

*Análisis de riesgo
y vulnerabilidad
climática con enfoque
ecosistémico*

VILLAVIEJA CENICIO

NaBa

Nature-Based Resilient Cities

The background of the entire page is a light gray, semi-transparent map of Villavicencio, Colombia. The map shows the city's street grid, major roads, and surrounding geographical features like hills and water bodies. The text is overlaid on this map.

*Análisis de riesgo
y vulnerabilidad
climática con enfoque
ecosistémico*

VILLAVI CENCIO

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 Villavicencio

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 Villavicencio, 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. 52

Capítulo 3

RESULTADOS ESPACIALES

p. 55

Delimitación del
área de estudio

p. 56

Riesgo por Sequía

p. 64

Riesgo por Inundación

p. 76

Riesgo por Movimientos de
remoción en masa

p. 90

Riesgo Crítico

p. 95

Escenarios de Cambio Climático

p. 103

Análisis de índices de Cambio Climático

p. 116

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

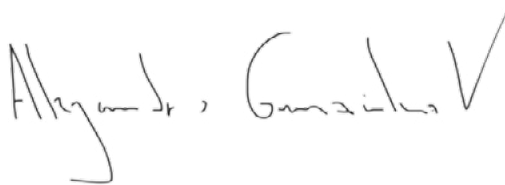
para la planificación urbana, ya que permite recoger información de las personas que viven directamente los eventos extremos y contribuye a la educación de las poblaciones. La interacción entre el gobierno local, la academia, el sector público, el sector privado y la sociedad civil genera insumos importantes 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 geoprocesamiento de datos, y la evaluación de escenarios futuros. Estos pasos ayudan a guiar el proceso de análisis del territorio y a desarrollar estrategias para la adaptación de los impactos del cambio climático.

Fase 1.

LENTE CLIMÁTICA

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

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

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

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

Fase 2.

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

En esta segunda etapa, se procedió inicialmente con una evaluación cualitativa del riesgo al cambio climático, con el objetivo de identificar los riesgos e impactos presentes en Villavicencio. 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
	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 Villavicencio 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 Villavicencio y los indicadores asociados a las Contribuciones de la Naturaleza para las Personas (NCP, por sus iniciales en inglés).

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

Fase 3.

IDENTIFICACIÓN DE LA SENSIBILIDAD

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

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

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

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





Fase 4.

MAPEO PARTICIPATIVO

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

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

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

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

Fase 5.

GEOPROCESAMIENTO DE DATOS

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

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

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

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

Amenaza

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

 - 2 Registros o cartografía de ocurrencia de inundaciones

 - 3 Registros o cartografía de ocurrencia de deslizamientos

 - 4 Mapa hidrológico y/o hidrográfico

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

 - 6 Mapas de temperatura, humedad y precipitación total anual

 - 7 Imágenes satelitales y fotografías aéreas

Exposición

- 1 Censo poblacional

- 2 Mapa de asentamientos formales e informales

- 3 Mapa de vías principales

- 4 Mapa de construcciones

- 5 Mapas de usos del suelo y actividades

- 6 Modelo de elevación digital (DEM)

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

- 8 Mapa de cultivos

Sensibilidad

- 1 Índice de pobreza multidimensional

- 2 Censo poblacional

- 3 Mapa o clasificación por edades

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

- 5 Acceso a servicios públicos

- 6 Mapa de construcciones

- 7 Mapas de usos del suelo y actividades

- 8 Mapa de parques y zonas verdes públicas y privadas

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

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

- 11 Mapa de cultivos

- 12 Mapa geológico

- 13 Mapa de tipo de suelo (pedología)

- 14 Imágenes satelitales y fotografías aéreas

Sensibilidad

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

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

- 17 Inventarios de biodiversidad del municipio

- 18 Estructura ecológica principal

- 19 Mapa de arbolado e inventario forestal

- 20 Mapa de parques y zonas verdes públicas y privadas

- 21 Mapa de vías principales y tasas de flujo vehicular

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

Capacidad (adaptativa y de respuesta)

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

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

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

- 4 Documento de mapeo de SE o NCP

- 5 Sistemas de alerta temprana para prevención de desastres

- 6 Mapa hidrológico y/o hidrográfico

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

- 8 Mapa de vías principales

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

- 10 Mapa de arbolado e inventario forestal

- 11 Dotación de camas hospitalarias

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

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

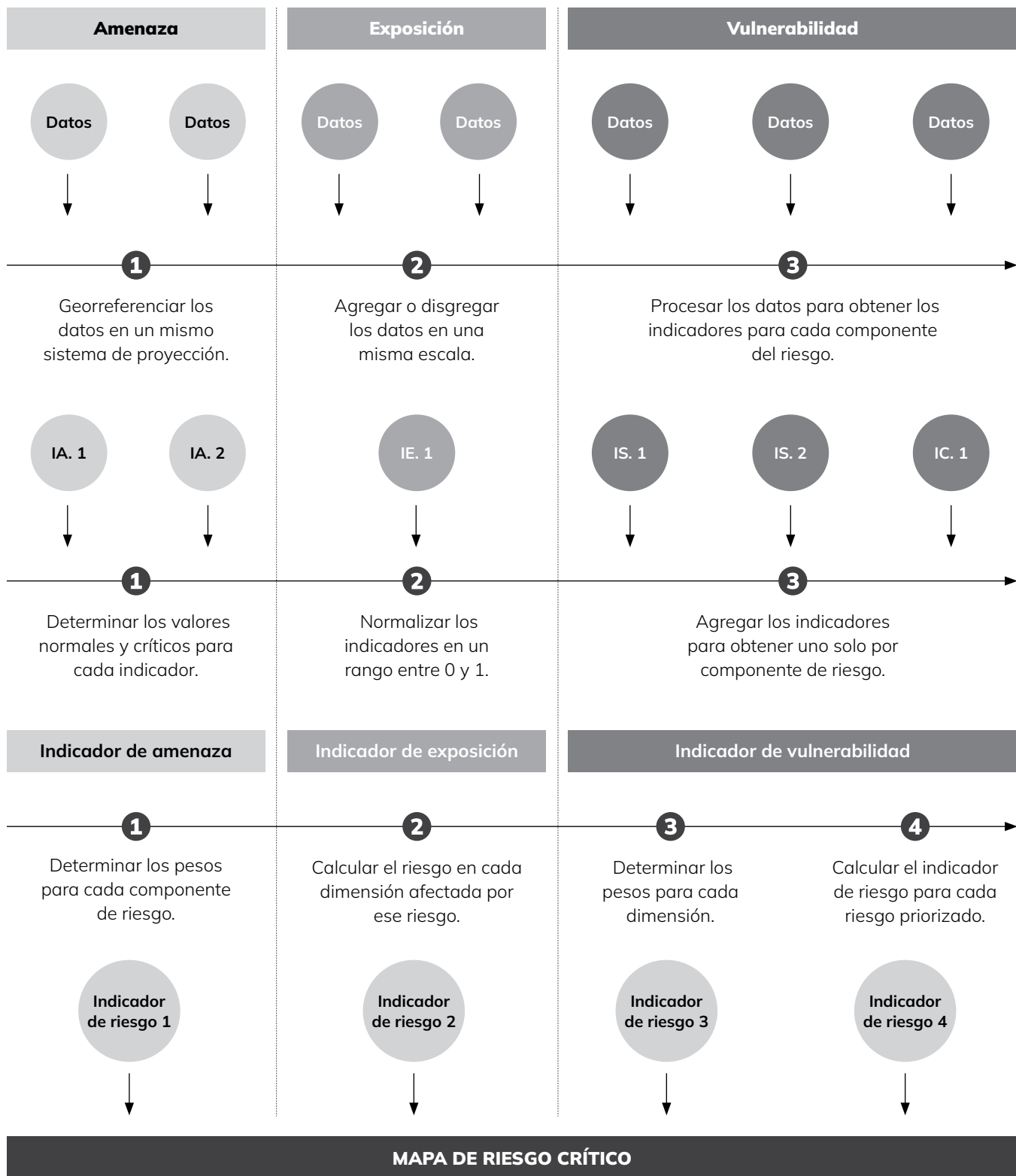
Es importante mencionar que, una vez obtenidos los mapas analíticos finales, su análisis contribuirá a que, en evaluaciones posteriores, se desarrollen consideraciones y recomendaciones para implementar medidas que permitan reducir el riesgo en las zonas prioritarias. Estas consideraciones pueden incluir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

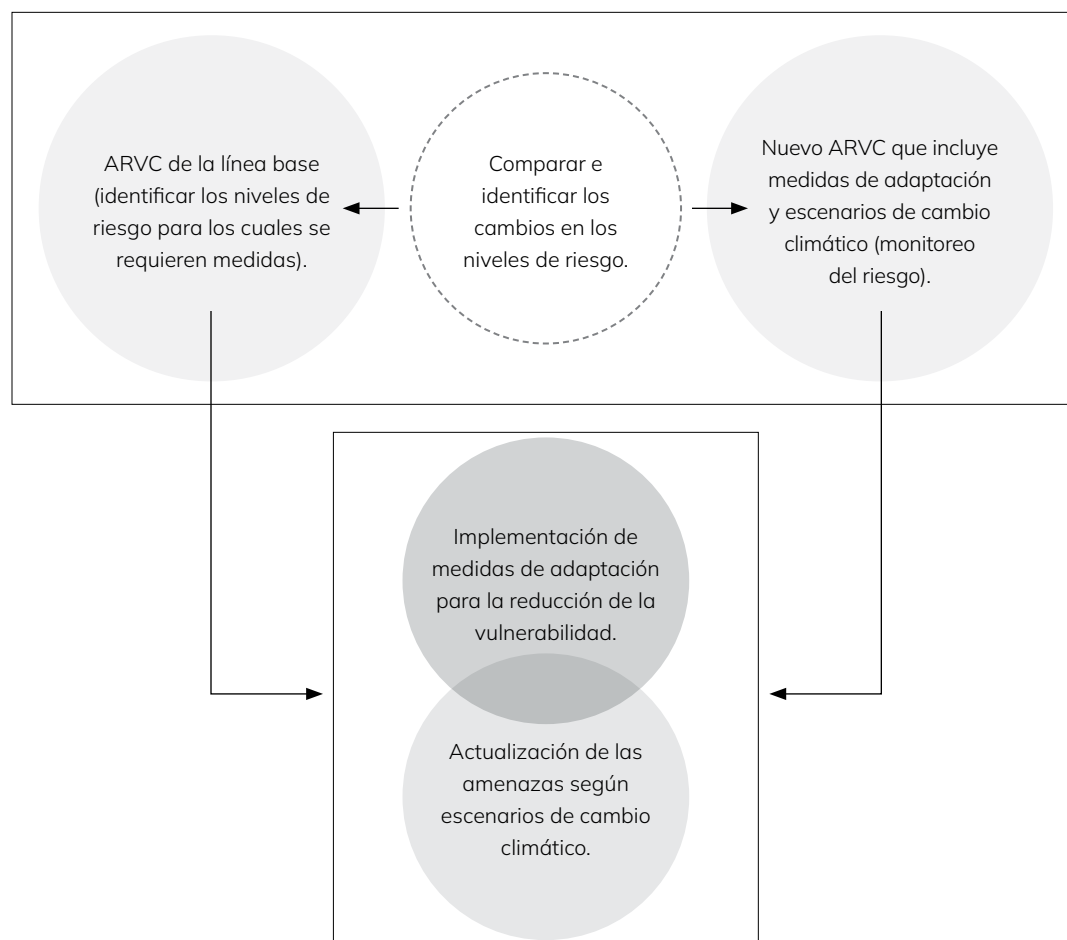
plazo (5-10 años). Este monitoreo implica que el municipio actualice las cadenas de impacto identificadas, incluyendo los efectos del cambio climático para ese periodo de evaluación, así como los beneficios obtenidos a través de la implementación de medidas de adaptación (por ejemplo, soluciones basadas 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, CANCELLETA. (2017). Tercera Comunicación Nacional De Colombia a La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CMNUCC). IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLETA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia.
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C. B., Barros, V.R., Dokken, D. J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T. E.,... White, L. L. (Eds.)]. Cambridge University Press.
- IPCC. (2018). Resumen para responsables de políticas. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, ... T. Waterfield (eds.)].
- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, ... B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press.
- IPCC. (2022). Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, ... B. Rama (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts,

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

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



*Capítulo 2*

DIAGNÓSTICO

p. 34

Diagnóstico inicial

p. 36Riesgos asociados al
cambio climático**p. 44**

Priorización de riesgos

p. 48Conclusiones y
principales hallazgos**p. 50**

Resultados Scorecard

Villavicencio, municipio del departamento de Meta, se encuentra dividido en siete corregimientos y diez comunas urbanas, y ocupa un área total de 131 126 hectáreas, donde el 3 % corresponde a la cabecera urbana que ha experimentado un rápido crecimiento en las últimas décadas. Entre 1980 y 2015, la extensión territorial de la malla urbana de Villavicencio aumentó de 1124 hectáreas a 4910 hectáreas (FINDETER, 2016). Debido a diversos factores, como la violencia, el auge de la producción de coca en los años 80, el boom petrolero en 2000 y la industrialización de la Altillanura. Entre 1990 y 2016, el suelo urbano del municipio aumentó un 130 % mientras que el suelo destinado a la agricultura creció un 56 %, lo que resultó en una reducción del 25 % en la cobertura vegetal y forestal (FINDETER, 2016).

Estos factores, junto con la falta de una planificación territorial efectiva, han llevado a un crecimiento desordenado y fragmentado del municipio, con nodos urbanos desarticulados y áreas vacías que representan el 7,7 % de la actual malla urbana.

En la actualidad, Villavicencio es el polo de desarrollo de la región de la Orinoquía y alberga la mayor población del departamento de Meta, con 558 299 habitantes en 2023, según las proyecciones del DANE (2018), y una densidad poblacional de 372,6 personas/km² (FINDETER, 2016). Según cifras del municipio, el 93 % de la población se concentra en el área urbana, mientras que el 7 % reside en el área rural, lo que representa una relación espacial

inversa, ya que, en términos de extensión territorial, la población urbana solo abarca el 4,1 % del tamaño total del municipio.

El Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre de Villavicencio (2015) presenta los riesgos que amenazan al territorio, tanto de origen natural como humano. Entre ellos, se destacan las inundaciones y avenidas torrenciales, deslizamientos de tierra, sismos, fallas geológicas, incendios estructurales y derrames y manipulación de sustancias de origen tecnológico. Además, el documento incluye objetivos y proyectos estratégicos que estructuran y priorizan los principales riesgos del municipio.

En cuanto al cambio climático, Villavicencio cuenta con un estudio de emisiones de efecto invernadero que proporciona conclusiones clave sobre los principales sectores emisores. Se identifica que las emisiones se generan principalmente en el sector fugitivas (dentro de la energía en fuentes estacionarias), que representa el 38 % de las emisiones totales debido a la actividad de extracción de petróleo. Otros sectores clave son AFOLU (Agricultura, Silvicultura y otros usos del Suelo), segundo mayor emisor con el 26 % de las emisiones totales, principalmente asociadas a la ganadería vacuna y al cambio de uso del suelo. Sigue el sector energético en fuentes móviles con un 17 % de las emisiones totales debido al consumo de diésel y gasolina, y el sector de residuos, que, aunque solo representa el 3 % de las emisiones de Villavicencio, presenta un alto potencial de reducción (FINDETER, 2016).

DIAGNÓSTICO INICIAL

A partir del análisis multidimensional de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático realizado por el IDEAM (2017) en el marco de la (TCNCC), se pudo evidenciar que el departamento del Meta presenta niveles medios y altos de riesgo por cambio climático en todos sus municipios. La dimensión de seguridad alimentaria contribuye en mayor medida al riesgo total, representando el 33,5 % y presentando niveles altos y medios de riesgo en los diferentes municipios de la región. En segundo lugar, se encuentra la dimensión de biodiversidad, que contribuye con un 10,1 % al riesgo total. Algunos municipios presentan niveles altos de riesgo, mientras que para otros el riesgo es muy bajo, y la mayoría se encuentra en un nivel me-

dio de riesgo. Por otro lado, el recurso hídrico, cuya contribución es la tercera más alta (5,6 %), muestra un riesgo alto y muy alto en los municipios con los mayores índices de riesgo en la región.

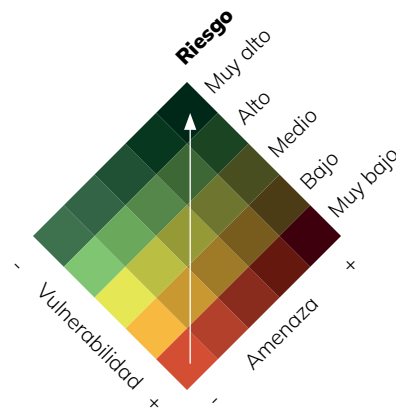
El análisis de riesgo revela que Villavicencio presenta los valores más altos de riesgo por cambio climático en el departamento, ocupando el primer lugar en el ranking municipal. Las tres dimensiones con los índices más altos en el municipio son biodiversidad, recurso hídrico y seguridad alimentaria. Las dos primeras dimensiones muestran un nivel alto de riesgo, mientras que la última presenta un nivel medio de riesgo. Además, al combinar estas dimensiones, representan más del 50 % de las contribuciones al riesgo total.



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

META

8 municipios del departamento presentan riesgo medio por cambio climático. Villavicencio presenta riesgo alto. Los tres primeros en el ranking: Villavicencio, Fuente de Oro y Puerto Lleras.



33.5%

Seguridad alimentaria: presenta riesgo alto y medio al cambio climático para los municipios.

10.1%

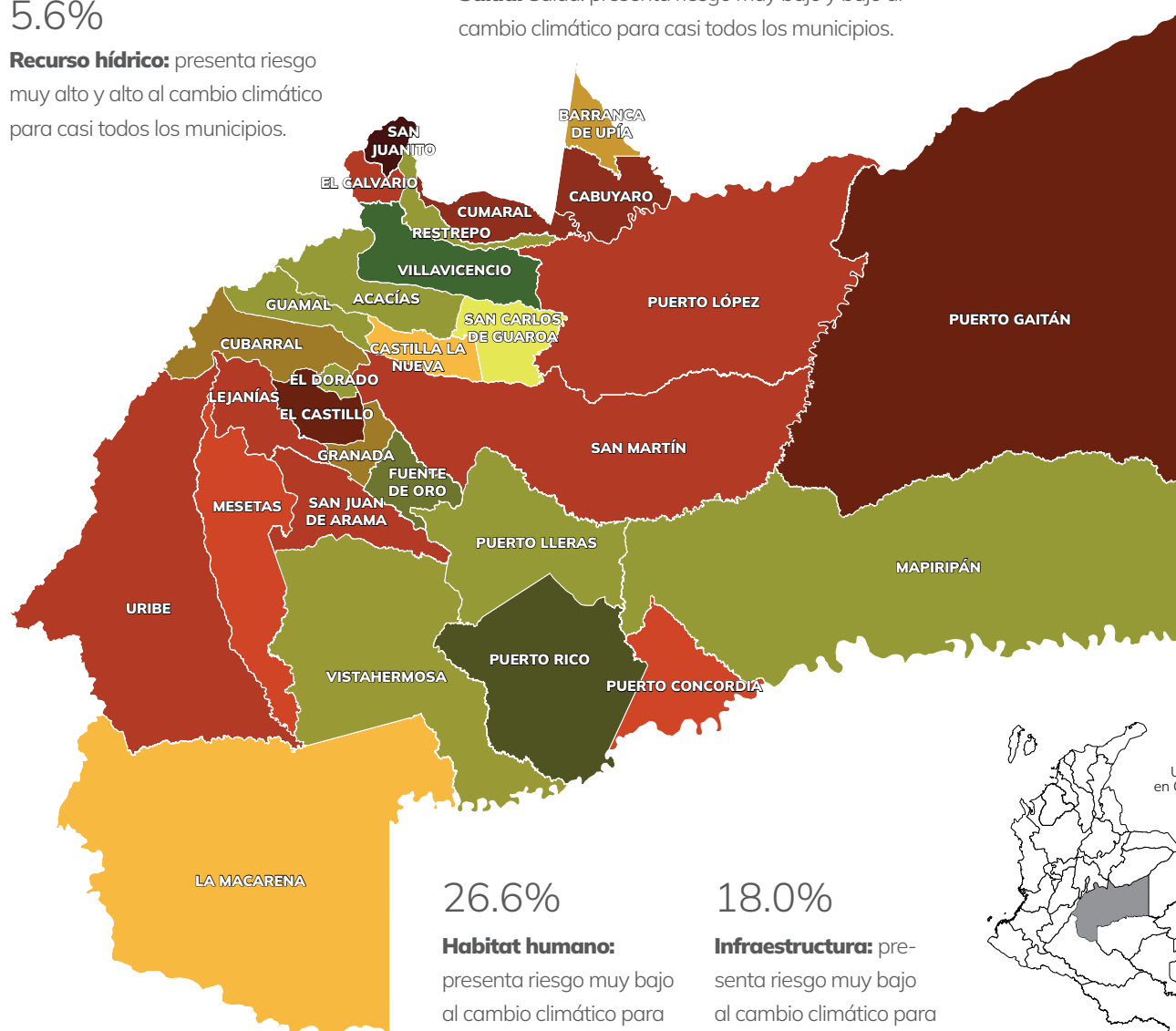
Biodiversidad: presenta riesgo alto, muy bajo y medio al cambio climático para casi todos los municipios.

5.6%

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

6.2%

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



26.6%

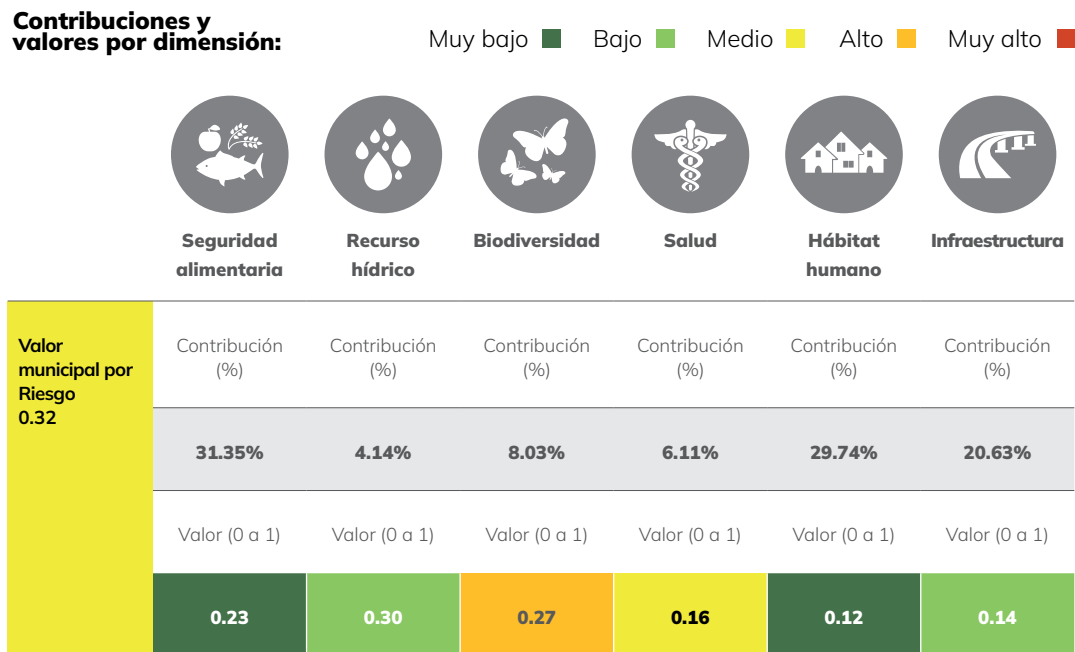
Habitat humano: presenta riesgo muy bajo al cambio climático para todos los municipios.

18.0%

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

Fuente: IDEAM (2017).

Figura 4. Riesgo y contribuciones por dimensiones para Villavicencio.



Fuente: IDEAM (2017).

RIESGOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO

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

Siguiendo la metodología propuesta para desarrollar el ARVC, se llevó a cabo una revisión de los riesgos abordados en la metodología (por ejemplo, inundaciones, sequías, movimientos de remoción en masa, islas de calor y enfermedades transmitidas por vectores), con el objetivo de determinar

cómo afectan estas diferentes dimensiones del bienestar e identificar los estudios que el municipio ha llevado a cabo para evaluar y gestionar dichos riesgos.

En la Tabla 10 se presentan los riesgos que se abordarán en esta revisión y cómo cada uno de ellos afecta las dimensiones del bienestar. Algunas relaciones entre los riesgos y las dimensiones están vacías, ya que se considera que algunas dimensiones no se ven particularmente afectadas por un riesgo específico, 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 de fauna y flora	Daños en áreas protegidas y especies	Daños en áreas protegidas y especies de fauna y flora	Cambios en la distribución de especies	-
Infraestructura	Daños en infraestructura de servicios públicos	-	Daños en infraestructura de servicios públicos	-	-
Salud	Personas heridas y/o fallecidos	-	Personas heridas y/o fallecidos	Personas afectadas	Personas enfermas y/o fallecidas
Hábitat humano	Daños en viviendas, y equipamiento urbano	-	Daños en viviendas, y equipamiento urbano	-	-

Fuente: elaboración propia. ICLEI (2022).

REGISTROS HISTÓRICOS

Como parte de la identificación de los riesgos climáticos que afectan al municipio de Villavicencio, es fundamental considerar los registros de los eventos históricos que se han presentado y su frecuencia (Figura 5). La Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) es la entidad encargada de recopilar y consolidar la información asociada al riesgo de desastres a nivel nacional. A partir de los registros recopilados por la UNGRD entre 1998 y 2017, se ha determinado que las inundaciones son el principal riesgo en el municipio, presentando una mayor frecuencia que los demás riesgos. A lo largo del periodo evaluado, se ha estimado que las inundaciones, los deslizamientos, los incendios forestales y las crecientes súbitas han afectado a cerca de 50 600 personas y 1700 viviendas.

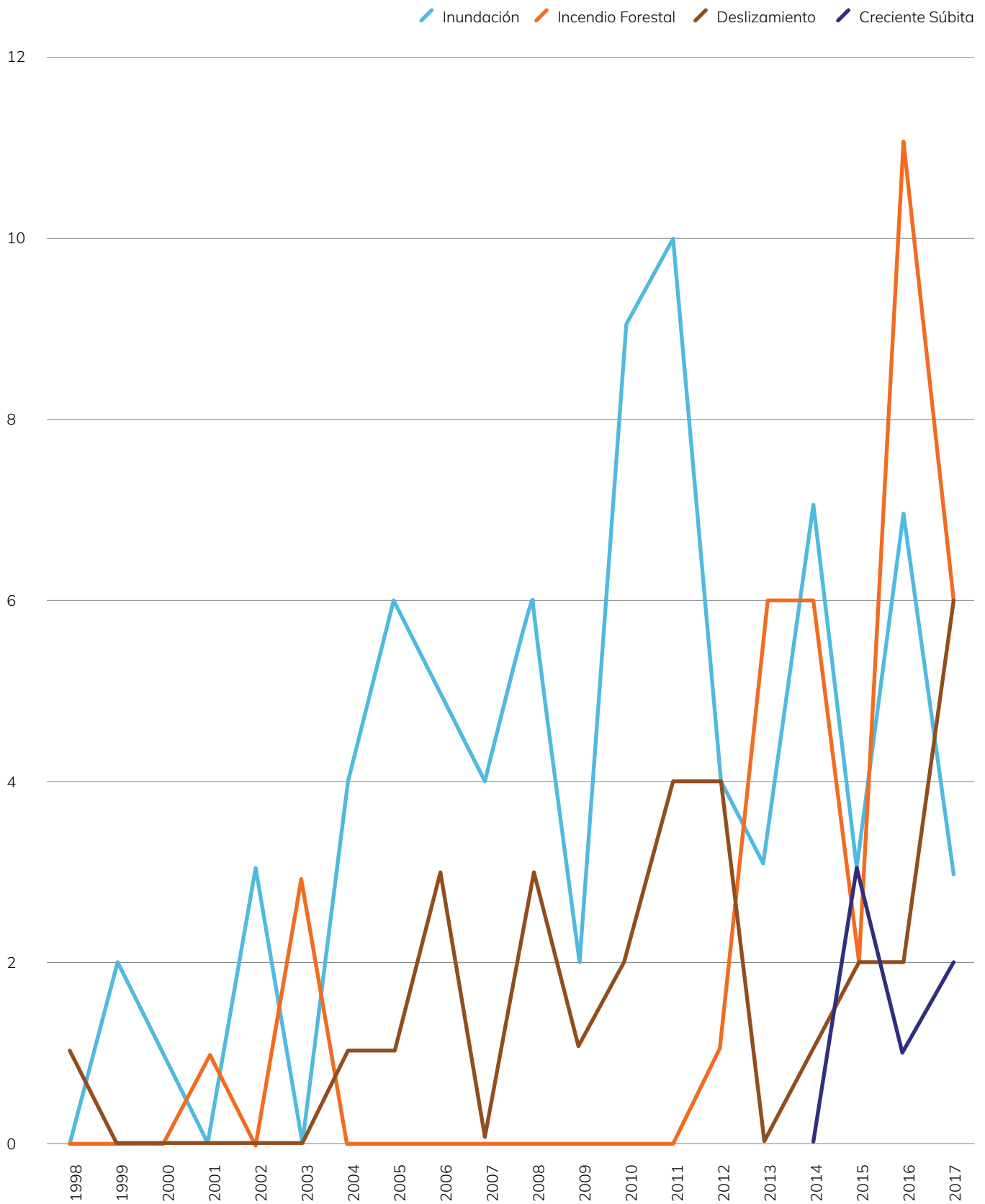
En el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) también se encuentra un registro histórico de algunos de los eventos de remoción en masa ocurridos en el municipio de Villavicencio. Este registro comprende la ubicación, la fecha y el tipo de evento, recopilando 18 sucesos entre los años 1900 y 2012. Los tipos de movimientos de remoción en masa registrados incluyen deslizamiento, deslizamiento por flujo, flujo de lodo, deslizamiento traslacional, flujo de tierra, deslizamiento rotacional y flujo de detritos. En esta lista, el tipo de movimiento más común fue el deslizamiento, con un total de 10 eventos, seguido por el deslizamiento traslacional con 4 eventos. En cuanto a la ubicación, 5 de ellos ocurrieron

en fuentes hídricas, como el río Guayuriba, el río Negro, caño Tigre, quebrada Honda y quebrada Colorada, mientras que el resto ocurrió en el noroccidente y centro de la ciudad, así como en vías.

Dentro de estos eventos, se encuentran algunos que fueron registrados en el POMCA (Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas) del río Guayuriba y que hacen referencia a recomendaciones o visitas a predios que han estado en riesgo. Algunos ejemplos son:

- 1 La comunidad sugiere construir un gavión para evitar la socavación de los predios en la margen izquierda del río.
- 2 Se sugiere realizar una obra de barrera en la margen izquierda para cambiar el cauce del río.
- 3 La escuela rural Vista Hermosa fue afectada por un hundimiento.
- 4 El predio de Jairo Ruiz fue afectado por el socavamiento en la margen izquierda de la quebrada Las Blancas.
- 5 El predio de Miguel Rojas fue afectado por un deslizamiento que arrasó bosques. A pesar de la construcción de gaviones, continuó afectando la parte alta de los potreros.
- 6 Existe un riesgo de deslizamiento en las escuelas e iglesias.

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



Fuente: UNGRD (1998-2017).

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

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Las características morfológicas, litológicas y las bajas pendientes hacen que la ciudad sea susceptible a las inundaciones.	Zonas de influencia de los ríos Guatiquía, Guayuriba y Ocoa, incluyendo sus sobrevegas	Construcción de muros de contención en los puntos más críticos
Factores desencadenantes, como las altas precipitaciones y la intervención humana	Caño Grande, Caño Pendejo y Caño Arenoso	Realineamiento del cauce
Altas precipitaciones que aumentan el volumen de agua en ríos, caños y quebradas		Reforestación de la parte alta de las microcuencas
Invasión del cauce por residuos sólidos.		Recuperación del cauce natural de los ríos, caños y quebradas
Ubicación de viviendas en zonas de retiro.		
Impermeabilización del suelo y disminución de su capacidad de absorción debido a la pavimentación causada por asentamientos de viviendas.		
Actividades económicas como construcción, reciclaje y diversos oficios que generan residuos arrojados a ríos, caños y quebradas.		

Movimientos de remoción en masa

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Unidades geológicas presentes y altas pendientes	Zona de Nohora, sobre la vía Acacías, y en la parte alta del municipio en el sector Buenavista	Fortalecer las actividades de protección de las especies florísticas y faunísticas, la protección del suelo para el control de los fenómenos de remoción en masa, y la priorización de zonas para monitoreo e investigación
Altas precipitaciones, la intervención antrópica y la posibilidad de eventos sísmicos	Cerro Cristo Rey	Garantizar la conservación natural de las zonas de moderada a alta pendiente correspondientes al piedemonte y la cordillera, con el fin de reducir el grado de riesgo por fenómenos de remoción en masa y proteger la biodiversidad y el paisaje existente.
	Caño Grande, el Caño Pendejo y sus tributarios	Realizar estudios detallados de amenaza y riesgos por procesos de remoción en masa en los sectores de La Nohora, los barrios Doce de Octubre, Villa Rosal, La Salle, San José, Playa Rica, La Isla, Colina, Libertadores, Chapinero, y las veredas Pipiral y Buenavista.
	Veredas Pipiral, Quebrada Honda, San Cristóbal, Samaria y Lourdes; y en menor proporción en las veredas Buenavista, San Juan de Ocoa, Servitá, Santa María Alta, Cornetal, Santa Helena Alta, La Cumbre y La Libertad	Determinar e implementar las medidas de intervención en las áreas catalogadas como de riesgo por movimientos de remoción en masa.
Los ríos Guatiquía, Guayuriba, Ocoa y los cauces activos que atraviesan el municipio experimentan una dinámica fluvial que incide directamente en las márgenes, generando procesos erosivos laterales		Desalentar la fragmentación de predios en la zona de moderada a alta pendiente (>45 %) correspondiente al piedemonte y la cordillera

Sequía

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Deficiencias de lluvia durante las temporadas lluviosas del primer y segundo semestre	Orinoquía en general	El proyecto estratégico núm. 7 se plantea la modelación de cuencas para comprender la amenaza de sequías e inundaciones
	Corredor montañoso al occidente del Meta, entre Villavicencio y Lejanías	Gestión y control de aguas subterráneas
		Medidas propuestas por la Unidad Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (UNGRD)

Islas de calor

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Calentamiento global	Toda la Orinoquía, según la proyección bajo el escenario RCP4.5, y sin considerar el aumento de la urbanización	Promover la incorporación de zonas verdes, techos verdes, jardines verticales y arborización urbana, especialmente en parques de distintas escalas, avenidas, áreas cercanas a fuentes hídricas y en diferentes proyectos urbanísticos
		Identificación de las islas de calor en zonas urbanas y mejora del arbolado y las áreas verdes

Enfermedades transmitidas por vectores

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Baja cobertura en el suministro de agua, el almacenamiento de agua sin protección, el manejo inadecuado de llantas, la acumulación de agua en diversos recipientes debido a las precipitaciones, la urbanización no planificada, la disposición inadecuada de residuos sólidos y los cambios constantes en las precipitaciones	Municipio en general	Implementación de actividades intersectoriales para la eliminación de factores de riesgo
		Seguimiento del 100 % de los casos de leishmaniasis, malaria, Chagas e intervención en la población en riesgo de dengue, chikunguña y zika.
		Monitoreo continuo del comportamiento de los eventos relacionados con estas enfermedades
		Realización de actividades de promoción, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vectores
		Implementación de un programa de vigilancia activa (Secretaría local de salud, 2016)
		Establecimiento de rutas definidas para la entrega de medicamentos a los pacientes diagnosticados con enfermedades transmitidas por vectores

Fuente: UNGRD (1998-2017).

PRIORIZACIÓN DE RIESGOS

Para realizar la evaluación cualitativa de Villavicencio, se han identificado amenazas, impactos, vulnerabilidades y riesgos climáticos derivados del cambio climático presentes en la ciudad. Esto se ha logrado mediante el conocimiento técnico y territorial de los actores locales involucrados.

Para comprender las amenazas e impactos, se planteó la siguiente pregunta de investigación: “¿Qué amenazas o eventos climáticos han afectado el territorio?” Para Villavicencio, se identificaron las siguientes amenazas y su ocurrencia:

- 1 **Inundaciones (fluviales y pluviales):** suelen ocurrir más de una vez al año durante las temporadas de lluvia (abril-noviembre).
- 2 **Sequías:** se presentan en la temporada de verano (diciembre-marzo).
- 3 **Derrumbes o deslizamientos de tierra:** ocurren más de una vez al año durante las temporadas de lluvia (abril-noviembre).
- 4 **Islas de calor:** se generan en la temporada de verano (diciembre-marzo).
- 5 **Enfermedades transmitidas por vectores:** están asociadas a la escasez de agua durante las sequías.

Para comprender las vulnerabilidades, se han considerado los siguientes criterios que

demonstran por qué el impacto hace que la ciudad sea más vulnerable:

- 1 **Inundaciones (fluviales y pluviales):** las condiciones geomorfológicas del territorio, la infraestructura poco resiliente, la proximidad de los sistemas urbanos a las rondas hídricas de los cuerpos de agua y la falta de gestión y manejo de los residuos sólidos.
- 2 **Sequías:** la falta de sistemas de captación, manejo y tratamiento del recurso hídrico, así como la falta de normatividad y política pública enfocada en el riesgo climático.
- 3 **Derrumbes o deslizamientos de tierra:** las condiciones geomorfológicas del territorio, la deforestación excesiva, la infraestructura poco resiliente, los cortes y excavaciones de laderas, la modificación del drenaje natural, las intervenciones antrópicas como los asentamientos humanos y la susceptibilidad a eventos sísmicos.
- 4 **Islas de calor:** la falta de normatividad y política pública enfocada en el riesgo climático.
- 5 **Enfermedades transmitidas por vectores:** la falta de sistemas de control de plagas y saneamiento, así como la falta de sistemas de captación, manejo y tratamiento del agua reutilizada.

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	Alto	Medio	Muy alto	Muy alto	0,8
Sequías (Desabastecimiento)	Alto	Medio	Medio	NA	NA	NA	0,7
Movimientos de remoción en masa (Av. torrenciales, deslizamientos)	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Muy alto	0,8
Islas de calor	NA	NA	Nulo	NA	NA	Bajo	0,6
Enfermedades transmitidas por vectores	NA	NA	NA	NA	NA	Medio	0,7

CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN

Para realizar la evaluación cualitativa de Villavicencio, se han identificado amenazas, impactos, vulnerabilidades y riesgos climáticos derivados del cambio climático presentes en la ciudad. Esto se ha logrado mediante el conocimiento técnico y territorial de los actores locales involucrados.

Para comprender las amenazas e impactos, se planteó la siguiente pregunta de investigación: “¿Qué amenazas o eventos climáticos han afectado el territorio?” Para

Villavicencio, se identificaron las siguientes amenazas y su ocurrencia:

- ❶ **Inundaciones (fluviales y pluviales):** suelen ocurrir más de una vez al año durante las temporadas de lluvia (abril-noviembre).
- ❷ **Sequías:** se presentan en la temporada de verano (diciembre-marzo).
- ❸ **Derrumbes o deslizamientos de tierra:** ocurren más de una vez al año durante las temporadas de lluvia (abril-noviembre).

- 4 **Islas de calor:** se generan en la temporada de verano (diciembre-marzo).
- 5 **Enfermedades transmitidas por vectores:** están asociadas a la escasez de agua durante las sequías.

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

- 1 **Disponibilidad de información:** se considera como el principal insumo para realizar la cartografía de riesgo.
- 2 **Diagnóstico cualitativo:** se utiliza para tener una primera aproximación

al nivel de riesgo que presenta cada dimensión frente a los riesgos evaluados.

- 3 **Percepción del riesgo:** se considera la percepción que tienen los diferentes actores de la ciudad sobre cada riesgo.

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

A cada criterio se le asignó un peso según su importancia para el desarrollo de las siguientes etapas del proyecto. En la Figura 6 se pueden observar los resultados obtenidos para la priorización de riesgos en Villavicencio. El desglose de la evaluación se presenta en la Tabla 12, donde se detalla cada criterio y la información base utilizada para realizar la priorización.

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

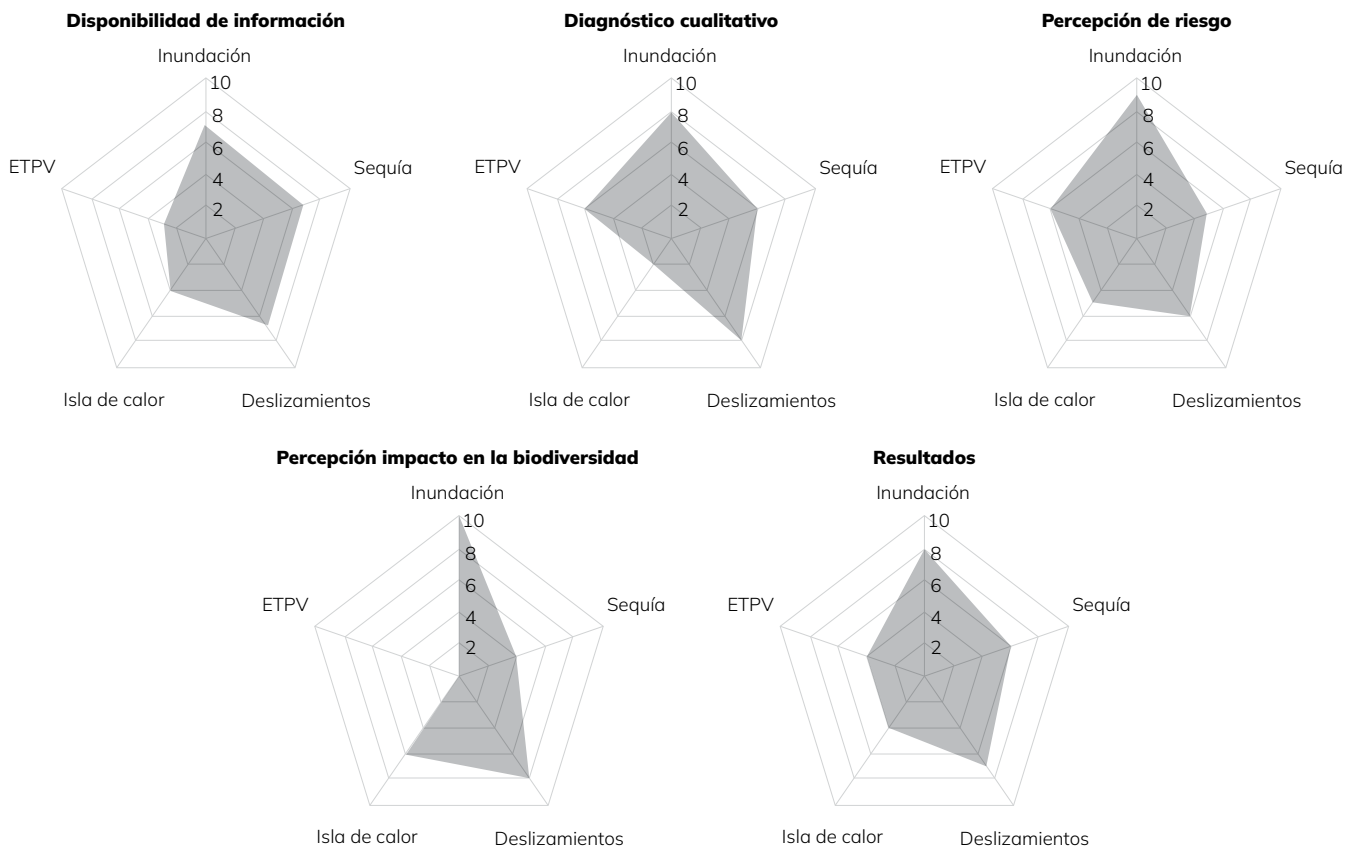


Tabla 13. Descripción y evaluación de los criterios para la priorización de riesgos.

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 %	0,78	0,71	0,75	0,47	0,30
Diagnóstico cualitativo	A partir de la evaluación cualitativa de los riesgos (3. Riesgo climático)	25 %	0,84	0,67	0,80	0,20	0,60
Percepción Grupo de Trabajo Riesgo Climático	A partir de la pregunta 1 de la encuesta de percepción de riesgo	30 %	0,90	0,56	0,60	0,56	0,64
Percepción Grupo de Trabajo Actores Comunitarios	A partir de la pregunta 3 de la encuesta de percepción de riesgo	10 %	1,00	0,40	0,80	0,60	0,00
Percepción Impacto en la Biodiversidad Grupo de Trabajo Riesgo Climático	A partir de la pregunta 3 de la encuesta de percepción de riesgo	10 %	1,00	0,60	0,80	0,40	0,00
Importancia para la generación de nuevos productos Grupos de Trabajo Riesgo Climático	A partir de la pregunta 4 de la encuesta de percepción de riesgo	10 %	1,00	0,94	0,74	0,86	0,66
Total			0,85	0,62	0,72	0,44	0,45

CONCLUSIONES Y PRINCIPALES HALLAZGOS

Gracias a la recopilación y revisión de la información analizada anteriormente, se puede afirmar que el municipio de Villavicencio cuenta con estudios relevantes que incluyen la caracterización de los riesgos, escenarios del cambio climático y desarrollo sostenible. Esto ha permitido identificar proyectos, programas, actividades y políticas que se desarrollan en el territorio y contribuyen a la construcción de resiliencia.

Villavicencio cuenta con una gran variedad de fuentes hídricas, como ríos, quebradas y caños. Durante periodos de altas precipitaciones, estas fuentes pueden desbordarse y causar inundaciones. Sin embargo, además de las condiciones naturales, hay otros factores que condicionan esta amenaza, como las actividades humanas en sus alrededores, incluyendo invasión del cauce, desecho de residuos, impermeabilización del suelo y asentamientos informales, entre otros.

Los ríos Guatiquía, Guayuriba y Ocoa, así como los caños Caño Pendejo y Caño Grande, presentan condiciones de amenaza tanto para inundaciones como para movimientos en masa. Esto significa que son propensos a generar avenidas torrenciales. Sin embargo, es importante realizar y complementar los estudios mencionados en este diagnóstico para ampliar el conocimiento del territorio y reducir la incertidumbre frente a los desastres. Además, se des-

taca que el piedemonte llanero y el cerro Cristo Rey son las zonas de la ciudad más susceptibles a movimientos en masa, incluyendo factores desencadenantes como altas precipitaciones, intervención antrópica y la posibilidad de eventos sísmicos.

En el caso de las sequías, es necesario incorporar los estudios presentados en el PRICCO y en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático en los instrumentos de planificación, como el Plan Municipal de Gestión del Riesgo, el Plan de Desarrollo Municipal y el Plan de Ordenamiento Territorial. Además, se propone realizar estudios complementarios que consideren la alta probabilidad de sequía extrema que enfrenta el municipio, dado que para el año 2040 se proyecta un aumento en la temperatura máxima anual en la región Orinoquía de entre 0,8 y 1,9 °C.

A partir de este diagnóstico, se establece que los riesgos priorizados para el Análisis de Riesgo de Villavicencio, que complementarán la gestión de riesgo del municipio, serán las inundaciones, los movimientos de remoción en masa y la sequía. Se deberá analizar con el punto focal del municipio y con el Comité Municipal de Gestión del Riesgo y Desastres (CMGRD) si es necesario diferenciar el riesgo de deslizamientos y avenidas torrenciales, ya que son críticos para el municipio.

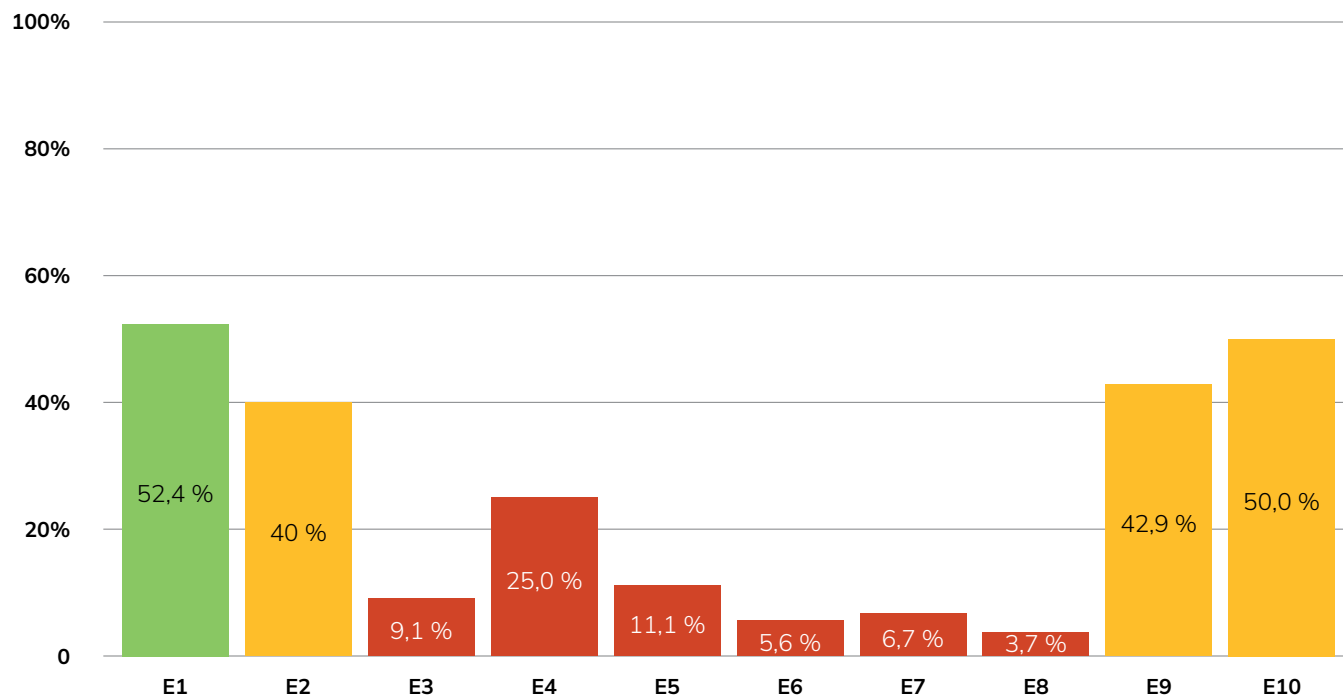
BIBLIOGRAFÍA DIAGNÓSTICO

- Alcaldía de Villavicencio. (2015). Documento técnico de soporte. Plan de Ordenamiento Territorial.
- Alcaldía de Villavicencio. (2020). Plan de desarrollo Villavicencio cambia contigo 2020-2023.
- CAPAS GEO - IDEAM. (2021). Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/capas-geo>
- DANE. (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivienda-2018>
- FINDETER. (2016). Plan de Acción de Villavicencio. Villavicencio. Recuperado de: <https://repositorio.findeter.gov.co/handle/123456789/197>
- GIZ & 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, CANCELLE- RÍA. (2017). Análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático en Colombia: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLE RÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia.
- MADS, Corporinoquia, Cormacarena, Ecopetrol, CIAT 50, CGIAR, CCAFS. (2017). Plan Regional Integral de Cambio Climático para la Orinoquia.
- Oficina de Gestión del Riesgo de Desastres. (2015). Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre de Villavicencio.
- Secretaría de salud de Villavicencio. (2016). Plan de salud territorial 2016-2019. Recuperado de: <http://historico.villavicencio.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/PLAN%20DE%20SALUD%20TERRITORIAL%202016-2019.pdf>
- Toro Cerón, D. (2020, 19 septiembre). La gestión de la infraestructura verde urbana en la ciudad de Villavicencio. Recuperado de: <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/11242/LA%20GESTIÓN%20DE%20LA%20INFRAESTRUCTURA%20VERDE%28%20DIANA%20TORO%29.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- UNGRD. (2022, 1 febrero). Riesgo por sequía (caracterización general). Recuperado de: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/36815/Riesgo%20por%20sequ%C3%ADa.pdf?sequence=8&isAllowed=y>

RESULTADOS SCORECARD

	Aspectos esenciales	Puntuación	Resiliencia
E1	Organizarse para la resiliencia	52,4 %	Media alta
E2	Identificar, comprender y utilizar los escenarios de riesgos actuales y futuros	40,0 %	Media baja
E3	Fortalecer la capacidad financiera para la resiliencia	9,1 %	Baja
E4	Promover el diseño y desarrollo urbano resiliente	25,0 %	Baja
E5	Proteger las zonas naturales de amortiguación para mejorar las funciones de protección de los ecosistemas	11,1 %	Baja
E6	Fortalecer la capacidad institucional para la resiliencia	5,6 %	Baja
E7	Comprender y fortalecer la capacidad social para la resiliencia	6,7 %	Baja
E8	Aumentar la resiliencia de la infraestructura vial	3,7 %	Baja
E9	Asegurar una respuesta efectiva ante los desastres	42,9 %	Media baja
E10	Acelerar el proceso de recuperación y reconstruir mejor	50,0 %	Media baja
	Total	22,0 %	Baja

Puntaje Scorecard - MCR2030



A partir de la aplicación del Scorecard, se pudo determinar que el municipio de Villavieja presenta una baja resiliencia en cuanto a la gobernanza sobre la gestión del riesgo de desastres. Para aumentar su resiliencia, es importante mejorar los siguientes aspectos:

- 1 Promover la creación y reglamentación del fondo de financiación para la gestión del riesgo, incluyendo sus subcuentas de conocimiento, reducción y manejo.
- 2 Considerar la necesidad de fomentar un desarrollo adaptado al cambio climático dentro de la planificación urbana, con el fin de consolidar un sistema urbano resiliente.
- 3 Fortalecer la sensibilización y comprensión sobre las contribuciones de la naturaleza a las personas y la importancia de los ecosistemas.
- 4 Promover la implementación de políticas que integren la infraestructura verde y azul en los proyectos de la ciudad.
- 5 Apoyar la creación y difusión de campañas educativas para los habitantes sobre las amenazas, riesgos y desastres que pueden afectar la ciudad, así como proporcionar capacitaciones para fomentar la resiliencia y la respuesta en casos de desastre.
- 6 Fomentar técnicas de participación ciudadana, como la creación de redes comunitarias y el fortalecimiento de las organizaciones locales, para que puedan responder de manera efectiva ante situaciones de crisis.
- 7 Incentivar la creación de capacitaciones dirigidas a los grupos más vulnerables y a las poblaciones más necesitadas de la ciudad, para que conozcan sus riesgos y sepan cómo actuar ante ellos.
- 8 Mejorar el conocimiento sobre los riesgos que afectan la infraestructura vital e incrementar la implementación de medidas de reducción del riesgo.



Capítulo 3

RESULTADOS ESPACIALES

p. 55

Delimitación del área de estudio

p. 56

Riesgo por Sequía

p. 64

Riesgo por Inundación

p. 76

Riesgo por Movimientos de remoción en masa

p. 90

Riesgo Crítico

p. 95

Escenarios de Cambio Climático

p. 103

Análisis de Índices de Cambio Climático

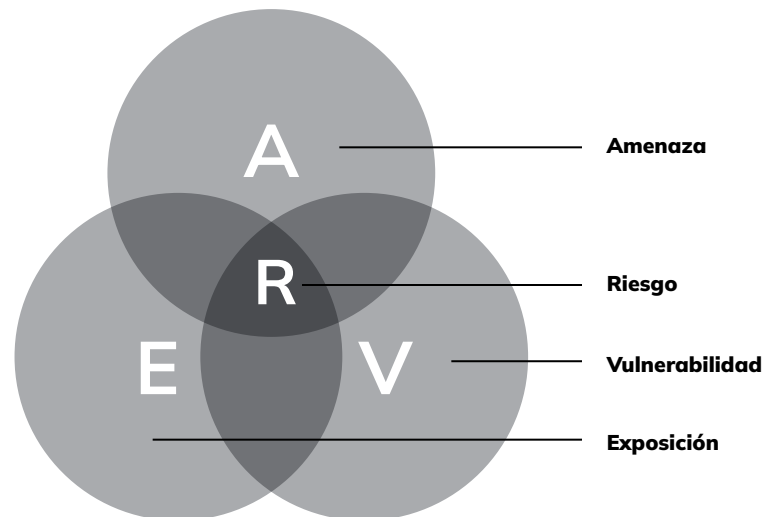
Tabla 14. Definición de las dimensiones del bienestar y elementos expuestos incluidos dentro del análisis de riesgo y vulnerabilidad climática..

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

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

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

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



1. IPCC, 2022: Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. 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 (Análisis de Riesgo y Vulnerabilidad Climática), se tomó como punto de partida un área base compuesta por suelo urbano y suelo de expansión urbana, según la clasificación realizada por el municipio. Estas dos categorías de uso del suelo son especialmente relevantes para el análisis de las dimensiones de hábitat humano, infraestructura y salud, debido a la concentración de población en dichas áreas. Además de

esta área base, se incluyeron las áreas naturales periurbanas, que abarcan aquellas zonas que forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, así como otras áreas de importancia ecosistémica debido a las funciones ecológicas que desempeñan y las contribuciones que ofrecen a las personas y sus 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 teniendo en cuenta la distribución espacial de la precipitación total anual y las zonas donde se registran periodos prolongados de sequía, medidos mediante el indicador CDD (días consecutivos de sequía, por sus siglas en inglés). En la zona suroriental de la ciudad se observa una menor precipitación anual, lo cual se correlaciona con los periodos más prolongados sin lluvia. Por lo tanto, los valores más críticos de amenaza por sequía se presentan en la

zona rural al suroriente del área de estudio, donde se registra una amenaza muy alta. Hacia el noroccidente, la amenaza disminuye, lo que resulta en niveles medio y alto dentro del casco urbano y una amenaza muy baja en Buenavista.

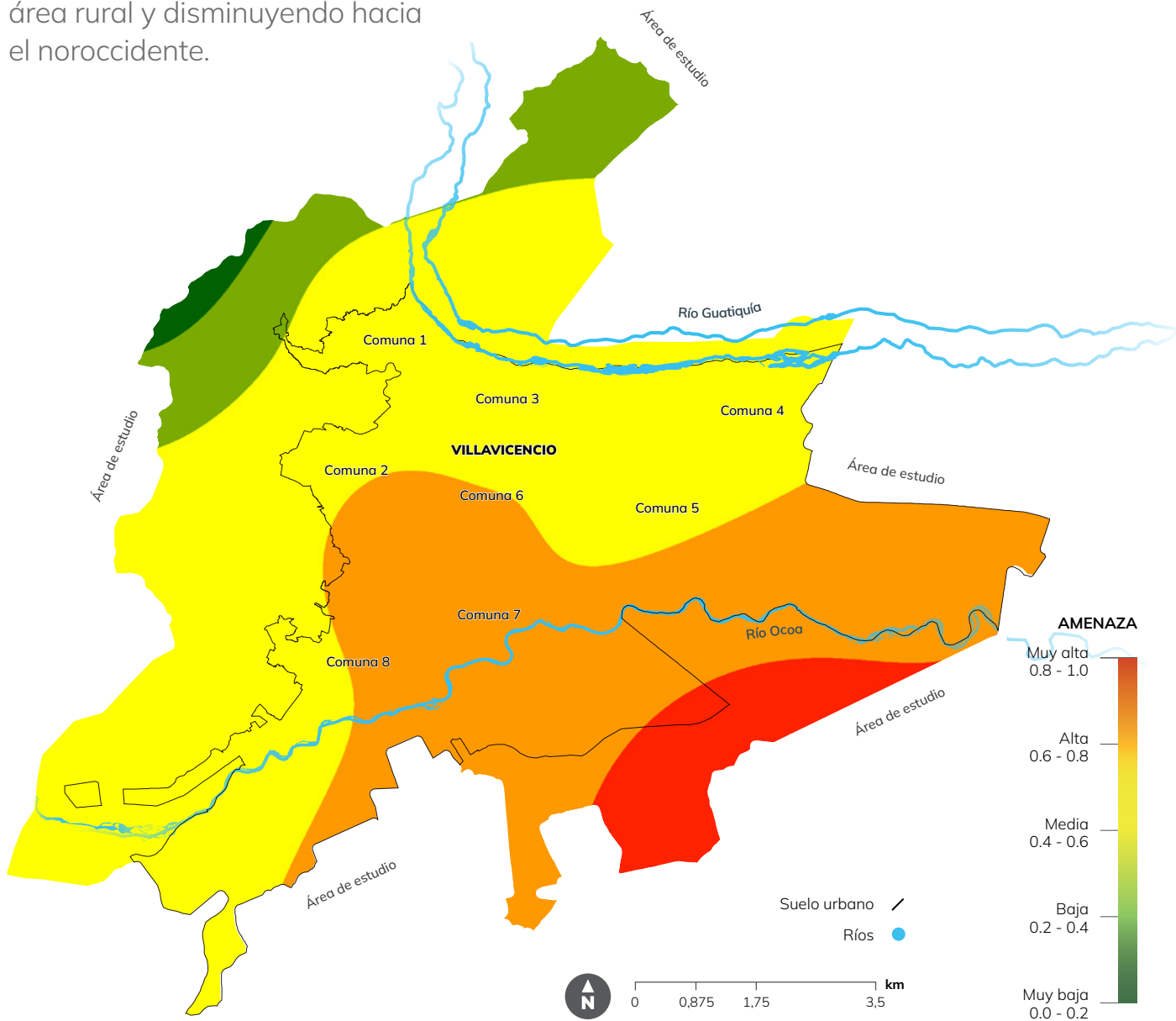
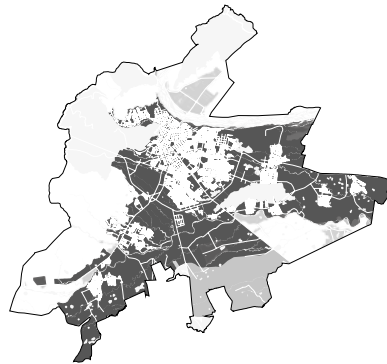
En este contexto, las zonas rurales ubicadas en la llanura, que suelen estar asociadas a actividades agropecuarias, presentan una mejor situación en términos de amenaza por sequía debido a las condiciones climáticas que prevalecen en esas áreas. Sin embargo, esta situación representa una amenaza significativa para las dimensiones de seguridad alimentaria y biodiversidad, las cuales están más expuestas en el área rural.

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



- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano

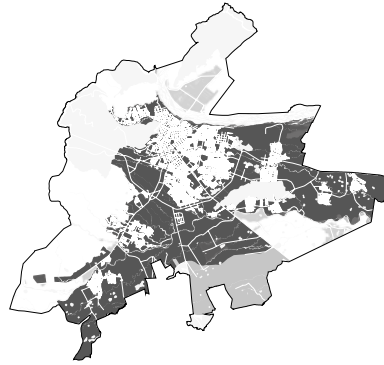
La sequía es un fenómeno que provoca escasez de agua debido a la falta de lluvia y altas temperaturas. Esto afecta los ríos, el suelo y los ecosistemas, generando desequilibrios hidrológicos. En una zona específica, se registran períodos prolongados de sequía, aumentando la amenaza en el área rural y disminuyendo hacia el noroccidente.



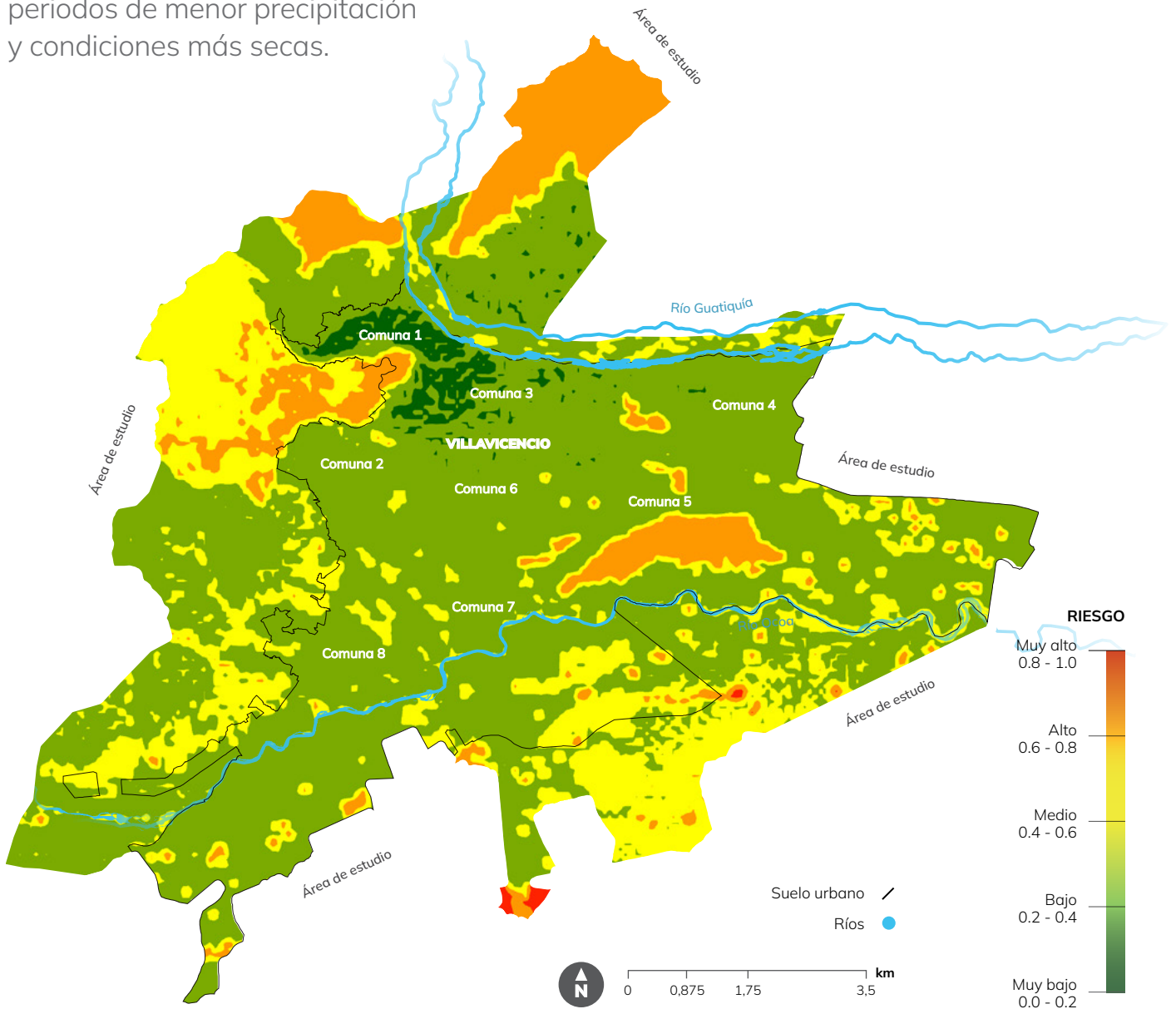
BIODIVERSIDAD Y RIESGO POR SEQUÍA

Algunas áreas, como la Reserva Forestal Protectora Cuenca Alta del Caño Vanguardia y la Reserva Forestal Protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque, presentan mayor exposición debido a periodos de menor precipitación y condiciones más secas.

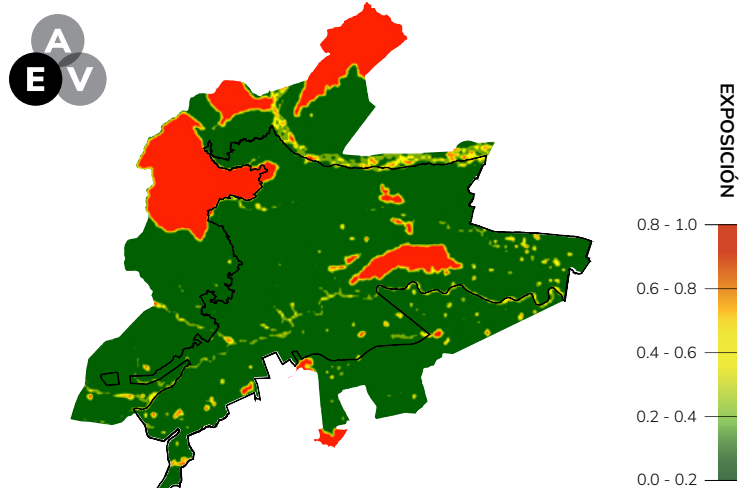
- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



ANÁLISIS DE RIESGO Y VULNERABILIDAD CLIMÁTICA CON ENFOQUE ECOSISTÉMICO

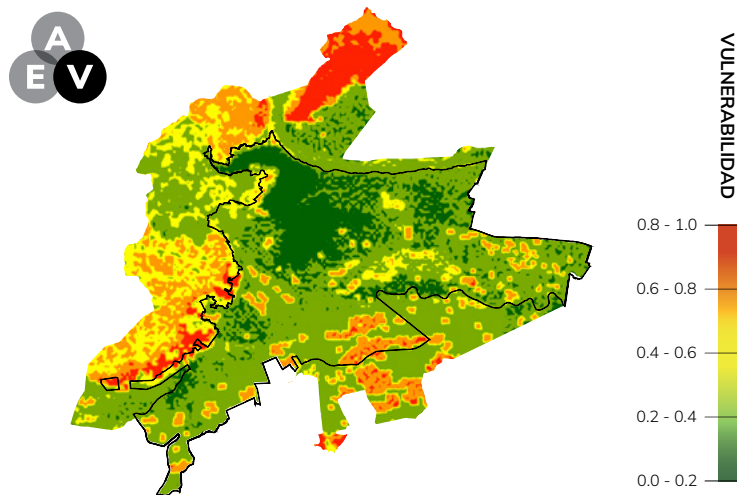


BIODIVERSIDAD Y EXPOSICIÓN A LA SEQUÍA



Para esta dimensión se evaluaron las áreas naturales expuestas a periodos de sequía. El análisis reveló que las partes con alta exposición se encuentran cerca de los límites Norte y Noroeste del municipio, como la Reserva Forestal Protectora Cuenca Alta del Caño Vanguardia y la Reserva Forestal Protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque, respectivamente, así mismo, cerca del lado este del área urbana (Área protegida Kirpas-Pinilla La Cuerera). Estas áreas presentan mayor exposición debido a los periodos de menor precipitación y condiciones climáticas más cálidas y secas.

BIODIVERSIDAD Y VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA



Se utilizaron datos de humedad y protección del suelo/ecosistemas para modelar este indicador. Se puede observar que las extensas áreas de vegetación que cubren las regiones del norte muestran altos indicadores de susceptibilidad. Esto puede estar relacionado con el hecho de que esta zona se encuentra muy cerca y depende de cursos de agua, lo que la hace muy vulnerable al estrés hídrico. Por otro lado, las zonas urbanas no muestran una gran vulnerabilidad.

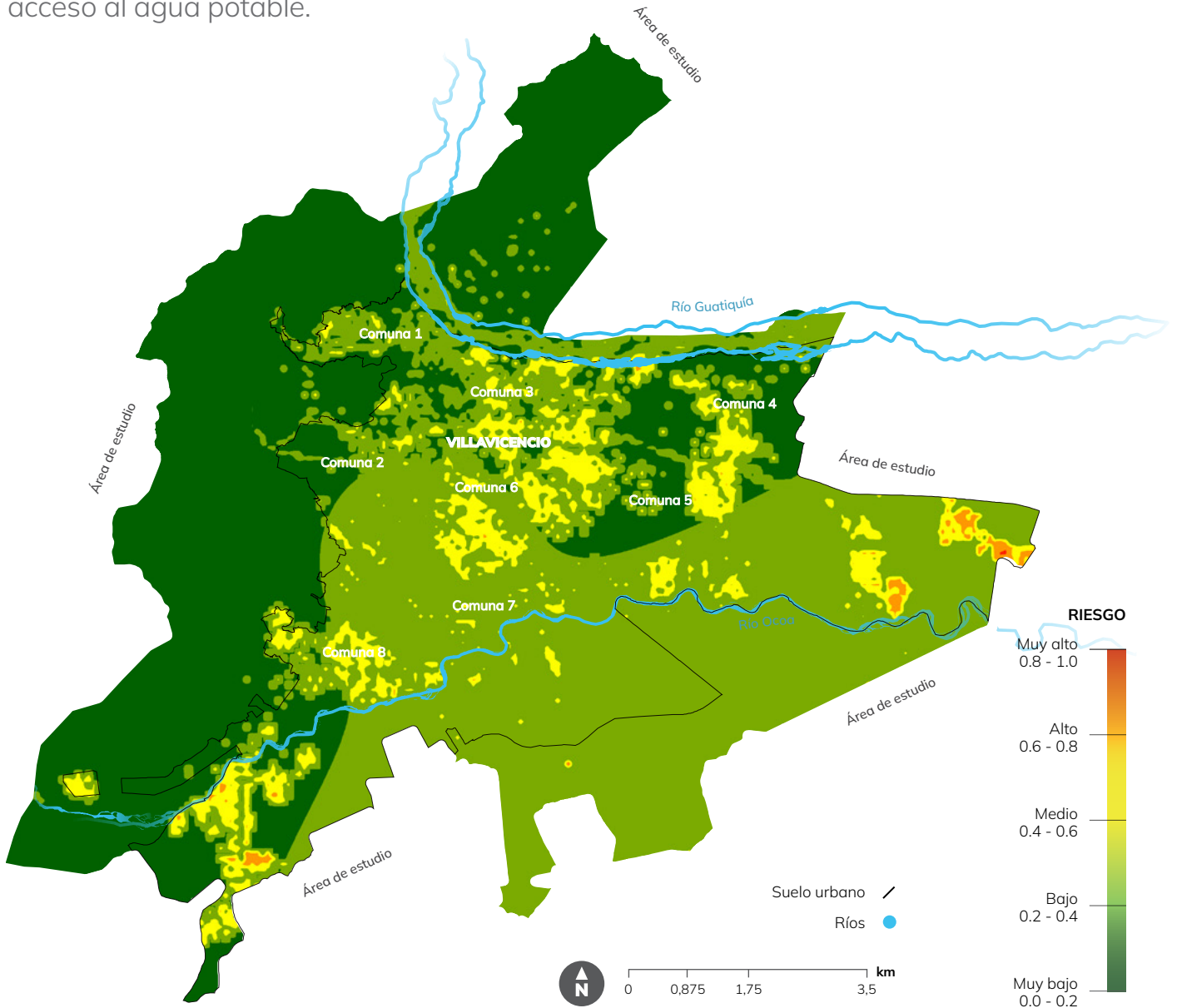
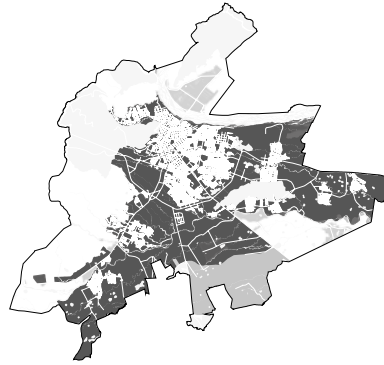
Este riesgo evalúa toda el área de estudio, y se puede observar que las áreas protegidas son las más afectadas. En el caso de la Reserva Forestal Protectora Nacional (RFPN) Quebrada Honda, gran parte del área se encuentra en riesgo medio, mientras que el resto está en riesgo alto. Las RFPN Cerro Vanguardia y Cuenca Alta del Caño Vanguardia, el Distrito de Conservación de Suelos (DCS) Kirpas Pinilla y los Parques Ecológicos Humedal Corncoro, Calatrava, Caracolí y Charco Oasis presentan un riesgo alto. Además, el bosque Bavaria y algunos de los humedales estudiados también están en riesgo alto. Es importante tener en cuenta que todo el piedemonte es muy vulnerable debido a las prácticas antropogénicas, como las quemadas indiscriminadas que afectan la cobertura vegetal.

Por otro lado, gran parte del Parque Ecológico Humedal Zuria se encuentra en riesgo muy alto, ya que es un ecosistema altamente vulnerable según la lista roja. Además, al ser un área de recreación, está expuesta a una gran presión por parte de las actividades humanas. Dentro de estas áreas naturales, se ven afectados diferentes animales, como la anaconda, el chigüiro, el venado, el mono zocay y la danta.

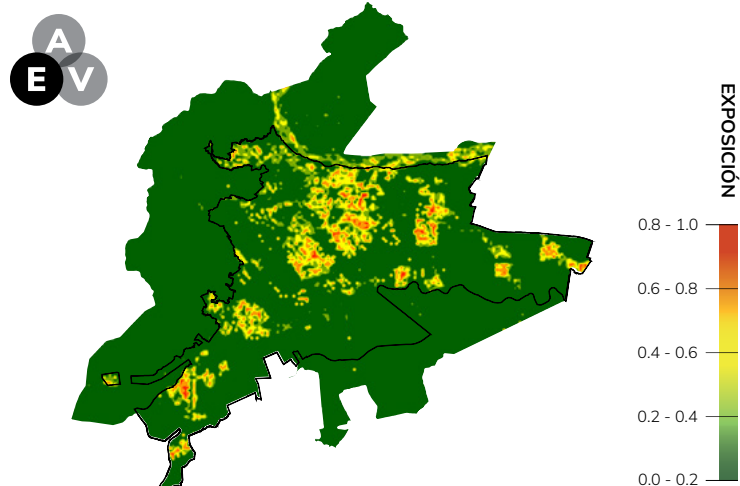
RECURSO HÍDRICO Y RIESGO POR SEQUÍA

En el área urbana, se registran altos niveles de exposición en Caño Maizaro, mientras que en el Norte del municipio hay niveles bajos. Las comunas 10 y 9 presentan un riesgo muy alto debido a la pobreza y la falta de acceso al agua potable.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



RECURSO HÍDRICO Y EXPOSICIÓN A LA SEQUÍA

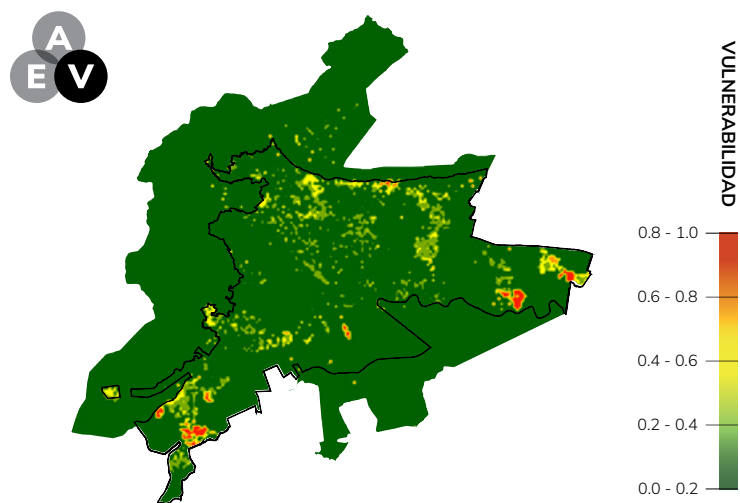


Los indicadores utilizados para esta dimensión fueron la densidad poblacional y la presencia de cuerpos hídricos. En el mapa, se observan registros puntuales de exposición altos y medianos en el área urbana, especialmente cerca al Caño Maizaro. Por otro lado, en el Norte del municipio se registran niveles bajos de exposición, ya que esta área no presenta asentamientos urbanos significativos. Lo mismo ocurre en el Sur, donde la predominancia de actividades agrícolas y pecuarias no genera registros significativos de exposición a sequías.

Las sequías en Villavicencio pueden afectar el suministro de agua potable, ya que se implementan racionamientos cuando los ríos disminuyen su caudal y no pueden abastecer suficiente agua para la distribución. Ha habido casos en los que la comunidad ha experimentado hasta 2 semanas sin agua y ha tenido que ser abastecida mediante el uso de carrotanques.

Es por esta razón que, en esta dimensión, se tuvo en cuenta los cuerpos de agua que abastecen a la ciudad, principalmente el río Guatiquía y los caños Maizaro y Buque. Se puede observar que tanto en el costado oriental del municipio (comuna 10) como en el suroccidente (comuna 9), existe un riesgo alto, ya que son comunidades que no cuentan con suministro de agua potable, lo que las hace más vulnerables en situaciones de escasez de agua.

RECURSO HÍDRICO Y VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA

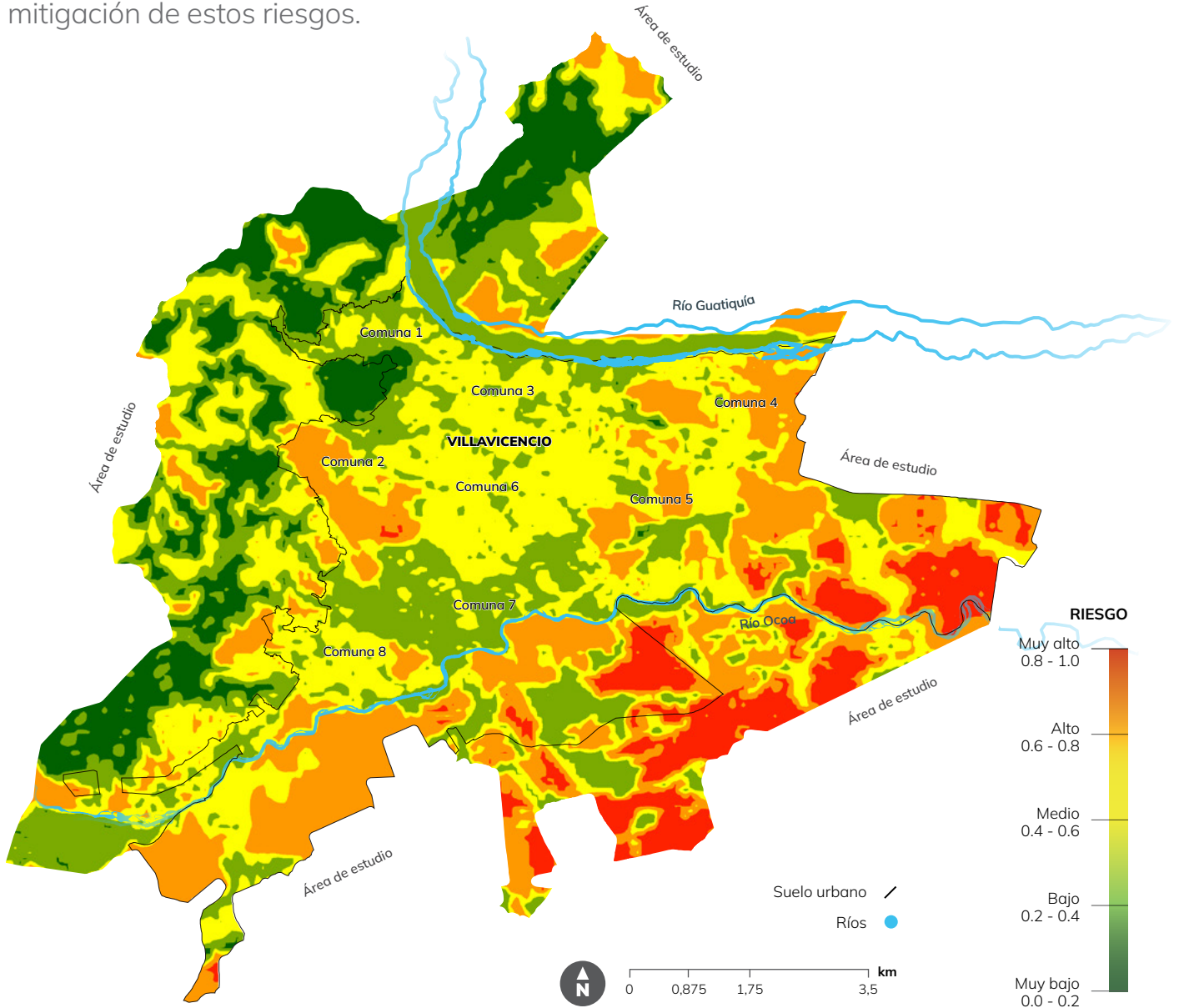
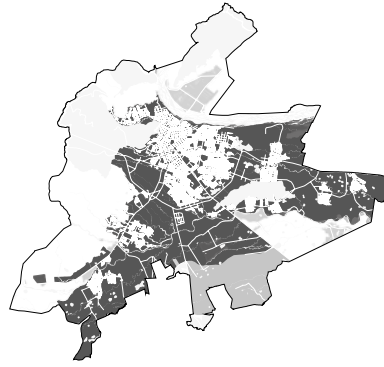


Para esta dimensión se tuvo en cuenta el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) y el porcentaje de viviendas sin acceso al servicio de agua potable. Se puede observar que la comuna 10, ubicada al sureste, y la comuna 9, ubicada al suroeste, presentan un riesgo muy alto, y en el caso de la comuna 4, cerca del río Guatiquía, presenta un riesgo alto. Estas zonas coinciden con áreas donde se encuentran comunidades en situación de pobreza y que no cuentan con acceso al servicio de agua potable.

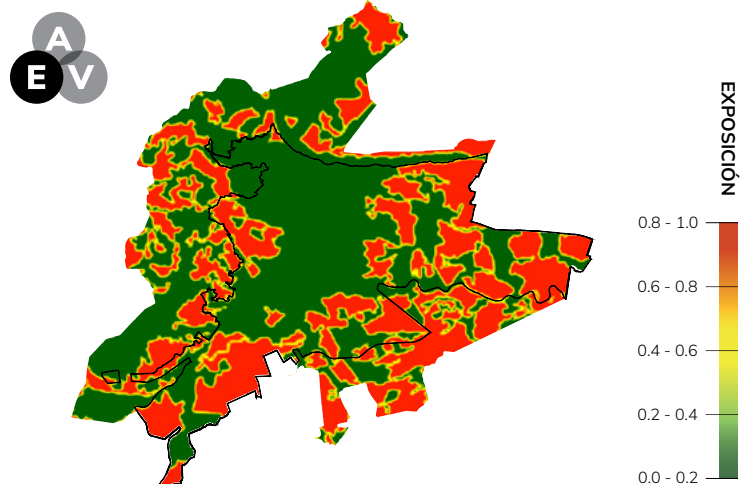
SEGURIDAD ALIMENTARIA Y RIESGO POR SEQUÍA

Las áreas rurales circundantes a la parte urbana son altamente vulnerables a las sequías, lo que afecta la producción de alimentos. La cobertura vegetal juega un papel clave en la mitigación de estos riesgos.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



SEGURIDAD ALIMENTARIA Y EXPOSICIÓN A LA SEQUÍA

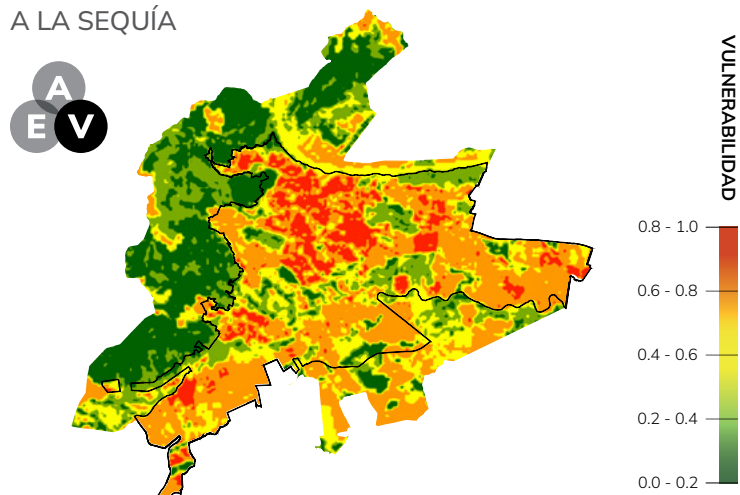


Para evaluar la exposición en términos de seguridad alimentaria en caso de sequía, se utilizó el indicador de la cantidad de área agropecuaria afectada. Como resultado, se identificaron numerosas áreas con alta exposición a las sequías. Estas áreas se encuentran en las zonas rurales circundantes a la parte urbana, como se muestra en el mapa. Durante los periodos de sequía y escasa lluvia, estas tierras y cultivos pueden sufrir daños, lo que afecta la producción de alimentos y su calidad.

Se puede observar que, en esta dimensión, la sequía tiene un impacto significativo en el suelo agrícola. En algunas zonas del piedemonte, se evidencia un riesgo medio y alto, debido al estrés hídrico que experimentan los cultivos. Esto se debe a la disminución de la humedad causada por el aumento de temperaturas. Sin embargo, la presencia de una gran área boscosa alrededor ayuda a mitigar este impacto.

En la llanura, se puede observar que las zonas sur y suroriental presentan un riesgo alto y muy alto en el suelo. Esto se debe a que, a medida que nos alejamos del piedemonte y las áreas boscosas, el suelo se vuelve más susceptible al estrés hídrico. Es más difícil obtener humedad a través de la vegetación, lo que aumenta la vulnerabilidad. Además, las zonas con riesgo muy alto son aquellas donde se están llevando a cabo prácticas poco o nada sostenibles, lo que reduce la capacidad de resiliencia ante eventos como la sequía.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA



Para el modelamiento se utilizaron capas relacionadas con la aridez, la humedad de los cultivos y la protección de los suelos rurales. El casco urbano presenta una vulnerabilidad muy alta debido a su alta impermeabilidad. Sin embargo, también se observó una alta vulnerabilidad en las zonas rurales, lo cual puede estar relacionado con el índice bajo de humedad en el suelo, haciendo que sean más susceptibles a las 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 considerando la información de precipitación total anual y su comportamiento dentro del área de estudio. Además, se tuvieron en cuenta los estudios de amenaza existentes en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), los cuales identificaron las zonas afectadas por inundaciones fluviales.

Basándonos en lo anterior, la amenaza por inundación se concentra principalmente en los cuerpos de agua y sus áreas adya-

centes. En el caso de la zona cercana al río Guatiquía, se observa una amenaza muy alta en el cauce del río y amenazas medias y altas en las áreas adyacentes. Esta zona ha experimentado fuertes impactos en eventos pasados debido a crecidas del río y, además, coincide con niveles de precipitación más elevados, lo que aumenta aún más la amenaza.

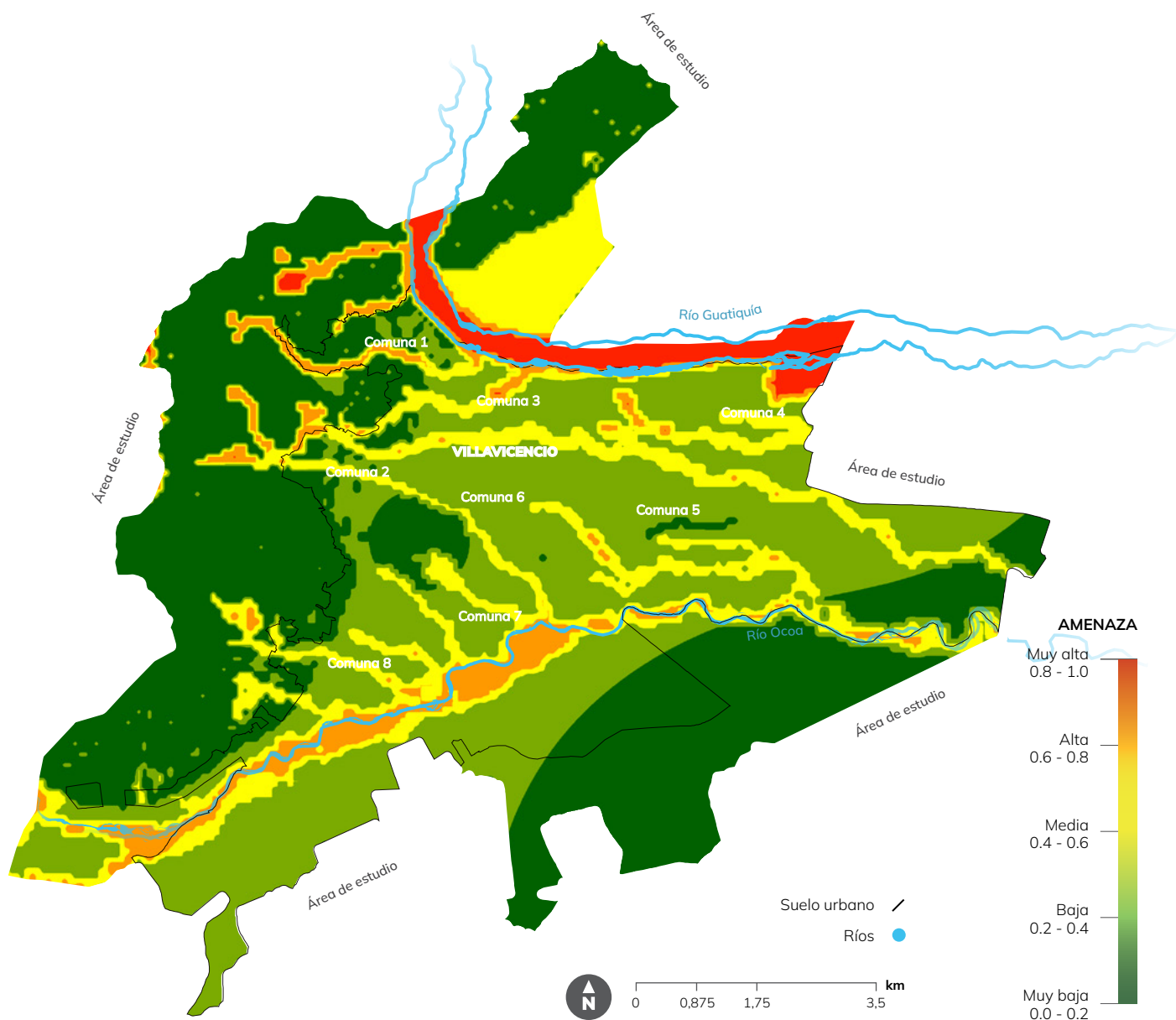
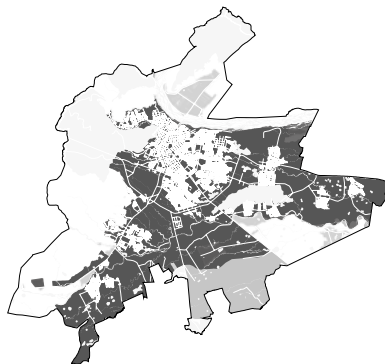
Por otro lado, en el sur del área de estudio, el río Ocoa también representa una amenaza que va de media a alta a lo largo de su recorrido por la ciudad de Villavicencio. Asimismo, los afluentes del río Ocoa que confluyen dentro del área urbana presentan niveles de amenaza media.

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



- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano

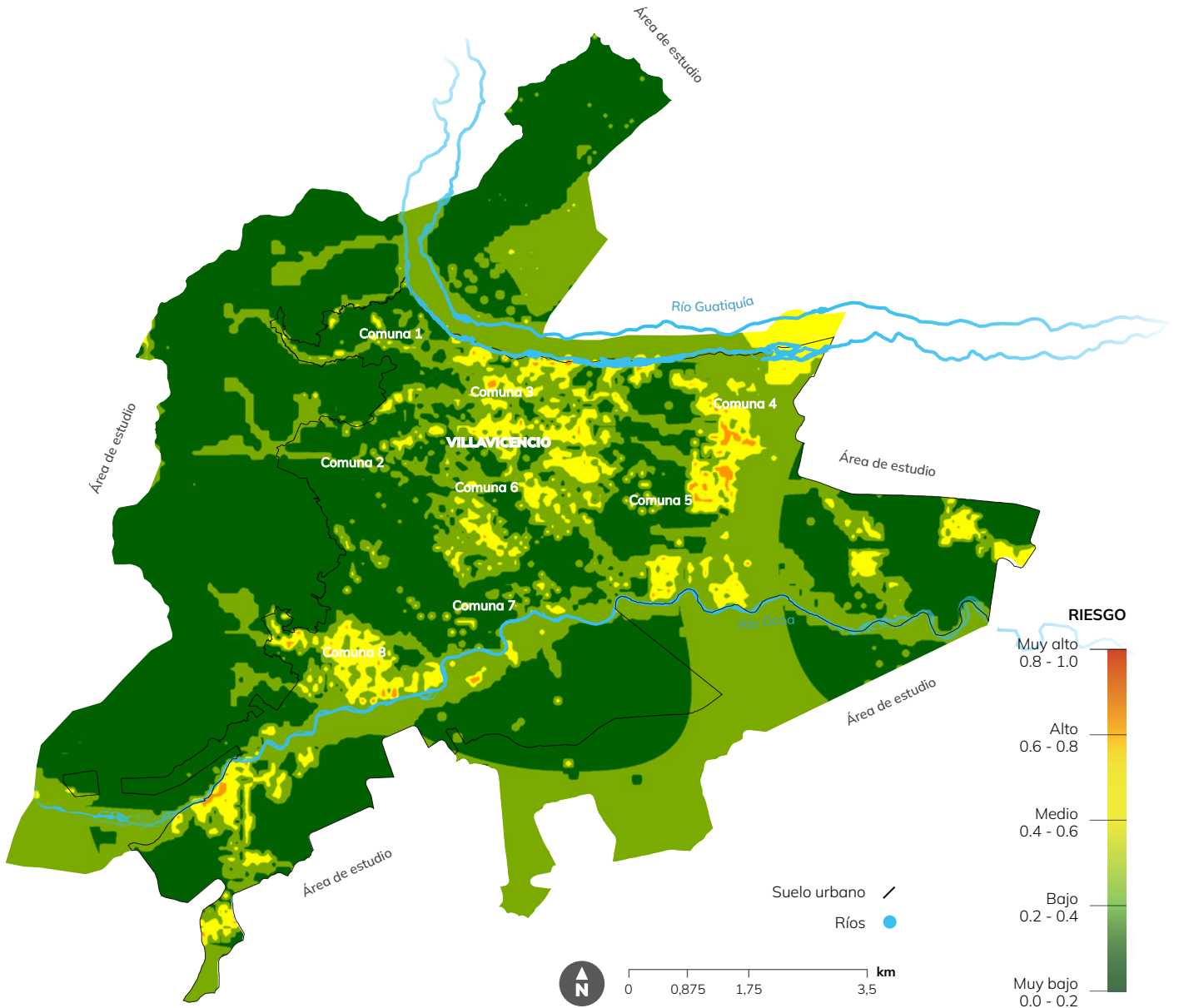
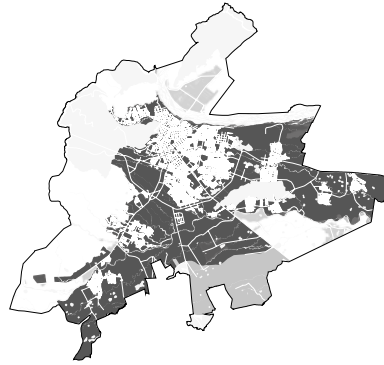
Las inundaciones son causadas por lluvias intensas que elevan el nivel del agua en los cuerpos de agua y desbordamientos. Las zonas más amenazadas están cerca de los ríos Otún y Cauca, así como la quebrada Combia y Consotá Alta.



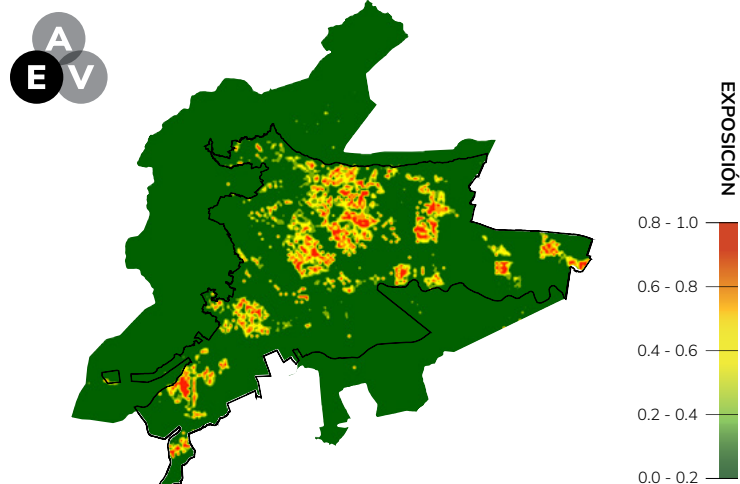
SALUD Y RIESGO POR INUNDACIÓN

La exposición a inundaciones puede tener impactos en la salud de la población. Las áreas cercanas a los cuerpos de agua y muy pobladas son más vulnerables.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



SALUD Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN

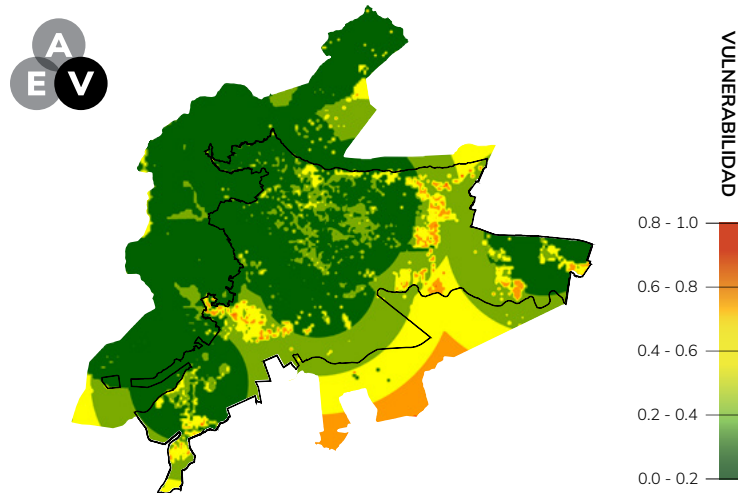


El nivel de exposición a inundaciones en relación con la dimensión de la salud se evalúa considerando la densidad de población, desagregada por género, en áreas planas determinadas en función de la pendiente del terreno. Se ha observado una concentración de población en algunas áreas cercanas a los cuerpos de agua, lo que aumenta la probabilidad de que estas personas sufran daños en su salud debido a la inundación de sus viviendas causada por el flujo de los ríos, especialmente durante episodios de lluvias intensas.

En esta dimensión, se puede observar que el riesgo medio se encuentra en las zonas con mayor desarrollo urbano, y se destaca que los asentamientos cercanos al río Quatiquía pueden ser vulnerables desde el punto de vista de la salud, lo que los pone en riesgo ante inundaciones. Además, el riesgo alto se presenta en áreas específicas debido a la alta concentración de habitantes por hectárea, lo que aumenta su exposición a este riesgo.

Aunque el riesgo para la dimensión de salud no es inminente, existen registros de personas fallecidas, heridas y desaparecidas como consecuencia de las inundaciones. Esto nos llama a mantenernos alerta y no bajar la guardia, ya que aunque estos eventos no sean frecuentes, pueden tener un impacto significativo.

SALUD Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN

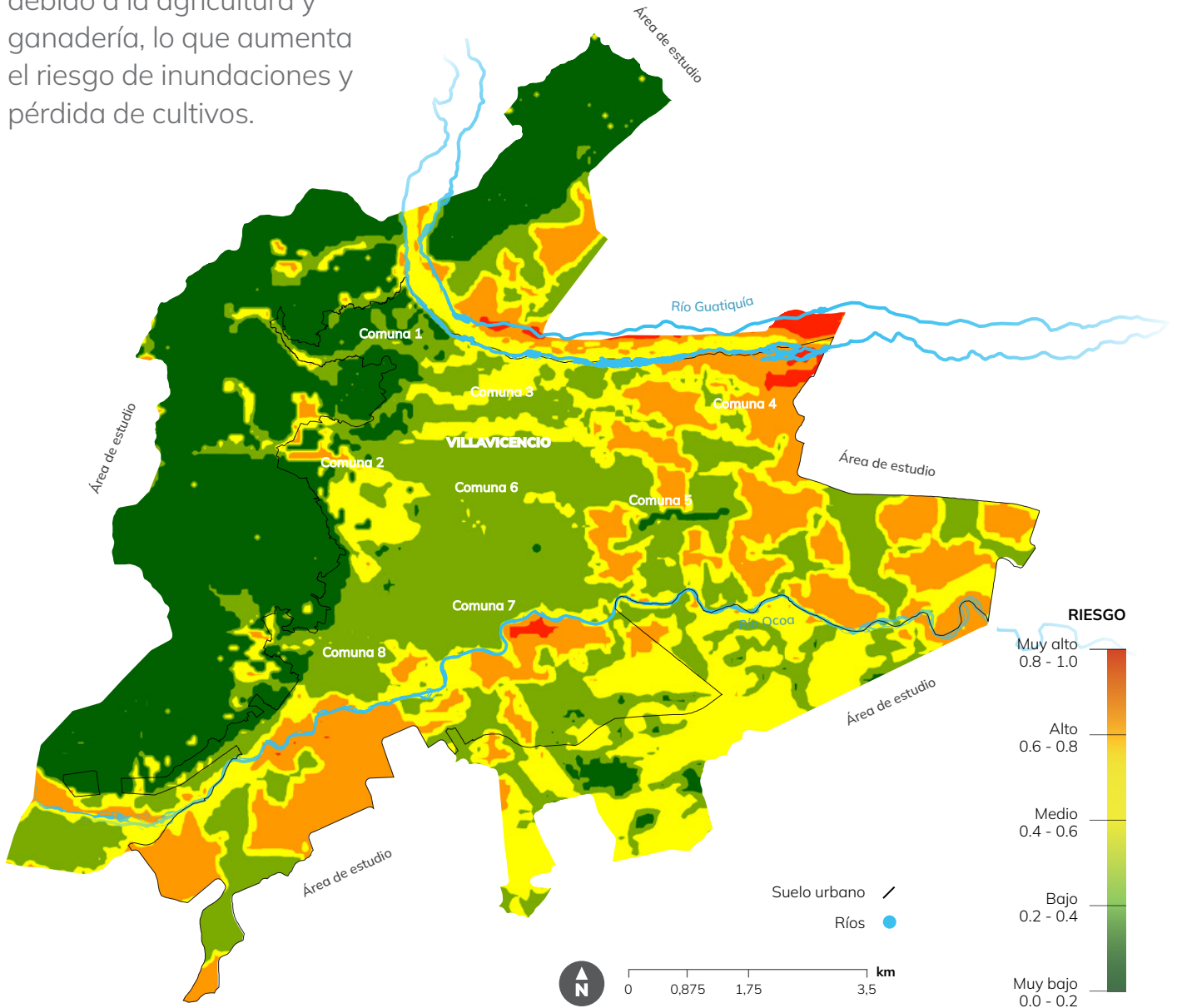
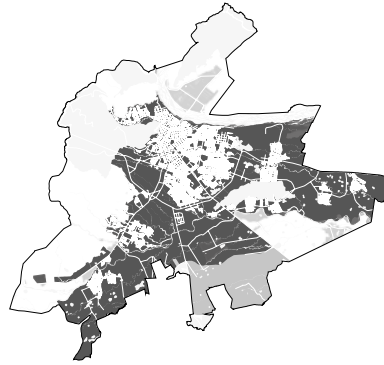


Esta dimensión se basa en la población en edad sensible, complementada con información socioeconómica, como la proximidad a servicios de salud y el índice de pobreza. El modelo también considera información sobre inundaciones y zonas topográficamente susceptibles. Un ejemplo de esto es la comuna 8, que se muestra como un importante punto de vulnerabilidad en esta dimensión.

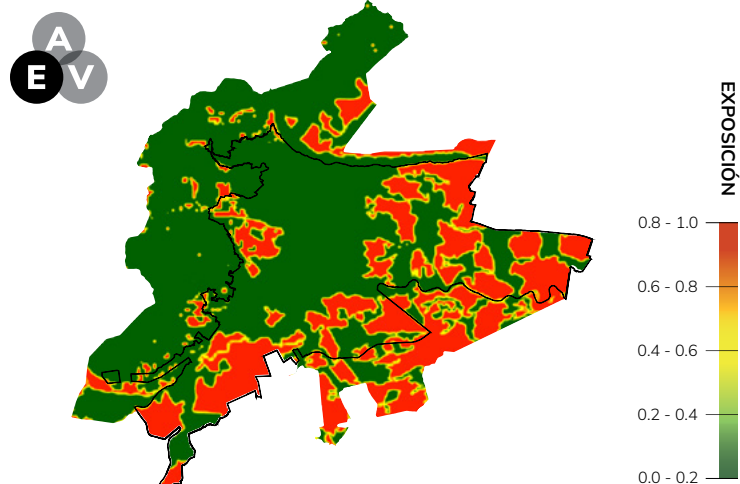
SEGURIDAD ALIMENTARIA Y RIESGO POR INUNDACIÓN

Las zonas cercanas a los ríos Ocoa y Guatiquía en Villavicencio presentan una alta exposición en seguridad alimentaria debido a la agricultura y ganadería, lo que aumenta el riesgo de inundaciones y pérdida de cultivos.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



SEGURIDAD ALIMENTARIA Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN

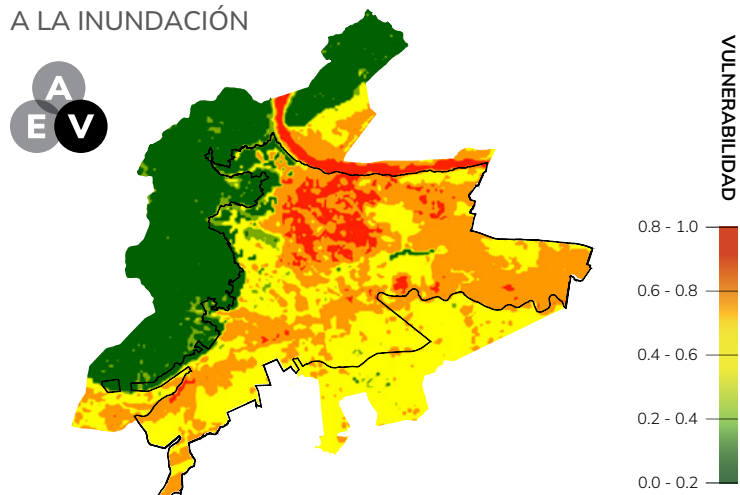


Para esta dimensión se utilizó el indicador del porcentaje de áreas agrícolas. Se observa que en las zonas sur y oeste del área de estudio hay una exposición muy alta debido a su proximidad al río Ocoa, mientras que en la zona norte se deben al río Guatiquía. Esto se debe al uso del agua para el riego de los cultivos y para garantizar un buen suelo, lo que implica un riesgo de exposición a inundaciones que puede afectar la calidad de los productos agrícolas y ganaderos.

En esta dimensión, el riesgo se extiende por toda la zona rural del área de estudio. En comparación con las dimensiones anteriores, esta es la dimensión que presenta un riesgo más significativo, debido a las condiciones topográficas, como la pendiente y las características del suelo, que la hacen más vulnerable. Se puede observar que la mayoría del área agrícola se encuentra en un rango de riesgo medio a alto, destacándose como riesgo muy alto la ribera del río Guatiquía y una parte de la comuna 7, que está ubicada junto al río Ocoa.

Los principales impactos que se presentan son la afectación en la ganadería y la pérdida de cultivos, como plátanos, yuca, maíz y arroz.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN

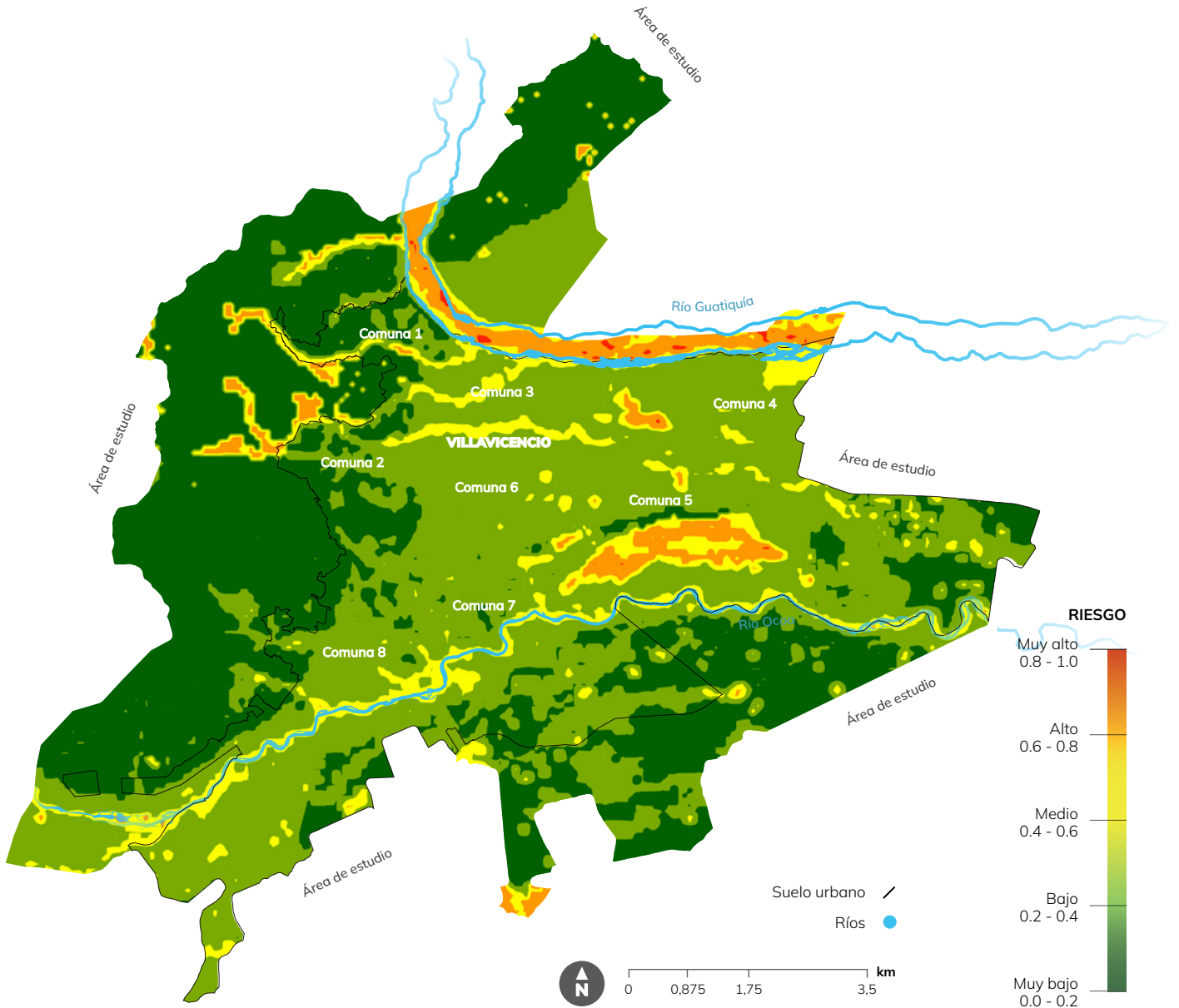
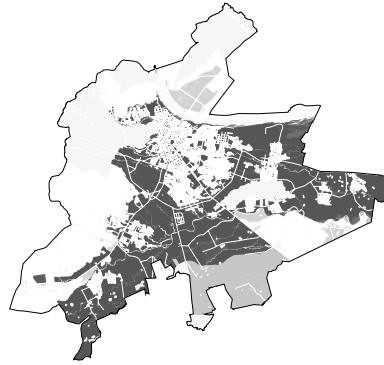


Se utilizaron como capas de entrada para el modelo las características naturales del terreno y la ponderación del uso agropecuario. Además, se consideraron las áreas verdes protegidas que atraviesan la región de suroeste a noreste. Villavicencio se encuentra en una zona muy plana y, por lo tanto, es altamente susceptible al riesgo de inundaciones. Por lo tanto, las áreas con mayor grado de vulnerabilidad son aquellas que también presentan otros factores que aumentan la sensibilidad, como la baja permeabilidad del suelo.

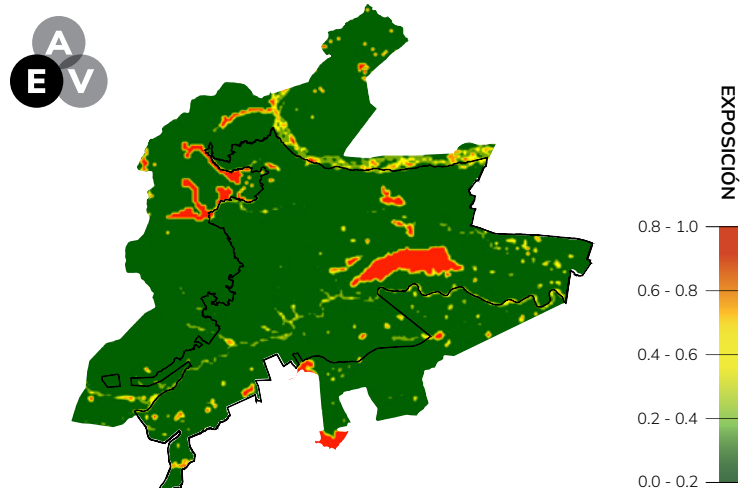
BIODIVERSIDAD Y RIESGO POR INUNDACIÓN

La biodiversidad se ve afectada por las inundaciones en áreas naturales como los caños Parrado y Buque, el humedal Kirpas-Pinilla y el Parque Ecológico Zuria.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano

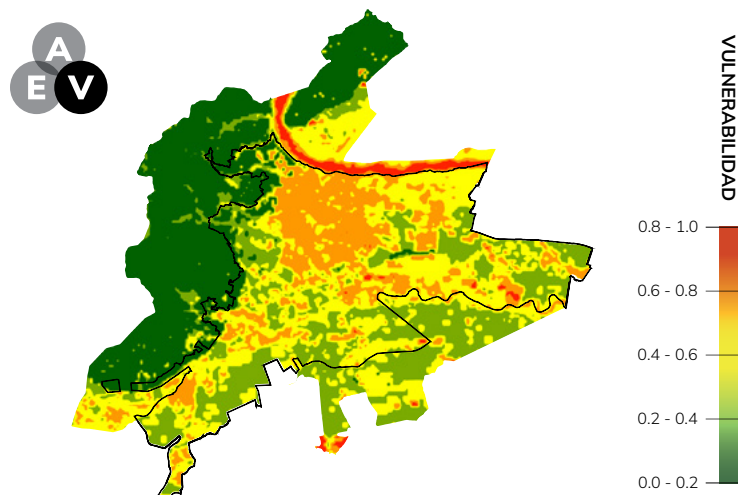


BIODIVERSIDAD Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN



Esta dimensión de biodiversidad se evaluó utilizando el indicador de porcentaje de áreas naturales afectadas por inundaciones. Los registros más altos se encontraron en la parte noroeste, en Caño Parrado en la Reserva Forestal Protectora Quebrada Honda, y en los caños Parrado y Buque, muy cerca de los afluentes del río Guatiquía. También se observó alta exposición en el área protegida de Humedales Kirpas-Pinilla La Cuerera, cerca del río Ocoa. En la parte extrema sur, se registró una pequeña porción con alta exposición en el Parque Ecológico Humedal Zuria.

BIODIVERSIDAD Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN



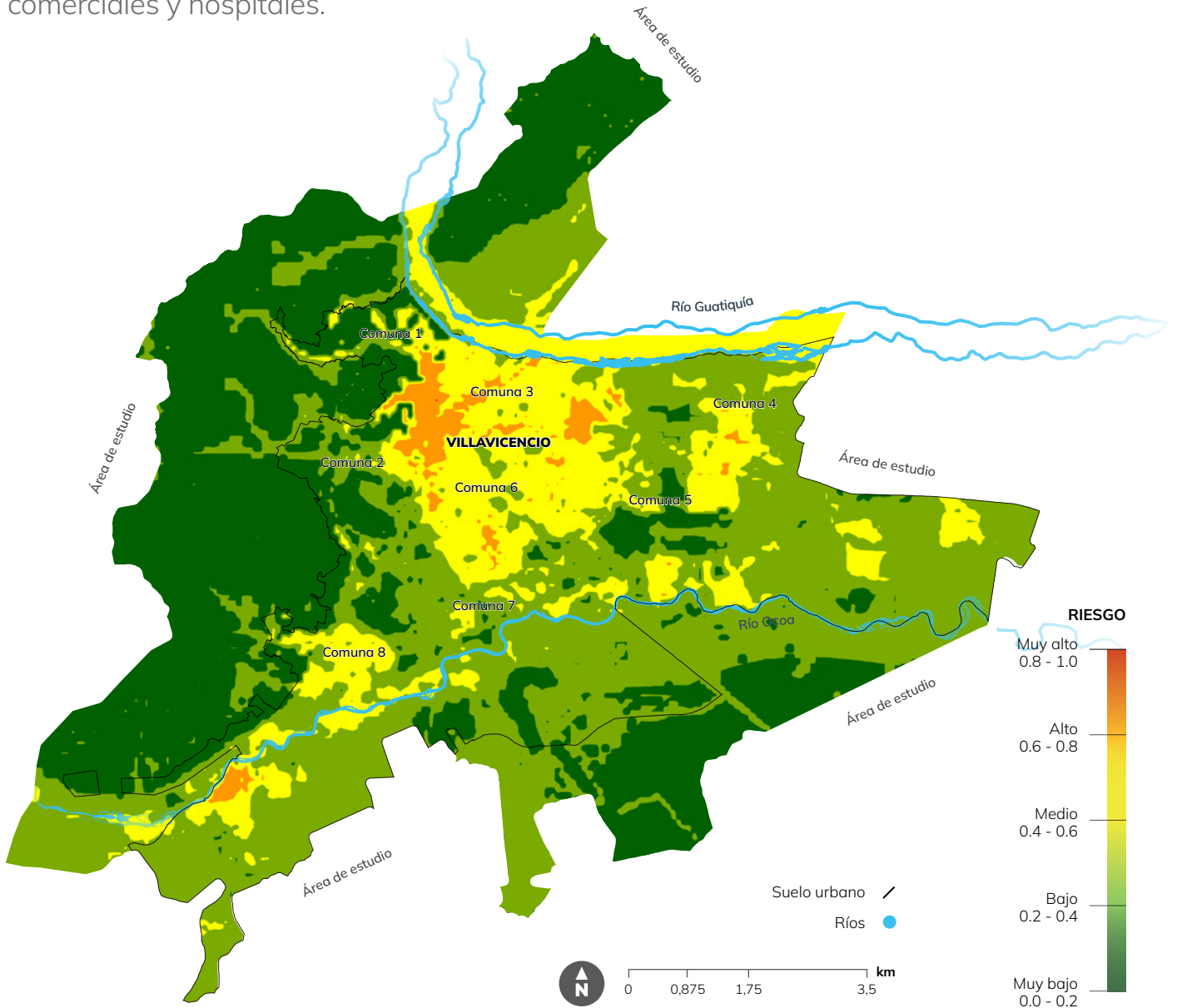
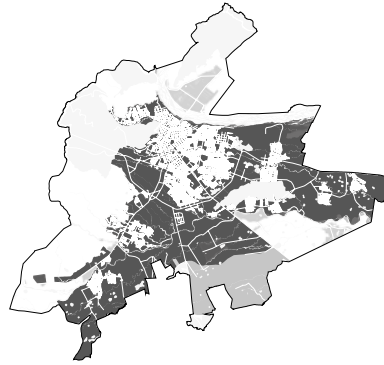
Para el modelamiento del indicador, se utilizaron capas de información física del territorio, como el tipo de suelo y el grado de permeabilidad. Las zonas urbanas suelen tener un gran impacto en los ecosistemas naturales, lo que aumenta el riesgo de inundaciones desde el punto de vista de la biodiversidad. Por otro lado, las zonas verdes que rodean toda la región, desde el suroeste hasta el noreste, tienen una alta capacidad de permeabilidad.

Para esta dimensión se consideraron las áreas naturales de importancia ecosistémica, como las áreas protegidas, ríos y humedales. Se puede observar que las zonas que presentan un riesgo alto son algunas de las áreas protegidas, como el Distrito de Conservación de Suelos (DCS) Kirpas Pinilla y los Parques Ecológicos Humedal Zuria y Coroncoro. Estas áreas son más vulnerables debido a su ubicación en la llanura y a su tipo de suelo. Es importante resaltar que los humedales cumplen la función de almacenar agua, pero los asentamientos urbanos cercanos ejercen una gran presión que reduce su capacidad de retención del agua. En el caso de la Reserva Forestal Protectora Nacional (RFPN) Quebrada Honda, a pesar de encontrarse en una pendiente más elevada, se ve afectada por los caños Parrado, Buque y Maizaro, que pueden experimentar crecientes súbitas. Asimismo, el caño Susumuco, ubicado en el bosque Bavaria, también representa un riesgo. A estos factores se suma el riesgo asociado al río Quatiquía, cuyo impacto abarca toda su trayectoria en el área de estudio, afectando la franja cercana al río y provocando una pérdida parcial de la cobertura boscosa.

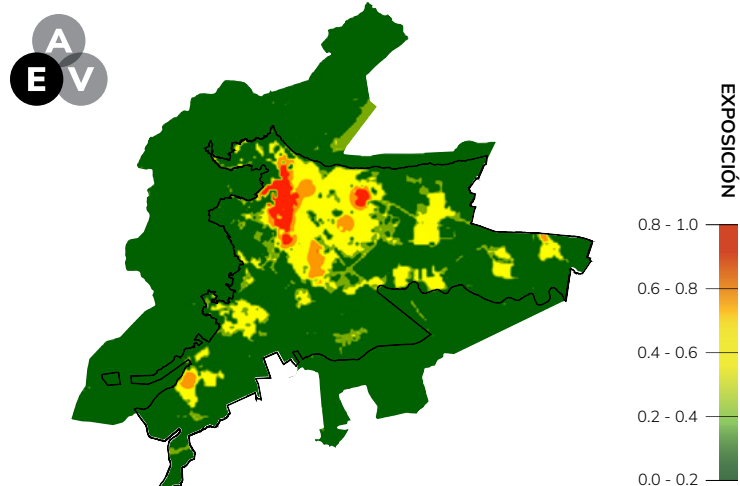
INFRAESTRUCTURA Y RIESGO POR INUNDACIÓN

La infraestructura en Villavicencio está expuesta a inundaciones, especialmente en el área urbana cercana a los afluentes de Caño Buque y Parque los Fundadores, donde se encuentran hoteles, centros comerciales y hospitales.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



INFRAESTRUCTURA Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN

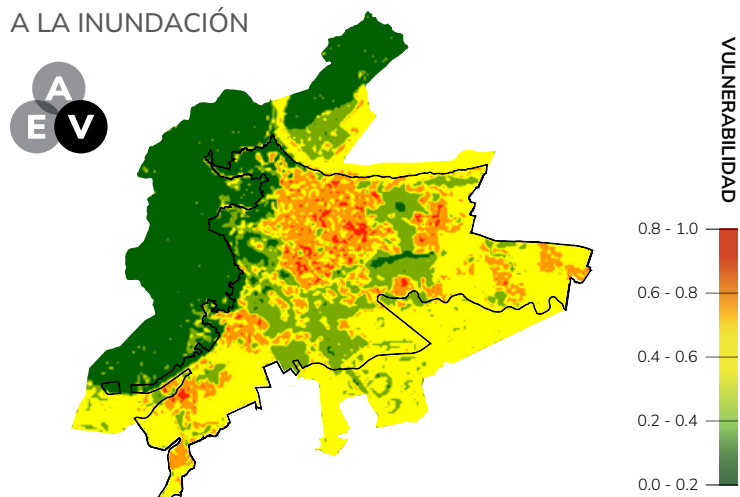


La longitud de las vías, la densidad de centros de salud, aeropuertos y redes de alcantarillado fueron los indicadores que se tuvieron en cuenta para este análisis. Se observa una exposición muy alta en el área urbana específicamente al oeste, cerca de los afluentes de la región de Caño Buque y del Parque los Fundadores, esto se debe porque esta región se caracteriza por la presencia de numerosos hoteles, centros comerciales y hospitales.

En esta dimensión, se observa que el riesgo medio cubre toda la red vial y coincide con el área donde se encuentra la red de alcantarillado. A pesar de que esta zona puede verse afectada debido a su baja pendiente, el agua que no logra ser absorbida por las zonas verdes termina fluyendo hacia las alcantarillas, lo que evita inundaciones de gran magnitud. También se puede notar que el área cercana al aeropuerto se ve afectada, en gran medida debido a su proximidad al río Quatiquía.

Se evidencia que la comuna 2, parte de la 4, la 5 y el centro de la comuna 9 (suroccidente) están más expuestas al riesgo alto. Esto se debe a que la mayoría de los centros de salud de la ciudad se concentran en estas áreas y no están distribuidos de manera uniforme en todo el territorio. Esto ocasiona un aumento en la exposición a este riesgo en dichas zonas.

INFRAESTRUCTURA Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN

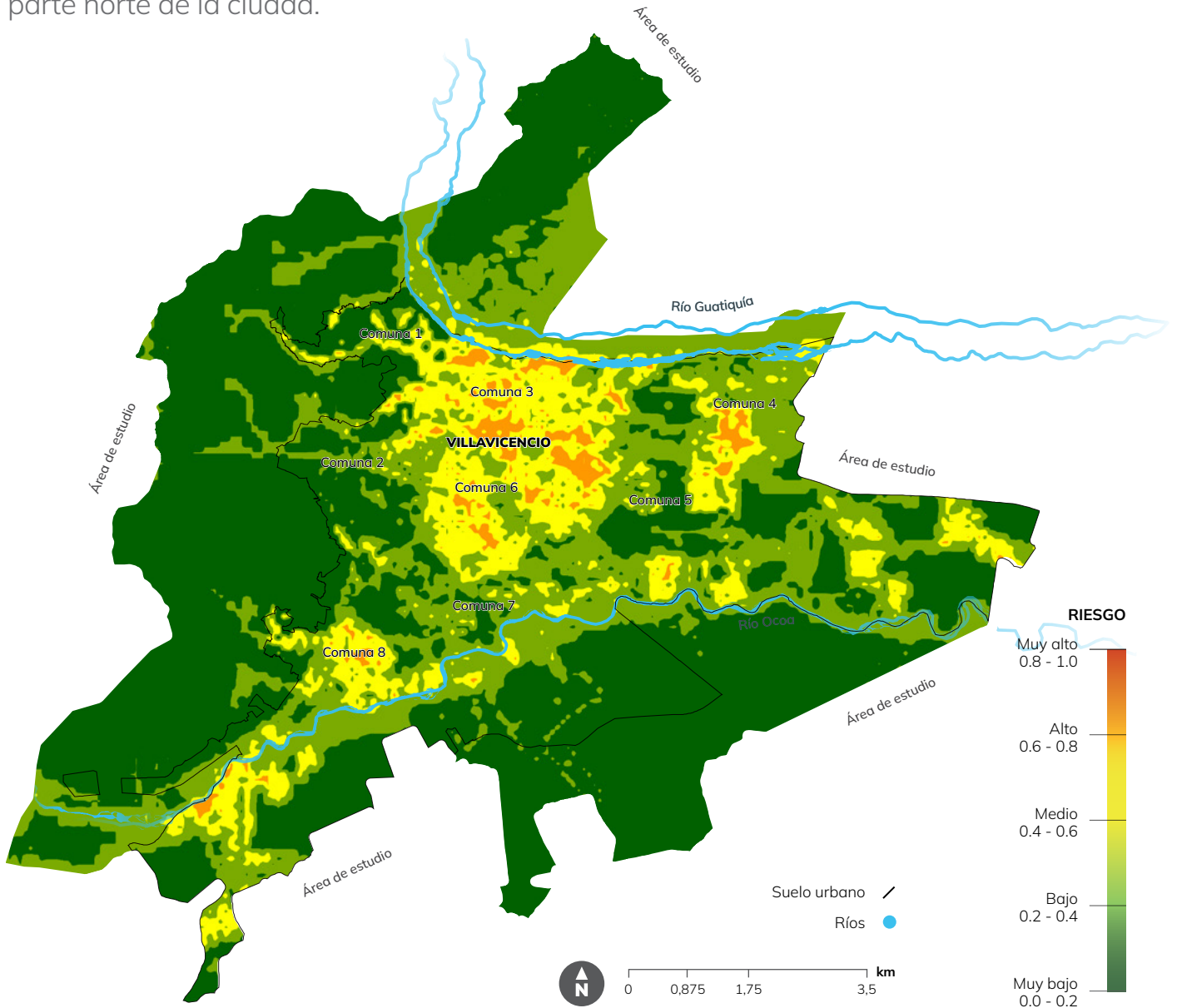
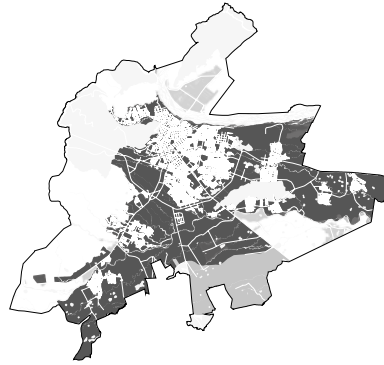


Para diferenciar entre el territorio natural y urbanizado, se utilizó un índice espectral que asigna valores de urbanización a las áreas de suelo expuesto. En el caso de algunas áreas rurales que se extienden desde el suroeste hasta el este, presentan una alta vulnerabilidad, y puede deberse a nuevos procesos de urbanización, aunque no necesariamente cuentan con infraestructuras. Por otro lado, las zona urbana si presenta una mayor impermeabilidad del suelo, por ende no cuenta con suficientes zonas verdes, haciendo que su vulnerabilidad aumente considerablemente.

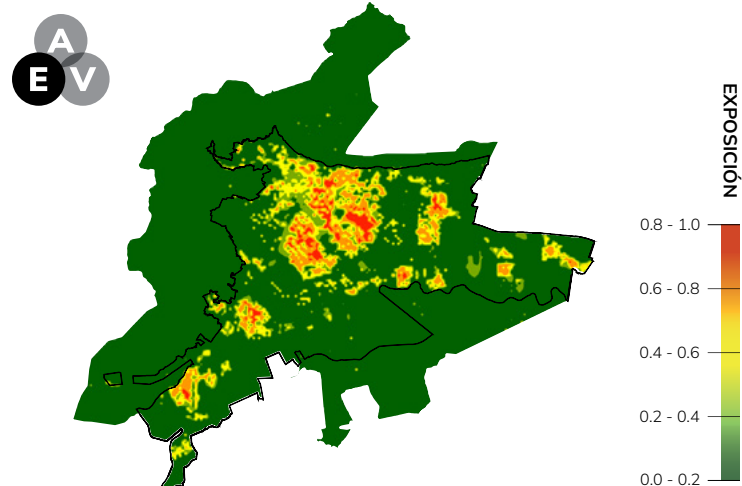
HÁBITAT HUMANO Y RIESGO POR INUNDACIÓN

Las áreas urbanas de Villavicencio son altamente vulnerables en la dimensión de hábitat humano debido a su exposición a inundaciones. Se registraron altos riesgos en el centro y la parte norte de la ciudad.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



HÁBITAT HUMANO Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN

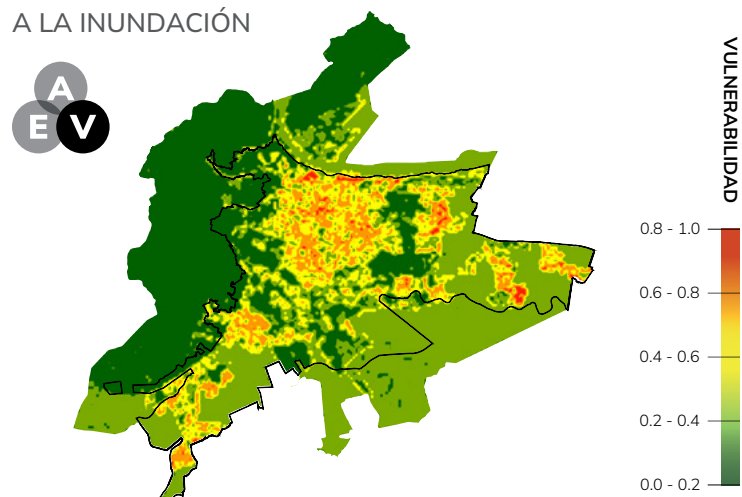


Utilizando indicadores como la densidad de centros educativos y culturales, el porcentaje de área de espacios públicos y la densidad habitacional, se realizó el mapeo de la dimensión de hábitat humano. Las áreas urbanas fueron las más evidentes en términos de exposición muy alta, especialmente la parte central del municipio donde un afluente atraviesa la ciudad y la parte norte cercana al río Guatiquia. En algunas porciones urbanas alrededor del río Ocoa, se registró una exposición mediana significativa.

Se puede observar que el riesgo más notable se encuentra en la zona urbana, lo cual afecta directamente al espacio público y a diferentes centros educativos y culturales. Sin embargo, este riesgo se ve mitigado por la presencia de zonas verdes, lo que aumenta la capacidad de resistencia ante las inundaciones. Además, se destacan pequeñas áreas con un alto riesgo que se distribuyen en el centro de la ciudad, entre las comunas 4 y 5, así como en la parte sur de la comuna 9. Esto se debe a la mayor concentración de población en estas áreas, lo cual aumenta su exposición a este riesgo.

Cuando se producen estas inundaciones, algunos habitantes sufren la pérdida de sus muebles y enseres, y sus viviendas, construidas con materiales precarios como madera, cartón, metal y plástico, resultan en gran medida destruidas.

HÁBITAT HUMANO Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN



El modelo se basa en información sobre poblaciones socioeconómicamente sensibles, el apoyo del gobierno local a través de programas urbanos y las características físicas del territorio, como la presencia de zonas verdes. El casco urbano muestra una amplia variedad de indicadores de vulnerabilidad, que están relacionados con la variación de la permeabilidad del suelo, la topografía del terreno y la presencia de personas socialmente fragilizadas.



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 determina considerando la distribución de la precipitación total anual y las zonas con registros históricos de deslizamientos y caídas de material. En el caso de Villavicencio, esta amenaza está

relacionada principalmente con los Cerros Occidentales, que constituyen la zona de mayor elevación del municipio, seguida del piedemonte donde comienza el área urbana y se extiende hacia la llanura.

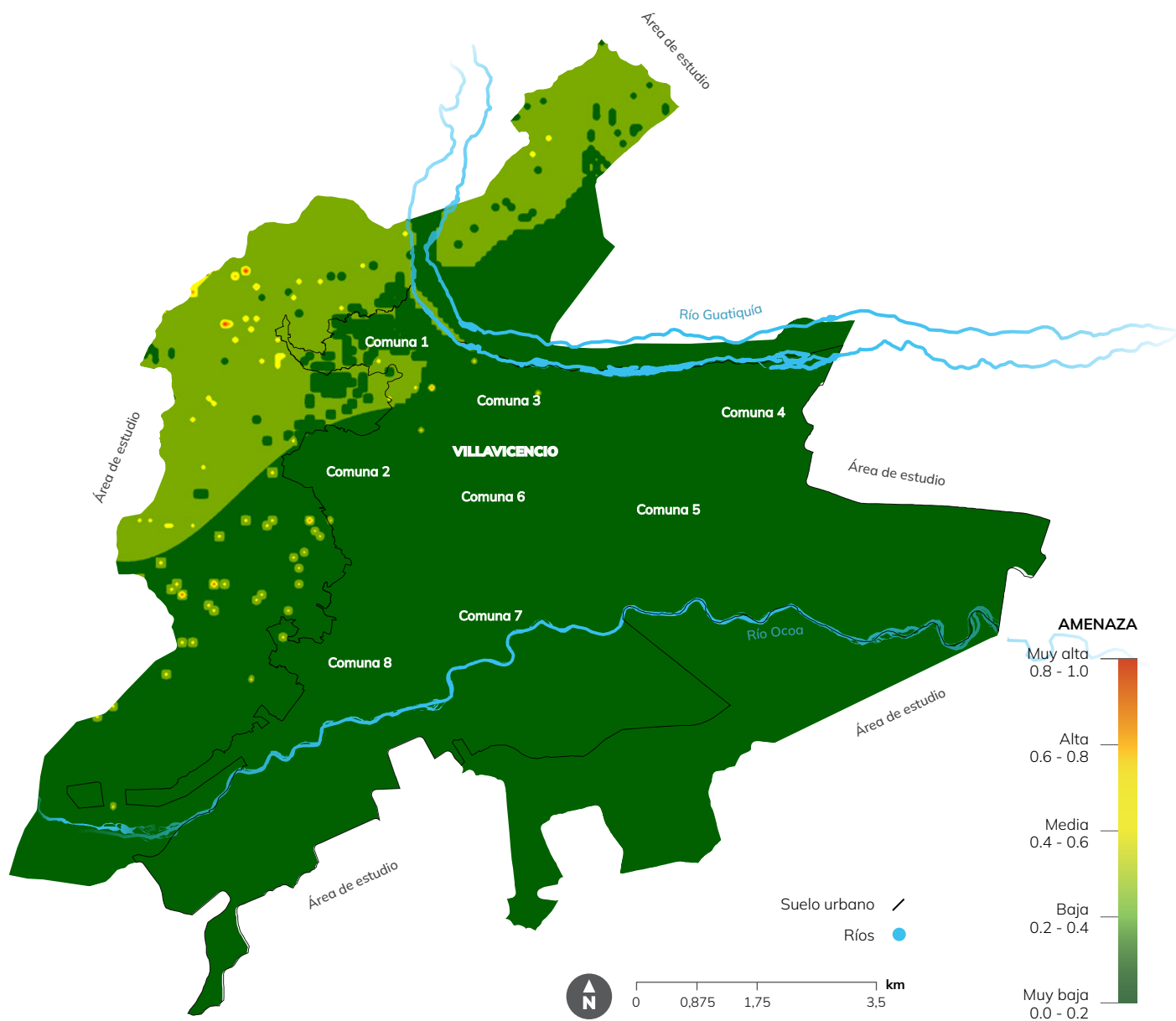
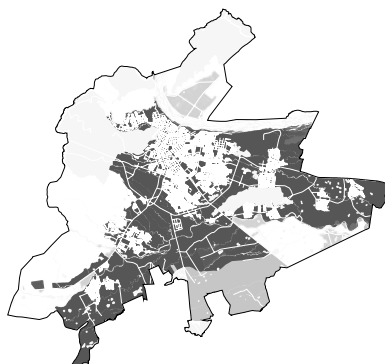
En el área urbana, los registros históricos de movimientos de remoción en masa se limitan a puntos específicos del piedemonte, especialmente en las Comunas 1 y 2 cerca del Cerro Cristo Rey. Por otro lado, los demás registros están asociados a los Cerros Occidentales, en particular a Buenavista, donde los niveles de precipitación son más altos en comparación con la parte sur del municipio.

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



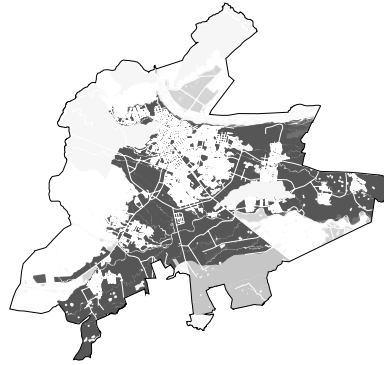
Los movimientos de remoción en masa en Villavicencio se relacionan principalmente con los Cerros Occidentales y el piedemonte, especialmente en las comunas 1 y 2 cerca del Cerro Cristo Rey.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano

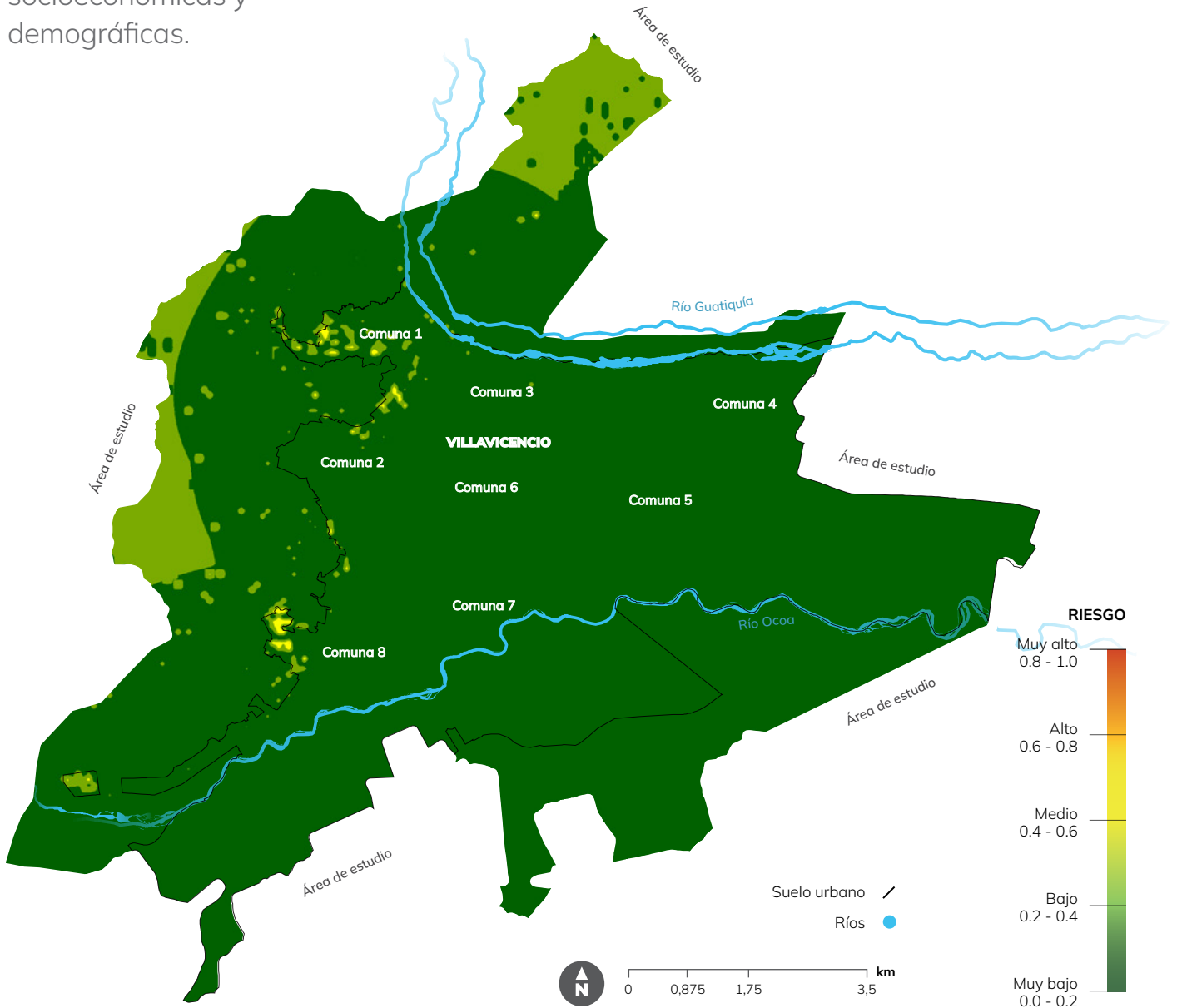


SALUD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

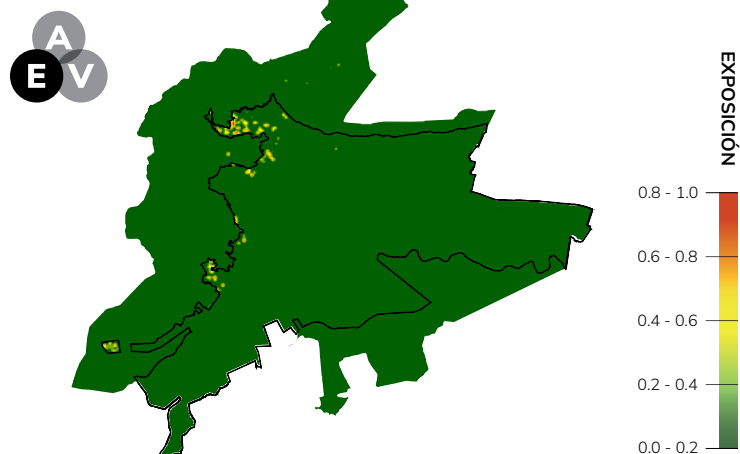
- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



Las comunas 1, 2, 8 y 9 de Villavicencio presentan un riesgo significativo de movimientos de remoción en masa debido a condiciones socioeconómicas y demográficas.



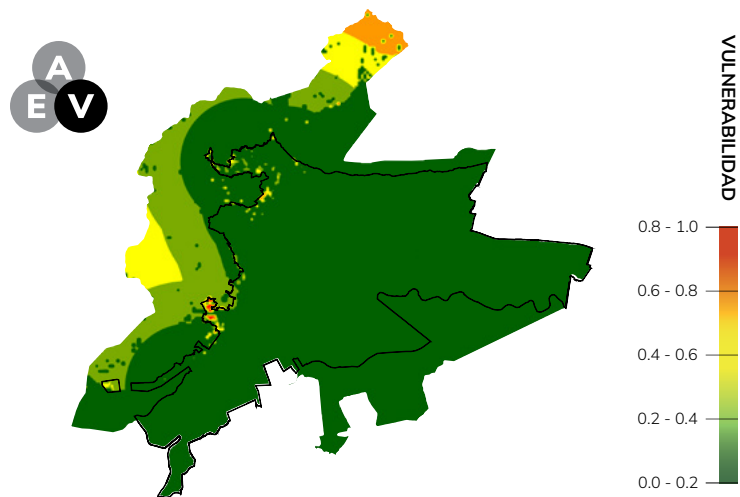
SALUD Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



Al identificar el número de personas que viven en zonas de pendiente elevada o adyacentes, se constató la presencia de algunos puntos de exposición media a movimientos de remoción en masa en la dimensión de salud. Estos puntos se encuentran en la región de Caño Parrado, Soceagro y São Luís de Ocoa. El resto del municipio fue evaluado como nivel muy bajo, ya que casi toda el área urbana se encuentra en las zonas más planas y en el fondo del valle.

En relación a la dimensión de riesgo de remoción en masa, se destaca que las comunas 1, 2, 8 y 9, que limitan con el piedemonte, son las que presentan un riesgo significativo. Las condiciones socioeconómicas y demográficas de estas comunidades aumentan su vulnerabilidad frente a eventos de remoción en masa. Para prevenir la pérdida de vidas humanas, es recomendable considerar el reasentamiento de estas poblaciones. Aunque estos eventos no son muy frecuentes, se han registrado 26 personas heridas y 7 fallecidas como consecuencia de ellos. Es fundamental implementar medidas preventivas y acciones adecuadas para mitigar los riesgos y proteger la vida de los habitantes de estas zonas.

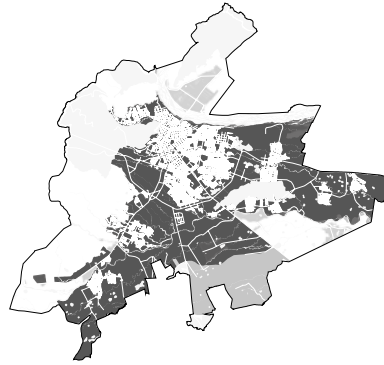
SALUD Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTO O REMOCIÓN DE MASAS



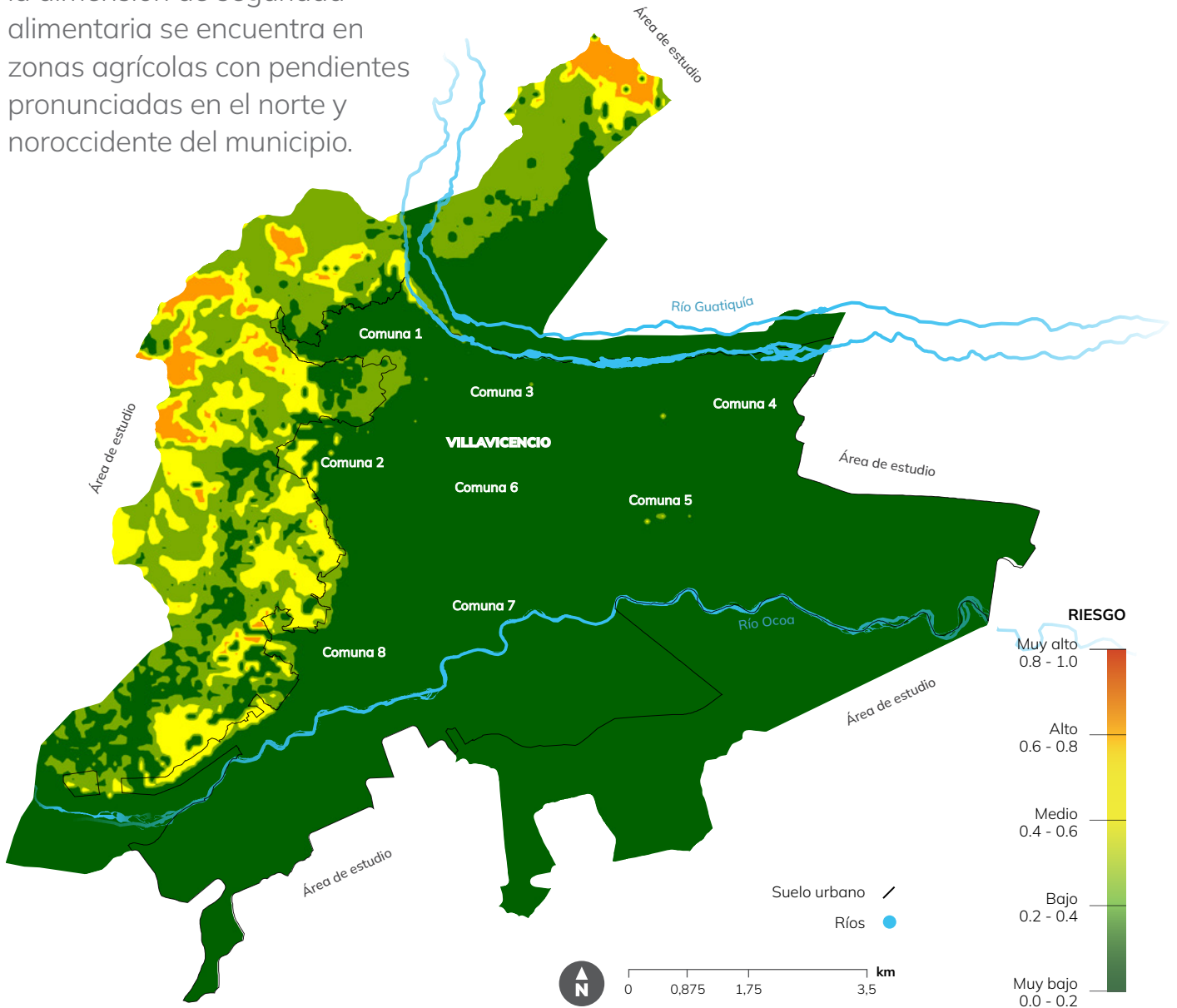
Esta capa fue desarrollada con base en información sobre el acceso a servicios de salud y la identificación de poblaciones sensibles, como aquellos con mayores niveles de pobreza, densidad poblacional y presencia de niños. En general, las zonas de riesgo no se encuentran en las áreas periurbanas, con la excepción de la comuna 9 y algunas partes del casco urbano de Villavicencio.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

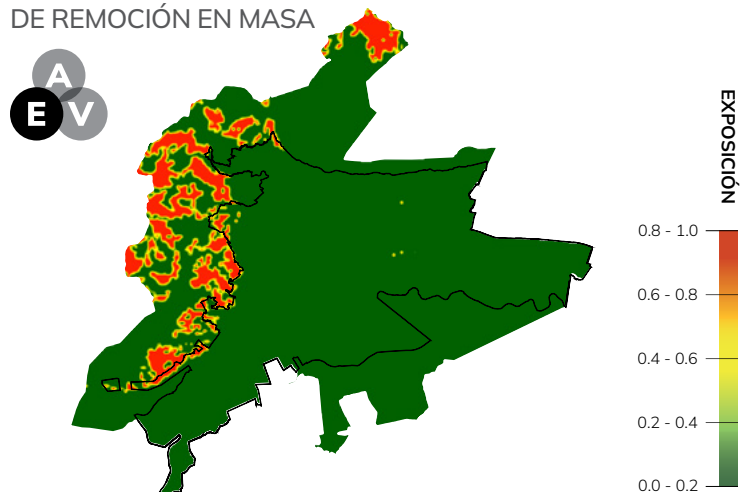
- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



El riesgo de movimientos de remoción en masa en la dimensión de seguridad alimentaria se encuentra en zonas agrícolas con pendientes pronunciadas en el norte y noroccidente del municipio.



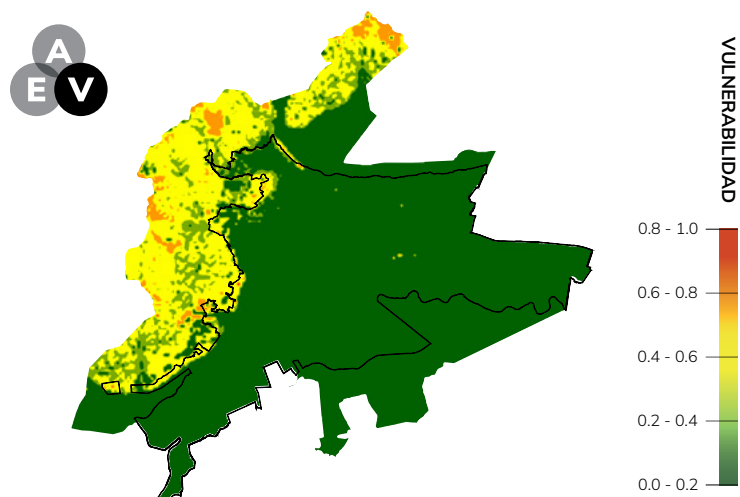
SEGURIDAD ALIMENTARIA Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



Para evaluar la exposición a movimientos o remoción de masa en la dimensión de la seguridad alimentaria, se utilizó como indicador el porcentaje de área de uso agropecuario en zonas de alta pendiente/erosión o zonas adyacentes. El mapeo identificó niveles muy altos en casi toda la parte este del municipio y en el extremo norte, donde se concentran las áreas de mayor pendiente y también las áreas naturales.

El riesgo de movimientos de remoción en masa para la dimensión de seguridad alimentaria se ve influenciado por diversos factores de vulnerabilidad. En el caso de la zona norte y noroccidente, se observa un riesgo medio y alto debido a que se trata de suelos agrícolas con una pendiente pronunciada. Estos suelos no son necesariamente firmes, lo que los hace más propensos a sufrir movimientos en masa. Además, pueden existir prácticas agrícolas poco sostenibles que reducen la capacidad de resistencia de estos suelos ante eventos de remoción en masa. Es fundamental implementar medidas de manejo del suelo y prácticas agrícolas sostenibles para reducir el riesgo y garantizar la seguridad alimentaria en estas zonas.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

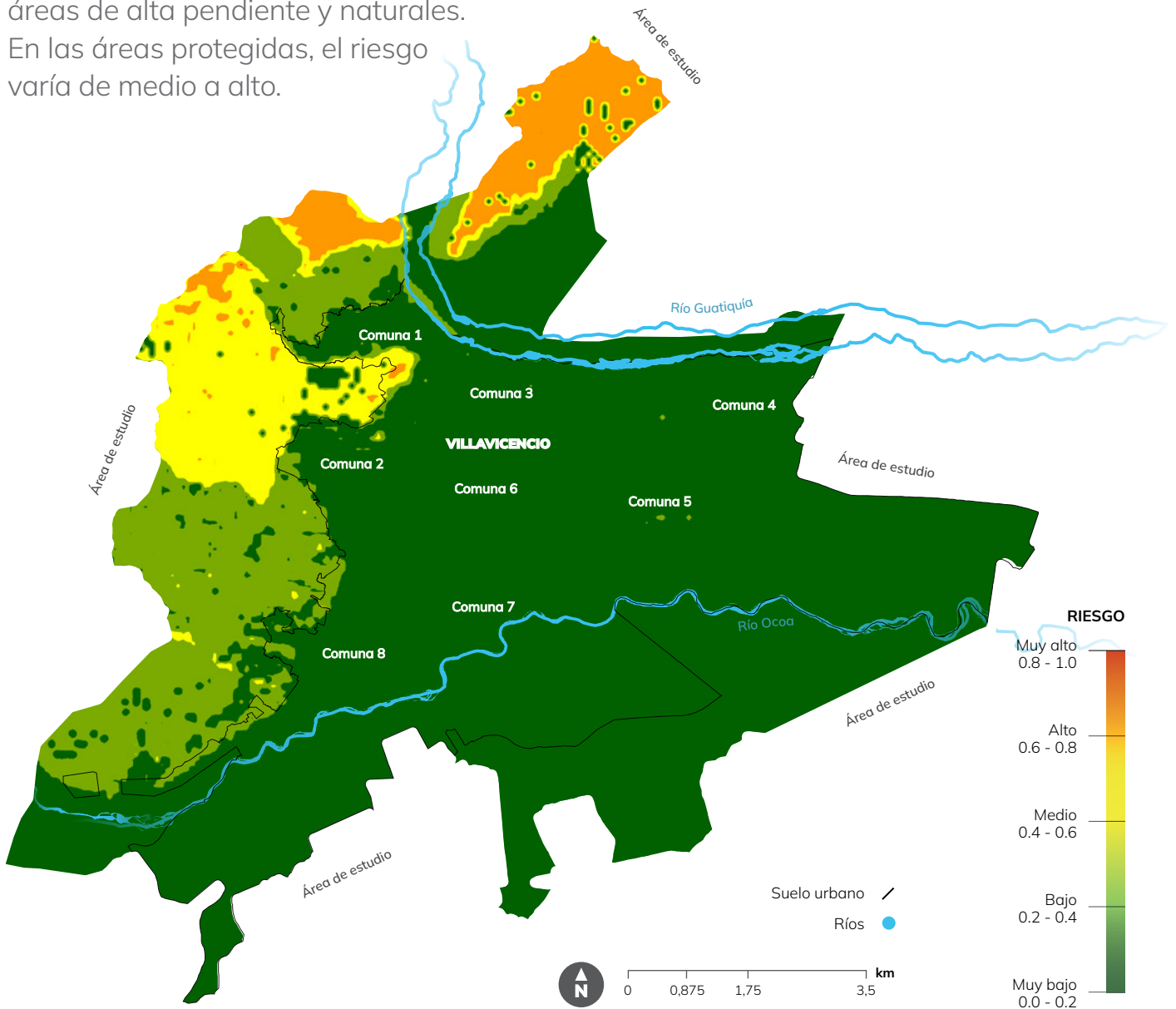
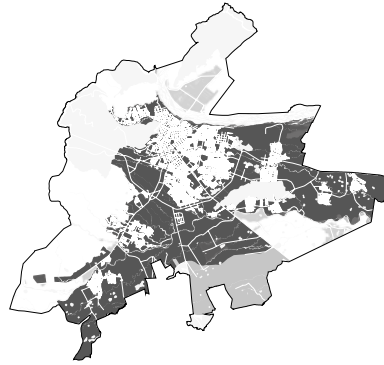


Se utilizaron información física y legal del territorio para el desarrollo de este indicador. Se supone que las zonas más afectadas se encuentran en las sierras, pero es importante tener en cuenta que, aunque esas áreas sean susceptibles a riesgos geológicos, no se encuentra una producción alimentaria significativa ubicada en esas cadenas montañosas.

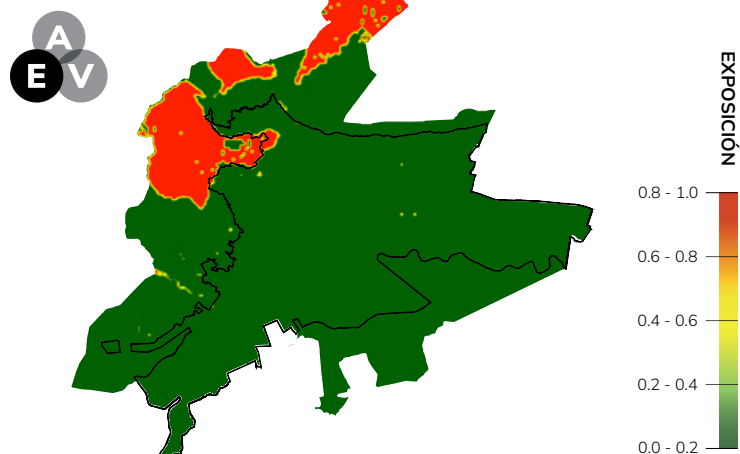
BIODIVERSIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

Se identificó un alto riesgo de exposición a movimientos de remoción en masa en el este y norte del municipio, donde se encuentran áreas de alta pendiente y naturales. En las áreas protegidas, el riesgo varía de medio a alto.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



BIODIVERSIDAD Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTO O REMOCIÓN DE MASAS

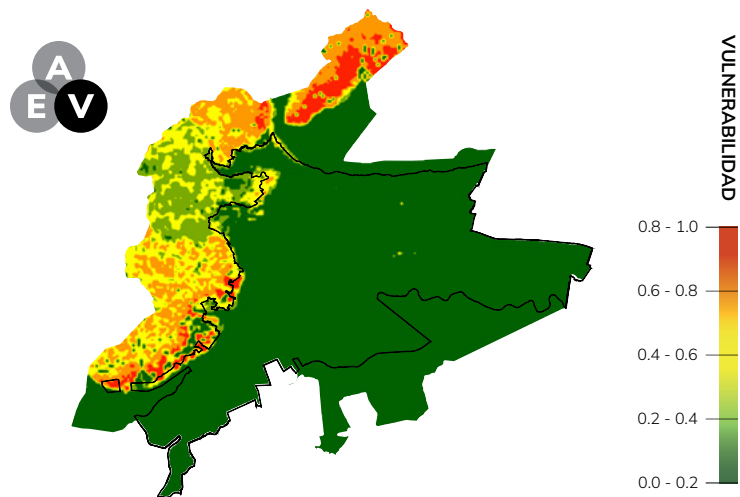


Al identificar el porcentaje de áreas naturales que forman parte de la estructura ecológica principal o áreas protegidas, como ríos, humedales, bosques, etc., en taludes o zonas de alta pendiente o adyacentes, se constató la presencia de niveles muy altos de exposición en la parte este del municipio y en el extremo norte, donde se concentran las áreas de mayor pendiente y también las áreas naturales. El resto del municipio se ha identificado como de nivel muy bajo en términos de exposición a movimientos o remoción de masas con relación a la biodiversidad.

Se puede observar que este riesgo se extiende por todo el piedemonte, pero se destaca que las áreas protegidas como las RFPN Cerro Vanguardia y Cuenca Alta del Caño Vanguardia, junto con el bosque Bavaria, presentan un riesgo alto. Esto se debe a que estas áreas están ubicadas en pendientes pronunciadas y su tipo de suelo favorece la infiltración del agua, lo que aumenta su vulnerabilidad a los movimientos en masa.

En el caso de la RFPN Quebrada Honda, se observa un riesgo medio debido a que las características naturales de la zona permiten que los suelos sean firmes y no se desprendan fácilmente. Esto aumenta la capacidad de la zona para resistir los movimientos en masa y reduce su riesgo.

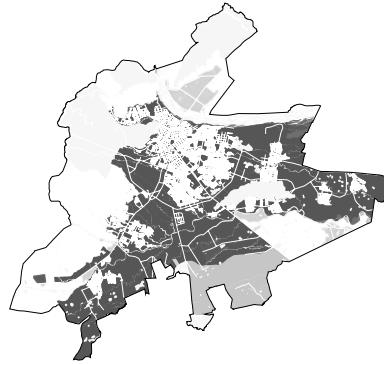
BIODIVERSIDAD Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



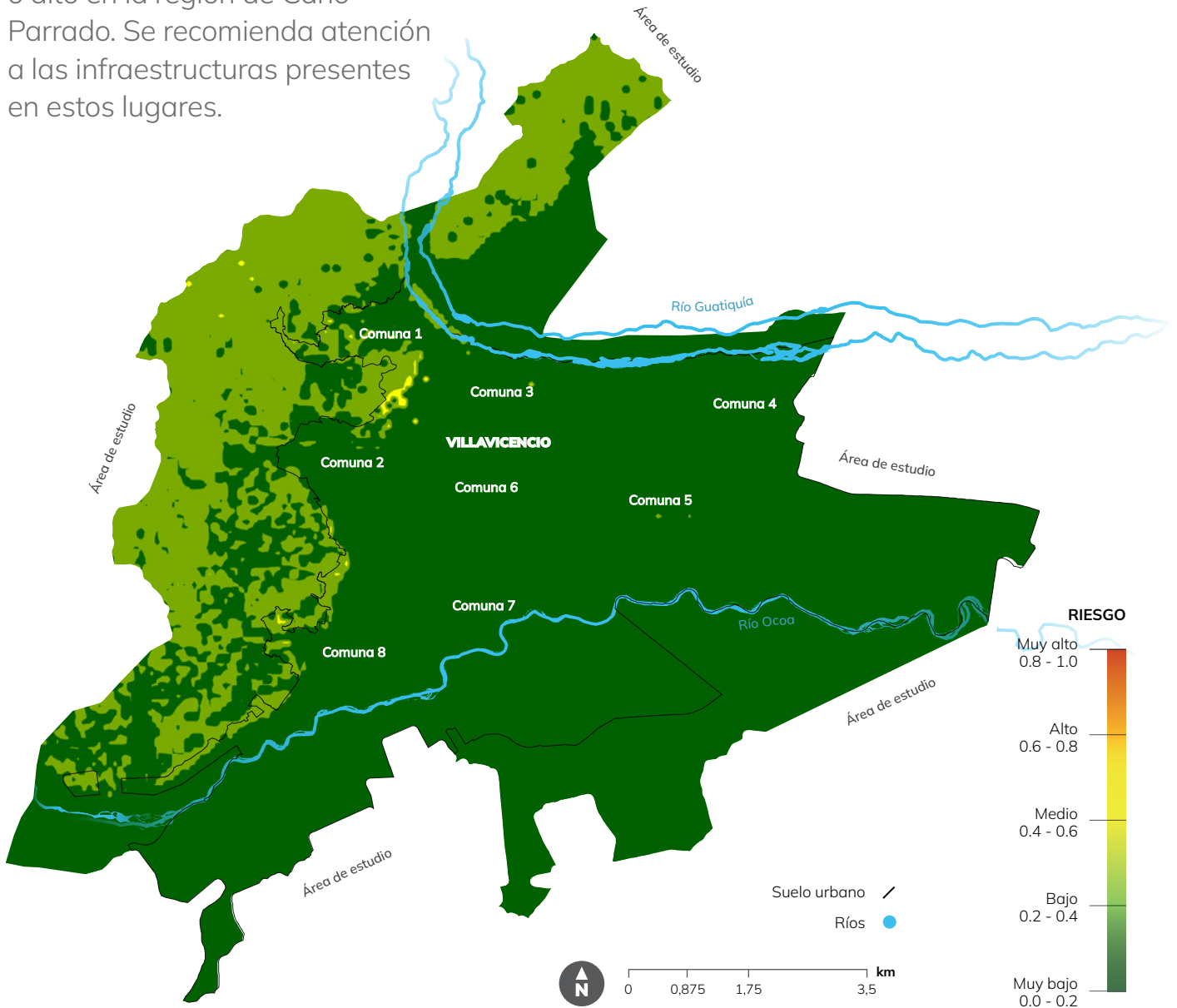
Las sierras y cadenas montañosas de Villavicencio son extremadamente vulnerables a riesgos de carácter geológico debido a su alta pendiente y otras características físicas que condicionan este tipo de situaciones. En este modelo se utilizaron capas que informan sobre esta susceptibilidad. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estas son características naturales del territorio y no favorables en términos de vulnerabilidad. Se observa el grado más alto de vulnerabilidad a lo largo de la cordillera que se extiende en dirección suroeste-noreste.

INFRAESTRUCTURA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



La evaluación de la exposición en la dimensión de infraestructura identificó áreas de riesgo medio o alto en la región de Caño Parrado. Se recomienda atención a las infraestructuras presentes en estos lugares.



INFRAESTRUCTURA Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

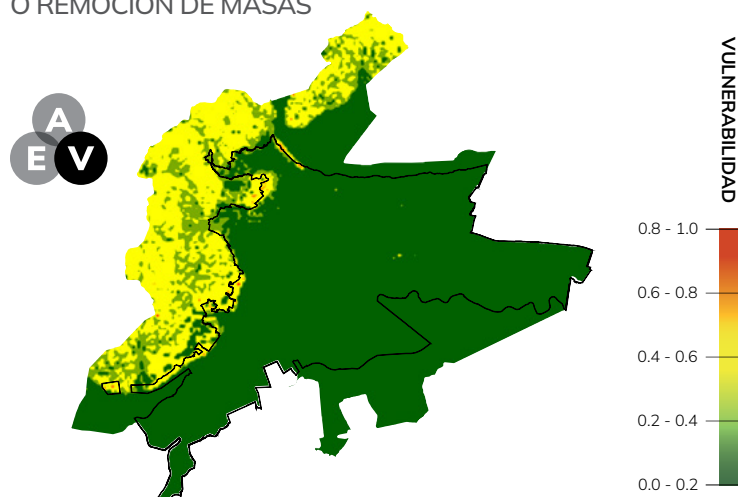


Se utilizaron diversos indicadores para espacializar la localización de las principales infraestructuras (vías, centros de salud, aeropuertos y redes de alcantarillado) que se encuentran en áreas de alta pendiente o adyacentes. Se puede identificar que gran parte de la infraestructura se encuentra en áreas de menor pendiente, sin embargo, se identificaron áreas de riesgo medio y alto en cercanías de Caño Parrado. Por tanto, se sugiere que las infraestructuras presentes en estos lugares reciban atención a la posibilidad de movimientos o remoción de masas.

Para esta dimensión se puede destacar que la mayoría del piedemonte presenta un riesgo bajo, ya que la única infraestructura que atraviesa esta zona son las vías. Sin embargo, se puede observar que en la comuna 2, en la transición entre el piedemonte y la llanura, se presenta un riesgo medio. Esto se debe a la concentración de centros de salud que se encuentran en las cercanías del piedemonte. Es importante tomar acciones correctivas y preventivas para evitar que este riesgo aumente con el tiempo.

Al igual que en la dimensión anterior, existen registros de 7 vías que han sido afectadas por movimientos de remoción en masa. Una de ellas es la vía Villavicencio-Acacías, específicamente en el barrio Las Mercedes.

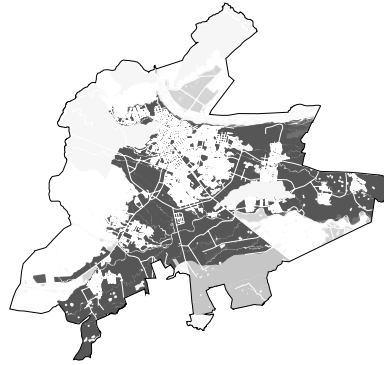
INFRAESTRUCTURA Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTO O REMOCIÓN DE MASAS



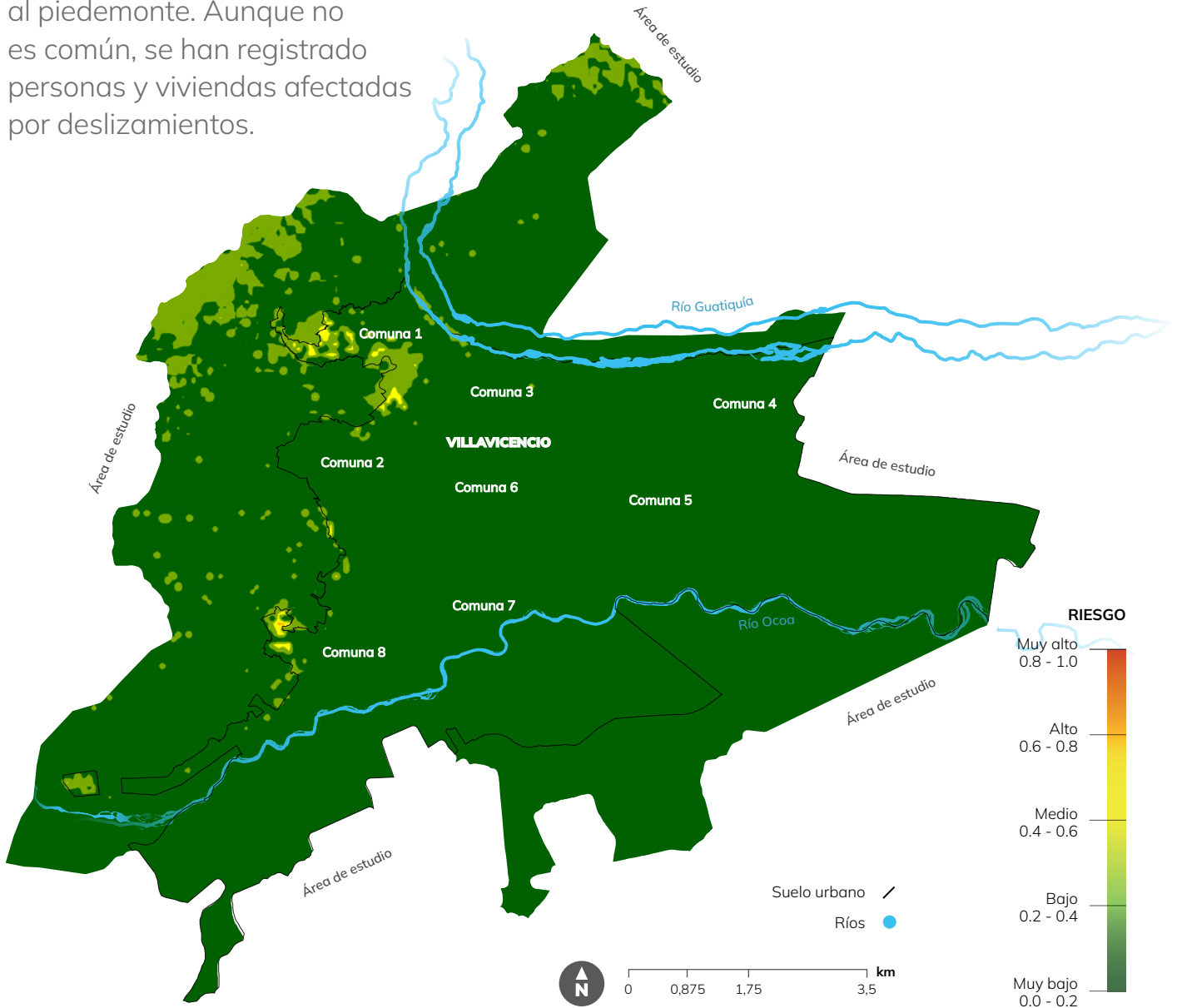
El modelo se basa en información general sobre la configuración física del territorio, como la presencia de erosión, el tipo de suelo, la pendiente y la capacidad de estabilización de los taludes. Sin embargo, las zonas montañosas, que naturalmente son susceptibles a riesgos geológicos, muestran los niveles más altos de vulnerabilidad. Estas áreas no suelen contar con infraestructura, lo que aumenta su susceptibilidad. En el extremo norte del casco urbano de Villavicencio, cerca del río Guayuriba, se identifican como las áreas más susceptibles en términos de riesgo de movimientos de remoción de masas en la dimensión de la infraestructura.

HÁBITAT HUMANO Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

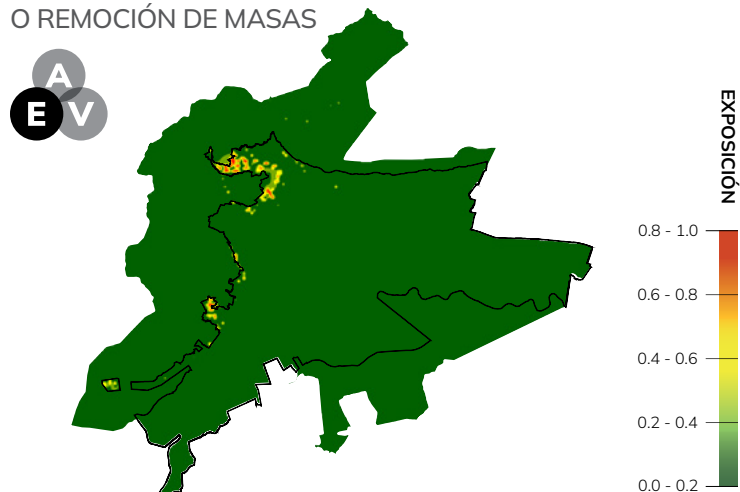
- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



El análisis de la dimensión del hábitat humano identificó áreas de riesgo medio en algunas comunas cercanas al piedemonte. Aunque no es común, se han registrado personas y viviendas afectadas por deslizamientos.



HÁBITAT HUMANO Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTO O REMOCIÓN DE MASAS

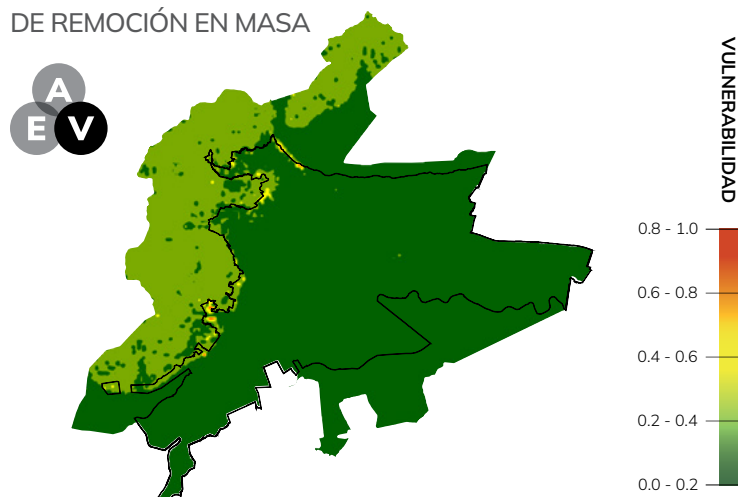


Para evaluar la exposición a movimientos o remoción de masa en relación con la dimensión del hábitat humano, se utilizaron diversos indicadores para identificar la densidad de centros educativos y culturales, el porcentaje de área de espacios públicos y la densidad habitacional en zonas de alta pendiente o adyacentes. Se identificaron algunas áreas en la región de Caño Parrado con niveles más altos de exposición a movimientos o remoción de masa. Sin embargo, en el resto del municipio se observaron niveles muy bajos de exposición en relación con esta dimensión.

Se puede observar que la zona urbana no presenta riesgo significativo para esta dimensión, ya que está ubicada sobre la planicie. Sin embargo, parte de las comunas 1, 2, 8 y 9 se encuentran en las cercanías de la transición del piedemonte. Esto significa que la intervención humana en el piedemonte aumenta la vulnerabilidad a los movimientos de remoción en estas áreas. Además, la presión ejercida por las actividades humanas aumenta la exposición de las viviendas asentadas en estas zonas. Como resultado, se pueden observar pequeñas áreas con riesgo medio en estas comunas.

Aunque este riesgo no es muy común en la ciudad, existen registros donde se han visto afectadas 697 personas y 42 viviendas debido a deslizamientos.

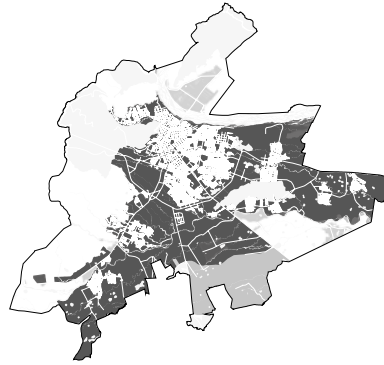
HÁBITAT HUMANO Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



El mapeo de este indicador tuvo en cuenta tanto información físico-morfológica del suelo como datos relacionados con poblaciones sensibles y zonas con vegetación arbustiva o arbórea. Se puede apreciar que únicamente las áreas que limitan con el piedemonte y el río Guatiquía, cerca del casco urbano presentan susceptibilidad, esto puede deberse por los procesos erosivos que se dan en alta pendiente, además, estas zonas coinciden con los asentamientos de las personas de escasos recursos, por ende la vulnerabilidad aumenta.

RECURSO HÍDRICO Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

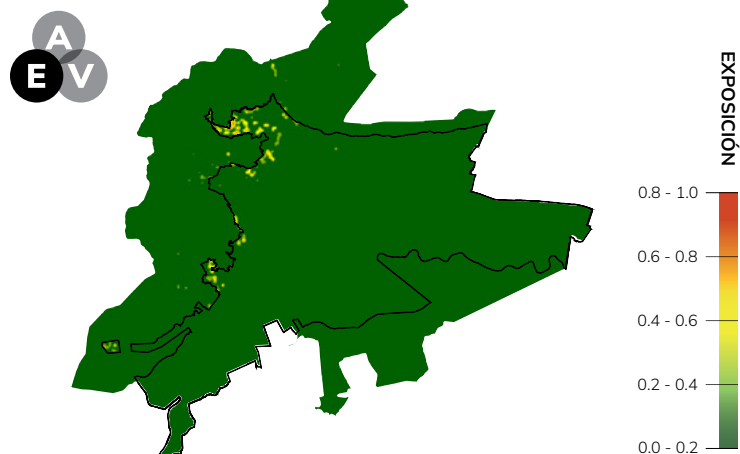
- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



La dimensión del recurso hídrico reveló un riesgo medio en la región de Caño Parrado, mientras que el resto del municipio presenta niveles muy bajos de exposición.



RECURSO HÍDRICO Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

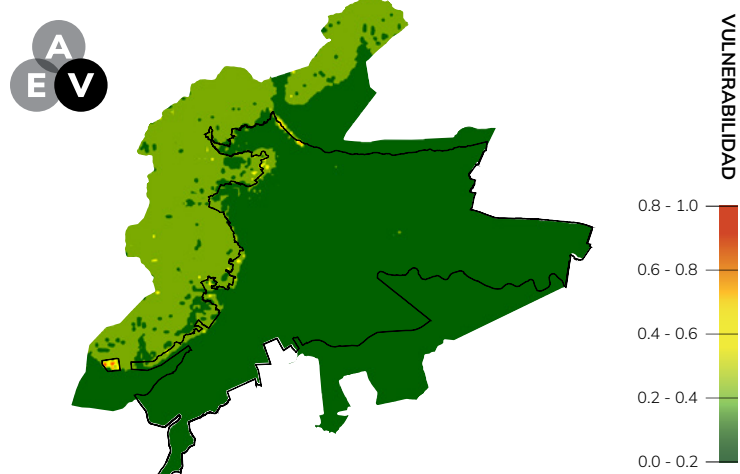


El nivel de exposición a movimientos o remoción de masa en relación con la dimensión del recurso hídrico se identificó a través de indicadores como la densidad poblacional, la presencia de cuerpos de agua, estructuras de abastecimiento de agua potable y redes de acueducto en zonas de alta pendiente o adyacentes. En esta dimensión, se observó una concentración de puntos de exposición medio en la región de Caño Parrado, mientras que el resto del municipio presenta niveles muy bajos de exposición en relación con este aspecto.

Para esta dimensión se consideraron los cuerpos de agua que abastecen a la ciudad, principalmente el río Guatiquía y los caños Maizaro y Buque. Se puede observar que alrededor de estas fuentes hídricas el riesgo es bajo. Sin embargo, esto no significa que no existan procesos erosivos laterales, ya que, durante periodos de lluvia intensa, el suelo puede volverse inestable y dar lugar a remociones en masa que luego podrían generar avenidas torrenciales.

Además, se nota que, en la zona suroccidental, específicamente en la comuna 9, hay una población que no cuenta con el servicio de agua potable. Esto los hace más vulnerables ante la posibilidad de un evento de remoción en masa que obligue a suspender el suministro de agua. Es importante considerar acciones que permitan garantizar un acceso adecuado al agua potable en estas áreas y así reducir su vulnerabilidad.

RECURSO HÍDRICO Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTO O REMOCIÓN DE MASAS



Para la composición del indicador se utilizaron capas que caracterizan la geomorfología del territorio y su capacidad de estabilización de taludes. La zona verde que cubre la mayor parte del eje suroeste-noreste está compuesta por una cadena de montañas. Las condiciones físicas de Villavicencio hacen que estas regiones sean más vulnerables en este sentido, pero en general no hay grandes áreas susceptibles. Las zonas más afectadas son aquellas que se encuentran cerca de cursos de agua y, en el extremo sur, en la comuna 9, hay un grado de pendiente más pronunciado en comparación con otras áreas urbanas.



RIESGO CRÍTICO

Durante el taller presencial que tuvo lugar en noviembre de 2022, se llevó a cabo una encuesta entre los funcionarios de diversas instituciones para evaluar su percepción sobre los riesgos de inundación, movimientos de remoción en masa y sequía, y determinar cuál de ellos era considerado el más relevante para el municipio de Villavicencio. Los resultados revelaron que el riesgo de inundación tenía una importancia del 52,6 %, seguido de los movimientos de remoción en masa con un 29,4 % y la sequía con un 18 %.

Con base en los mapas previos, se generaron mapas individuales para cada riesgo y posteriormente se ponderaron con los valores mencionados anteriormente, con el objetivo de obtener un mapa de riesgo crítico. Es importante tener en cuenta que las zonas de inundación y los movimientos de remoción en masa no se superponen espacialmente, lo que puede generar cierta falta de definición en las áreas donde se cruzan. En este sentido, la combinación de sequía con inundación o movimientos de remoción en masa hace que la superposición de estos riesgos sea más evidente.

Se puede observar que el riesgo bajo prevalece en gran parte de la llanura, donde se encuentra consolidada la zona ur-

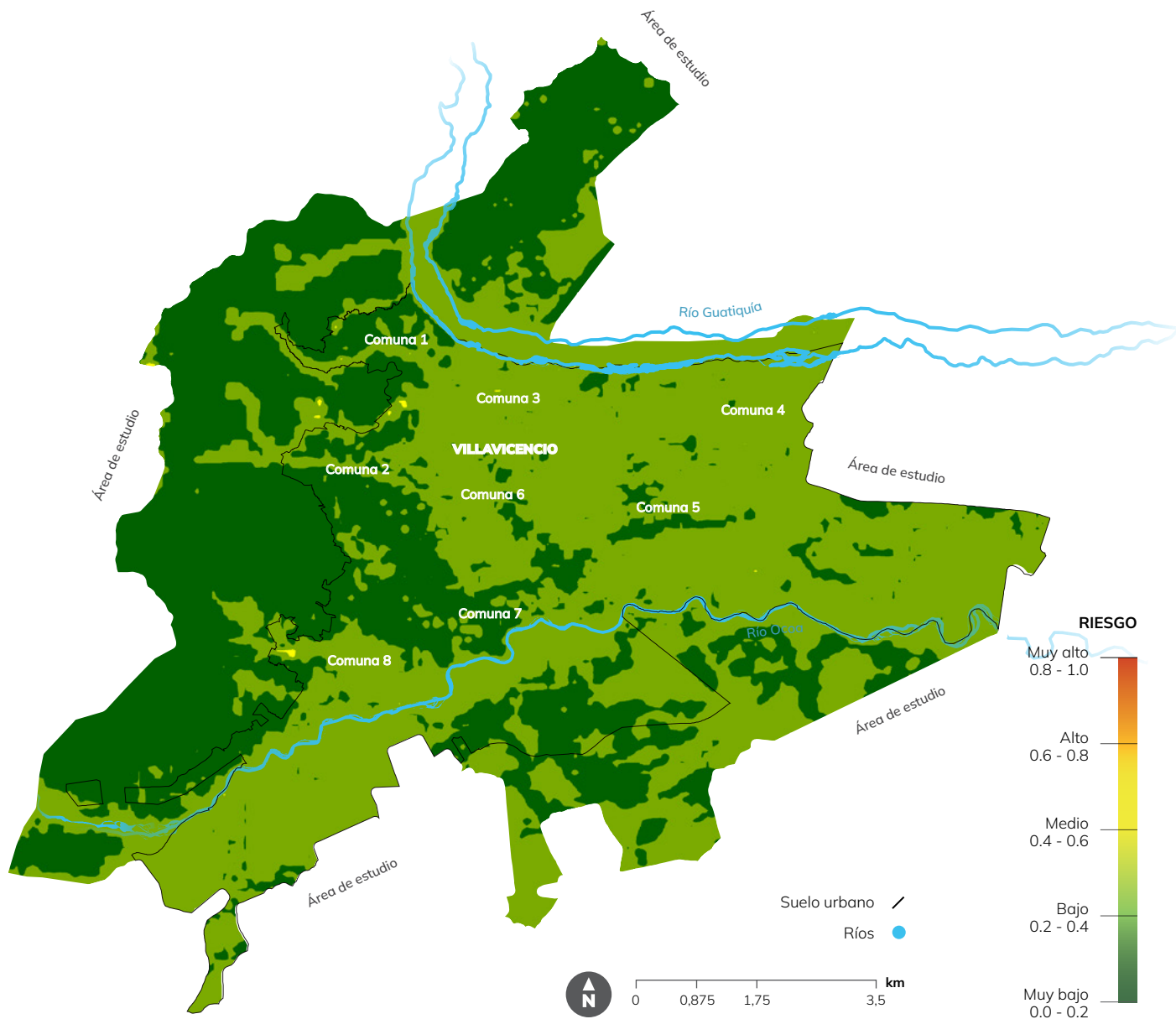
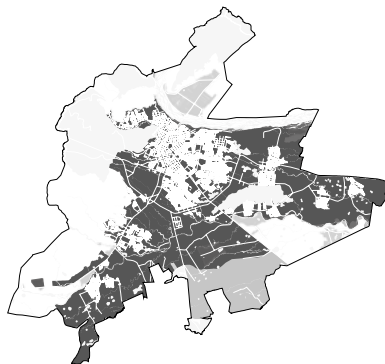
banda, el río Guatiquía y la mayoría de los cuerpos de agua. A pesar de que el riesgo de sequía fue considerado como el menos relevante por los funcionarios, se evidencia que al superponerse con las zonas de inundación, el área de riesgo se amplía. Esto refleja la vulnerabilidad que estas áreas pueden enfrentar ante cambios significativos en la precipitación o la temperatura. Por otro lado, el piedemonte presenta un riesgo muy bajo, ya que no se identificaron valores considerables de los riesgos específicos para las diferentes dimensiones que se superpongan espacialmente.

En el taller de evaluación de riesgos, se determinó que la inundación era el riesgo más relevante para Villavicencio, seguido por los movimientos de remoción en masa y la sequía.

RIESGO CRÍTICO

Los mapas de riesgo reflejan la ampliación del área de riesgo al superponerse con la sequía.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano



RIESGO CRÍTICO PARA LA DIMENSIÓN DE BIODIVERSIDAD

Para analizar el riesgo crítico en la dimensión de biodiversidad, se empleó una aproximación basada en el área para identificar las áreas naturales de interés ecosistémico presentes en el área de estudio que presentan mayores porcentajes de riesgo medio, alto y muy alto. A continuación se muestra la tabla correspondiente.

Como se mencionó anteriormente, se evaluaron las áreas naturales de gran interés ecosistémico en la ciudad. Sin embargo, se observa que las áreas protegidas son las que presentan un riesgo más significativo. En este análisis cuantitativo se tomaron en consideración las áreas más representativas en cuanto a extensión, como el Bosque Bavaria, el DCS Kirpas Pinilla, la RFPN Cerro Vanguardia, la Cuenca alta del Caño Vanguardia, Quebrada Honda, los Caños Parrado y Buque (conocidos como Reserva Buenavista), y el río Guatiquía.

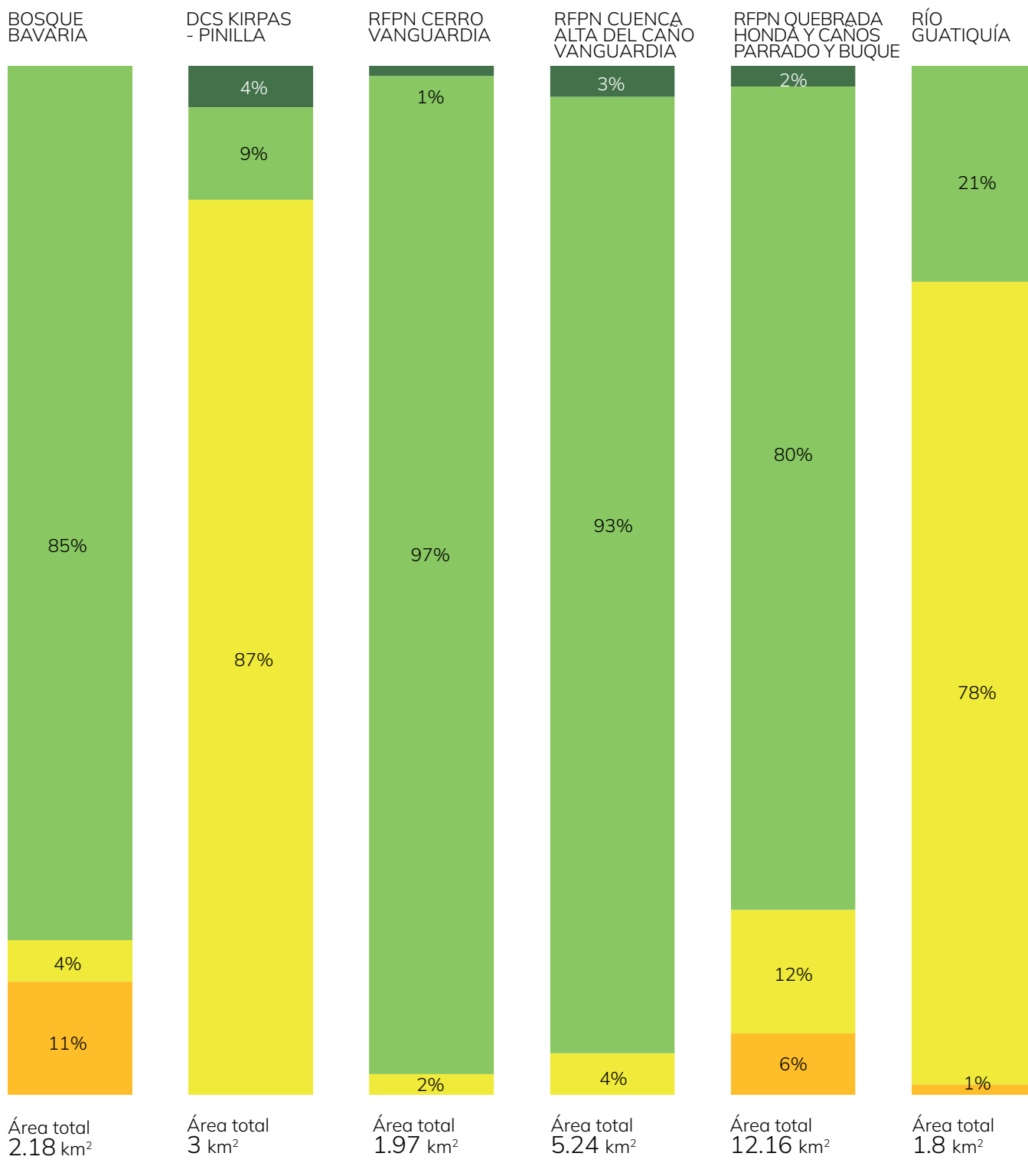
Se puede observar que, para todas las áreas, los riesgos con mayor porcentaje son el riesgo bajo y el riesgo medio, seguidos por el riesgo alto en menor medida. Se destaca que el riesgo alto se encuentra en los caños Buque, Maizaro y Parrado, ubicados en la Reserva Buenavista, y el caño Susumuco ubicado en el Bosque Bavaria. Esto indica que son fuentes hídricas que pueden verse afectadas tanto por inundaciones como por sequías. Es importante incluir estrategias de conservación dentro de los instrumentos de planificación y planes de acción, y dar mayor relevancia a los caños Maizaro y Buque, ya que son fuentes principales de captación

para el abastecimiento de agua potable. Al ser un recurso vital para los habitantes, experimentan una presión más alta, por lo que requieren atención especial para evitar que su riesgo aumente en el futuro.

En el caso del DCS Kirpas Pinilla y el río Guatiquía, son los que presentan el mayor porcentaje de riesgo medio, con un 87 % y un 78 % respectivamente. Al igual que los caños que atraviesan la Reserva Buenavista y el Bosque Bavaria, son susceptibles a inundaciones y sequías. Aunque los funcionarios de la ciudad consideren que la sequía es el riesgo menos relevante, esto no significa que los ecosistemas no puedan verse afectados por un aumento significativo de las lluvias o la temperatura. Esto demuestra la verdadera vulnerabilidad que existe en cada área natural, y destaca la necesidad de conservación para aumentar su capacidad de respuesta ante posibles inundaciones o sequías. Es importante resaltar que el río Guatiquía cuenta con varias concesiones mineras, lo cual representa una actividad que puede aumentar su vulnerabilidad. El dragado minero remueve el suelo y lo desestabiliza, generando canales artificiales que pueden modificar el cauce del río. Por lo tanto, es necesario realizar un seguimiento y control de este tipo de actividades, ya que pueden aumentar el riesgo en el río. Además de los caños Maizaro y Buque, el río Guatiquía es la fuente principal de abastecimiento de agua para la ciudad, y una intervención inadecuada puede afectar a los habitantes.

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

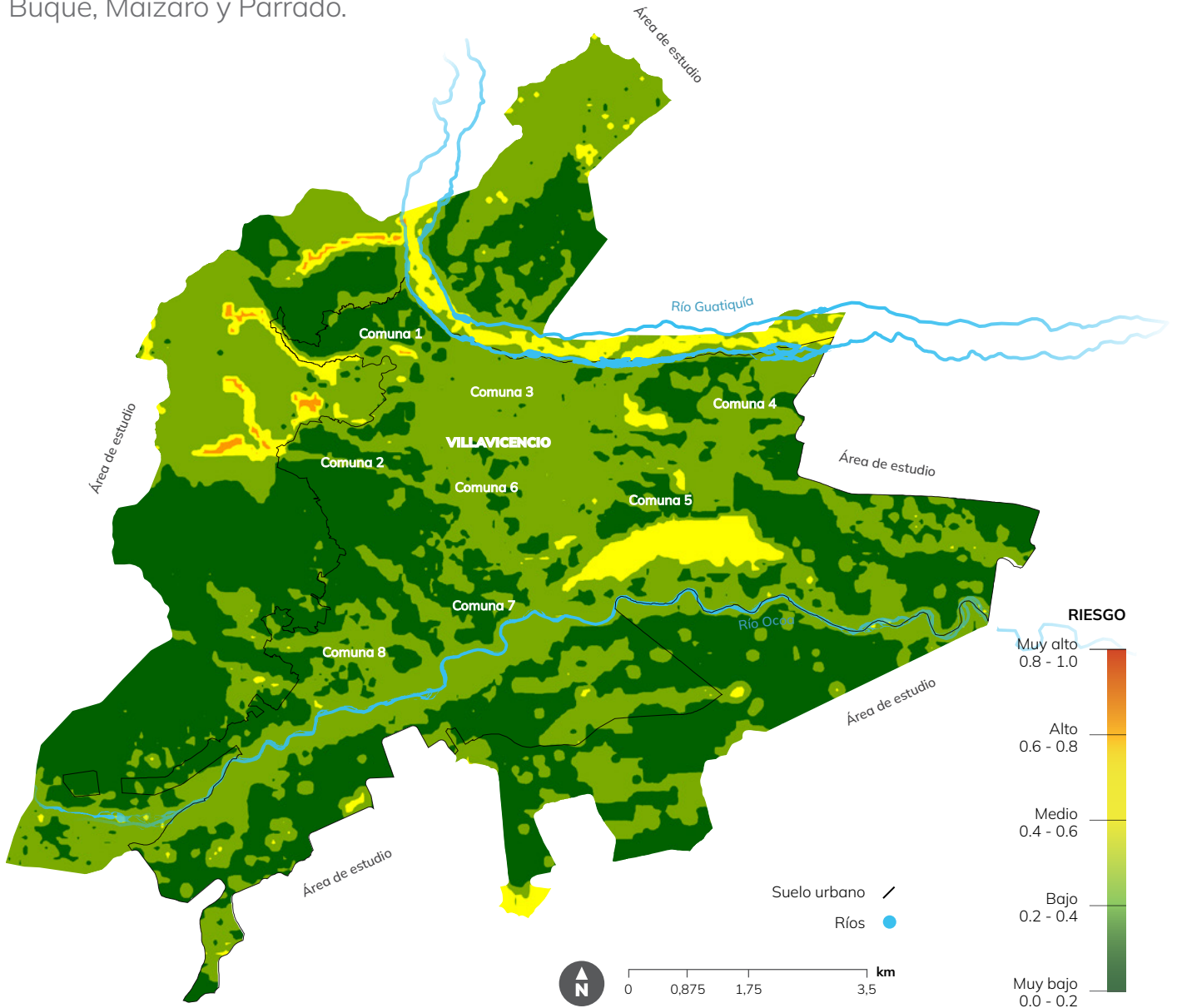
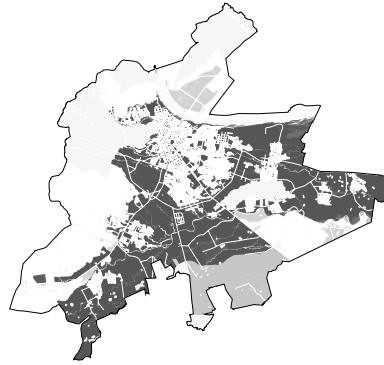


Riesgo: Muy bajo ■ Bajo ■ Medio ■ Alto ■ Muy alto ■

BIODIVERSIDAD Y RIESGO CRÍTICO

Se utilizó un enfoque basado en el área para evaluar el riesgo crítico en la biodiversidad de Villavicencio. Las áreas protegidas presentan el mayor riesgo, especialmente los caños Buque, Maizaro y Parrado.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano





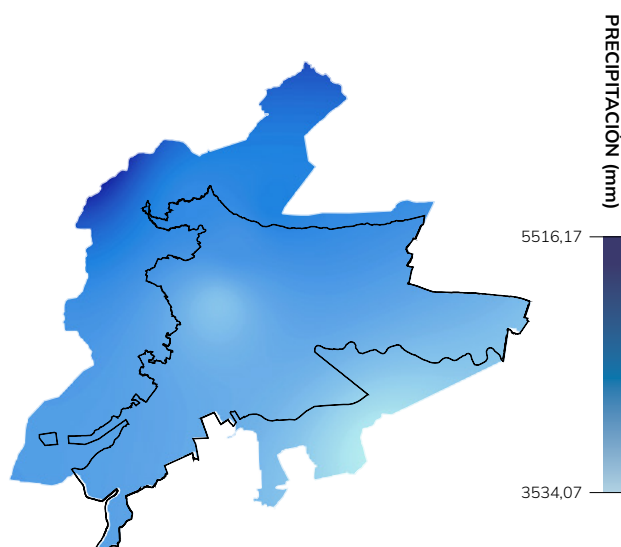
Escenarios de

CAMBIO CLIMÁTICO

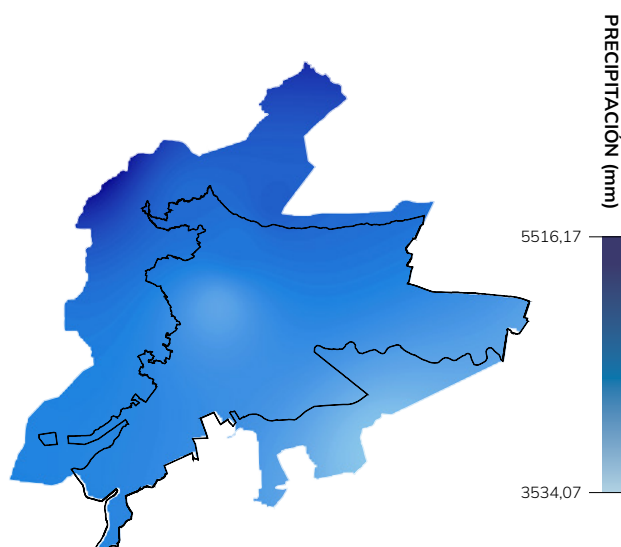
Para el análisis de los escenarios de cambio climático, se utilizó la serie de datos de la TCNCC (IDEAM, 2017), que abarca la climatología de 1975-2005 y se complementó con la climatología de 1980-2010. Los pronósticos se llevaron a cabo utilizando el escenario RCP 4.5, el cual ha demostrado tener una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

PRECIPITACIÓN

1975 - 2005



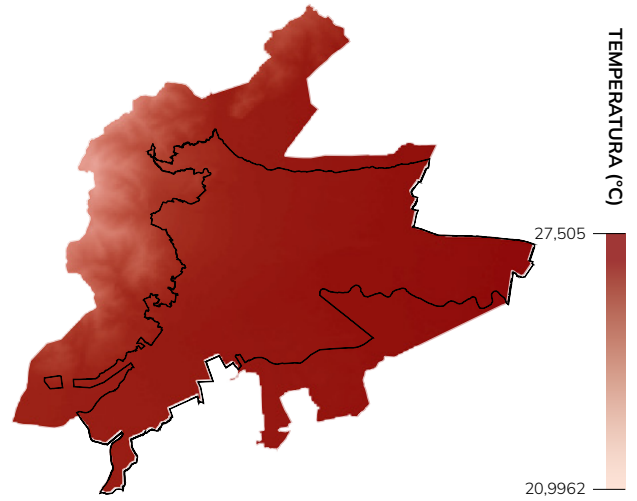
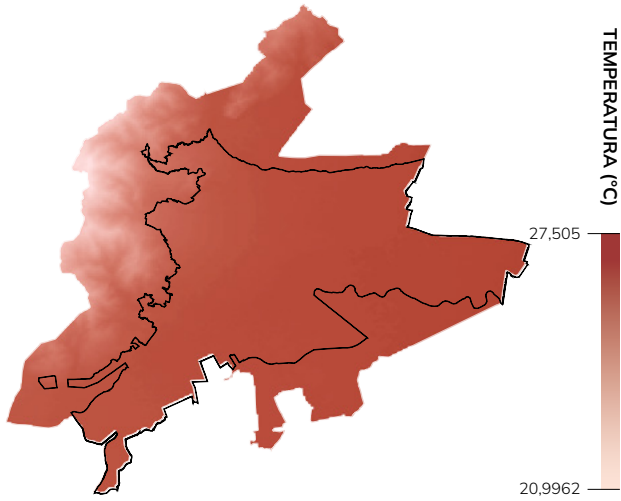
RCP 4.5 - 2100



TEMPERATURA MEDIA

1975 - 2005

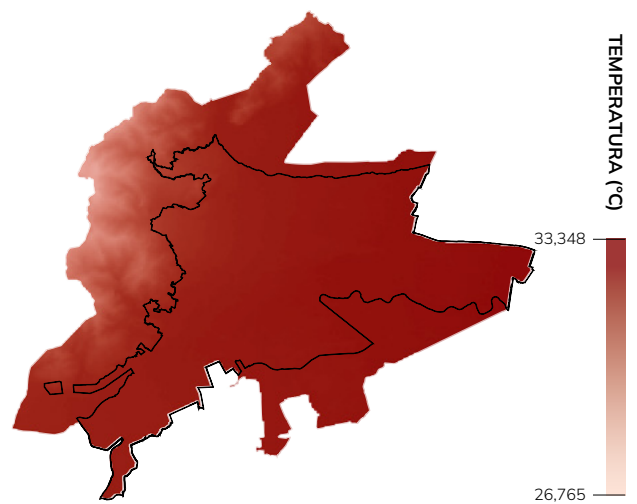
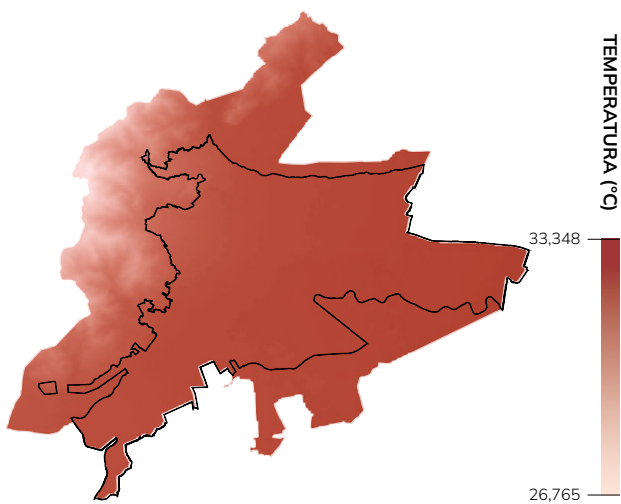
RCP 4.5 - 2100



TEMPERATURA MÁXIMA

1975 - 2005

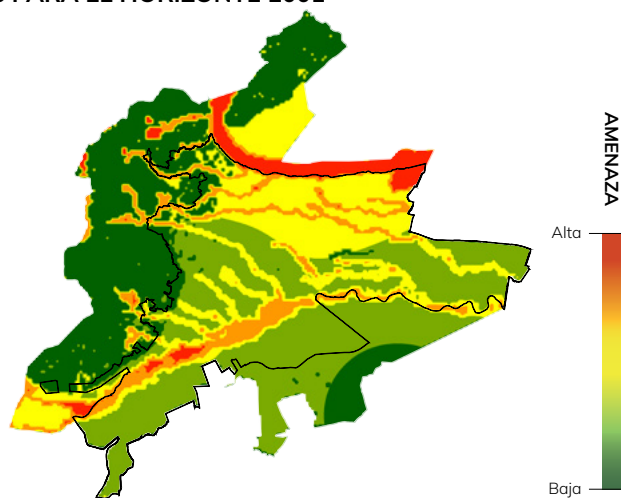
RCP 4.5 - 2100



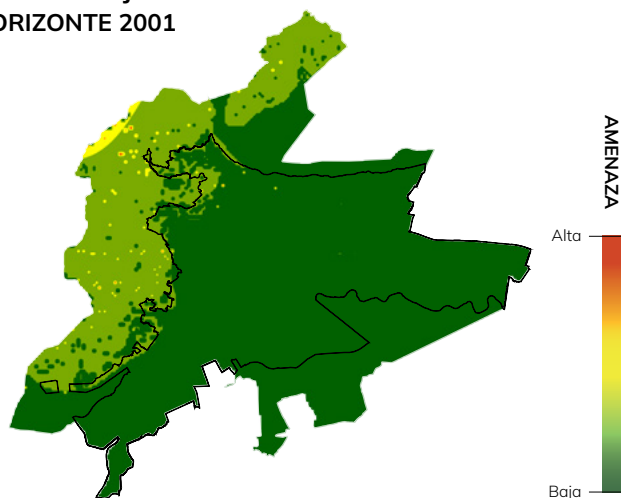
CAMBIO EN EL RIESGO POR CAMBIO CLIMÁTICO

De acuerdo con el enfoque del modelo de riesgo, se incorporaron los escenarios de cambio climático a través de la actualización de los indicadores de amenaza, considerando los cambios en la precipitación, ya que esta es la variable climática principal asociada a los riesgos evaluados. Para proyectar el comportamiento de la precipitación, se utilizó el escenario RCP 4.5, el cual ha demostrado un buen ajuste para el primer periodo proyectado por la TCNCC (2011-2040).

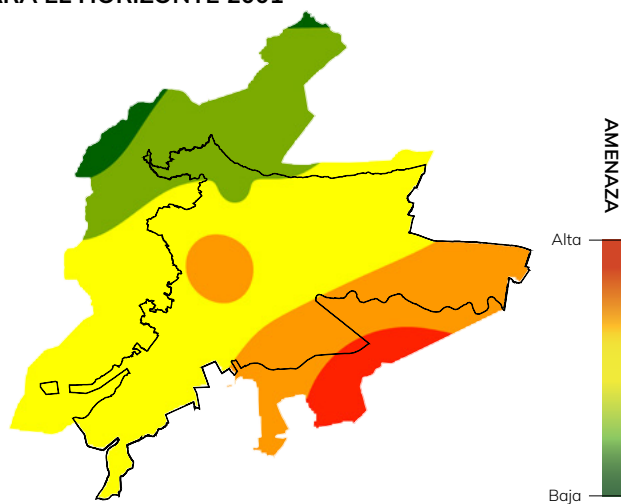
AMENAZA POR INUNDACIÓN BAJO EL ESCENARIO RCP 4.5 PARA EL HORIZONTE 2001



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



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



RIESGO CRÍTICO

Teniendo en cuenta que bajo el escenario RCP 4.5, la precipitación en Villavicencio puede incrementar entre 228 y 316 mm para el horizonte temporal 2100, se observa que en toda la zona urbana y gran parte de la periurbana, el riesgo crítico multidimensional y para la dimensión de biodiversidad aumentará entre un 0-15 %. Esto se debe a que el riesgo por inundación tiene un mayor peso, seguido de los movimientos de remoción en masa. Por lo tanto, un aumento en la precipitación implicaría una mayor probabilidad de que ocurran inundaciones y fenómenos de remoción en masa.

Por otra parte, se observa que tanto el riesgo crítico multidimensional como el riesgo crítico para la dimensión de biodiversidad pueden disminuir entre un 0-15 %, específicamente en el norte del área de estudio y en algunas partes del piedemonte. Esto se debe a que estos bosques presentan una significativa capacidad adaptativa ante los movimientos de remoción en masa. Por lo tanto, aunque haya incrementos en las precipitaciones, serán menos susceptibles a deslizamientos.

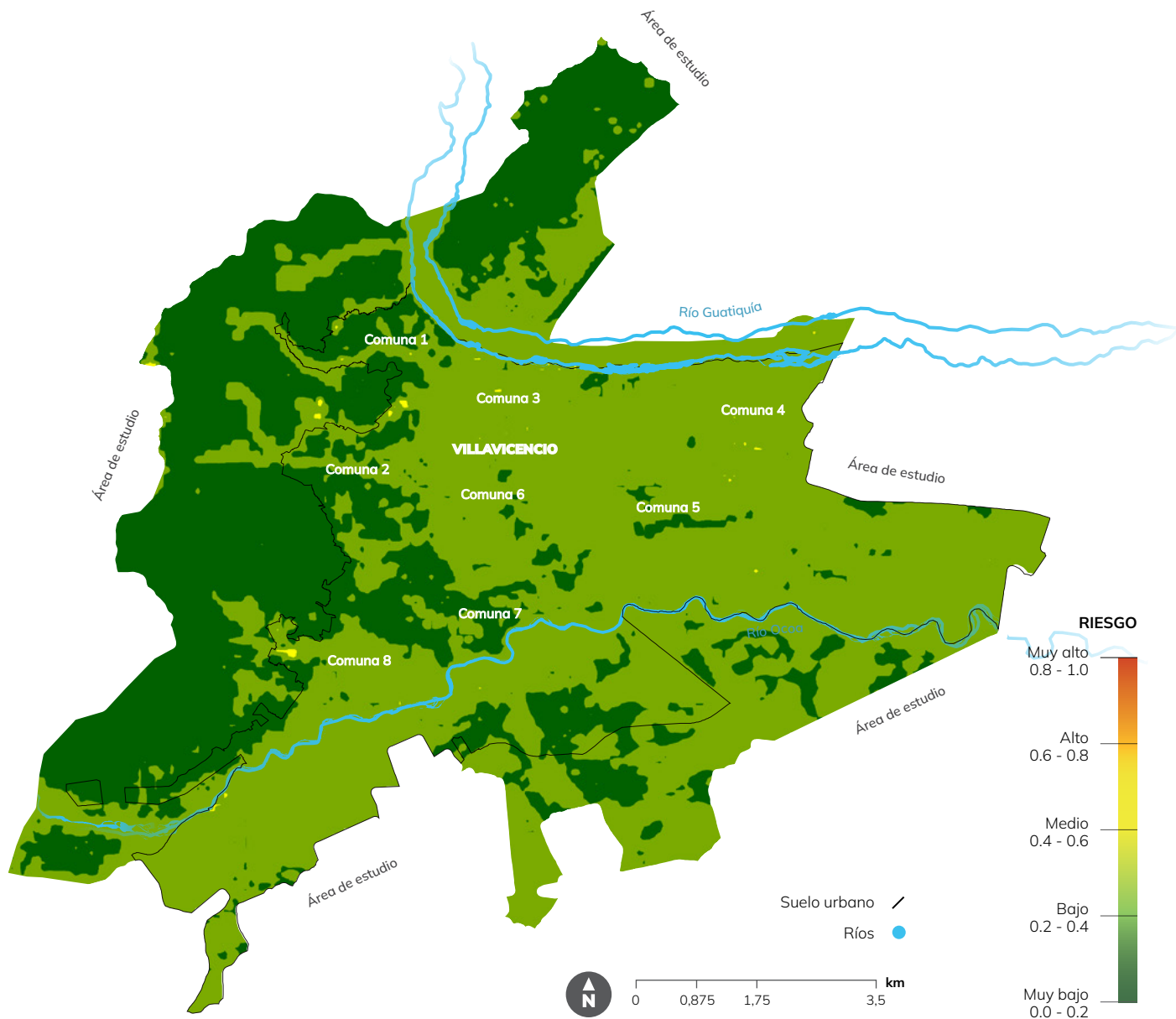
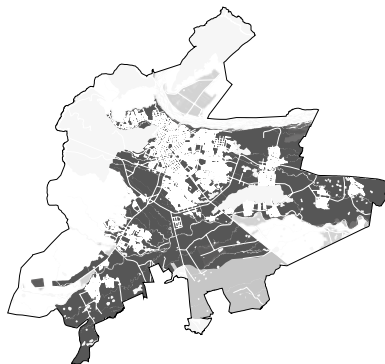


RCP45-2100

RIESGO CRÍTICO

Bajo el escenario RCP 4.5, se espera un aumento del riesgo crítico multidimensional y para la biodiversidad debido al incremento de la precipitación. Los riesgos de inundación serán más probables en áreas urbanas y periurbanas.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano

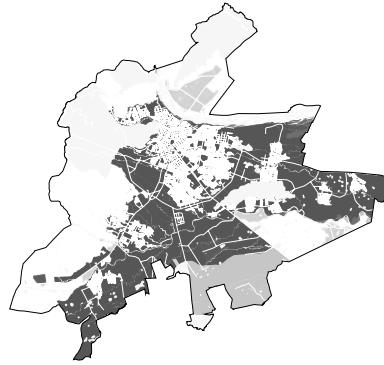


Cambio climático

RIESGO CRÍTICO

En el sector del Cerro, donde predominan los movimientos de remoción, el riesgo disminuye en comparación con las inundaciones que afectan principalmente las zonas bajas.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano

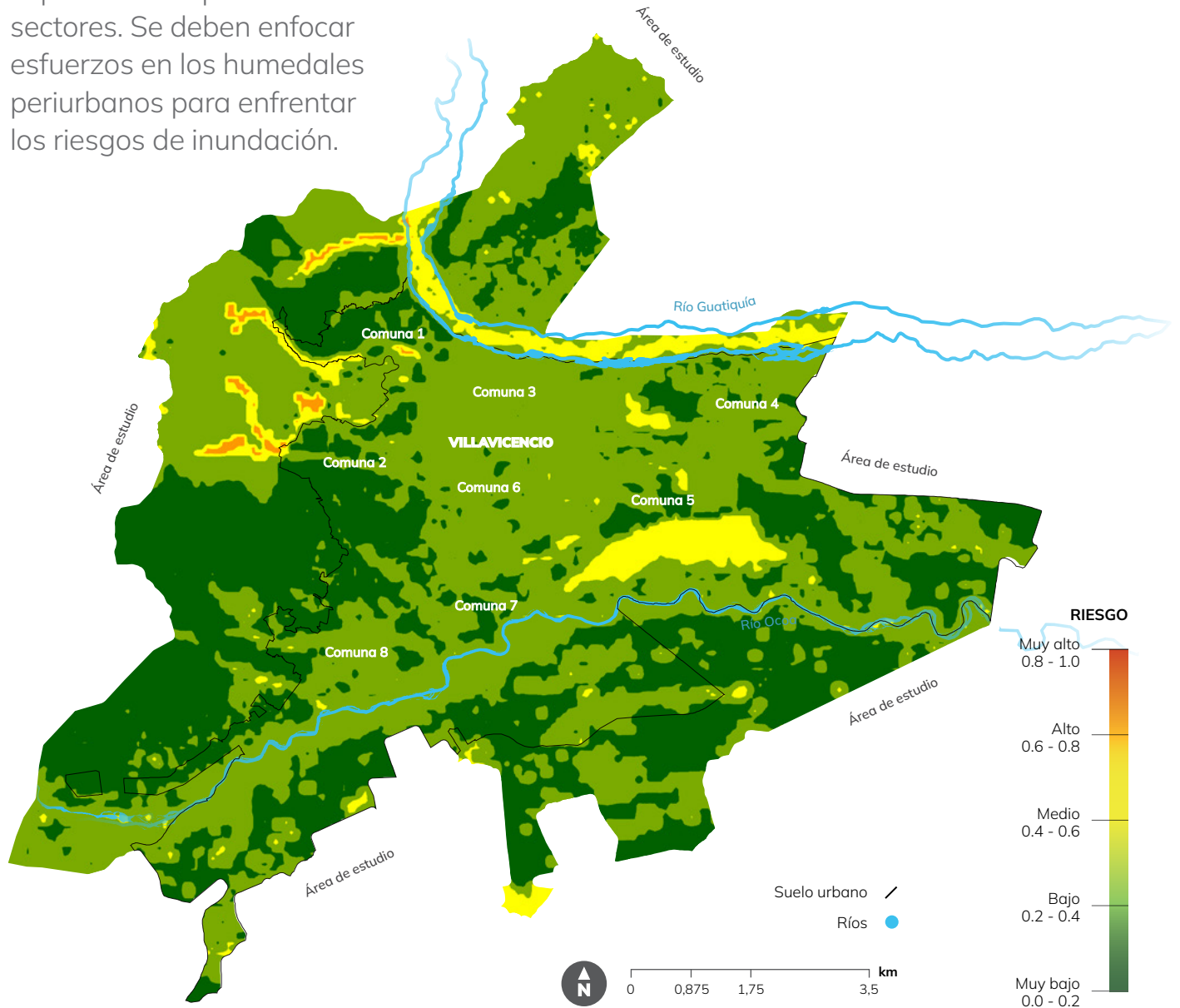
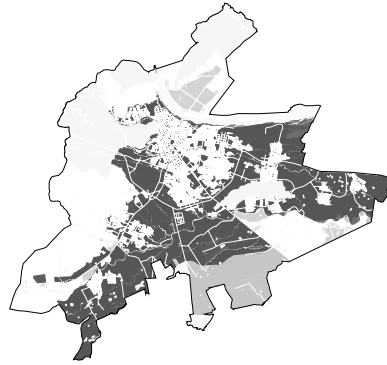


RCP45-2100

RIESGO CRÍTICO Y BIODIVERSIDAD

En el centro de la ciudad y algunos puntos específicos, el riesgo crítico multidimensional y para la biodiversidad puede disminuir debido a la capacidad adaptativa de estos sectores. Se deben enfocar esfuerzos en los humedales periurbanos para enfrentar los riesgos de inundación.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano

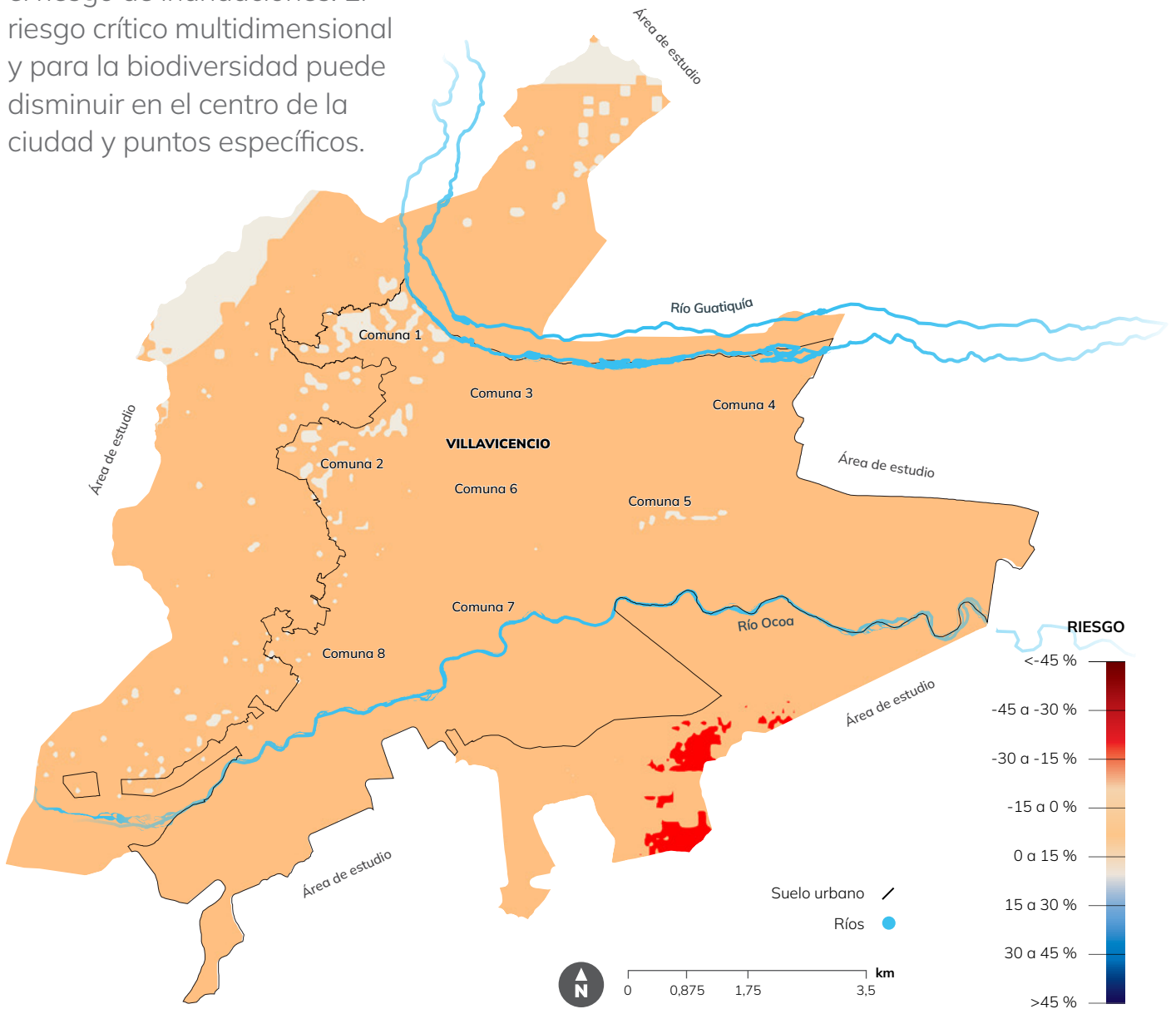
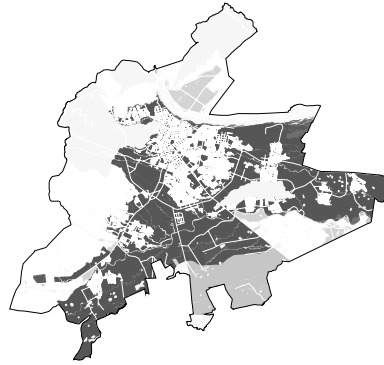


Cambio climático

RIESGO CRÍTICO Y BIODIVERSIDAD

Para incrementar la adaptación al cambio climático, es crucial centrarse en los humedales periurbanos que enfrentan un aumento en la amenaza y el riesgo de inundaciones. El riesgo crítico multidimensional y para la biodiversidad puede disminuir en el centro de la ciudad y puntos específicos.

- Áreas Naturales
- Suelo Expansión
- Suelo Urbano





Análisis de índices de

CAMBIO CLIMÁTICO

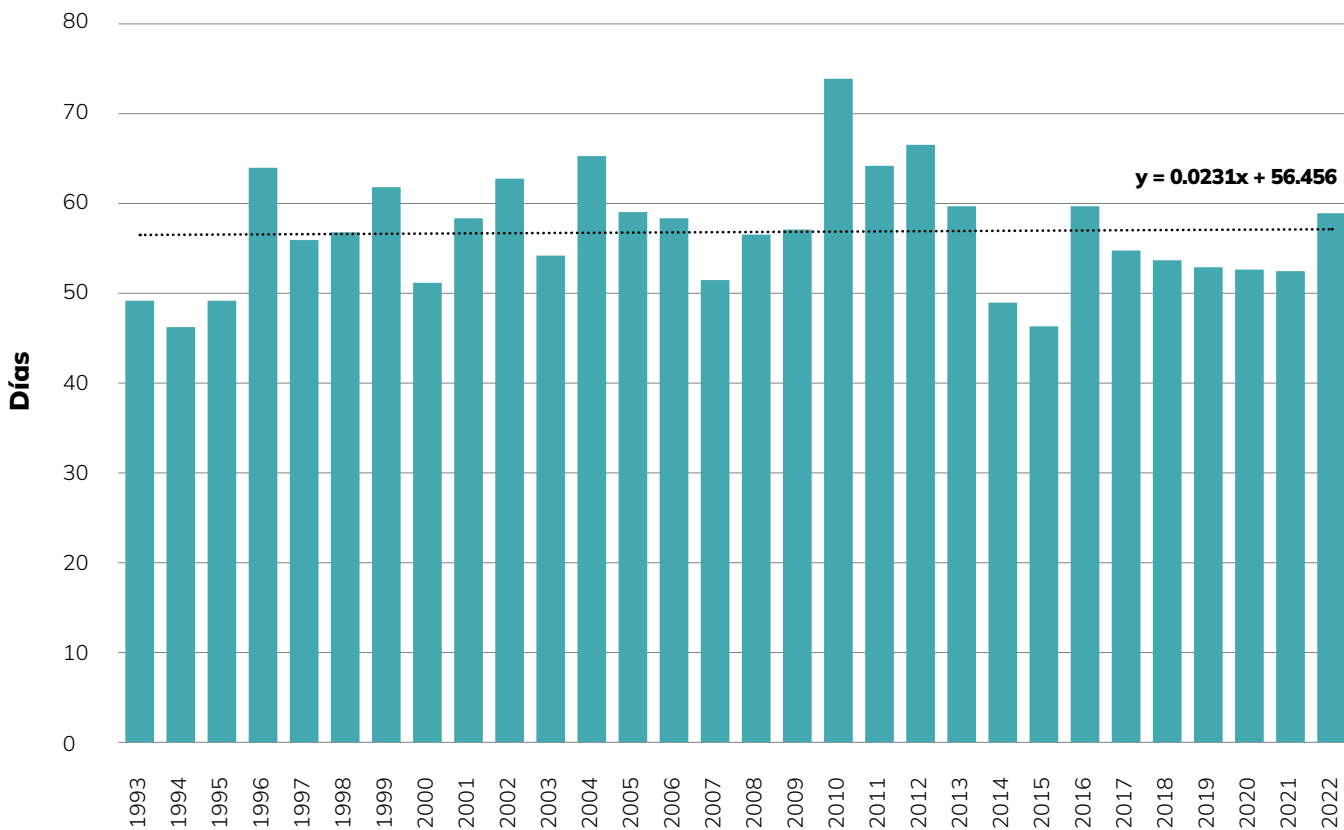
ÍNDICES ASOCIADOS A INUNDACIONES

Los mapas de los índices R25 y R95p muestran una concentración de eventos de precipitación intensa en la zona noroccidental y norte del área de estudio. En esta zona se encuentran varias áreas de conservación, como las Reservas Forestales Protectoras Vanguardia y Buenavista. 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 es donde se concentran los eventos extremos de lluvia.

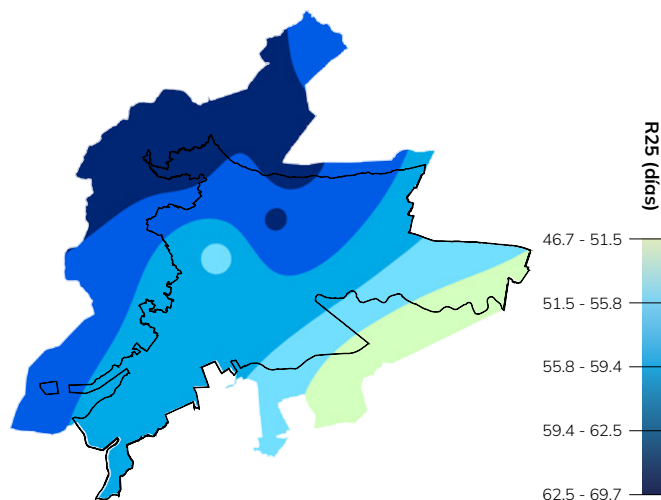
En cuanto a la tendencia de los índices, se puede observar que en los últimos años el índice R25 ha mostrado un comportamiento relativamente estable, por lo que no se espera un aumento considerable en la frecuencia de eventos intensos de precipitación, excepto en el área central urbana donde se ha observado un leve incremento. Por otro lado, el índice R95p muestra una tendencia a disminuir, lo que indica que se espera una reducción en la cantidad de precipitación asociada a eventos extremos en la mayor parte del territorio.

NÚMERO DE DÍAS CON PRECIPITACIÓN MUY INTENSA (R25)

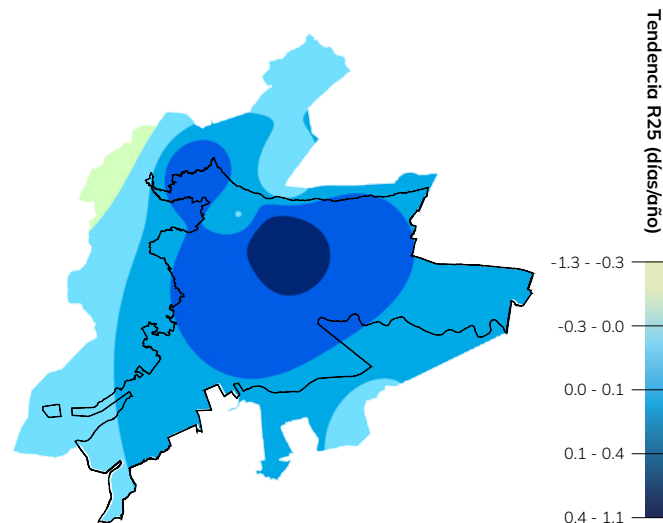
Figura 8. Tendencia de R25.



DÍAS DE LLUVIAS MUY INTENSAS

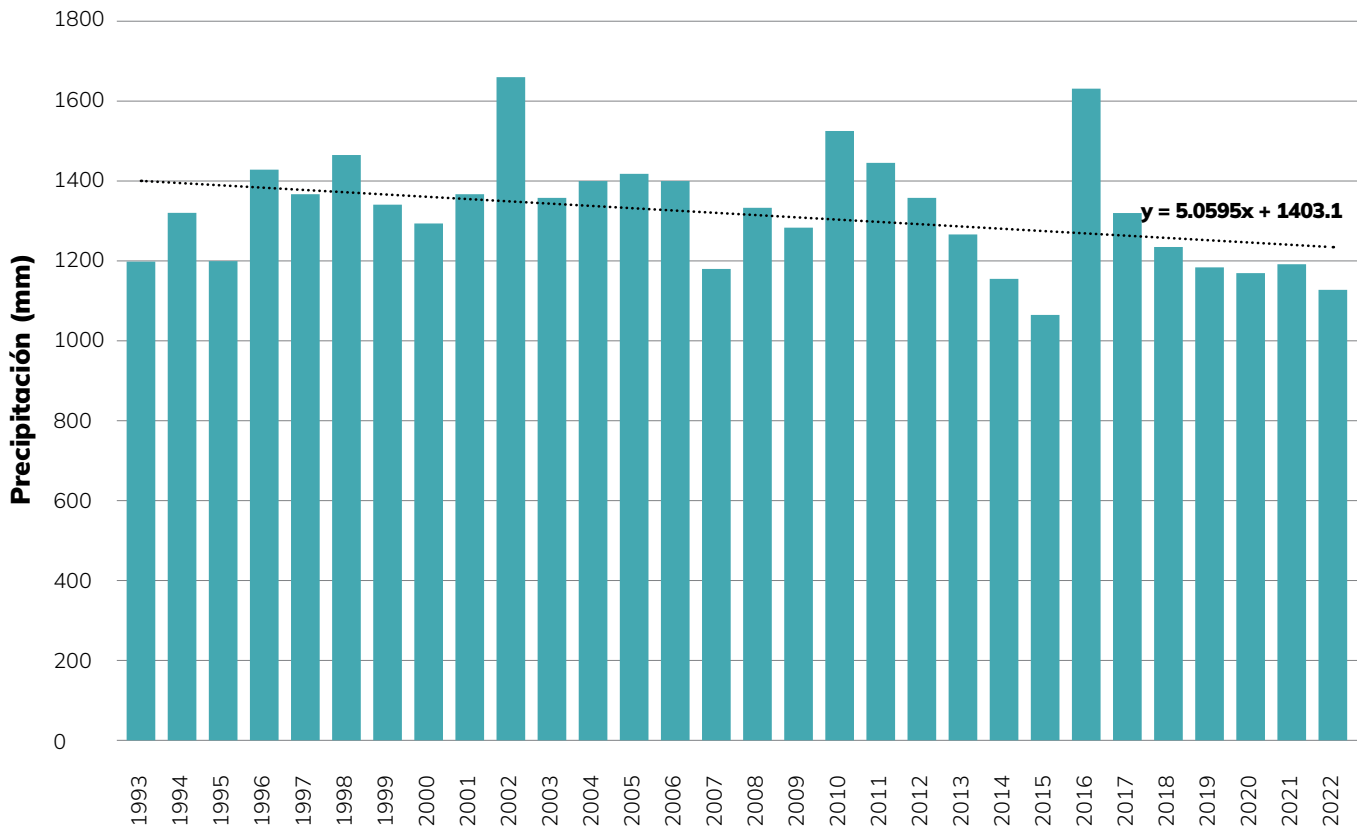


TENDENCIA DE R25 (1993-2022)

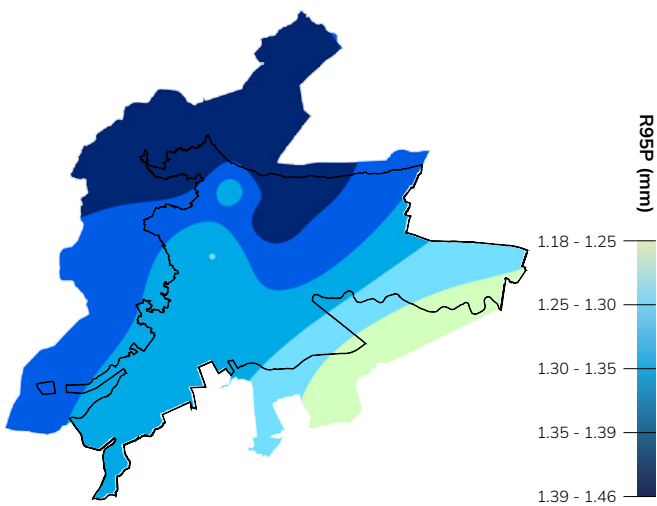


DÍAS MUY HÚMEDOS (R95P)

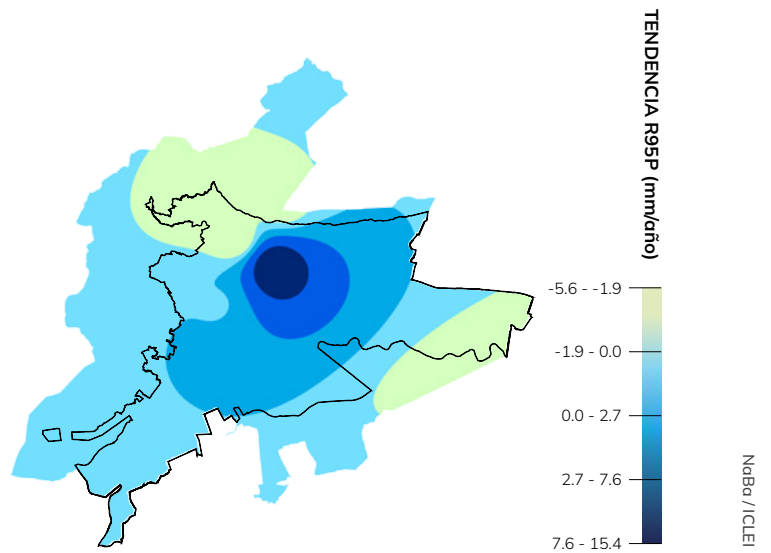
Figura 9. Tendencia de R95P.



DÍAS MUY HÚMEDOS



TENDENCIA DE R95P (1993-2022)



INDICADORES ASOCIADOS A MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

La cartografía de los índices CWD y R5D muestra que la zona norte de la ciudad es donde se presentan los periodos de lluvia más extensos, alcanzando periodos que superan los 17 días consecutivos de lluvia, y es aún más pronunciado en el noroccidente, donde puede llegar hasta los 23 días. De igual manera, la zona noroccidental concentra la mayor cantidad de precipitación en periodos de cinco días consecutivos, y esta cantidad se reduce gradualmente hacia el suroriente. Como se mencionó anteriormente, la zona norte corresponde a áreas protegidas que, debido a sus características geológicas y geomorfológicas, junto con la ocurrencia de eventos extremos de lluvias, son altamente propensas a fenómenos de erosión y movimientos de remoción

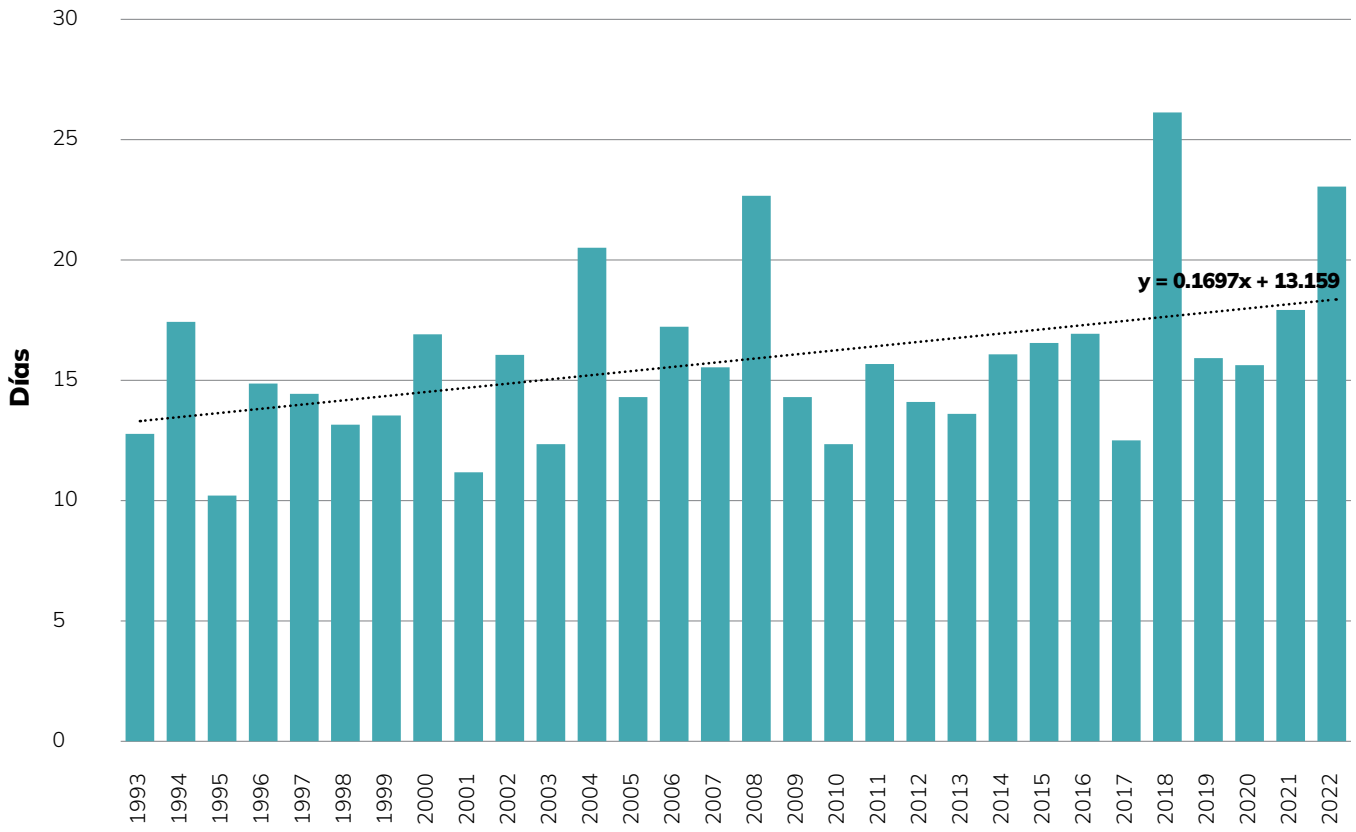
en masa. Sin embargo, los bosques que cubren estas áreas desempeñan un papel importante en la protección del suelo y la facilitación de la infiltración. La preservación de estas áreas es de vital importancia para reducir la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa e inundaciones.

La cantidad de días lluviosos consecutivos muestra una tendencia al incremento, especialmente en la zona norte, donde se puede esperar un aumento de aproximadamente cuatro días de lluvia al año. Por otro lado, la cantidad de lluvia que se concentra en periodos prolongados presenta una tendencia a la disminución, lo que indica que habrá una tendencia a tener más días consecutivos de lluvia, pero con una intensidad de precipitación menor.

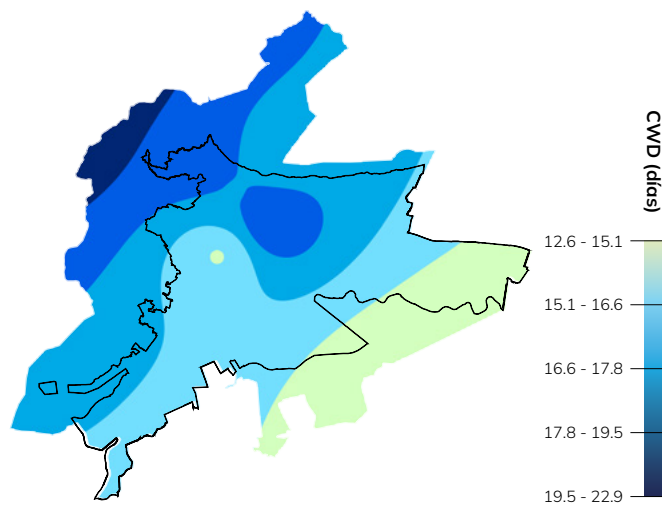


DÍAS HÚMEDOS CONSECUTIVOS (CWD)

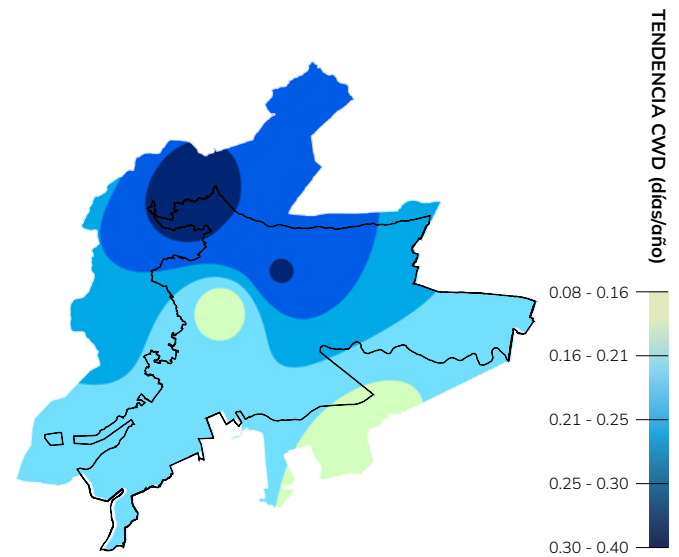
Figura 10. Tendencia de CWD.



DÍAS CONSECUTIVOS DE LLUVIA

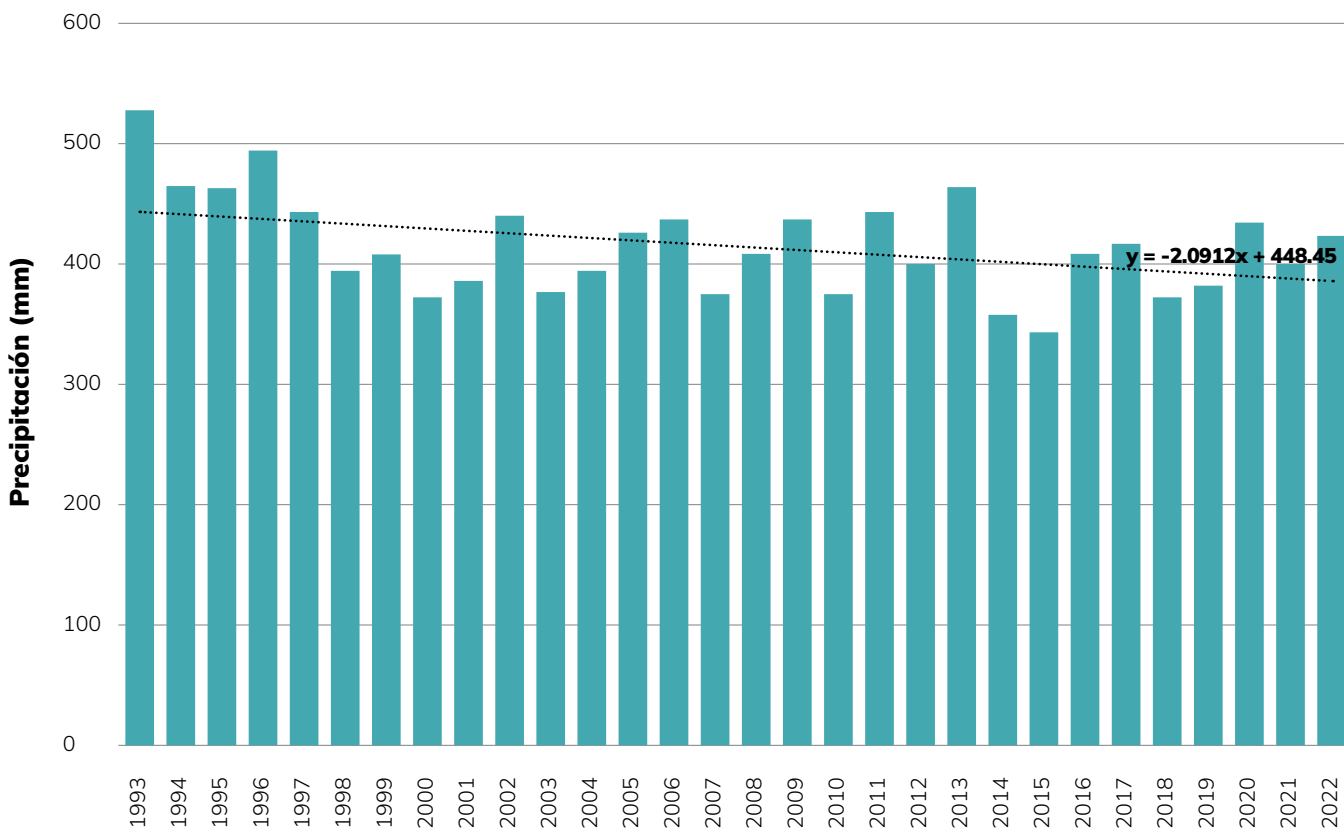


TENDENCIA CWD (1993 - 2022)

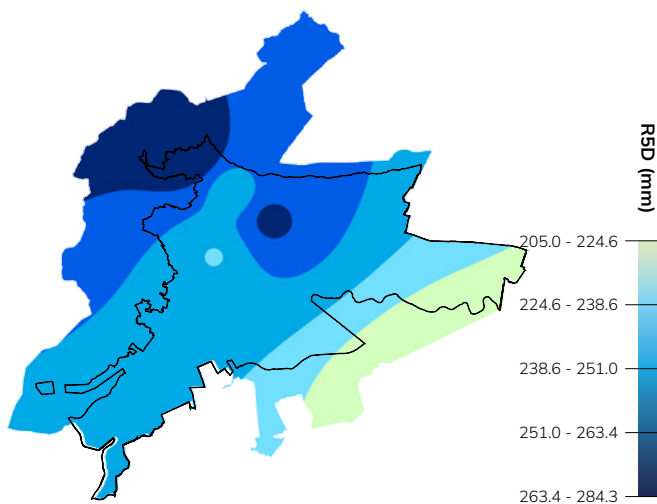


PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 5 DÍAS (R5D)

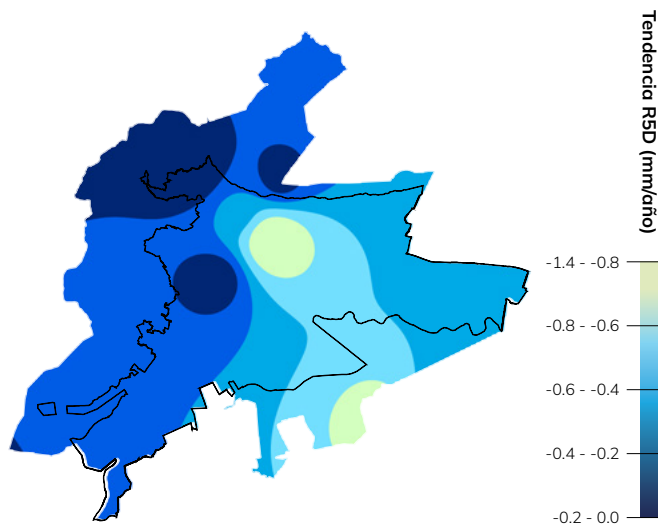
Figura 11. Tendencia de R5D.



PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE CINCO DÍAS



TENDENCIA DE R5D (1993-2022)



INDICADORES ASOCIADOS A SEQUÍA

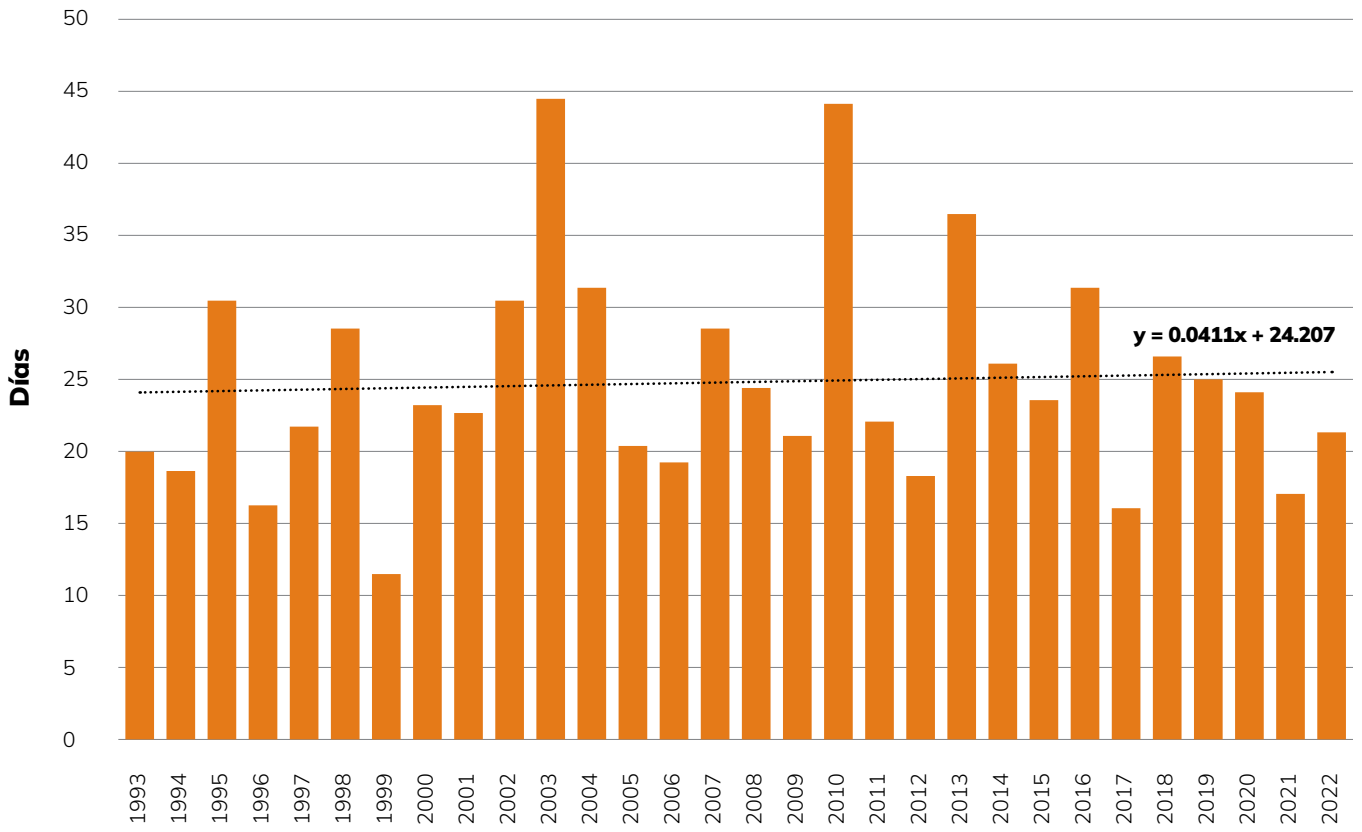
El índice asociado a la sequía muestra que los períodos de días sin lluvia pueden alcanzar hasta 28 días consecutivos en la zona sureste, mientras que en la zona noroeste se mantienen periodos secos que duran entre 19 y 22 días aproximadamente. La tendencia de este índice revela un incremento en los días secos,

especialmente en el noroeste de la ciudad. Estas condiciones resaltan la importancia de monitorear de cerca la zona noroeste del municipio para asegurar la disponibilidad de agua potable para la ciudad, ya que en esa área se encuentran las principales fuentes de abastecimiento del acueducto municipal.

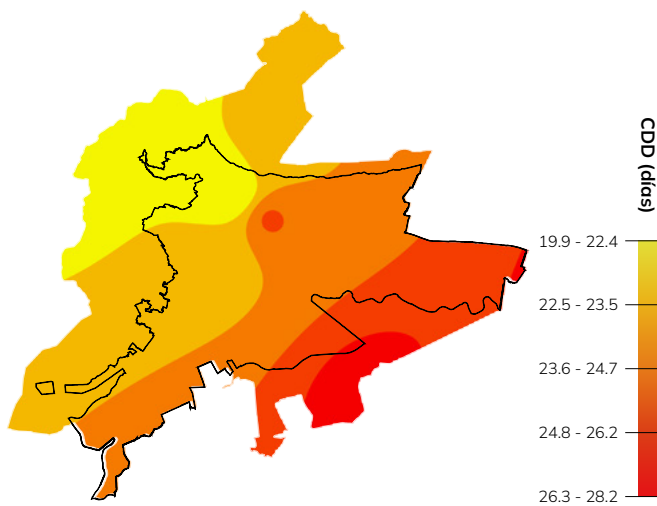


DÍAS SECOS CONSECUTIVOS (CDD)

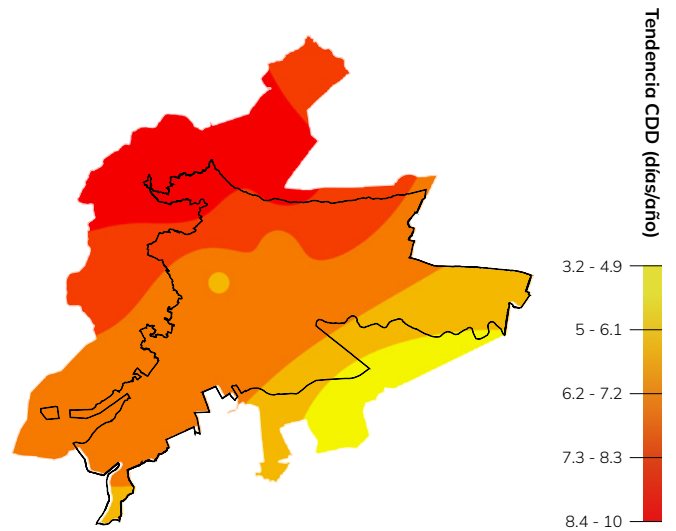
Figura 12. Tendencia de CDD.



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 se utiliza como una medida para evaluar la fracción de días calurosos en un período determinado, en relación con un umbral establecido en el percentil 90. En el caso específico de Villavicencio, los datos revelan que el índice TX90P tiene un promedio de 6,94, con una tendencia de 0,2.

El valor promedio de 6,94 para el índice TX90P indica que, en promedio, aproximadamente el 6,9 % de los días registrados en esa estación presentan temperaturas máximas que superan el umbral del percentil 90. Este valor nos proporciona una idea de la proporción de días calurosos en comparación con el total de días en el período analizado.

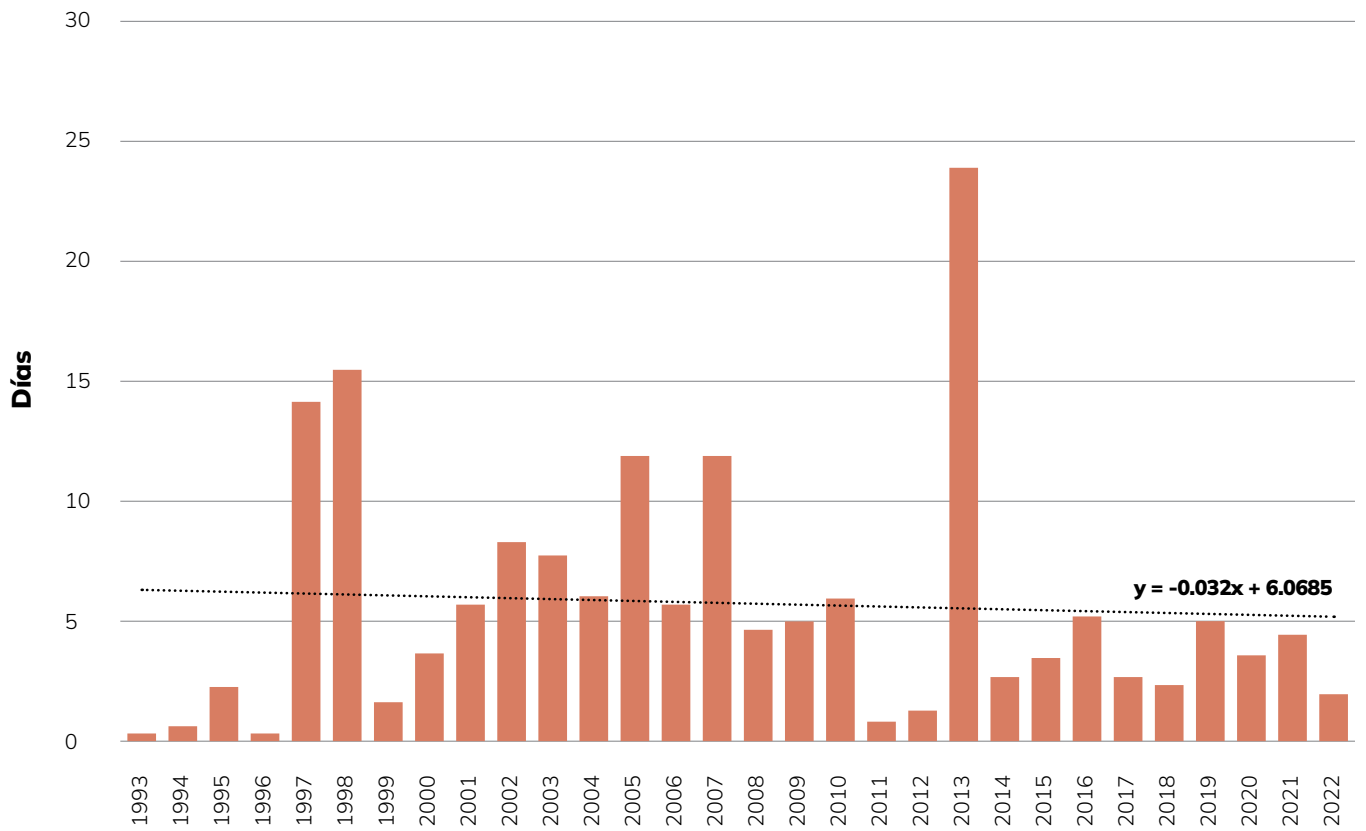
Además, el valor promedio de la tendencia de 0,2 sugiere que la proporción de días calurosos, en relación con el historial

climático de la región, 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, que abarca desde 1993 hasta 2022.

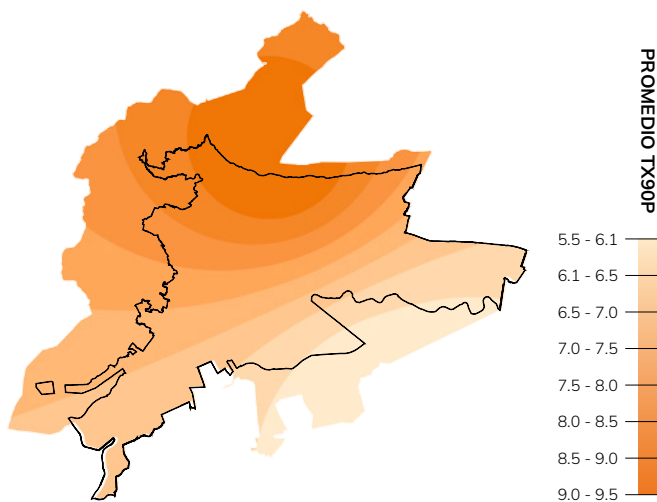
El valor promedio del índice TX90P en Villavicencio indica que la ciudad experimenta una proporción significativa de días calurosos en comparación con su historial climático. Este resultado es coherente con el clima cálido y tropical característico de la región. Como consecuencia, es probable que Villavicencio continúe enfrentando una mayor frecuencia de días calurosos en el futuro, lo que puede tener implicaciones importantes en diversos aspectos de la vida cotidiana y en los sectores que dependen del clima, como la agricultura y el turismo.

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

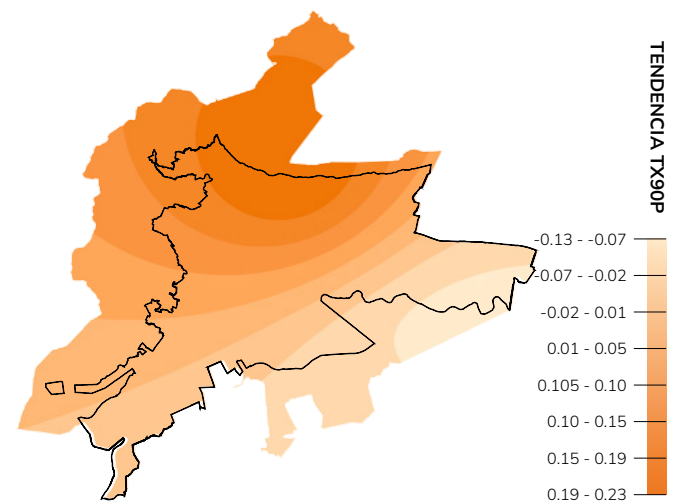
Figura 13. Tendencia de TX90P.



PROMEDIO TX90P



TENDENCIA TX90P (1993-2022)



WARM SPELL DURATION INDICATOR (WSDI)

El índice WSDI (Warm Spell Duration Index) se utiliza para evaluar la duración de los períodos continuos de calor en relación con un umbral específico. En el caso de Villavicencio, se obtuvo un valor promedio de 4,56 para el índice WSDI, lo que indica que, en promedio, los períodos consecutivos de calor duran aproximadamente 4,6 días en esta ciudad.

Por otro lado, la tendencia negativa del valor, -0,04, sugiere que hay una disminución gradual en la duración de los períodos consecutivos de calor en relación con el período de referencia. Esto indica que, en general, los períodos de calor están disminuyendo en Villavicencio a lo largo del tiempo.

El valor promedio de 4,6 para el índice WSDI en Villavicencio indica que la ciudad experimenta, en general, períodos de calor consecutivos de duración moderada en comparación con su historial climático. Estos períodos de calor pueden tener implicaciones significativas para la salud humana, la agricultura y otros sectores relacionados.

La duración prolongada de los períodos de calor puede aumentar el riesgo de enfermedades relacionadas con el calor, como golpes de calor y deshidratación, es-

pecialmente para grupos vulnerables como los ancianos y los niños. Además, los períodos de calor prolongados pueden afectar negativamente la productividad agrícola y provocar sequías, lo que puede tener un impacto en la seguridad alimentaria y la economía local.

Es importante monitorear y comprender estas tendencias en los períodos consecutivos de calor, ya que pueden proporcionar información valiosa para la planificación y la toma de decisiones en cuanto a medidas de adaptación y mitigación del cambio climático. Asimismo, estas tendencias pueden servir como una llamada a la acción para promover prácticas sostenibles y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, con el fin de mitigar los efectos del cambio climático en la región.

Nota: hasta el momento, los análisis realizados se han basado en los datos recopilados de tres estaciones meteorológicas en Villavicencio. Sin embargo, con el fin de obtener resultados y análisis más precisos, es crucial incorporar datos adicionales provenientes de múltiples estaciones meteorológicas en la región.

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. Cada estación puede capturar particularidades locales y variaciones geográficas, lo que enriquecerá la comprensión del clima de Villavicencio en su conjunto.

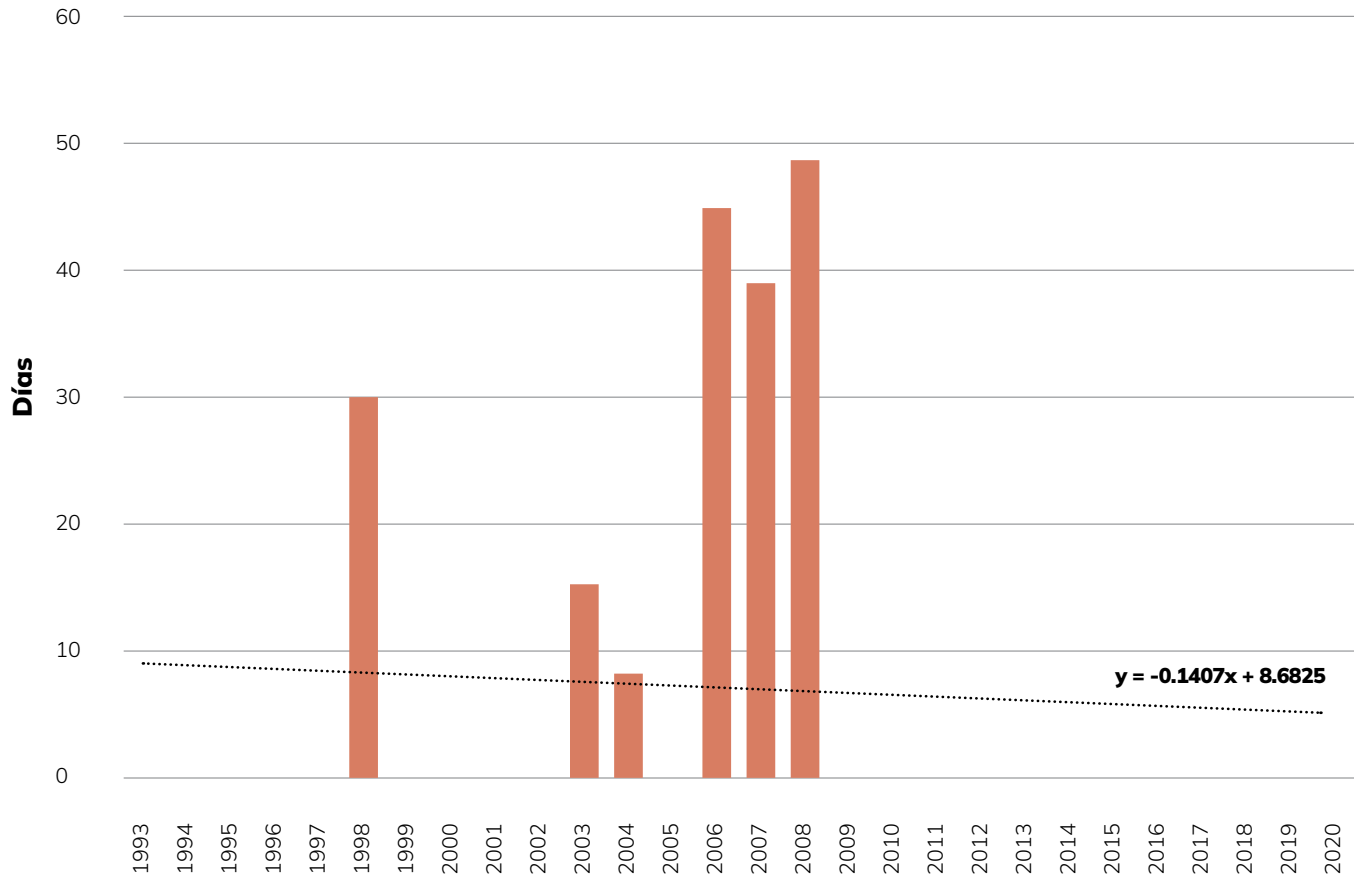
La disponibilidad de datos de múltiples estaciones meteorológicas también es fundamental para la toma de decisiones informadas y la planificación adecuada en términos de adaptación al cambio climático y la gestión de riesgos. Al contar con una base de datos más sólida y representativa, los responsables 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 la identificación de áreas de vulnerabilidad específicas dentro de la región y para la implementación de medidas de adaptación localizadas.

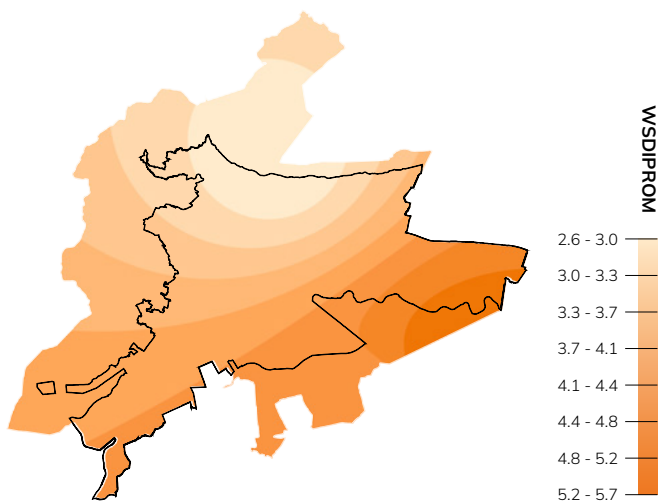
En resumen, la incorporación de datos adicionales de múltiples estaciones meteorológicas en la región de Villavicencio es esencial para obtener una comprensión más precisa de los patrones climáticos y las tendencias a largo plazo. Estos datos más completos permitirán tomar decisiones informadas y planificar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



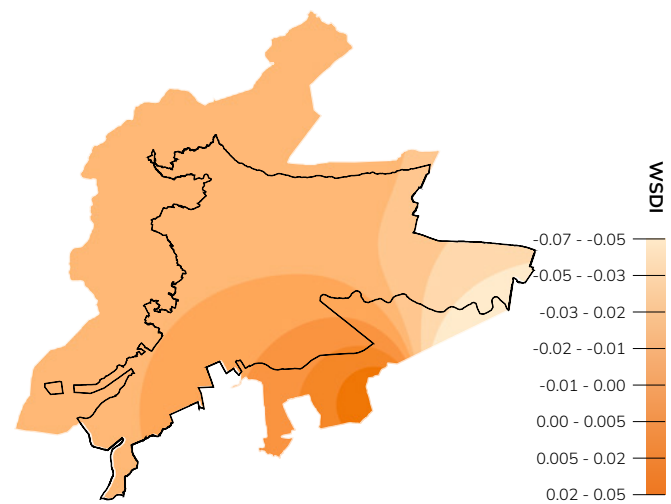
Figura 14. Tendencia del WSDI.



PROMEDIO WSDI (1993-2022)



TENDENCIA WSDI (1993-2022)





Capítulo 4

PRINCIPALES HALLAZGOS Y RECOMENDACIONES

El gradiente urbano-rural se desarrolla de acuerdo con las dimensiones analizadas, ya que 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 la perspectiva rural en términos de la oferta de agua, y desde la perspectiva urbana en cuanto al acceso de las personas al servicio de acueducto proporcionado por el río Guatiquía y los caños Buque y Maizaro. Esto demuestra que los riesgos no tienen un comportamiento homogéneo 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 que al implementar acciones de reducción de estos riesgos se fortalezca la resiliencia y la capacidad de adaptación de la ciudad.

DEL RIESGO PARTICULAR AL RIESGO CRÍTICO

En el análisis de los riesgos climáticos, es fundamental comprender el comportamiento de cada riesgo, los impactos que generan en las diferentes dimensiones y cómo deben ser gestionados para reducir esos impactos e incrementar 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 de riesgo crítico permite identificar las zonas afectadas por múltiples riesgos, como el río Guatiquía y la llanura, que están expuestas tanto a sequías como a inundaciones. Estos ecosistemas deben ser priorizados y se deben proponer medidas de adaptación integrales que consideren tanto los impac-

tos individuales como los resultantes de la interacción de estos dos 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. Al estar expuestos a amenazas que pueden aumentar debido a la crisis climática, su riesgo se incrementa, como es el caso de los caños Buque, Maizaro, Parrado, Susumuco, el río Quatiquía y el DCS Kirpas Pinilla. Asimismo, la transformación y degradación de los hábitats que los contienen, a través de la pérdida de cobertura natural y la extinción de especies, comprometen la resiliencia de los sistemas socioecológicos. Esto enfatiza la necesidad de proteger las áreas natura-



les, identificando aquellos ecosistemas que pueden fortalecer la estructura ecológica principal de la ciudad, para conservarlos y restaurarlos, y así aumentar la capacidad de respuesta ante posibles desastres.

RIESGOS ASOCIADOS AL AGUA

Es evidente que el exceso o la escasez de agua pueden perjudicar o alterar las dinámicas naturales del ambiente, lo que obliga a los seres humanos a buscar soluciones para encontrar un equilibrio. Por lo general, una gestión inadecuada del agua de lluvia puede provocar inundaciones y deslizamientos, ya que, al depender de la infraestructura de drenaje convencional, se reduce la capacidad de respuesta ante eventos extremos, ya que estos sistemas tienden a colapsar cuando se excede su capacidad de diseño. Por lo tanto, la gestión del recurso hídrico debe basarse en el reconocimiento de sus impactos, a fin de proponer alternativas resilientes, como la infraestructura verde que complementa el funcionamiento de la infraestructura gris y permite aumentar la capacidad de adaptación en términos de manejo del agua de lluvia.

RIESGO BAJO LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

No se puede negar que la crisis climática está ganando cada vez más fuerza y que con el tiempo pueden surgir riesgos que actualmente no se están considerando. El aumento de la amenaza en áreas que actualmente no están expuestas a riesgos climáticos y

la mayor variabilidad e intensidad de estos eventos climáticos afectarán principalmente a los grupos más vulnerables, como aquellos asentados cerca del cerro Cristo Rey, el río Guatiquía, así como las comunas 9 y 10. Por lo tanto, es necesario fortalecer el conocimiento sobre el riesgo actual para desarrollar capacidades de preparación ante posibles riesgos futuros y generar acciones 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 evidencia que esta dimensión presenta los niveles más altos de vulnerabilidad, ya que no cuenta con la suficiente capacidad de adaptación para ser resiliente ante los impactos de eventos climáticos extremos. En este sentido, es necesario identificar si se están aplicando prácticas sostenibles adecuadas según las necesidades de cada cultivo y tipo de suelo, y fortalecer la implementación de sistemas agroforestales, ya que estos sistemas restauran 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 organi-

zación político-administrativa en torno a la ocupación física del territorio. Dado que todos los sistemas urbanos interactúan con su entorno natural, pueden estar expuestos a diferentes amenazas naturales. Es aquí donde 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 enfoca 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 frente a 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, lo que demuestra que los riesgos no afectan de manera uniforme a todo el municipio. Es necesario que el gobierno local priorice el apoyo a estas poblaciones y genere planes de acción que incluyan soluciones como la implementación de medidas estructurales y no estructurales para reducir el riesgo y mejorar la resiliencia de estos habitantes.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Gracias a los talleres realizados en noviembre de 2022, se pudieron identificar algunas de las medidas que se han desarrollado en el municipio para incrementar la resiliencia frente a los impactos de cada uno de los riesgos analizados. Para hacer frente a las inundaciones, se propone la creación de un corredor biológico en el aeropuerto Vanguardia con el objetivo de preservar la biodiversidad, ya que su implementación reduce la fragmentación de los ecosistemas y mejora la conectividad entre hábitats. Una medida que podría complementar esta iniciativa sería la implementación de jardines de lluvia en áreas

urbanas, los cuales retienen el agua de lluvia y ayudan a controlar el flujo. Para hacer frente a las sequías, existen alrededor de 100 acueductos comunitarios que aumentan la capacidad de adaptación ante este riesgo y promueven que las comunidades se conviertan en administradoras de su propio territorio. Una alternativa que se puede evaluar en términos de seguridad alimentaria son los cultivos de cobertura, ya que ralentizan la evaporación del agua y retienen la humedad del suelo. En cuanto a los deslizamientos de tierra, se han implementado diversas medidas como el terraceo y la siembra de bambú para asegurar los suelos y fortalecerlos, algunas de las ubicaciones de estas medidas son la bocatoma Quebrada Honda, la Quebrada Argentina y el cerro Cristo Rey.





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.