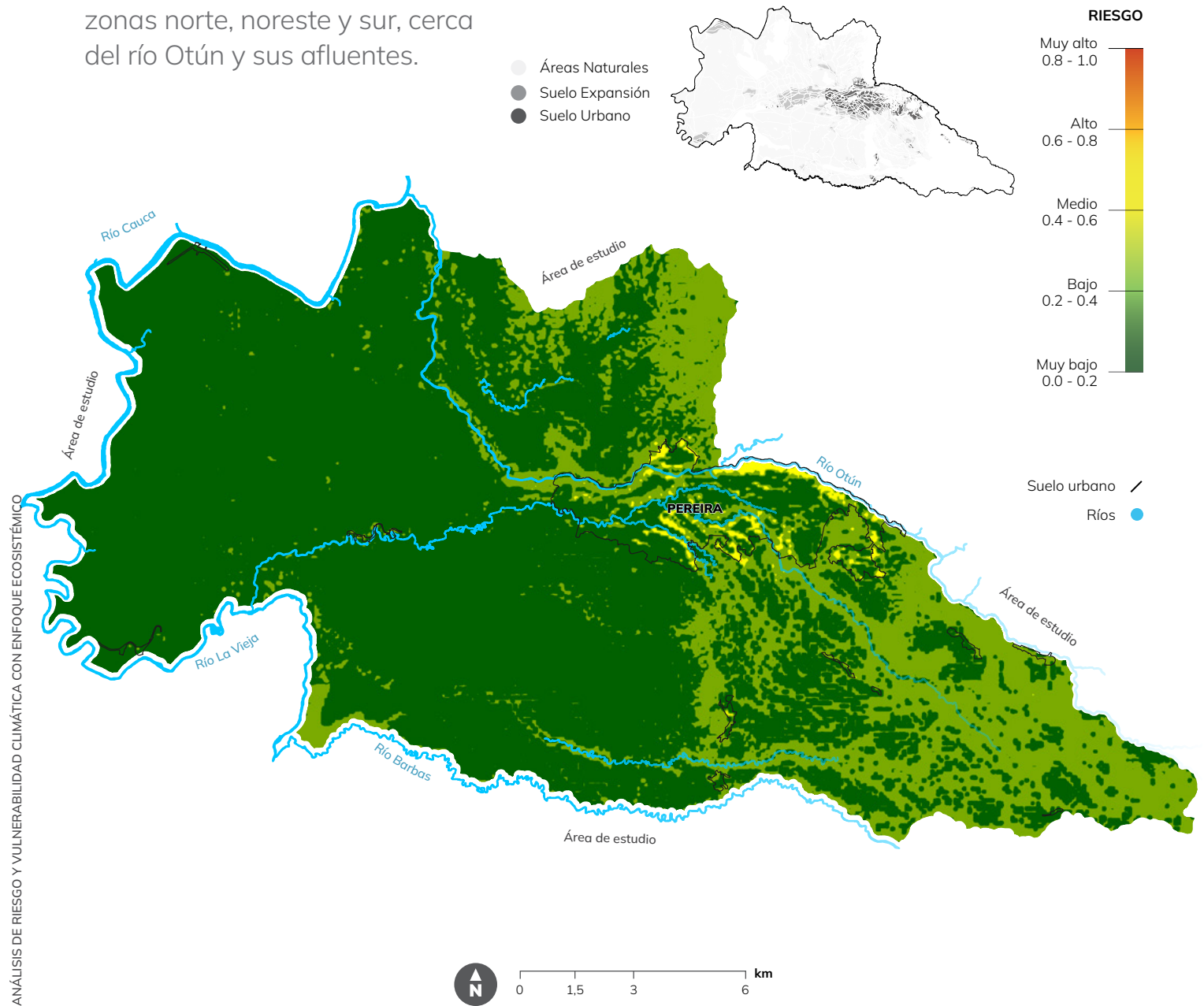
HÁBITAT HUMANO Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



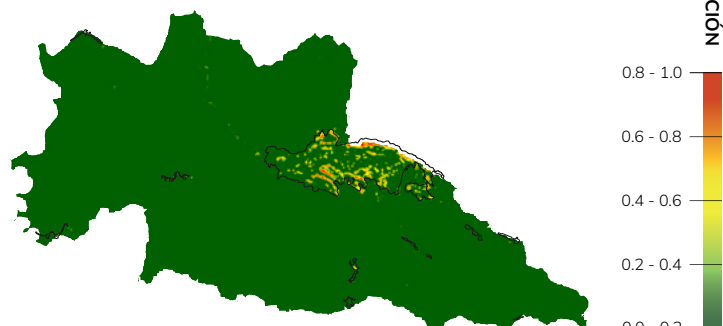
El indicador se desarrolló utilizando datos geomorfológicos asociados a la vegetación y la profundidad de raíces. Es importante tener en cuenta que este análisis se centra en el componente humano, por ello se evaluó el índice de pobreza multidimensional. En este sentido, las zonas más vulnerables son aquellas cercanas a los bosques de galería o ubicadas al norte del casco urbano y en proximidad a las altas pendientes.

RECURSO HÍDRICO Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

Las áreas más expuestas a movimientos de remoción en masa se encuentran en el área urbana, especialmente en las zonas norte, noreste y sur, cerca del río Otún y sus afluentes.

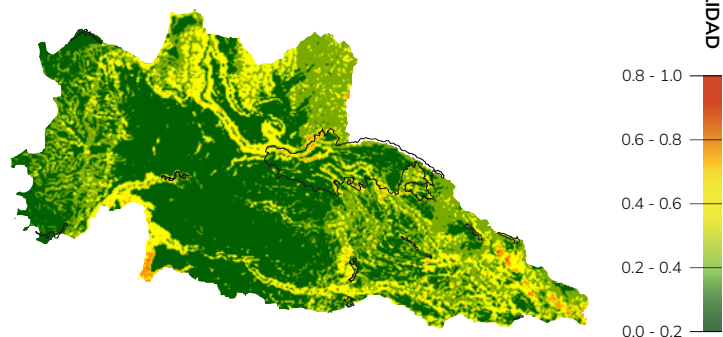


RECURSO HÍDRICO Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



En esta dimensión, los indicadores de densidad poblacional, cuerpos de agua, presencia de estructuras de agua potable y la longitud de las redes de acueducto fueron utilizados para estudiar la exposición a movimientos de remoción en masa en el territorio. Los resultados muestran que las exposiciones más altas y medias se encuentran en el área urbana, especialmente en las zonas norte, noreste y sur. Esto se debe a que estas áreas están cerca del Río Otún y sus afluentes, lo que puede interactuar con el movimiento de remoción de masas, especialmente debido a la topografía plana del lugar, pero con algunas montañas en los alrededores, como en Dosquebradas.

RECURSO HÍDRICO Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTO O REMOCIÓN DE MASAS



Este modelo de indicador de vulnerabilidad en la dimensión Infraestructura se basa en información geológica y capacidad de respuesta al riesgo. También se utilizó la capa de presencia de cuerpos hídricos protegidos como entrada. Tanto en el contexto urbano como rural, las zonas identificadas como más vulnerables son aquellas cercanas a ríos, arroyos y áreas con una alta variabilidad de pendientes.

El riesgo por movimientos de remoción en masa en la dimensión Recurso Hídrico analiza el nivel de impacto que este evento podría tener en el suministro de agua. Esta dimensión tiene en cuenta la densidad poblacional, los cuerpos de agua utilizados para el suministro de agua potable y la presencia de infraestructura de agua potable, como tanques, bocatomas y redes de acueducto en zonas de alta pendiente.

La comuna Río Otún presenta un alto porcentaje de zonas con riesgo medio. En caso de un evento de remoción en masa, esta comuna experimentaría un gran impacto en el acceso y la calidad del agua potable. El deslizamiento de material arrastraría sólidos suspendidos, generando turbidez en el agua. Además, los deslizamientos podrían obstruir los cuerpos de agua, provocando escasez del recurso y dificultades para abastecer a las comunidades.

Otros lugares con riesgo medio incluyen Perla del Otún, El Poblado, Villa Santana, Villavicencio, Oriente y Del Café. Estas comunas también podrían sufrir daños en la infraestructura de agua potable, lo que interrumpiría el acceso al recurso.

Los movimientos de remoción en masa representan una amenaza para la calidad y el acceso al agua potable, por lo tanto, es necesario implementar medidas de mitigación para evitar la afectación del recurso hídrico.



RIESGO CRÍTICO

Este riesgo se calcula mediante la ponderación de los riesgos multidimensionales según su priorización. Los movimientos de remoción en masa representan el 71.9% de la ponderación, las inundaciones el 15,8 % y las sequías el 12,3 % de la priorización. Los riesgos multidimensionales son el resultado de la ponderación de todas las dimensiones, lo que da como resultado un riesgo multidimensional para sequías, movimientos de remoción en masa e inundaciones.

Es importante tener en cuenta que las inundaciones y los movimientos de remoción en masa son riesgos distintos que pueden ocurrir juntos o de manera independiente, y su superposición puede generar mayor complejidad en el análisis y alterar los niveles de riesgo en cada zona debido a la superposición.

El riesgo multidimensional de inundación muestra un nivel medio de riesgo en Caimalito y en la zona urbana, especialmente en las comunas Río Otún, Centro, Oriente, Cuba, Villa Santana, El Poblado y El Oso. Este riesgo tiene en cuenta todas las dimensiones.

En el caso de los movimientos de remoción en masa, las zonas de Villa Santana y

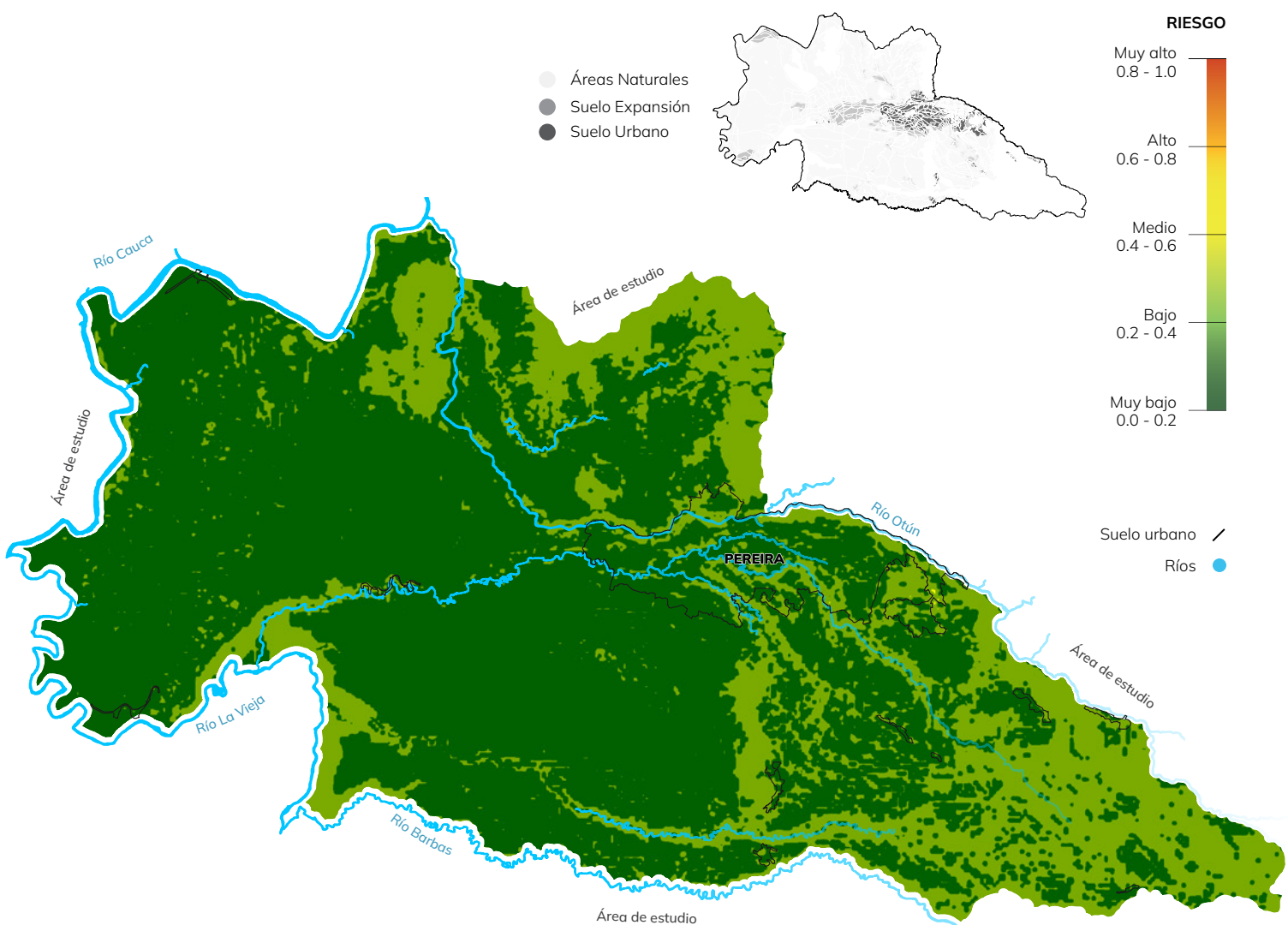
Río Otún presentan un nivel medio de riesgo crítico. En cuanto a la sequía, predomina un riesgo bajo y muy bajo, y la zona rural tiene un mayor porcentaje de riesgo.

En el riesgo crítico, se encontró un nivel bajo y muy bajo de riesgo en todo el territorio, y las áreas naturales como Barbas de Bremen, Cerro Filo Bonito, Cerro del Oso Las Colinas-Garrapatas, Cerro Mirador del Otún, Alto del Nudo y Otún Quimbaya presentan un mayor riesgo en comparación con el resto del territorio.

En la zona urbana de Caimalito y las comunas Río Otún, Centro, Oriente, Cuba, Villa Santana, El Poblado y El Oso, se observa un nivel medio de riesgo multidimensional de inundación.

RIESGO CRÍTICO

El riesgo multidimensional en la región se compone principalmente de movimientos de remoción en masa (71,9 %), seguidos por inundaciones (15,8 %) y sequías (12,3 %).



RIESGO CRÍTICO PARA LA DIMENSIÓN DE BIODIVERSIDAD

El riesgo crítico para la biodiversidad integra los riesgos de inundación, sequía y movimientos de remoción en masa. El análisis de esta dimensión se realizó mediante una aproximación del porcentaje de riesgo de las áreas naturales con más importancia para la región (figura 7).

Barbas Bremen es el área natural más extensa y de mayor importancia. Se estima que aproximadamente el 78 % de su extensión se encuentra en riesgo crítico medio. Por otro lado, el Alto del Nudo, Otún Quimbaya y el Cerro del Oso tienen más del 80 % de su área en riesgo medio. Aunque el riesgo crítico pondera los factores de inundación, movimientos de remoción en masa y sequías, se destaca que los movimientos de remoción en masa son el riesgo más relevante para estas áreas, seguido de las sequías.

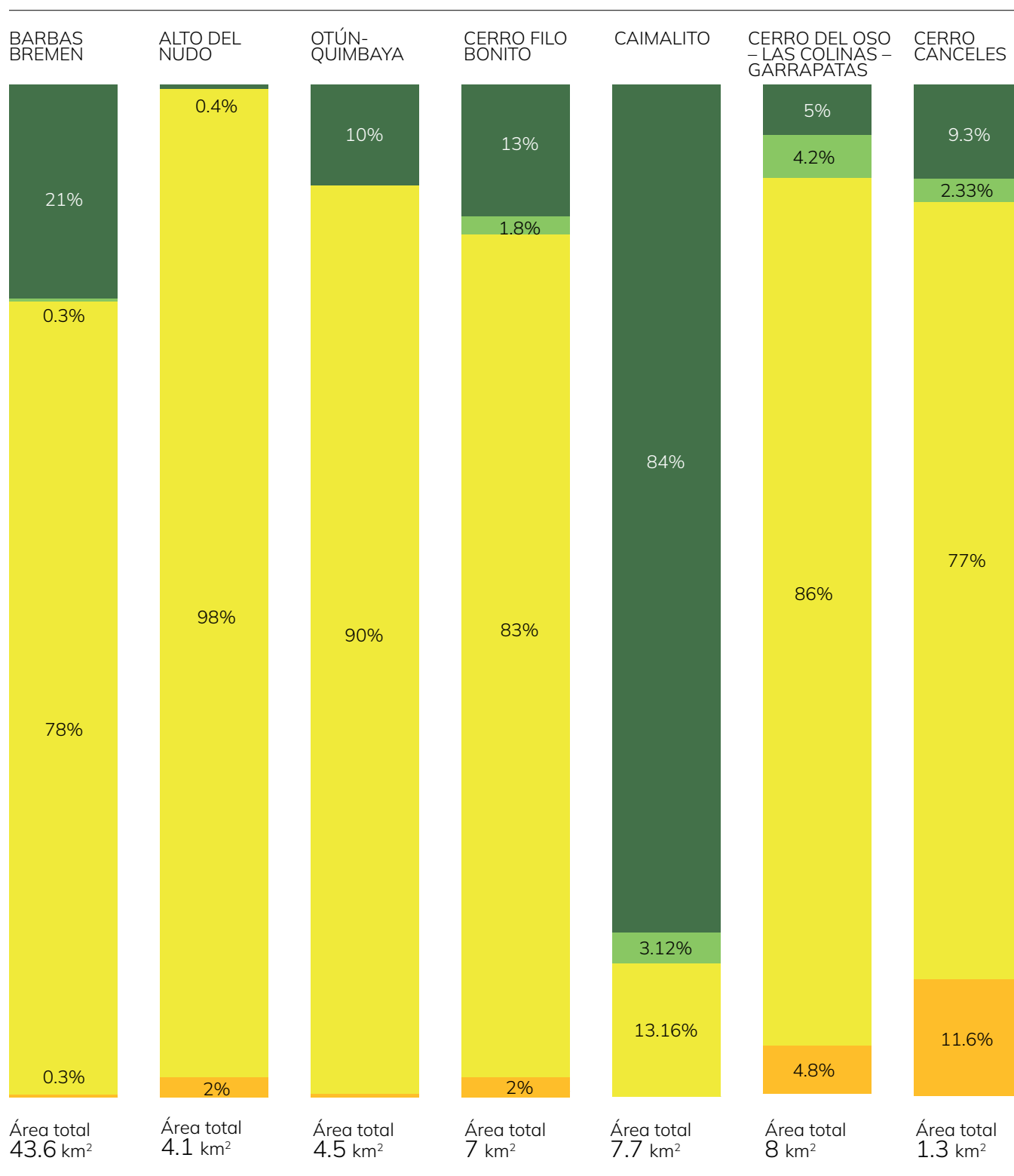
Al considerar los porcentajes de priorización para el riesgo crítico de esta dimensión, se obtiene que los movimientos de remoción en masa tienen un 71,9 % de priorización, la inundación un 15,8 % y la sequía un 12,3 %. Sin embargo, al analizar los mapas individuales de cada riesgo, se observa que la inundación representa un riesgo menor para las áreas naturales. Por otro lado, los movimientos de remoción en masa representan un riesgo notable para

la mayoría de las áreas naturales, y en el caso de la sequía, las áreas naturales de la zona oeste serían las más afectadas debido a la baja precipitación anual y los días consecutivos sin lluvia. Aunque hasta el momento el municipio no ha experimentado fuertes sequías debido al aumento de las precipitaciones, no está exento de este riesgo, y en caso de presentarse, las áreas naturales estarían amenazadas.

En cuanto a Cerro Canceles, más del 10 % de su área se encuentra en riesgo alto y aproximadamente el 77 % en riesgo medio. Esta área natural tiene más del 80 % de su extensión en riesgo. La mayoría de las áreas mencionadas presentan menos del 20 % de su área en riesgo bajo o muy bajo. El crecimiento urbano ejerce presión sobre estos ecosistemas, lo que los vuelve más vulnerables a diversos riesgos. La deforestación, la contaminación, el cambio en el uso del suelo y la fragmentación del hábitat afectan directamente la salud y resiliencia de estos ecosistemas. Por tanto, es necesario priorizar medidas para mitigar las posibles amenazas en estas áreas de importancia ambiental, ya que la pérdida o degradación de los ecosistemas tendría consecuencias negativas tanto para la biodiversidad como para el bienestar humano.

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

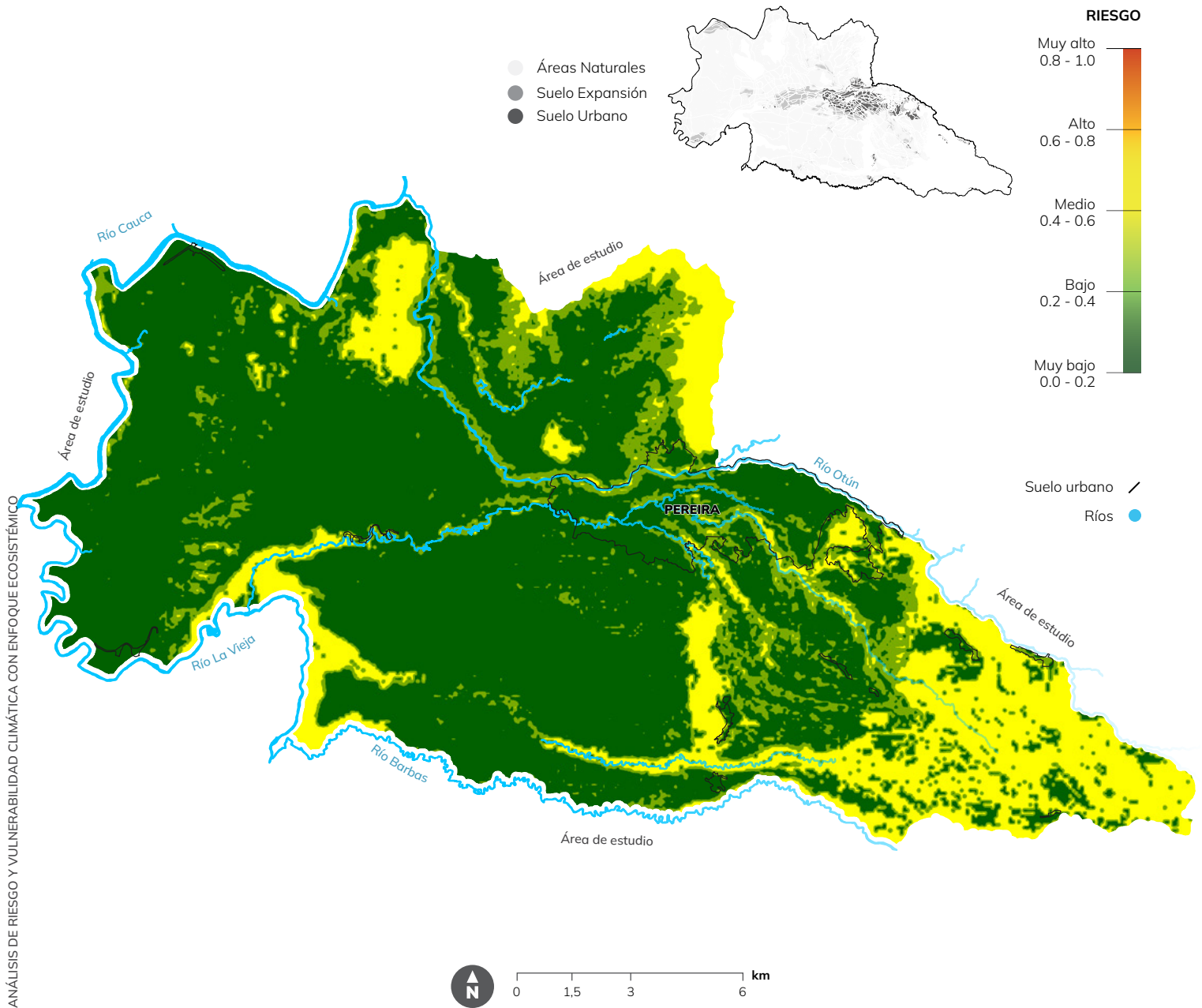
ÁREA NATURAL



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

BIODIVERSIDAD Y RIESGO CRÍTICO

El riesgo crítico para la biodiversidad en Pereira se basa en los riesgos de inundación, sequía y movimientos de remoción en masa.





Escenarios de

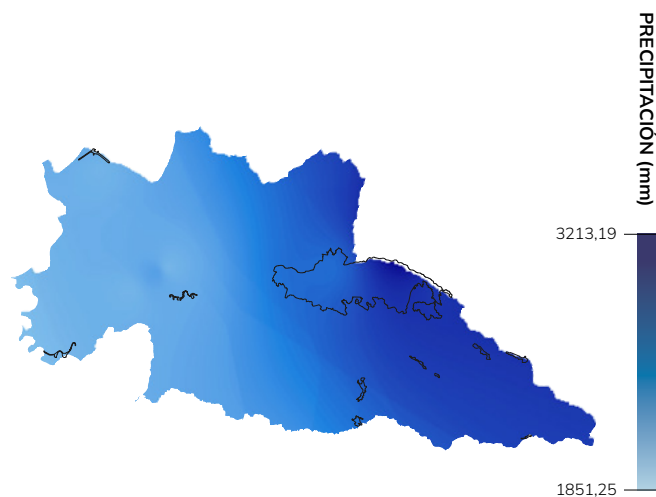
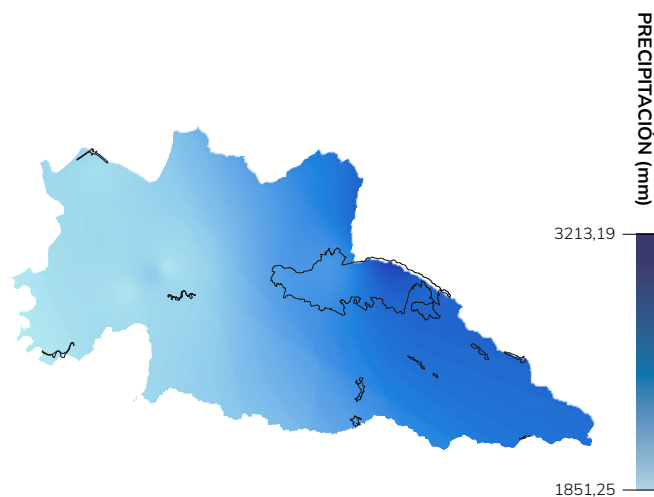
CAMBIO CLIMÁTICO

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

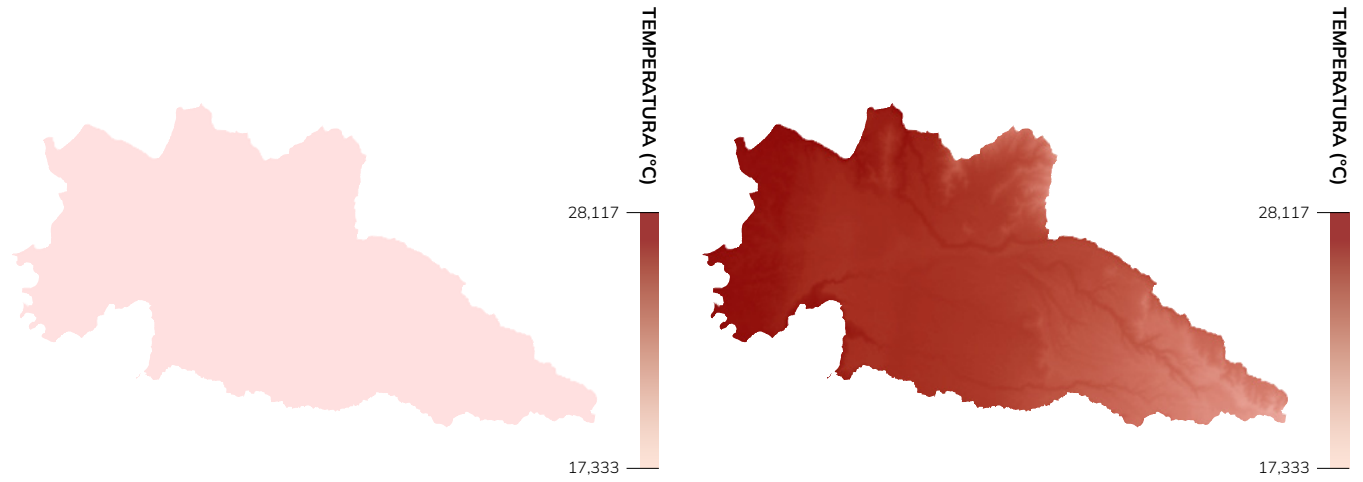
RCP 4.5 - 2100



TEMPERATURA MEDIA

1975 - 2005

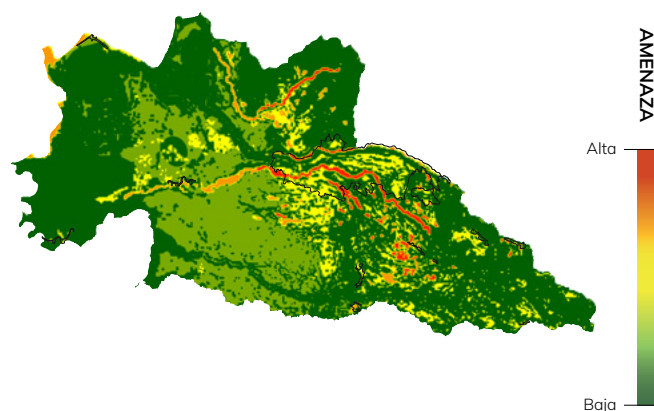
RCP 4.5 - 2100



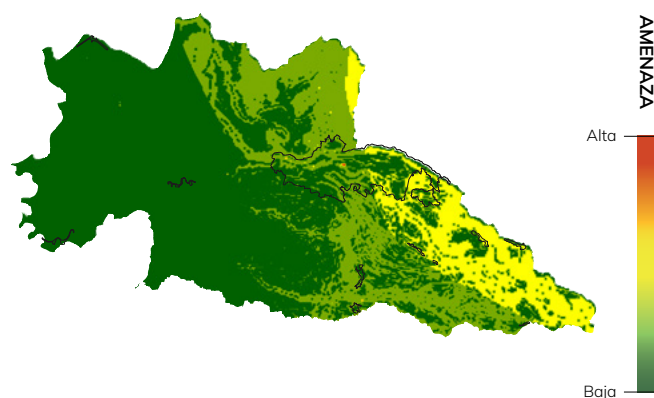
CAMBIO EN EL RIESGO POR CAMBIO CLIMÁTICO

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.

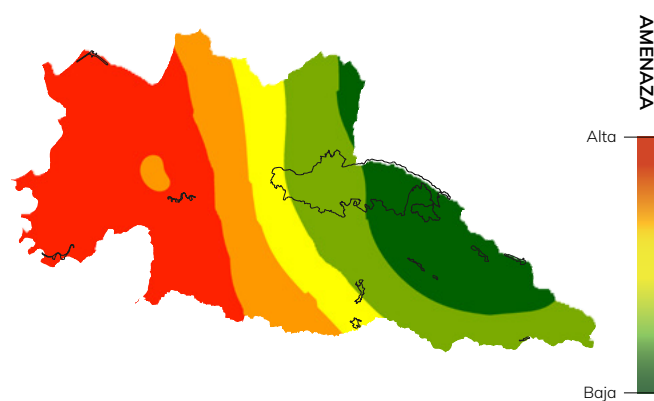
AMENAZA POR INUNDACIÓN BAJO EL ESCENARIO RCP 4.5 PARA EL HORIZONTE 2001



AMENAZA POR MOVIMIENTO O REMOCIÓN DE MASAS 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 el escenario RCP 4.5 para el horizonte temporal 2100, se observa que, en la mayor parte del territorio urbano y periurbano de Pereira, el riesgo crítico para la dimensión de biodiversidad aumentará entre 0-15 %. Esto se debe principalmente al peso significativo del riesgo por inundación en el municipio, donde la variabilidad en la precipitación puede generar impactos relacionados con crecientes súbitas y encharcamientos. Asimismo, los movimientos de remoción en masa podrían aumentar debido al posible incremento en la precipitación.

Por otro lado, es importante destacar que las zonas periurbanas del municipio

son susceptibles a la sequía. Se prevé un aumento del riesgo crítico entre 30 y 45 % en la zona oriental del municipio debido a la posible afectación de cuencas de importancia municipal.

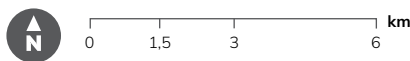
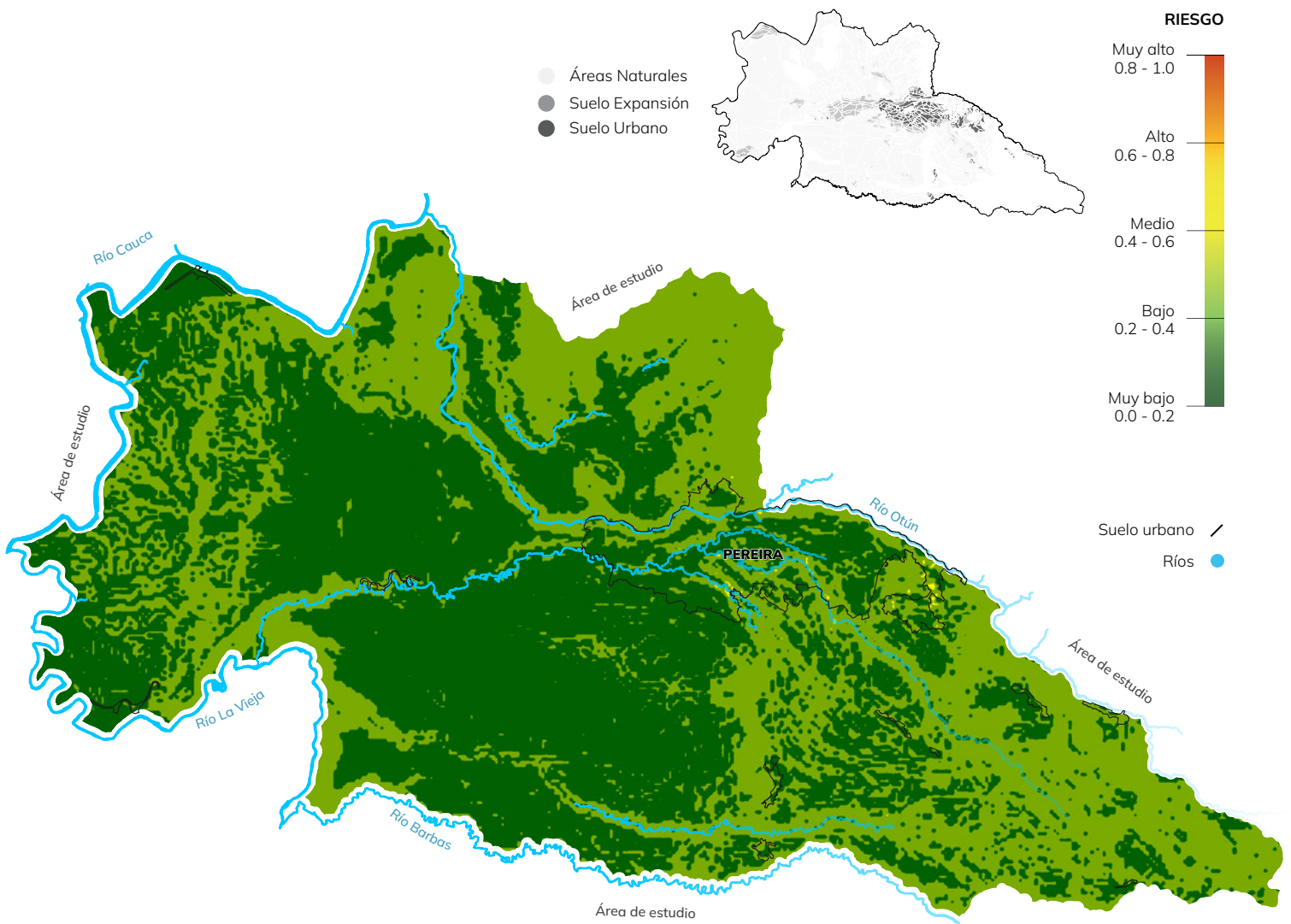
En respuesta a estos desafíos, Pereira deberá establecer estrategias para aumentar su resiliencia, utilizando soluciones basadas en la naturaleza, con el fin de evitar impactos significativos en los ecosistemas cercanos al casco urbano y en el propio casco urbano, donde los impactos relacionados con el factor humano son más probables y representan un mayor costo socioambiental.



RCP45-2100

RIESGO CRÍTICO

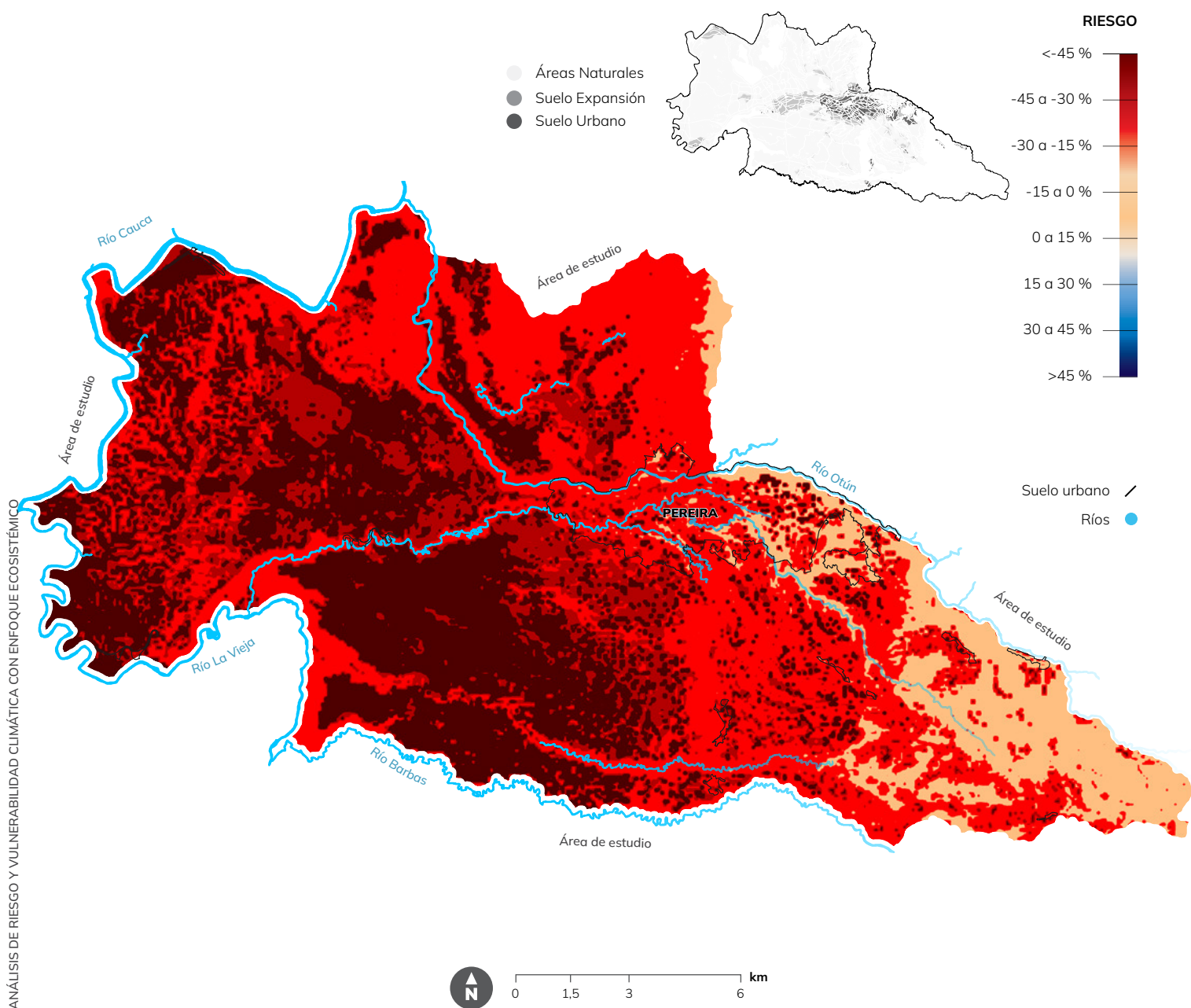
El riesgo crítico para la biodiversidad en Pereira aumentará hasta un 15 % en el escenario RCP 4.5 para 2100.



Cambio climático

RIESGO CRÍTICO

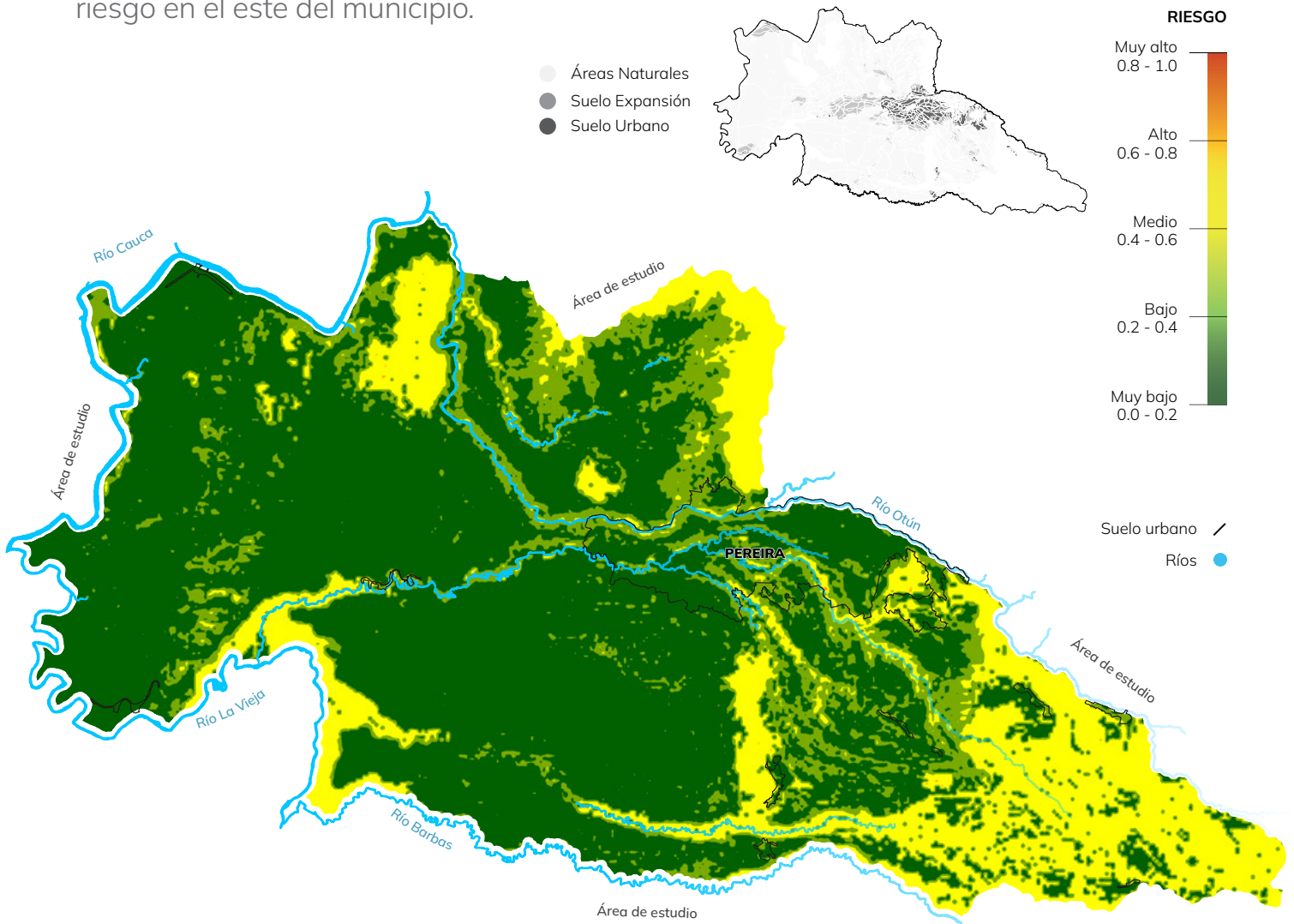
Pereira debe implementar estrategias de resiliencia basadas en la naturaleza para evitar impactos significativos en los ecosistemas cercanos y en el casco urbano.



RCP45-2100

RIESGO CRÍTICO Y BIODIVERSIDAD

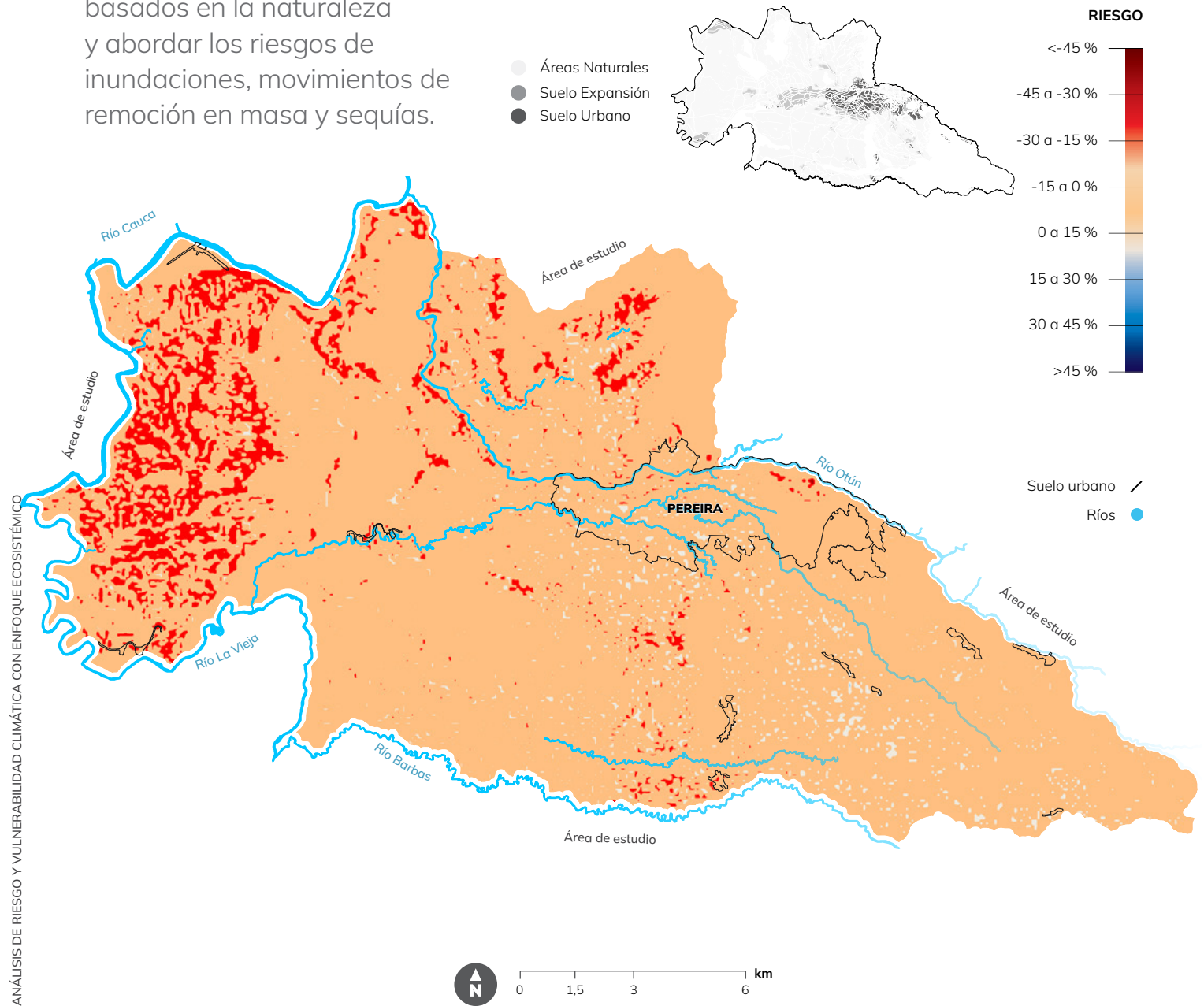
Las zonas periurbanas de Pereira enfrentan un riesgo crítico de sequía. Se proyecta un incremento del 30 al 45 % en el riesgo en el este del municipio.



Cambio climático

RIESGO CRÍTICO Y BIODIVERSIDAD

Ante los desafíos futuros, Pereira necesita tomar medidas para proteger su biodiversidad. Esto implica usar enfoques basados en la naturaleza y abordar los riesgos de inundaciones, movimientos de remoción en masa y sequías.





Análisis de índices de

CAMBIO CLIMÁTICO

ÍNDICES ASOCIADOS A INUNDACIONES

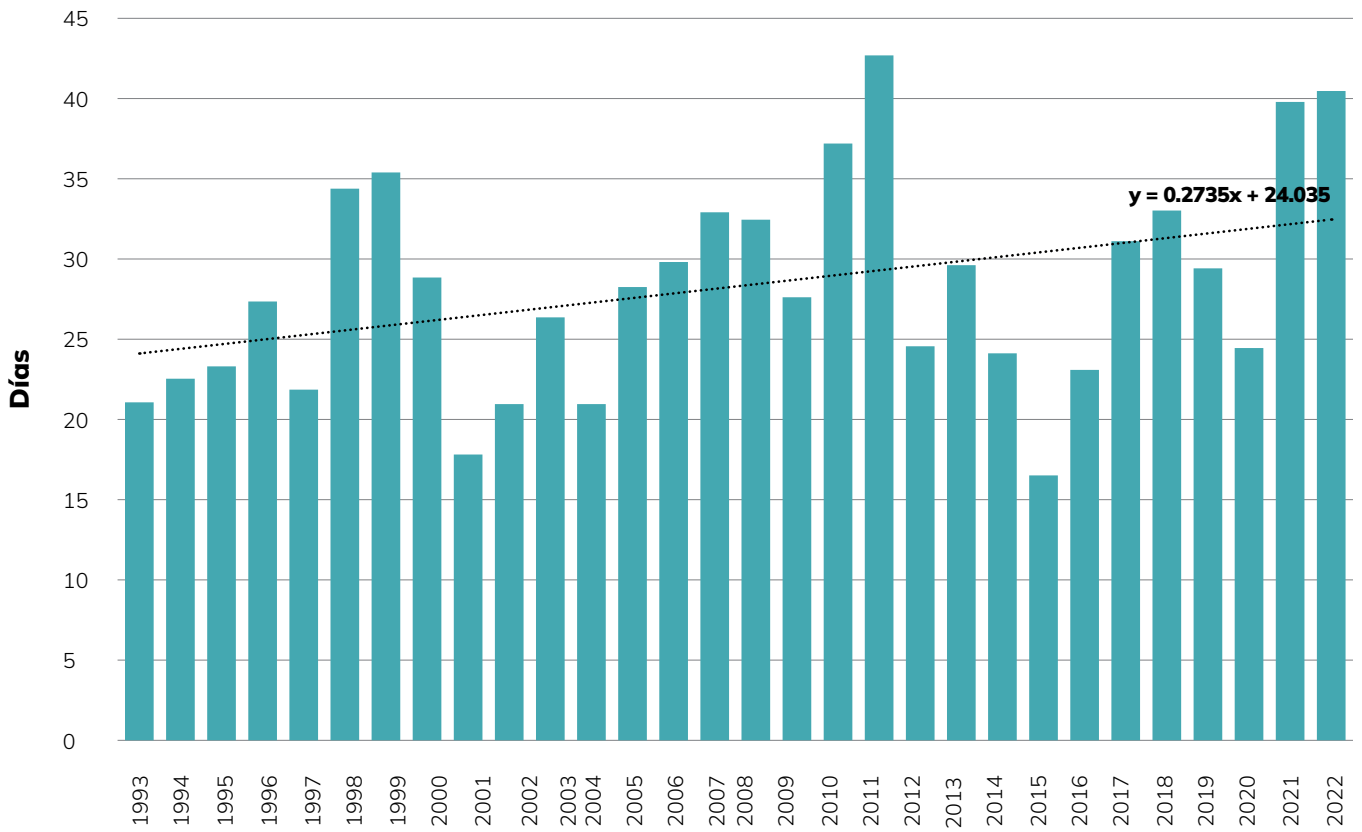
Los mapas de los índices R25 y R95p muestran una concentración de eventos de precipitación intensa en la zona oriental, que va disminuyendo a lo largo del área de estudio y es más baja en el occidente. Las zonas orientales corresponden al Santuario de Fauna y Flora Otún Quimbaya y la Reserva Barbas Bremen. Estas áreas conservan una importante cobertura de bosque que es fundamental para generar procesos de infiltración y recarga hídrica, lo que ayuda a evitar o disminuir

el riesgo de inundaciones, ya que son los lugares donde se concentran los eventos extremos de lluvia.

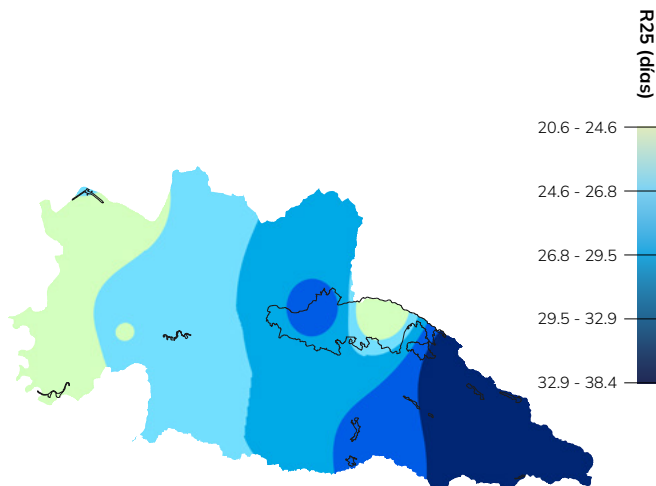
En cuanto a la tendencia de los índices, se puede observar que tanto el índice R25 como el R95p presentan una tendencia al aumento, especialmente en la zona oriental. Esto indica que se espera que, en la mayor parte del territorio, la cantidad de precipitación asociada a eventos extremos aumente, con la excepción de una pequeña zona al norte que coincide con el área urbana.

NÚMERO DE DÍAS CON PRECIPITACIÓN MUY INTENSA (R25)

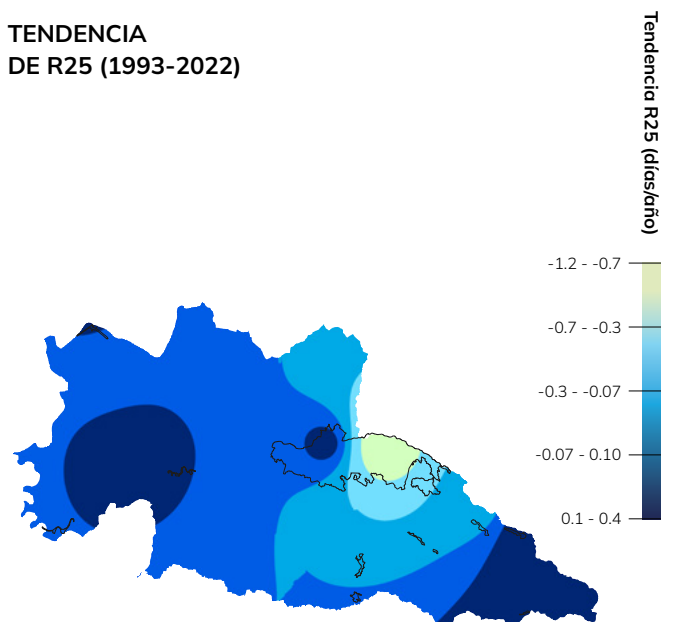
Figura 8. Tendencia de R25.



DÍAS DE LLUVIAS MUY INTENSAS

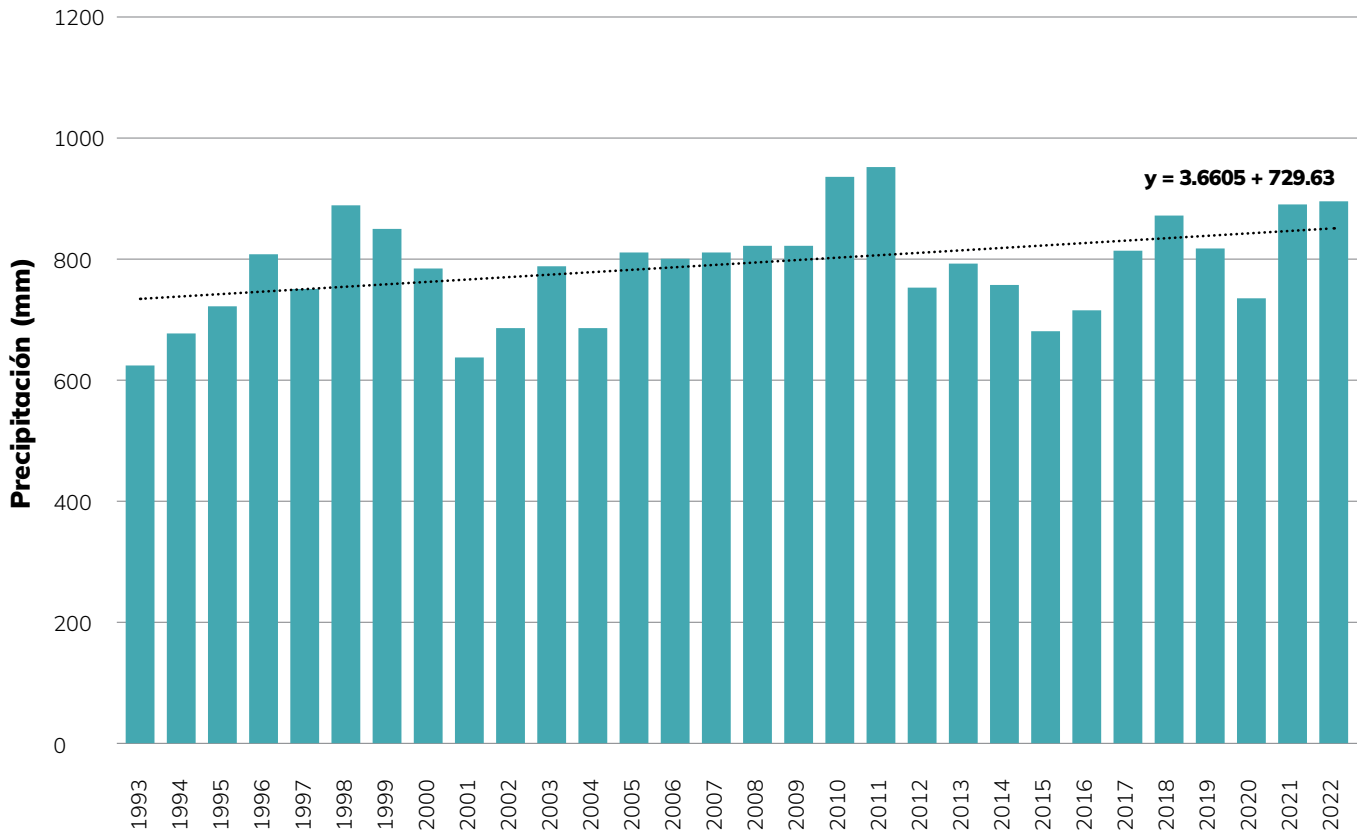


TENDENCIA DE R25 (1993-2022)



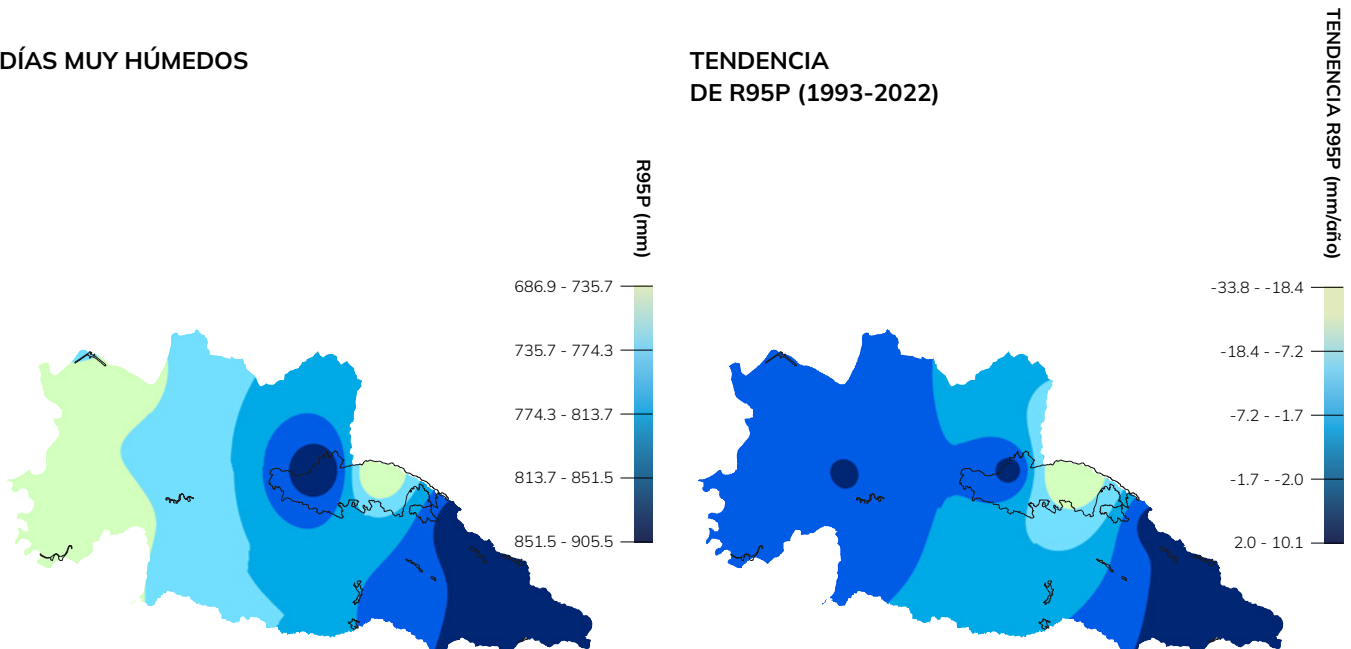
DÍAS MUY HÚMEDOS (R95P)

Figura 9. Tendencia de R95P.



DÍAS MUY HÚMEDOS

TENDENCIA DE R95P (1993-2022)



INDICADORES ASOCIADOS A MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

La cartografía de los índices CWD y R3D muestra que la zona oriental de la ciudad es donde se presentan los periodos de lluvia más extensos, llegando a alcanzar periodos cercanos a los 20 días consecutivos de lluvia en el este. De igual manera, es en la zona oriental donde se concentra la mayor cantidad de precipitación en periodos de cinco días consecutivos, y esta cantidad disminuye gradualmente hacia el occidente, donde el máximo número de días consecutivos de lluvia se reduce a la mitad. Según lo mencionado, la zona oriental está más propensa a

experimentar movimientos de remoción en masa debido al comportamiento de la precipitación. Es importante preservar las zonas de reserva para prevenir este riesgo.

La cantidad de días lluviosos presenta una tendencia al aumento, especialmente hacia el occidente, donde se puede esperar un incremento de aproximadamente dos días de lluvia al año. Además, la cantidad de lluvia que se concentra en periodos prolongados también tiende a aumentar en casi toda la ciudad, exceptuando algunas zonas del área urbana y sus alrededores.



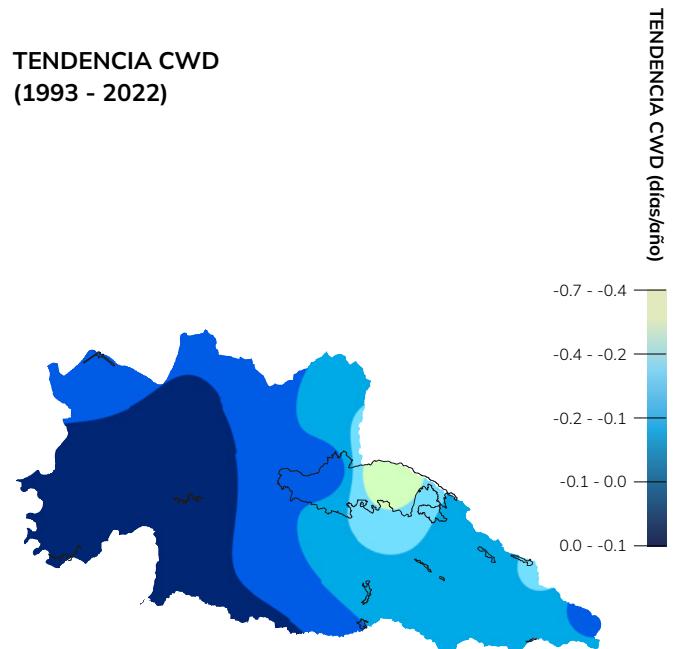
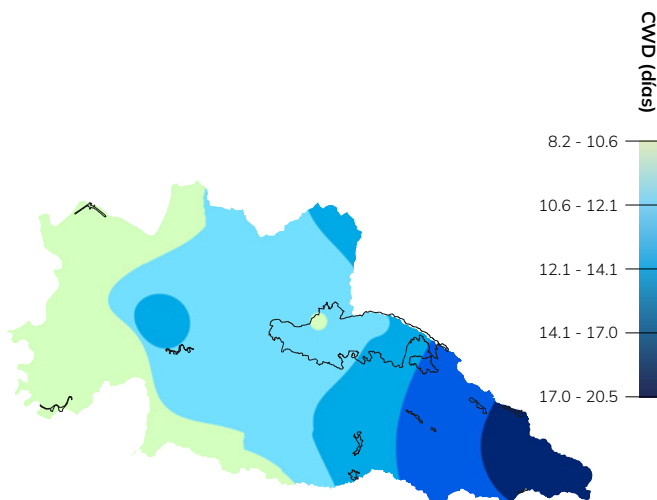
DÍAS HÚMEDOS CONSECUTIVOS (CWD)

Figura 10. Tendencia de CWD.



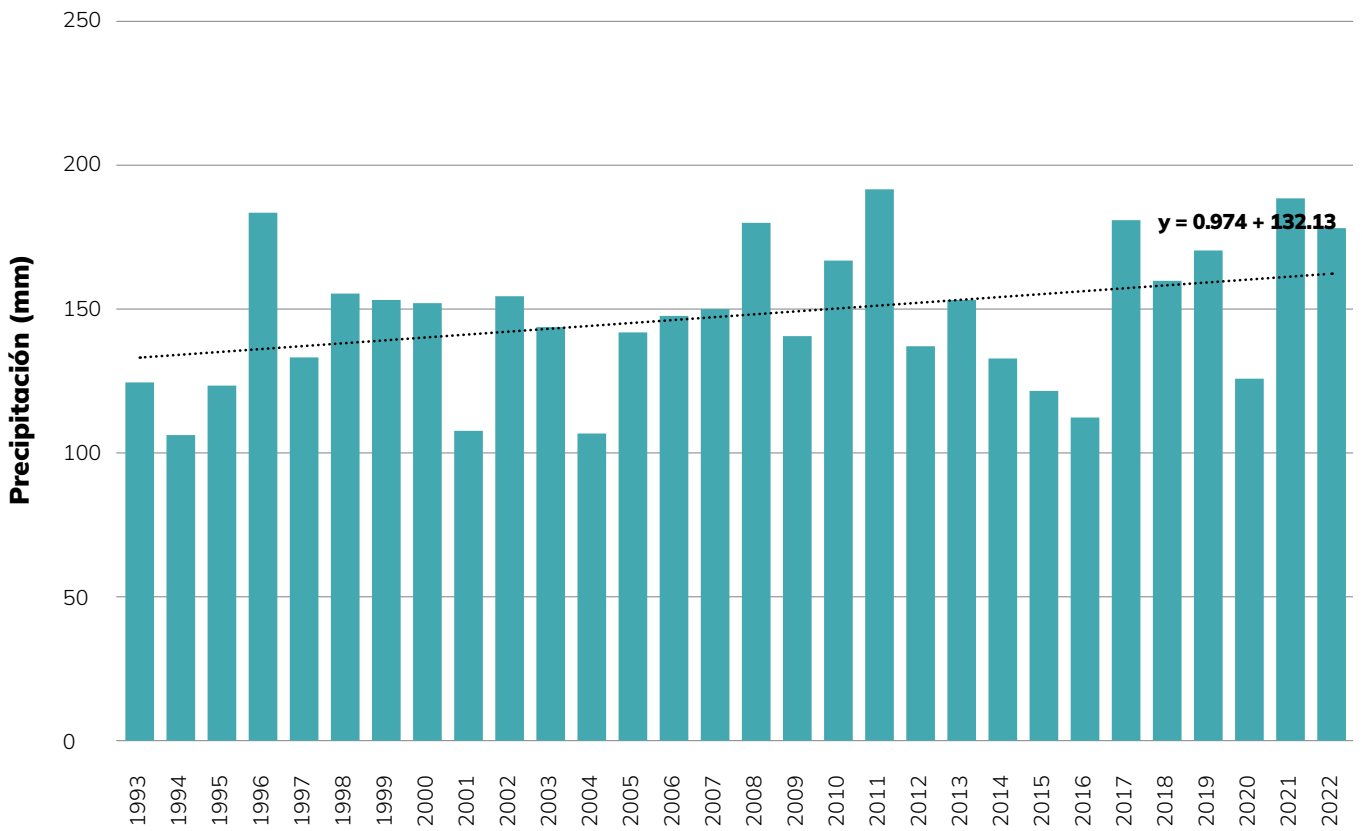
DÍAS CONSECUTIVOS DE LLUVIA

TENDENCIA CWD (1993 - 2022)

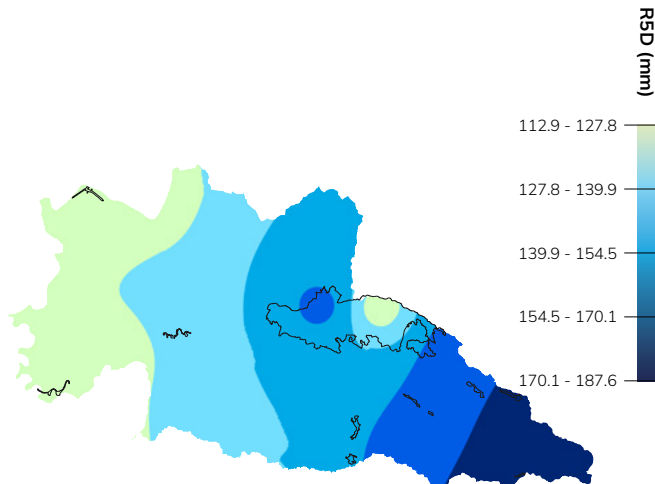


PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 5 DÍAS (R5D)

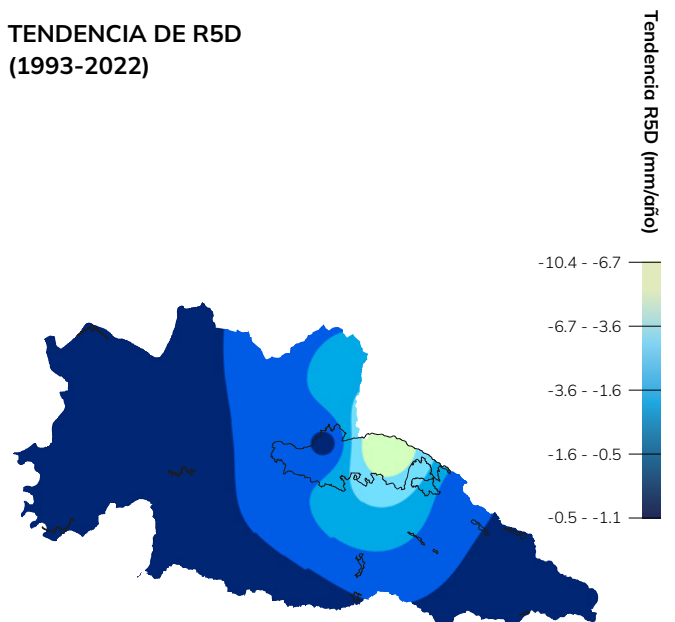
Figura 11. Tendencia de R5D.



PRECIPITACIÓN MÁXIMA POR CINCO DÍAS



TENDENCIA DE R5D (1993-2022)



INDICADORES ASOCIADOS A SEQUÍA

Con respecto al comportamiento de los índices asociados a la sequía, los períodos de días sin lluvia pueden alcanzar hasta 21 días consecutivos en la zona occidental, mientras que en el oriente y nororiental se mantienen periodos secos que duran entre 11 y 15 días aproximadamente. La tendencia de este índice es decreciente, lo que sugiere una reducción en la duración de las temporadas de sequía.

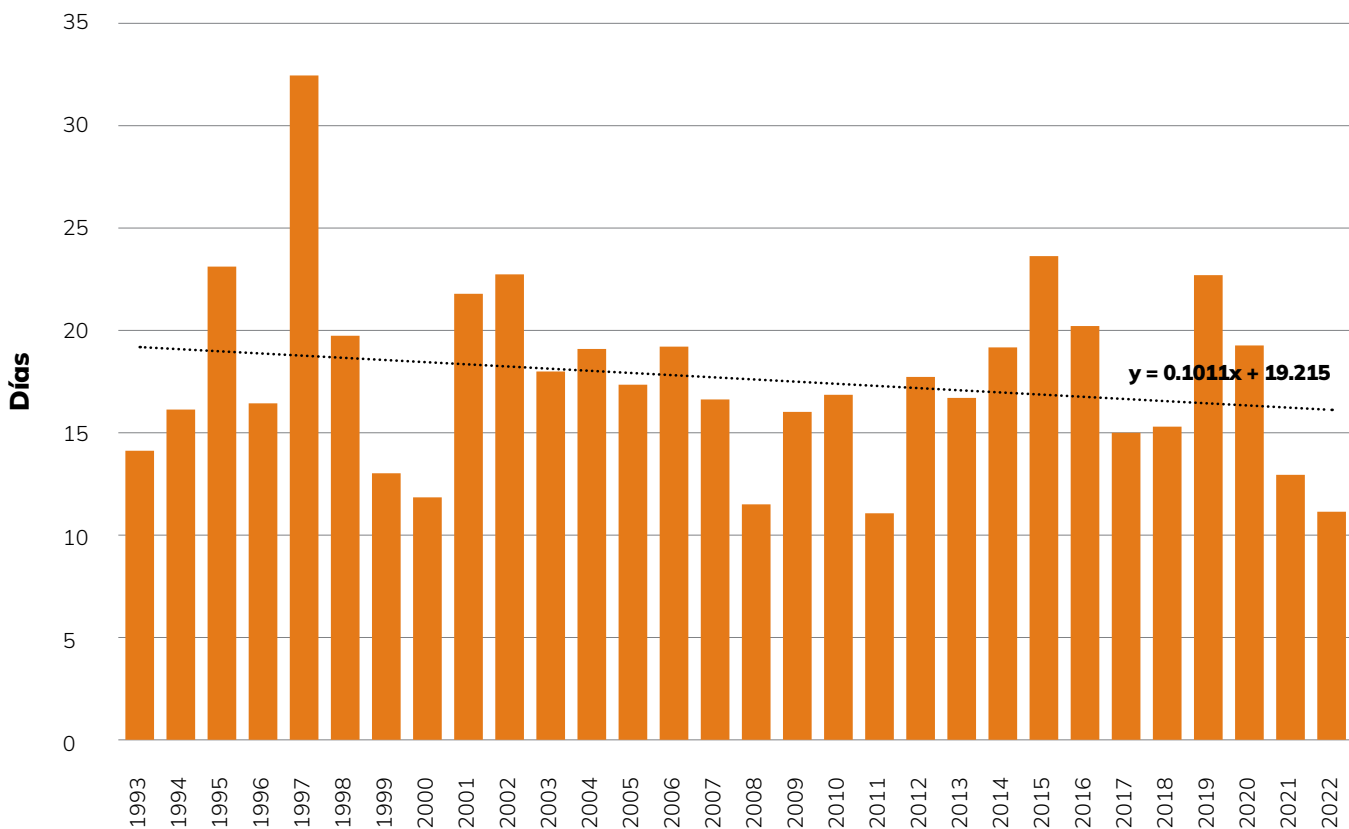
La zona occidental del área de estudio, que incluye la cuenca baja del río Otún, ha experimentado procesos de deterioro de-

bido a malas prácticas agrícolas y deforestación, especialmente en los corregimientos de Combia, Caimalito y Cerritos. Según los índices, se espera una reducción en los días secos y un incremento en los eventos extremos de lluvias en estas zonas. Estas condiciones hacen que sea necesario prestar especial atención al monitoreo de la zona, ya que, debido al deterioro de la estructura ecológica y el aumento de las lluvias, existe un mayor riesgo de ocurrencia de fenómenos como movimientos en masa e inundaciones.

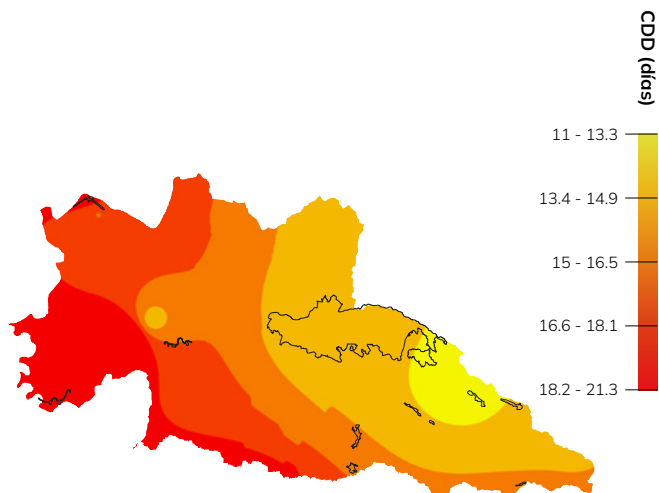


DÍAS SECOS CONSECUTIVOS (CDD)

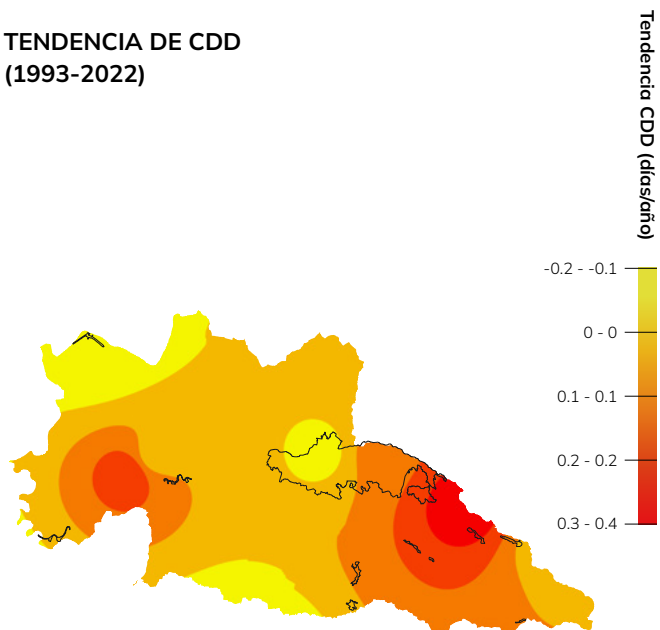
Figura 12. Tendencia de CDD.



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 (Percentil 90 de Temperatura Máxima) es un indicador climático utilizado para medir la proporción de días con temperaturas máximas que superan el percentil 90 en relación con un período de referencia específico, en este caso, el período comprendido entre 1993 y 2022. En Pereira, se ha encontrado un valor promedio de 10,37 para el índice TX90P, lo que indica que, en promedio, alrededor del 10,4 % de los días en esa estación tienen temperaturas máximas que superan el umbral establecido en el percentil 90.

El valor de tendencia positiva de 0,35 sugiere que la proporción de días calurosos en relación con el historial climático en la estación de Pereira está aumentando gradualmente a lo largo del tiempo. Esto indica una tendencia hacia una mayor frecuencia de días calurosos en comparación con el período de referencia analizado.

Al considerar el contexto y la realidad climática de Pereira, es importante tener en cuenta que la ciudad se encuentra en una región de clima templado. En general, la ciudad experimenta temperaturas moderadas durante gran parte del año, con estaciones secas y lluviosas bien definidas.

El valor promedio de 10,4 para el índice TX90P en Pereira indica que, en

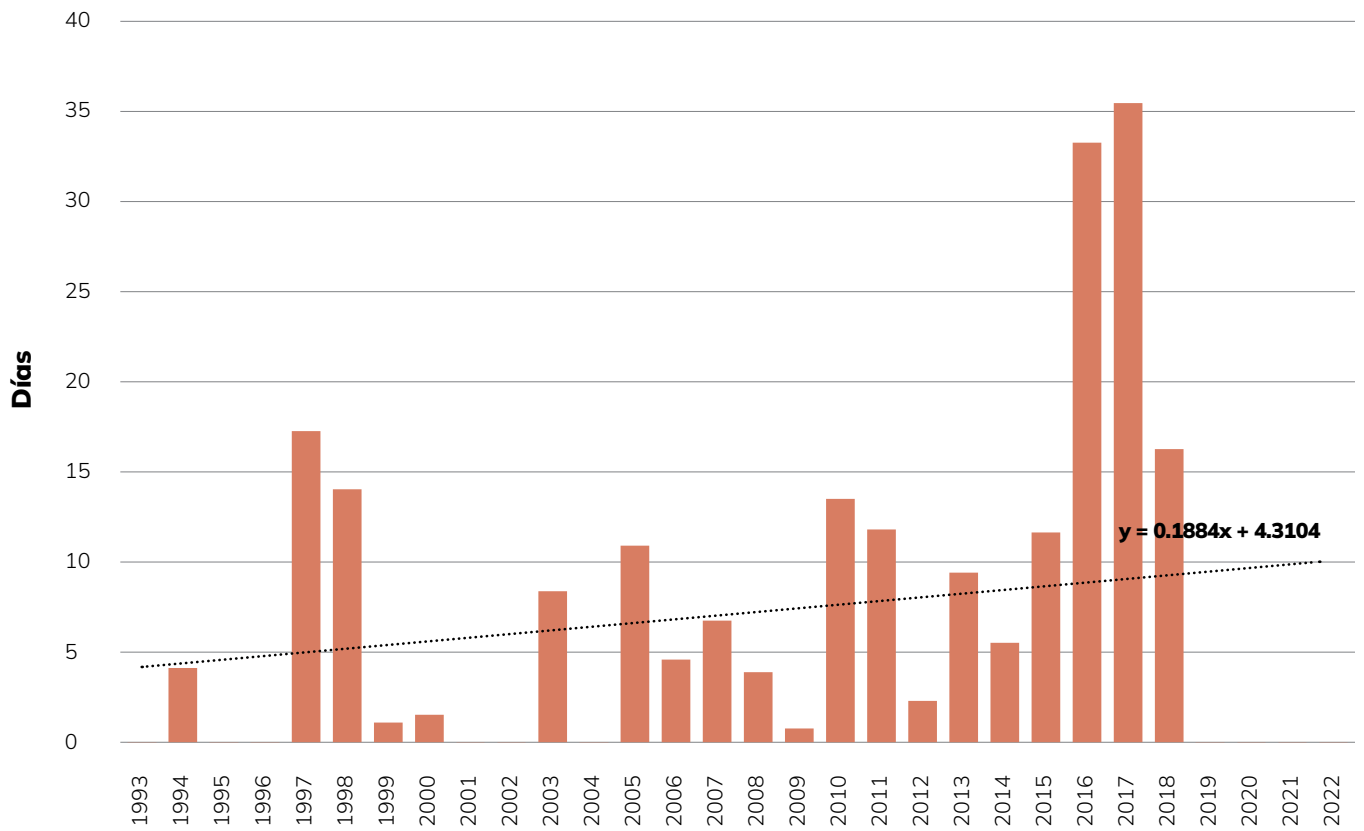
general, la ciudad experimenta una proporción significativa de días calurosos en comparación con su historial climático. Esto se alinea con el clima templado de la región y sugiere que la ciudad tiene una frecuencia considerable de días con temperaturas máximas superiores al umbral establecido.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que los resultados del índice TX90P pueden variar en diferentes áreas de la ciudad debido a factores locales y microclimas. Algunas zonas de Pereira pueden experimentar variaciones en la frecuencia y la intensidad de los días calurosos debido a la influencia de la altitud, la exposición solar y la vegetación, entre otros factores.

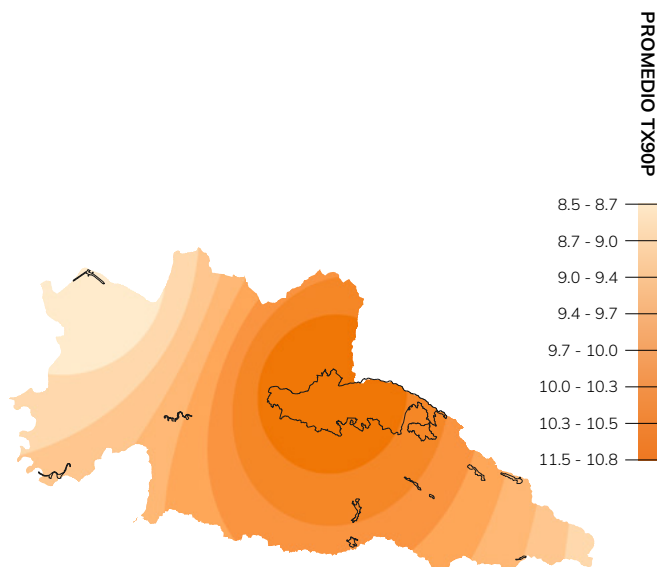
En resumen, el índice TX90P muestra que en Pereira existe una proporción significativa de días calurosos en comparación con su historial climático, con un valor promedio de 10,4. La tendencia positiva sugiere un aumento gradual en la frecuencia de días calurosos a lo largo del tiempo. Estos hallazgos resaltan la importancia de comprender y monitorear los patrones climáticos en Pereira para una planificación adecuada, la adaptación al cambio climático y la gestión de riesgos en la región.

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

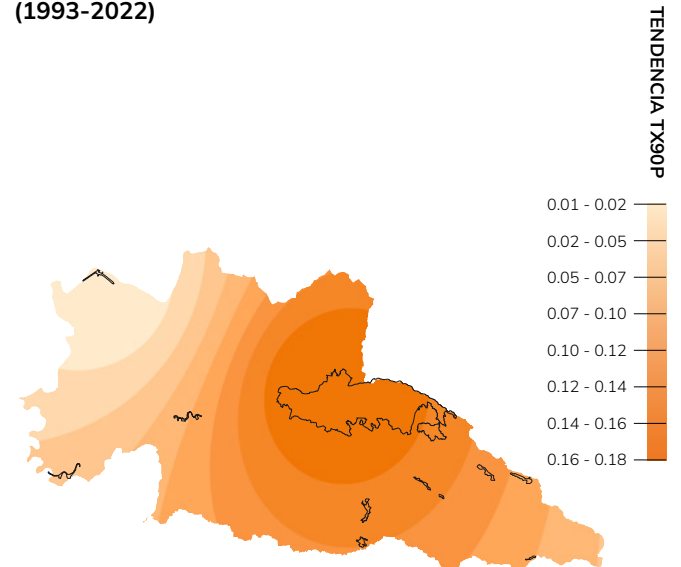
Figura 13. Tendencia de TX90P.



PROMEDIO TX90P



TENDENCIA TX90P (1993-2022)



WARM SPELL DURATION INDICATOR (WSDI)

El índice WSDI (Warm Spell Duration Index) es un indicador climático que mide la duración de los periodos continuos de calor en relación con un umbral específico. En el caso de Pereira, se obtuvo un valor promedio de 1,30 para el índice WSDI, lo que indica que, en promedio, los periodos de calor consecutivos en esa ubicación duran aproximadamente 1,30 días.

El valor de tendencia positiva de 0,03 sugiere que la duración de los periodos de calor en relación con el historial climático, que abarca desde 1993 hasta 2022, está aumentando gradualmente a lo largo del tiempo. Esto indica una tendencia hacia una mayor duración de los periodos de calor en comparación con el período de referencia analizado.

En resumen, el análisis de los valores del índice WSDI en Pereira revela una duración promedio de periodos de calor consecutivos de aproximadamente 1,30 días, con una tendencia positiva que indica un aumento gradual en la duración de estos periodos en comparación con el período de referencia. Estos hallazgos son consistentes con el clima templado de la región.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el índice WSDI solo proporciona información sobre la duración de los periodos de calor y no tiene en cuenta la intensidad o la magnitud del calor experi-

mentado. Para obtener una imagen completa del clima de Pereira, se recomienda considerar otros índices climáticos y factores locales, como la temperatura máxima absoluta, las variaciones de humedad y la exposición a la radiación solar.

Además, las condiciones climáticas pueden verse influenciadas por factores geográficos y topográficos específicos de la región. Pereira está ubicada en una zona montañosa, lo que puede generar microclimas y variaciones locales en las características del calor experimentado.

En conclusión, el índice WSDI en Pereira revela una duración promedio de periodos de calor consecutivos de alrededor de 1,30 días, con una tendencia positiva hacia una mayor duración de estos periodos en comparación con el período de referencia. Sin embargo, es importante considerar otros índices climáticos y factores locales para obtener una imagen completa y precisa del clima de Pereira y sus implicaciones para la adaptación al cambio climático y la gestión de riesgos.

Nota: los análisis realizados hasta ahora se han basado en los datos recopilados de una única estación meteorológica en la región de Pereira. Sin embargo, para lograr una mayor precisión en los resultados y análisis, 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 Pereira. 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.

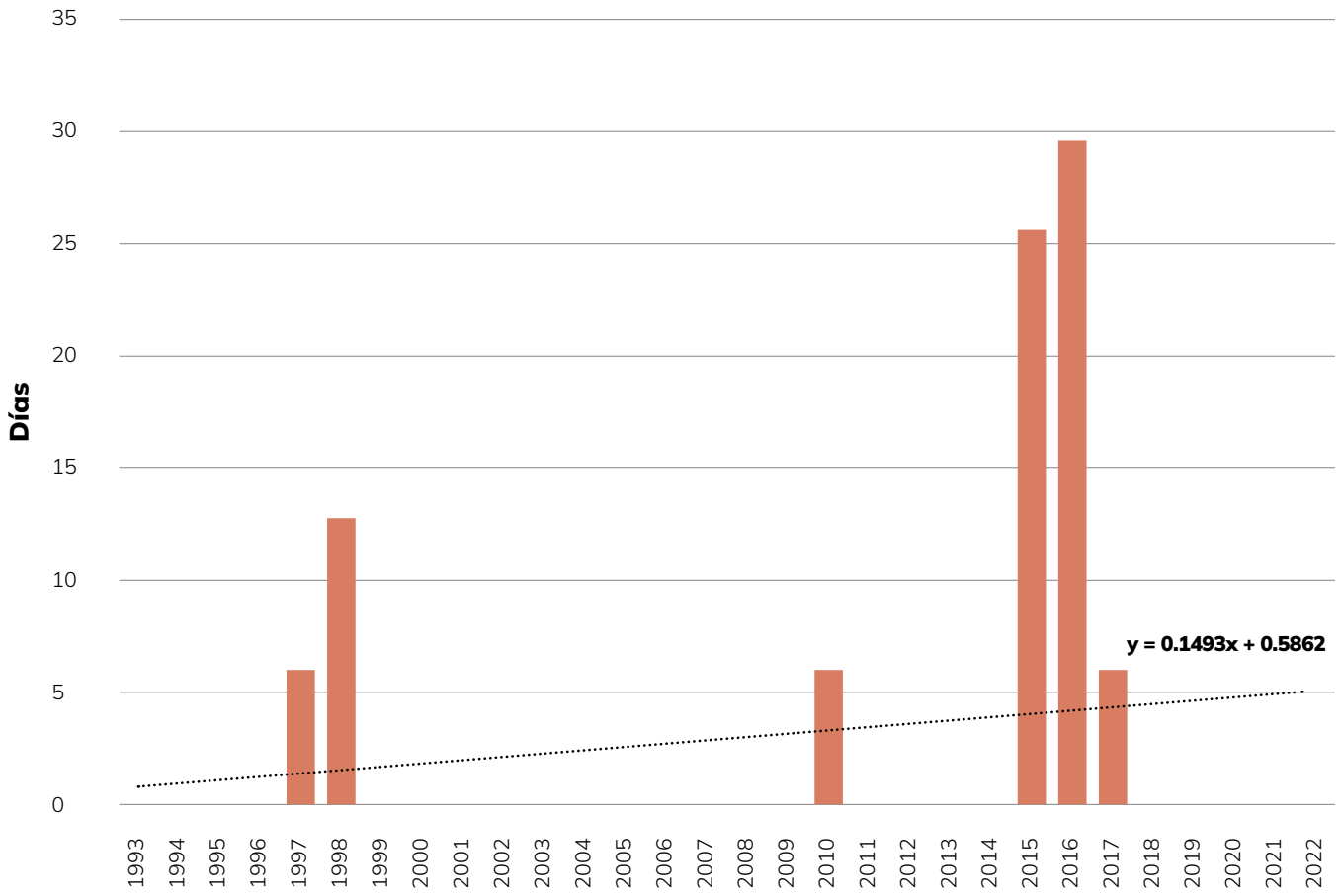
La disponibilidad de datos de múltiples estaciones meteorológicas también es fundamental para la toma de decisiones informadas y la planificación adecuada en

términos de adaptación al cambio climático y la gestión de riesgos en Pereira. 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.

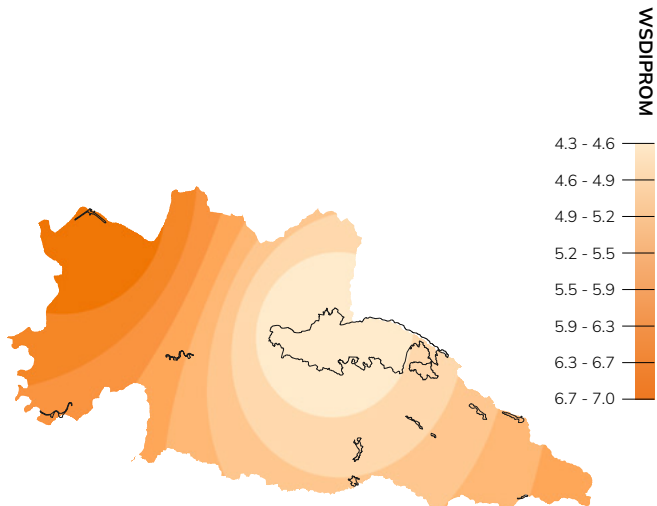
En resumen, la incorporación de datos adicionales de múltiples estaciones meteorológicas en la región de Pereira es esencial para obtener una comprensión más precisa de los patrones climáticos y las tendencias a largo plazo. Estos datos más completos permitirán tomar decisiones informadas y planificar 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 Pereira.



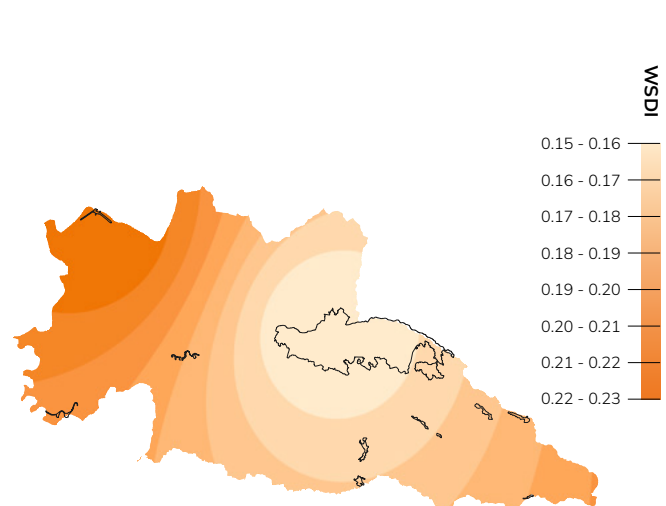
Figura 14. Tendencia del WSDI.



PROMEDIO WSDI (1993-2022)



TENDENCIA WSDI (1993-2022)





Capítulo 4

PRINCIPALES HALLAZGOS Y RECOMENDACIONES

El gradiente urbano-rural se desarrolla en función de las dimensiones analizadas, ya que estas se dividen en grupos de influencia. Por ejemplo, las dimensiones de salud, infraestructura y hábitat humano se evidencian principalmente en el contexto urbano, mientras que la biodiversidad y la seguridad alimentaria se evidencian en el contexto periurbano y rural. En el caso del recurso hídrico, esta dimensión se presenta de manera transversal, ya que se analiza desde el entorno rural en términos de la oferta del recurso hídrico por parte de los cuerpos de agua, y desde el entorno urbano en términos del acceso de las personas al servicio de acueducto a través del río Otún. Esto demuestra que los riesgos no se comportan de manera homogénea en el territorio, por lo que 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, para aumentar la resiliencia y la capacidad de adaptación de la ciudad al llevar a cabo acciones de reducción de estos riesgos.

DEL RIESGO PARTICULAR AL RIESGO CRÍTICO

En el análisis de los riesgos climáticos, es fundamental comprender el comportamiento de cada riesgo, los impactos que genera en las diferentes dimensiones y cómo manejarlo para reducir esos impactos y aumentar la resiliencia. Sin embargo, este tipo de análisis debe complementarse con un análisis de riesgo crítico que permita identificar las áreas del territorio donde se presentan múltiples riesgos climáticos que, al interactuar, generan impactos adicionales. En este sentido, la cartografía del riesgo crítico permite identificar zonas afectadas por múltiples riesgos, como las áreas naturales de Barbas de Bremen, Cerro Filo Bonito, Cerro del Oso Las Colinas-Garrapatas, Cerro Mirador del Otún, Alto del Nudo y Otún Quimbaya. Estas zonas deben ser priorizadas y se deben proponer medidas de adaptación integrales que consideren

tanto los impactos individuales como los resultantes de la interacción de riesgos. Por otro lado, la cartografía de los riesgos particulares es crucial para proponer soluciones integrales para la reducción de cada riesgo en la ciudad.

BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

Los mapas de riesgo para la dimensión de biodiversidad revelaron la vulnerabilidad de los ecosistemas periurbanos. Estos ecosistemas están expuestos a amenazas que pueden aumentar debido a la crisis climática, lo que incrementa su riesgo. Por ejemplo, en las áreas urbanas, se observa la transformación y degradación de hábitats como Barbas de Bremen y el cerro Canceles, lo cual compromete la resiliencia de los sistemas socioecológicos a través de la pérdida de coberturas naturales y la extinción de especies. Es necesario proteger las áreas naturales e identificar aquellos eco-



sistemas que pueden fortalecer la estructura ecológica principal de la ciudad, con el fin de conservarlos y restaurarlos para aumentar la capacidad de respuesta ante posibles desastres.

RIESGOS ASOCIADOS AL AGUA

Está claro que el exceso o la escasez de agua pueden perjudicar o alterar las dinámicas naturales del ambiente, lo que obliga a buscar soluciones para encontrar un equilibrio. Por lo general, un manejo inadecuado de la escorrentía puede ocasionar inundaciones y movimientos de remoción en masa, ya que la infraestructura de drenaje convencional no responde adecuadamente a eventos extremos y tiende a colapsar cuando se sobrepasa su capacidad de diseño. Por lo tanto, se requiere que la gestión del recurso hídrico se base en el reconocimiento de sus impactos para proponer alternativas resilientes, como la implementación de infraestructuras verdes que complementen el funcionamiento de la infraestructura convencional y permitan aumentar la capacidad adaptativa en términos del 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 tienen en cuenta. Con el aumento de la amenaza en zonas que actualmente no están expuestas a ries-

gos climáticos, y la intensificación y variabilidad de estos eventos, los grupos más vulnerables como el barrio Villa Santana y Cerritos se verán afectados. Por lo tanto, es necesario fortalecer el conocimiento sobre el riesgo actual para desarrollar capacidades que permitan prepararse ante posibles riesgos futuros y tomar medidas de prevención para los riesgos existentes.

RIESGOS CLIMÁTICOS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

La seguridad alimentaria consiste en mantener la disponibilidad de alimentos de manera estable a lo largo del tiempo. Sin embargo, se observa que esta dimensión presenta los niveles más altos de vulnerabilidad, ya que no cuenta con la suficiente capacidad adaptativa para ser resiliente ante los impactos de eventos climáticos extremos. En este sentido, es necesario identificar si se están aplicando prácticas sostenibles para evitar la sobreexplotación de los suelos y fortalecer la implementación de sistemas agroforestales, ya que estos sistemas ayudan a restablecer las propiedades físicas y químicas del suelo.

IMPACTO DEL ARVC EN LAS HERRAMIENTAS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

Los instrumentos de ordenamiento territorial son fundamentales para el desarrollo del municipio, ya que permiten la organización política y administrativa en relación con la ocupación física del territorio. Dado que to-

dos los sistemas urbanos interactúan con su entorno natural, pueden verse expuestos a diferentes amenazas naturales. Por lo tanto, 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 proponer modelos de desarrollo urbano que consideren adecuadamente estas condiciones. Esto se traduce en la generación de políticas y directrices que ayuden a regular los asentamientos y a implementar acciones orientadas a generar conocimiento sobre el riesgo y capacidades ante los desastres.

JUSTICIA CLIMÁTICA

La evaluación y el monitoreo del cambio climático en las últimas décadas han permitido establecer que las comunidades más vulnerables y de bajos recursos tienden a asentarse en las 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. Por lo tanto, es necesario que el gobierno local priorice el acompañamiento de estas poblaciones y genere planes de acción que contengan soluciones, como la implementación de medidas estructurales y no estructurales, para reducir el riesgo y mejorar la resiliencia de estos habitantes.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Gracias a los talleres realizados en noviembre de 2022, se identificaron algunas de las medidas que se han desarrollado en el municipio para incrementar la resiliencia ante los impactos de cada uno de los riesgos analizados.

1 Inundaciones

Una de las estrategias que se está llevando a cabo para prevenir o reducir el impacto de las inundaciones es la construcción de un sistema de alerta temprana por parte de la gobernación de Risaralda. Estos sistemas incluyen alarmas y equipos de monitoreo, y también tienen como

objetivo capacitar a las comunidades cercanas a los ríos para que sepan cómo actuar en caso de una emergencia. Además, se están implementando obras de bioingeniería como trincheras, espigas de pescado, zanjas de inundación, acequias de ladera y barreras vivas con limoncillo y vetiver, con el fin de drenar el exceso de agua y evitar la saturación del suelo. Una medida complementaria sería la implementación de jardines de lluvia en el área urbana, que retienen el agua de lluvia y ayudan a controlar la escorrentía.

2 Movimientos de remoción en masa

Al igual que en el caso de las inundaciones, se está implementando un sistema de alerta temprana que utiliza sensores de movimiento ubicados en las vías del Pollo y la vía




Popa para monitorear constantemente la actividad. También se han establecido medidas no estructurales, como la delimitación de zonas de protección de cuencas abastecedoras para prevenir su intervención, y se han desarrollado planes de acción por parte de la DIGER y planes de mejora por parte de la Secretaría de Desarrollo Rural.

3 Sequía

El riesgo de sequía no cuenta con información detallada a nivel urbano, ya que afecta principalmente a la zona rural del municipio, donde se realiza la captación de agua. Sin embargo, es importante definir variables y métodos para establecer los factores de riesgo que inciden directamente en el área urbana y recopilar y generar soluciones en los acueductos veredales, que son los más afectados.





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