

*Análisis de riesgo
y vulnerabilidad
climática con enfoque
ecosistémico*

YOYOPAL

*Análisis de riesgo
y vulnerabilidad
climática con enfoque
ecosistémico*

YOPAL

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.



Nature-Based Resilient Cities

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 Yopal

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 Yopal, 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. 42

Priorización de riesgos

p. 46

Conclusiones y principales hallazgos

p. 48

Resultados Scorecard

p. 50

Capítulo 3

RESULTADOS ESPACIALES

p. 53

Delimitación del
área de estudio

p. 54

Riesgo por Sequía

p. 62

Riesgo por Inundación

p. 74

Riesgo por Movimientos de
remoción en masa

p. 88

Riesgo Crítico

p. 93

Escenarios de Cambio Climático

p. 101

Análisis de índices de
Cambio Climático

p. 113

Capítulo 4

PRINCIPALES HALLAZGOS Y RECOMENDACIONES

INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

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

El diagnóstico del análisis climático participativo es una herramienta muy eficiente

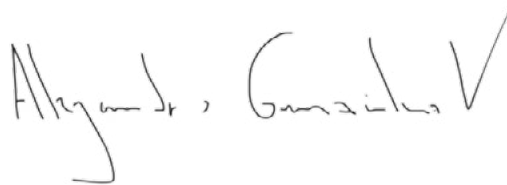
para la planificación urbana, ya que permite recoger información de las personas que viven directamente los eventos extremos y contribuye a la educación de las poblaciones. La interacción entre el gobierno local, la academia, el sector público, el sector privado y la sociedad civil genera insumos importantes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

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

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

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

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



Alejandro González

Director Ejecutivo
ICLEI Colombia

*Capítulo 1*

METODOLOGÍA

p. 10

Fase 1. Lente climática

p. 11

Fase 2. Identificación de riesgos

p. 17

Fase 3. Identificación de la sensibilidad

p. 18

Fase 4. Mapeo participativo

p. 19

Fase 5. Geoprocesamiento de datos

p. 25

Fase 6. Análisis de cambio climático

p. 28

Fase 7. Validación y monitoreo

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

Internacionales / globales



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

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

Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook (GIZ, 2017)

The Vulnerability Sourcebook (GIZ, 2014)

Disaster Resilience Scorecard for Cities MCR2030

Nacionales



Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC, 2017)

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

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

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

Experiencias exitosas de Brasil



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

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

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

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

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

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

Fase 1.

LENTE CLIMÁTICA

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

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

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

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

Fase 2.

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

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

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

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

Tabla 2. Probabilidad de ocurrencia de las amenazas.

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

Tabla 3. Grado de vulnerabilidad ante los impactos.

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

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

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

Tabla 4. Clasificación del riesgo climático.

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

Fuente: ihobe, Gobierno Vasco, 2019.

Tabla 5. Valor de las clases de riesgo.

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

Los riesgos analizados en el municipio de Yopal 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 Yopal y los indicadores asociados a las Contribuciones de la Naturaleza para las Personas (NCP, por sus iniciales en inglés).

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

Fase 3.

IDENTIFICACIÓN DE LA SENSIBILIDAD

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

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

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

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





Fase 4.

MAPEO PARTICIPATIVO

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

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

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

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

Fase 5.

GEOPROCESAMIENTO DE DATOS

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

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

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

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

Amenaza

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

 - 2 Registros o cartografía de ocurrencia de inundaciones

 - 3 Registros o cartografía de ocurrencia de deslizamientos

 - 4 Mapa hidrológico y/o hidrográfico

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

 - 6 Mapas de temperatura, humedad y precipitación total anual

 - 7 Imágenes satelitales y fotografías aéreas

Exposición

- 1 Censo poblacional

- 2 Mapa de asentamientos formales e informales

- 3 Mapa de vías principales

- 4 Mapa de construcciones

- 5 Mapas de usos del suelo y actividades

- 6 Modelo de elevación digital (DEM)

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

- 8 Mapa de cultivos

Sensibilidad

- 1 Índice de pobreza multidimensional

- 2 Censo poblacional

- 3 Mapa o clasificación por edades

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

- 5 Acceso a servicios públicos

- 6 Mapa de construcciones

- 7 Mapas de usos del suelo y actividades

- 8 Mapa de parques y zonas verdes públicas y privadas

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

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

- 11 Mapa de cultivos

- 12 Mapa geológico

- 13 Mapa de tipo de suelo (pedología)

- 14 Imágenes satelitales y fotografías aéreas

Sensibilidad

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

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

- 17 Inventarios de biodiversidad del municipio

- 18 Estructura ecológica principal

- 19 Mapa de arbolado e inventario forestal

- 20 Mapa de parques y zonas verdes públicas y privadas

- 21 Mapa de vías principales y tasas de flujo vehicular

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

Capacidad (adaptativa y de respuesta)

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

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

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

- 4 Documento de mapeo de SE o NCP

- 5 Sistemas de alerta temprana para prevención de desastres

- 6 Mapa hidrológico y/o hidrográfico

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

- 8 Mapa de vías principales

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

- 10 Mapa de arbolado e inventario forestal

- 11 Dotación de camas hospitalarias

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

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

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

Ecuación (1)

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

Donde:

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

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

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

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

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

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

Ecuación (2)

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

Donde:

R_l representa el valor del indicador del riesgo l.

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

W_k representa el peso asociado a cada dimensión k.

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

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

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

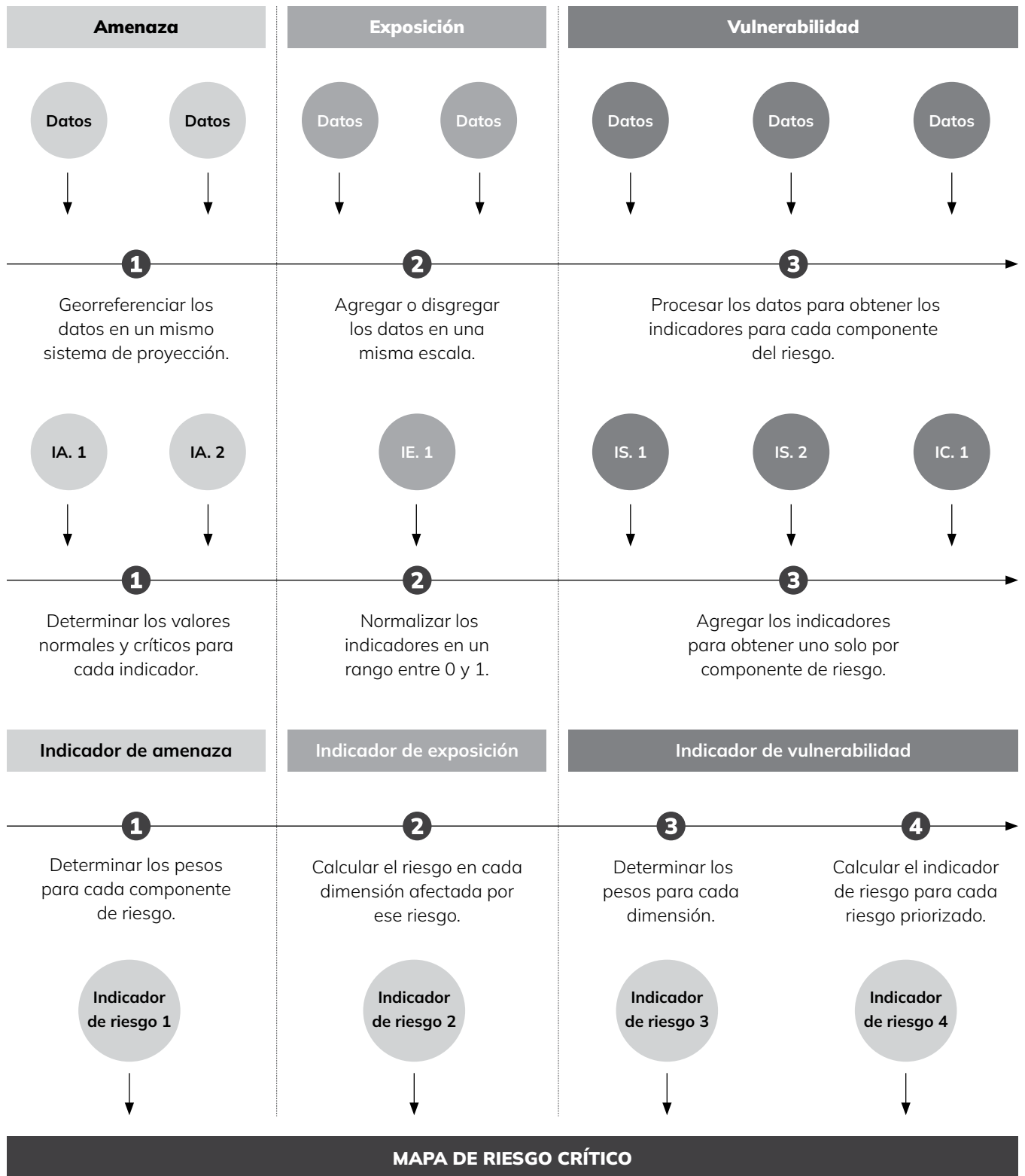
Es importante mencionar que, una vez obtenidos los mapas analíticos finales, su análisis contribuirá a que, en evaluaciones posteriores, se desarrollen consideraciones y recomendaciones para implementar medidas que permitan reducir el riesgo en las zonas prioritarias. Estas consideraciones pueden incluir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

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

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

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

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

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

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

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

DATOS UTILIZADOS

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

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

ÍNDICES DE CAMBIO CLIMÁTICO

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

Tabla 9. Lista de índices de cambio climático.

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

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

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

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

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

REFERENCIAS

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

Fase 7.

VALIDACIÓN Y MONITOREO

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

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

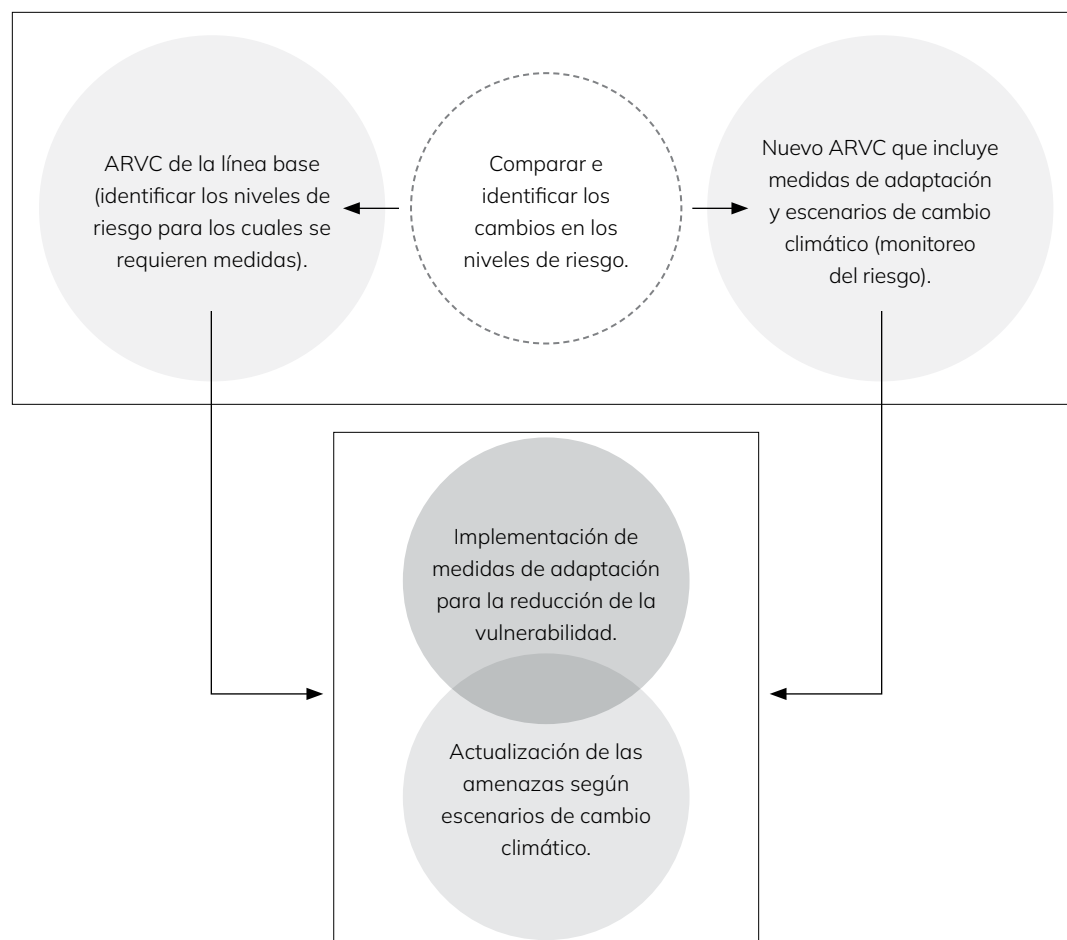
plazo (5-10 años). Este monitoreo implica que el municipio actualice las cadenas de impacto identificadas, incluyendo los efectos del cambio climático para ese periodo de evaluación, así como los beneficios obtenidos a través de la implementación de medidas de adaptación (por ejemplo, soluciones basadas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

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

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

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

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



Fuente: Adaptado de GIZ, 2017

BIBLIOGRAFÍA

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

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

- Ley 1523 de 2012. (24 de abril de 2012). Por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. D. O. No. 48411.
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. (2017). Política Nacional de Cambio Climático. 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. 36

Riesgos asociados al cambio climático

p. 42

Priorización de riesgos

p. 46

Conclusiones y principales hallazgos

p. 48

Resultados Scorecard

Geográficamente, Yopal se localiza en la región de la Orinoquía; limita al norte con el departamento de Boyacá, al sur con los municipios de Maní y Orocué, al oriente con Nunchía y San Luis de Palenque, y al occidente con Aguazul. Con un área de 247 745 ha, es el séptimo municipio más extenso en el departamento (Unión Temporal Yopal, 2021).

Su territorio se caracteriza por presentar tres ecosistemas: montaña, que representa el 15 % del área del municipio; piedemonte, con el 20 %; y llanura, con el 65 %. Estos ecosistemas tienen potencialidades ambientales y están soportados por dos grandes cuencas hidrográficas, Charte y Cravo Sur, donde se desarrollan actividades agropecuarias, se encuentran centros poblados y se ha dado crecimiento a la ciudad de Yopal (Alcaldía de Yopal, 2020).

Según el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Yopal (PMGRD, 2012), debido a las condiciones fisiográficas, geomorfológicas, geológicas y climatológicas, así como a su ubicación en el piedemonte llanero, este municipio es considerado un escenario de recurrentes fenómenos naturales. Se caracteriza por ser una zona susceptible a sismos, deslizamientos, avalanchas e inundaciones. En el piedemonte, los factores detonantes de los procesos de remoción en masa en las riberas de los cauces de los ríos Payero, Tocaría y Cravo, así como en los bordes de las vías, son las altas precipitaciones (2000 a 3000 mm), las fallas geológicas de Támara y Guaicaramo que controlan el drenaje, los cambios bruscos de pendiente y rumbo, y la naturaleza de los materiales no consolidados cuaternarios depositados por el Cravo Sur.

En ese sentido, el PMGRD estableció objetivos y estrategias para aumentar el conocimiento sobre los eventos generadores de riesgo en el municipio, así como prevenir y mitigar las situaciones de riesgo mediante la incorporación del componente de riesgo en el ordenamiento del territorio y el fortalecimiento del desarrollo institucional para una adecuada respuesta frente a las emergencias.

Por otra parte, dentro del Plan Regional Integral de Cambio Climático para la Orinoquía (CIAT & CORMACARENA, 2017), se implementaron medidas de adaptación y mitigación basadas en análisis previos sobre los impactos de los cambios climáticos. Estos análisis proporcionan un diagnóstico y una serie de medidas para aumentar la resiliencia frente al cambio climático desde una perspectiva regional.

Más recientemente, durante la revisión, ajuste y modificación del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Yopal, se realizó un seguimiento detallado de los principales estudios de riesgo desarrollados y se actualizaron los estudios de amenaza por inundación, movimientos de remoción en masa y avenidas torrenciales, tanto en áreas rurales como urbanas. Este estudio permitió establecer modificaciones en los usos del suelo, con el fin de garantizar la seguridad de las personas y evitar su exposición a los riesgos analizados.

El municipio de Yopal no está exento del cambio climático y de los impactos que este puede generar en los eventos climáticos extremos. Es importante que, como parte del ordenamiento territorial, se reconozcan claramente los riesgos climáticos que afectan al municipio y su alteración bajo los escenarios de cambio climático, para poder establecer medidas de adaptación que incrementen su resiliencia.

DIAG- NÓSTICO INICIAL

Como parte del (PRICCO), que abarca los departamentos de Casanare, Arauca, Meta y Vichada, se han realizado estudios que proyectan un aumento del 1,6 % en la precipitación total de Yopal hasta 2040, así como incrementos de 1,6 °C en la temperatura mínima y 1,4 °C en la temperatura máxima. De manera general, se predice que el departamento de Casanare, donde se encuentra Yopal, experimentará impactos considerables en diversos sectores económicos, sociales y en la biodiversidad de la región, como la agricultura, la salud y la fauna (CIAT; CORMACARENA, 2017).

De acuerdo con la TCNCC (IDEAM, 2017), se establece que Casanare presenta un nivel de riesgo medio por cambio climático en la mayoría de sus municipios. Las dimensiones de seguridad alimentaria, recurso hídrico y biodiversidad son las que presentan los mayores valores de riesgo por cambio climático, con índices altos y muy altos. Estas tres dimensiones en conjunto representan el 52 % de las contribuciones del departamento.

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

CASANARE

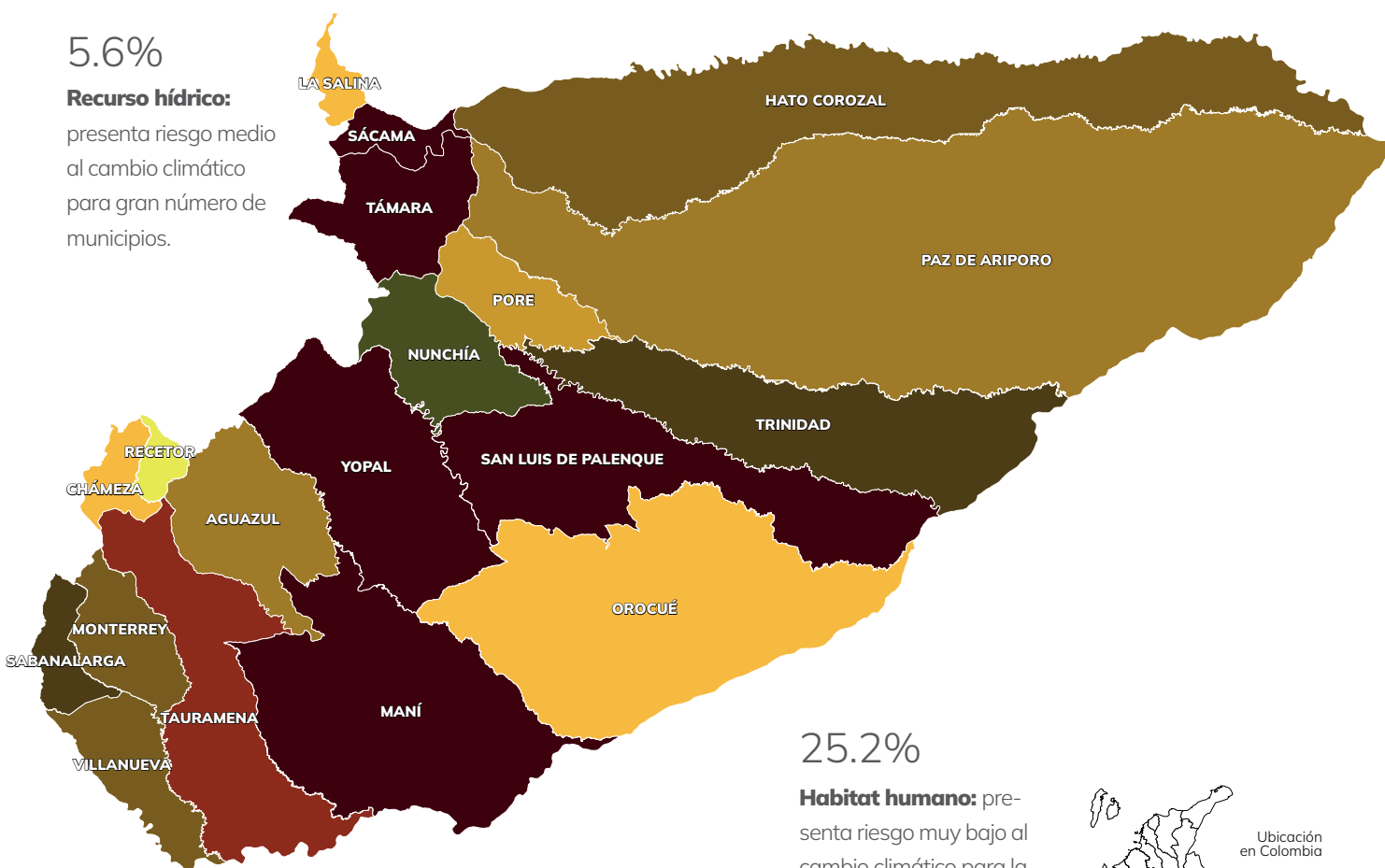
2 municipios del departamento presentan riesgo medio por cambio climático. Los tres primeros en el ranking departamental corresponden a Nunchía, Recetor y Sabanalarga.

36.3%

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

5.6%

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



10.1%

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

5.8%

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

25.2%

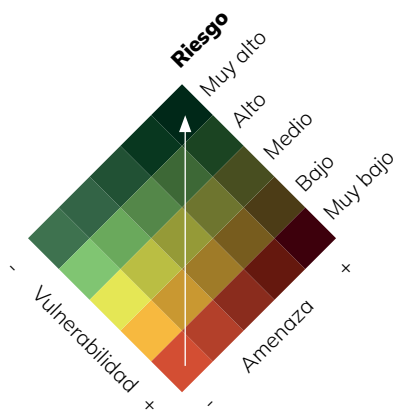
Habitat humano: presenta riesgo muy bajo al cambio climático para la mayoría de municipios.

17.1%

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



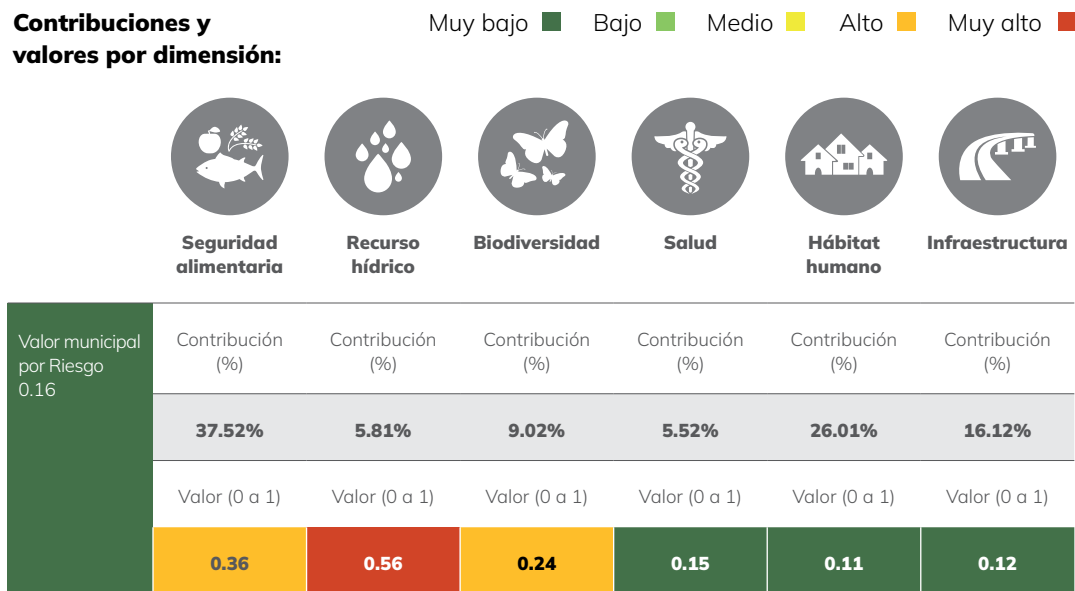
Fuente: IDEAM (2017).



El análisis de riesgo sitúa a Yopal en la posición 14 dentro del ranking departamental por riesgo. Las tres dimensiones con los mayores índices en el municipio son el recurso hídrico, la seguridad alimentaria y la biodiversidad. El recurso

hídrico presenta un valor de riesgo muy alto, mientras que las otras dos dimensiones tienen un nivel de riesgo alto. En conjunto, estas dimensiones representan el 52,35 % de las contribuciones al riesgo total.

Figura 4. Riesgo y contribuciones por dimensiones para Montería.



Fuente: IDEAM (2017).

RIESGOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático presenta uno de los mayores retos en materia de gestión de reducción de riesgos de desastres, ya que los impactos asociados a estos riesgos se pueden magnificar por cambios en el comportamiento de variables climáticas tales como la temperatura y la precipitación.

En línea con la metodología propuesta para desarrollar el Análisis de Riesgo y Vulnerabilidad Climática (ARVC), se realizó una revisión sobre los riesgos que fueron abordados en la metodología (por ejemplo, inundaciones, sequía, movimientos de remoción en masa, islas de calor y enfermedades transmitidas por vectores, etc.), para

determinar de qué manera estos afectan las diferentes dimensiones del bienestar, e identificar los diferentes estudios que ha adelantado el municipio de cara a la evaluación y gestión de dichos riesgos.

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

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

	Riesgo				
	Inundación	Sequía	Deslizamientos	Isla de calor	Enfermedades transmitidas por vectores
Recurso hídrico	-	Falta de acceso a agua potable	Afectación en las características fisicoquímicas de los cuerpos de agua	-	-
Seguridad alimentaria	Daños en producción agrícola	Daños en producción agrícola	Daños en producción agrícola	-	-
Biodiversidad	Daños en áreas protegidas y especies 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

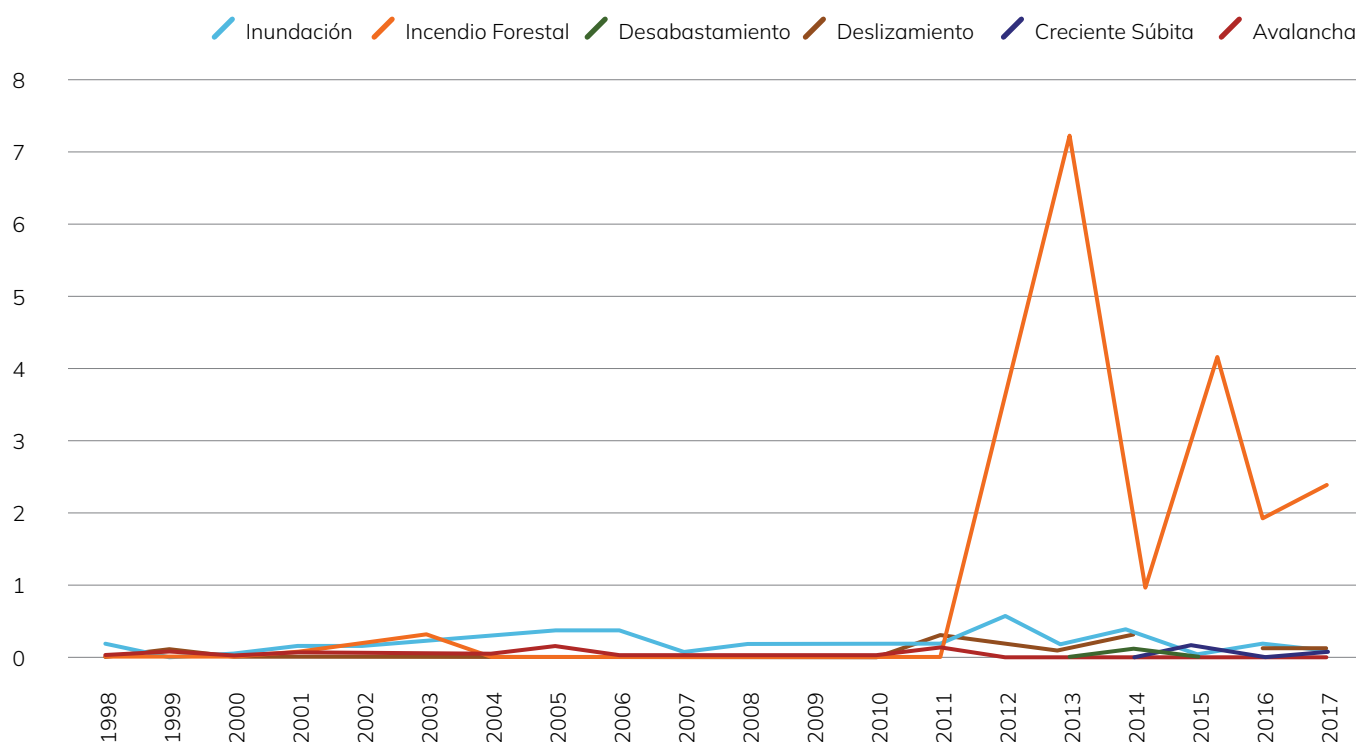
Como parte de la identificación de los riesgos climáticos que afectan al municipio de Yopal, es fundamental considerar los registros de los eventos históricos que se han presentado y su frecuencia (Figura 5). La Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) es responsable de recopilar la información asociada al riesgo de desastres a nivel nacional. Según los registros recopilados por la UNGRD entre 1998 y 2017, se determinó que las inundaciones son el principal riesgo en el municipio, ocurriendo anualmente y con mayor frecuencia que otros riesgos. Durante ese período, las inundaciones han afectado a aproximadamente 14 600 personas y 331 viviendas.

Entre los eventos de inundación registrados, los más impactantes ocurrieron en noviembre de 2006 debido al desbordamiento del río Cravo Sur, afectando a 485 personas y 97 viviendas en las veredas La Manga, Palomas, La Vega, Marroquin, San Nicolás, Barbascos y La Niata. En mayo de 2008, 2000 personas y 40 viviendas resultaron afectadas, y en abril de 2012, debido a los desbordamientos de los ríos Cravo Sur y Charte, más de 1400 personas quedaron damnificadas. En cuanto a las crecientes súbitas, se registraron 3 eventos durante el periodo analizado, siendo la creciente de septiembre de 2017 la que causó mayores daños cuando

se reportó una creciente de la quebrada Caño Seco en la vereda Mata Limón.

Los movimientos de remoción en masa también han causado graves daños en la infraestructura vial y de saneamiento del municipio. En mayo de 2011, las lluvias torrenciales provocaron deslizamientos en el cerro Buenavista, afectando la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) y dejándola inoperativa, lo que afectó el suministro de agua potable captada en la quebrada la Tablona y distribuida hacia la zona urbana (Prensa Libre, 2011). En 2012 también se registraron deslizamientos en estas zonas, causando obstrucciones en el cauce y enlodamiento del agua, lo que aumentó los niveles de turbidez y afectó la calidad del agua.

Finalmente, se observa un aumento en la frecuencia de los incendios forestales a partir de 2011. En total, se registraron alrededor de 200 eventos durante el período analizado, los cuales han afectado más de 2000 hectáreas, mostrando la predisposición del municipio a sufrir este fenómeno durante la temporada de sequía debido a acciones humanas que favorecen los incendios, como cambios en la cobertura natural y el aumento de la temperatura.

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

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Manejo inadecuado de la escorrentía durante eventos de fuertes precipitaciones	Márgenes de los ríos Tocaría, Charte y Cravo Sur, tanto en áreas urbanas como rurales	Actualizar estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
Capacidad insuficiente del sistema de alcantarillado pluvial para gestionar la escorrentía generada	Carreras 7, 8, 9, 17, 18, 19, 20, 22 y 29 en la zona urbana	Definir áreas de riesgo mitigable y no mitigable.
	Diagonal 15, Parque el Resurgimiento, Calles 24, 30 y 40	Realizar estudios y diseños para construcción de obras de mitigación.
	Barrio La Bendición	Evaluar la vulnerabilidad por inundaciones.
	Sector norte cerca del Parque de la Iguana	Realizar obras de estabilización en áreas de alta amenaza y socavación de cauces.
	Corregimientos de San José de Caño Seco, Alemania y Mata de Palma	Reubicar viviendas en zonas de riesgo no mitigable.

Inundaciones

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Capacidad insuficiente del sistema de alcantarillado pluvial para gestionar la escorrentía generada	Veredas Yopitos, Tacarimeña, Palomas, Punto Nuevo, Barbasco, San Nicolás, La Isla de La Manga, La Porfía (corregimiento de Morichal).	Implementar sistemas de alerta temprana y observación comunitaria. Proponer medidas estructurales como obras de prevención y canalización. Promover capacitaciones y planes escolares. Mantener canales de aguas pluviales. Fomentar conciencia sobre ubicación en zonas de alto riesgo y promover la reforestación. Realizar estudios de la cuenca media-alta del río Cravo Sur.

Sequía

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Cambio climático con aumentos de temperatura y cambios en las temporadas de lluvia y sequía	Municipio de Yopal en su zona de expansión urbana y rural	Implementar medidas de adaptación al cambio climático
Estrés hídrico que afecta el rendimiento y calidad de cultivos	Sectores sin cobertura de acueducto o con escasez de agua potable	Promover prácticas de manejo sostenible del agua en actividades agropecuarias Desarrollar sistemas de monitoreo y gestión eficiente del recurso hídrico Fomentar el uso de tecnologías y técnicas de riego eficientes Mejorar la infraestructura y capacidad de captación de agua Establecer programas de educación y concientización sobre el uso responsable del agua

Movimientos de remoción en masa

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Alta intervención humana en las cuencas del río Cravo Sur, Charte y Tocaría	Cerros Buenavista y El Venado	Subprogramas específicos para abordar diferentes tipos de movimientos de remoción de masas
Precipitación intensa cercana a los 140 mm en 24 horas o acumulaciones de lluvia de 15 días que superen los 140 mm	Suelo de expansión urbana hacia el suroeste y laderas/márgenes de los caños Upa- mena y Usivar	Monitoreo constante de las zonas de alta amenaza

Movimientos de remoción en masa

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Eventos sísmicos locales con magnitudes superiores a 5° y profundidad superficial menor a 30 km	Veredas Planadas, Morro, Marroquín, Aracal, La Libertad, Guamalera, Villa del Carmen, Floreña, Naranjitos, Cagui-Charte, Bellavista, Buenavista, Brisas del Oriente, Araguaney, La Reserva, Picón de Moriche, Los Aceites y Upamena	<p>Establecer umbrales de precipitación y sismicidad para alertar sobre eventos potenciales</p> <p>Protección y estabilización de los cerros Buenavista y El Venado</p> <p>Planificación urbana que evite las zonas de alta amenaza</p> <p>Mejoramiento de infraestructuras afectadas por los movimientos de remoción de masas</p> <p>Informar y educar a la población sobre los riesgos y medidas de prevención</p>

Avenidas torrenciales

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Fenómenos hidrometeorológicos como crecientes súbitas o lluvias torrenciales	Piedemonte y márgenes del río Cravo Sur	Compactar la ciudad con precaución y desarrollar un nuevo modelo de emplazamiento urbano fuera de las zonas de alta amenaza por avenidas torrenciales y/o remoción en masa
Arrastre de material de gran tamaño durante las avenidas torrenciales	Veredas Socoho, El Palmar y Mata Limón	Reubicación de viviendas en zonas de riesgo no mitigable por remoción en masa
	Margen del río Cravo Sur y zona de cerros al norte del municipio	<p>Prohibir el desarrollo de nuevas zonas verdes, parques duros, plazas y plazoletas en terrenos con amenazas muy altas de remoción en masa, inundación y riesgos tecnológicos</p> <p>Definir la vulnerabilidad y las áreas de riesgo mitigable y no mitigable por remoción en masa en los corregimientos específicos</p> <p>Realizar obras de estabilización en áreas identificadas con amenaza y alto riesgo por remoción en masa, incluyendo el cerro Buenavista, cerro El Venado, vía al Morro y sectores de varias veredas. Estas obras deben incluir la estabilización de taludes y la implementación de restricciones de uso y ocupación en los sectores mencionados</p>

Islas de calor

Causas	Zonas afectadas	Medidas de reducción del riesgo
Configuración urbana con densificación de construcciones	Municipio de Yopal	Establecer niveles máximos de densidad habitacional y un mínimo de coberturas naturales en los mecanismos de ordenamiento y planificación territorial
Impermeabilización del suelo		Realizar estudios sobre la temperatura superficial para generar medidas adaptativas frente al crecimiento urbano y los aumentos de temperatura asociados al cambio climático

PRIORIZACIÓN DE RIESGOS

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

Para comprender las amenazas e impactos, se planteó la siguiente pregunta de investigación: 1) ¿Qué amenazas o eventos climáticos han afectado su territorio? En el caso de Yopal, las principales amenazas son el aumento de la temperatura y los cambios en las precipitaciones, ya sea por incremento o disminución. Se identificaron los siguientes impactos y su frecuencia de ocurrencia:

- 1 **Inundaciones (encharcamiento, desbordamiento):** ocurren más de una vez al año durante las temporadas de lluvia.
- 2 **Sequías (desabastecimiento):** se presentan en la temporada de verano.
- 3 **Movimientos de remoción en masa (avenidas torrenciales, deslizamientos):** ocurren durante las temporadas de lluvia.
- 4 **Islas de calor:** se generan durante la temporada de verano.
- 5 **Enfermedades transmitidas por vectores:** se asocian al aprovisionamiento de agua durante las sequías.

Además, se adoptaron criterios para comprender las vulnerabilidades, con el fin de demostrar por qué el impacto hace que la ciudad sea más vulnerable:

- 1 **Inundaciones (encharcamiento, desbordamiento):** condiciones geomorfológicas del territorio, deforestación excesiva y cercanía de los sistemas urbanos a las áreas ribereñas de los cuerpos de agua.
- 2 **Sequía (desabastecimiento):** falta de normatividad y política pública enfocada en el riesgo climático, y falta de sistemas de captación, manejo y tratamiento del recurso hídrico.
- 3 **Movimientos de remoción en masa (avenidas torrenciales, deslizamientos):** condiciones geomorfológicas del territorio, cercanía de los sistemas urbanos a las áreas ribereñas de los cuerpos de agua y deforestación excesiva.
- 4 **Islas de calor:** falta de cobertura vegetal en el casco urbano y falta de normatividad y política pública enfocada en el riesgo climático.
- 5 **Enfermedades transmitidas por vectores:** falta de sistemas de captación, manejo y tratamiento del recurso hídrico, y falta de sistemas de control de plagas y saneamiento.

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	Alto	Alto	Medio	0,76
Sequías (Desabastecimiento)	Alto	Medio	Alto	NA	NA	NA	0,73
Movimientos de remoción en masa (Av. torrenciales, deslizamientos)	Alto	Bajo	Bajo	Muy alto	Alto	Medio	0,67
Islas de calor	NA	NA	Nulo	NA	NA	Bajo	0,20
Enfermedades transmitidas por vectores	NA	NA	NA	NA	NA	Medio	0,60

CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN

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

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

2 Diagnóstico cualitativo: Se realizó una primera aproximación al nivel de riesgo que presenta cada dimensión frente a los riesgos evaluados.

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

4 Percepción del impacto en la biodiversidad: Se evaluó la percepción de los actores sobre el impacto de los riesgos en la 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 siguiente figura se pueden observar los resultados obtenidos para la priorización de riesgos en Yopal. El desglose de la evaluación se presenta en la Tabla 13, donde se detalla cada criterio y la información base utilizada para realizar la priorización.

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



Tabla 13. Descripción 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 %	0,62	0,54	0,70	0,53	0,60
Diagnóstico cualitativo	A partir de la evaluación cualitativa de los riesgos (3. Riesgo climático).	25 %	0,76	0,73	0,67	0,20	0,60
Percepción del riesgo	A partir de la pregunta 1 de la encuesta de percepción de riesgo (5. Percepción).	30 %	0,70	0,74	0,62	0,54	0,70
Percepción Impacto en la biodiversidad	A partir de la pregunta 2 de la encuesta de percepción de riesgo (5. Percepción).	10 %	0,80	1,00	0,40	0,60	0,00
Total			0,70	0,69	0,64	0,46	0,57

CONCLUSIONES Y PRINCIPALES HALLAZGOS

A partir del análisis de la información, se determinó que los riesgos que más afectan a las diferentes dimensiones del bienestar en Yopal son las inundaciones, los movimientos de remoción en masa (especialmente deslizamientos y avenidas torrenciales) y la sequía.

En Yopal, las inundaciones están asociadas al desbordamiento de ciertos ríos y quebradas, como el río Cravo Sur, el Charte y Caño Seco, entre otros. Estos eventos afectan principalmente a los asentamientos e infraestructuras ubicados en las márgenes de estos cuerpos de agua. Además, las inundaciones por encharcamiento en la zona urbana ocurren en puntos donde la capacidad del sistema de drenaje es insuficiente. En la zona rural, la vereda más afectada y situada en una zona de riesgo no mitigable es la isla de La Manga, lo cual representa un desafío para el municipio, ya que la reubicación de esta población no es una tarea sencilla debido a la existencia de numerosos asentamientos y una fuerte producción agrícola de frutales y cultivos de subsistencia.

Debido a la ubicación geográfica y las características geomorfológicas del territorio del municipio, Yopal también se ve fuertemente afectada por movimientos de remoción en masa, los cuales han dañado la infraestructura de acueducto, gas y las vías de comunicación con otras regiones del país en eventos anteriores.

Las avenidas torrenciales representan un riesgo potencial significativo debido a la proximidad de la ciudad al piedemonte y la constante amenaza de remoción de material rocoso de los cerros Buenavista y El Venado durante lluvias torrenciales, lo que coloca todo el perímetro urbano en zonas de alta y muy alta amenaza.

En cuanto a la sequía, es un riesgo frecuente en el municipio cuando hay escasez de agua potable, lo que requiere la implementación de medidas como pozos profundos o el transporte de agua mediante carrotaques para garantizar la cobertura de la demanda. Se espera que, bajo los escenarios de cambio climático, con un aumento proyectado de la temperatura en esta región del país, los eventos de sequía sean más intensos y prolongados, poniendo en riesgo la calidad y el rendimiento de los cultivos, que son fundamentales tanto para la economía como para la seguridad alimentaria del municipio.

En base a este diagnóstico, se establece que los riesgos prioritarios para realizar el Análisis de Riesgo y Vulnerabilidad Climática, que complementará la gestión de riesgo del municipio, serán las inundaciones, la sequía y los movimientos de remoción en masa. Se deberá analizar con el punto focal del municipio y con el CMGRD si es necesario diferenciar entre los riesgos de deslizamientos y avenidas torrenciales, dado que son críticos para el municipio.

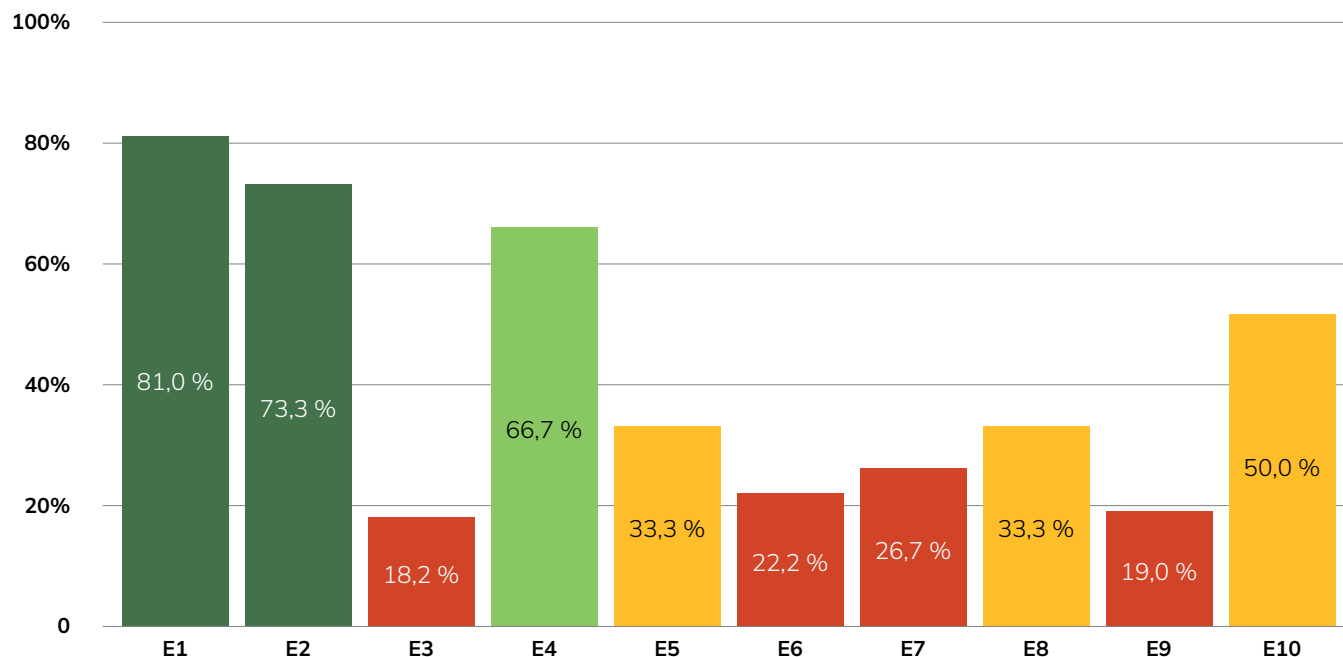
BIBLIOGRAFÍA DIAGNÓSTICO

- Alcaldía de Yopal. (2013). Plan de Ordenamiento Territorial. Documento Técnico de Soporte. Tomo I. Análisis Territorial.
- CIAT; CORMACARENA. (2017). Plan Regional Integral de Cambio Climático para la Orinoquía. CIAT publicación No. 438. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. (2012). Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. Yopal, Colombia.
- Consorcio SCA - DICO Yopal. (2019). Estudios del contrato 699 “Estudio hidráulico huella de inundación Río Cravo Sur”.
- Gabinete Municipal *et al.* (2020). Plan de Desarrollo 2020-2023: Yopal ciudad segura. Yopal: [s. n.].
- Gobernación de Casanare. (2022, marzo 23). Ya van 678 casos de dengue registrados este 2022 en Casanare. Recuperado de <https://www.casanare.gov.co/Prensa/saladeprensa/Paginas/Ya-van-678-casos-de-dengue-registrados-este-2022-en-Casanare.aspx>
- Grupo Técnico y Gestor. (2013). Plan Municipal de Seguridad Alimentaria y Nutricional: con sentido nutricional 2011-2020.
- IDEAM. (2012). Sequía meteorológica y sequía agrícola en Colombia: incidencia y tendencias. Contrato 223-2012.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, Cancillería. (2017). Análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático en Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM, PNUD, MADS, DNP, Cancillería, FMAM.
- La Voz de Yopal. (2022, abril 12). Ocho casos graves de dengue se reportan en Yopal. Recuperado de <https://www.lavozdeyopal.co/ocho-casos-graves-de-dengue-se-reportan-en-yopal/>
- Prensa Libre. (2011, mayo 29). Deslizamientos causaron que colapsara la planta de tratamiento de agua potable de Yopal. Recuperado de <https://prensalibrecasanare.com/yopal/143-deslizamientos-causaron-que-colapsara-la-planta-de-tratamiento-de-agua-potable-de-yopal>
- Unión Temporal UT-Yopal. (2021). Contrato No. 1001.84.1215.2021. Diagnóstico “Documento técnico que justifica la modificación excepcional del POT”.

RESULTADOS SCORECARD

	Aspectos esenciales	Puntuación	Resiliencia
E1	Organizarse para la resiliencia	81,0 %	Alta
E2	Identificar, comprender y utilizar los escenarios de riesgos actuales y futuros	73,3 %	Alta
E3	Fortalecer la capacidad financiera para la resiliencia	18,2 %	Baja
E4	Promover el diseño y desarrollo urbano resiliente	66,7 %	Media alta
E5	Proteger las zonas naturales de amortiguación para mejorar las funciones de protección de los ecosistemas	33,3 %	Media baja
E6	Fortalecer la capacidad institucional para la resiliencia	22,2 %	Baja
E7	Comprender y fortalecer la capacidad social para la resiliencia	26,7 %	Baja
E8	Aumentar la resiliencia de la infraestructura vial	33,3 %	Media baja
E9	Asegurar una respuesta efectiva ante los desastres	19,0 %	Baja
E10	Acelerar el proceso de recuperación y reconstruir mejor	50,0 %	Media baja
	Total	39,0 %	Media baja

Puntaje Scorecard - MCR2030



A partir de la aplicación del Scorecard, se pudo determinar que el municipio de Yopal presenta una resiliencia media-baja en cuanto a su gobernanza sobre la gestión del riesgo de desastres. Es importante destacar que este ejercicio es una autoevaluación que puede repetirse tantas veces como sea necesario por parte de la administración, y puede utilizarse como una herramienta de seguimiento, monitoreo y mejora a lo largo de los procesos de gestión de riesgos en el municipio de Yopal. Además, estos resultados se basan en la percepción de las personas que han respondido a las preguntas y no constituyen una evaluación investigativa o de auditoría dentro del proyecto.

Según los resultados encontrados, es fundamental trabajar de manera prioritaria y urgente en los siguientes aspectos para mejorar la resiliencia de la ciudad:

- 1 Trabajar en la creación de una subcuenta para el Fondo de Gestión del Riesgo de Desastres, que permita desarrollar acciones de conocimiento, reducción y manejo del riesgo.
- 2 Fortalecer y mejorar las capacidades institucionales para aumentar la resiliencia. Esto incluye realizar diagnósticos de las habilidades y experiencias necesarias para responder a los desastres y compararlos con las capacidades actuales, llevar a cabo campañas educativas para divulgar las amenazas, riesgos y desastres del municipio, e incentivar capacitaciones para diversos actores de la ciudad en relación con la temática.
- 3 Proporcionar capacitaciones constantes sobre el riesgo a los grupos vulnerables de la ciudad.
- 4 Promover procesos participativos e interinstitucionales para el desarrollo de actividades relacionadas con el conocimiento, reducción y manejo del riesgo, garantizando una comunicación efectiva con la ciudadanía.
- 5 Elaborar un plan o procedimiento para la toma de acciones posteriores a una alerta temprana, y contar con un plan integral que incluya la mitigación, preparación y respuesta ante desastres.



Capítulo 3

RESULTADOS ESPACIALES

p. 53

Delimitación del área
de estudio

p. 54

Riesgo por Sequía

p. 62

Riesgo por Inundación

p. 74

Riesgo por Movimientos de
remoción en masa

p. 88

Riesgo Crítico

p. 93

Escenarios de Cambio Climático

p. 101

Análisis de Índices de
Cambio Climático

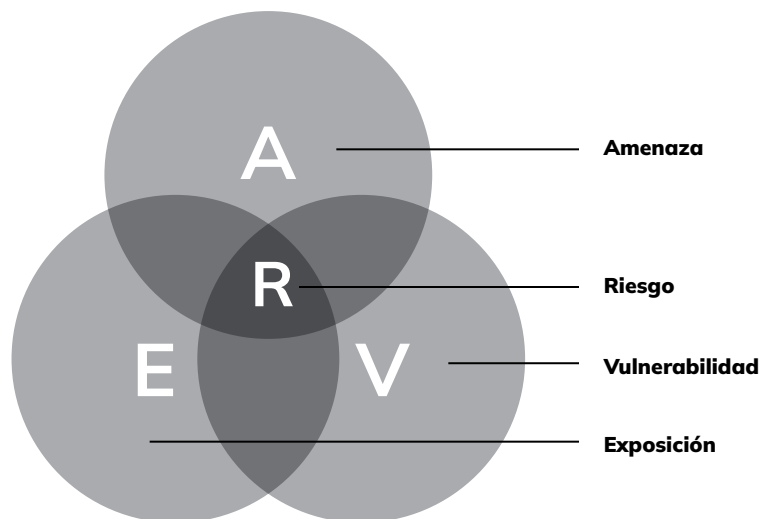
Tabla 14. Definición de las dimensiones del bienestar y elementos expuestos incluidos dentro del análisis de riesgo y vulnerabilidad climática.

Dimensión	Definición	Elementos expuestos
Recurso hídrico	Esta dimensión hace referencia, por una parte, a la disponibilidad y acceso al agua potable para la población. Por otra parte, se evalúa el estado de los cuerpos de agua. Para su evaluación, se tomará en cuenta la capacidad de los acueductos municipales, la eficiencia en el consumo y el acceso, a fin de analizar la disponibilidad del recurso hídrico.	<ol style="list-style-type: none"> ➊ Cuerpos de agua ➋ Pozos profundos, bocatomas y PTAP ➌ Acueducto ➍ 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"> ➊ Uso agrícola ➋ 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"> ➊ EEP/Áreas protegidas ➋ Bosques ➌ Humedales ➍ 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"> ➊ EEP/Áreas protegidas ➋ Bosques ➌ Humedales ➍ 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.

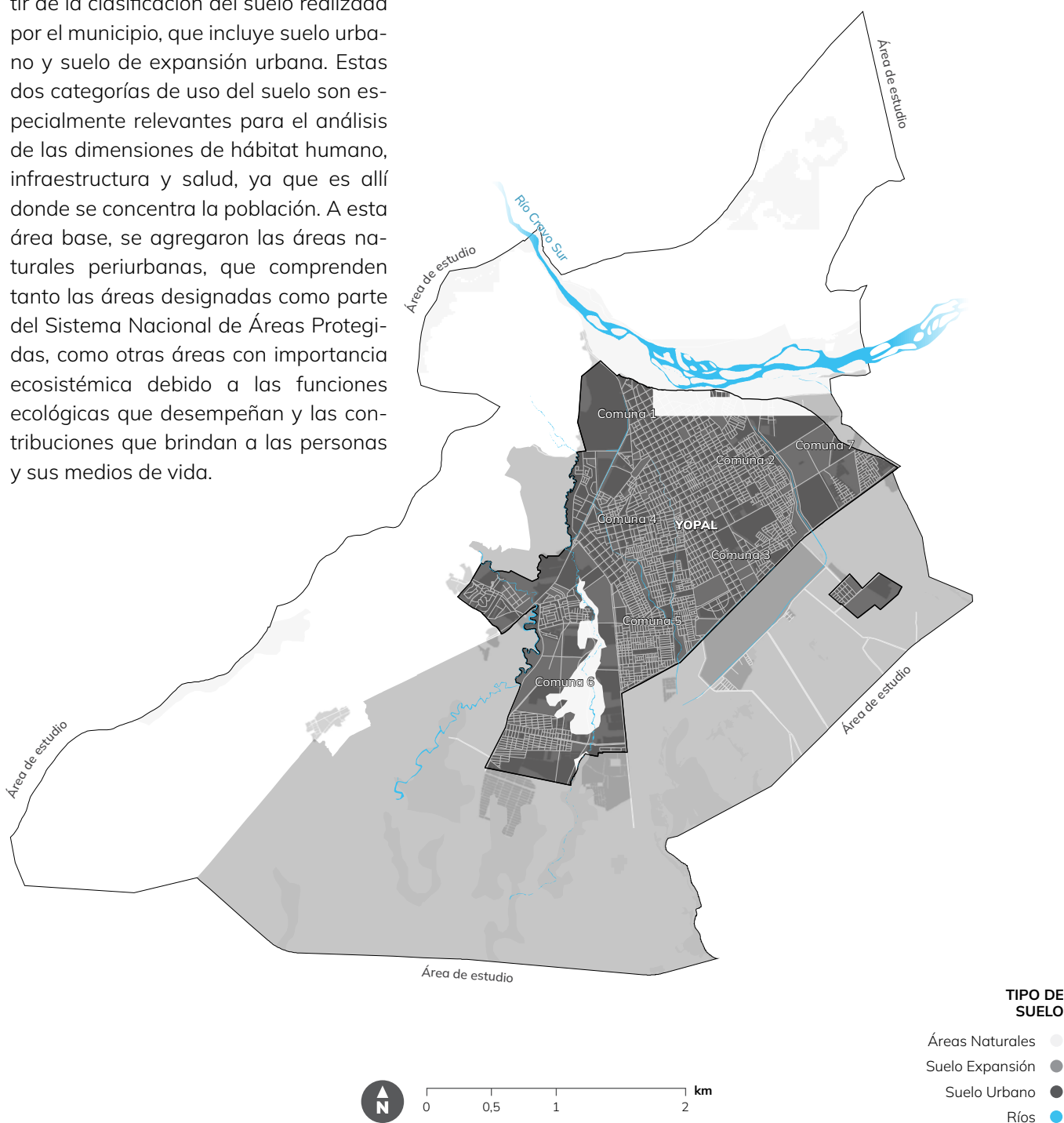
Para obtener información más detallada sobre los indicadores utilizados en el modelo de riesgo para cada dimensión, consulte el material en la sección Anexos.



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 para el ARVC (Análisis de Riesgo de Vectores y Cambio Climático), se utilizó como punto de partida un área base definida a partir de la clasificación del suelo realizada por el municipio, que incluye suelo urbano y suelo de expansión urbana. Estas dos categorías de uso del suelo son especialmente relevantes para el análisis de las dimensiones de hábitat humano, infraestructura y salud, ya que es allí donde se concentra la población. A esta área base, se agregaron las áreas naturales periurbanas, que comprenden tanto las áreas designadas como parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, como otras áreas con importancia ecosistémica debido a las funciones ecológicas que desempeñan y las contribuciones que brindan a las personas y sus medios de vida.





Riesgo por

SEQUÍA

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

AMENAZA POR SEQUÍA

El municipio presenta una amenaza muy alta con respecto a la sequía, principalmente en el casco urbano. Esto se debe a que dependen de tres fuentes principales para el abastecimiento de agua potable: la Quebrada Tablona, la Quebrada Calabozza y el Río Cravo Sur. Estas zonas son susceptibles a la sequía debido a las condiciones climáticas del territorio. Además, en el municipio hay predominancia de ecosistemas

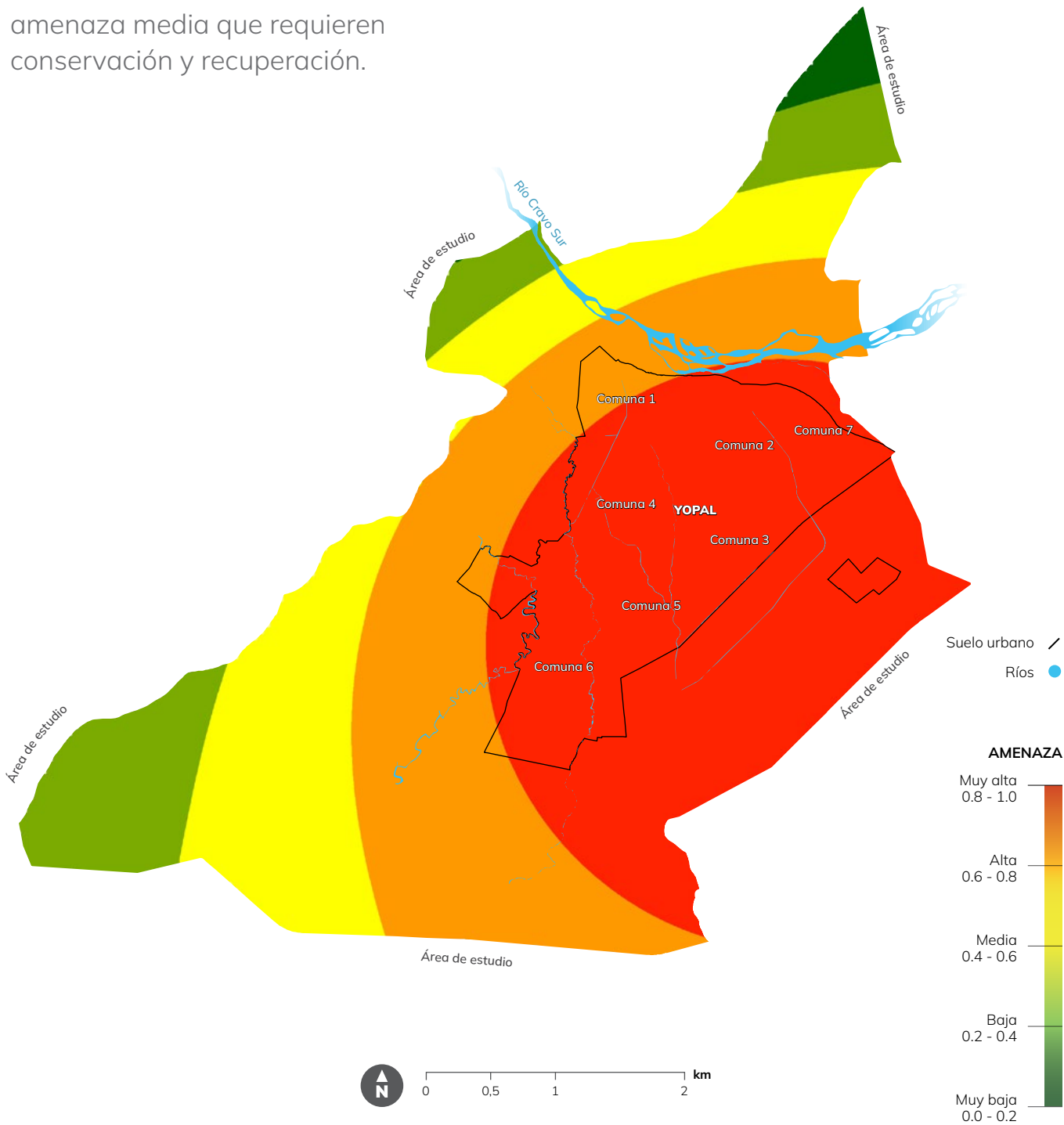
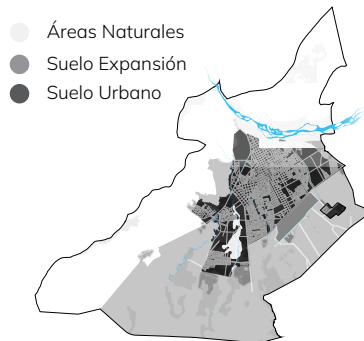
como la sabana inundable y los pastizales, los cuales son susceptibles a la sequía y a altas temperaturas.

En este sentido, la zona con mayor amenaza se encuentra en el casco urbano del municipio debido a la disminución de especies de flora que contribuyen a la regulación hídrica y de temperatura. También hay zonas con amenaza media ubicadas en las áreas rurales cercanas al casco urbano, debido a la presencia de bosques de galería y otros ecosistemas importantes para la regulación climática. Es importante dar prioridad a su conservación, recuperación y preservación.

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

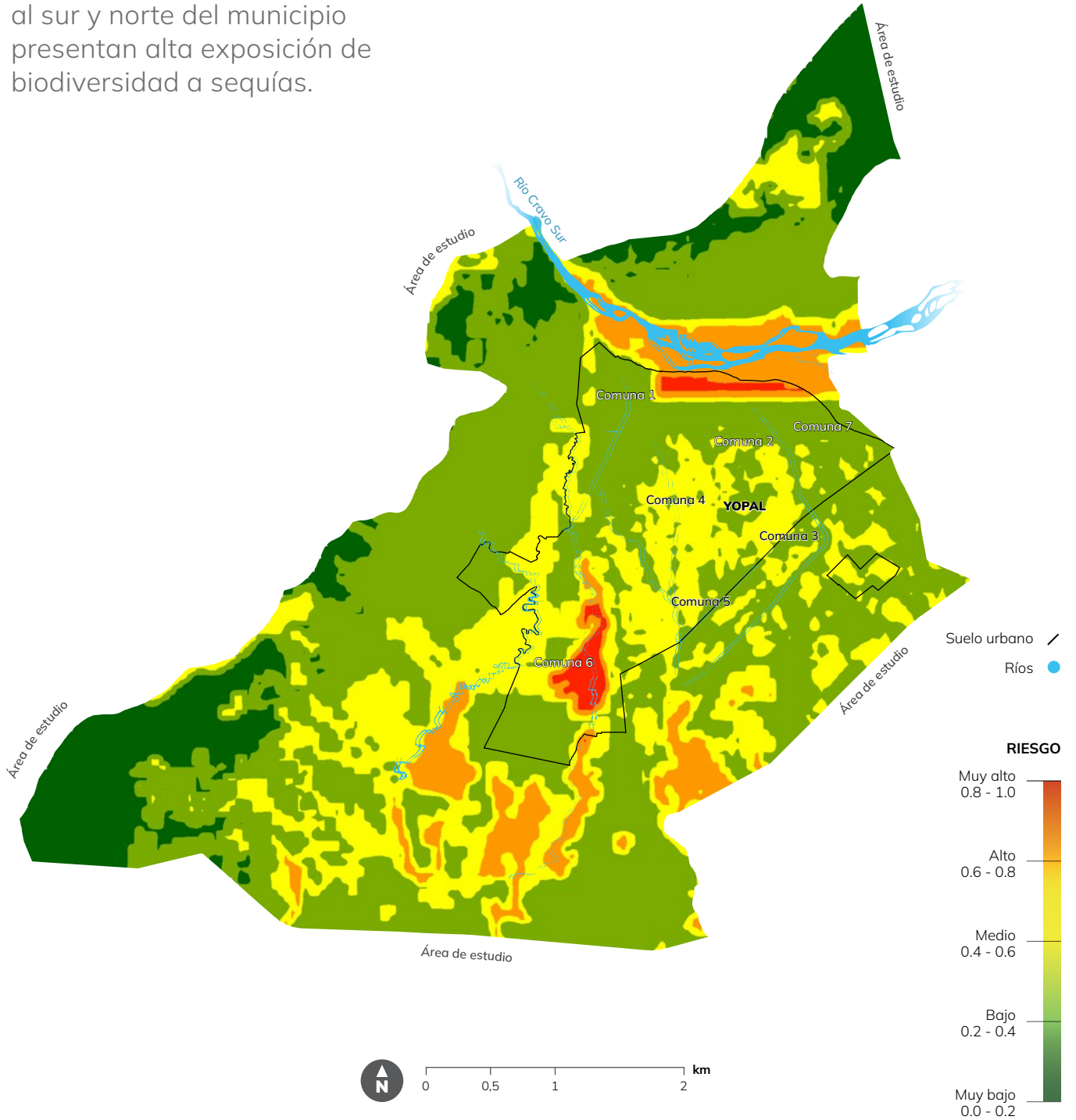
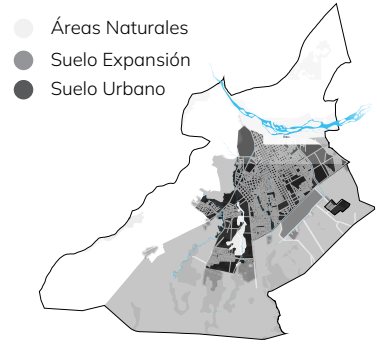


El casco urbano del municipio enfrenta una amenaza muy alta de sequía debido a su dependencia de fuentes de agua vulnerables. Además, hay zonas rurales cercanas con amenaza media que requieren conservación y recuperación.

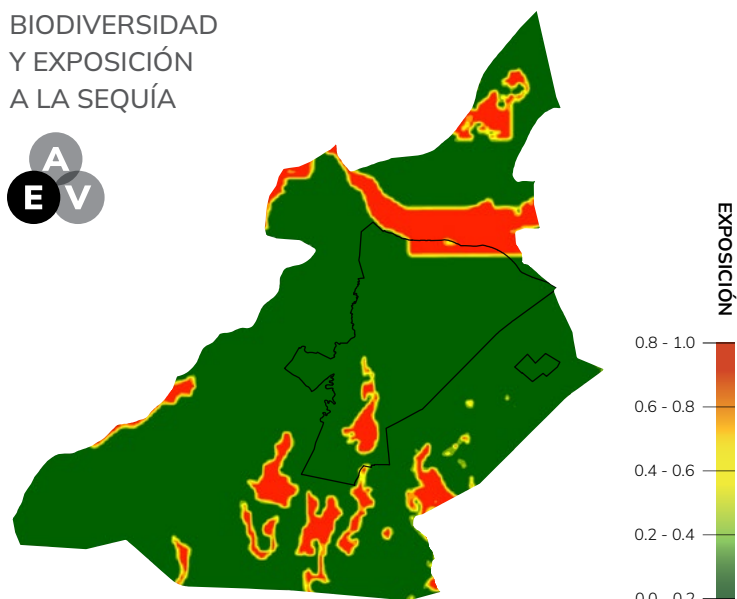


BIODIVERSIDAD Y RIESGO POR SEQUÍA

Las áreas cercanas al Río Cravo Sur, las cadenas montañosas y algunas zonas al sur y norte del municipio presentan alta exposición de biodiversidad a sequías.

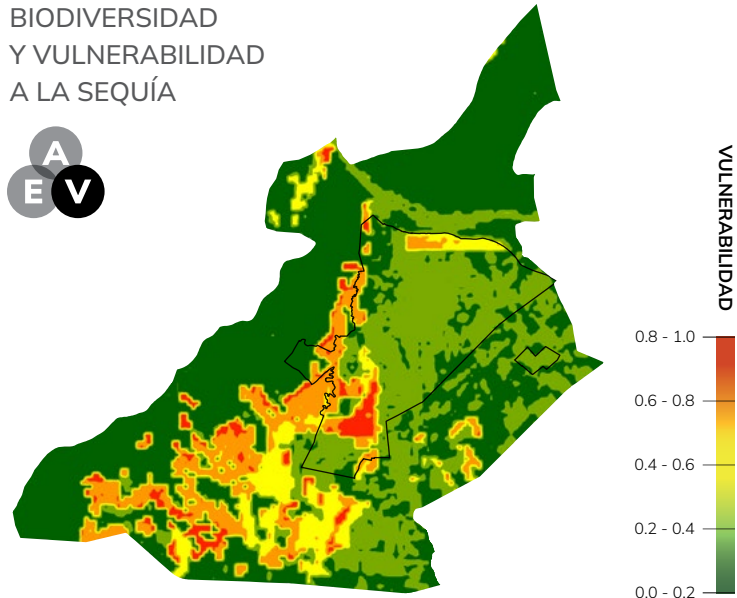


BIODIVERSIDAD Y EXPOSICIÓN A LA SEQUÍA



En la dimensión Biodiversidad en caso de sequía, se utilizó el indicador del porcentaje de áreas naturales. El análisis reveló que las áreas cercanas al Río Cravo Sur, las cimas de las cadenas montañosas, que son zonas de gran importancia ecosistémica, algunas zonas al sur del municipio y un área al norte, al otro lado del Río Cravo Sur, presentan una alta exposición de biodiversidad a las sequías.

BIODIVERSIDAD Y VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA



Para este mapeo se consideraron las especies endémicas afectadas, el tipo de uso y protección del suelo rural, así como el nivel de humedad en el territorio. El indicador revela áreas más susceptibles a los efectos de la sequía, las cuales se encuentran en zonas muy diversas, como sierras, áreas urbanas, bosques, riberas de ríos y zonas rurales.

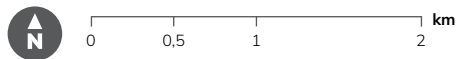
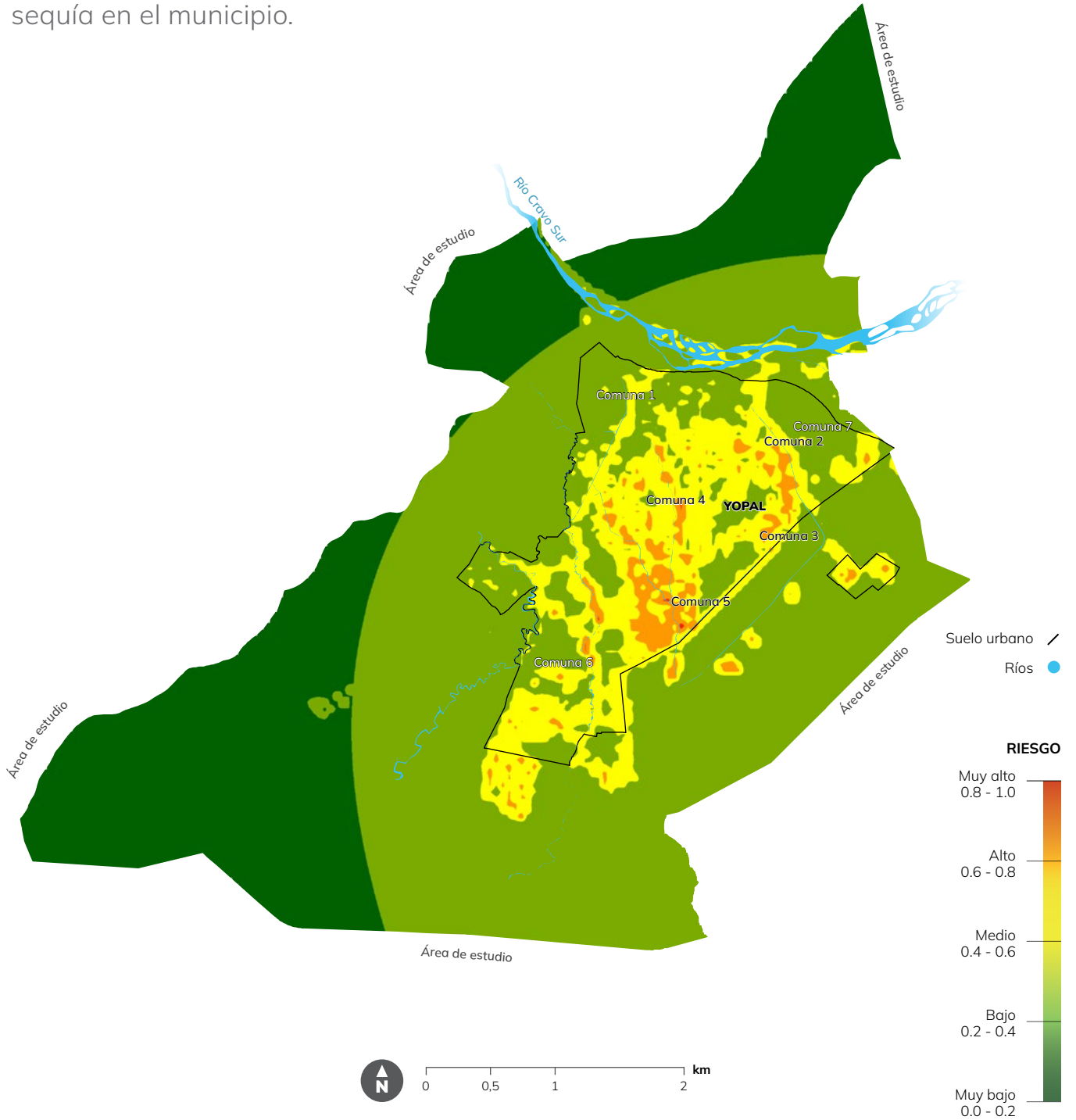
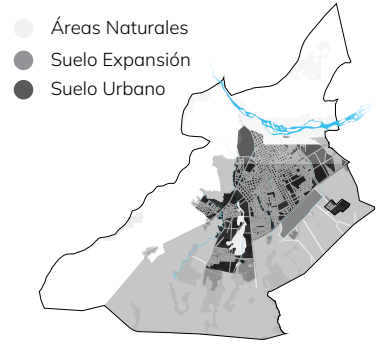
Para la dimensión Biodiversidad, la sequía representa uno de los mayores riesgos en ecosistemas altamente intervenidos por la actividad humana. Las extensas áreas de pastizales y praderas utilizadas para la ganadería y la agricultura en las zonas rurales de Yopal disminuyen la capacidad de regulación climática de estos ecosistemas, lo que tiene un impacto significativo en las especies que dependen de ellos. En este sentido, las áreas más afectadas por la sequía son la cuenca del río Cravo Sur y la zona de expansión urbana de la comuna 6 del municipio.

En primer lugar, los impactos ambientales en la cuenca del río Cravo Sur muestran una clara vulnerabilidad, ya que se observa contaminación del agua debido a vertidos, captación excesiva, desviación del cauce debido a la minería de arrastre, turismo no controlado, entre otros. Estos impactos hacen que este ecosistema sea especialmente susceptible a sequías severas.

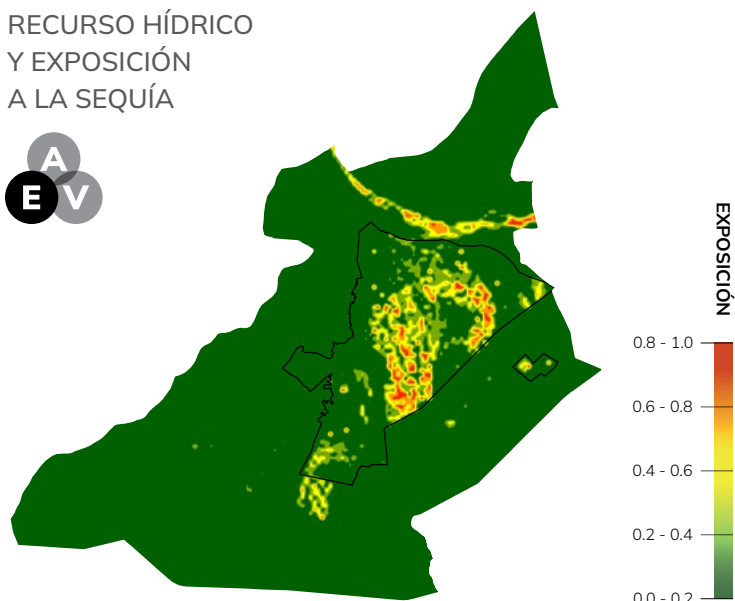
Por otro lado, la zona de expansión en la comuna 6, por donde pasa el caño Usivar, presenta un riesgo muy alto debido a su susceptibilidad a posibles sequías. Esto se debe también a los fuertes impactos ambientales que esta área presenta, como la deforestación completa en sus alrededores, cambios en el cauce del caño, presencia de vertidos y sustancias altamente contaminantes. Durante épocas de sequía, aumenta la concentración de contaminantes y, por lo tanto, la dispersión de los mismos, lo que genera otras problemáticas como la dispersión de olores y la proliferación de vectores.

RECURSO HÍDRICO Y RIESGO POR SEQUÍA

Las áreas cercanas al caño La Campiña y al canal El Remanso son las más expuestas a la sequía en el municipio.



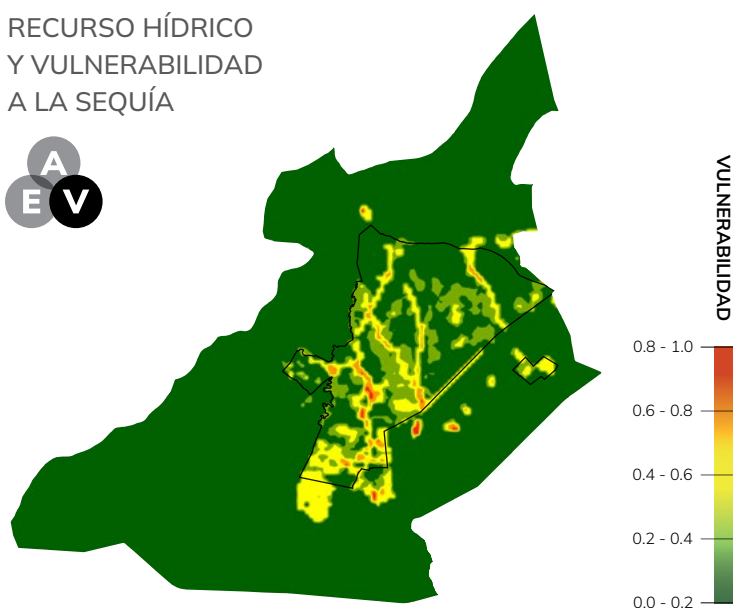
RECURSO HÍDRICO Y EXPOSICIÓN A LA SEQUÍA



Los indicadores utilizados para evaluar la exposición a la escasez de recurso hídrico fueron la densidad poblacional y la presencia de cuerpos de agua. Se identificó que las áreas más expuestas a la sequía en esta dimensión se encuentran en las proximidades del caño La Campiña y del canal El Remanso.

La sequía es uno de los riesgos más significativos para el municipio debido a las características de sus fuentes hídricas. El suministro de recurso hídrico presenta un riesgo importante para el casco urbano del municipio. Las comunas más afectadas son la 3 y la 5, con barrios como Villa Nelly, Ciudad del Carmen, San Mateo y varios colindantes al canal Caño Seco. Además, otros barrios adyacentes a la zona urbana de mayor densidad, como Las Américas, Villa Docente y Ciudad Berlín, también podrían experimentar afectaciones en el suministro y la accesibilidad al recurso hídrico en caso de una sequía severa.

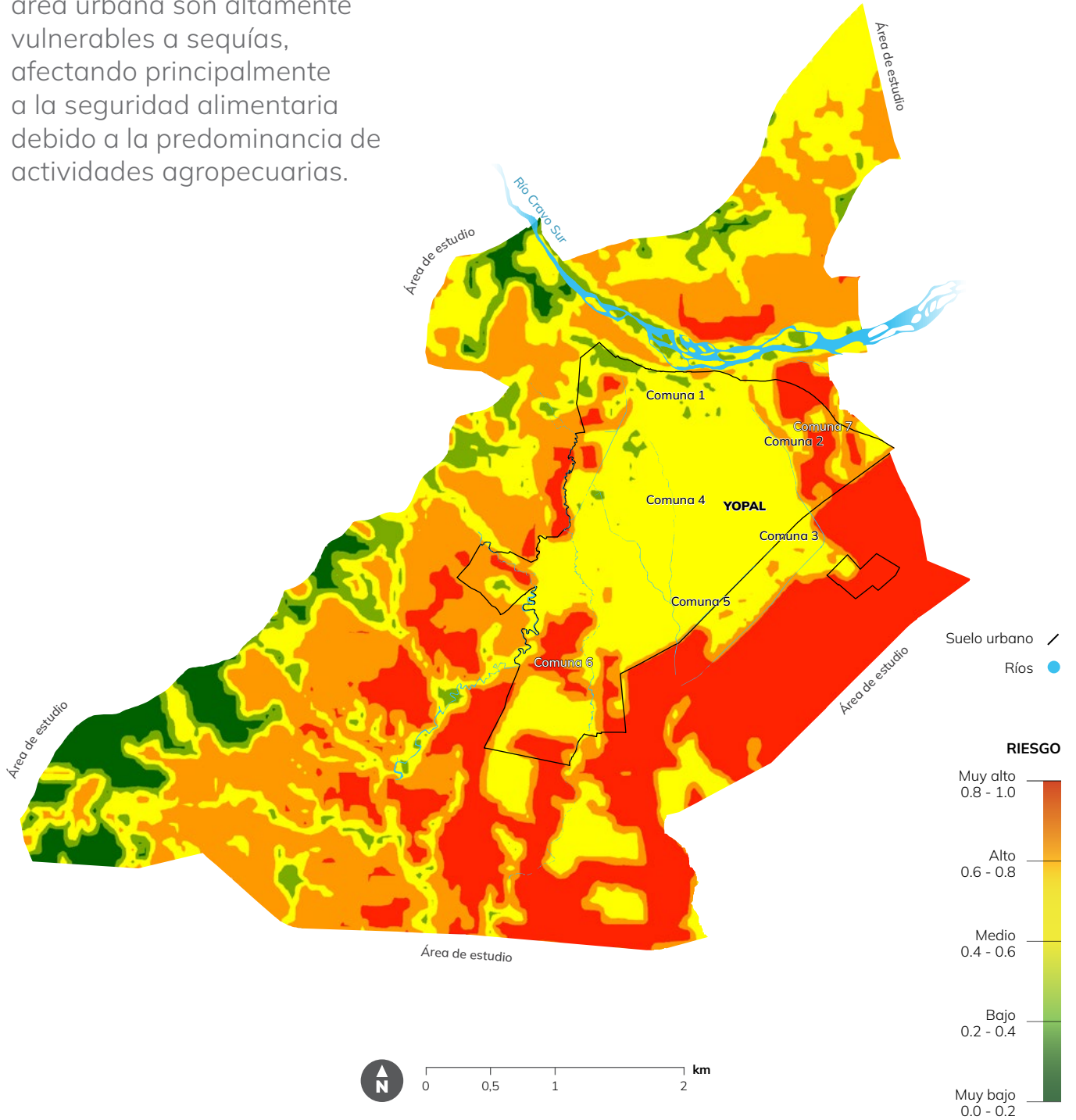
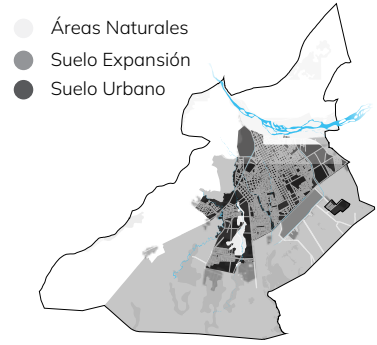
RECURSO HÍDRICO Y VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA



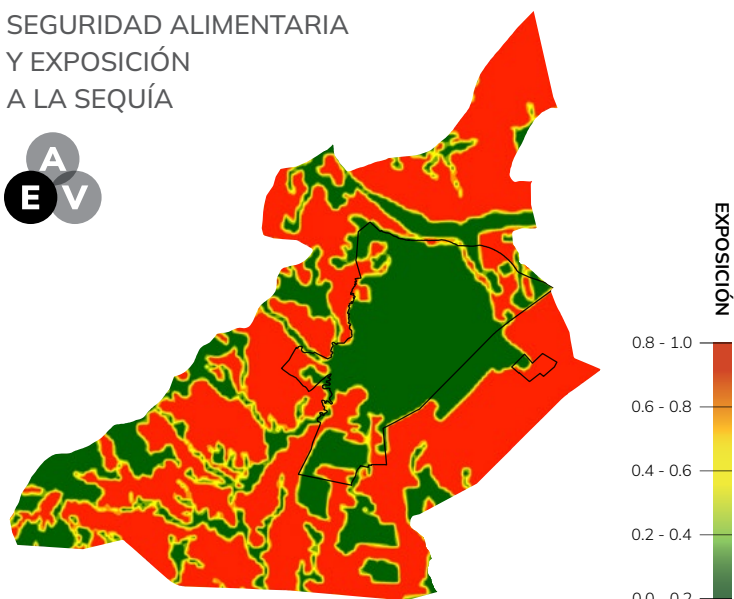
Este indicador utilizó información sobre el acceso al agua potable y la protección de fuentes de agua como capas de entrada. Las zonas más críticas son aquellas donde hay ríos canalizados o rectificados, así como los barrios y pueblos más pobres, ya que carecen de suministro de agua. También se observa la presencia de poblaciones socialmente vulnerables, ya que en situaciones de estrés hídrico estas pueden verse afectadas.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y RIESGO POR SEQUÍA

Las áreas circundantes al área urbana son altamente vulnerables a sequías, afectando principalmente a la seguridad alimentaria debido a la predominancia de actividades agropecuarias.

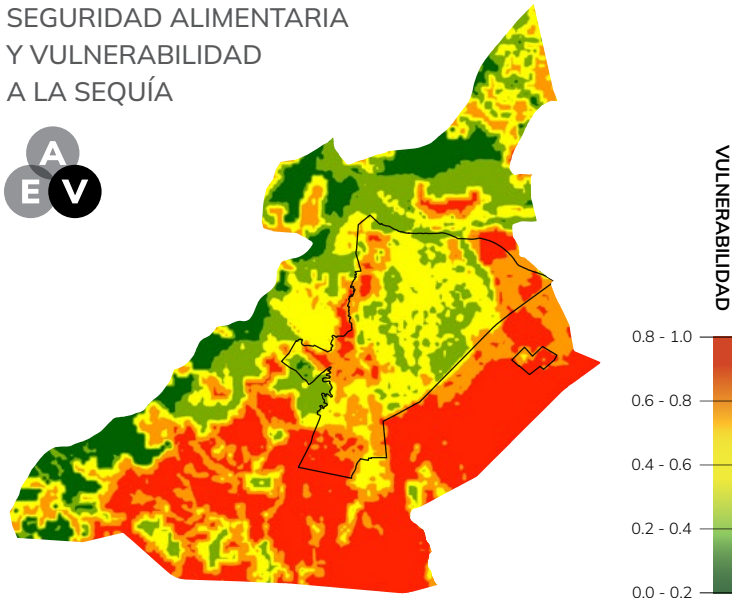


SEGURIDAD ALIMENTARIA Y EXPOSICIÓN A LA SEQUÍA



Para evaluar la seguridad alimentaria en caso de sequía, se utilizó el indicador del porcentaje de área agropecuaria como medida de exposición. El análisis reveló la existencia de numerosas áreas clasificadas con alta y muy alta exposición a las sequías. Estas áreas corresponden principalmente a las zonas circundantes del área urbana, donde se concentra la mayor incidencia de actividades agrícolas y ganaderas.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA



El modelamiento utilizó información sobre aridez y humedad del suelo, relacionada con los tipos de uso y protección del suelo agropecuario. Se observa una alta vulnerabilidad en casi toda la zona rural, debido en general a las condiciones más áridas resultado de las actividades agrícolas. Se puede inferir que en situaciones de sequía, el ecosistema productivo tiene una baja capacidad de adaptación.

El modelo de riesgo por sequía considera como componente de amenaza las zonas con menor precipitación anual y aquellas con más días consecutivos sin lluvia. Como resultado de esta amenaza, las áreas más afectadas por la sequía se encuentran en el este, cerca del aeropuerto Alcaraván, con un nivel de amenaza muy alto. También se observan altos niveles de amenaza hacia el sureste, en la comuna 6, que incluye los barrios Villa Docente, Ciudad Berlín y Las Heliconias.

Al considerar el comportamiento de la precipitación, junto con la exposición y vulnerabilidad a las sequías, se identifican mayores riesgos en las zonas urbanas que aún se utilizan para actividades agropecuarias. Esto se aplica a terrenos cercanos al Batallón del Ejército Nacional y a la Estrella Bon Habitat.

En la zona rural, las áreas con mayor riesgo alto y muy alto de sequía en términos de seguridad alimentaria son las veredas Charte, Morichal y Alcaraván La Niata. Estas zonas tienen una fuerte predominancia de actividades agropecuarias y se encuentran en las afueras del casco urbano municipal. Es importante destacar que existe un mayor riesgo en la Vereda El Morichal debido a la presencia de áreas ganaderas y cultivos de leguminosas.



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

El municipio se encuentra asentado por una formación de abanico aluvial que proviene de la cordillera oriental, esto genera una mayor amenaza de inundación, además de que predominan ecosistemas como sabana inundable, humedales, bosque de galería riparia, entre otros, que por sus características generan una alta predominancia en la amenaza por inundación.

Debido a las características de valle aluvial del municipio, las inundaciones de origen fluvial corresponden a un proceso natural que se desarrolla en forma periódica, dando lugar a zonas fértiles denominadas vegas de río, las cuales se han utilizado tradicio-

nalmente para la explotación agrícola y pecuaria en el municipio. Es por esto que la mayor amenaza se presenta en las cercanías del río Cravo Sur y en el centro poblado, en la quebrada Seca y Punto Negro.

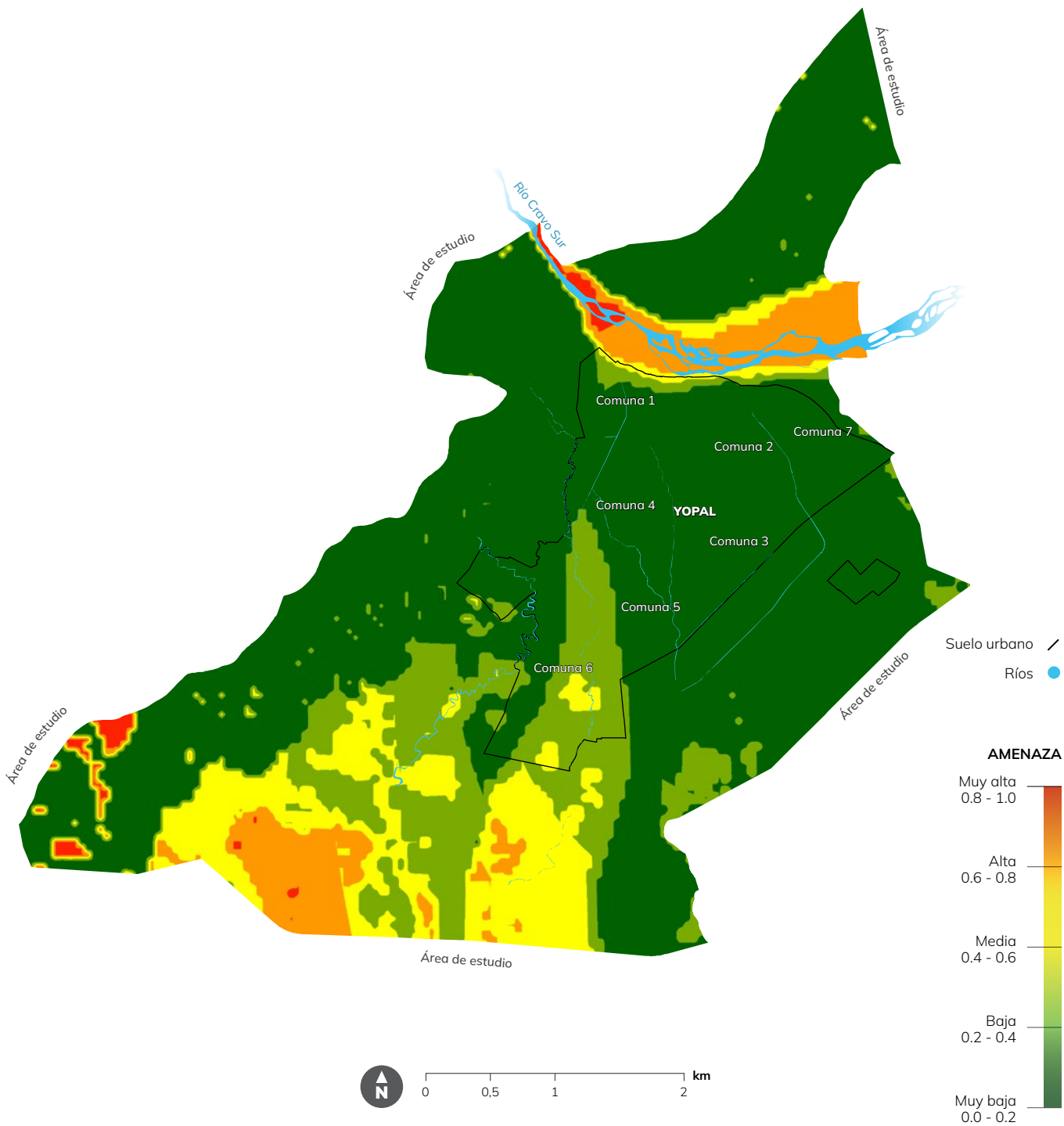
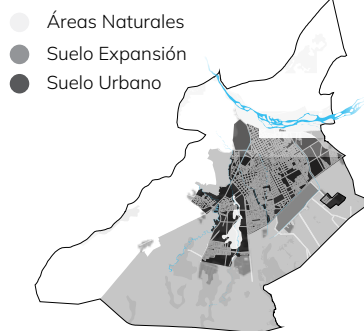
No obstante, estas condiciones geomorfológicas permiten que puedan existir humedales en las zonas periurbanas, los cuales presentan una amenaza media y alta por inundación, pero al ser ecosistemas de humedal pueden tener un manejo adecuado de la esorrentía pluvial.

Por otra parte, la amenaza por inundación también se encuentra relacionada con el comportamiento del río Cravo Sur, el cual es el eje estructurante del municipio. A lo largo de su cauce y en la ronda del río se presentan valores altos de amenaza relacionados con crecientes súbitas y desbordamientos, principalmente en la parte noroccidental del río.

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

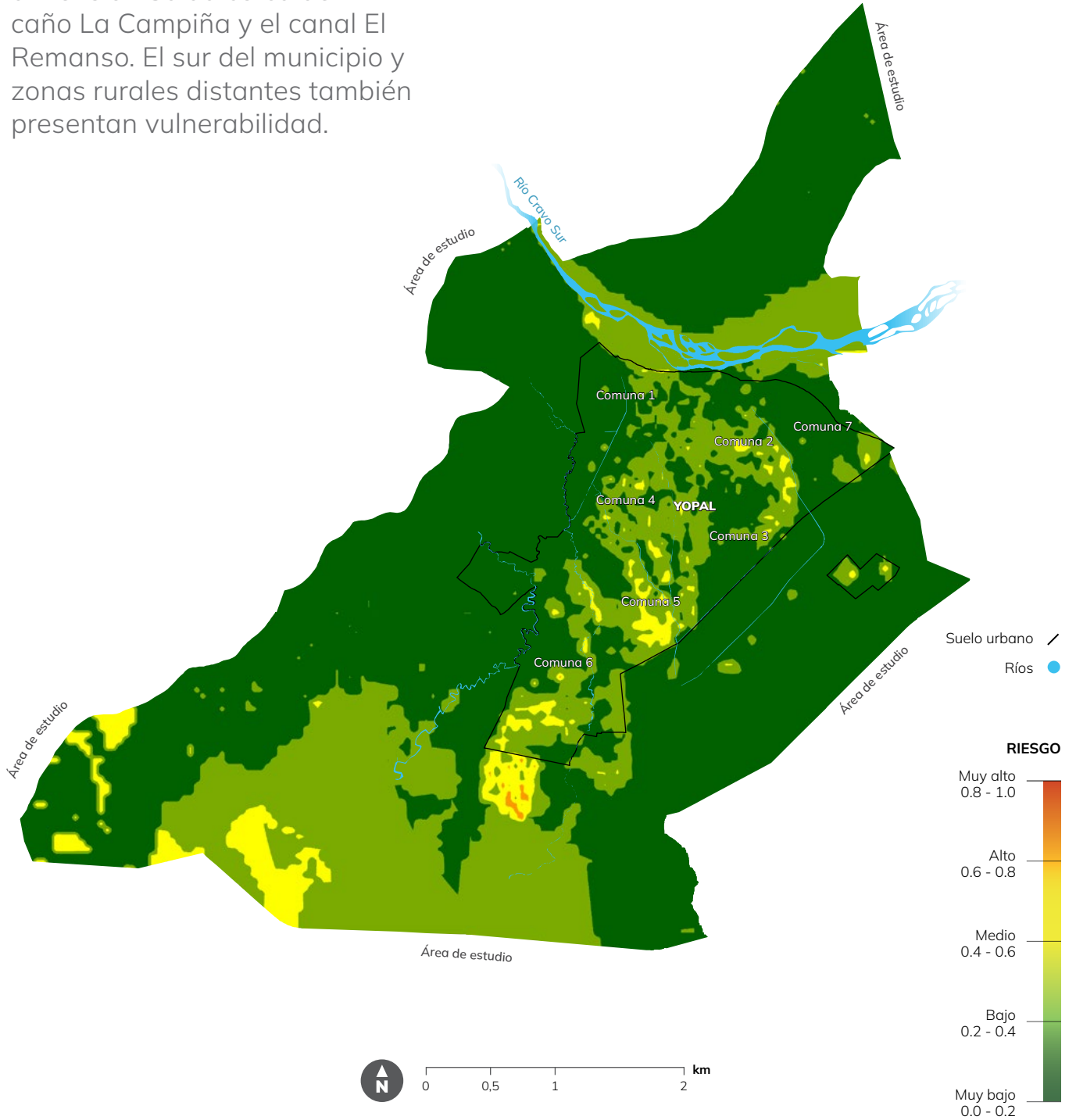
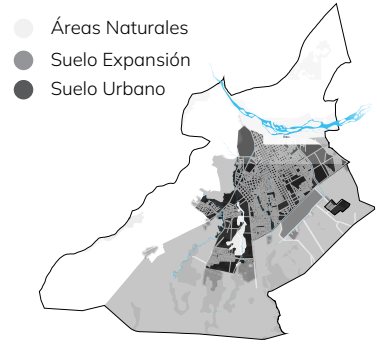


El municipio enfrenta amenazas de inundaciones debido a su formación aluvial, presencia de cuerpos de agua y ecosistemas como humedales.

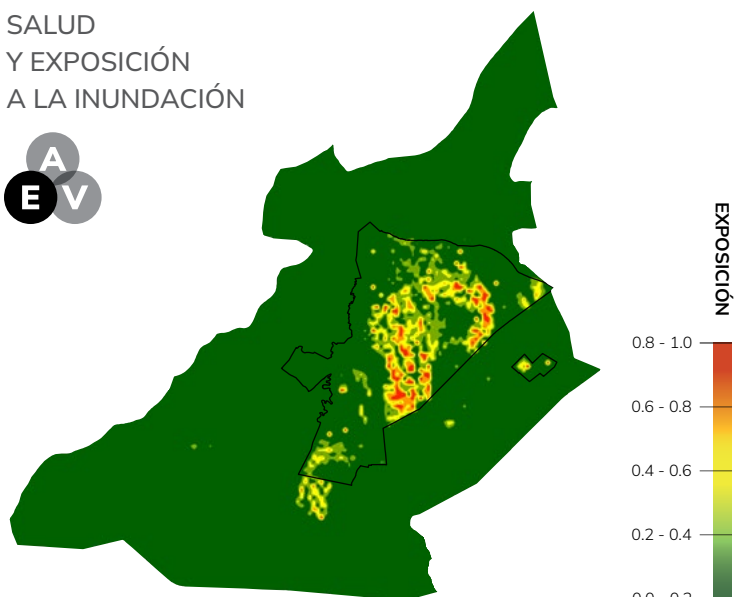


SALUD Y RIESGO POR INUNDACIÓN

Se identificaron áreas de alto riesgo de inundación en la dimensión Salud cerca del caño La Campiña y el canal El Remanso. El sur del municipio y zonas rurales distantes también presentan vulnerabilidad.

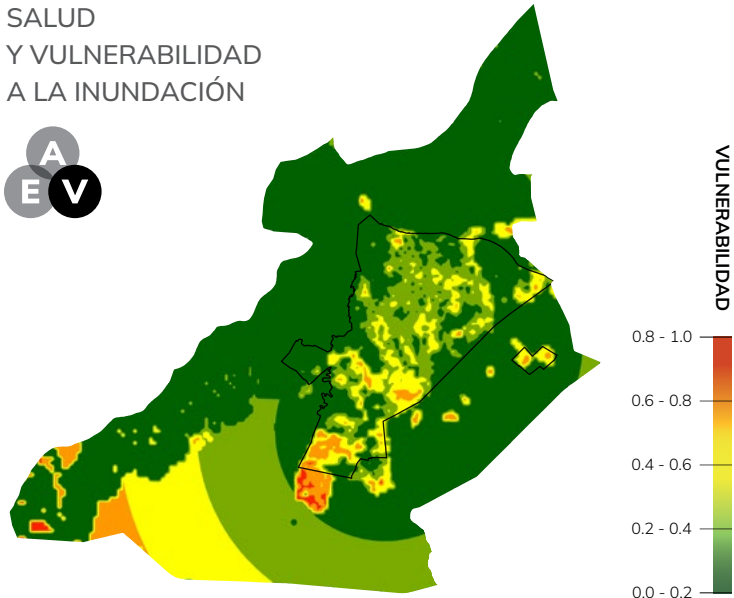


SALUD Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN



El nivel de exposición a inundaciones en relación con la dimensión Salud se evalúa utilizando la densidad de población (desglosada por género) en zonas planas determinadas según la pendiente como indicador. Se han identificado áreas de alto y muy alto riesgo cerca del caño La Campiña y del canal El Remanso. En otras áreas, el nivel de riesgo varía entre muy bajo y medio.

SALUD Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN



El mapeo se basó en información socioeconómica relacionada con la pobreza, la salud y la sensibilidad por edad. Una vez más, se identificó que la parte sur de Yopal representa un punto focal importante de vulnerabilidad, al igual que las áreas rurales muy distantes del casco urbano, tanto al este como al oeste.

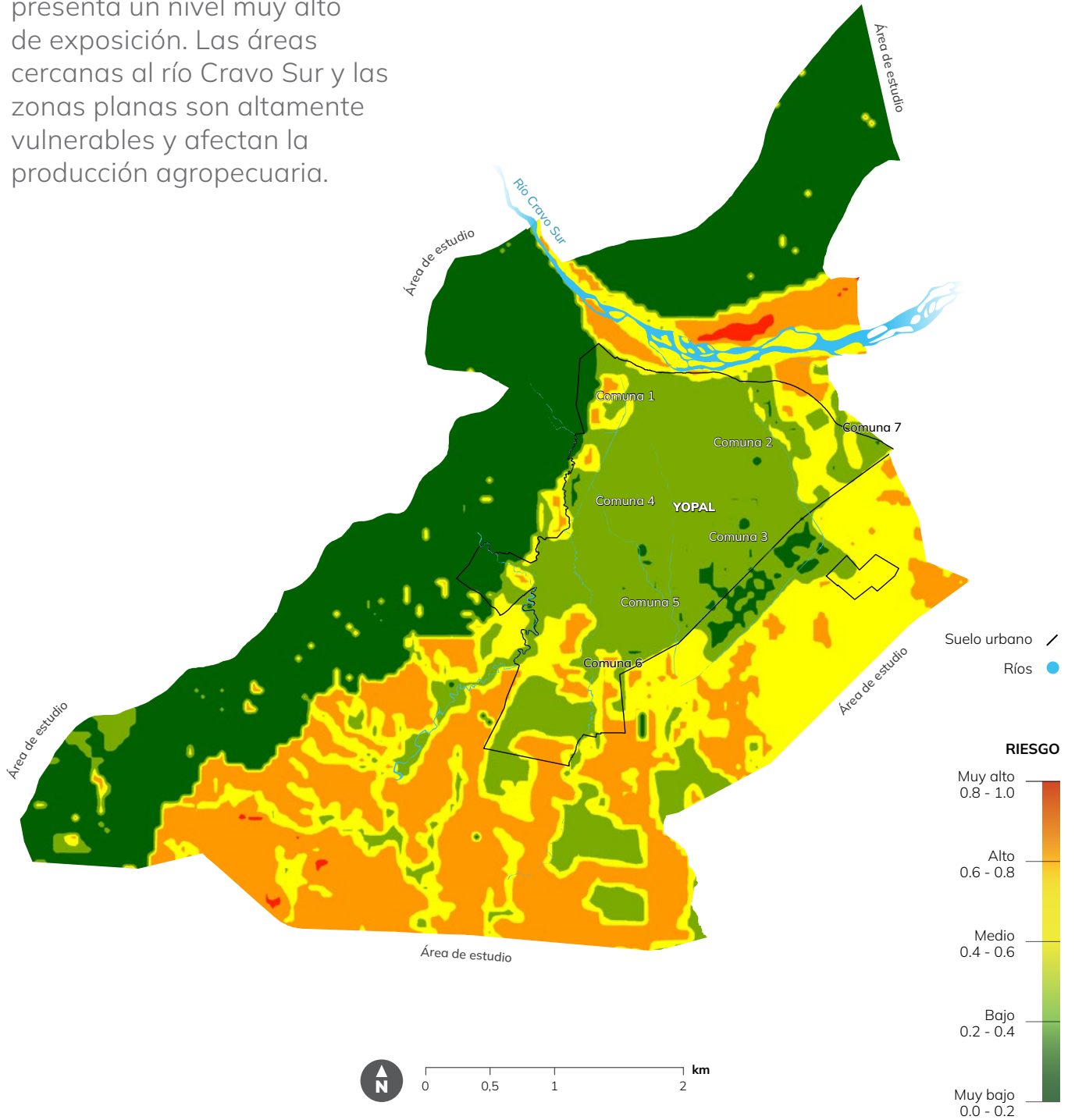
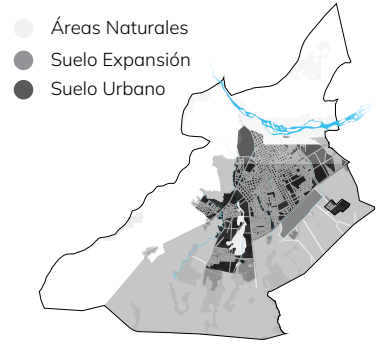
Para la dimensión Salud con relación a los problemas de inundación, el mayor riesgo se presenta al sur del municipio en las zonas cercanas a la comuna 6. Allí existe un alto riesgo debido a la mayor distancia a los centros de salud municipales ubicados principalmente en las comunas 1, 2, 3 y 4. Es importante destacar que esta zona de mayor riesgo está cerca de la quebrada Upanema y el caño Usiva, los cuales han experimentado inundaciones repentinas y contaminación.

Los barrios con mayor riesgo en la dimensión Salud son Ciudad Berlín y Heliconias, urbanizaciones creadas recientemente entre los años 2013 y 2016. Es importante resaltar que estos barrios comparten condiciones socioeconómicas precarias, un alto porcentaje de población infantil y personas desplazadas, lo que aumenta su vulnerabilidad. Además, esto incrementa el riesgo de inundación debido al difícil acceso a sistemas de salud de calidad.

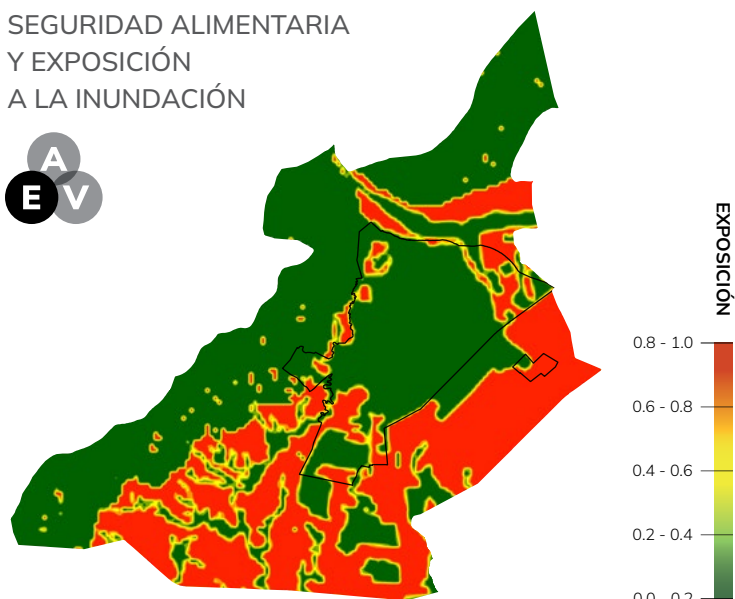
Por otro lado, se presenta un riesgo medio en las áreas cercanas al río Cravo Sur, ya que, aunque es una de las zonas más propensas a inundaciones, la población cercana tiene acceso a centros médicos y las condiciones socioeconómicas en general son mejores.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y RIESGO POR INUNDACIÓN

La seguridad alimentaria presenta un nivel muy alto de exposición. Las áreas cercanas al río Cravo Sur y las zonas planas son altamente vulnerables y afectan la producción agropecuaria.



SEGURIDAD ALIMENTARIA Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN

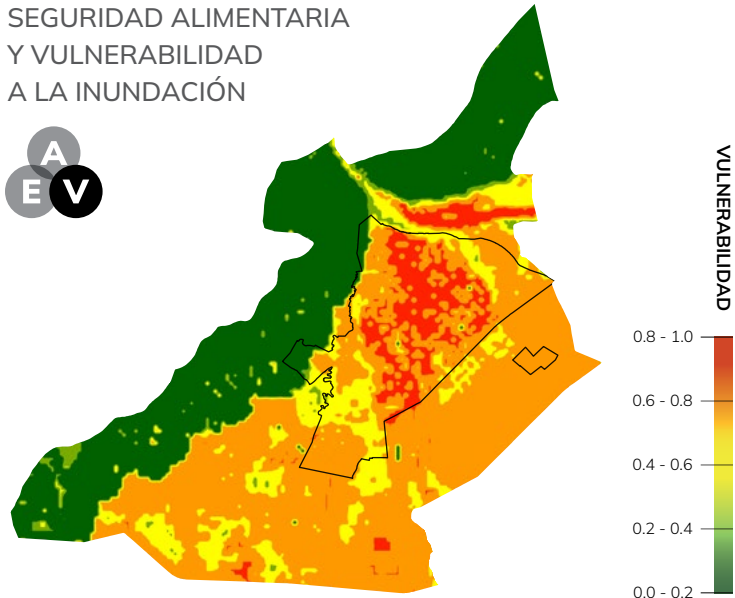


El nivel de exposición a la seguridad alimentaria se determina mediante el indicador del porcentaje del área agropecuaria. Se ha identificado que Yopal muestra un nivel de exposición muy alto en esta dimensión, ya que casi toda el área cercana al centro urbano presenta un nivel de exposición muy elevado.

Con relación al riesgo de inundación en áreas de uso agropecuario, se observa un riesgo muy alto y alto en las zonas adyacentes al río Cravo Sur y en las áreas rurales que rodean el casco urbano del municipio. Al igual que en el tema de salud, la comuna 6 es la zona del casco urbano más afectada debido a que se encuentra en transición y aún cuenta con algunos cultivos y áreas de pastoreo.

Esta dimensión es la más afectada por las inundaciones, ya que la mayor parte del área de estudio corresponde a áreas de suelo agrícola. Debido a las condiciones de pendiente, el tipo de cultivo y el alto porcentaje de pastizales, se considera que existe una mayor vulnerabilidad para el territorio.

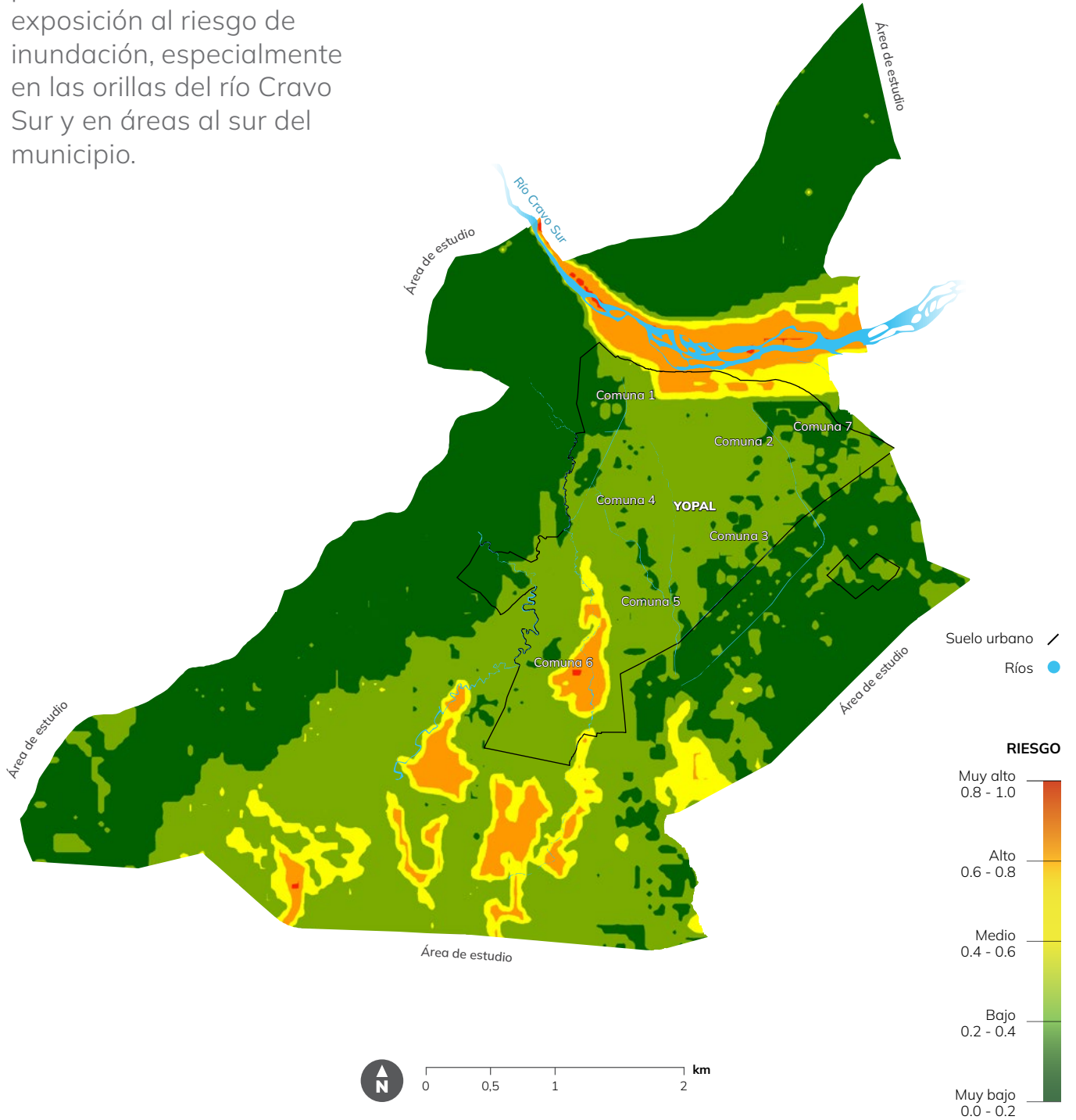
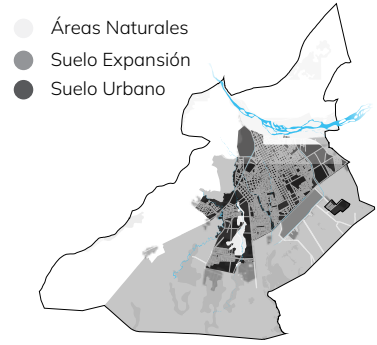
SEGURIDAD ALIMENTARIA Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN



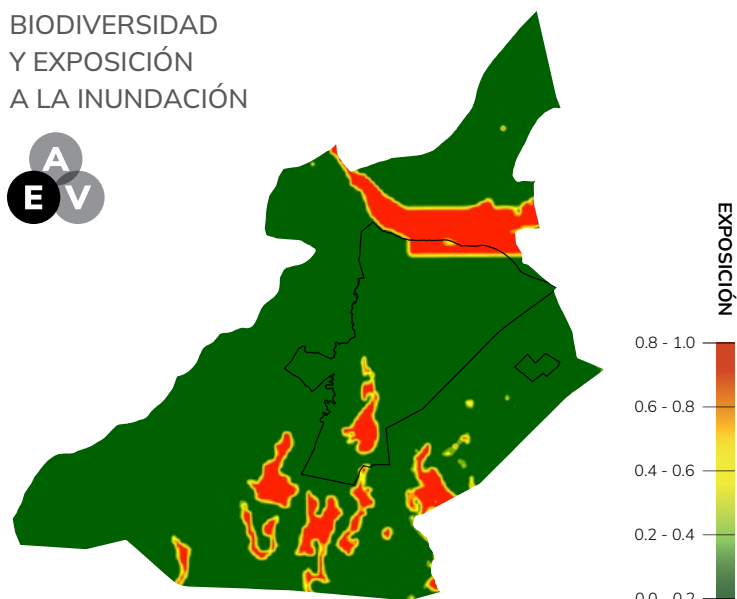
La identificación de la vulnerabilidad en esta dimensión se basa en aspectos físicos y del uso del suelo. Las áreas cercanas al río Cravo Sur son altamente vulnerables, al igual que las zonas fuera de las cadenas montañosas debido a su topografía más plana. En estas áreas, las manchas amarillas representan áreas con mayor permeabilidad. Se dio un peso significativo a las zonas urbanas, aunque no necesariamente hay una producción alimentaria significativa en esas áreas.

BIODIVERSIDAD Y RIESGO POR INUNDACIÓN

La dimensión de biodiversidad en Yopal presenta una alta exposición al riesgo de inundación, especialmente en las orillas del río Cravo Sur y en áreas al sur del municipio.

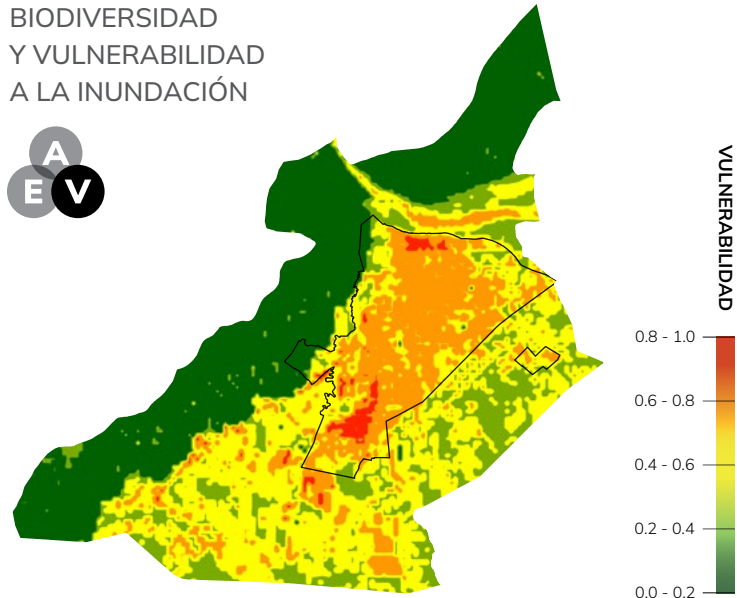


BIODIVERSIDAD Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN



Para evaluar la exposición al riesgo de inundación en la dimensión Biodiversidad, el modelo utilizó como referencia el porcentaje de áreas naturales que forman parte de la estructura ecológica principal, incluyendo áreas protegidas como ríos, humedales, bosques, entre otros, ubicadas en zonas planas determinadas por la pendiente. Se observó una alta exposición en las orillas del río Cravo Sur y en extensas áreas al sur del municipio.

BIODIVERSIDAD Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN



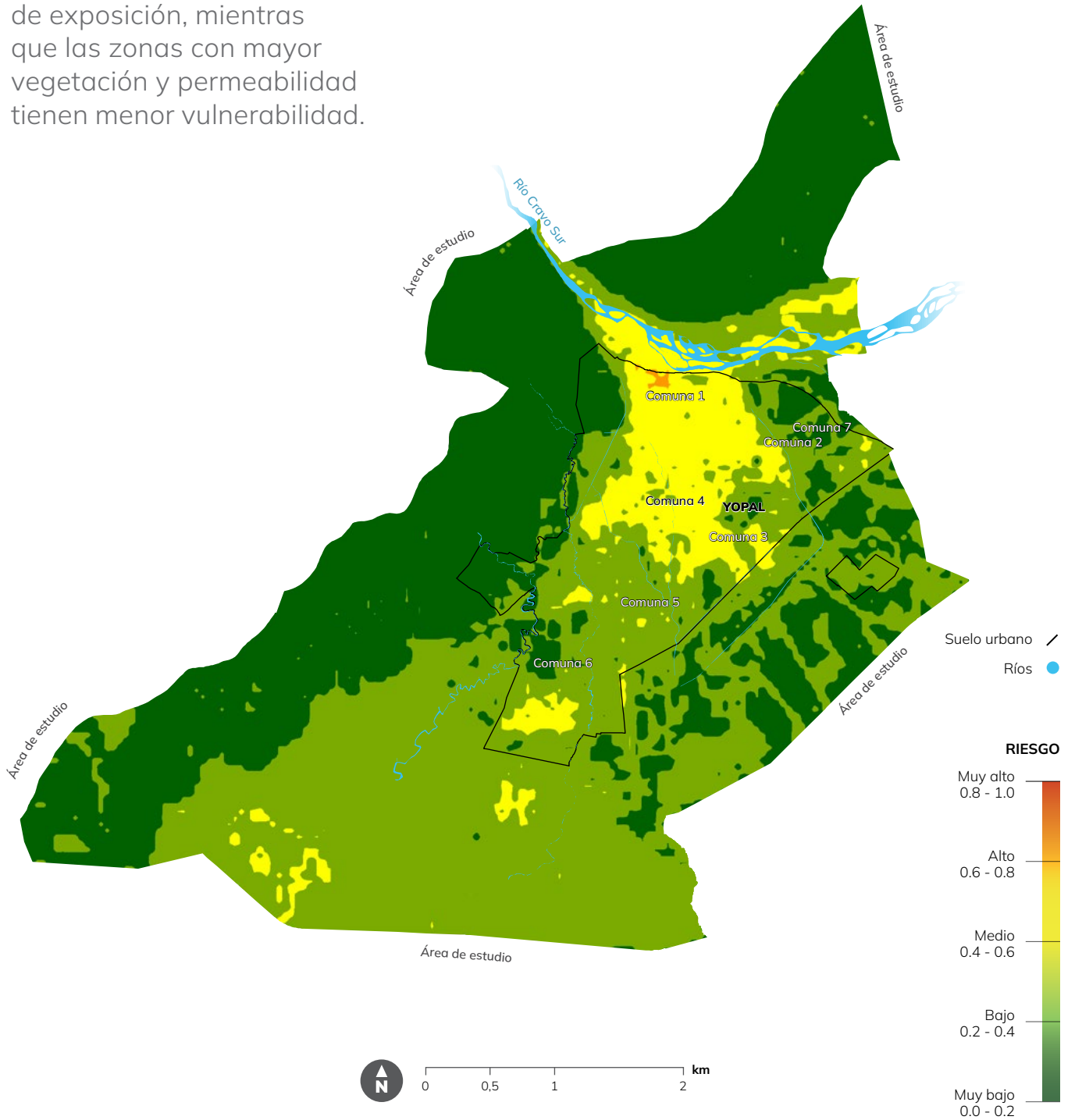
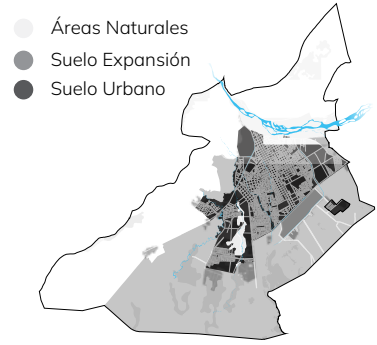
El modelo usó capas de referencia con datos físicos del territorio para evaluar la susceptibilidad a inundaciones, como litología, uso del suelo rural y topografía. En el mapa, áreas verdes indican alta vegetación en las sierras de Yopal, con baja probabilidad de inundación en contraste con el casco urbano. La zona más vulnerable de la ciudad está al norte, cerca del río Cravo Sur. Fuera de los límites urbanos y montañas, la susceptibilidad varía según cultivos, pendiente, etc.

El municipio de Yopal cuenta con una alta biodiversidad debido a la presencia de diversos ecosistemas, como la sábana inundable, el bosque de galería, el bosque de galería ripario, los pastizales, entre otros. En la dimensión Biodiversidad, la zona más afectada es el río Cravo Sur, considerado un ecosistema estratégico para la región debido a los numerosos servicios ecosistémicos que proporciona, como la provisión y regulación de recursos, así como valores culturales. Esta cuenca sufre importantes afectaciones, como la extracción de material de arrastre y el uso agropecuario de sus laderas. Por tanto, se requieren acciones de recuperación y conservación para garantizar la continuidad de los servicios ecosistémicos que brinda.

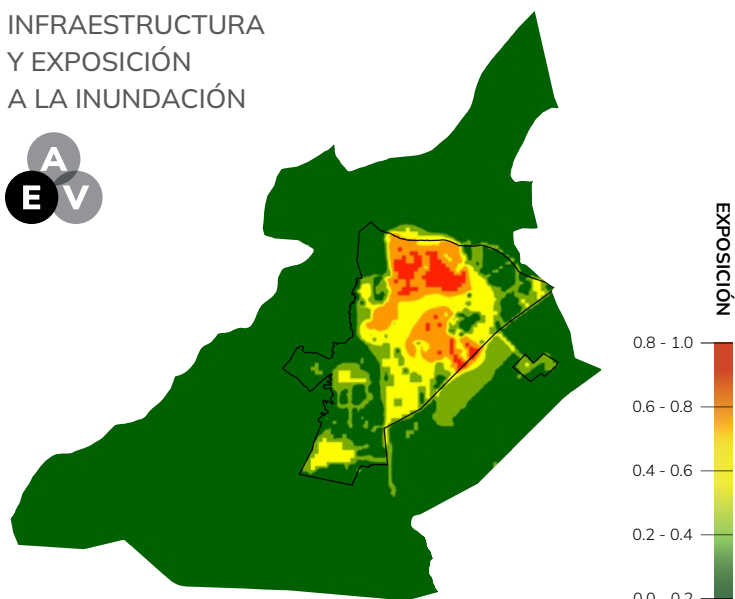
Por otro lado, en la parte sur del casco urbano del municipio se encuentran zonas con alto riesgo para la biodiversidad debido a la posibilidad de inundaciones. Estas zonas se caracterizan por su importancia para la conservación y su presencia de bosques de galería ripario, los cuales son muy valiosos y susceptibles a las inundaciones debido a las características del suelo y la flora. Por tanto, es crucial garantizar la regulación hídrica a través de los humedales colindantes para asegurar la supervivencia de estos bosques.

INFRAESTRUCTURA Y RIESGO POR INUNDACIÓN

Las áreas al norte y al este del centro urbano presentan mayores niveles de exposición, mientras que las zonas con mayor vegetación y permeabilidad tienen menor vulnerabilidad.



INFRAESTRUCTURA Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN

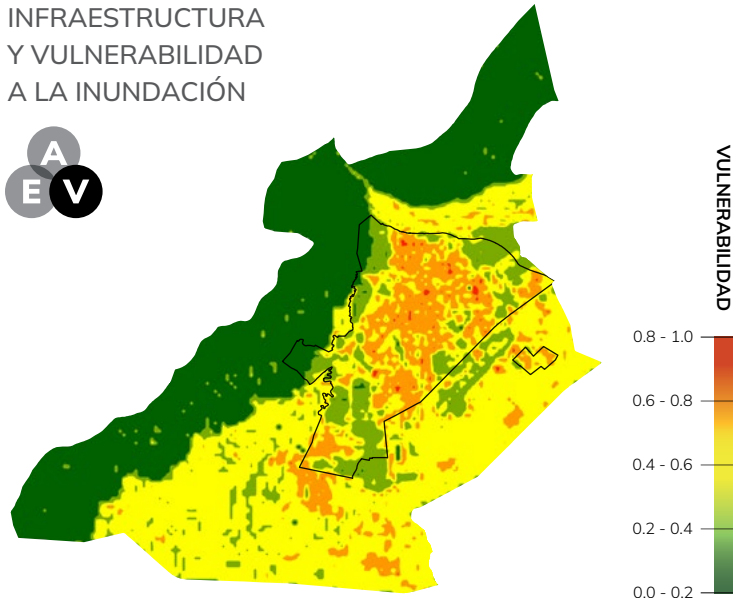


La evaluación de la exposición en infraestructura considera diversos indicadores, como la longitud de las vías, la densidad de centros de salud, aeropuertos y redes de alcantarillado en zonas planas, determinadas en función de la pendiente. Se ha identificado que las áreas ubicadas al norte y al este del centro urbano presentan niveles más altos de exposición, mientras que las demás áreas exhiben niveles que varían entre muy bajo y medio.

Con relación a la dimensión Infraestructura, principalmente se presenta riesgo de afectación en las zonas al sur del Río Cravo Sur, en las comunas 1, 2 y parte de la 7, específicamente en los barrios San Martín y El Centro. Estas áreas se caracterizan por tener una alta densidad poblacional y contar con infraestructuras de importancia para el municipio.

Asimismo, se identifica un riesgo medio en las comunas 3 y 4, ya que se encuentran a una altura similar al Río Cravo Sur. En caso de una creciente severa, podrían verse parcialmente afectados barrios como Villa del Prado, Provivienda y el 20 de Julio.

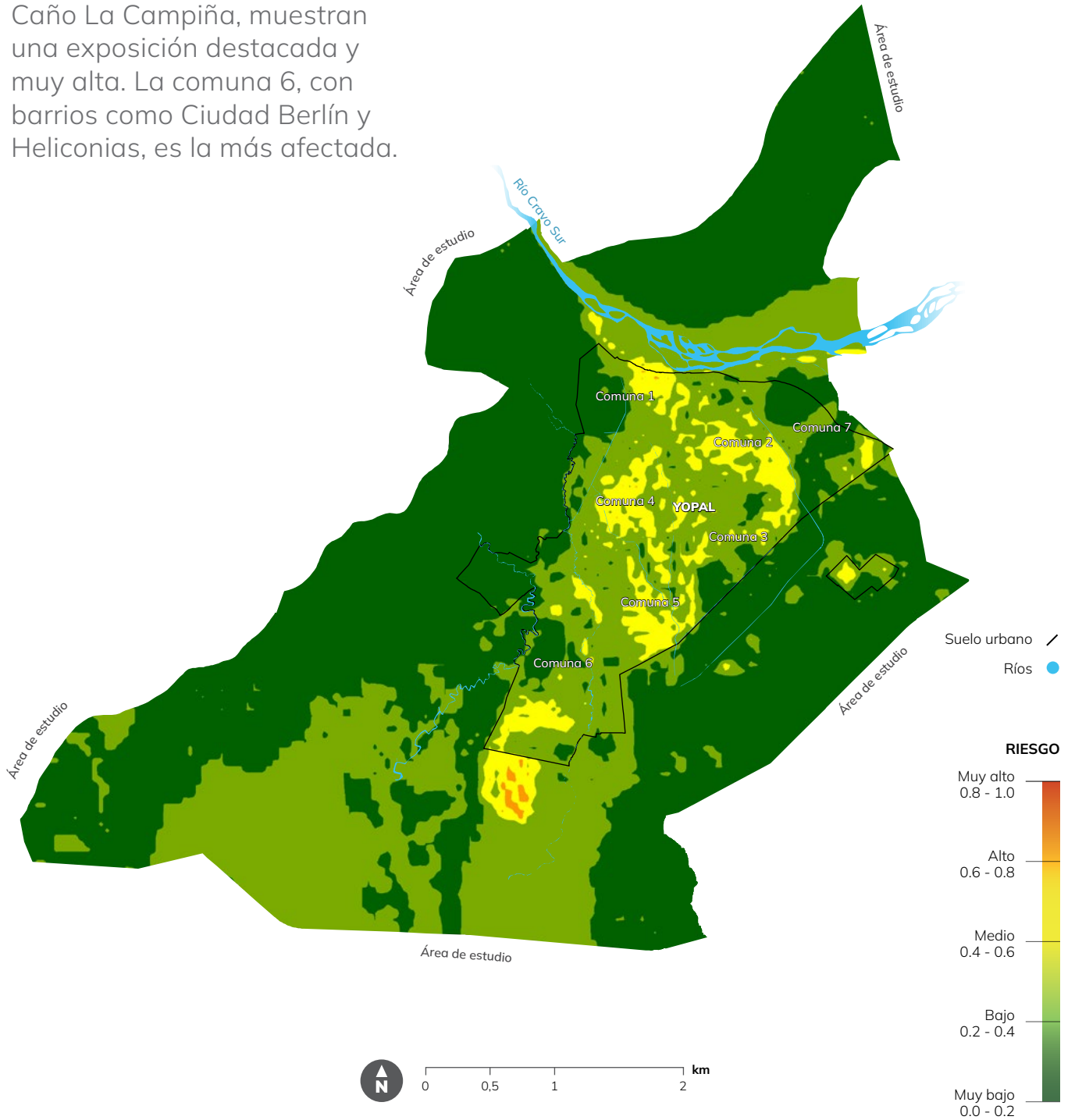
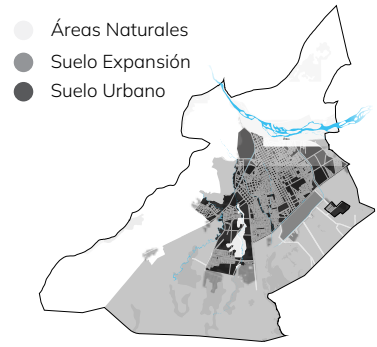
INFRAESTRUCTURA Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN



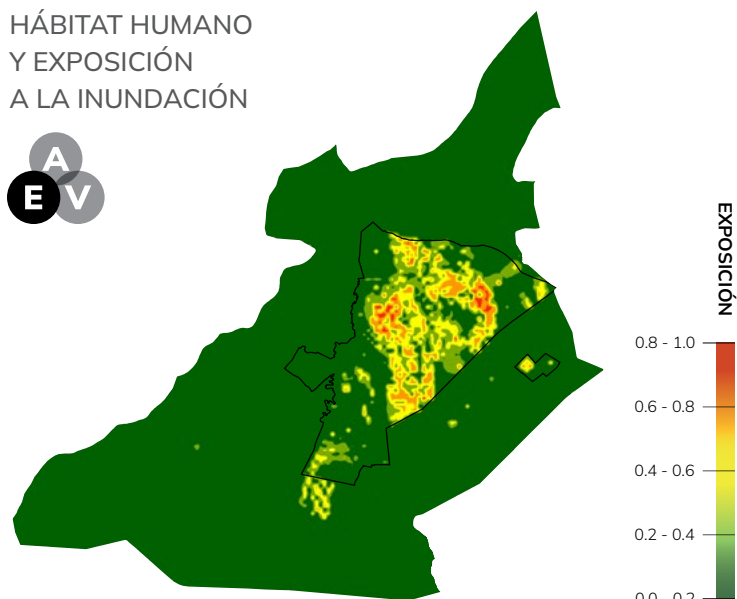
Para este análisis, se tuvieron en cuenta zonas impermeables asociadas a la concavidad del territorio con el fin de identificar áreas vulnerables. Se observó que las zonas vegetadas y/o con mayor permeabilidad en el casco urbano presentan menores niveles de vulnerabilidad, mientras que aquellas con una urbanización más intensiva y menor permeabilidad. El indicador utilizado consideró la urbanización como factor de sensibilidad, por lo tanto, las zonas en rojo representan los puntos críticos.

HÁBITAT HUMANO Y RIESGO POR INUNDACIÓN

En la dimensión Hábitat Humano, las áreas urbanas de Yopal, especialmente cerca del Caño La Campiña, muestran una exposición destacada y muy alta. La comuna 6, con barrios como Ciudad Berlín y Heliconias, es la más afectada.



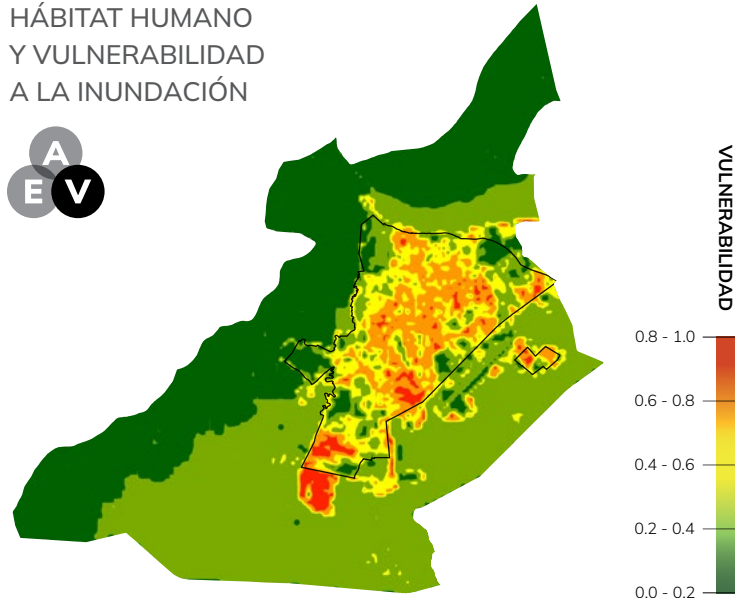
HÁBITAT HUMANO Y EXPOSICIÓN A LA INUNDACIÓN



Utilizando tres indicadores, se evaluó la exposición en la dimensión Hábitat Humano. Los indicadores utilizados fueron la densidad de centros educativos y culturales, el porcentaje de área de espacios públicos y la densidad habitacional. Las áreas urbanas, especialmente la parte central del municipio con mayor énfasis cerca del Caño La Campiña, mostraron una exposición destacada y muy alta.

En cuanto al hábitat humano, se observa un riesgo similar al de la dimensión Salud. La comuna más afectada es la 6, especialmente en los barrios Ciudad Berlín y Heliconias, debido a su proximidad a la quebrada Upanema y el caño Usiva, así como a las condiciones socioeconómicas y de saneamiento que se presentan en esa área. Además, barrios como San Martín, Centro, Primero de Mayo, Villa del Prado y La Campiña podrían tener un riesgo medio debido a su cercanía y al potencial de inundación del río Cravo Sur.

HÁBITAT HUMANO Y VULNERABILIDAD A LA INUNDACIÓN



En este modelo se utilizaron métricas para caracterizar tanto el aspecto físico como el socioeconómico del territorio. El mapeo permite identificar la combinación de sensibilidad geológica al riesgo de inundación junto con la baja capacidad de las poblaciones más vulnerables. A modo de ejemplo, se pueden mencionar los barrios El Banco y El Silencio, ubicados al sureste del casco urbano de Yopal, así como la porción sur de la ciudad, que se encuentra espacialmente más alejada.



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

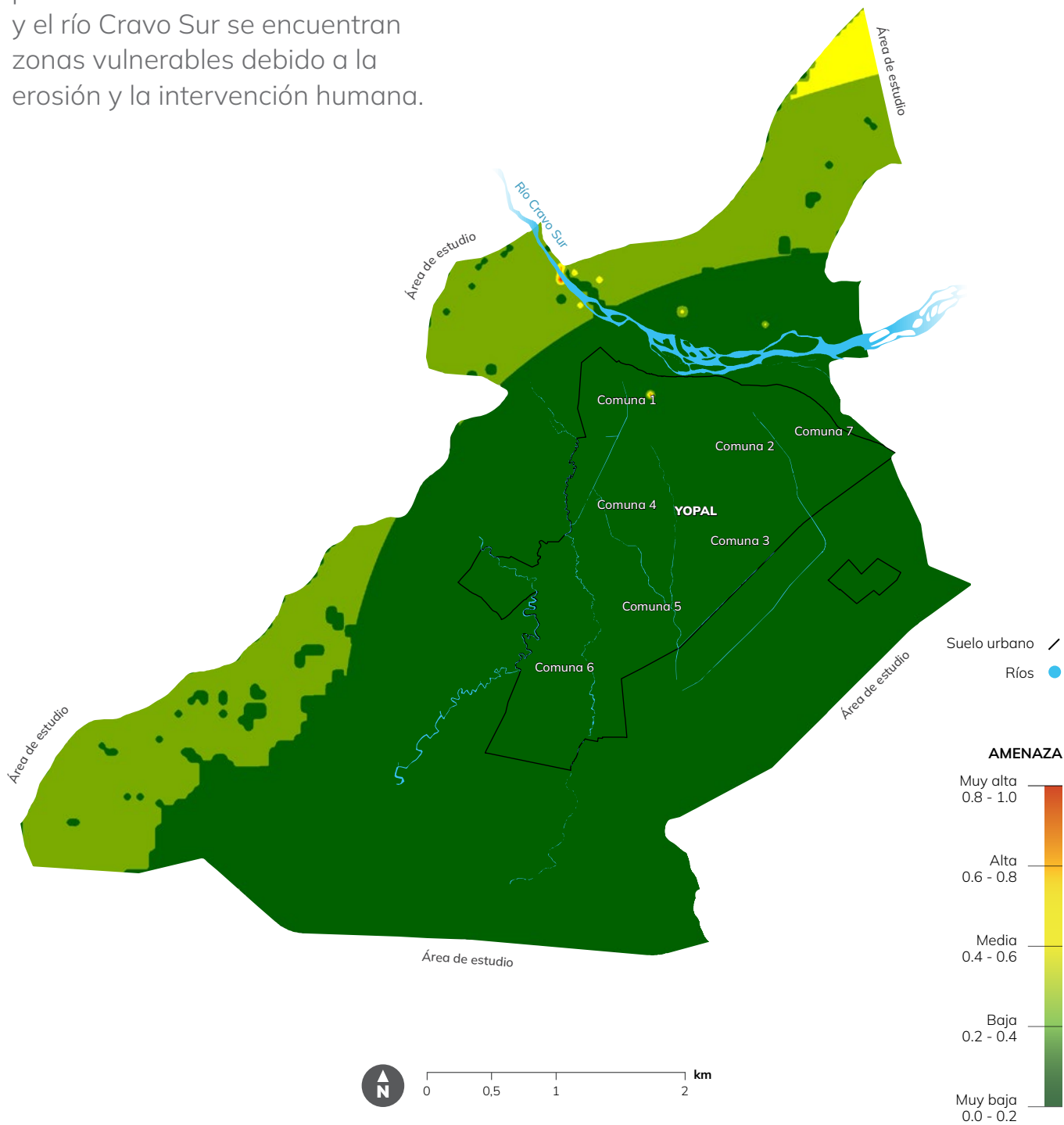
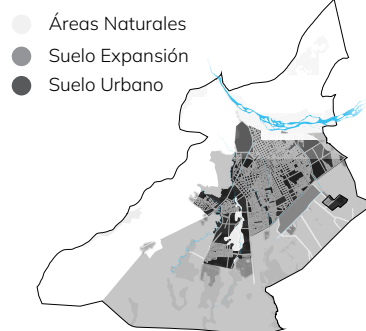
La amenaza por remoción en masa en el municipio de Yopal no presenta un nivel considerable debido a las condiciones geo-

lógicas y geomorfológicas del ecosistema. Las principales zonas donde se presenta la amenaza se ubican en las cercanías del Cerro Buenavista y El Venado, en la zona colindante con el río Cravo Sur. Esto se debe a las características de erosión que esta zona presenta y que, además, se han exacerbado por la intervención del río para la explotación de material de arrastre y la construcción de infraestructuras como la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP).

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

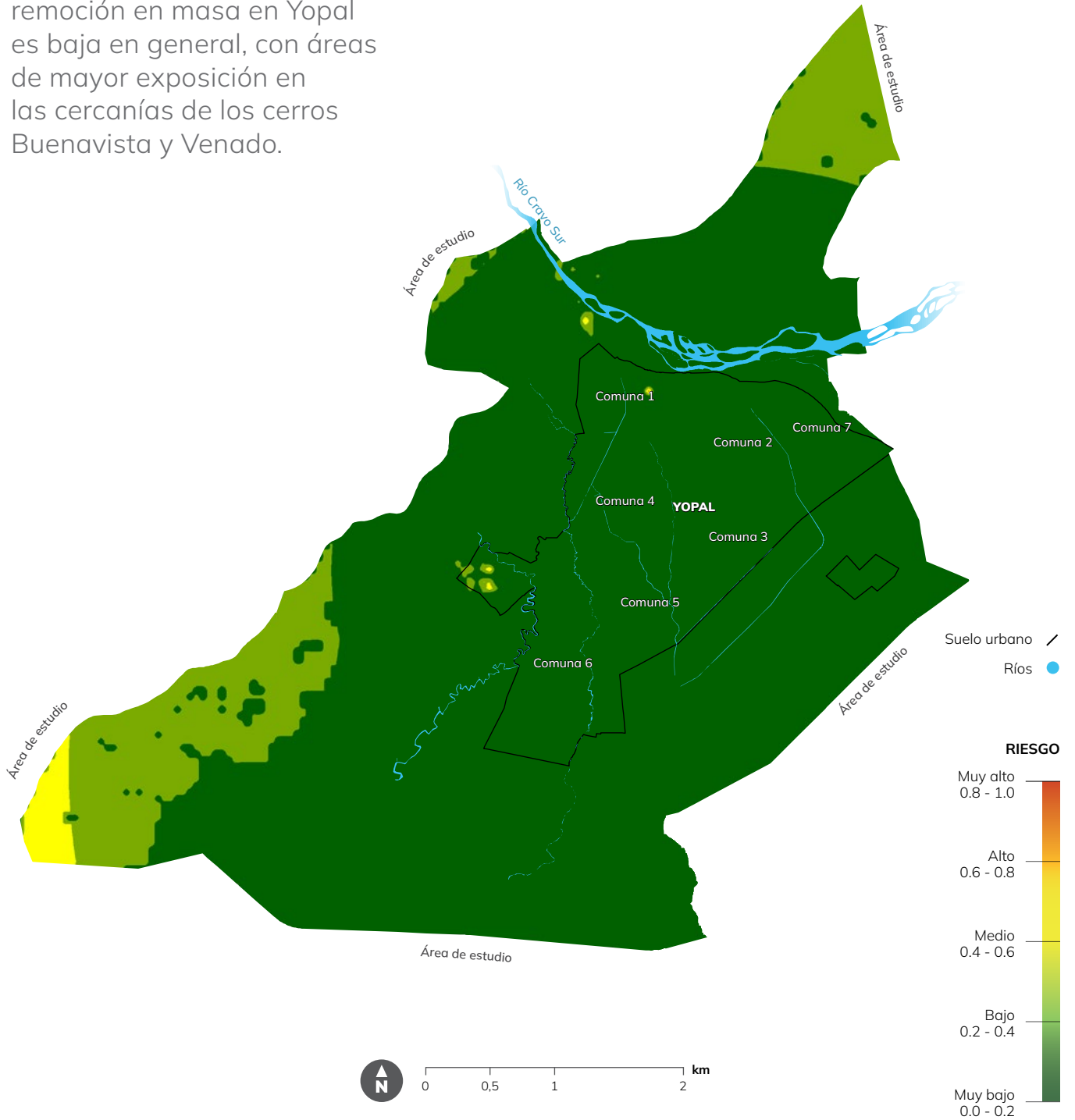
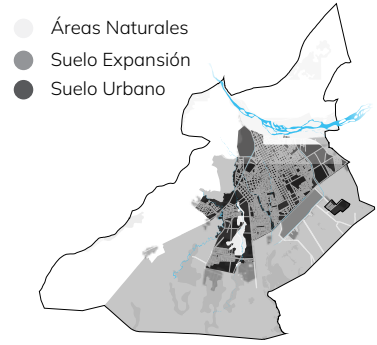


Los movimientos de remoción en masa, como deslizamientos y derrumbes, son causados por factores naturales y humanos. En Yopal, la amenaza es baja, pero cerca del Cerro Buenavista y el río Cravo Sur se encuentran zonas vulnerables debido a la erosión y la intervención humana.

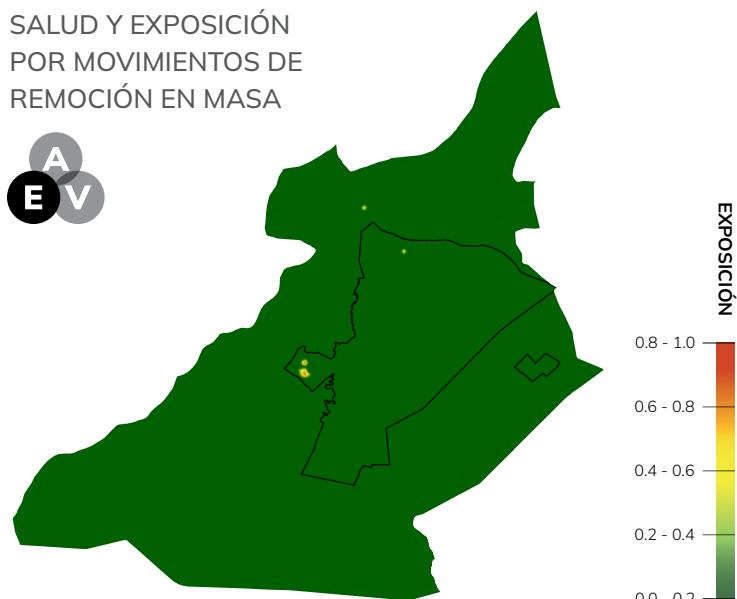


SALUD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

La exposición al riesgo de remoción en masa en Yopal es baja en general, con áreas de mayor exposición en las cercanías de los cerros Buenavista y Venado.



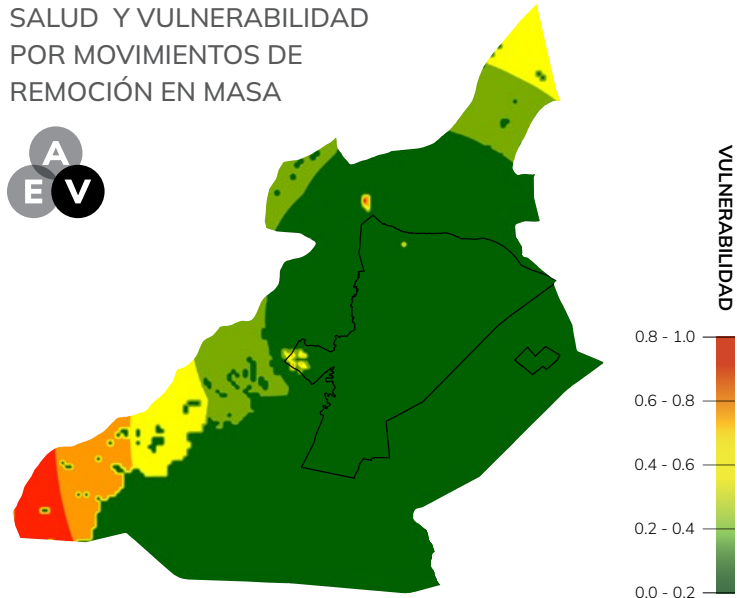
SALUD Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



La exposición al riesgo se evalúa con el indicador de densidad de población en áreas de alta pendiente. Como las zonas empinadas no están habitadas, el municipio tiene una exposición muy baja. Sin embargo, destaca un área urbana cercana a Colina Campestre con mayor exposición.

Para la dimensión Salud, el riesgo por remoción en masa es bajo o muy bajo en la mayor parte del área de estudio. Esto se debe a que la mayoría del casco urbano no presenta zonas con pendientes pronunciadas, excepto en las cercanías de los cerros Buenavista y Venado. Por lo tanto, las zonas con mayor riesgo por remoción en masa son el barrio San Martín en la comuna 1, y los barrios La Colina y Senderos de la Colina en la comuna 6. Estas áreas, debido a su proximidad a los cerros, presentan un mayor riesgo, pero cuentan con centros médicos importantes para garantizar los servicios en caso de una posible emergencia.

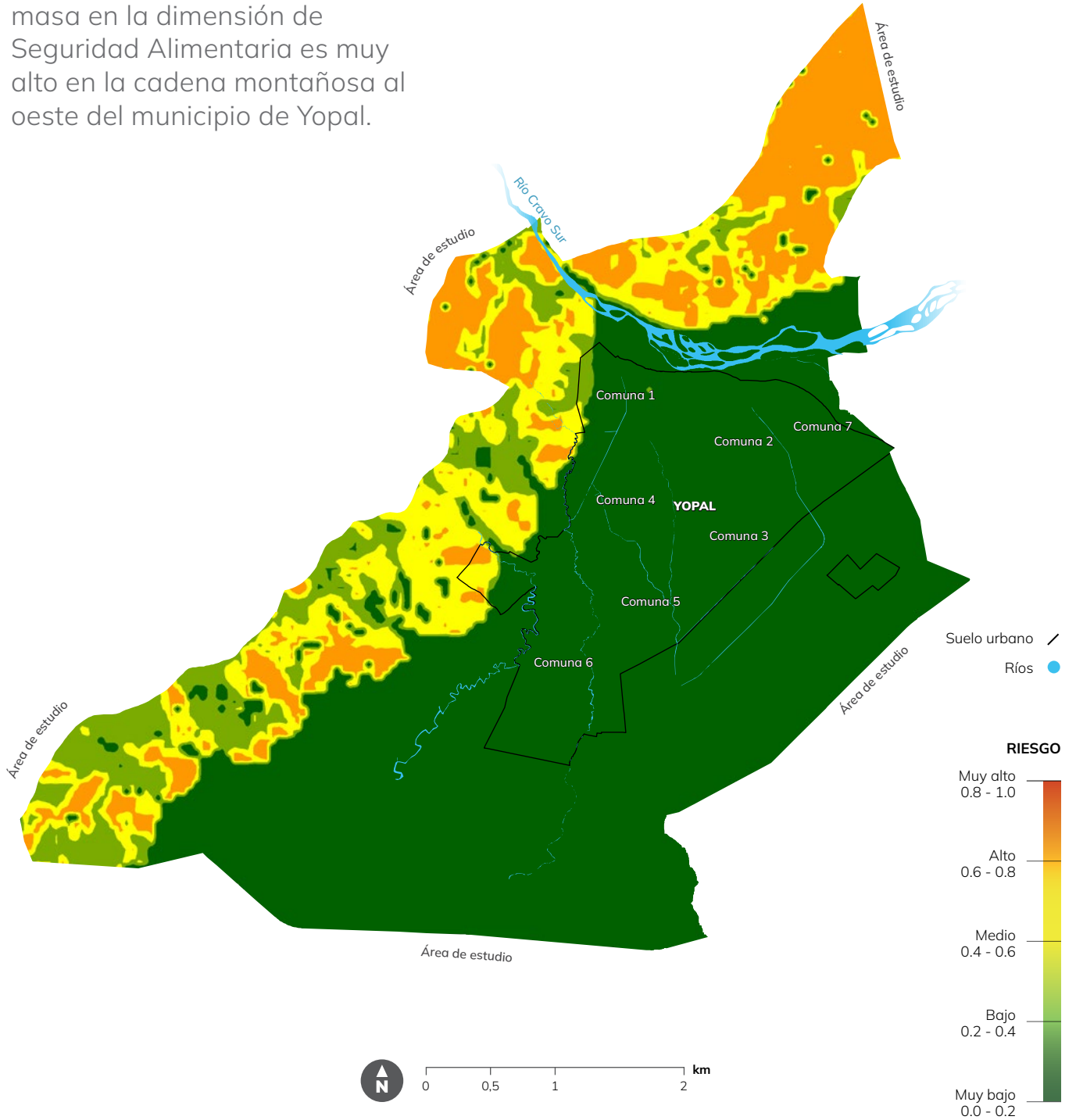
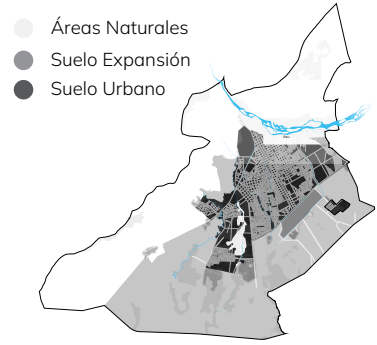
SALUD Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



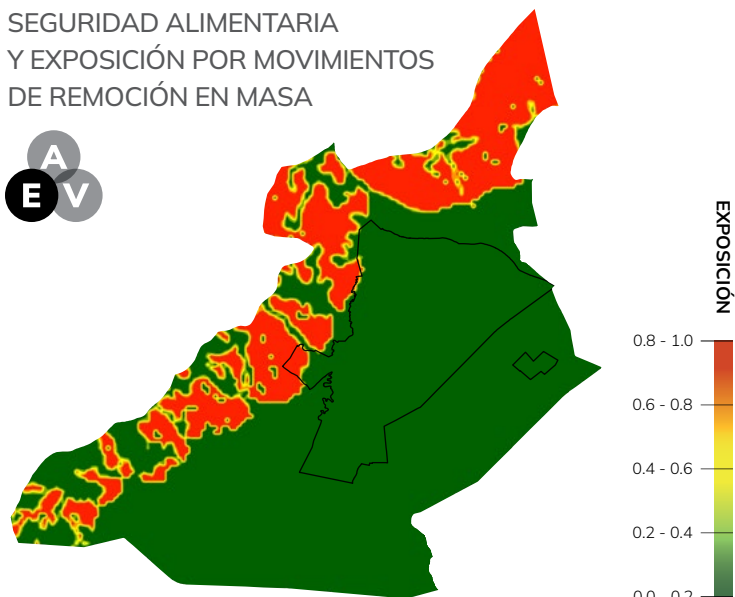
El mapeo se basó en información socioeconómica relacionada con la pobreza, la salud y la sensibilidad según la edad. En general, no se observa una presencia significativa de zonas vulnerables. Las áreas con mayor grado de vulnerabilidad se encuentran fuera del casco urbano y están relacionadas con la distancia a los servicios de salud. En la ciudad, hay algunas áreas que están asociadas a poblaciones sensibles ubicadas cerca de las sierras.

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

El riesgo de movimientos de masa en la dimensión de Seguridad Alimentaria es muy alto en la cadena montañosa al oeste del municipio de Yopal.



SEGURIDAD ALIMENTARIA Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

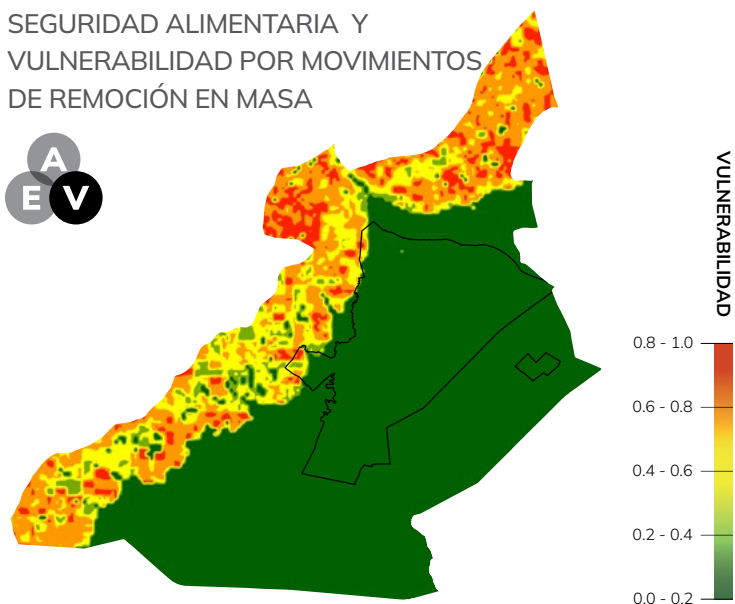


La exposición a movimientos de masa en Seguridad Alimentaria se evaluó con el porcentaje de área agrícola/ganadera en zonas de alta pendiente/erosión. Se encontraron niveles muy altos de pendiente en la cadena montañosa al oeste del municipio. Por lo tanto, se determinó que esta área, compuesta por áreas verdes con fincas, tiene una exposición muy alta al riesgo de movimientos de masa en Seguridad Alimentaria.

Una parte importante del municipio se caracteriza por su vocación agropecuaria. En este sentido, el riesgo por remoción en masa se encuentra en la zona occidental del área de estudio, donde se observa el pliegue de la cordillera oriental. En estas zonas, cercanas a la cuenca del Río Cravo Sur, se presentan características geológicas y geomorfológicas como tipos de suelo con alta presencia de areniscas y arcillas, lo cual las hace propensas a la erosión. Por lo tanto, podrían generar un riesgo medio para los cultivos cercanos a la cuenca del Río Cravo Sur.

Por otro lado, al sur del casco urbano del municipio se encuentran una serie de cultivos que podrían ser susceptibles al desprendimiento de la montaña, lo que podría ocasionar daños en estos cultivos, así como en los pastizales utilizados para la ganadería.

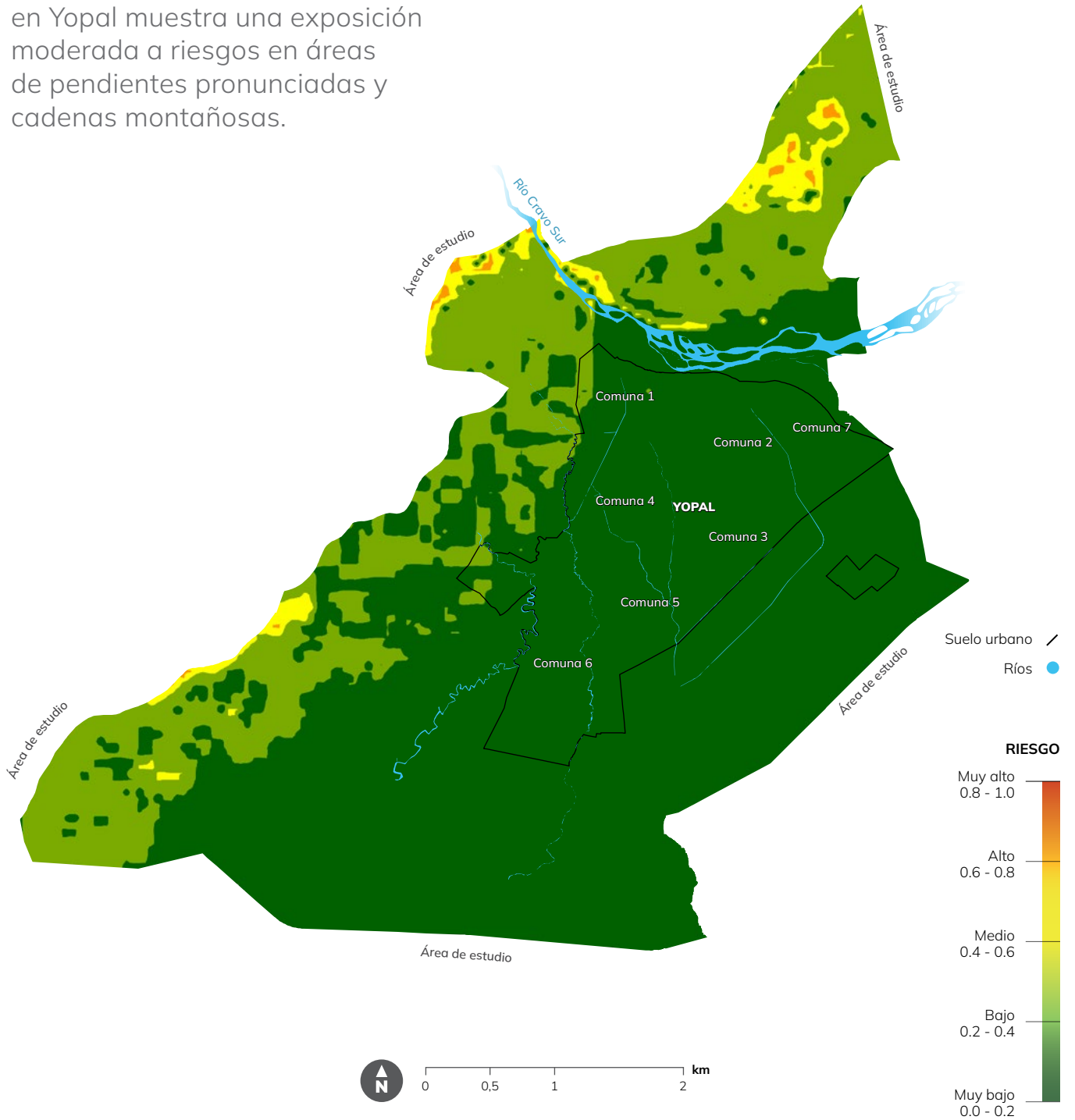
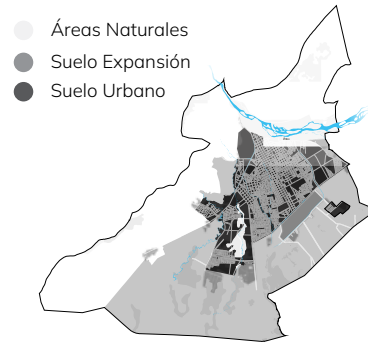
SEGURIDAD ALIMENTARIA Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



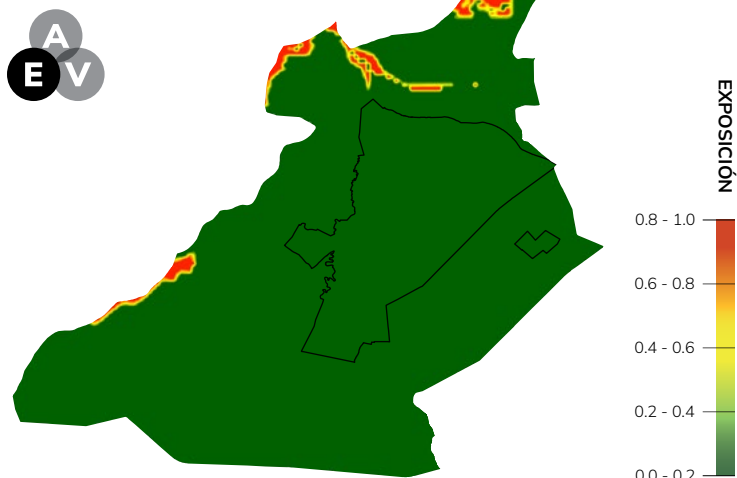
Este indicador se desarrolló utilizando datos del perfil físico-morfológico. Una vez más, las zonas más susceptibles a este tipo de riesgo se encuentran donde hay una mayor probabilidad geológica. Sin embargo, en las sierras de Yopal no se lleva a cabo ninguna producción o cultivo.

BIODIVERSIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

La dimensión de biodiversidad en Yopal muestra una exposición moderada a riesgos en áreas de pendientes pronunciadas y cadenas montañosas.

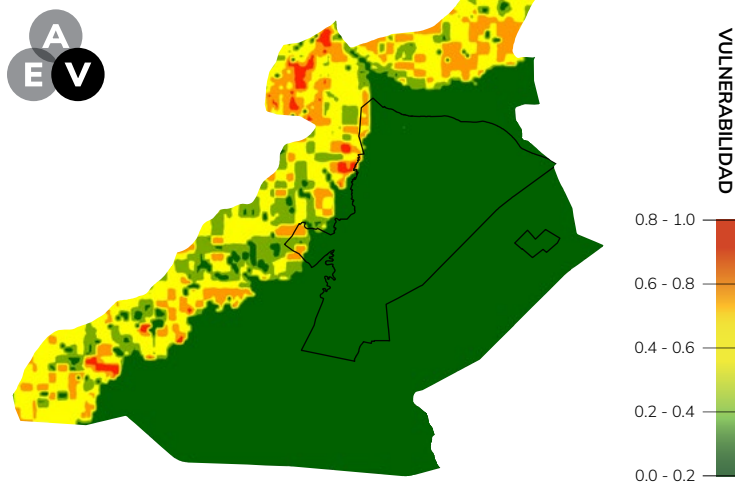


BIODIVERSIDAD Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



Para esta dimensión, se ha identificado el porcentaje de áreas naturales y protegidas, como ríos, humedales y bosques, ubicados en pendientes pronunciadas o zonas adyacentes a la ciudad. Las regiones con mayor pendiente se concentran en la parte oeste del municipio, mostrando niveles más altos de exposición. Sin embargo, en la mayor parte del municipio, la exposición se ha evaluado como muy baja.

BIODIVERSIDAD Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

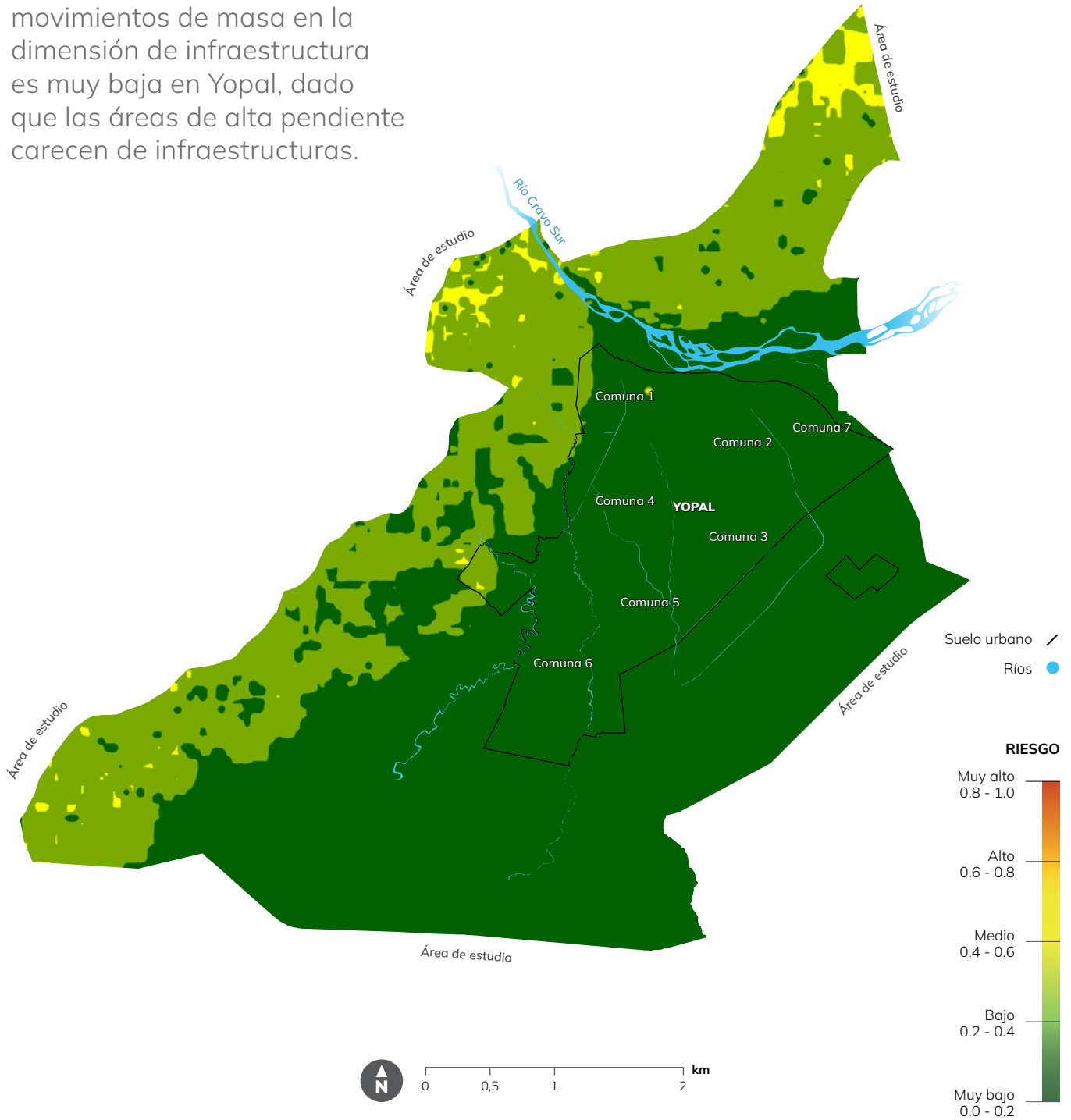
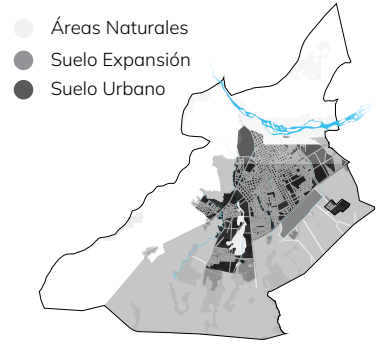


El modelado de la vulnerabilidad a este riesgo se basa en la sensibilidad físico-morfológica del terreno y se asignan diferentes capas para el modelo de capacidad basado en el enfoque dimensional. Para evaluar la biodiversidad, se consideraron datos sobre la protección del suelo natural y la capacidad de protección de taludes a través de la profundidad de las raíces. Las áreas con tasas más altas de vulnerabilidad se encuentran en las zonas de las cadenas montañosas sin cobertura vegetal y con una pendiente pronunciada.

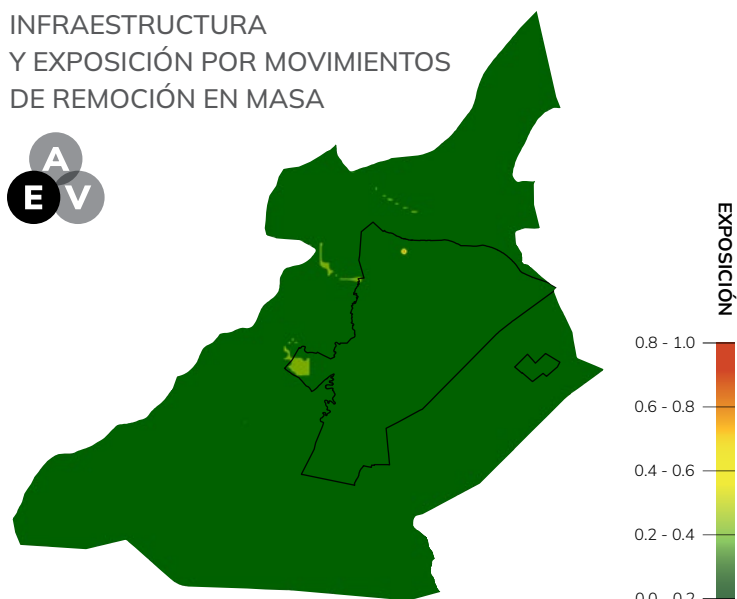
Con relación a la biodiversidad, se observan las mayores afectaciones en el Cerro Buena Vista y el Cerro El Venado, especialmente en las proximidades del mirador de la Virgen y en la zona intermedia entre el Cerro Buena Vista y el Río Cravo Sur. Estas áreas presentan riesgos debido al tipo de ecosistema que se encuentra en estos cerros, así como a los impactos en la flora local. Estos factores resultan en una disminución de la profundidad de las raíces y de la cobertura vegetal, lo cual aumenta la susceptibilidad a la erosión en dichos lugares.

INFRAESTRUCTURA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

La exposición al riesgo de movimientos de masa en la dimensión de infraestructura es muy baja en Yopal, dado que las áreas de alta pendiente carecen de infraestructuras.



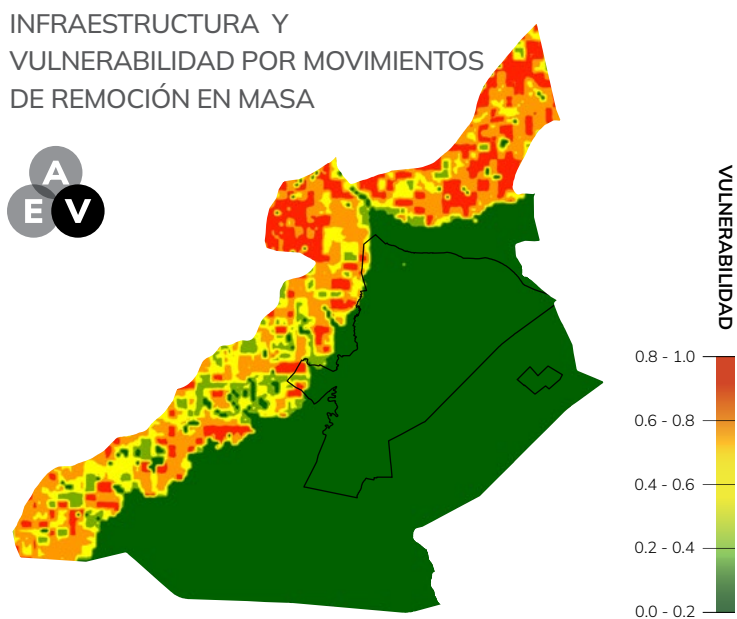
INFRAESTRUCTURA Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



Para evaluar la exposición a movimientos de masa en Infraestructura, se usaron indicadores para ubicar las principales infraestructuras del municipio, como carreteras, centros de salud, aeropuertos y redes de alcantarillado, considerando aquellas en áreas de alta pendiente o adyacentes. Sin embargo, dado que las áreas empinadas carecen de infraestructura, la exposición en Yopal en esta dimensión es muy baja.

En cuanto a la dimensión Infraestructura, se observa un riesgo medio en el noroeste del área de estudio, cerca de la cuenca del Río Cravo Sur. Esta dimensión evalúa la calidad de las vías, el acueducto, el alcantarillado y los centros de salud importantes para el municipio. Específicamente, se presenta un riesgo medio en el Barrio San Martín de la comuna 1 debido a su cercanía con las zonas de captación del municipio y el acueducto principal.

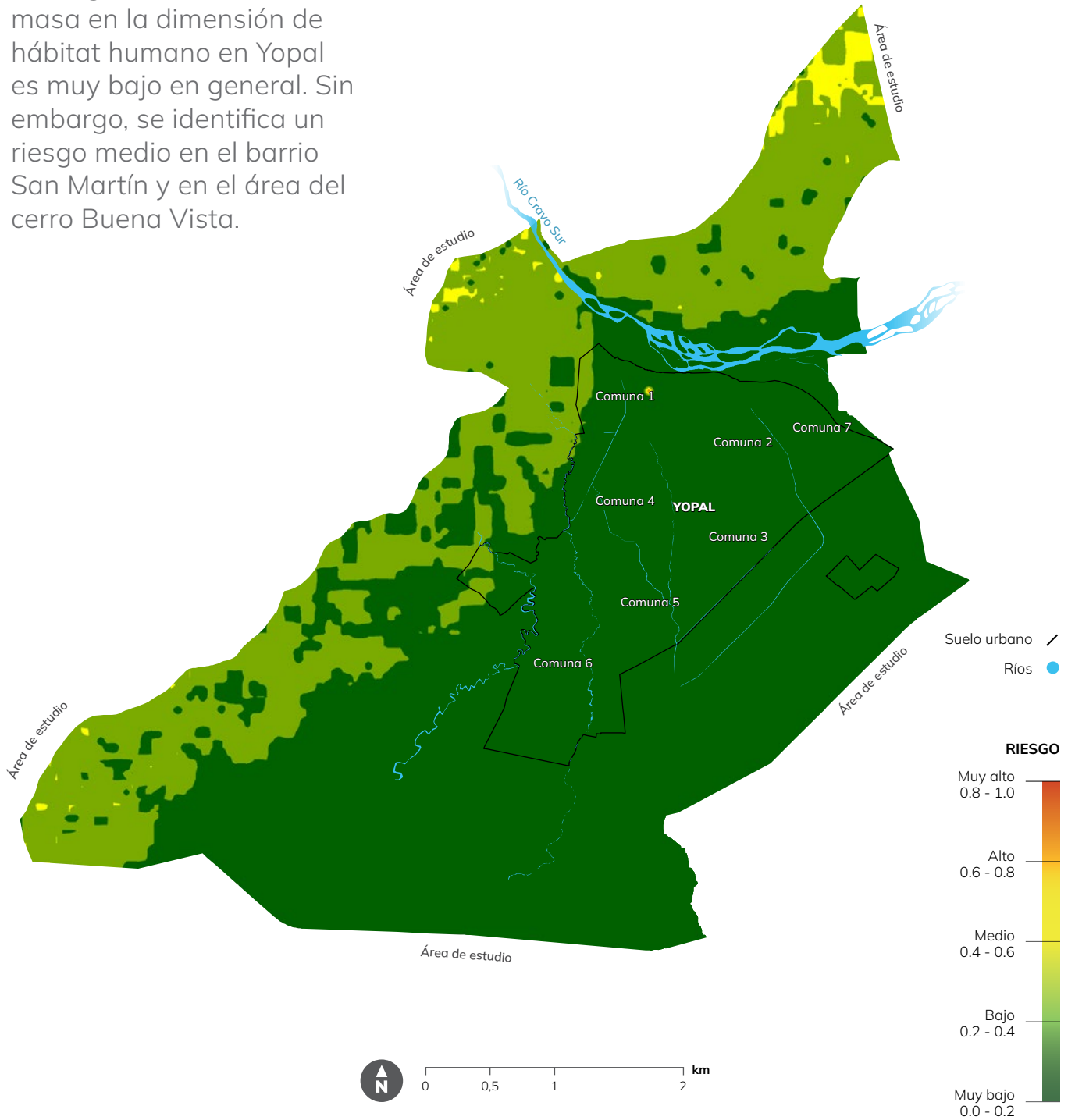
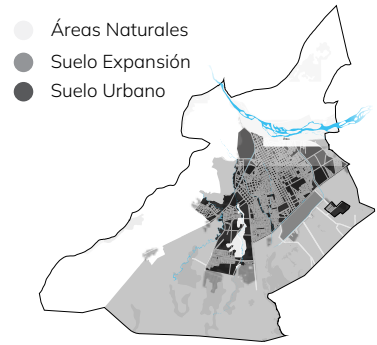
INFRAESTRUCTURA Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



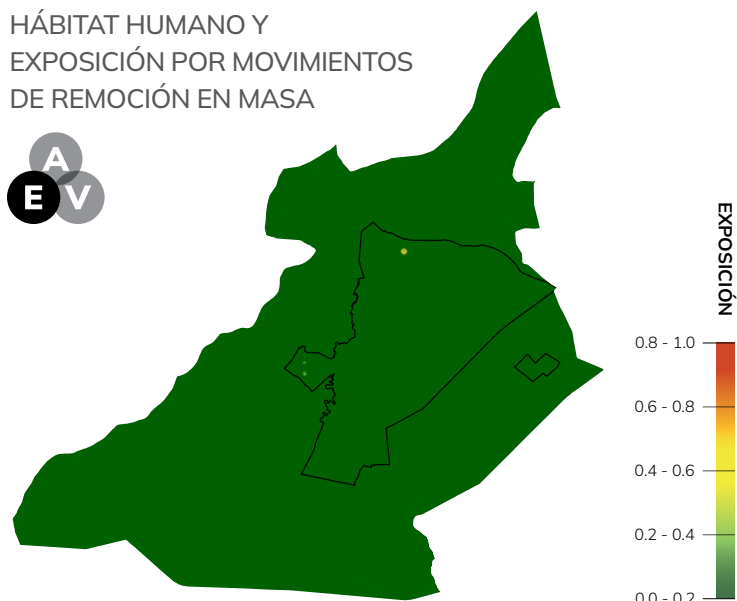
Para este modelo, se tuvieron en cuenta las características geológicas relacionadas con la capacidad de estabilización de taludes. Al igual que en el modelo para la dimensión Hábitat Humano, no se detectaron zonas vulnerables en áreas donde hay infraestructura debido a que la zona urbana es plana.

HÁBITAT HUMANO Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

El riesgo de movimientos de masa en la dimensión de hábitat humano en Yopal es muy bajo en general. Sin embargo, se identifica un riesgo medio en el barrio San Martín y en el área del cerro Buena Vista.



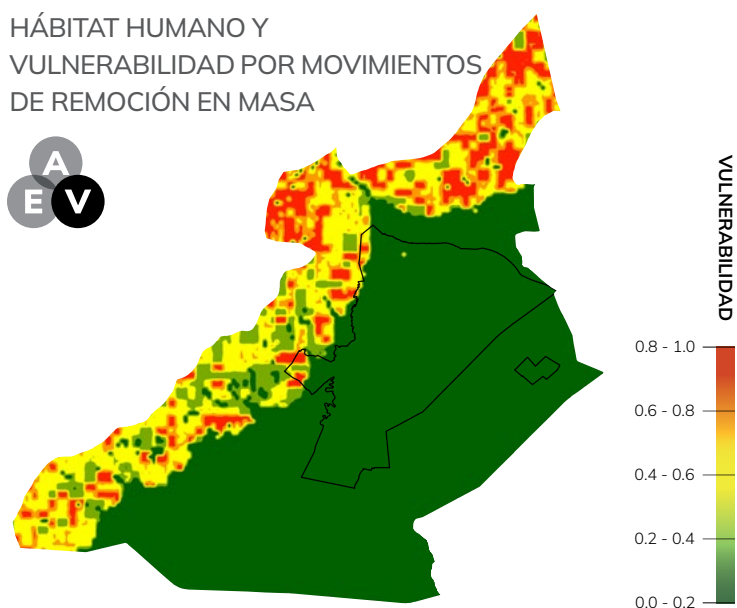
HÁBITAT HUMANO Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



En cuanto al hábitat humano, no se presenta un riesgo considerable de remoción en masa en el municipio. Sin embargo, en el Barrio San Martín de la comuna 1 podría haber afectaciones debido a la presencia de centros educativos y culturales importantes para la zona, así como su exposición y cercanía a zonas de alta pendiente. Se observa un riesgo medio en la zona del cerro Buena Vista debido a la importancia y suministro de servicios ecosistémicos de tipo cultural que esta zona representa para los habitantes del municipio de Yopal.

Para evaluar la exposición a movimientos de masa en Hábitat Humano, se usaron indicadores como densidad de centros educativos y culturales, porcentaje de espacio público y densidad habitacional en áreas de alta pendiente o adyacentes. Las zonas de mayor declive en la parte oeste del municipio son áreas naturales o protegidas sin urbanización. Por lo tanto, no hay instalaciones de salud, recreación o viviendas en esa zona, resultando en una exposición muy baja para el municipio.

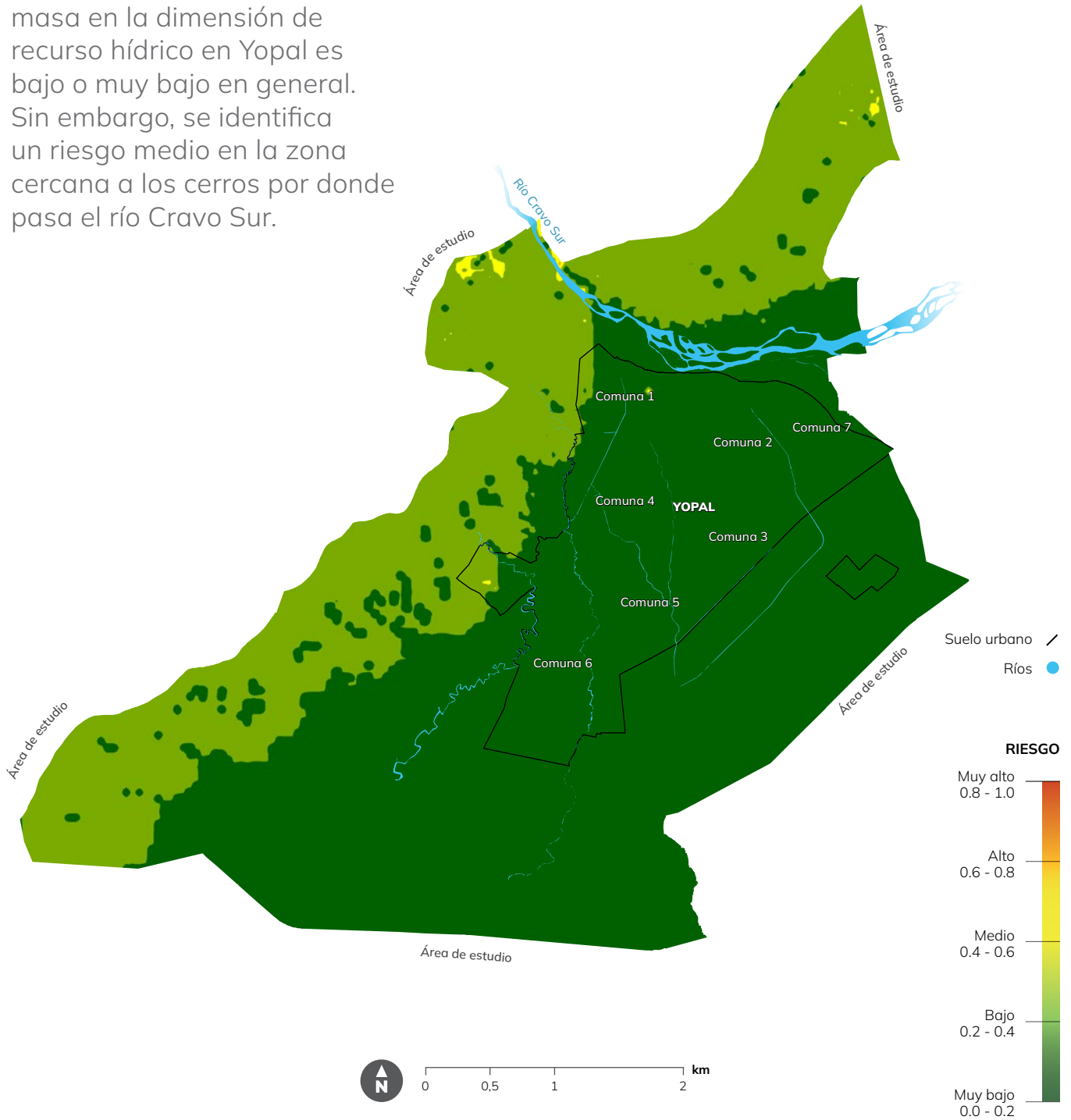
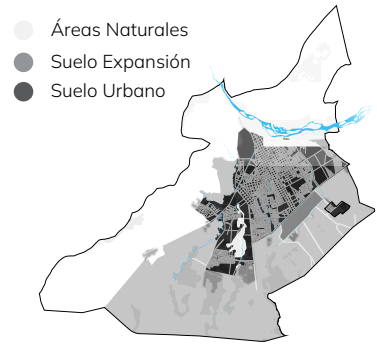
HÁBITAT HUMANO Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



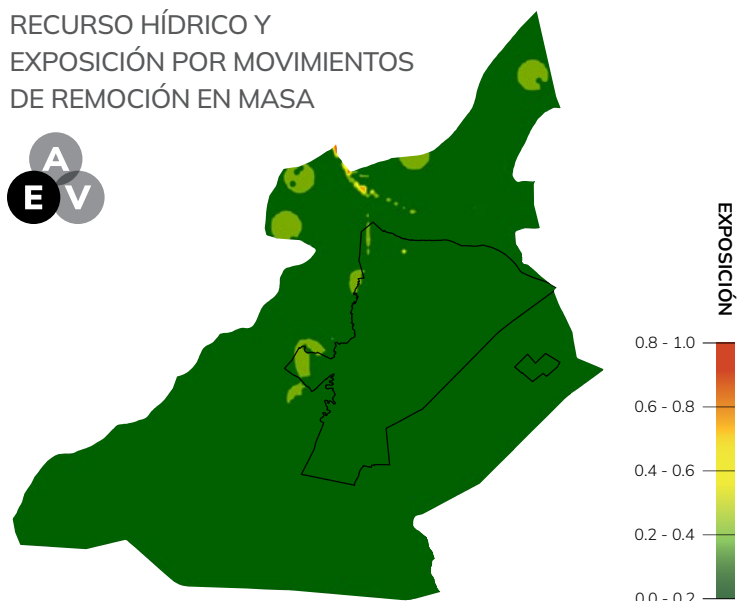
Este indicador, al igual que los demás para medir la vulnerabilidad a este tipo de riesgo, se basó en criterios del terreno. La particularidad radica en la incorporación de información sobre poblaciones en situación de riesgo desde una perspectiva de pobreza multidimensional. Aunque el casco urbano se encuentra en zonas planas y no presenta una gran incidencia de pendientes, el mapeo no identificó vulnerabilidad significativa en esta dimensión dentro de esa área, en contraste con las zonas montañosas.

RECURSO HÍDRICO Y RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

El riesgo de movimientos de masa en la dimensión de recurso hídrico en Yopal es bajo o muy bajo en general. Sin embargo, se identifica un riesgo medio en la zona cercana a los cerros por donde pasa el río Cravo Sur.



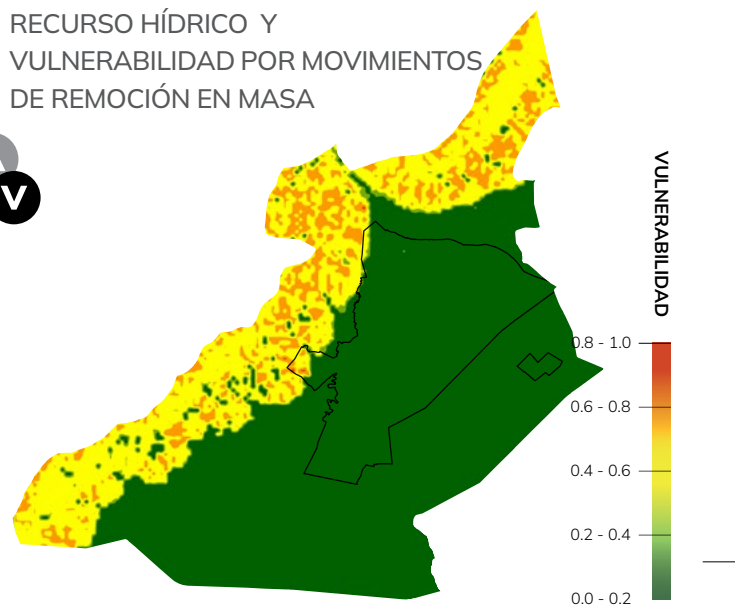
RECURSO HÍDRICO Y EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



La evaluación de la exposición a movimientos de remoción en masa en relación con la dimensión Recurso Hídrico se llevó a cabo mediante indicadores como la densidad poblacional, la presencia de cuerpos de agua, las infraestructuras de abastecimiento de agua potable y las redes de acueducto en zonas de alta pendiente o adyacentes. En esta dimensión, una vez más, se observó que el municipio presenta niveles de exposición bajos o muy bajos ante este tipo de riesgo.

La dimensión Recurso Hídrico se caracteriza por la disponibilidad y accesibilidad del agua en el municipio. La remoción en masa no se observa como un riesgo relevante para esta dimensión. Se identifica un riesgo medio en la zona cercana a los cerros por donde pasa el río Cravo Sur, debido a las afectaciones en el cauce y la presencia de infraestructuras de suministro de agua potable. Por este motivo, es necesario priorizar acciones para el manejo, conservación y renaturalización de estas áreas con el fin de reducir el riesgo.

RECURSO HÍDRICO Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA



Las zonas identificadas como de mayor grado de vulnerabilidad se encuentran nuevamente en las sierras, ya que el modelo se desarrolló utilizando información físico-morfológica. En cuanto a la cuestión hídrica, los movimientos de remoción de masas en las cadenas montañosas pueden representar un riesgo para las bocatomas existentes y el área del lecho del río Cravo Sur.



RIESGO CRÍTICO

El análisis de riesgo crítico permite identificar la presencia de múltiples riesgos en un territorio, considerando su importancia relativa. Para el municipio de Yopal, se realizaron encuestas a expertos de las distintas oficinas de la alcaldía para determinar el nivel de importancia que asignan a cada uno de los riesgos evaluados, teniendo en cuenta la frecuencia y los impactos asociados.

Los resultados obtenidos muestran que el riesgo de inundación es el más relevante debido a su alta frecuencia y ocurrencia generalizada en todo el territorio, por lo cual se le asignó un peso del 42,7 %. En segundo lugar, se consideró el riesgo de sequías con un peso del 32,6 %, que se presenta principalmente en las zonas periurbanas. Por último, el riesgo de movimientos de remoción en masa ocupó el tercer lugar con un peso del 24,7 %, ya que este riesgo está localizado en los cerros al occidente del municipio y no ocurre con mucha frecuencia.

Las áreas con un nivel medio de riesgo crítico se encuentran al sur del casco urbano del municipio, en la comuna 6 cercana al caño Usivar, así como en los barrios Villa

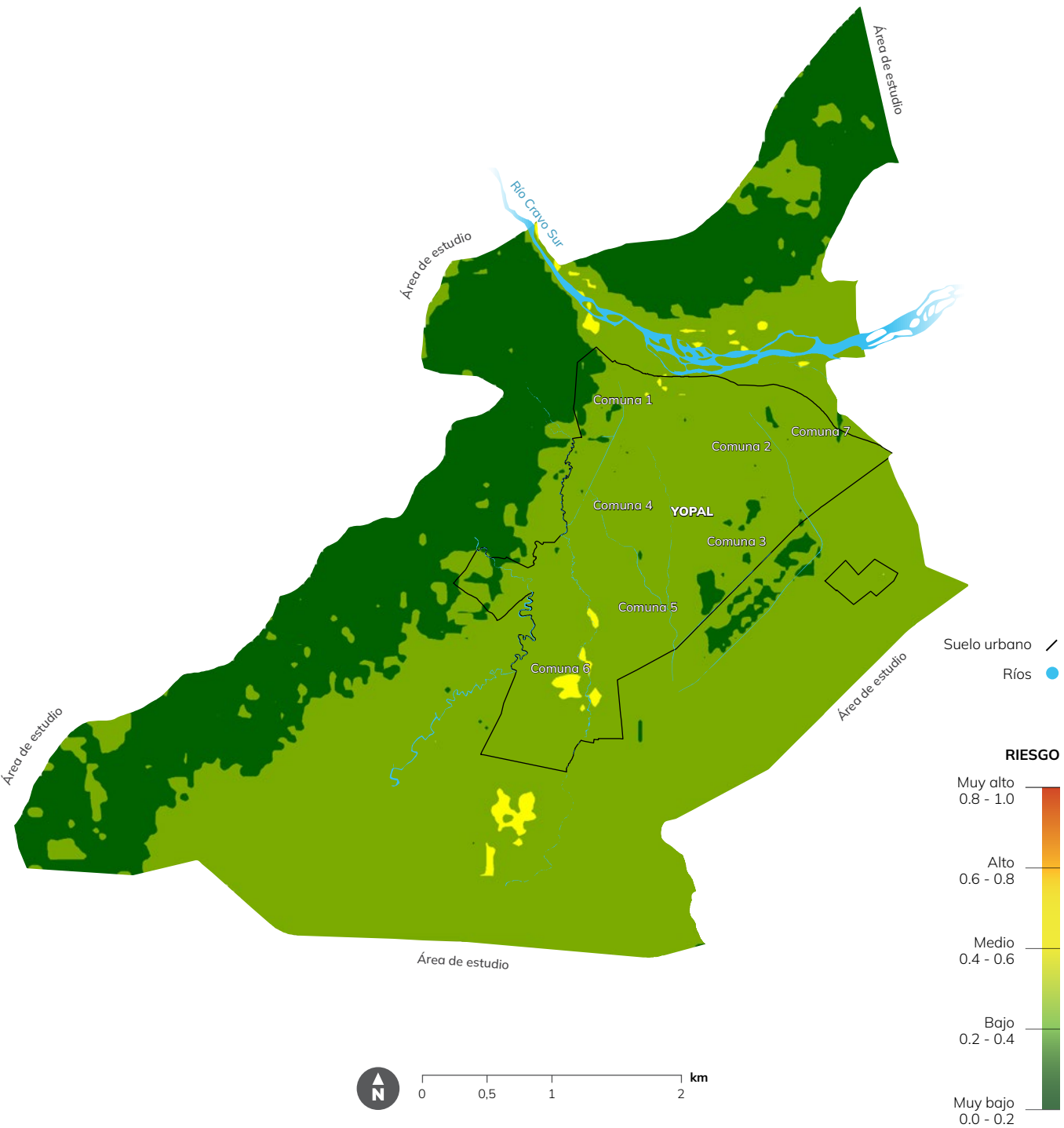
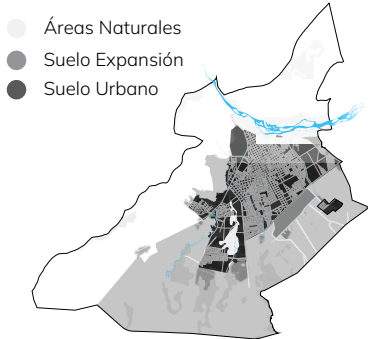
Docente y Villa Pilar. Asimismo, en la zona rural, se identifica un riesgo medio en la vereda El Morichal debido a la presencia importante de inundaciones y sequías, así como a la presencia de ecosistemas especialmente susceptibles, como los bosques de galería inundables y basales.

Las áreas elevadas del cerro Buena Vista, el Cerro de la Virgen y el resto del casco urbano presentan un riesgo crítico bajo o muy bajo, ya que no se registran valores considerables de los riesgos específicos en las diferentes dimensiones que se superponen espacialmente.

El análisis de riesgo crítico en Yopal revela que las inundaciones son el riesgo más relevante, seguido de las sequías y los movimientos de remoción en masa.

RIESGO CRÍTICO

Las áreas con riesgo medio se ubican al sur del casco urbano y en zonas rurales. Las áreas elevadas presentan un riesgo bajo.



RIESGO CRÍTICO PARA LA DIMENSIÓN DE BIODIVERSIDAD

Para analizar el riesgo crítico en la dimensión Biodiversidad, se empleó un enfoque basado en el área para identificar las áreas naturales de interés ecosistémico en el área de estudio que presentan porcentajes más altos de riesgo medio, alto y muy alto (ver Figura 7).

Se pueden identificar como ecosistemas de mayor relevancia para el área de estudio el río Cravo Sur y el parque La Iguana, ubicados al norte del municipio. Estos ecosistemas, además de representar la mayor área ecosistémica, brindan múltiples servicios ecosistémicos para el municipio. Por esto, la mayor parte de su riesgo se encuentra en un nivel medio, debido a los mayores impactos ambientales en esta zona. Existe una mayor probabilidad de afectación por inundaciones y sequías en los tramos más planos al oriente del área de estudio, así como por remoción en masa en las zonas cercanas a la cordillera oriental en el cerro Buena Vista.

Por otro lado, se presenta un riesgo crítico medio para los ecosistemas con cobertura de bosque basal húmedo, principalmente debido a su susceptibilidad a la sequía y a la cercanía con la zona de expansión municipal. Esto ha disminuido la capacidad de este ecosistema para

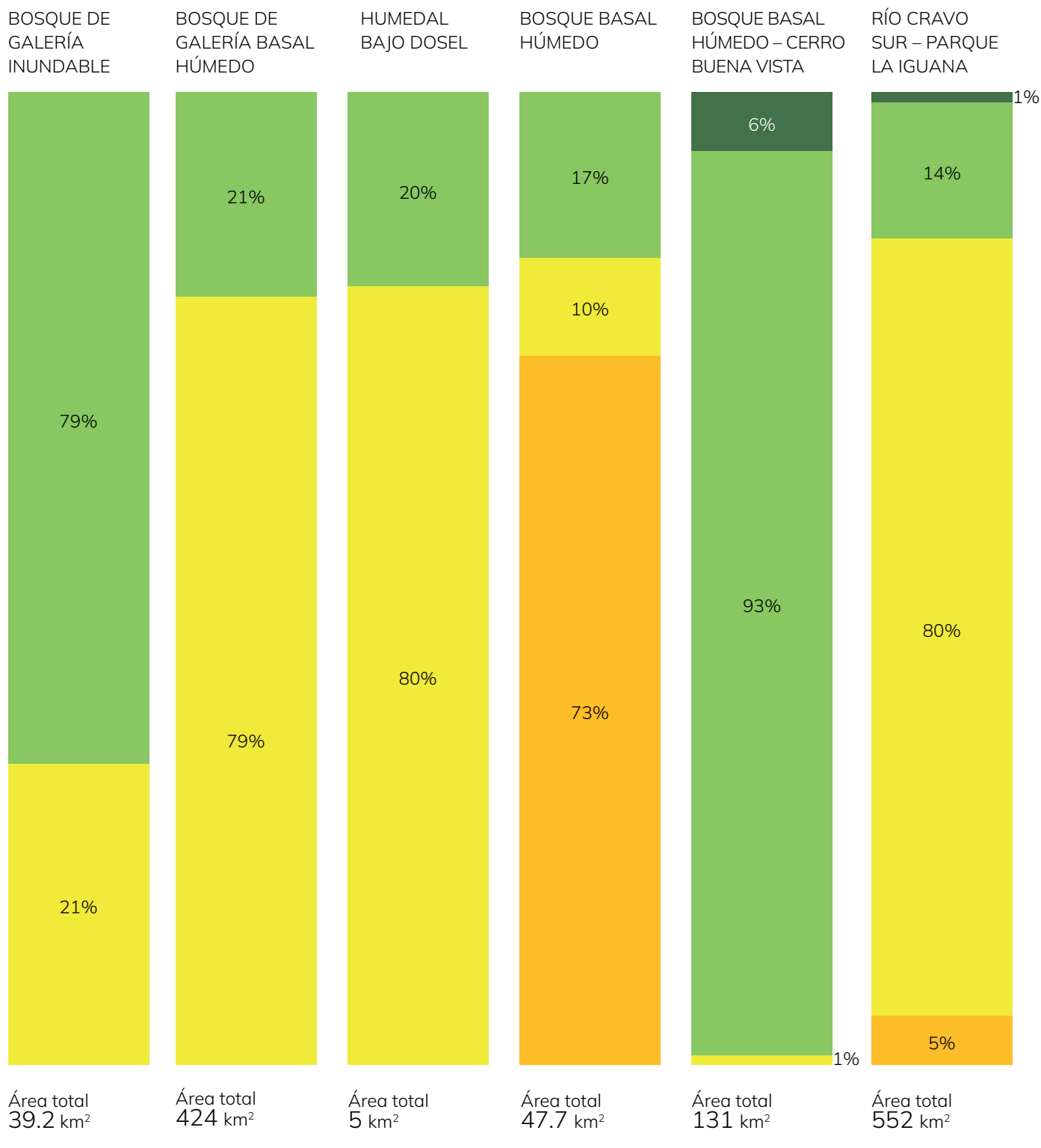
absorber perturbaciones. Es importante resaltar que estas zonas son propensas a varios tipos de riesgos y forman parte de la zona de expansión urbana. Por tanto, es necesario consolidar estrategias para evitar que la expansión urbana aumente el riesgo y provoque mayores afectaciones en futuros asentamientos.

Las zonas de humedales también presentan un riesgo medio alrededor del municipio. Estas áreas son de especial importancia para la regulación hídrica, por lo que es crucial mantener y cuidar estos humedales para aumentar la resiliencia frente a posibles desastres.

En cuanto a los bosques de galería, que son coberturas especialmente importantes para el ecosistema de la Sabana Colombiana, se observa un riesgo alto en la zona cercana al caño Usivar. La deforestación y contaminación en esta área, ubicada en la comuna 6 entre los barrios Los Ocobos y Villa Flor, han aumentado el riesgo crítico para la biodiversidad. En este sentido, es fundamental promover acciones que apoyen la adaptación basada en este tipo de ecosistemas, como la renaturalización. Esto será un factor fundamental para que Yopal se convierta en una ciudad resiliente y basada en la naturaleza.

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

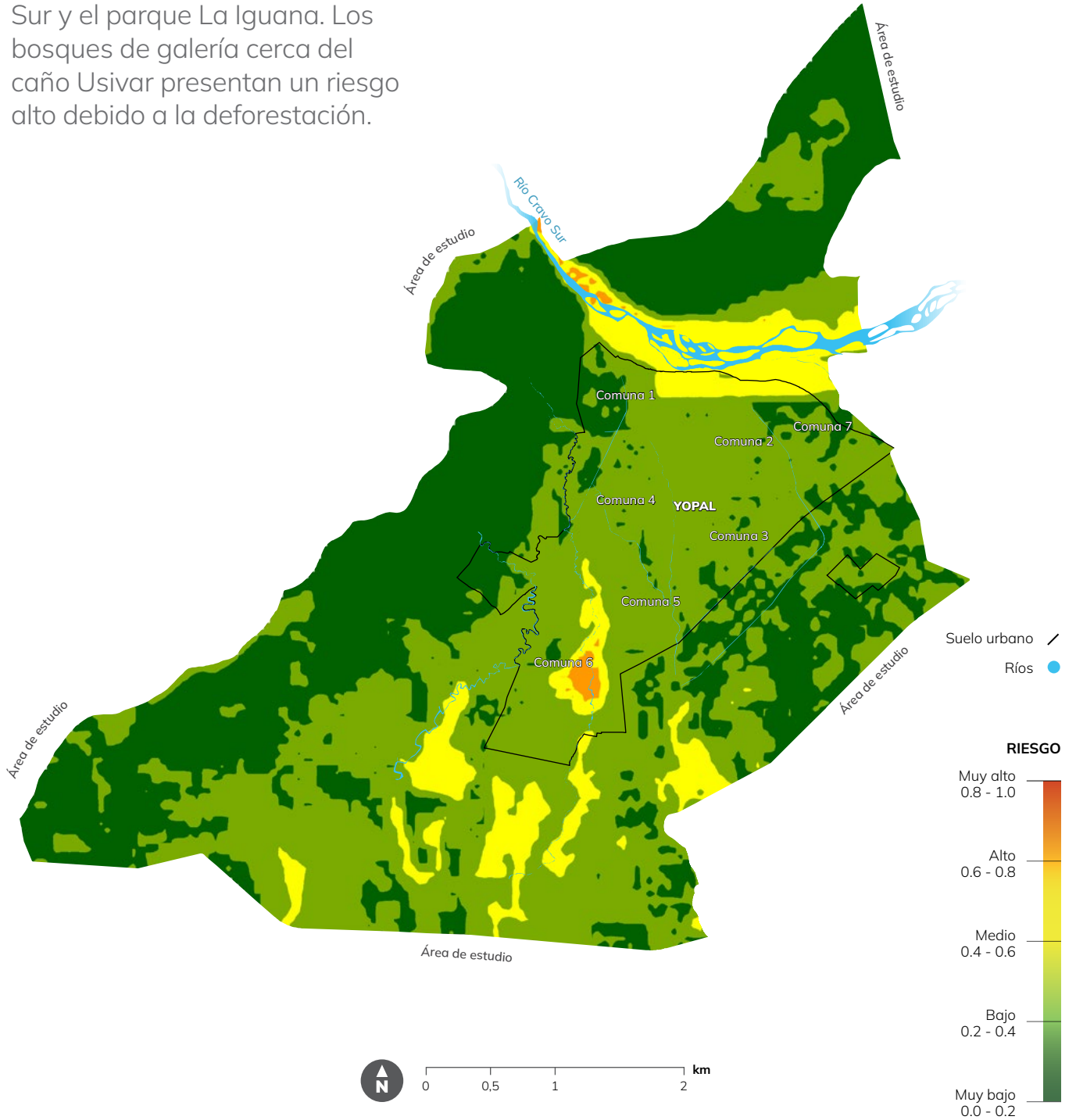
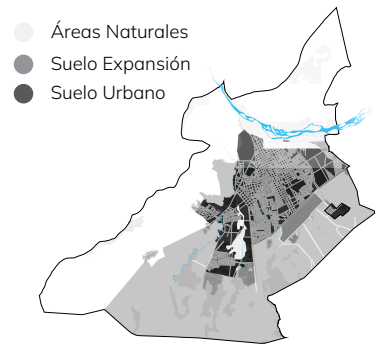
ÁREA NATURAL



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

BIODIVERSIDAD Y RIESGO CRÍTICO

El análisis de riesgo crítico en la dimensión Biodiversidad destaca el riesgo medio en el río Cravo Sur y el parque La Iguana. Los bosques de galería cerca del caño Usivar presentan un riesgo alto debido a la deforestación.





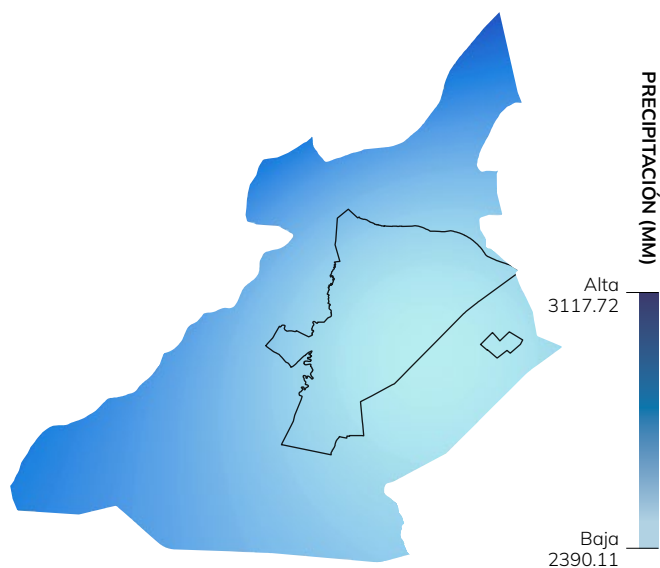
Escenarios de

CAMBIO CLIMÁTICO

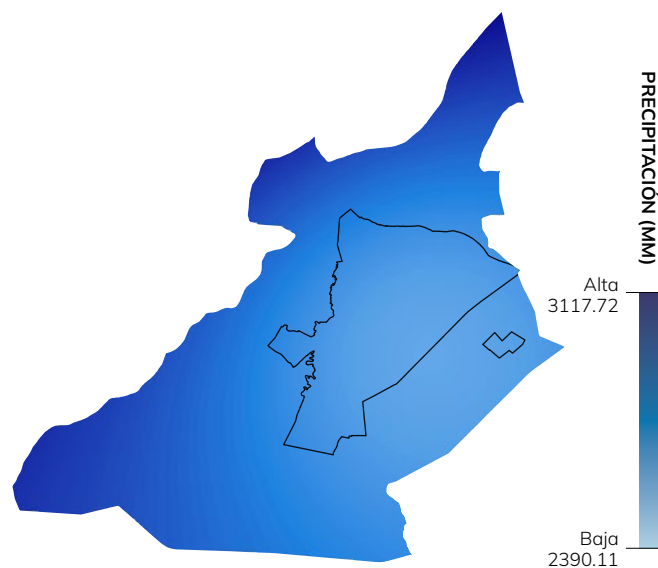
Para el análisis de los escenarios de cambio climático, se utilizó la serie de datos de la TCNCC (IDEAM, 2017), que abarca la climatología de 1975-2005 y se complementó con la climatología de 1980-2010. Los pronósticos se llevaron a cabo utilizando el escenario RCP 4.5, el cual ha demostrado tener una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

PRECIPITACIÓN

1975 - 2005



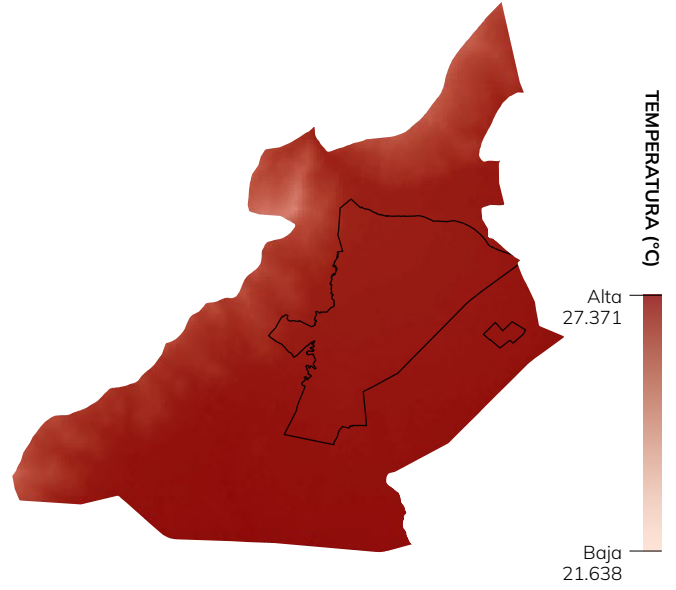
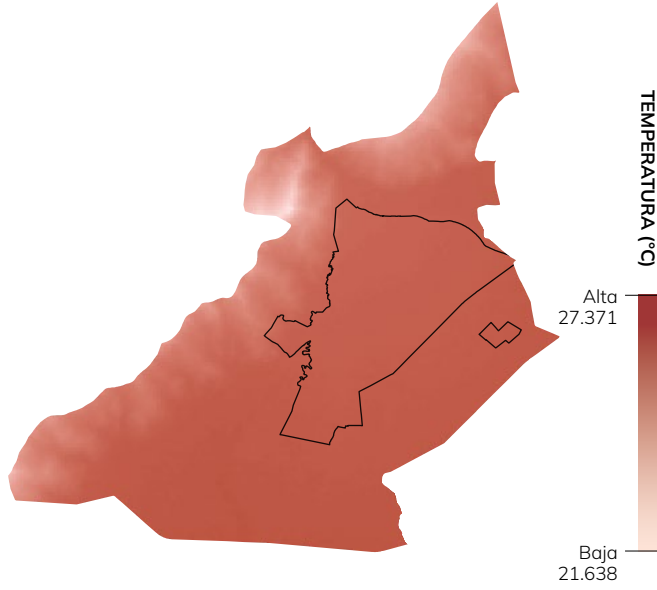
RCP 4.5 - 2100



TEMPERATURA MEDIA

1975 - 2005

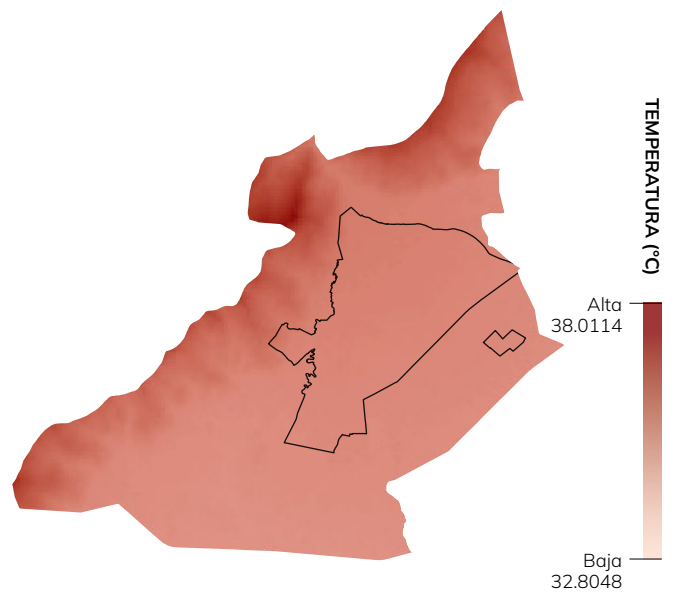
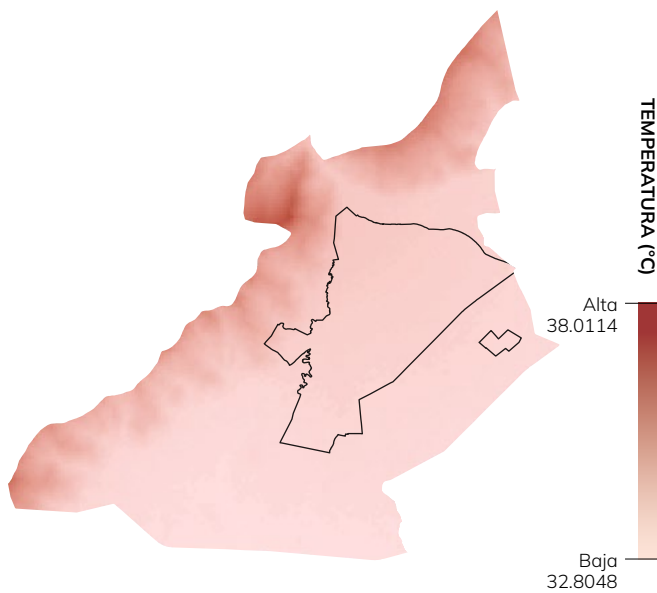
RCP 4.5 - 2100



TEMPERATURA MÁXIMA

1975 - 2005

RCP 4.5 - 2100

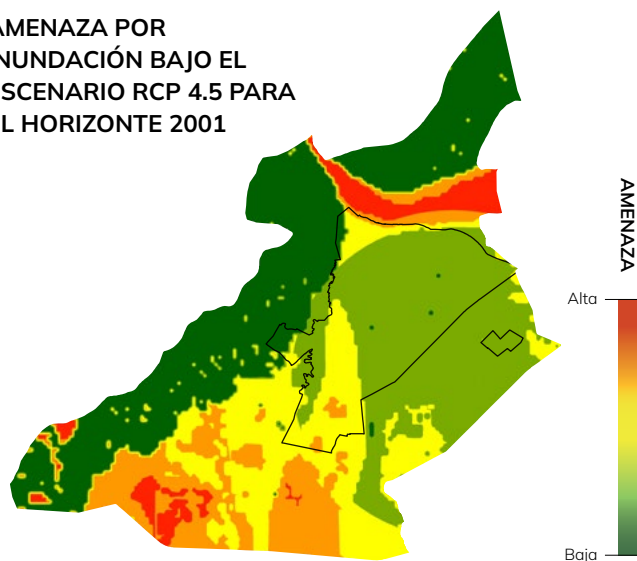


CAMBIO EN EL RIESGO POR CAMBIO CLIMÁTICO

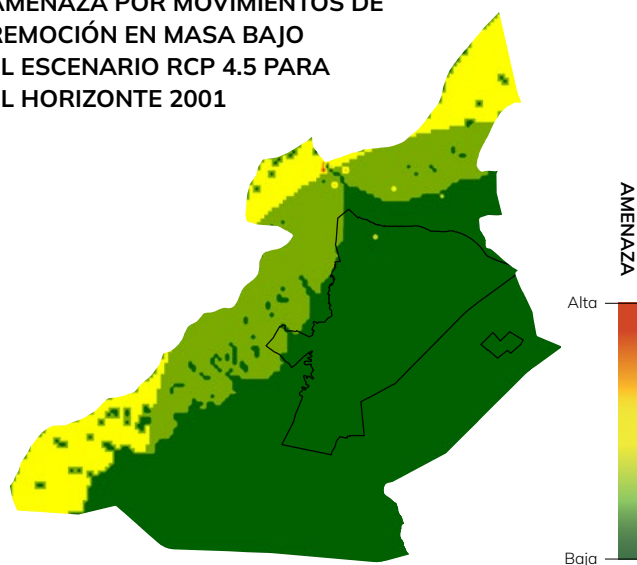
De acuerdo con la formulación del modelo de riesgo, se incorporaron los escenarios de cambio climático mediante la actualización de los indicadores de amenaza, considerando los cambios en la precipitación, ya que esta es la principal variable climática asociada a los riesgos evaluados. Para proyectar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

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

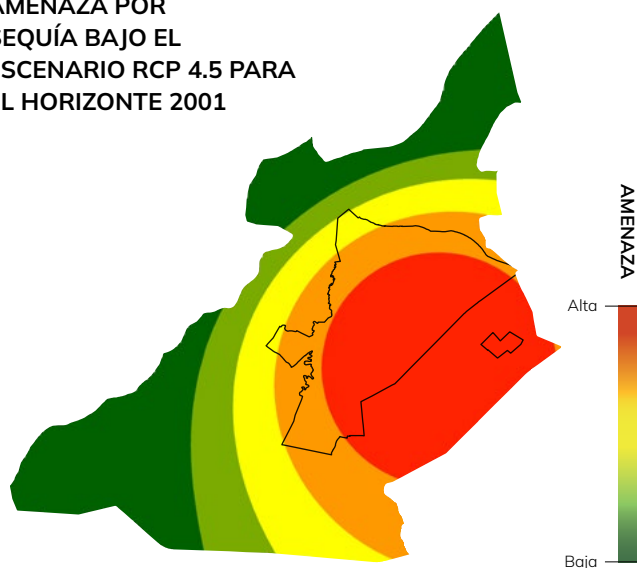
AMENAZA POR INUNDACIÓN BAJO EL ESCENARIO RCP 4.5 PARA EL HORIZONTE 2001



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, para el horizonte temporal 2100, se proyecta un aumento de la precipitación en Yopal, se observa que en la zona noroccidental del municipio habrá un incremento del riesgo en un rango de 15-30 %, mientras que en las zonas de montaña aledañas al municipio se espera una disminución de hasta un 45 % en el riesgo.

El aumento del riesgo en la zona occidental está principalmente relacionado con la sequía y el estado de los ecosistemas caracterizados por pastizales, los cuales son altamente susceptibles a largos periodos de sequía. Sin embargo, en el occidente del municipio se encuentran bosques de galería y bosques húmedos tropicales en mejor estado de conservación, lo que aumenta su resiliencia ante la variabilidad climática.

Por otra parte, se observa que el riesgo crítico multidimensional aumentará entre un 15-30 %. Esto se debe a que los riesgos de inundación y sequía son los de mayor importancia para el municipio. La disminución en la precipitación afectará especialmente la zona oriental del casco urbano, generando pérdida de cultivos, incendios forestales y escasez de agua. Aunque se espera una disminución en las temporadas de lluvias, aún existe la posibilidad de ocurrencia de inundaciones y crecientes súbitas en ríos importantes como el Cravo Sur.

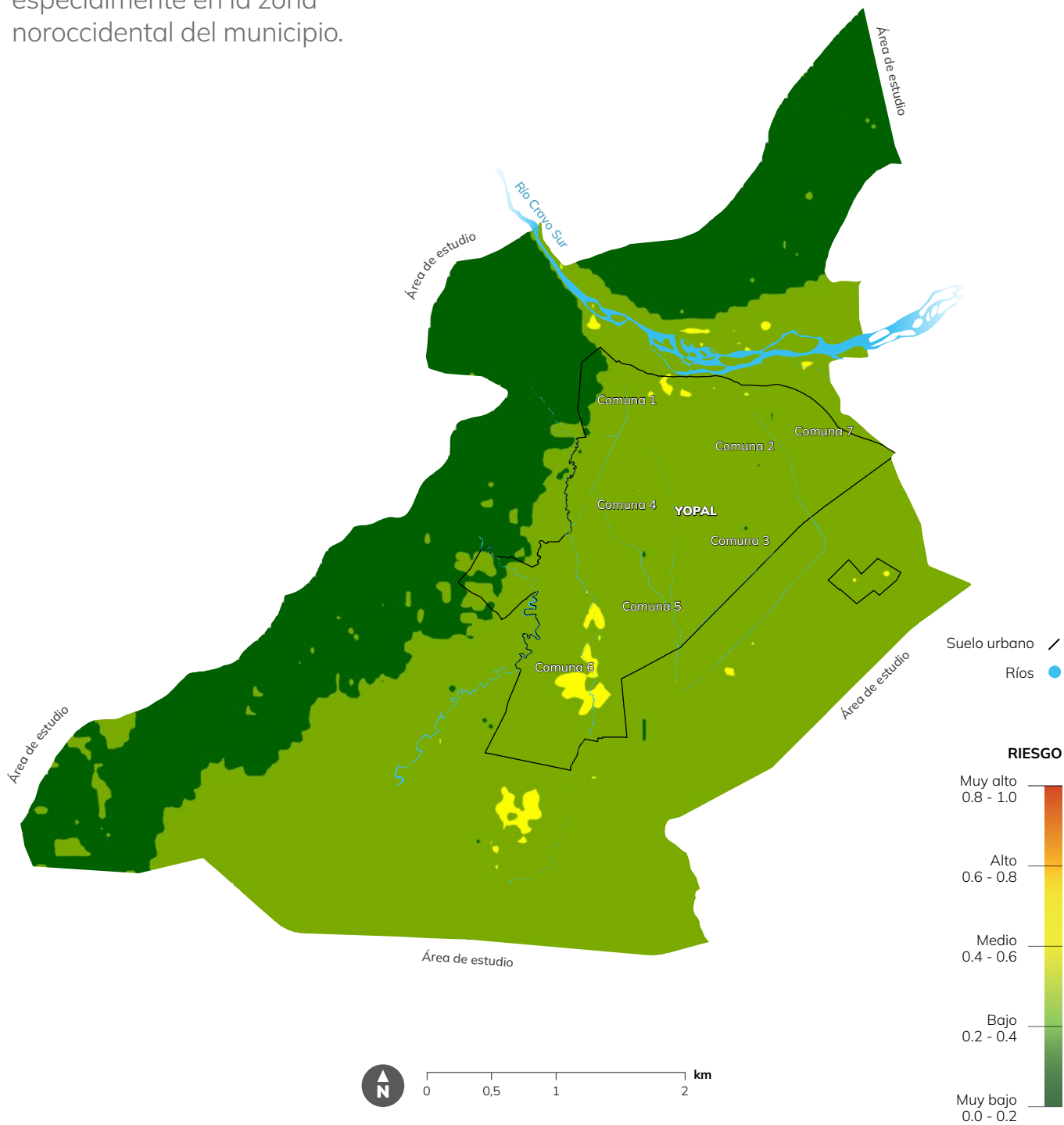
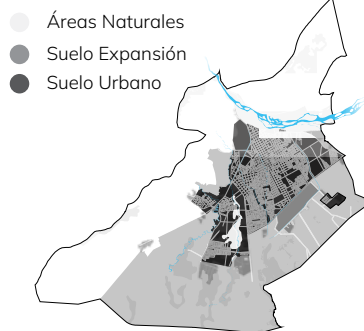
En cuanto a las zonas de remoción en masa al oriente del municipio, se proyecta un aumento del riesgo en un rango de 0-15 %, lo que indica que este riesgo no será el de mayor predominancia debido a los efectos del cambio climático.



RCP45-2100

RIESGO CRÍTICO

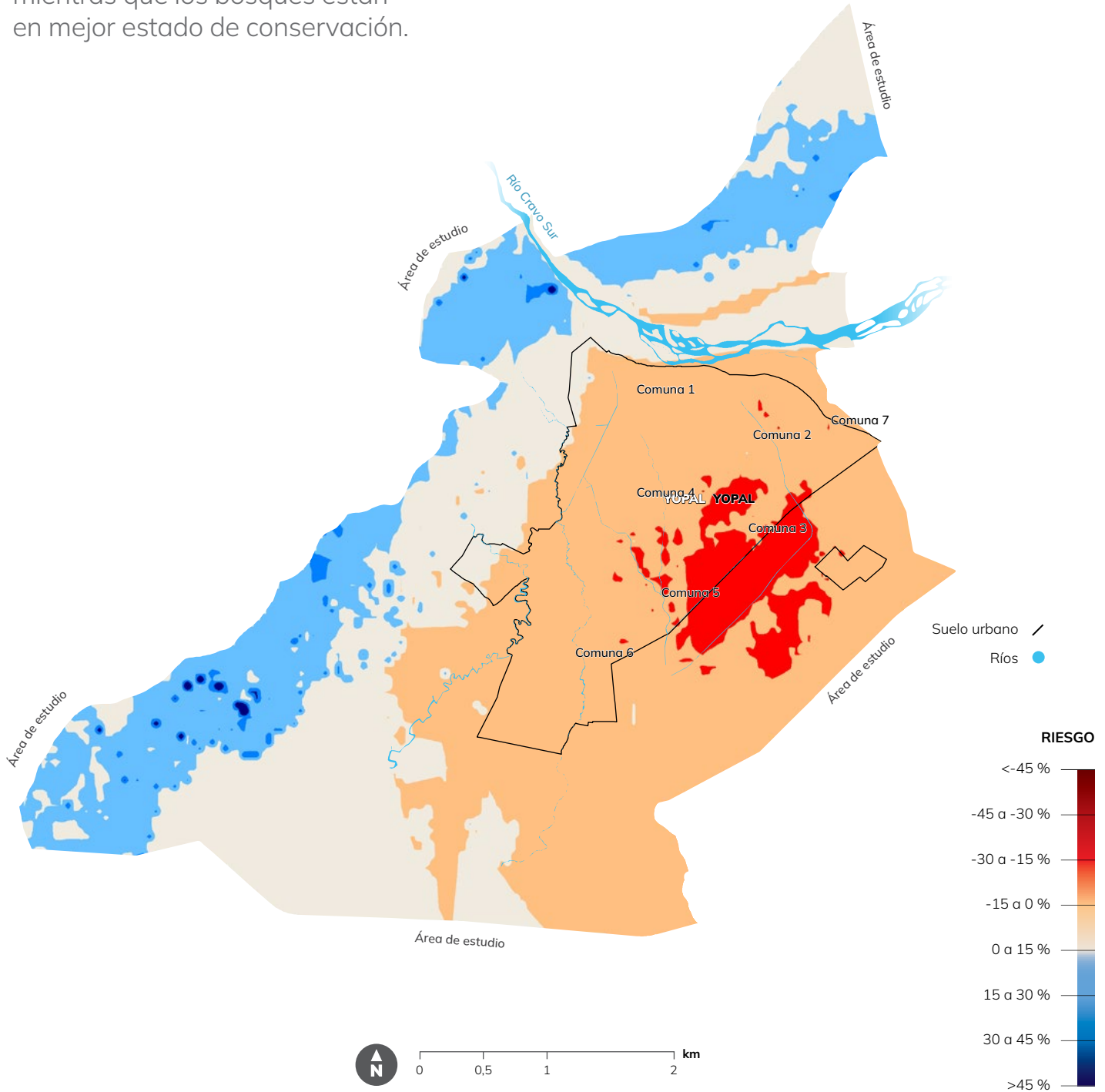
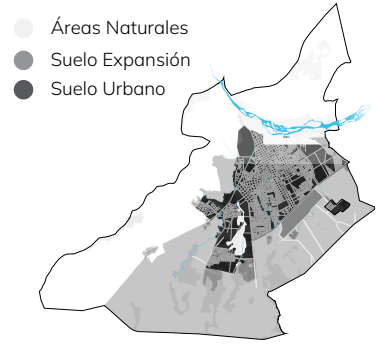
En el escenario RCP 4.5 para el año 2100, se prevé un aumento del riesgo de precipitación en Yopal, especialmente en la zona noroccidental del municipio.



Cambio climático

RIESGO CRÍTICO

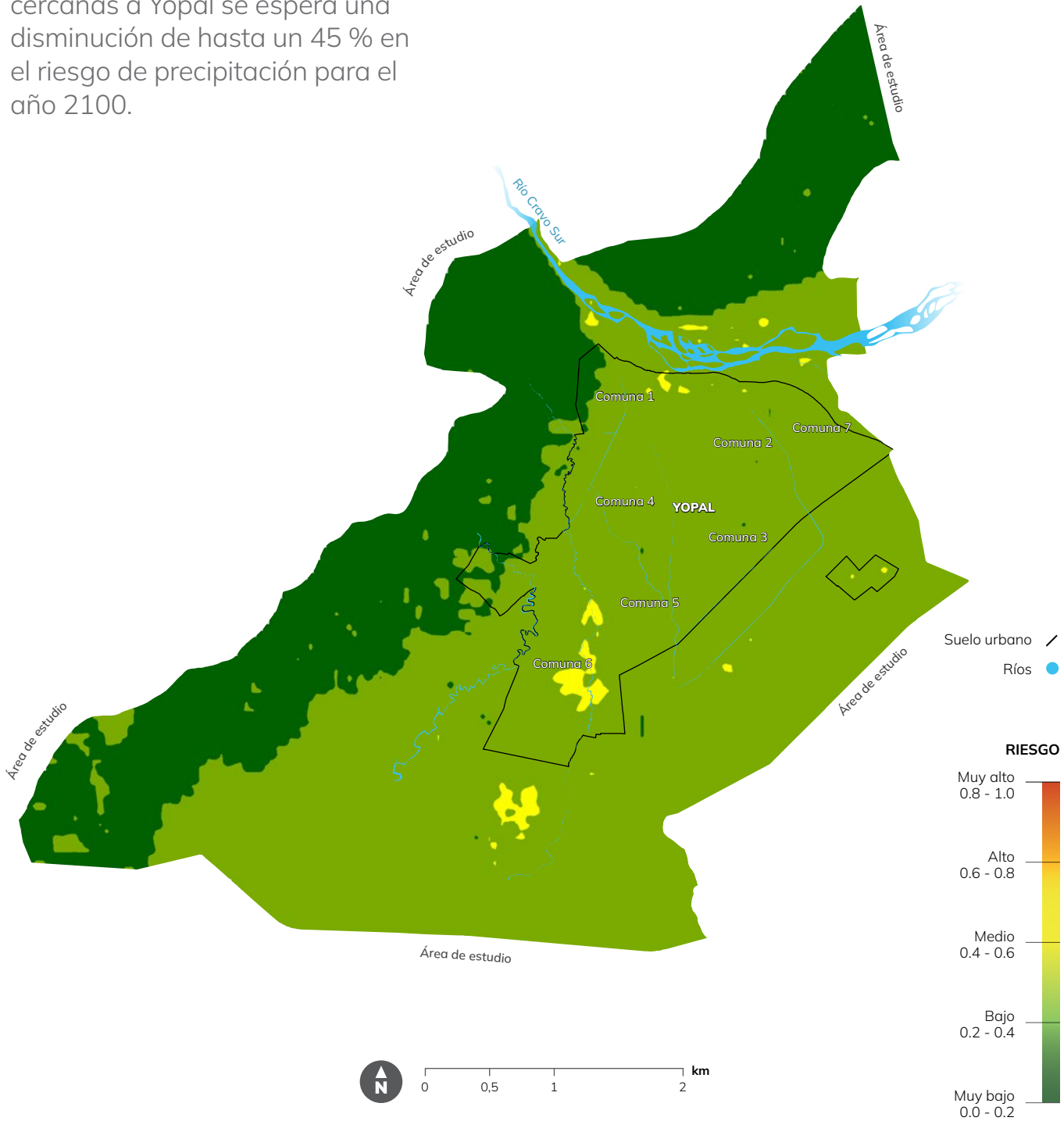
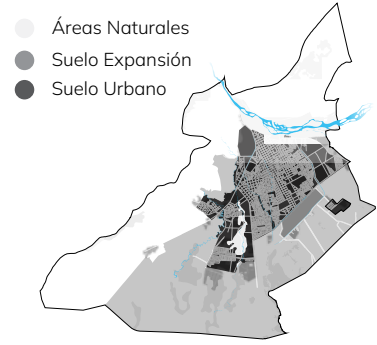
El aumento del riesgo en la zona occidental de Yopal está relacionado con la sequía y la vulnerabilidad de los pastizales, mientras que los bosques están en mejor estado de conservación.



RCP45-2100

RIESGO CRÍTICO Y BIODIVERSIDAD

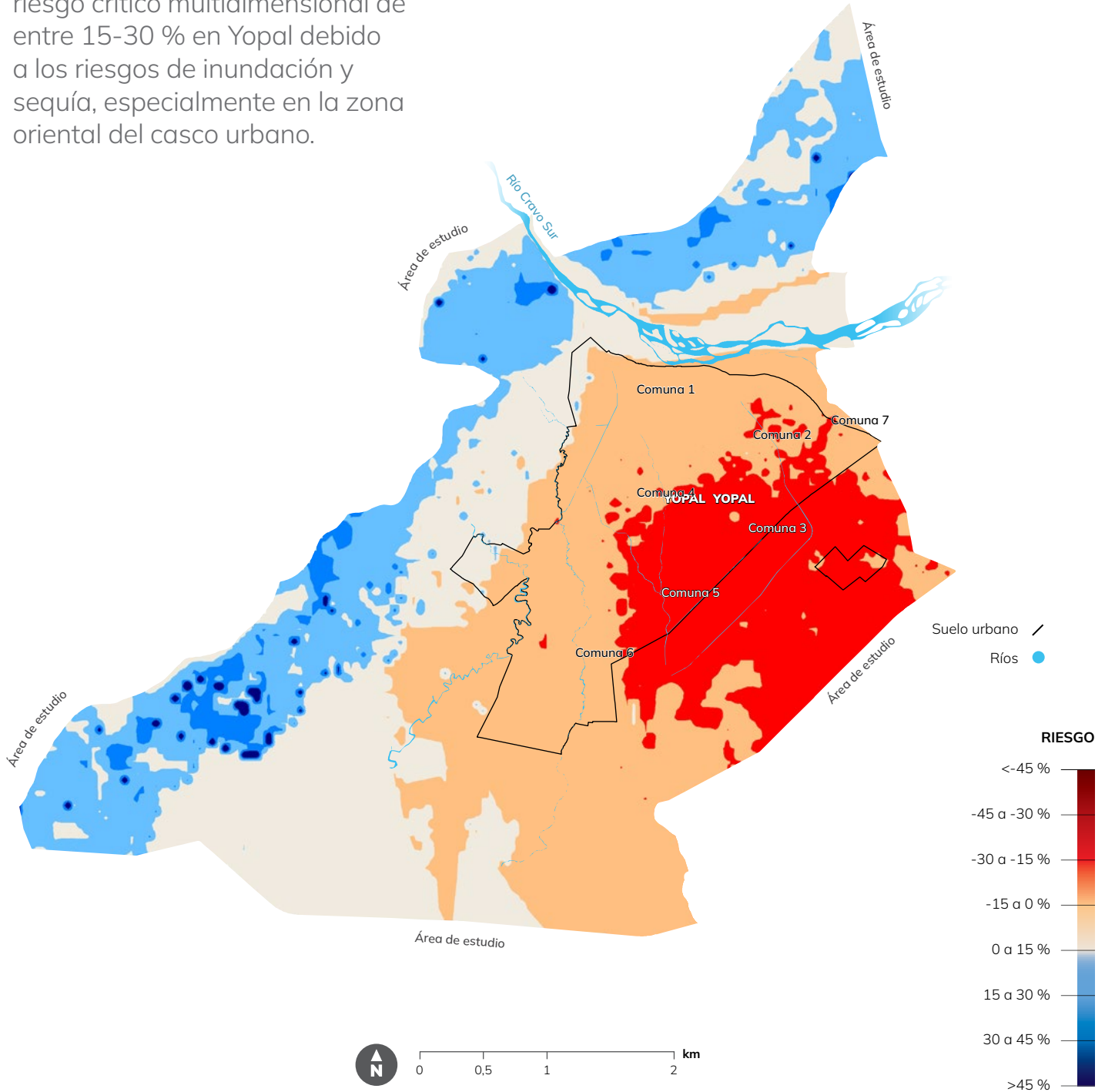
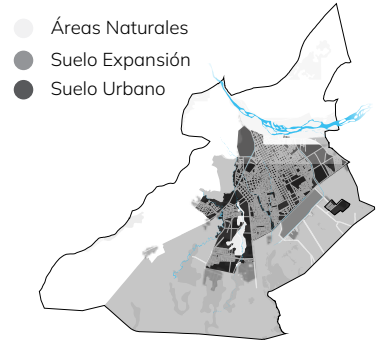
En las zonas montañosas cercanas a Yopal se espera una disminución de hasta un 45 % en el riesgo de precipitación para el año 2100.



Cambio climático

RIESGO CRÍTICO Y BIODIVERSIDAD

Se proyecta un aumento del riesgo crítico multidimensional de entre 15-30 % en Yopal debido a los riesgos de inundación y sequía, especialmente en la zona oriental del casco urbano.





Análisis de índices de

CAMBIO CLIMÁTICO

ÍNDICES ASOCIADOS A INUNDACIONES

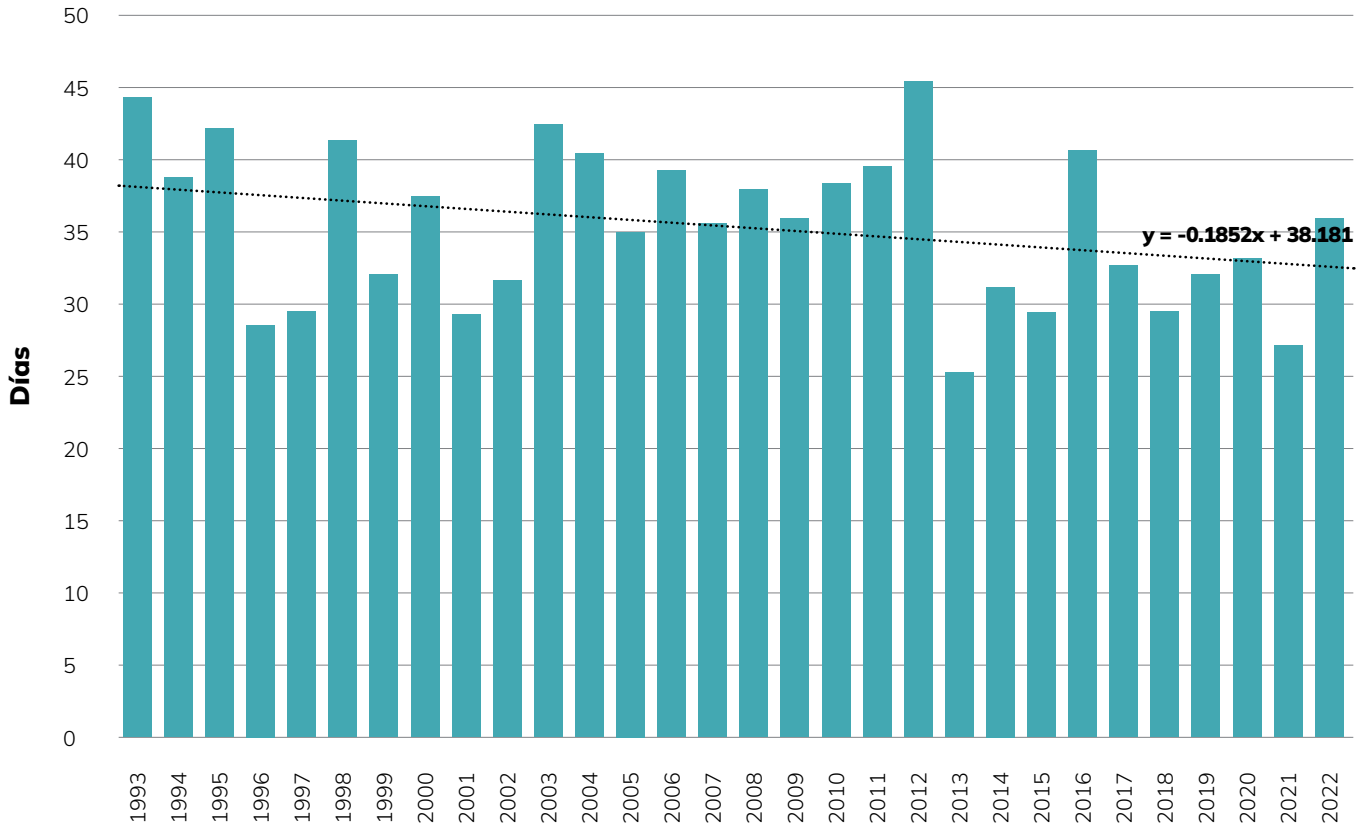
Al realizar el análisis cartográfico de los índices R25 y R95p, se puede observar que los eventos de precipitación intensa se concentran con mayor frecuencia en la zona noroccidental de la zona de estudio, mientras que en la zona centro-oriental de la ciudad, donde se encuentra el área urbana, es la zona donde menos se concentran las precipitaciones extremas.

En cuanto a la tendencia de los índices, se puede observar que en los últimos

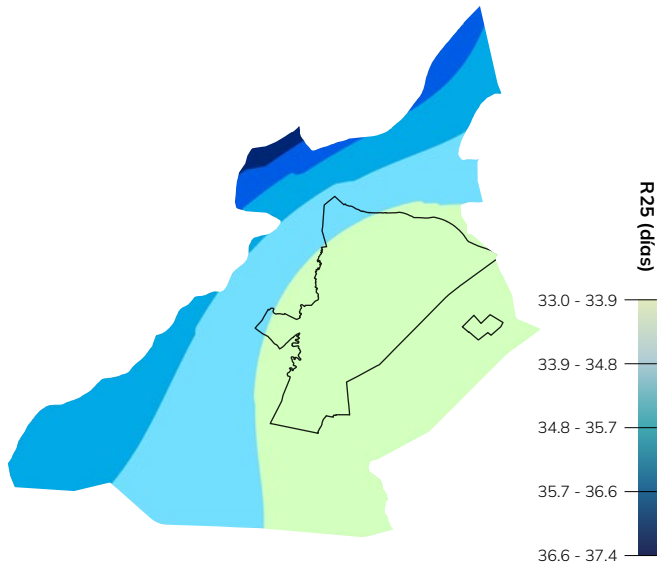
años el R25 ha mostrado un comportamiento decreciente, lo que sugiere una disminución considerable en la frecuencia de eventos intensos de precipitación. Por otro lado, el índice R95p ha tendido a incrementarse, lo que indica que se espera una disminución en la cantidad de precipitación asociada a eventos extremos en la mayor parte del territorio, a excepción de la zona norte.

NÚMERO DE DÍAS CON PRECIPITACIÓN MUY INTENSA (R25)

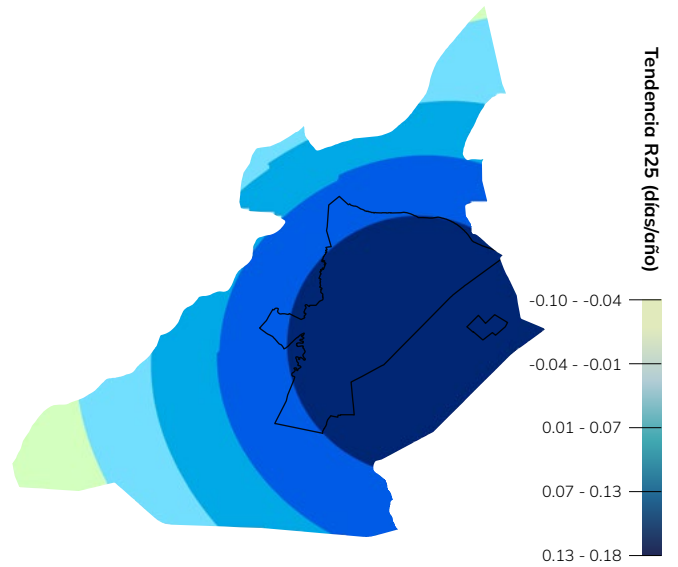
Figura 8. Tendencia de R25.



DÍAS DE LLUVIAS MUY INTENSAS



TENDENCIA DE R25 (1993-2022)



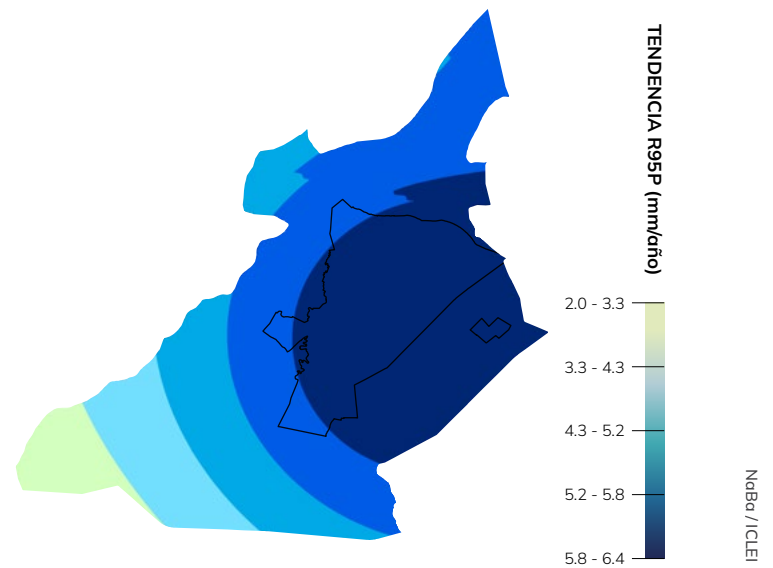
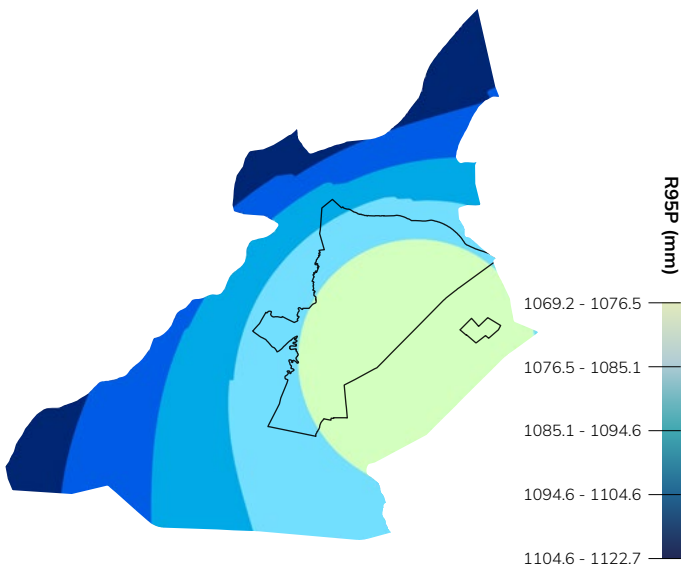
DÍAS MUY HÚMEDOS (R95P)

Figura 9. Tendencia de R95P.



DÍAS MUY HÚMEDOS

TENDENCIA DE R95P (1993-2022)



INDICADORES ASOCIADOS A MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

La cartografía de los índices CWD y R3D muestra que la zona noroccidental de la ciudad es donde se presentan los periodos de lluvia más extensos, alcanzando más de 11 días consecutivos de lluvia. De igual manera, en la zona noroccidental y en la punta norte se concentra la mayor cantidad de precipitación en periodos de cinco días consecutivos, y esta cantidad se reduce gradualmente hacia el oriente, siendo más baja para ambos índices en el centro y oriente del área de estudio. Según lo mencionado, la zona norte está sujeta a presentar condiciones más propicias para la ocurrencia de movimientos de remoción en masa, debido al comportamiento de

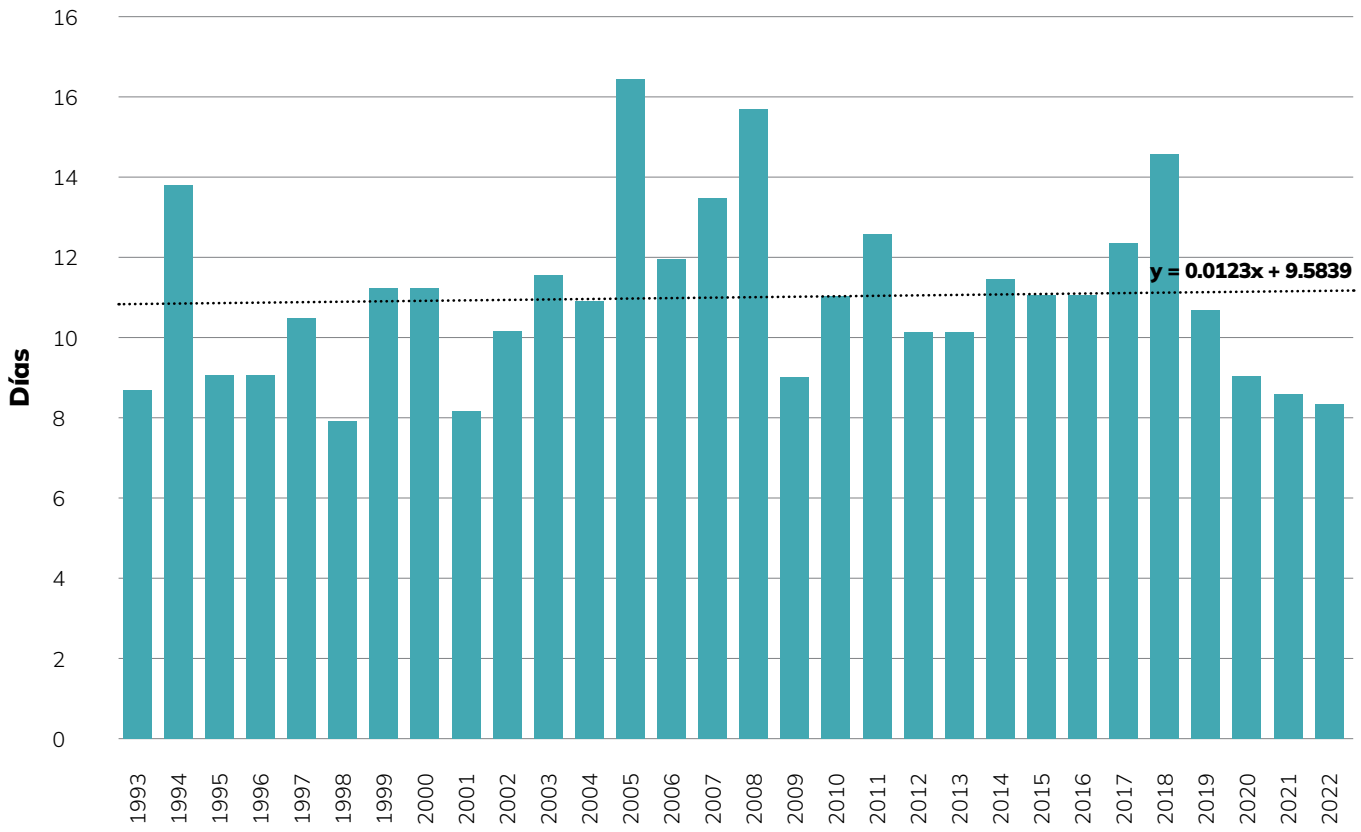
la precipitación. Sin embargo, esta zona corresponde a áreas de piedemonte que cuentan con estructura ecológica capaz de regular la ocurrencia de estos fenómenos. La protección de estas áreas será crucial para mantener este servicio de regulación de amenazas.

En cuanto a la cantidad de días lluviosos, se observa una tendencia al incremento, especialmente hacia el centro-oriental de la ciudad (área urbana), donde se puede esperar un aumento en los días de lluvia. Por otro lado, la cantidad de lluvia concentrada en periodos prolongados muestra una tendencia a disminuir a lo largo de la ciudad, especialmente hacia el norte y suroccidente.

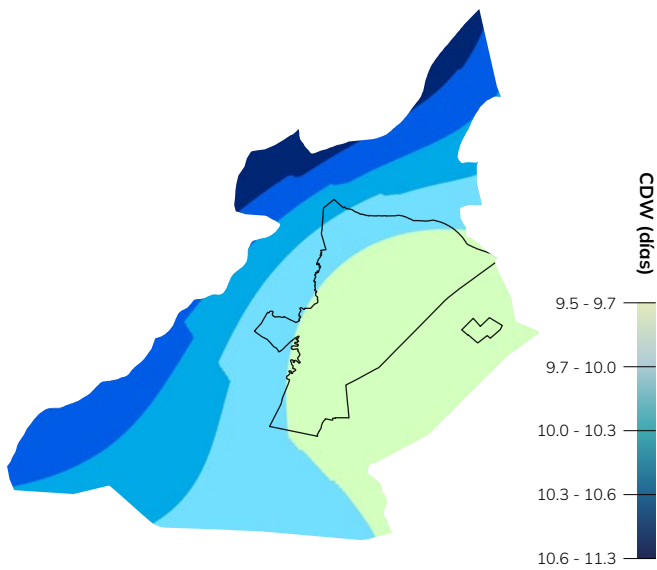


DÍAS HÚMEDOS CONSECUTIVOS (CWD)

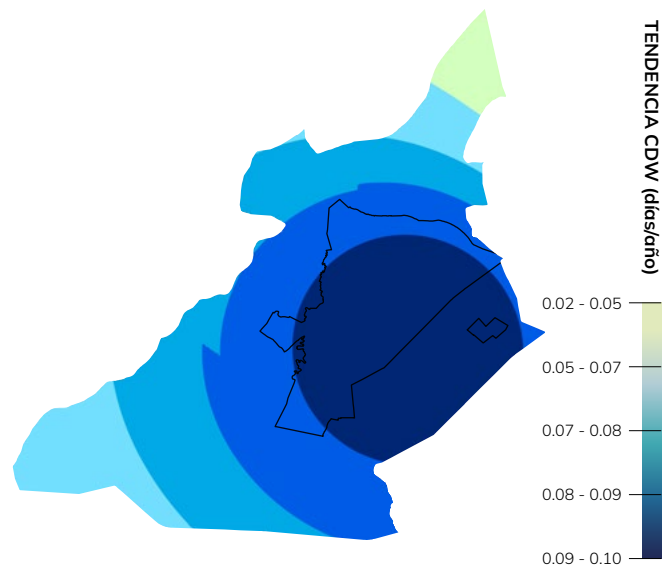
Figura 10. Tendencia de CWD.



DÍAS CONSECUTIVOS DE LLUVIA

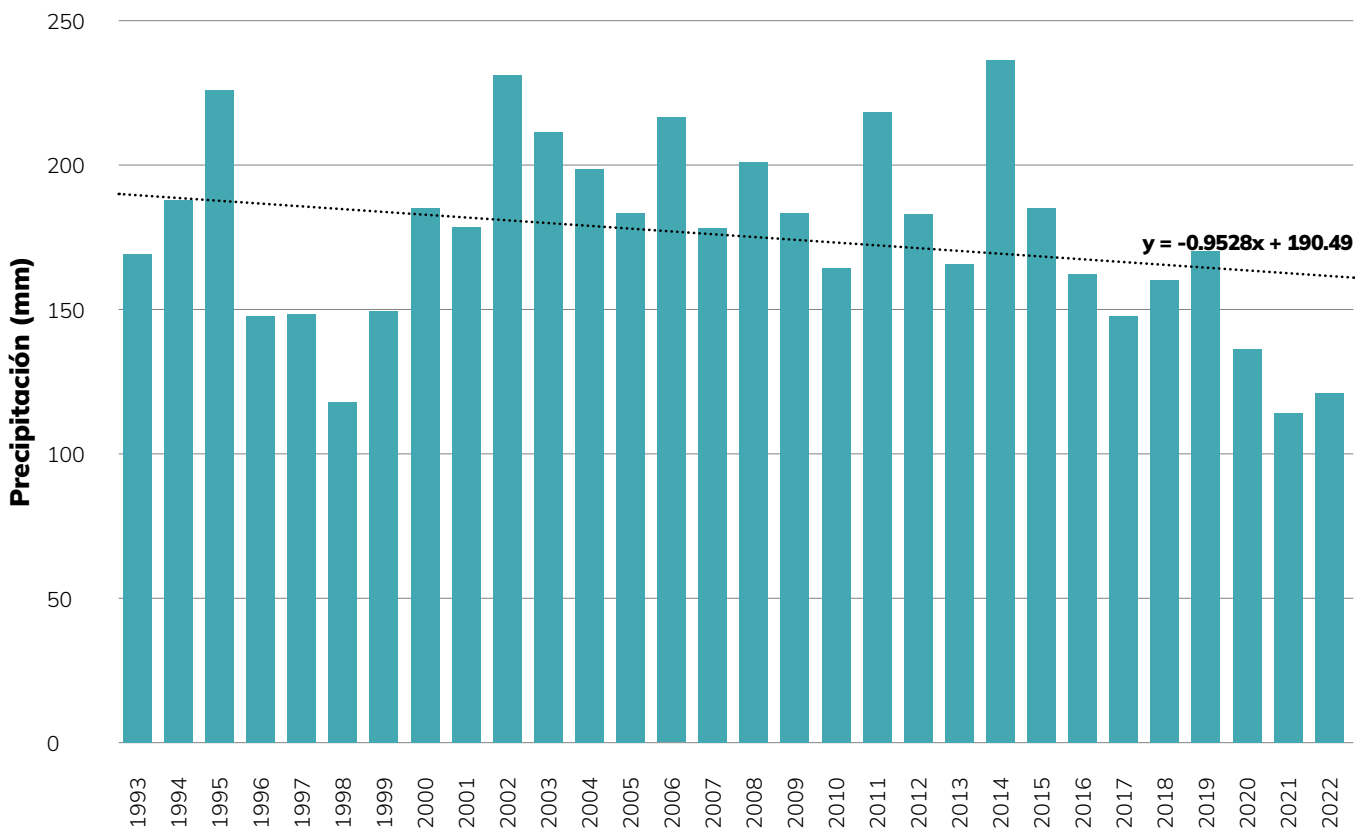


TENDENCIA CWD (1993 - 2022)

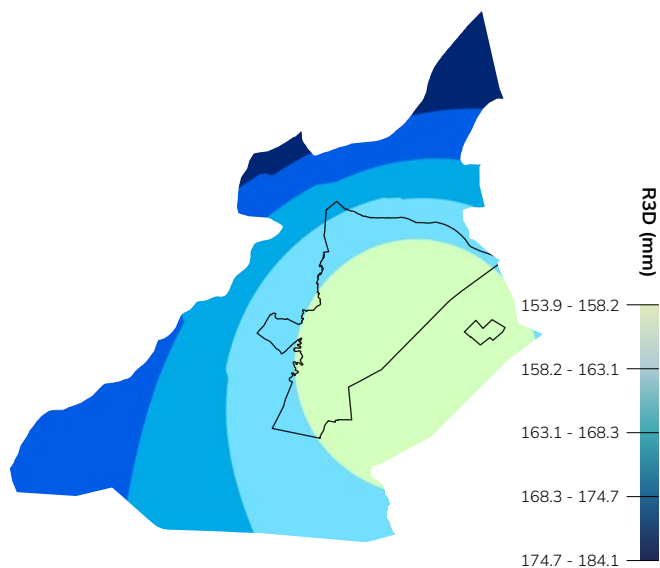


CANTIDAD MÁXIMA DE PRECIPITACIÓN EN 5 DÍAS (R5D)

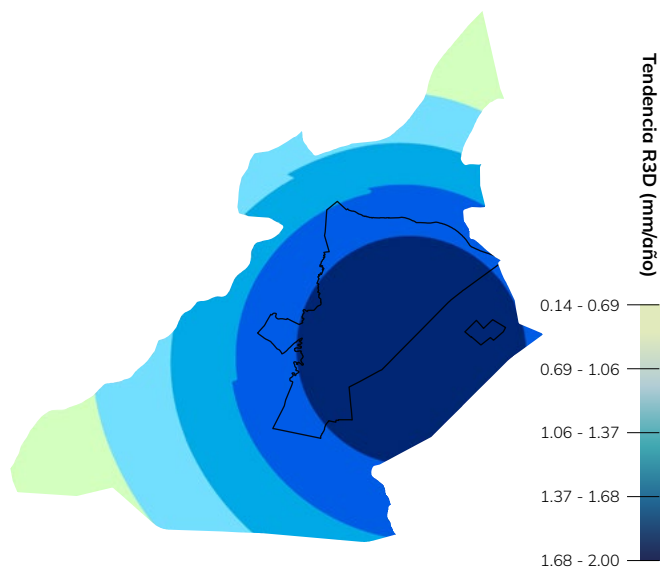
Figura 11. Tendencia de R5D.



PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE CINCO DÍAS.



TENDENCIAS DE R5D (1993-2022)



INDICADORES ASOCIADOS A SEQUÍA

Con respecto al comportamiento de los índices asociados a la sequía, el municipio no muestra grandes diferencias entre los diferentes sectores. Los periodos de días sin lluvia pueden alcanzar hasta 51 días consecutivos en la zona oriental, mientras que en los extremos norte y sur del municipio, que presentan un índice más bajo, los periodos secos duran alrededor de 48 y 49 días respectivamente. La tendencia de

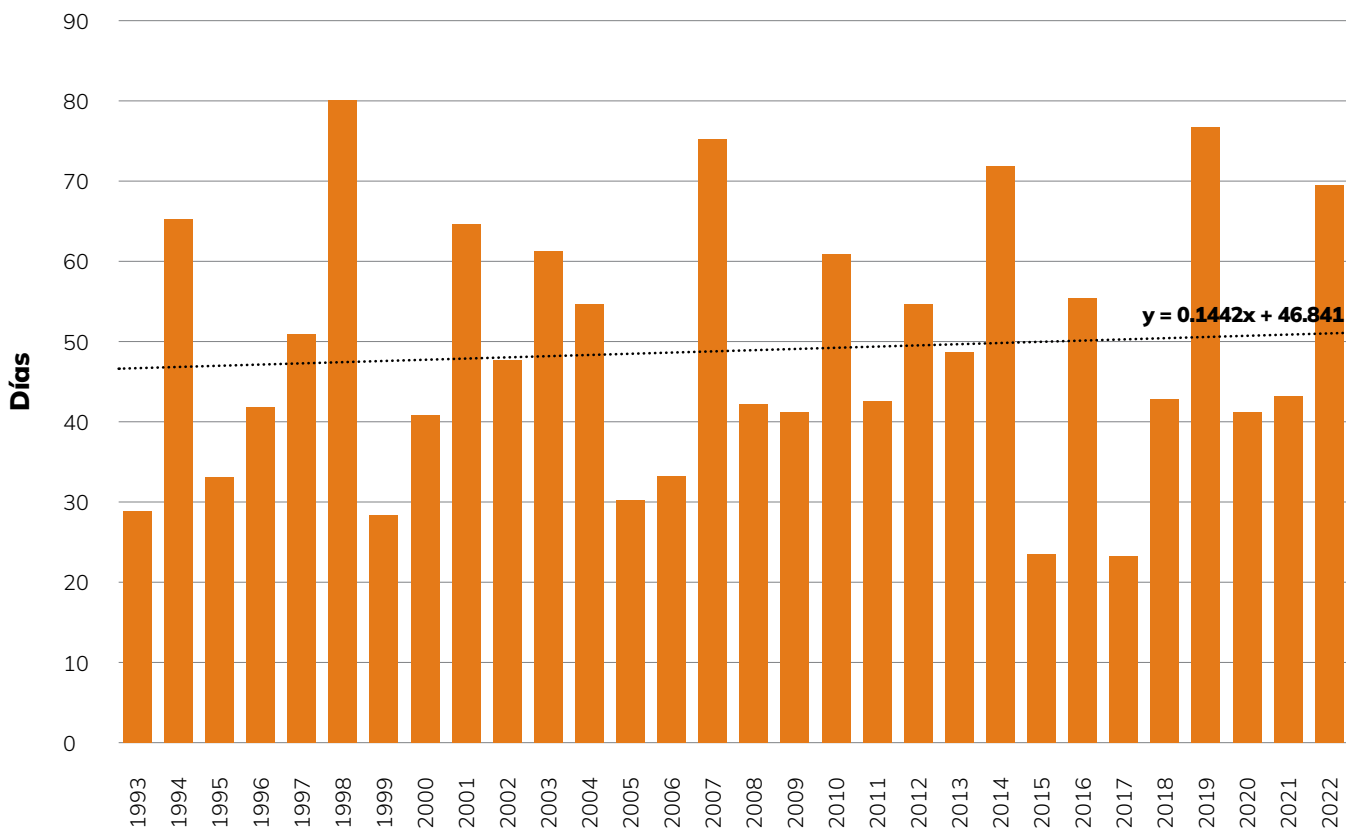
este índice es creciente, lo que indica que se espera un aumento en la cantidad de días consecutivos sin lluvia.

Estas condiciones resaltan la importancia de monitorear de cerca la zona central, que corresponde al área urbana, debido al posible efecto de isla de calor, así como las zonas norte hacia el piedemonte para asegurar la disponibilidad de agua potable.

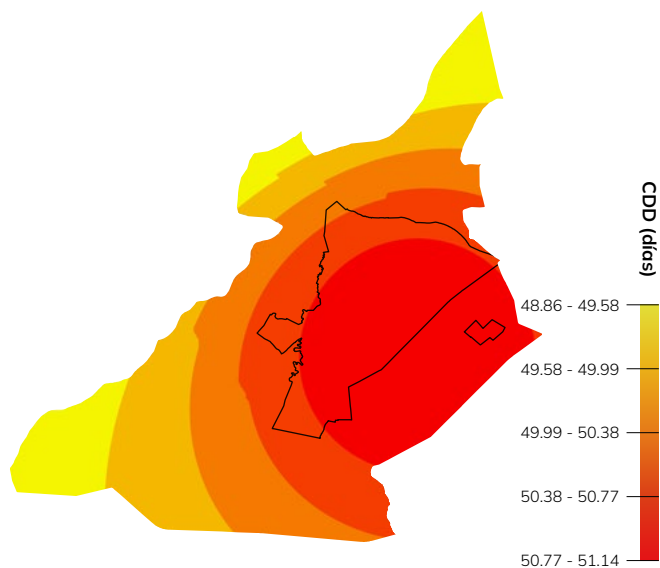


DÍAS SECOS CONSECUTIVOS (CDD)

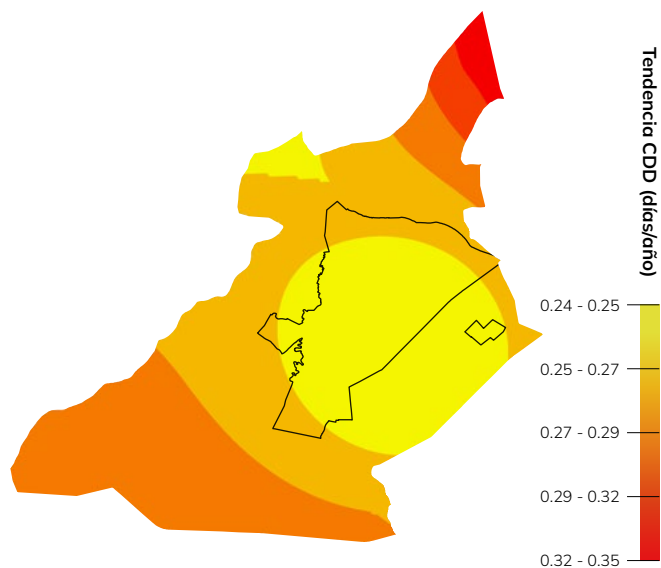
Figura 12. Tendencia de CDD.



DÍAS CONSECUTIVOS SECOS



TENDENCIA DE CDD (1993-2022)



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

El índice TX90P (Percentil 90 de Temperatura Máxima) es un indicador climático que representa la fracción de días en los que las temperaturas máximas superan el percentil 90, en relación con un periodo de referencia específico. En Yopal, el valor promedio de este índice es de 8,52, lo cual indica que, en promedio, alrededor del 8.5% de los días en esa estación tuvieron temperaturas máximas que excedieron el umbral del percentil 90, durante el periodo comprendido entre los años 1993 y 2022.

La tendencia positiva del índice, con un valor de 4,35, sugiere que la proporción de días calurosos en relación con el historial climático de esa estación está aumentando

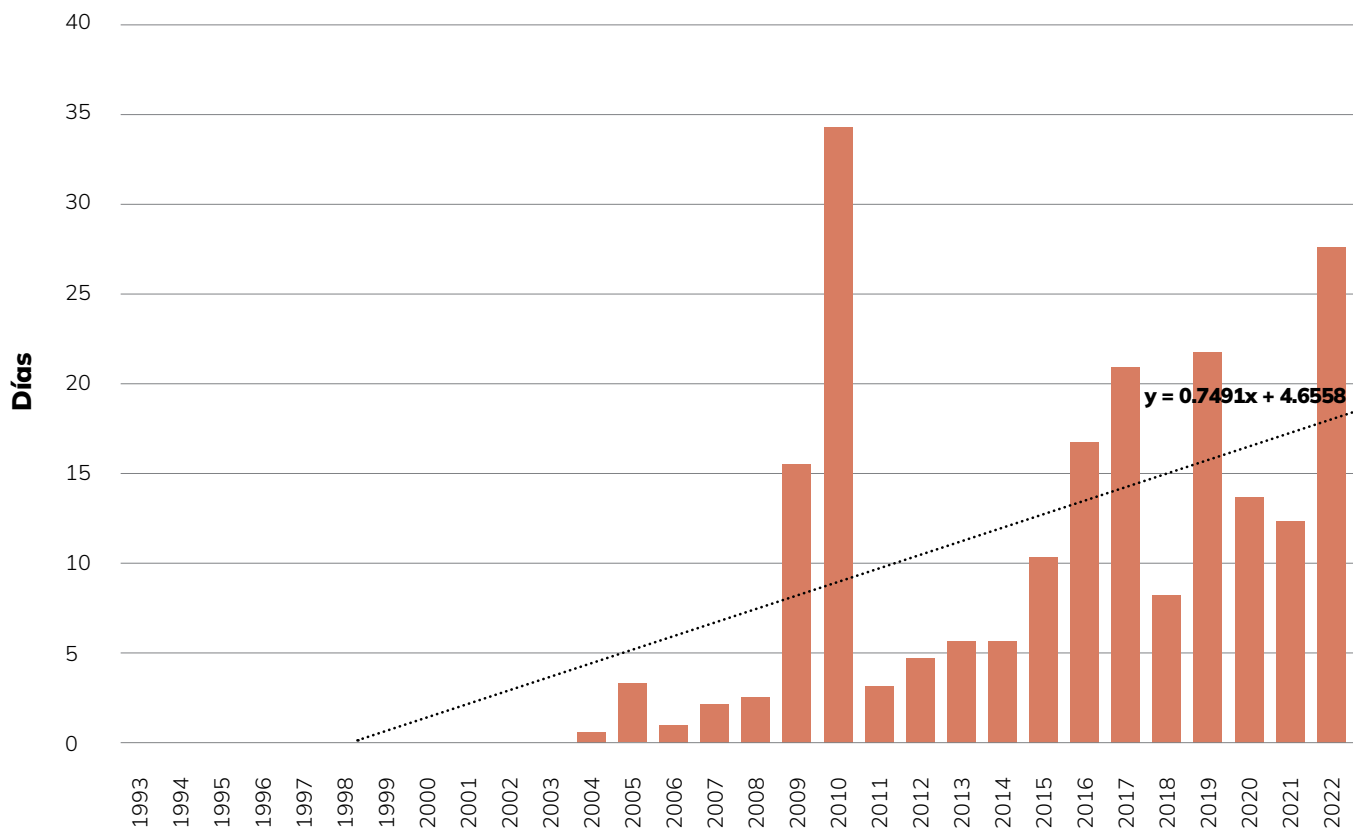
gradualmente con el tiempo. Esto indica una tendencia hacia una mayor frecuencia de días calurosos en la ciudad.

Estos valores del índice indican que, en general, la ciudad experimenta una proporción significativa de días calurosos en comparación con su historial climático. Esto es coherente con el clima cálido y seco de la región.

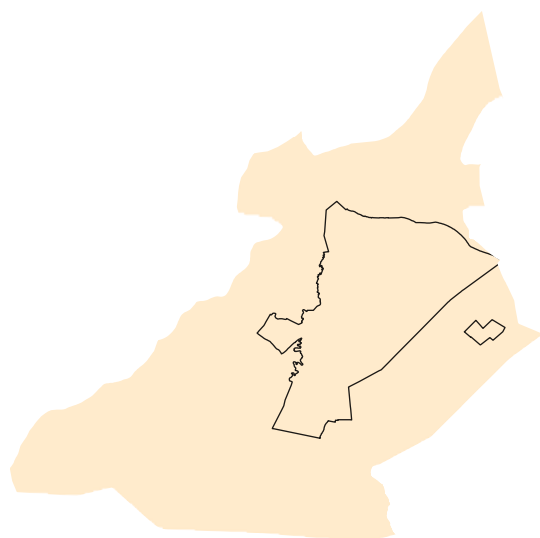
Nota: es importante tener en cuenta que los análisis realizados se basaron en los datos recopilados de una única estación meteorológica en Yopal. Para obtener resultados más precisos y representativos, se recomienda considerar datos adicionales de múltiples estaciones meteorológicas en la región.

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

Figura 13. Tendencia de TX90P.



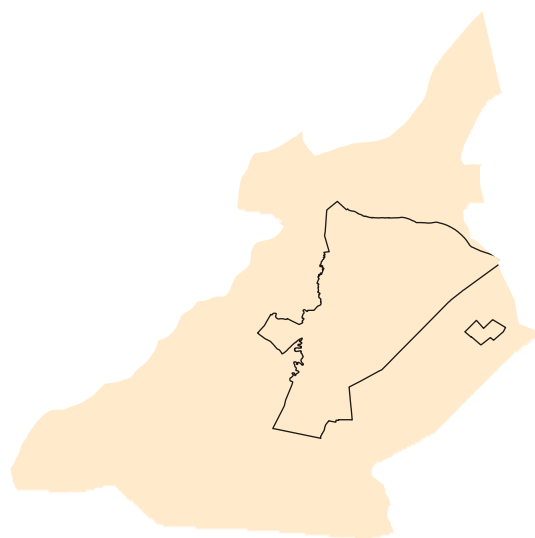
PROMEDIO TX90P



7.76

PROMEDIO TX90P

TENDENCIA TX90P (1993-2022)



0.56

TENDENCIA TX90P

WARM SPELL DURATION INDICATOR (WSDI)

El índice WSDI (Warm Spell Duration Index) se utiliza para medir la duración de los periodos continuos de calor en relación con un umbral específico. En el caso de Yopal, se ha observado una tendencia negativa en el valor del índice WSDI, con un valor de -0,25. Esto indica que ha habido una disminución gradual en la duración de las olas de calor en Yopal a lo largo del periodo analizado (1993-2022). En otras palabras, se ha registrado una disminución en la frecuencia o duración de las olas de calor en la región.

Por otro lado, el valor promedio del índice WSDI en Yopal es de 4,35. Esto indica que, en promedio, las olas de calor en la ciudad tienen una duración que está 4,35 desviaciones estándar por encima del promedio a largo plazo. En resumen, según los valores del índice WSDI obtenidos para Yopal, se observa una tendencia decreciente en la duración de las olas de calor a lo largo del periodo analizado. Sin embargo, el promedio del índice WSDI indica que, en promedio, las olas de calor en la ciudad son relativamente largas o frecuentes en comparación con el promedio histórico.

Nota: Los análisis realizados se han basado en los datos recopilados de tres estaciones meteorológicas específicas en la región de Yopal. Sin embargo, con el objetivo de obtener resultados y análisis más precisos, es fundamental incluir datos adicionales de múltiples estaciones meteorológicas.

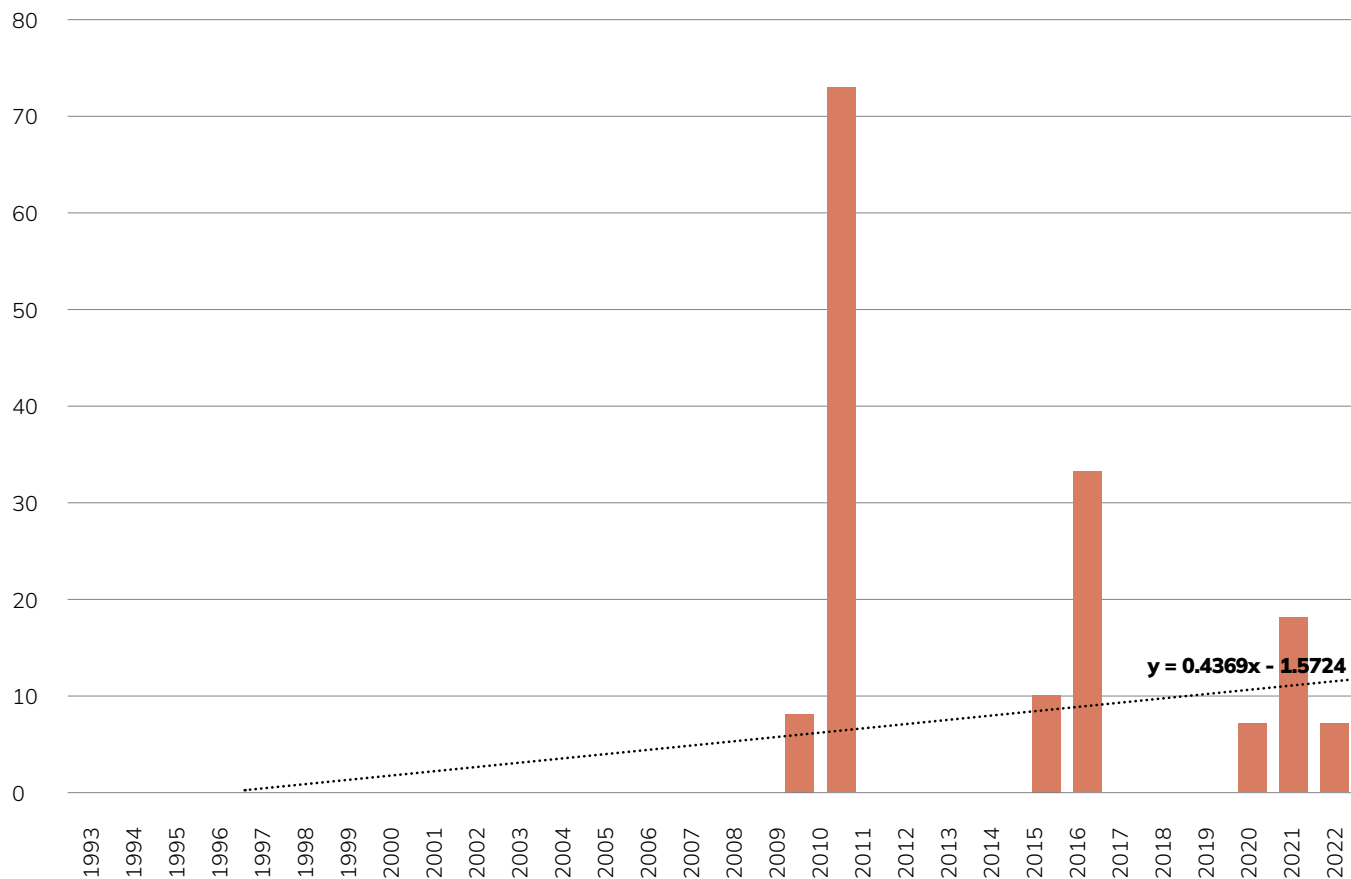
La inclusión de datos de diversas estaciones meteorológicas brinda la oportuni-

dad de obtener una visión más completa y representativa de los patrones climáticos y las tendencias en la zona de Yopal. Cada estación captura particularidades locales y variaciones geográficas, lo que enriquecerá la comprensión del clima de la región en su conjunto.

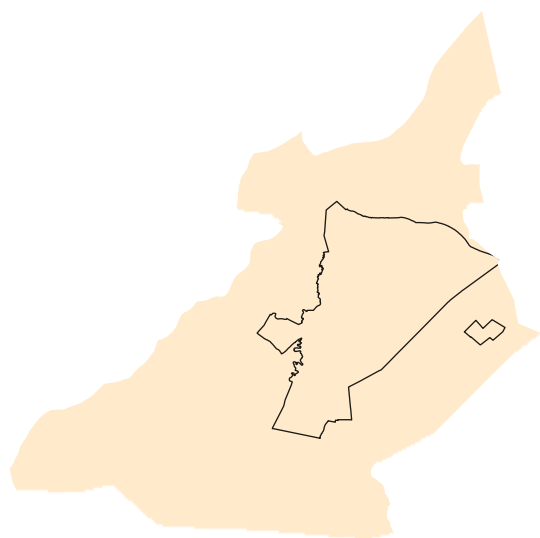
La disponibilidad de datos de múltiples estaciones meteorológicas también es fundamental para tomar decisiones informadas y planificar adecuadamente en términos de adaptación al cambio climático y gestión de riesgos. Contar con una base de datos más sólida y representativa permitirá a los responsables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

En resumen, es esencial incorporar datos adicionales de múltiples estaciones meteorológicas en la región de Yopal 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 gestión de riesgos. Es un paso importante hacia una gestión más sólida y resiliente frente a los desafíos climáticos que enfrenta la región de Yopal.

Figura 14. Tendencia del WSDI.

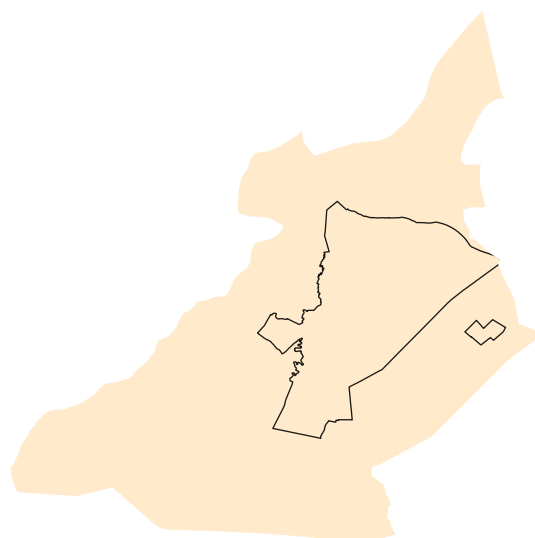


PROMEDIO WSDI (1993-2022)



WSDIPROM
4.67

TENDENCIA WSDI (1993-2022)



WSDI
0.34



Capítulo 4

PRINCIPALES HALLAZGOS Y RECOMENDACIONES

El gradiente urbano-rural se desarrolla según las dimensiones analizadas. Por ejemplo, las dimensiones de salud, infraestructura y hábitat humano se evidencian principalmente en el contexto urbano, mientras que biodiversidad y 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 lo rural en cuanto a la oferta del recurso hídrico por parte de los cuerpos de agua, y desde lo urbano considerando el acceso de las personas al servicio de acueducto a través del río Cravo Sur, la quebrada La Tablona y La Calabozza. Esto indica que los riesgos no tienen un comportamiento homogéneo en el territorio, por lo cual deben analizarse y evaluarse según el entorno en el que se desarrollan. Es necesario que la toma de decisiones se base en el entendimiento de las dinámicas de cada contexto, para aumentar la resiliencia y la capacidad adaptativa de la ciudad al llevar a cabo acciones de reducción de estos riesgos.

DEL RIESGO PARTICULAR AL RIESGO CRÍTICO

En el análisis de riesgos climáticos es fundamental entender el comportamiento de cada riesgo, los impactos que genera sobre las diferentes dimensiones, y el manejo que se le debe dar para reducir estos impactos e incrementar la resiliencia. No obstante, este tipo de análisis es necesario complementarlos con un análisis de riesgo crítico el cual permite identificar los lugares del territorio donde se presentan múltiples riesgos climáticos que al interactuar generan impactos adicionales.

En este sentido, la cartografía de riesgo crítico permite identificar zonas afectadas por múltiples riesgos, como es el caso de la comuna 6 en cercanías al caño Usivar, los barrios Villa Docente, Villa Pilar y la vereda el Morichal, que tienen un riesgo asociado tanto a las sequías como a las inundaciones. Estos deben priorizarse al momento de propo-

ner medidas de adaptación integrales que consideren los impactos individuales y los que resultan de la interacción de los dos riesgos. Por otra parte, la cartografía de los riesgos particulares es crucial para proponer soluciones integrales para la reducción de cada riesgo en la ciudad.

BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

Los mapas de riesgo para la dimensión de biodiversidad revelaron la vulnerabilidad de los ecosistemas periurbanos. Estos ecosistemas están expuestos a amenazas que pueden aumentar debido a la crisis climática, lo que incrementará su riesgo. Ejemplos de estos ecosistemas son el Bosque Basal Húmedo, el río Cravo Sur y el Humedal Bajo Dosel. La transformación y degradación de estos hábitats, a través de la pérdida de coberturas naturales y la extinción de especies, comprometen la resiliencia de los sistemas socioecológicos. Por

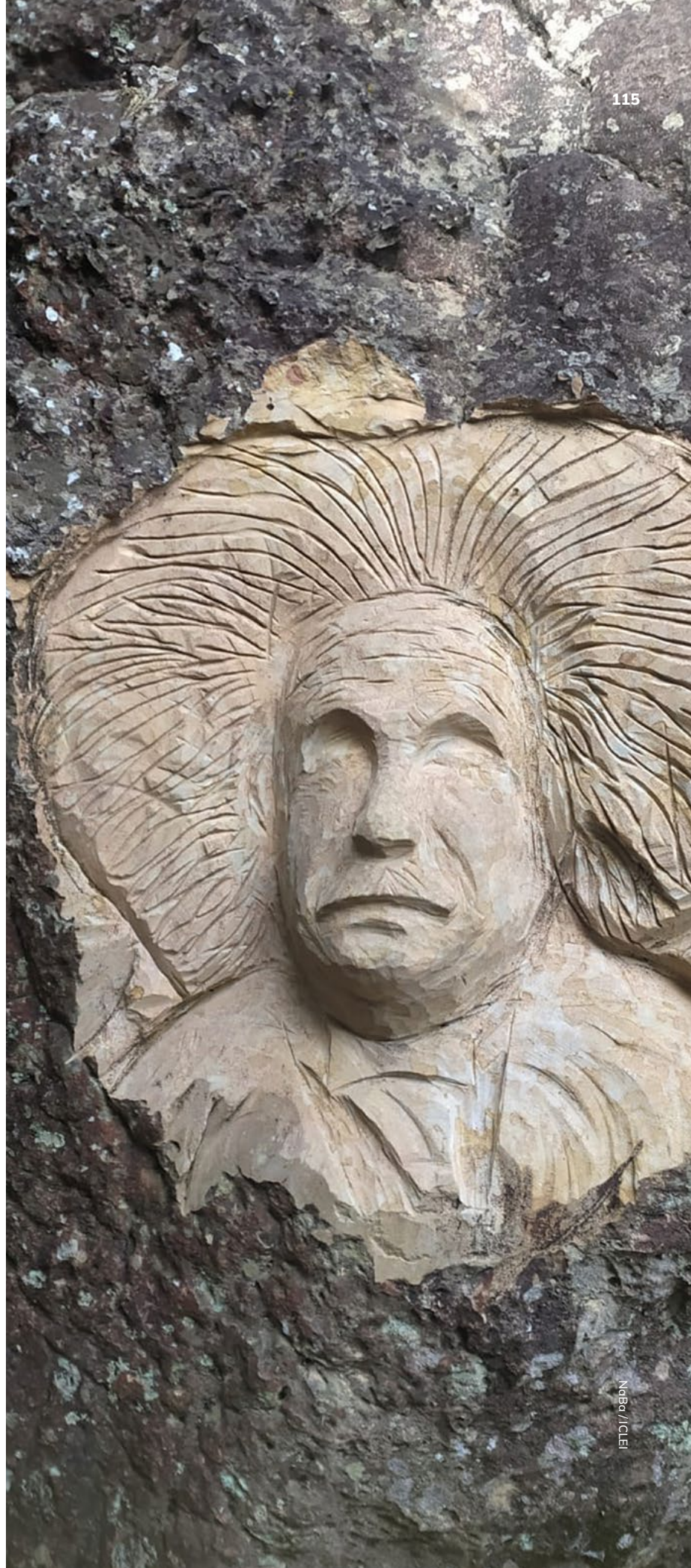
lo tanto, es necesario proteger las áreas naturales identificando los ecosistemas que pueden fortalecer la estructura ecológica principal de la ciudad, para conservarlos y restaurarlos, aumentando así la capacidad de respuesta ante posibles desastres.

RIESGOS ASOCIADOS AL AGUA

Está claro que el exceso o la carencia de agua pueden perjudicar o alterar las dinámicas naturales del ambiente, y como consecuencia, los humanos se ven obligados a encontrar soluciones para tratar de alcanzar un equilibrio. Por lo general, un manejo inadecuado de la escorrentía puede ocasionar inundaciones y movimientos de remoción en masa, ya que, al depender de la infraestructura de drenaje convencional, se disminuye la capacidad de respuesta cuando se presentan eventos extremos, pues estos sistemas tienden a colapsar al sobrepasar su capacidad de diseño. Por lo tanto, la gestión del recurso hídrico debe basarse en el reconocimiento de sus afectaciones para proponer alternativas resilientes, como la implementación de infraestructuras verdes que complementen el funcionamiento de la infraestructura gris y permitan aumentar la capacidad adaptativa en términos de manejo de la escorrentía.

RIESGO BAJO LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

La crisis climática está tomando cada vez más fuerza y con el tiempo pueden surgir riesgos que actualmente no se tienen en



cuenta. El aumento de la amenaza en zonas que actualmente no están expuestas a riesgos climáticos y el incremento en la variabilidad e intensidad de estos eventos climáticos afectarán a los grupos más vulnerables, como la comuna 7 y los barrios Villa Docente y Villaflor. En este sentido, es necesario reforzar el conocimiento del riesgo actual para generar capacidades y prepararse ante posibles riesgos futuros, así como implementar acciones de prevención para los riesgos existentes.

RIESGOS CLIMÁTICOS Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

La seguridad alimentaria consiste en mantener la disponibilidad de alimentos de manera estable en el tiempo. Sin embargo, esta dimensión presenta los niveles más altos de vulnerabilidad, ya que no cuenta con la suficiente capacidad adaptativa para ser resiliente ante los impactos de eventos climáticos extremos. Por lo tanto, es necesario identificar si se están aplicando prácticas sostenibles adecuadas según las necesidades de cada cultivo y tipo de suelo, y reforzar la implementación de sistemas agroforestales, que son sistemas que restablecen las propiedades físicas y químicas del suelo.

IMPACTO DEL ARVC SOBRE HERRAMIENTAS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

Los instrumentos de ordenamiento territorial son fundamentales para el desarrollo del municipio, ya que permiten la organización político-administrativa en torno

a la ocupación física del territorio. Como todos los sistemas urbanos interactúan con su entorno natural, pueden estar expuestos a diferentes amenazas naturales. En este sentido, el análisis de riesgo y vulnerabilidad climática desempeña un papel crucial en la planificación, ya que permite evaluar las condiciones actuales y futuras de los riesgos climáticos y proponer modelos de desarrollo urbano que consideren adecuadamente estas condiciones. Todo esto tiene como objetivo generar políticas y directrices que ayuden a la regulación de los asentamientos, así como implementar acciones orientadas a generar conocimiento sobre el riesgo y capacidades ante los desastres.

JUSTICIA CLIMÁTICA

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

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Gracias a los talleres realizados en el mes de noviembre de 2022, se pudieron identificar algunas de las medidas que se

han desarrollado en el municipio para incrementar la resiliencia ante los impactos de cada uno de los riesgos analizados.

INUNDACIONES

Para prevenir o contrarrestar este riesgo, se identificó la iniciativa de construir un terraplén en el Parque La Iguana, que servirá como defensa ante las crecidas del río Cravo Sur. Además, se está llevando a cabo un proceso de reforestación para fortalecer la biodiversidad de la ciudad. En la margen derecha del río, en la calle 8, existe un jarillón para proteger la infraestructura en caso de una inundación, y en la calle 23 se encuentran recolectores de agua lluvia. Una medida que puede complementar es-

tas iniciativas es la implementación de jardines de lluvia en el área urbana, los cuales retienen el agua lluvia y ayudan a controlar la escorrentía.

SEQUÍAS

La sequía es un riesgo que se presenta con cierta frecuencia en el municipio. Cuando hay desabastecimiento de agua potable, se requiere tomar medidas como pozos profundos o transportar agua mediante carrotaques para asegurar la cobertura de la demanda. Sin embargo, esto pone en riesgo la calidad y el rendimiento de los cultivos. Una alternativa que se puede evaluar para la seguridad alimentaria son los cultivos de cobertura, ya que ralentizan la evaporación del agua y retienen la humedad.






MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

Como se mencionó anteriormente, la reforestación que se está realizando en el Parque La Iguana también tiene como objetivo contrarrestar los movimientos de remoción en masa. Se espera plantar 4000 árboles. En el caso de la vía Sirivana, esta

cuenta con hexápodos, que son estructuras que disipan la energía. Además, existen unos jarillones temporales, ya que cuando el río crece, se los lleva. Se considera necesario fortalecer estas infraestructuras con bioingeniería para que su mantenimiento no sea tan costoso. Asimismo, en la vía Sirivana, en la carrera 20 con quinta y en la cancha minuto 45, existen jarillones para proteger las viviendas expuestas.



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

NaBa

Nature-Based Resilient Cities