

//

**ANÁLISIS DEL RIESGO
ASOCIADO AL CAMBIO
CLIMÁTICO**

MANIZALES

2020



URBAN-LEDS II

// INDICE

// 01 INTRODUCCIÓN5

// 02 CONTEXTO6

2.1 // MANIZALES: UNA VISIÓN GENERAL.....6

2.1.1 // LENTE CLIMÁTICA: LA RESILIENCIA URBANA EN EL FOCO....6

2.1.2 // CONTEXTO SOCIOECONÓMICO Y DEMOGRÁFICO7

2.1.3 // CONTEXTO FÍSICO Y CLIMÁTICO8

2.1.4 // DESASTRES: ¿RETOS FUTUROS O ACTUALES? 11

// 03 GESTIÓN DEL RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO A ESCALA GLOBAL 12

3.1 // METODOLOGÍA ANÁLISIS DEL RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO A ESCALA GLOBAL PROYECTADO PARA MANIZALES..... 12

3.1.1 // INUNDACIÓN 16

3.1.2 // MOVIMIENTOS EN MASA 18

3.1.3 // OLAS DE CALOR..... 22

3.1.4 //PROLIFERACIÓN (AEDES AEGYPTI)..... 23

// 04 ANÁLISIS DEL RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO PROYECTADO PARA MANIZALES26

4.1// EXPOSICIÓN 26

4.2// INUNDACIÓN..... 27

4.2.1// SÍNTESIS..... 27

4.2.2 // MAPAS 30

4.3// MOVIMIENTOS EN MASA..... 34

4.3.1// SÍNTESIS..... 34

4.3.2 // MAPAS 36

4.4 // OLAS DE CALOR..... 40

4.4.1 // SÍNTESIS..... 40

4.4.2 // MAPAS 42

4.5 // PROLIFERACIÓN 46

4.5.1 // SÍNTESE 46

4.5.2 // MAPAS 49

4.6 // RIESGO COMPUESTO 54

// 05 GESTIÓN DEL RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO IMPLEMENTADO ACTUALMENTE A NIVEL LOCAL55

5.1 // EVALUACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO..... 55

5.1.1 // METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO Y SU RELACIÓN CON LAS LLUVIAS INTENSAS..... 57

5.1.2 // EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS DESLIZAMIENTOS 57

5.1.3 // TASA ANUAL DE DESLIZAMIENTOS DETONADOS POR LLUVIA..... 58

5.1.4 // RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN MULTIAMENAZA..... 59

5.2 // PROYECCIONES CONSIDERANDO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA MANIZALES 62

5.2.1 // METODOLOGÍA PROYECTO GESTIÓN DEL RIESGO 62

5.2.2 // ESCENARIOS DE PROYECCIÓN PRECIPITACIÓN 62

5.2.3 // ESCENARIOS DE PROYECCIÓN TEMPERATURA..... 64

// 06 COMPRENSIÓN DE LA ADAPTACIÓN.....65

5.1 // ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN 67

5.2 // MALA ADAPTACIÓN (MALADAPTATION) 67

6.3 //MEDIDAS DE ADAPTACIÓN PARA MANIZALES68

6.4 // PROCESO DE PRIORIZACIÓN DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN..... 76

// 07 CONSIDERACIONES FINALES 76

7.1 // LÍMITES Y BARRERAS 77

// GLOSARIO.....78

// REFERENCIAS80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de las etapas del análisis del riesgo asociado al cambio climático 12

Figura 2- Framework de la metodología utilizada .. 14

Figura 3 - Variables utilizadas para el cálculo del riesgo de inundación 16

Figura 4- Variables utilizadas para el cálculo del riesgo de movimientos en masa 18

Figura 5- Variables utilizadas para el cálculo del riesgo de olas de calor 22

Figura 6- Variables utilizadas para calcular el riesgo de proliferación de vectores 23

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1- Climograma de Manizales (1976-2005)9

Gráfico 2- Climograma de Manizales (2006-2030) . 10

Gráfico 3- Climograma de Manizales (2006-2050) . 10

Gráfico 4- Representa la evolución de la precipitación máxima diaria anual. La línea de tendencia (en negro punteado) indica un aumento en el periodo analizado..... 28

Gráfico 5- Representa el total de la precipitación anual en los días en que superó el percentil 95. La línea de tendencia (en negro punteado) indica un aumento en el periodo analizado. 28

Gráfico 6- Representa la evolución del número de días del año en que las precipitaciones superan los 25 mm en un día. La línea de tendencia (en negro punteado)

indica el aumento en el período de años analizado.29

Gráfico 6- Representa la evolución del indicador CWD que significa el número de días consecutivos con lluvia en un año. Este índice refleja la concentración de las precipitaciones durante un largo periodo de tiempo. La línea de tendencia (en negro discontinuo) indica el aumento en el periodo analizado..... 35

Gráfico 7- Representa la evolución de Rx5day que representa la precipitación máxima anual en el acumulado de 5 días consecutivos, es decir, durante todo el año, se computa el valor acumulado en una ventana móvil de 5 días, y se registra el valor más alto en esta ventana. La línea de tendencia (en negro discontinuo) indica el aumento en el periodo analizado..... 35

Gráfico 9- Representa un porcentaje anual de días en los que la temperatura máxima superó el percentil 90, no necesariamente consecutivos. La línea de tendencia (en negro punteado) indica el aumento en el periodo analizado. 41

Gráfico 8- Representa el número máximo de días consecutivos en el año en que la temperatura máxima superó el percentil 90, indicando el número de días en el año en que la temperatura máxima alcanzó el umbral de 30° C. La línea de tendencia (en negro punteado) indica un aumento en el periodo analizado.... 41

Gráfico 10- Representa la evolución de la humedad relativa media anual proyectada por el modelo climático regional RCA4 forzado por el modelo global Had-GEM2-ES del experimento CORDEX para el escenario RCP8.5. La línea de tendencia (en negro punteado) indica la constancia en el periodo analizado 47

Gráfico 11- Representa la evolución de la temperatura media anual proyectada por el modelo climático regional RCA4 forzado por el modelo global Had-GEM2-ES del experimento CORDEX para el escenario RCP8.5. La línea de tendencia (en negro punteado) indica el aumento en el periodo analizado 47

Gráfico 12- Representa la evolución de la precipitación anual total proyectada por el modelo climático regional RCA4 forzado por el modelo global Had-GEM2-ES del experimento CORDEX para el escenario RCP8.5. La línea de tendencia (en negro punteado) indica el aumento en el periodo analizado 48

LISTA DE TABLA

Tabla 1-Indicadores utilizados para el cálculo de la vulnerabilidad a la ocurrencia de inundaciones 17

Tabla 2- Criterios relacionados con la predisposición a movimientos en masa, factores utilizados en la construcción del índice morfométrico (IM)..... 20

Tabla 3- Indicadores utilizados para el cálculo de la vulnerabilidad a la ocurrencia de movimientos en masa21

Tabla 4 - Indicadores utilizados para el cálculo de la vulnerabilidad a la ocurrencia de olas de calor..... 23

Tabla 5- Indicadores utilizados para el cálculo de la vulnerabilidad a la ocurrencia de proliferación (*Aedes aegypti*) 25

Mapa 10- Riesgo crítico de movimientos en masa en la ciudad de Manizales. 39

Tabla 6- Tipos y ejemplos de medidas de adaptación.....66

Tabla 7- Lista de medidas de adaptación estructural para la ciudad de Manizales. 70

Tabla 8. Lista de medidas de adaptación institucionales para la ciudad de Manizales. 73

Tabla 9 - Lista de medidas de adaptación sociales para la ciudad de Manizales. 75

PROYECTO ICLEI20D

ENTREGABLE Producto 5 (P5) – Análisis del Riesgo Asociado al Cambio Climático

AUTORES

WAYCARBON

Melina Amoni; melina.amoni@waycarbon.com

Henrique Pereira; henrique.pereira@waycarbon.com

Marina Lazzarini; marina.lazzarini@waycarbon.com

Gregory Pitta; gregory.pitta@waycarbon.com

Lis Vale; liz.vale@waycarbon.com

Dawber Batista; dawber.batista@waycarbon.com

COLABORADORES

ICLEI

Sophia Picarelli; sophia.picarelli@iclei.org

Camila Chabar; camila.chabar@iclei.org

Flavia Speyer; flavia.speyer@iclei.org

Gustavo Oliveira; gustavo.oliveira@iclei.org

Diogo Meneses; diogo.meneses@iclei.org

Carolina Mesa; carolina.mesa@iclei.org

María Camila Moreno; maria.carvajal@iclei.org

Maria Fernanda Riveros; mariafernanda.riveros@iclei.org

// PRESENTACIÓN

El análisis del riesgo asociado al cambio climático para la ciudad de Manizales, surge de la iniciativa del proyecto Urban-LEDS II y de la necesidad y voluntad de la ciudad de hacerse resiliente ante el cambio climático, así como de avanzar hacia una economía con bajas emisiones de carbono. La iniciativa Urban-LEDS II: acelerando la acción climática a través de la promoción de estrategias de desarrollo urbano de bajas emisiones, tiene por finalidad hacer de las estrategias de desarrollo con bajas emisiones una parte fundamental de la política y la planificación urbanas en las ciudades. Esta iniciativa, financiada por la Comisión Europea y ejecutada por ICLEI - Gobiernos Locales por la Sustentabilidad, en asociación con ONU-Hábitat, se está llevando a cabo en América del Sur en 8 ciudades del Brasil y 7 gobiernos locales de Colombia, siendo Manizales una de ellas.

Manizales ha estado participando en la Fase II del proyecto Urban-LEDS y ha sido prominente en la agenda climática colombiana. En este contexto, ha sido seleccionada para recibir apoyo directo de una empresa consultora que, junto con la ciudad, prestará asistencia en la gestión del clima para hacerla más resiliente frente al cambio climático, basándose en los aportes técnicos elaborados a partir del análisis de la vulnerabilidad y los riesgos asociados al cambio climático.

En este sentido, WayCarbon, con una amplia experiencia en la temática del cambio climático y la sostenibilidad, presenta el estudio de Análisis de Riesgos Asociado al Cambio Climático de la ciudad de Manizales, en donde, adicionalmente, se incluyó información de relevancia local, la cual hace parte de la gestión del riesgo municipal y ha sido empleada para la toma de decisiones, está será complementaria al presente análisis ya que fue el resultado de una consultoría realizada por el Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional (IDEA) y abarca temas que se articulan con las variables analizadas en torno al riesgo y vulnerabilidad al cambio climático. En resumen, este informe se divide en 7 capítulos:



- CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN:**
presenta un resumen del cambio climático y sus impactos, así como el propósito de este trabajo.
- CAPÍTULO 2 – CONTEXTO:**
presenta un estudio del contexto socioeconómico, físico y climático de Manizales, así como la visión climática de la ciudad, que constituye la base del análisis.
- CAPÍTULO 3 – ENFOQUE METODOLÓGICO:**
presenta los procedimientos metodológicos y la base de datos utilizada para calcular el índice de riesgo asociado al cambio climático.
- CAPÍTULO 4 – ANÁLISIS DE RIESGOS CLIMÁTICOS:**
presenta los resultados del análisis de riesgos asociado al cambio climático para cada amenaza, incluyendo instrucciones para su interpretación.
- CAPÍTULO 5 – GESTIÓN DEL RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO ESTUDIOS LOCALES:**
presenta un resumen metodológico y de resultados de la consultoría realizada por el IDEA de la Universidad Nacional de Manizales dando una mirada puntual que tiene la ciudad al estado actual en temas de riesgo.
- CAPÍTULO 6 – CONSIDERACIONES FINALES:**
presenta las principales conclusiones del trabajo realizado, incluyendo recomendaciones/indicaciones de aspectos a incorporar en la gestión ambiental urbana.
- CAPÍTULO 7 – LIMITACIONES Y BARRERAS:**
presenta las principales limitaciones derivadas de las premisas metodológicas, la disponibilidad de datos y el tiempo de ejecución de los proyectos.

// 01 INTRODUCCIÓN

El cambio climático se considera uno de los desafíos más complejos de este siglo, dada su magnitud, el posible desequilibrio ambiental que podría ocasionar y las incertidumbres inherentes que se presentan en las proyecciones climáticas. Los impactos generados por este cambio ya son evidentes en los centros urbanos y han ido creciendo en los últimos años. Las proyecciones climáticas del IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014) indican un aumento del riesgo para las personas, los bienes, las economías y los ecosistemas, incluidos los efectos relacionados con el estrés térmico, la modificación de la intensidad y la frecuencia de los episodios de precipitaciones extremas y las consecuencias relacionadas con el aumento del nivel del mar. Según (REVI; SATTERTHWAITE, 2014), las variaciones extremas en los regímenes de precipitaciones y temperaturas proyectan la intensificación de las inundaciones, los movimientos en masa, las olas de calor, las sequías y la proliferación de vectores, entre otros.

En el contexto del cambio climático, las ciudades merecen ser destacadas por dos factores: (1) porque son los territorios que concentran la mayor parte de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), responsables de más del 70% de todas las emisiones mundiales, principalmente de los sectores del transporte, la energía y los residuos (ONU-HABITAT, 2011) ; y (2) porque son los territorios más vulnerables al cambio climático, al concentrar personas, infraestructuras y actividades económicas que probablemente sufran los impactos del cambio climático relacionados con la intensificación de las olas de calor, las inundaciones, los movimientos en masa, las enfermedades, además de la seguridad hídrica, energética y alimentaria.

Las ciudades concentran gran parte del poder económico, político y administrativo, la rápida urbanización, junto con los efectos del cambio climático están creando riesgos adicionales para medios de vida sostenibles. En América Latina y el Caribe, aproximadamente el 80% de la población vive en ciudades, siendo considerada la región más urbanizada del mundo, y según datos de la Organización Naciones Unidas (ONU-HABITAT, 2012), se estima que para 2050, cerca de 90% de la población vivirá en áreas urbanas. Cabe destacar que la mayoría de las ciudades de América Latina y el Caribe ya tienen problemas ambientales asociados con patrones de desarrollo (urbanización) y transformación de áreas geográficas, complementados por desigualdades socioeconómicas. Los extremos climáticos tienden a amplificar los riesgos existentes causados por las presiones en relación con la mayor demanda de agua, alimentos, energía, vivienda, movilidad urbana, otras infraestructuras y servicios (WORLD BANK, 2010; ONU-HABITAT, 2016).

Aunque toda la población urbana puede verse afectada de alguna manera, los impactos del cambio climático afectarán, especialmente y más directamente, a la población de bajos ingresos que tiene acceso limitado a servicios y otros recursos. Tales divergencias crean, en el entorno urbano, grupos más sensibles y con menos capacidad de adaptación, siendo las ciudades especialmente relevantes para las políticas de adaptación y la construcción de la capacidad de adaptación al clima.

En vista de este escenario, el desarrollo de acciones y planes destinados a reducir los efectos adversos de las amenazas climáticas existentes es esencial para aumentar la capacidad de adaptación al clima de las ciudades. Cabe destacar que, durante este proceso de adaptación, las acciones deben considerar el contexto local, dado el dinamismo de las ciudades. Por lo tanto, el punto de

partida para la gestión asertiva del riesgo y la creación de la capacidad de adaptación a largo plazo debe basarse en la comprensión de un conjunto de amenazas climáticas, además de los elementos de exposición y vulnerabilidad de los diferentes sistemas que conforman un entorno urbano (ambiental, social y económico), para que puedan subsidiar el desarrollo de políticas públicas receptivas e inversiones que minimicen el riesgo.

Adicionalmente, el presente estudio expone los resultados del Índice de Riesgo Asociado al Cambio Climático de la ciudad de Manizales, señalando los riesgos actuales y futuros a los que está y estará expuesta la ciudad. El análisis se hizo considerando las amenazas que están presentes actualmente y podrían materializarse en el futuro en la ciudad de Manizales, tales como: inundaciones, movimientos en masa, olas de calor y proliferación del mosquito Aedes aegypti. Los resultados de la proyección climática del modelo Eta-HadGEM2-ES (CORDEX) para el horizonte temporal de 2030 y 2050 se utilizó el escenario de concentración de GEI RCP8.5, considerado como el escenario más pesimista en que el forzamiento radiactivo es de aproximadamente 8,5 W / m-2. Es una trayectoria con concentración atmosférica con valores superiores a 1.000 ppm de CO2 equivalente (CO2eq), hasta 2100 (IPCC, 2014). El escenario RCP8.5 intenta modelar lo que sucedería de no existir medidas de mitigación al cambio climático, bajo un escenario BAU (Business as Usual). A partir de estos resultados fue posible identificar las medidas de adaptación y de reducción del riesgo necesarias para aumentar la capacidad adaptativa de Manizales a los impactos del cambio climático.

Finalmente, se presenta un breve resumen de los avances en cuanto a la gestión del riesgo que ha empleado la ciudad y su complementariedad con el presente estudio. En esta parte se puntualizan algunos aspectos en los que se ha enfocado el estudio de riesgos, en temas como el aumento de la temperatura, precipitación y deslizamientos. Cabe mencionar que este tema ha sido de vanguardia para la ciudad y se han invertido importantes esfuerzos y recursos en su desarrollo y construcción. Es por esto que la inclusión en el presente informe fue clave para dar una mirada a los datos y resultados que se han venido desarrollando desde las entidades locales que realizan la gestión de los datos meteorológicos de relevancia para este documento a nivel del territorio.

// 02

CONTEXTO

2.1 // MANIZALES: UNA VISIÓN GENERAL

2.1.1 // LENTE CLIMÁTICA: LA RESILIENCIA URBANA EN EL FOCO

La ciudad de Manizales ha participado activamente en la lucha contra el cambio climático desde la década de 1970, cuando ya estaba elaborando prácticas y políticas públicas para la gestión integrada de los riesgos. Cabe señalar que la repetida exposición a los desastres ha promovido, junto con otros factores sociales e institucionales, una verdadera cultura de gestión del riesgo (CAF, 2018). Incluso esta gran exposición a los desastres naturales llevó a la elaboración de un análisis de riesgos asociado al cambio climático en 2019.

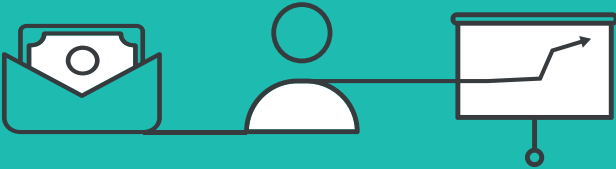
Por lo tanto, este análisis de riesgos asociado al cambio climático no se trata de un estudio sin precedentes para la ciudad de Manizales. Este debe considerarse como una continuación de tantos otros proyectos que la ciudad ya ha desarrollado y está desarrollando, convirtiéndose en un instrumento importante para la elaboración de medidas de adaptación para Manizales.

Manizales cuenta con una serie de políticas, planes y acciones que, si bien no están directamente relacionadas con la planificación de acciones para enfrentar el cambio climático, son instrumentos importantes para este fin. Cabe señalar que las medidas de mitigación y adaptación deben considerarse de manera integrada con las medidas destinadas al desarrollo sostenible, ya que estas no solo ayudan a hacer frente al cambio climático, sino también al desarrollo ambiental de las sociedades, junto a la evolución económica y social.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de instituciones, acciones, fondos, políticas, planes y programas de la ciudad de Manizales, fundamentales para el desarrollo sostenible de la ciudad, además de ayudar a combatir el cambio climático:



- Unidad de Gestión del Riesgo (UGR) creado con el fin de coordinar interinstitucional la gestión del riesgo de desastres en Manizales (desde la década del 90).
 - Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD) de Manizales.
 - Nodo Regional de Cambio Climático del Eje Cafetero.
 - Convenio interadministrativo entre la Alcaldía, Corpocaldas y la Universidad Nacional para financiar el actual programa integral de Gestión del Riesgo (GR) en la ciudad de Manizales (2009).
 - Plan Integral para la Prevención de Desastres y Atención de Emergencias en Manizales (PADEM) (1994).
 - Plan de Ordenamiento Territorial (2017 - 2031).
- Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (2016).
 - Plan de Gobierno de Manizales + Grande (2020-2023).
 - Compromiso público para hacer frente al cambio climático, con la adhesión de la ciudad al Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía (GCoM, por sus siglas en inglés) (2020).
 - Plan Integral de Cambio Climático del departamento de Caldas PIGCCT.
 - Plan Integral de Cambio Climático de Manizales (en construcción).
 - Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCAS.



2.1.2 // CONTEXTO SOCIOECONÓMICO Y DEMOGRÁFICO

La información sobre el contexto socioeconómico y demográfico de la ciudad que se presenta en esta sección ayuda a comprender cómo la población de Manizales está expuesta a los riesgos asociados al cambio climático y cuál es la situación de vulnerabilidad de la población, es decir, su capacidad de adaptación y su sensibilidad a los fenómenos extremos.

La ciudad de Manizales, fundada en 1849 y capital del departamento de Caldas, representa la mayoría de la industria manufacturera y parque automotor de Caldas. Según las estimaciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para el año 2018, la ciudad tiene una superficie territorial aproximada de 571,84 km² y una población equivalente a 400.436 habitantes. Entre esta población, el 52,8% son mujeres (211.341) y el 47,2% hombres (189.095), lo que da como resultado un índice de feminidad equivalente a 112,75 y un índice de masculinidad equivalente a 89,47. Estos valores significan que para cada 100 mujeres hay 89 hombres, y para cada 100 hombres hay 112 mujeres (DANE, 2018).

En cuanto a la juventud, el envejecimiento y la dependencia demográfica se han tenido en cuenta los siguientes índices para el año 2018, considerando la edad de corte 65 años y más: índice de juventud¹ (24,53), índice de envejecimiento ² (79,84) e índice de dependencia demográfica³ (40,77). Al observar los datos del DANE de 2018 referentes a los grandes grupos de edad, se observa que la mayoría de la población (65,3%) tiene entre 15 y 59 años, de los cuales el 18,6% restante tiene más de 59 años y el 16,1% tiene entre 0 y 14 años. Este escenario indica que una gran parte de la población de Manizales es económicamente activa.

Respecto a la alfabetización, el 97,2% de la población sabe leer y escribir, mientras el 2,8% restante no. El porcentaje de la población alfabetizada por sexo no indica una discrepancia entre hombres y mujeres, ya que el porcentaje de mujeres alfabetizadas equivale al 97,42% y el de hombres alfabetizados al 96,94% (DANE, 2018). Los datos relativos al acceso a la educación, según los datos del DANE para 2018, indican que la población con menor acceso a la educación se encuentra en los grupos de edad de 15 a 64 años y de 65 años o más. En el grupo de edad de 15 a 64 años, sólo el 17% de los hombres y el 16,2% de las mujeres tienen asistencia escolar, y en el grupo de edad de 65 años sólo el 1,4% de los hombres y el 1,4% de las mujeres tienen asistencia escolar. Cabe señalar que los valores de acceso a la educación del grupo de 18 a 24 años, aunque superiores a los ya mencionados, no son satisfactorios

dada la importancia de la educación superior en las condiciones de trabajo y los salarios. Los valores de la variable en este grupo de edad para hombres y mujeres, respectivamente, son los siguientes: 37,8% y 39,2%.

Según los datos del DANE para 2018, Manizales tiene un total de 158.396 viviendas⁴. De este total, el 84,1% es residencial, el 14,2% no residencial y el 1,7% mixto. Además, de los tipos de viviendas existentes, 76.601 son casas, 404 son viviendas tradicionales étnicas, 74.284 son apartamentos y 99 están clasificadas como otros. En lo que se refiere a viviendas con acceso a servicios públicos, energía eléctrica, acueducto, alcantarillado, gas natural, recolección de residuos e internet, se encuentra que: 99,0% tiene acceso a la energía eléctrica; 96,3% al acueducto; 94,0% al alcantarillado; 80,6% al gas natural; 95,4% a la recolección de residuos; y 66,2% tiene acceso a la internet.

1. Índice de juventud: Relación entre la población joven (15 a 29 años) y población total por 100. Fuente: DANE, 2018.
2. Índice de envejecimiento: Relación entre la población adulta (65 años y más) y población de niños o jóvenes (menores de 15 años) por 100. Fuente: DANE, 2018.
3. Índice de dependencia demográfica: Relación de población de 0 a 14 años más la población de 65 años y más, dividido por el total de población de 15 a 64 años, multiplicado por 100. Fuente: DANE, 2018.
4. El total de viviendas hace referencia a las unidades de vivienda totales que incluyen: las viviendas ocupadas con todas las personas ausentes; las viviendas ocupadas con personas presentes; las viviendas de uso temporal; y las viviendas desocupadas. Fuente: DANE, 2018.

2.1.3 // CONTEXTO FÍSICO Y CLIMÁTICO

La presentación de información sobre el contexto físico y climático ayuda a comprender el perfil climático de la ciudad, es decir, las variaciones de temperatura y precipitación durante el año, así como a entender los factores físicos que hacen que Manizales sea propensa o no a ciertos eventos extremos.

La ciudad de Manizales tiene un relieve especialmente montañoso, con fuertes pendientes y alturas que varían entre los 2.233 y los 1.900 msnm (CORPOCALDAS, 2019). Al estar situada en la Cordillera Central de Colombia, Manizales tiene un gran número de crestas y pendientes pronunciadas que, combinadas con la inestabilidad sísmica de la zona, requieren adaptaciones arquitectónicas y obras públicas para la seguridad de la ciudad.

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2012) en Manizales se puede encontrar paisajes de montaña, lomerío y valle. Estos paisajes ponen de manifiesto la diversidad que existe en la ciudad en cuanto a sus características físicas y biológicas. En lo relacionado al terreno, la ciudad abarca diversas formas, como escaleras, ollas glaciares, escarpes, ondulaciones, laderas, cumbres, planos de inundación de lahares, terrazas y napas.

La cobertura vegetal depende del tipo de paisaje, del tipo de suelo y de las actividades humanas. Según la Alcaldía de Manizales (2017), en su Plan de Ordenamiento Territorial (2017 – 2031), en la ciudad se puede encontrar los siguientes tipos: forestal, agrícola permanente, temporal o transitorio, agroforestal, construcción, pecuario, silvopastoril, uso minero o suelo erial. Cabe señalar que una parte considerable de la vegetación natural ha sido reemplazada por cultivo de pasto para ganadería, sustituida por la actividad agrícola (IGAC, 2012).

En términos de suelo, Manizales tiene desde suelos poco profundos y mal drenados hasta suelos muy profundos con muy buen drenaje. En cuanto a la fertilidad del suelo, varía desde suelos extremadamente ácidos, que provocan una baja fertilidad, a suelos de reacción neutra, que proporciona una alta fertilidad (IGAC, 2012). En general, según el instituto, la ciudad abarca 18 familias de suelos:

- Andic Humicryepts.
- Andic Humudepts.
- Dystric Eutrudepts.
- Entic Hapludolls.
- Eutric Humudepts.
- Fluventic Epiaquepts.
- Fluvaquentic Endoaquepts.
- Fluventic Humudepts.
- Humic Udivitrands.
- Lithic Udorthents.
- Typic Dystrudepts.
- Typic Endoaquepts.
- Typic Haplocryands.
- Typic Hapludands.
- Typic Hapludolls.
- Typic Udorthents.
- Pachic Hapludolls.
- Pachic Humudepts.

En términos de capacidad de uso del suelo, la Corporación Autónoma Regional de Caldas (CORPOCALDAS, 2013) señala que Caldas tiene 6 de las 8 clases existentes conforme a la clasificación de suelos por capacidad de uso desarrollada por el servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos. Entre ellos, Manizales abarca la clase IV, que se describe como un suelo apto para los cultivos con prácticas de manejo adecuadas.

Manizales se encuentra en la cuenca del río Chinchiná y en la subcuenca del río Guacaica. Según (CORPOCALDAS, 2019), las corrientes hídricas de la ciudad hacen parte de la gran cuenca hidrográfica del Río Cauca, en la vertiente occidental de la Cordillera Central. La corporación sigue apuntando que tres importantes vertientes cruzan Manizales por sus costados sur, norte y occidental, siendo ellas: la vertiente sur, cuya principal fuente hídrica es el Río Chinchiná; la vertiente norte, cuyo eje principal es la Quebrada Olivares; y la vertiente occidental, que tiene como ejes de drenaje principales las Quebradas La Francia y El Arenillo.

Las condiciones meteorológicas y climatológicas de una región determinada están influidas por factores geográficos y geomorfológicos -como la existencia de topografía, masas de agua, tipos de vegetación y urbanización- y por los sistemas de circulación atmosférica. La ciudad Manizales se encuentra enclavada en la media montaña andina tropical, sujeta a la acción de los Vientos Alisios del Noreste y del Sureste que definen la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) (FERNÁNDEZ, 2008).

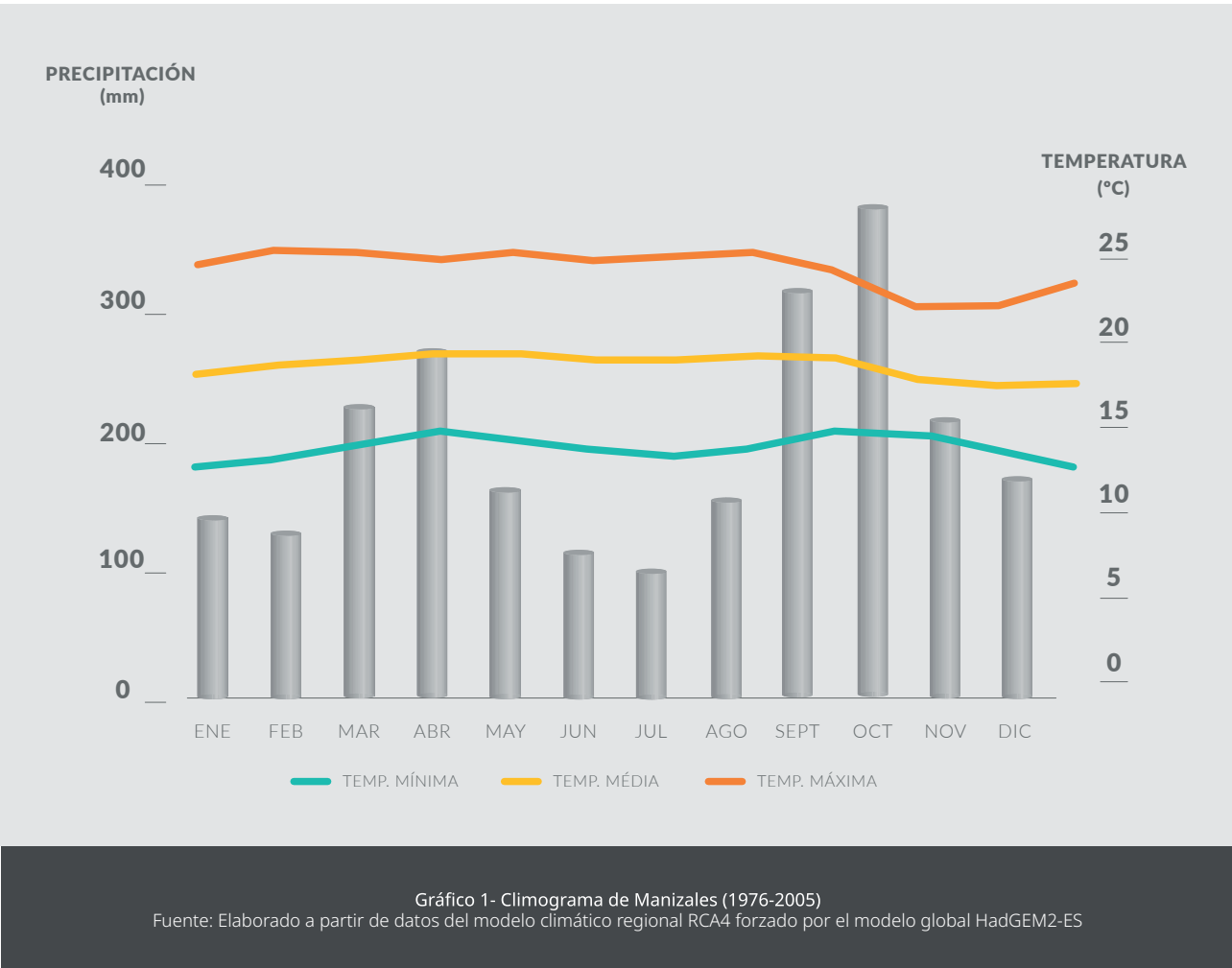
El sistema climatológico de Manizales y otros municipios de Caldas obedecen a las variaciones altitudinales en función de la topografía, ya que ellos están situados sobre el flanco occidental de la cordillera Central. Cabe señalar que la temperatura en promedio disminuye a razón de un grado centígrado por cada 187 m de ascenso en la montaña. Así, Manizales cuenta con una gran variedad climática encontrando desde climas cálidos en las partes más bajas cercanas al río Cauca, hasta nival, en áreas ubicadas en el nevado del Ruiz, con temperaturas inferiores a 1.5 °C (IGAC, 2012).

Manizales tiene modelos de precipitación y distribución de las lluvias de tipo bimodal por su ubicación en una zona que coincide con la Zona de Convergencia Intertropical. El modelo bimodal se caracteriza por presentar dos períodos lluviosos intercalados por uno

seco, con una humedad relativa superior al 60%. En general la precipitación varía entre los 1.500 y 3.000 mm al año y la evapotranspiración se encuentra alrededor de los 1.000 mm. En cuanto a la temperatura, puede variar desde menos de 1,5°C hasta 24°C (IGAC, 2012).

Con un clima considerado bimodal, las dos temporadas más lluviosas en Manizales se inician con los solsticios (22 de junio y 21 de diciembre), y las dos más secas con los equinoccios (21 de marzo y 22 de septiembre). Las temporadas de invierno y verano resultan más intensas debido a la influencia de fenómenos climáticos como El Niño. En el caso de La Niña, ambas temporadas resultan más húmedas. Cabe señalar que el Fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS) tiene que ver con un incremento anormal de la temperatura en el Océano Pacífico ecuatorial. En la ciudad de Manizales, en su fase Niño, trae como consecuencia lluvias bajas significativamente por debajo del promedio histórico. Por el contrario, en su fase Niña, ocurre el decremento de la temperatura del océano que provoca una temporada de lluvias alta, marcadamente por encima del promedio histórico (FERNÁNDEZ, 2008).

Mediante los climogramas que se presentan a continuación, elaborados a partir de las normales climatológicas de temperatura y precipitación del periodo 1976 a 2005, 2006 a 2030 y 2026 a 2050, es posible observar la dinámica climática pasada, actual y futura de Manizales y comprender las diferencias en las variaciones de precipitación y temperatura entre las normalidades climatológicas analizadas (gráficos 1, 2 y 3). Cabe destacar que los climogramas se prepararon a partir del modelo climático regional RCA4 forzado por el modelo global HadGEM2-ES del experimento CORDEX, y no de los datos de observación.



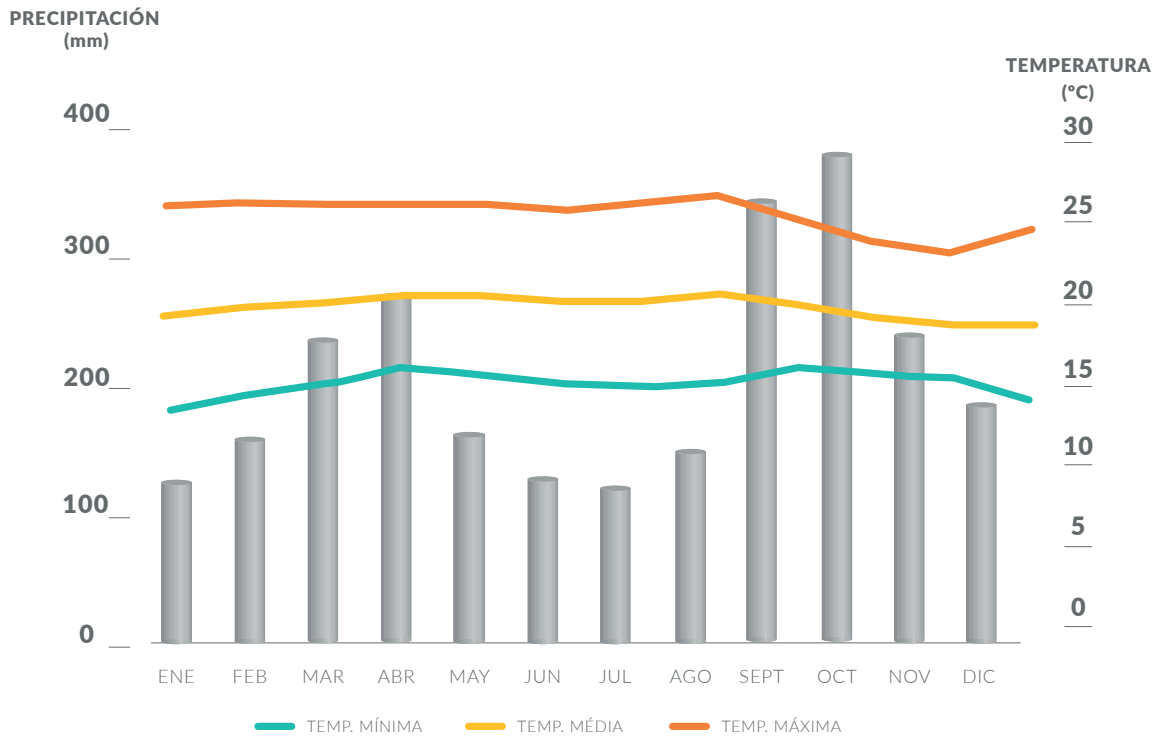


Gráfico 2- Climograma de Manizales (2006-2030)
Fuente: Elaborado a partir de datos del modelo climático regional RCA4 forzado por el modelo global HadGEM2-ES

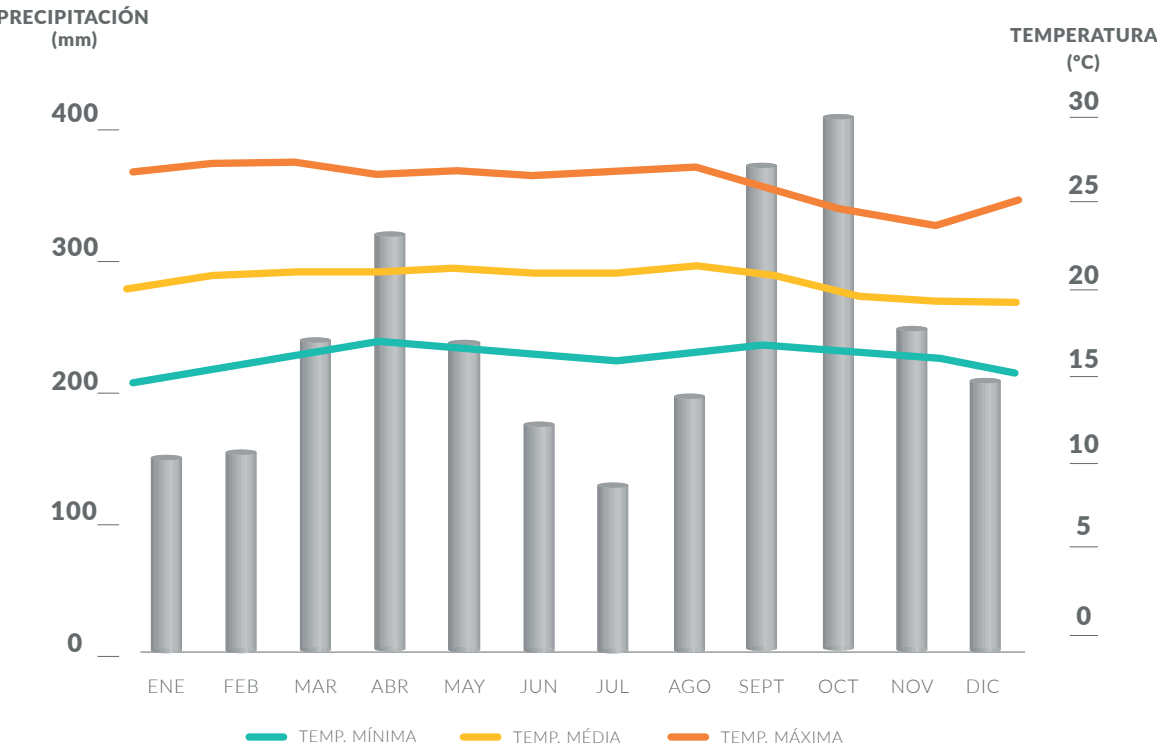


Gráfico 3- Climograma de Manizales (2006-2050)
Fuente: Elaborado a partir de datos del modelo climático regional RCA4 forzado por el modelo global HadGEM2-ES

Al analizar los tres climogramas en conjunto, se puede observar que habrá un aumento en el volumen de precipitación para el período entre 2030 y 2050, entre los meses de mayo y agosto. En cuanto a la temperatura, se observa que habrá un aumento de las temperaturas mínimas y máximas, lo que se refleja en la temperatura media anual. Estas diferencias tienen una influencia directa en los resultados del riesgo asociado al cambio climático para la ciudad de Manizales, que se explorará mejor en la Sección 4.

2.1.4 // DESASTRES: ¿RETOS FUTUROS O ACTUALES?

Los efectos del cambio climático ya se sienten en las ciudades y pueden intensificarse si no se adoptan medidas de mitigación y adaptación; en este sentido, es importante entender que este desafío no es un reto del futuro. La ciudad de Manizales ya ha estado experimentando una serie de riesgos hidrológicos, geológicos, meteorológicos y climatológicos. A pesar de la importancia de los riesgos geológicos, como los volcanes y los terremotos, dado el potencial de daños y perjuicios, este trabajo sólo analizará los riesgos de inundaciones, movimientos en masa, olas de calor y proliferación de vectores.

Manizales está localizada en los flancos central y occidental de las estribaciones de la Cordillera Central donde las pendientes son altas y prolongadas, favorables a la ocurrencia de procesos denudativos de remoción y transporte en masa (erosión superficial, movimientos en masa, flujos de tierra, lodos y escombros, lluvias torrenciales y procesos de socavación en cauces). (CORPOCALDAS, 2013) sugiere que cerca del 80% del territorio de Caldas presenta condiciones geomorfológicas y morfométricas favorables a la ocurrencia de procesos de inestabilidad (fenómenos que normalmente se generan en inclinaciones mayores a 30° - típico de las zonas de Manizales).

Chardon (2002) apunta que Manizales se ha convertido paulatinamente en el cuadro de acción de un trinomio para la configuración de condiciones de riesgo: fragilidad de una montaña que presenta numerosas limitaciones, urbanización acelerada y poco controlada y la vulnerabilidad amplificada. Este último está relacionado con la existencia de características propias o intrínsecas a la sociedad, que la predisponen a sufrir daños en diversos grados (conflictos con el uso del suelo, presión urbanística por el crecimiento poblacional acelerado, localización y ocupación de terrenos peligrosos, construcciones sin especificaciones ingenieriles recomendadas, deterioro de las obras de mitigación, procesos de degradación ambiental, así como la debilidad en el ámbito del conocimiento, la educación y la cultura ambiental) (CORPOCALDAS, 2012).

Es importante señalar que muchos de los desastres que ocurren en la ciudad de Manizales se deben a las fases de ENOS anteriormente presentadas. Según Fernández, (2008), las dos fases de ENOS afectan de manera diferente: con El Niño, un cultivo de café se ve afectado debido a la sequía que provoca un efecto negativo en el suelo, mientras que La Niña se caracteriza por la alta pluviosidad, esta fase afecta al entorno urbano generando movimientos en masa y taludes, pérdidas económicas e incluso pérdidas de vidas humanas, que son incommensurables.

Según Vélez et al (2010) los datos recogidos desde 1956 muestran una tendencia al alza en las precipitaciones anuales acumuladas. Esta tendencia indica que los fenómenos meteorológicos extremos parecen estar aumentando en frecuencia e intensidad, ya sea por los efectos de El Niño y La Niña (variabilidad climática), y/o por el cambio climático (CAF, 2018). CORPOCALDAS (2012) señala en su trabajo que a partir de los datos del Inventario Histórico de Catástrofes es posible observar un aumento en el número de registros de los siguientes desastres: movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales lluvias, vendavales, sequías, tempestades, sismos, erupciones volcánicas y desastres antrópicos/tecnológicos. Entre 1917 y 1989 (72 años) se registraron 351 eventos, mientras que entre 1990 y 2007 (17 años) se registraron 621 eventos. Se sabe que, aunque en el pasado no había un control en los registros de desastres como en los últimos años, las cifras muestran una discrepancia relevante, que debe ser considerada como una tendencia.

Manizales, capital del departamento de Caldas, es uno de esos territorios que sufren procesos de inestabilidad. En general, el factor topográfico, como se ha señalado anteriormente, es decisivo para la ocurrencia de amenazas naturales, especialmente, procesos denudativos, inundaciones, flujos o avalanchas. Según CORPOCALDAS (2013), cerca del 90% del territorio de Caldas, incluyendo Manizales, presenta un factor topográfico que favorece la ocurrencia de dichas amenazas (CORPOCALDAS, 2013).

La CAF (2018) señala que los eventos más frecuentes en la ciudad de Manizales son los movimientos en masa causados por la lluvia, con una media de 15 al año. Según el Inventario Histórico de Desastres y la Oficina Municipal para la Prevención y Atención de Desastres OMPAD, entre 1917 y 2007, de 1.141 registros de eventos ocurridos, 972 registros (85,2%) eran movimientos en masa.

Después de los movimientos en masa, los eventos hidrológicos y meteorológicos son los más frecuentes. En cuanto a las inundaciones, estas representan el 10% de los 1.141 registros de eventos ocurridos entre 1917 y 2007, lo que equivale a unos 114 registros, según datos del Inventario Histórico de Desastre.

En general, aunque los movimientos en masa y las inundaciones no generan pérdidas económicas como los terremotos, estas amenazas generan una serie de daños y pérdidas anuales para la ciudad de Manizales. Un ejemplo de ello fueron las fuertes lluvias que se produjeron el 18 de abril de 2017 y que provocaron desprendimientos e inundaciones que ocasionaron 1.000 personas afectadas, 17 muertos, 66 desaparecidos, 23 heridos, 70 viviendas derrumbadas y 400 desplazados. Además, en un solo día 2.200 personas se quedaron sin acceso a los servicios públicos (OCHA, 2017).

En cuanto a las olas de calor, en 2019, varios municipios de Caldas sufrieron una fuerte ola de calor, siendo Manizales uno de ellos. La sensación térmica en municipios como la Dorada, fue de 48 grados centígrados, generando síntomas de deshidratación y cambios en la salud de la población (GIRALDO, 2019). Las previsiones meteorológicas de la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPAS/OMS, 2019) para Sudamérica indican que las olas de calor pueden aumentar el estrés inducido por las altas temperaturas, reducir la disponibilidad de agua, aumentar el riesgo de incendios forestales y las pérdidas de cosechas. También señalan que las olas de calor pueden provocar cortes de electricidad, reduciendo el acceso a la ventilación, la refrigeración y el aire acondicionado.

En cuanto a la proliferación de vectores de enfermedades, más concretamente del Aedes aegypti, el aumento de las temperaturas y las precipitaciones extremas hacen que el escenario sea favorable a la proliferación de mosquitos. Padilla et al (2012) apuntan que, según los datos del Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA) entre 1999 y 2010 el número total de casos registrados de dengue en Manizales fue equivalente a 146, con una incidencia promedio por 100.000 habitantes equivalente a 3,4. En el mismo período, la ciudad fue calificada de bajo riesgo de transmisión de dengue. Es decir, si se compara con los otros municipios de Caldas, Manizales no tiene un alto riesgo de transmisión de dengue en el periodo analizado

// 03

GESTIÓN DEL RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO A ESCALA GLOBAL

3.1 // METODOLOGÍA ANÁLISIS DEL RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO A ESCALA GLOBAL PROYECTADO PARA MANIZALES

La evaluación del riesgo asociado al cambio climático implica una serie de pasos, cálculos y análisis espaciales y estadísticos. En general, en la Figura 1 que sigue a continuación se presenta un diagrama de flujo con todos los pasos de la metodología de análisis de riesgos en cuestión.

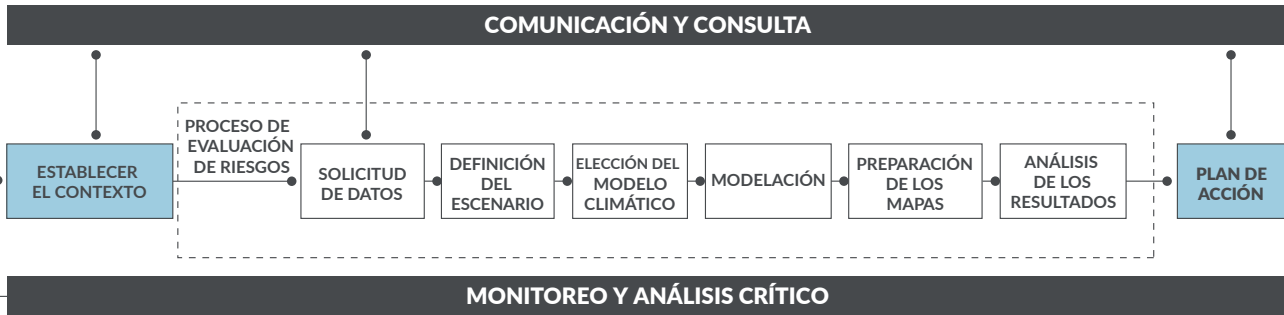


Figura 1. Diagrama de flujo de las etapas del análisis del riesgo asociado al cambio climático

En esta sección se detallarán las bases teóricas y los procedimientos necesarios para producir los índices de riesgo asociado al cambio climático relacionados con los fenómenos climáticos, previamente seleccionados por la ciudad:

1

INUNDACIÓN

Acumulación temporal de agua fuera de los cauces y áreas de reserva hídrica de las redes de drenaje (naturales y construidas). Se presentan debido a que los cauces de escorrentía superan la capacidad de retención e infiltración del suelo y/o la capacidad de transporte de los canales. Las inundaciones son eventos propios y periódicos de la dinámica natural de las cuencas hidrográficas. Las inundaciones se pueden dividir de acuerdo con el régimen de los cauces: lenta o de tipo aluvial, súbita o de tipo torrencial, por oleaje y encharcamiento (UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, 2017). Cabe señalar que en este caso no se considerarán las inundaciones naturales que se producen debido a la variabilidad temporal y espacial de las precipitaciones (estacionalidad). El foco del análisis está en las variaciones producidas por los extremos climáticos que pueden tener sus impactos exacerbados o reducidos por factores estacionales.

2

MOVIMIENTOS EN MASA

fenómeno causado por el movimiento en masa de materiales sólidos, como suelos, rocas, vegetación y/o material de construcción, a lo largo de terrenos inclinados, conocidos como laderas, taludes o acantilados. Se caracteriza por movimientos gravitatorios masivos que ocurren rápidamente, cuya superficie de ruptura está claramente definida por límites laterales y profundos bien caracterizados. Estos movimientos de masa gravitatoria están relacionados con la infiltración de agua y el empapamiento de las laderas (CASTRO, 2003).

3

OLAS DE CALOR

caracterizada por la existencia de un intervalo de tiempo de al menos 6 días consecutivos en los que la temperatura del aire es extremadamente alta en comparación con las temperaturas máximas diarias medias del período de referencia (Organización Meteorológica Mundial, OMM). Se derivan de fenómenos meteorológicos a gran escala, sin embargo, los efectos locales, como la isla de calor, que consiste en el aumento de la temperatura según los patrones de urbanización (construcción, impermeabilización/bloqueo, reducción de la cantidad de zonas verdes, entre otros) en zonas densamente pobladas, funcionan como potenciador de los impactos en relación con las temperaturas extremas (REID et al, 2009; HACON et al, 2016).

4

PROLIFERACIÓN DEL MOSQUITO (AEDES AEGYPTI)

el *Aedes aegypti* es el principal mosquito vector en la transmisión de enfermedades a los seres humanos (Organización Mundial de la Salud, OMS). Según algunos expertos, dos de los factores que contribuyen a que el *Aedes aegypti* sea un agente tan eficiente en la transmisión de enfermedades son: la capacidad de adaptación al medio ambiente y su proximidad al ser humano (BARIFUOSE, 2015). Cabe señalar que el clima analizado por sí solo no puede explicar la aparición de enfermedades transmitidas por vectores; sin embargo, es un importante factor condicionante de la distribución temporal y espacial al considerar la sensibilidad de los vectores al cambio climático, y puede influir en la dinámica de la transmisión (ROUQUAYROL et al, 1999). Así pues, la elaboración del índice de amenaza de proliferación de los vectores de enfermedades se basó, en general, en el análisis entre las variables climáticas más sensibles a la incidencia del vector *Aedes aegypti* (Más detalles en el punto 2.2.4).

El análisis de riesgos asociado al cambio climático se realizó a través de la plataforma Model of Vulnerability Evaluation (MOVE)⁵ que se basa en la metodología del Quinto Informe de Evaluación del IPCC - AR5 (INTER-GOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014). Esta metodología de riesgo cubre tres elementos esenciales: Amenaza, Exposición y Vulnerabilidad (Figura 2):

5. MOVE es una plataforma integrada para evaluar la vulnerabilidad y los riesgos asociados al cambio climático, desarrollada por WayCarbon. La plataforma es aplicable en diferentes recortes temáticos y productivos, en múltiples escalas y a partir de diferentes escenarios climáticos. El modelo produce mapas georreferenciados y estadísticas básicas para apoyar la planificación territorial y sectorial mediante pruebas científicas sólidas y actualizadas. Los resultados generados permiten identificar las principales causas de la vulnerabilidad y el riesgo al cambio climático en el contexto analizado, información esencial para definir y priorizar las estrategias de adaptación, tanto en el sector público como en el privado. Los detalles de su metodología y aplicaciones pueden encontrarse en: <http://www.moveonadaptation.com/>.

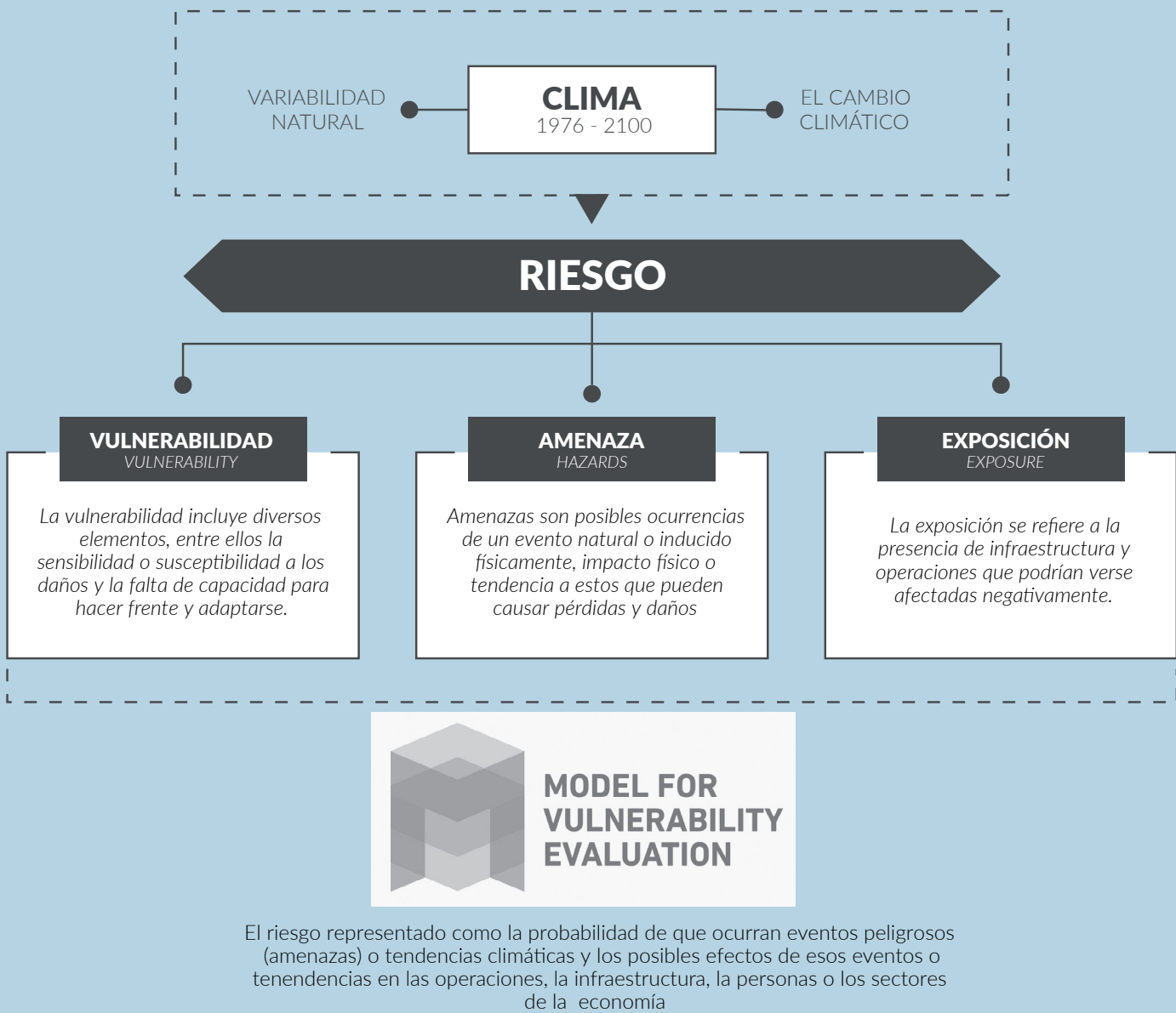


Figura 2- Framework de la metodología utilizada
Fuente: Elaboración propia a partir de (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014)

En general, el riesgo asociado al cambio climático es el resultado de la interacción entre la vulnerabilidad, la exposición y las amenazas climáticas. La amenaza está relacionada con la probabilidad de que ocurra un evento climático. La exposición y la vulnerabilidad abordan las consecuencias del impacto. Así pues, el índice de riesgo asociado al cambio climático puede obtenerse en función de la interacción entre los siguientes elementos, según la Ecuación 1:

[1]

$$R = E \times A \times V$$

donde R representa el índice de riesgo asociado al cambio climático, E es la exposición, A es la amenaza climática y V es la vulnerabilidad. En este sentido, es importante comprender los elementos que intervienen en el análisis de los riesgos asociado al cambio climático, cómo se calculan y analizan, para poder comprender el resultado obtenido de los riesgos asociados al cambio climático.

La construcción del **índice de amenaza** (A) se realizó a partir del periodo histórico (1976-2005) y proyectado (2006-2030 y 2026-2050) de los eventos climáticos de precipitación, temperatura y/o humedad del aire resultantes del modelo regional climático RCA4 forzado por el modelo global HadGEM2-ES del experimento CORDEX, con una resolución de 0,5 grados, aproximadamente 60 km. Además, para el análisis se adoptó el escenario de concentración de GEI establecido por el IPCC RCP 8.5, que indica que, si no hay cambios en lo que vivimos hoy en día en relación con las acciones climáticas y las tasas de emisión de GEI, las medidas de adaptación requerirán un mayor esfuerzo para reducir los riesgos y aumentar la capacidad de adaptación.

Como se observa en la Figura 2, las variables que representan la exposición se relacionan con la ubicación o la presencia de personas, sistemas ambientales, servicios y recursos, infraestructuras o activos económicos, sociales, culturales o ambientales que podrían verse afectados negativamente por el cambio climático (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014). En este estudio, para la construcción del **índice de exposición** (E) se consideró exclusivamente la densidad de población, calculada por el número de personas que viven en la ciudad por el área de la Manzana. Para el cálculo se han utilizado los datos de 2018 del DANE.

Con el **índice de vulnerabilidad** (V) se evalúan los factores socioeconómicos y estructurales que caracterizan la sensibilidad y capacidad de respuesta de la población. Estos factores representan una aproximación al estado de desarrollo de la población, indicando lo que la hace más o menos vulnerable a los fenómenos climáticos. Así, el índice se calcula en función de la sensibilidad o susceptibilidad y la capacidad de adaptación, desde la información espacialmente disponible (Ecuación 2).

[2]

$$\text{Vulnerabilidad} = \text{Sensibilidad} \times (1 - \text{Capacidad de Adaptación})$$

Se observa que cuanto mayor es la capacidad de adaptación, menor es la vulnerabilidad de la población, es decir, que la inversión en medidas de adaptación, ya sean estructurales o no, reduce la vulnerabilidad de la población y, en consecuencia, la hace más resiliente frente a los fenómenos meteorológicos extremos.

Después del cálculo del índice de amenaza, exposición y vulnerabilidad se define el riesgo asociado al cambio climático a partir de la ecuación 1. A continuación, se calcula, con el fin de identificar las áreas de mayor riesgo y, en consecuencia, las áreas que deben ser priorizadas en la adopción de medidas de adaptación. La definición de los umbrales de riesgo crítico se basa en la metodología de identificación de zonas críticas (hotspots) desarrollada por el Banco Mundial y la Universidad de Columbia - Nueva York (DILLEY et al,

2005). En general, esta metodología extrae los valores extremos absolutos, considerando el umbral por encima del percentil 90 en la distribución de frecuencias, en la modelización presente o futura. Por último, tras seleccionar los resultados por encima del percentil 90, los valores se clasifican en 5 rangos. Como se mencionó anteriormente, este enfoque podría orientar las políticas públicas y la priorización de las acciones de adaptación, ya que se identificarán las variaciones en el espacio y el tiempo, considerando el cambio climático en el futuro, en áreas que ya se consideran críticas.

El cálculo de las amenazas climáticas, la sensibilidad y la capacidad de adaptación de la población debido a los fenómenos meteorológicos extremos (inundaciones, movimientos en masa de tierra, olas de calor y proliferación de vectores) se desarrollará más adelante. Teniendo en cuenta que el sistema de exposición analizado es la población, y que sigue siendo el mismo independientemente del evento climático observado, no habrá cambios en el cálculo de la exposición ya presentada en esta sección, por lo que no se detallará en las siguientes subsecciones.



3.1.1 // INUNDACIÓN

Para el análisis del riesgo asociado al cambio climático de inundación se han tenido en cuenta las variables presentadas en la Figura 3.

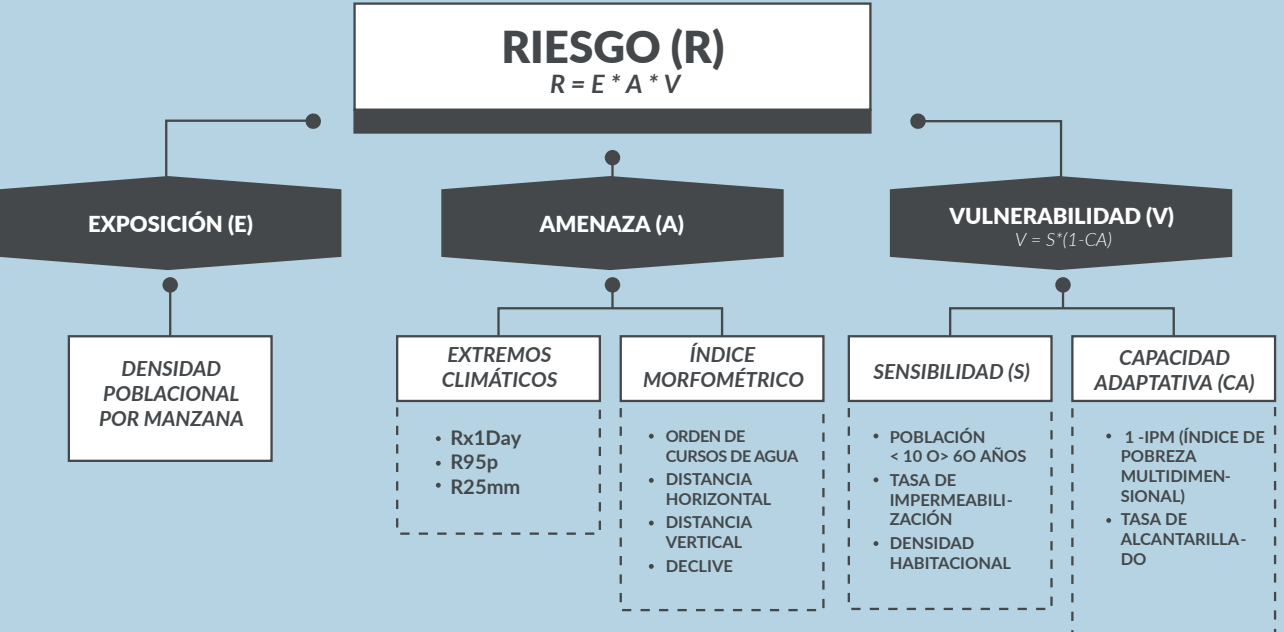


Figura 3 - Variables utilizadas para el cálculo del riesgo de inundación
Fuente: Elaboración propia

El cálculo de la amenaza de inundación se realiza representando las precipitaciones intensas que pueden dar lugar a la aparición de desbordamientos, utilizando las variables de precipitaciones extremas R95p, Rx1Día y R25mm. El primero representa la precipitación total anual de los días en que la precipitación es superior al percentil 95; el segundo se refiere a la precipitación máxima anual acumulada en 1 día; y, por último, al número de días del año con una precipitación diaria total superior o igual a 25 mm. Estas precipitaciones extremas se combinaron con la predisposición a las inundaciones para evaluar la amenaza mediante Data Envelopment Analysis (DEA)⁶, cuya calibración de los parámetros en esta metodología se realizó por medio de las zonas de protección hidráulica que se hizo disponible por la ciudad (Ecuación 3).

6. Se utiliza para la parametrización de los indicadores de peso para cada extremo climático.

$$A_{ind} = (0.62 \times RX1day + 0.08 \times R95 + 0.30 \times R25mm) \times IM$$

[3]

La predisposición a la ocurrencia de inundaciones fue evaluada con base en el índice morfométrico (IM) que consideró las siguientes variables derivadas del modelo digital de elevación, generado por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, 2000), con una resolución espacial de 30 metros: orden del río, declividad, distancia vertical y horizontal en relación con los cursos de agua.

El orden de los cursos de agua indica el grado de ramificación o bifurcación dentro de una cuenca. La declividad muestra la relación entre la diferencia de altura entre dos puntos y la distancia horizontal entre estos puntos, que influye en la intensidad de la dinámica del flujo. La distancia horizontal expresa la propensión a que ocurran inundaciones en zonas cercanas a los cursos de agua y la distancia vertical determina la trayectoria preferida del agua en el suelo hasta el desagüe más cercano. Estas variables se reprogramaron de 0 a 1: (i) cuanto más llana es la zona, más propensa a las inundaciones, por lo tanto más cerca de 1, por el contrario, se descartaron los puntos más altos (pendiente fuertemente ondulada, es decir, > 20°); (ii) cuanto mayores son las distancias verticales y horizontales de los cursos de agua, menor es la asociación con las inundaciones (por lo tanto más cerca de 0); y (iii) los cursos de agua de mayor orden reciben más descarga de agua y, por lo tanto, son más propensos a las inundaciones, estando más cerca de 1. Luego, en el álgebra de mapas se asignaron ponderaciones, considerándose la mayor ponderación para los factores de declive (0,50) y orden de los cursos de agua (0,20), considerando que las zonas planas tienden a acumular agua, mientras que las distancias horizontales y verticales recibieron ponderaciones de 0,15 cada una.

Para evaluar la vulnerabilidad, es importante desglosar los componentes de sensibilidad y capacidad de adaptación relacionados con la ocurrencia de inundaciones. Para cada uno de ellos se construyeron indicadores relacionados con factores demográficos, socioeconómicos y de infraestructura, que se detallan en la Tabla 1 siguiente:

VULNERABILIDAD					
Componentes	Capacidad Adaptativa		Sensibilidad		
Factor	Socioeconómico	Infraestructura (gris y verde)	Socioeconómico	Demográfico	Infraestructura
Indicador	1-IPM	Tasa de alcantarillado	Densidad habitacional	Población sensible	Impermeabilización
Descripción	El Índice de pobreza multidimensional es utilizado como un proxy para aquellas personas que tendrían el mayor potencial de adaptación ante las inundaciones. El nivel de ingresos indica mayor capacidad de mejorar su infraestructura habitacional o anticipar eventos futuros, por ejemplo.	La variable se adopta como proxy de precariedad o ausencia de infraestructuras de drenaje pluvial, relacionándose con una mayor sensibilidad a las inundaciones, teniendo en cuenta que los sistemas de alcantarillado comúnmente están asociados a drenaje de aguas lluvias.	En el caso de alta densidad habitacional los niveles de pobreza generalmente se reflejan en viviendas precarias. En el caso de las regiones de altos ingresos, este impacto se reduce por la capacidad de adaptación, pero el resto refleja las mayores pérdidas económicas.	Representa el porcentaje de habitantes menores de 10 y mayores de 60. Se considera que la población sensible tiene movilidad limitada, lo que podría verse más afectada en caso de inundaciones.	Los usos y ocupaciones del suelo que reducen la permeabilidad o crean áreas impermeables favorecen la intensificación de los eventos de inundación, debido a cambios en las tasas naturales de absorción y escorrentía del agua de lluvia en el suelo.
Fuentes	(DANE, 2018)	(DANE, 2018)	(DANE, 2018)	(DANE, 2018)	(USGS, 2013; ALCALDÍA DE MANIZALES, 2017)

Tabla 1-Indicadores utilizados para el cálculo de la vulnerabilidad a la ocurrencia de inundaciones

Para evaluar la sensibilidad de la población a la ocurrencia de inundaciones, se construyeron indicadores de población sensible, densidad habitacional y tasa de impermeabilización. El primero y segundo corresponden a un factor demográfico y el último a un factor estructural. El indicador de población sensible refleja el porcentaje de personas menores de 10 años y mayores de 60 años por manzanas (DANE, 2018). Se supone que la población de estos grupos de edad puede tener una capacidad de locomoción limitada, siendo potencialmente más afectada en caso de inundaciones. El indicador de densidad habitacional se utilizó considerando que, en el caso de una alta densidad de viviendas en regiones de pobreza, ésta suele reflejarse en viviendas precarias, en otros términos, se tuvo en cuenta las regiones con alta densidad poblacional pero bajos recursos económicos. Para su cálculo se han utilizado los datos del número de viviendas del DANE de 2018.

El índice de sensibilidad también consideró el indicador de impermeabilización, ya que estas zonas favorecen la intensificación de los eventos de inundación, debido a los cambios en las tasas naturales de absorción y escurrimiento del agua de lluvia en el suelo. Las áreas impermeables son el resultado del uso y la ocupación del suelo. Así, para el cálculo de este indicador se han utilizado los datos de uso del suelo del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) y la cobertura del suelo estimada por el satélite Landsat 8, con una resolución espacial de 30 metros para el año de 2020 (USGS, 2013).

En la capacidad adaptativa se analizó la condición socioeconómica de la población y las infraestructuras que pueden aumentar la capacidad de respuesta de la población si la amenaza se materializa. Para ello, se utilizaron los datos del índice de pobreza multidimensional (IPM), extraídos del DANE 2018, como un proxy para tratar de extraer las personas que tendrían mayor potencial de adaptación a las inundaciones. Además, el nivel de ingresos indica mayor capacidad de mejorar su infraestructura habitacional o anticipar eventos futuros. Para los factores relacionados con la infraestructura se utilizaron la tasa de alcantarillado (DANE, 2018). Esta variable se adopta como indicador de la precariedad o ausencia de infraestructuras de drenaje pluvial, ya que los sistemas de alcantarillado suelen ir acompañados de sistemas de drenaje de aguas lluvia, lo que se relaciona con una menor capacidad adaptativa a las inundaciones.

3.1.2 // MOVIMIENTOS EN MASA

La Figura 4 presenta las variables utilizadas para el análisis del riesgo asociado al cambio climático para los movimientos en masa mediante un diagrama de flujo:

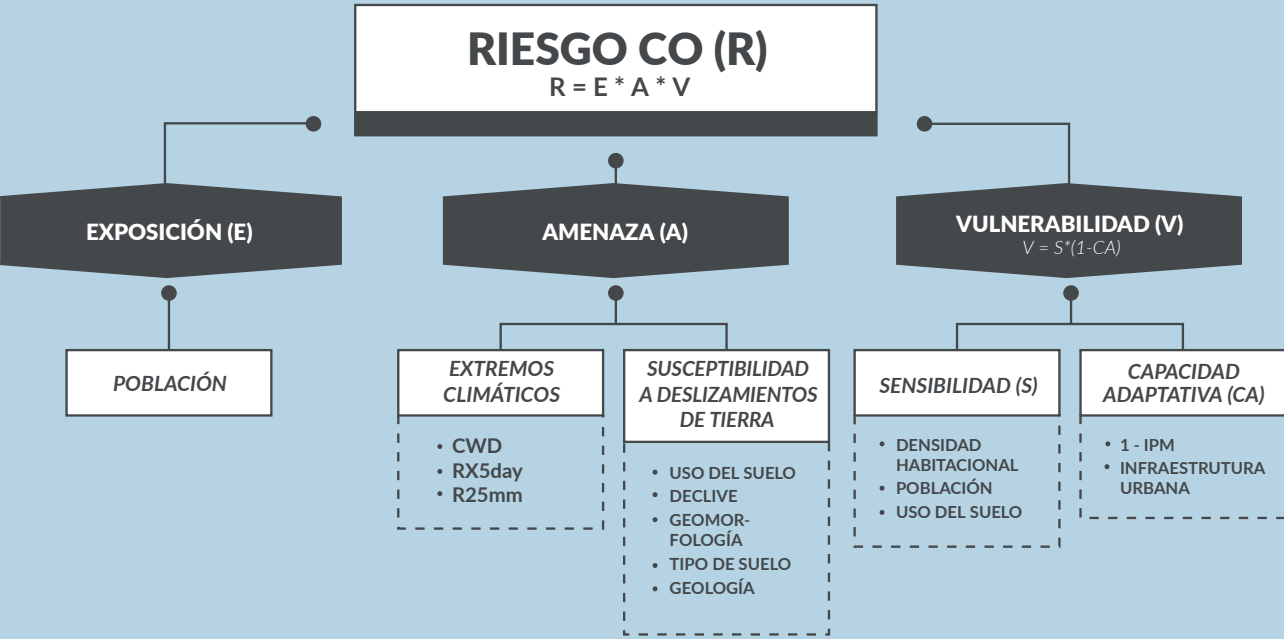


Figura 4- Variables utilizadas para el cálculo del riesgo de movimientos en masa
Fuente: Elaboración propia

El transporte gravitacional, como la erosión y el movimiento en masa, está influenciado por variables de derivaciones geomorfológicas y de cobertura del suelo. La pendiente del terreno tiene una estrecha relación con el movimiento en masa y, asimismo, la forma de los taludes cuando se observan de perfil (curvatura vertical) y en proyección horizontal (curvatura horizontal), siendo variables resultantes de los modelos digitales de elevación (SRTM, USGS,2013)⁷. Así, en la predisposición a los movimientos en masa se consideraron los tipo (pedología) y uso del suelo, geología, declive y se ponderaron estos mapas temáticos con base a estudios con criterios relacionados con el desencadenamiento de movimientos en masa para la construcción del índice morfométrico (IM) (CANAVESI et al, 2013; CAMARINHA et al, 2014; SOARES, 2015) (Tabla 1). En general, valores cercanos a 1 ofrecen una predisposición mayor a movimientos en masa, mientras que, valores cercanos a 0 son áreas menos propensas a que ocurran dichos eventos. Todas las informaciones morfométricas fueron proyectadas a la escala del MDE en píxel de 30 x 30 m.

Por último, los mapas se cruzaron a través del rango difuso (Ecuación 4), así (CAMARINHA et al, 2014):

$$\mu=(1-\prod_{(i=1)}^n \square \mu_i (1-\mu_i)^{\gamma}) \times (\prod_{(i=1)}^n \square (\mu_i)^{1-\gamma})$$

[4]

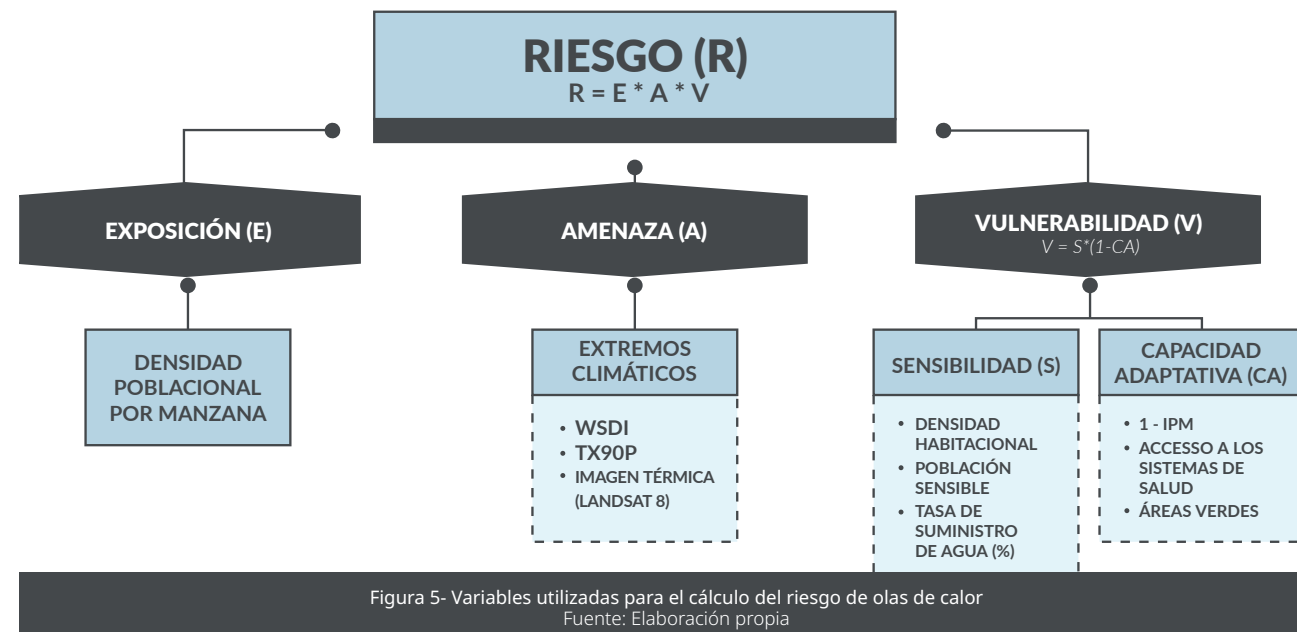
donde μ_i es la función de asociación difusa del i-ésimo mapa, $i = 1, 2, ..., n$ a combinar y γ (rango) es un parámetro dentro del rango (0 a 1), adoptando el valor de 0,8 según (CAMARINHA et al, 2014).

VARIABLE/FUENTE	PRESUPUESTO	CLASE	VALOR
Uso del suelo (ALCALDÍA DE MANIZALES, 2017)	La cubierta forestal contribuye a la buena intercepción del agua de lluvia en el suelo, evitando la escorrentía y, en consecuencia, los procesos de movimientos en masa. Por otro lado, las zonas sin vegetación tienden a favorecer la escorrentía superficial y a reducir la infiltración del agua en el suelo, además de dejar el suelo desprotegido, lo que lo hace más susceptible a los desprendimientos.	Forestal	0
		Agrícola Permanente	0,2
		Agroforestal	0,2
		Agrícola Temporal	0,4
		Agrícola Transitorio	0,4
		Agrícola	0,4
		Construcción	0,6
		Pecuario	0,8
		Silvopastoril	0,8
		Cuerpo de Agua	1
		Uso Minero	1
		Suelo Erial	1
Declive (SRTM, USGS-2000)	Las pendientes más pronunciadas son más propensas a los desprendimientos y es uno de los principales factores que inducen a la inestabilidad de las laderas.	≤ 3° - Plan	Null
		3-8° - Ondulado suave	0,3
		8-20° - Ondulado	0,5
		20-45° - Ondulado fuerte	0,8
		>45° - Montañoso	1
Pedología (SOTERLAC) ⁸	Los suelos arenosos tienden a ser más susceptibles que los arcillosos debido a la facilitación del proceso de infiltración del agua en los suelos arenosos y a que generalmente son menos profundos que los suelos arcillosos.	Clase I - Litosoles	0,5
		Clase Bh – Cambisoles húmicos	0,7
		Clase Th - Andosoles húmicos	0,2

7. “[...] contiene registros altimétricos estructurados en filas y columnas georreferenciadas, como una imagen con un valor de elevación en cada píxel” (VALERIANO, 2008, p.21).
8. <https://data.isric.org/>

3.1.3 // OLAS DE CALOR

La Figura 5 presenta un resumen de las variables utilizadas para el análisis del riesgo asociado al cambio climático de las olas de calor:



Los extremos climáticos que indican la duración y la intensidad de las olas de calor junto con la temperatura de la superficie dieron como resultado la amenaza de olas de calor mediante la ecuación 6:

$$A_{oc} = (WSDI+TX90P2) \times \text{Imagem Termal} \quad [6]$$

donde Aoc representa la amenaza de ola de calor; WSDI (Warm Spell Duration Index) es el recuento anual de días con al menos 6 jornadas consecutivas en los que la temperatura máxima diaria supera el percentil 90 (CPTec/INPE); TX90p es el porcentaje anual de días en los que la temperatura máxima supera el percentil 90 en relación con el periodo base (CPTec/INPE); y la imagen térmica IT de Landsat 8 (banda 10) con fecha de julio de 2020 (USGS, 2000).

Para evaluar la vulnerabilidad, es importante desglosar los componentes de sensibilidad y capacidad de adaptación relacionados con la ocurrencia de olas de calor. Para cada uno de ellos se construyeron indicadores relacionados con factores demográficos, socioeconómicos y de infraestructura que se detallan en la Tabla 4.

VULNERABILIDAD						
Componentes		Capacidad Adaptativa		Sensibilidad		
Factor	Socioeconómico	Infraestructura (gris y verde)		Socioeconómico	Demográfico	Infraestructura
Indicador	1-IPM	Acceso a los sistemas de salud	Áreas verdes	Densidad habitacional	Población Sensible	Tasa de suministro de agua
Descripción	Los ingresos se utilizan como proxy para aquellas personas que tendrían el mayor potencial de adaptación ante las olas de calor. El nivel de ingresos indica mayor o menor capacidad de inversión para mejorar su infraestructura habitacional o anticipar eventos futuros, por ejemplo.	Cuanto mayor sea el acceso a los servicios de salud, mejor preparada estará la región para reducir la mortalidad de la población por picos de temperatura	La proximidad a áreas libres y naturales puede entenderse como un factor que reduce la temperatura local.	En el caso de alta densidad habitacional en regiones de pobreza, generalmente se reflejan en viviendas precarias. En el caso de las regiones de altos ingresos, este impacto se reduce por la capacidad de adaptación, pero el resto refleja las mayores pérdidas económicas.	Representa el porcentaje de habitantes menores de 10 y mayores de 60. Según la OMS, las personas menores de 10 años y mayores de 60 son más susceptibles a la mortalidad y morbilidad (enfermedades cardíacas y respiratorias) en los sofocos.	La tasa de suministro de agua actúa como un indicador de la precariedad o la falta de acceso al agua. Estar conectado a la red de suministro puede reducir la sensibilidad de la población a las olas de calor. Por ejemplo, para refrescarse o hidratarse, contribuyendo al bienestar y comodidad de la población.

Componentes	Capacidad Adaptativa			Sensibilidad		
Fuentes	(DANE, 2018)	(ALCALDÍA DE MANIZALES, 2017)	(DANE, 2018)	(DANE, 2018)	(DANE, 2018)	(ALCALDÍA DE MANIZALES, 2017); (USGS, 2013)

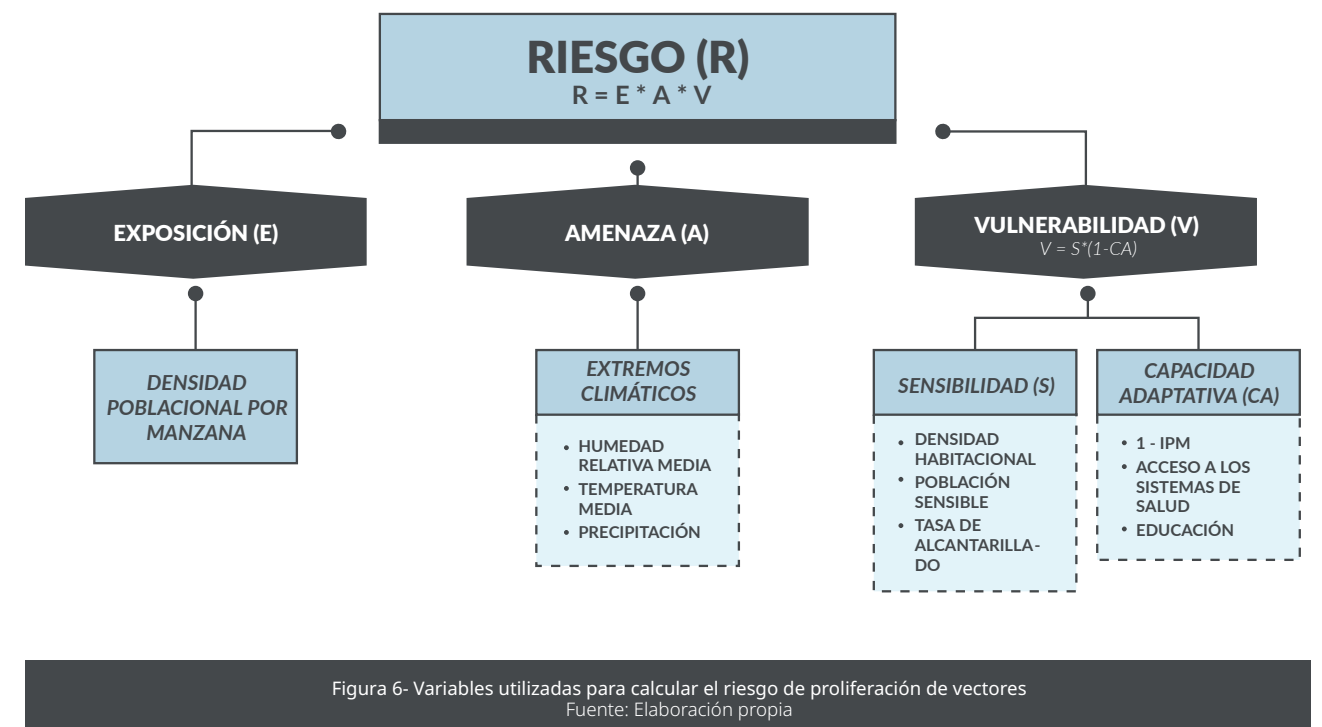
Tabla 4 - Indicadores utilizados para el cálculo de la vulnerabilidad a la ocurrencia de olas de calor

Para evaluar la sensibilidad de la población se consideró la población más susceptible, la densidad habitacional (explicada en la sección 3.1.1) y la tasa de suministro de agua. Debido a que esta tasa actúa como un indicador de la precariedad o la falta de acceso al agua, estar conectado a la red de suministro puede reducir la sensibilidad de la población a las olas de calor, al poder refrescarse o hidratarse, contribuyendo al bienestar y comodidad de la población. La tasa de suministro de agua se calculó con los datos del DANE de 2018 sobre el porcentaje de viviendas con conexión a la red pública de acueducto.

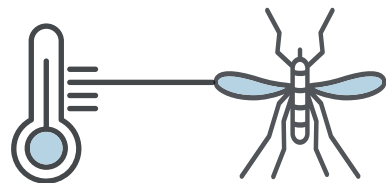
La capacidad de adaptación también incluyó el índice de pobreza multidimensional (detallado en la sección 3.1.1) junto con la proximidad a zonas verdes y el sistema de salud. En cuanto a la presencia de zonas verdes, identificados mediante el promedio de la imagen térmica de 2019 - 2020 del satélite LANDSAT 8⁹ con una resolución de 15 metros, aunque no elimine las olas de calor en los grandes núcleos urbanos, se considera que a gran escala, el aumento de la cobertura vegetal en la ciudad podría minimizar este impacto y actuar como medida de adaptación. En cuanto a la proximidad al sistema de salud, teniendo en cuenta los datos extraídos del POT, se entiende que cuanto más cerca esté de un equipamiento sanitario, mejor preparada estará la región para reducir la mortalidad y la morbilidad de la población debido a los picos de temperatura.

3.1.4 // PROLIFERACIÓN (*AEDES AEGYPTI*)

La Figura 6 muestra las variables utilizadas para el análisis del riesgo asociado al cambio climático de la proliferación de vectores:



9. <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/>



Las variables relacionadas con el aumento de la temperatura, la humedad relativa del aire y las precipitaciones son las condiciones climáticas que más se asocian con el aumento de las zonas propicias para la reproducción y desarrollo del vector y la dinámica de transmisión (MOORE, 1985; KEATING, 2001; PATZ et al, 2005; RIBEIRO et al, 2006; FULLERTON et al, 2014).

A partir de los límites de temperatura, precipitación y humedad del aire se estimaron cuatro indicadores: (i) el número probable de generaciones, ecuación 7 (BESERRA et al, 2006); (ii) el potencial probable de infección, ecuación 8 (LAMBRECHTS et al, 2011); (iii) la probabilidad de transmisión, ecuación 9 (LAMBRECHTS et al, 2011) y (iv) la positividad probable para la eclosión de huevos, ecuación 10 (VIANELLO et al, 2006). Las ecuaciones consideradas para cada uno de los indicadores provienen de la literatura especializada y consideran los valores de los coeficientes probados en laboratorio por los autores mencionados.

NG=30×(T_{medt}-9,95)251,9

[7]

Donde NG es el número de generaciones y Tmedt es la temperatura promedio.

PI=(0,0729×T_{medt})-0,9037

[8]

En el que IP representa el potencial de infección y Tmedt la temperatura promedio.

PT=(0,001044×T_{med})×(T_{medt}-12,286)×√(32,461-T_{medt})

[9]

Donde PT es la probabilidad de transmisión y Tmedt es la temperatura promedio.

OP = -162,3230+(1,3089×U_{medt})+(4,8921×T_{medt})+(0,0436×P_{acumt})

[10]

n el que OP representa la ovitrampa positiva (eclosión de huevos), Tmedt es la temperatura promedio, Umedt es la humedad relativa promedio del aire y Pacumt es la precipitación total acumulada. Por último, los mapas se cruzaron a través del rango difuso (Ecuación 4 – sección 3.1.2).

Para evaluar la vulnerabilidad, es importante desglosar los componentes de sensibilidad y capacidad de adaptación relacionados con la ocurrencia de proliferación del mosquito Aedes aegypti. Para cada uno de ellos se construyeron indicadores relacionados con factores demográficos, socioeconómicos y de infraestructura que se detallan en la Tabla 5 siguiente:

VULNERABILIDAD						
Componentes	Capacidad Adaptativa			Sensibilidad		
Factor	Socioeconómico	Infraestructura (gris y verde)		Socioeconómico	Demográfico	Infraestructura
Indicador	1-IPM	Acceso a los sis-temas de salud	Educación	Densidad habitacional	Población Sensible	Tasa de alcantarillado
Descripción	Los ingresos se utilizan como proxy para aque-las personas que tendrían el mayor potencial de adaptación ante la amenaza de proliferación. El nivel de ingresos indica mayor o menor capacidad de inversión para mejorar su infraestructura habitacional o anticipar eventos futuros, por ejemplo.	Cuanto mayor sea el acceso a los servicios de salud, mejor prepa-rada estará la región para reducir la morbilidad y la mortalidad de la población afectada por enfermedades.	Variable utilizada como proxy de la capacidad de adaptación a los brotes de enfermedades. La presencia de mujeres con mayor nivel edu-cativo se corre-laciona con una mayor capaci-dad de la familia para enfrentar los brotes de vectores, realizar medidas preven-tivas y atender adecuadamente a los pacientes.	En el caso de alta densidad habitacio-nal en regiones de pobreza, general-mente se reflejan en viviendas pre-carias. En el caso de las regiones de altos ingresos, este impacto se reduce por la capacidad de adaptación, pero el resto refleja las mayores pérdidas económicas.	Representa el porcentaje de habitantes meno-res de 10 y mayo-res de 60. Los niños y los ancianos pueden considerarse más susceptibles a las enfermedades infecciosas, con menor respuesta inmunitaria y, además, tienden a sufrir más los síntomas.	Se utiliza como proxy porque la ausencia de sistemas de alcan-tarillado implica una menor capacidad de drenaje de aguas pluviales y una mayor probabilidad de acumulación de agua debido al déficit de infraestructura que contribuye a la proli-feración del vector.
Fuentes	(DANE, 2018)	(ALCALDÍA DE MANIZALES, 2017)	(DANE, 2018)	(DANE, 2018)	(DANE, 2018)	(DANE, 2018)

Tabla 5- Indicadores utilizados para el cálculo de la vulnerabilidad a la ocurrencia de proliferación (Aedes aegypti)

Para la sensibilidad a la proliferación de vectores se consideraron las siguientes variables: densidad habitacional, población sensible y tasa de alcantarillado (explicadas en la sección 3.1.1). La capacidad de adaptación incluía el índice de pobreza multidimensional (detallado en la sección 3.1.1), el acceso a los sistemas de salud (detallada en la sección 3.1.3) y la educación o mejor el nivel educativo. Este último se utilizó como un proxy de la capacidad de adaptación a los brotes de enfermedades. Esto se debe a que, además de que las mujeres son agentes eficaces del cambio en relación con la mitigación y la adaptación, ya que tienen valiosos conocimientos y experiencia práctica que puede abordar los problemas climáticos (PNUD, 2016), las mujeres con más educación tienden a tener familias más sanas (FPNU, 2010). Por lo tanto, se cree que la presencia de más mujeres con estudios se correlaciona con una mayor capacidad de los hogares para hacer frente a los brotes de vectores teniendo en cuenta que llevan a cabo medidas preventivas y atienden adecuadamente a los enfermos.

// 04

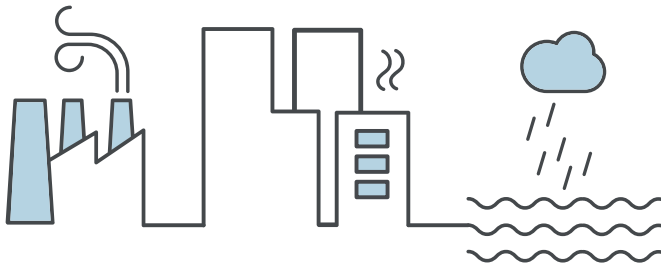
ANÁLISIS DEL RIESGO
ASOCIADO AL CAMBIO
CLIMÁTICO PROYECTADO
PARA MANIZALES

A continuación, se presentan los resultados del análisis del índice de riesgo asociado al cambio climático y los indicadores intermedios elaborados. En primer lugar, como la exposición de la población de Manizales se mantiene constante independientemente de la amenaza climática, se presentará por separado. Posteriormente, se presentará un resumen descriptivo de los resultados por amenaza climática, seguido de los mapas y gráficos. Es importante señalar que algunas manzanas no disponen de información sobre datos de población, en estos casos no ha sido posible realizar el análisis de riesgo. Los sectores que no disponen de datos son identificados en todos los mapas presentados.

4.1// EXPOSICIÓN

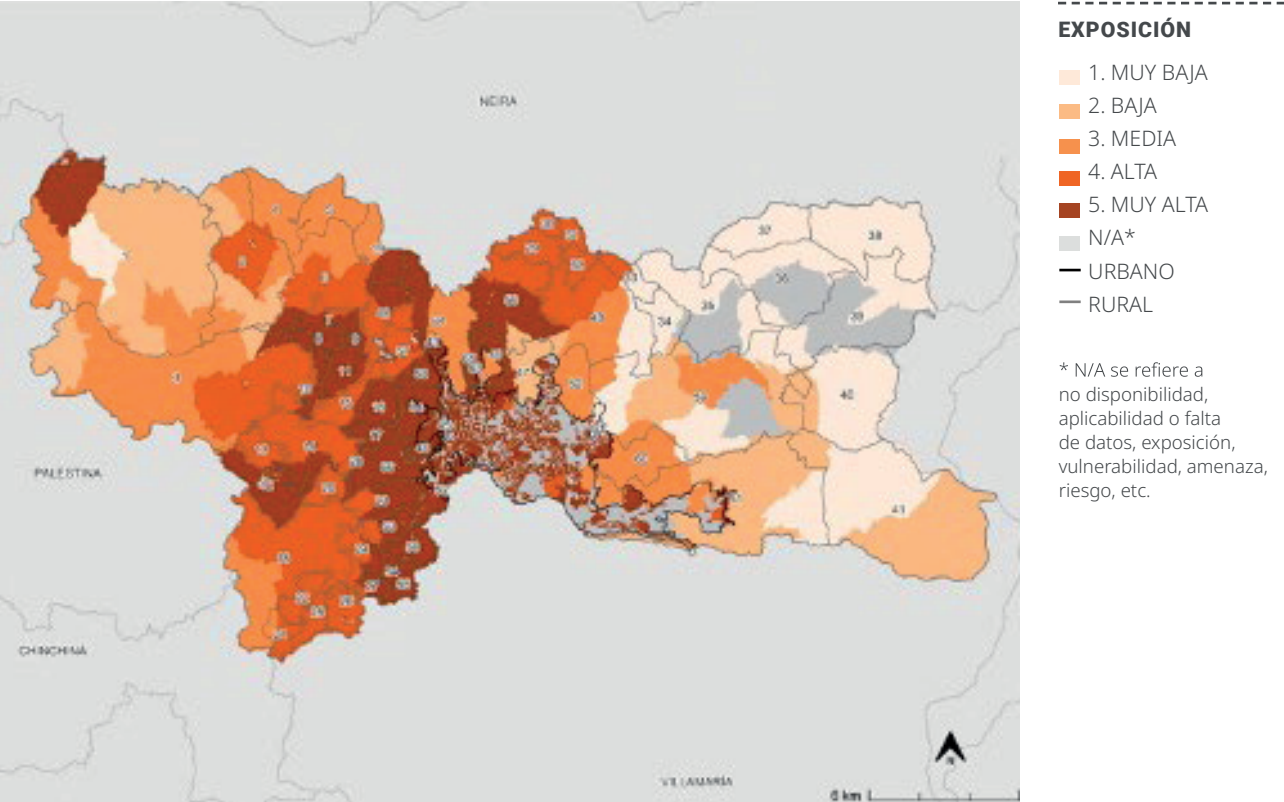
En el Mapa 1 se presenta el resultado del índice de exposición de la población de Manizales a los efectos del cambio climático. El análisis realizado se hizo a nivel de manzana y sectores rurales (cálculo), sin embargo, se presentó en el límite geográfico de la vereda (sólo representación en el mapa) para facilitar la localización. Este resultado refleja las veredas de la ciudad con mayor densidad de población, es decir, que un fenómeno climático tendría un mayor impacto si se produce, afectando al mayor número de personas por kilómetro cuadrado. Cabe destacar que la exposición mostrada aplica a todas las amenazas analizadas, es decir, el mapa se refiere a la exposición de la población de Manizales a inundaciones, movimientos en masa, olas de calor y proliferación del mosquito *Aedes aegypti*.

Se observa que una proporción considerable de la población de la ciudad tiene un nivel de exposición clasificado como “Muy alto”, estando más concentrada en la zona central y más al oeste de la ciudad. Este resultado se relaciona con una alta densidad de población por manzana en esa región. Además, se observa que de las zonas del área urbana que disponen de información, casi el 100% está clasificado como de exposición “muy alta”. Al observar el mapa es posible notar que hay algunas zonas grises que se refieren a áreas donde no hay datos disponibles en el DANE.



ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MANIZALES

EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN



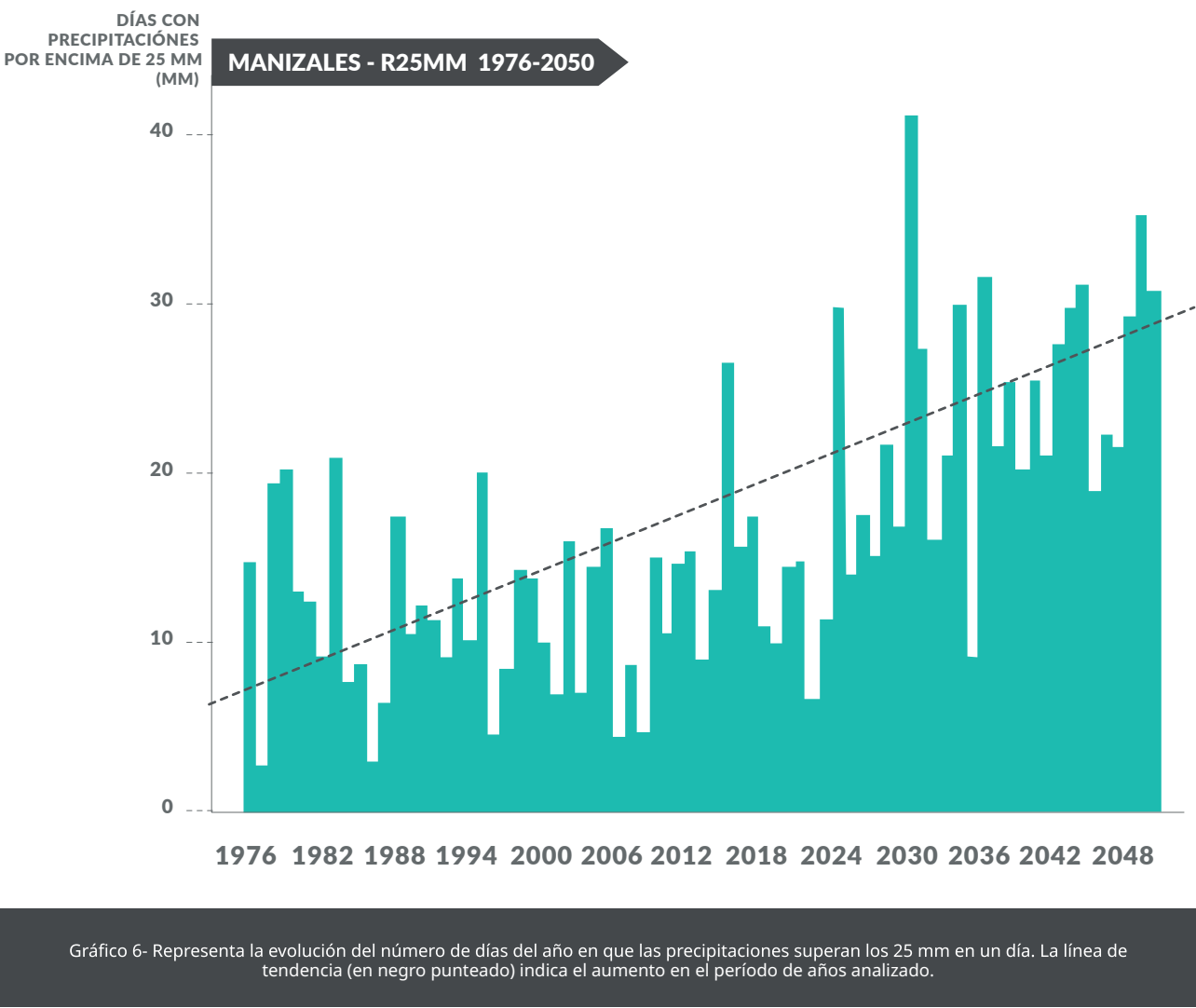
Mapa 1 - Exposición de la población de Manizales

4.2// INUNDACIÓN

4.2.1// SÍNTESIS

Al analizar el mapa de amenaza por inundación, se observa que en el periodo base y en el escenario 2030 está en la parte más central del territorio de Manizales (Mapa 2). Sin embargo, en el escenario de 2030 se puede observar que la amenaza en la zona central tiene más áreas en las que la amenaza se clasifica como “alta”. Para el escenario de 2050, la amenaza clasificada como “muy alta” está dispersa en la mayor parte de la ciudad con una gran intensificación en comparación con otros períodos analizados. Cabe destacar que la amenaza de inundación se materializa en las zonas de desbordamiento del río, lo que le da su forma característica.

Este comportamiento de la amenaza se puede entender a través de las variables de extremos climáticos que intervienen en el cálculo de la amenaza de inundación (Gráfico 4, 5 y 6).



A partir de los gráficos anteriores, se puede observar que todas las variables analizadas han aumentado a lo largo de los años según se muestra en la línea de tendencia del gráfico. Esta situación, como se mencionó anteriormente, ayuda a entender por qué habrá un aumento en la amenaza de inundación en la ciudad de Manizales. Cabe destacar que, entre las tres variables analizadas, la R25mm fue la que mostró una mayor tendencia al aumento, es decir, el número de días del año en que las precipitaciones superan los 25 mm en un día incrementará considerablemente.

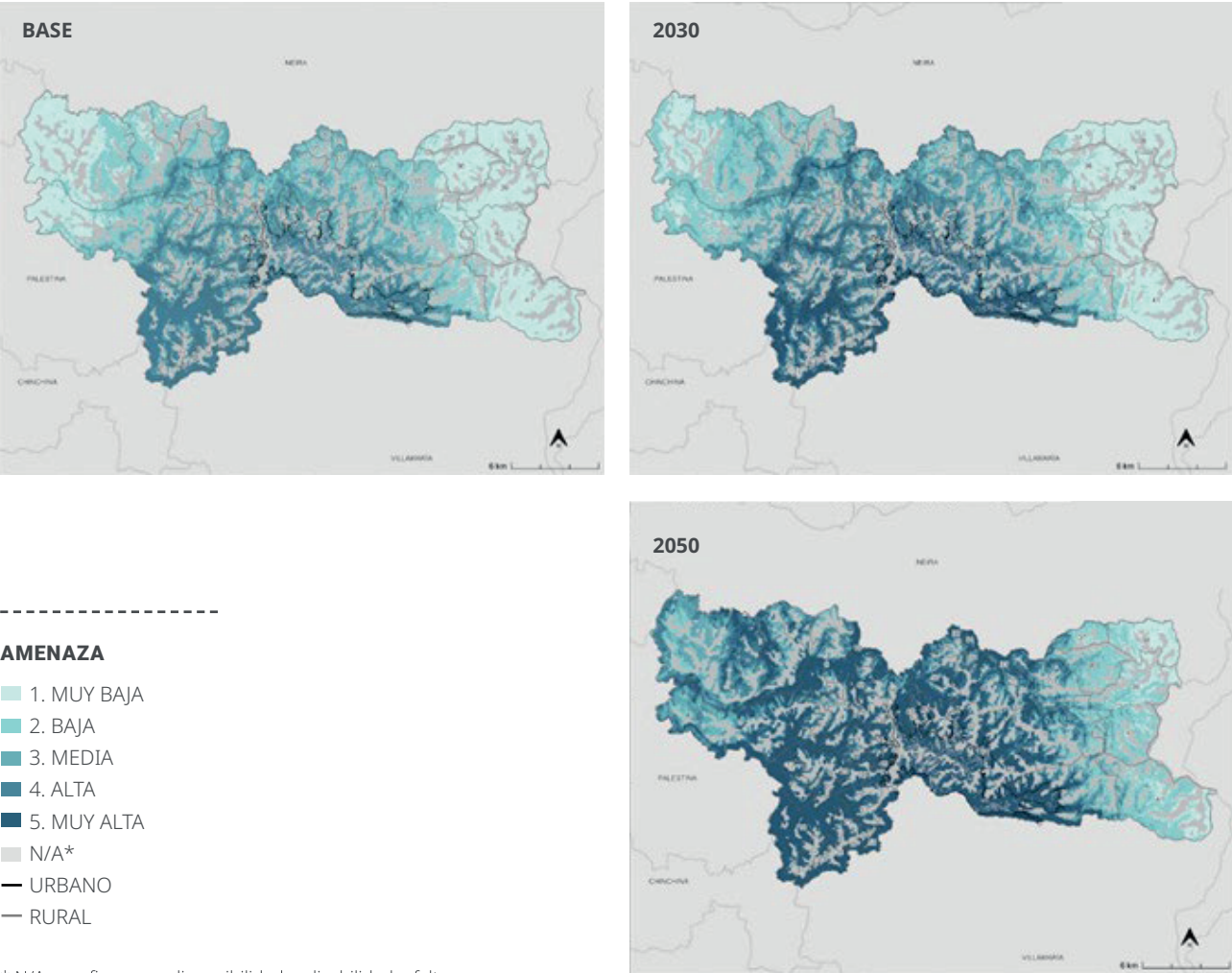
El Mapa 3 presenta la situación de vulnerabilidad de la población de Manizales. Se observa que en las zonas de mayor vulnerabilidad, las clasificadas como “muy altas”, están dispersos por el territorio de la ciudad. Este resultado se origina en la combinación de las variables de sensibilidad y capacidad de adaptación utilizadas, siendo éstas: densidad habitacional, población sensible, índice de pobreza multidimensional e impermeabilización.

En el Mapa 4 se puede observar que el riesgo de inundaciones se concentra en la parte central y oeste de Manizales, siendo más intenso en los ríos de orden superior. Este riesgo se incrementa considerablemente debido a la amenaza proyectada. En el Mapa 5 es posible observar las zonas más críticas (hotspots) respecto al riesgo de inundación donde se observa que dichas zonas se encuentran en la parte central y occidental de la ciudad, y que a lo largo del periodo analizado se produce una intensificación del riesgo en estos lugares.

4.2.2 // MAPAS

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MANIZALES

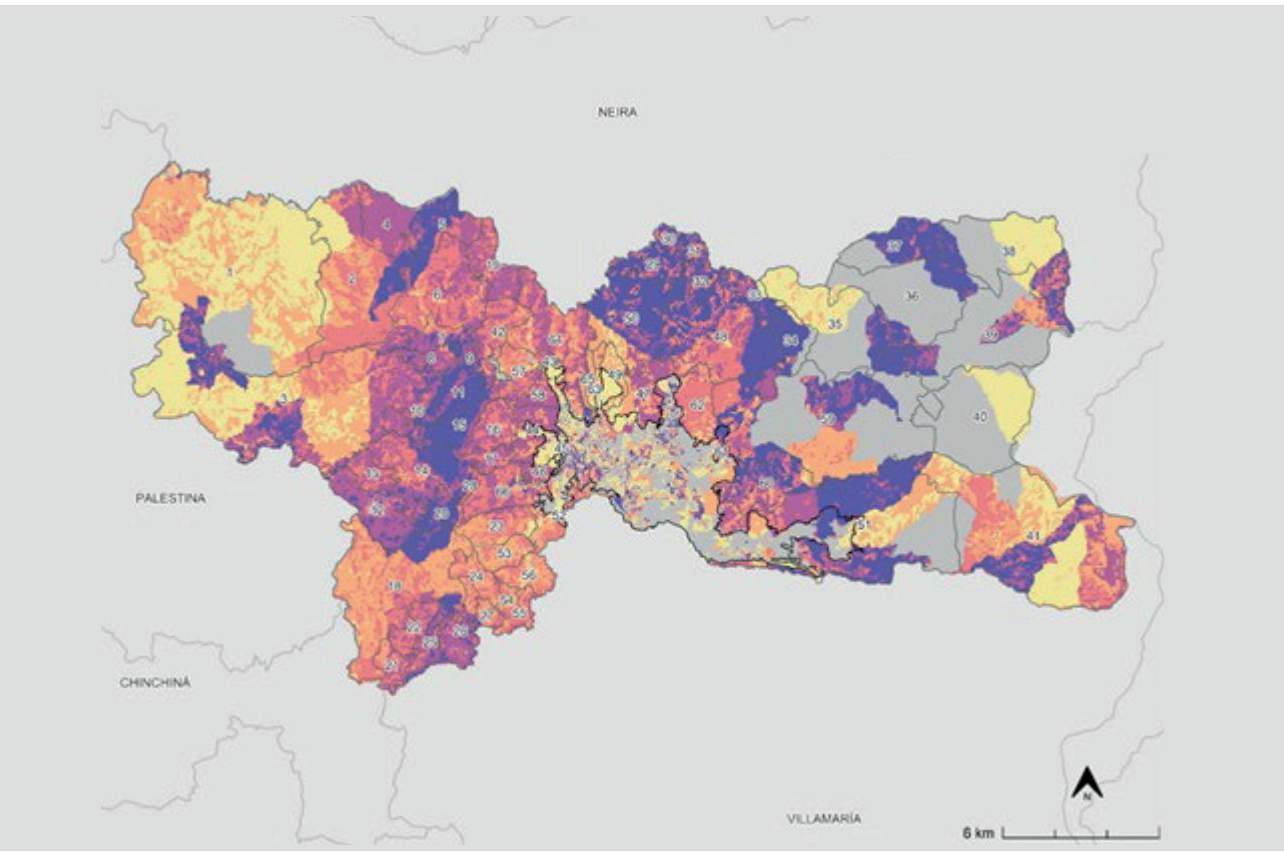
AMENAZA DE INUNDACIÓN



Mapa 2- Amenaza de inundación en la ciudad de Manizales

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MANIZALES

VULNERABILIDAD PARA LA INUNDACIÓN

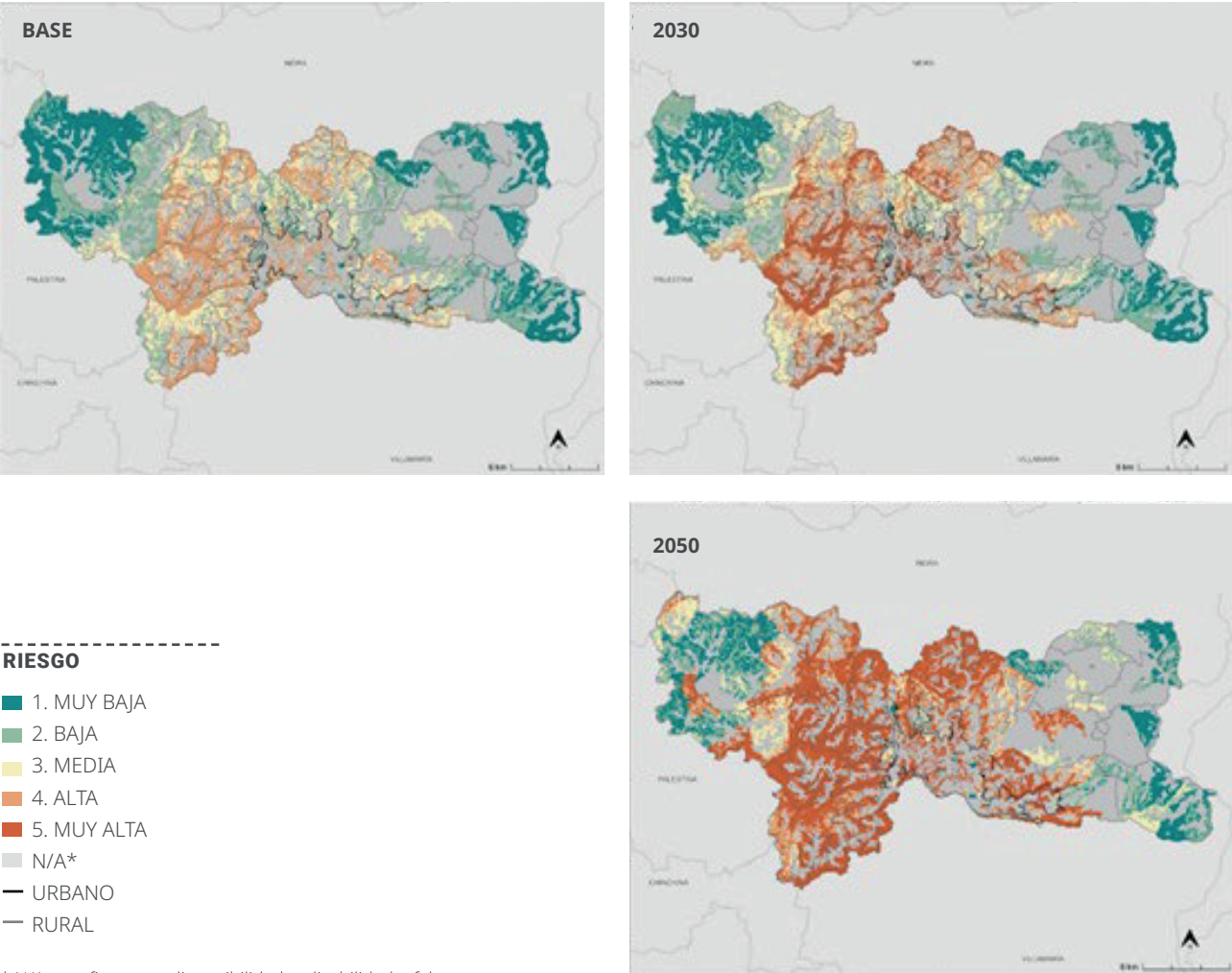


Mapa 3- Vulnerabilidad a las inundaciones en la ciudad de Manizales.

* N/A se refiere a no disponibilidad, aplicabilidad o falta de datos, exposición, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, etc.

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MANIZALES

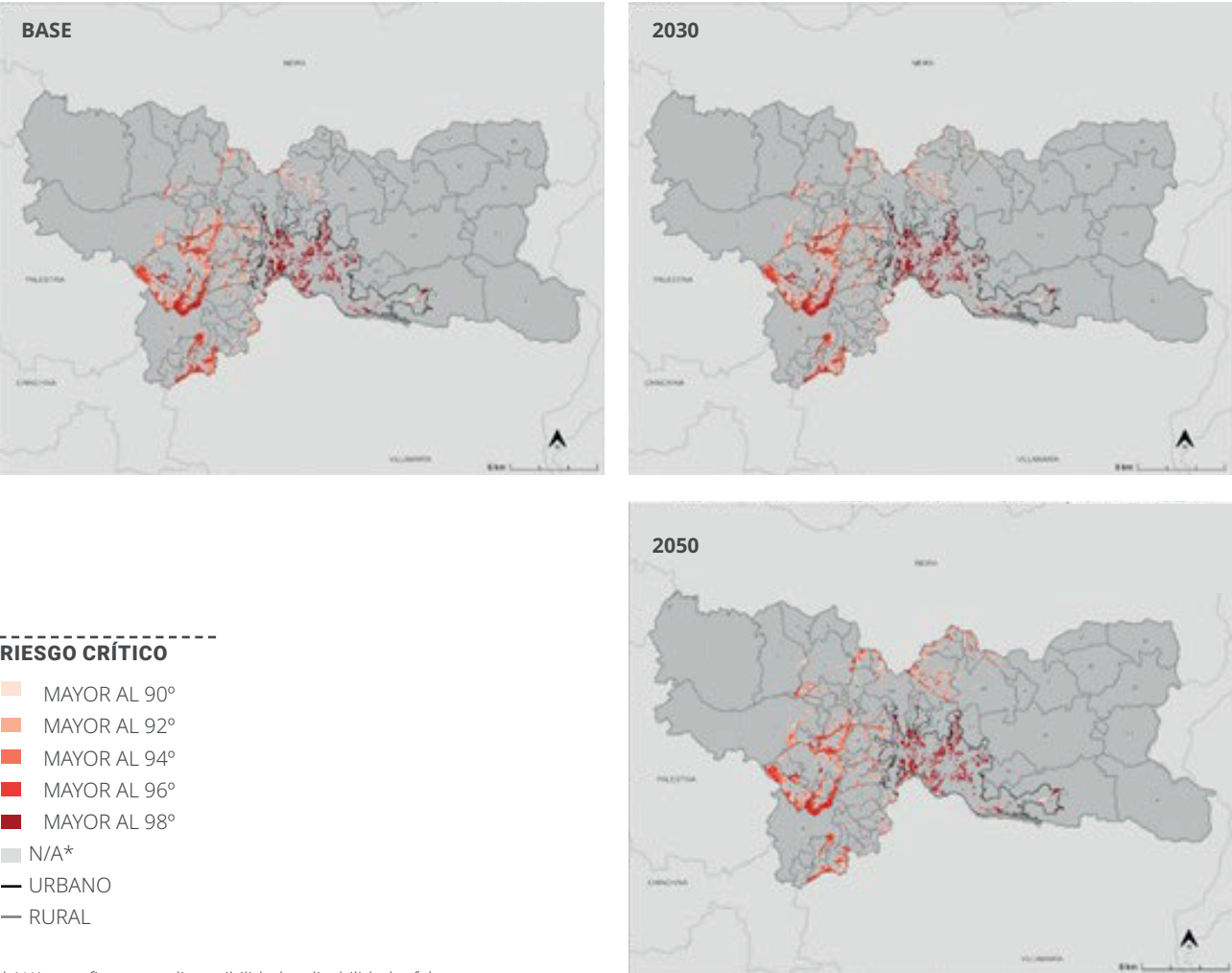
RIESGOS - INUNDACIÓN



Mapa 4- Riesgo de inundaciones en la ciudad de Manizales.

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO DE MANIZALES

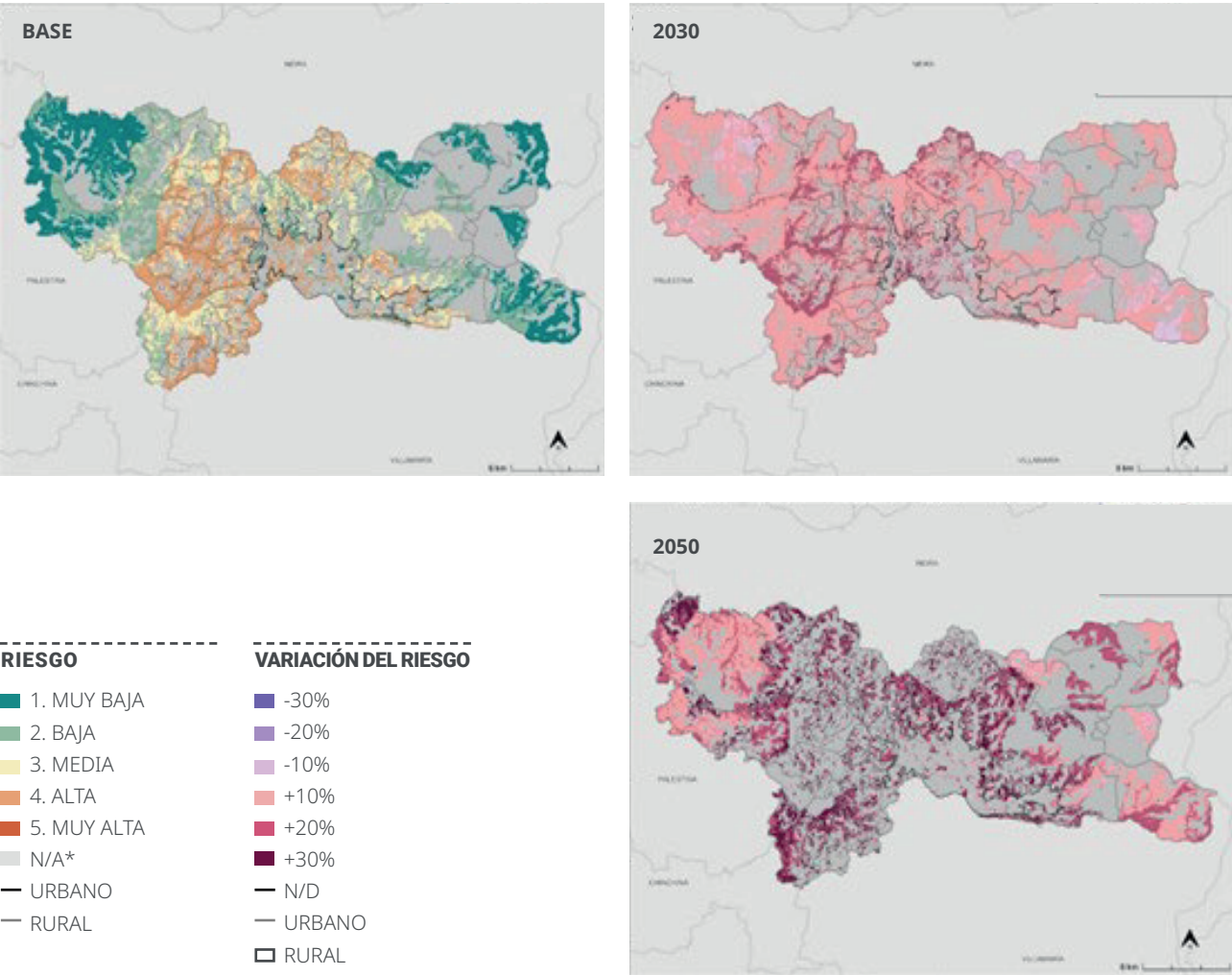
RIESGO CRÍTICO - INUNDACIÓN



Mapa 5- Riesgo crítico de inundaciones en la ciudad de Manizales.

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO DE MANIZALES

VARIACIÓN DEL RIESGO - INUNDACIÓN



* N/A se refiere a no disponibilidad, aplicabilidad o falta de datos, exposición, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, etc.

Mapa 6- Variación del Riesgo de inundaciones en la ciudad de Manizales

4.3// MOVIMIENTOS EN MASA

4.3.1// SÍNTESIS

La amenaza de movimientos en masa se define en gran medida por una geomorfología más o menos susceptible y el aumento de los extremos climáticos genera un fuerte aumento de la amenaza en el período observado.

Los mapas de amenaza de movimientos en masa indican que habrá una intensificación a lo largo del periodo analizado en el territorio de Manizales (Mapa 7). Se observa que entre el periodo de referencia y el escenario de 2030 no habrá un cambio considerable, sin embargo, para el escenario de 2050 se observa un cambio significativo en el comportamiento de las amenazas en comparación con los demás. Este comportamiento puede entenderse mediante el análisis de las variables que componen la amenaza de desprendimiento: CWD (número máximo de días consecutivos con lluvia en el año), Rx5day (precipitación máxima anual en 5 días) y R25mm (número de días en el año con precipitaciones superiores a 25 mm) (Gráfico 6, 7 y 8). Cabe destacar que el gráfico de la variable R25mm fue presentado anteriormente en la sección 4.2.1, y esta variable tiene una tendencia a aumentar durante el período analizado.

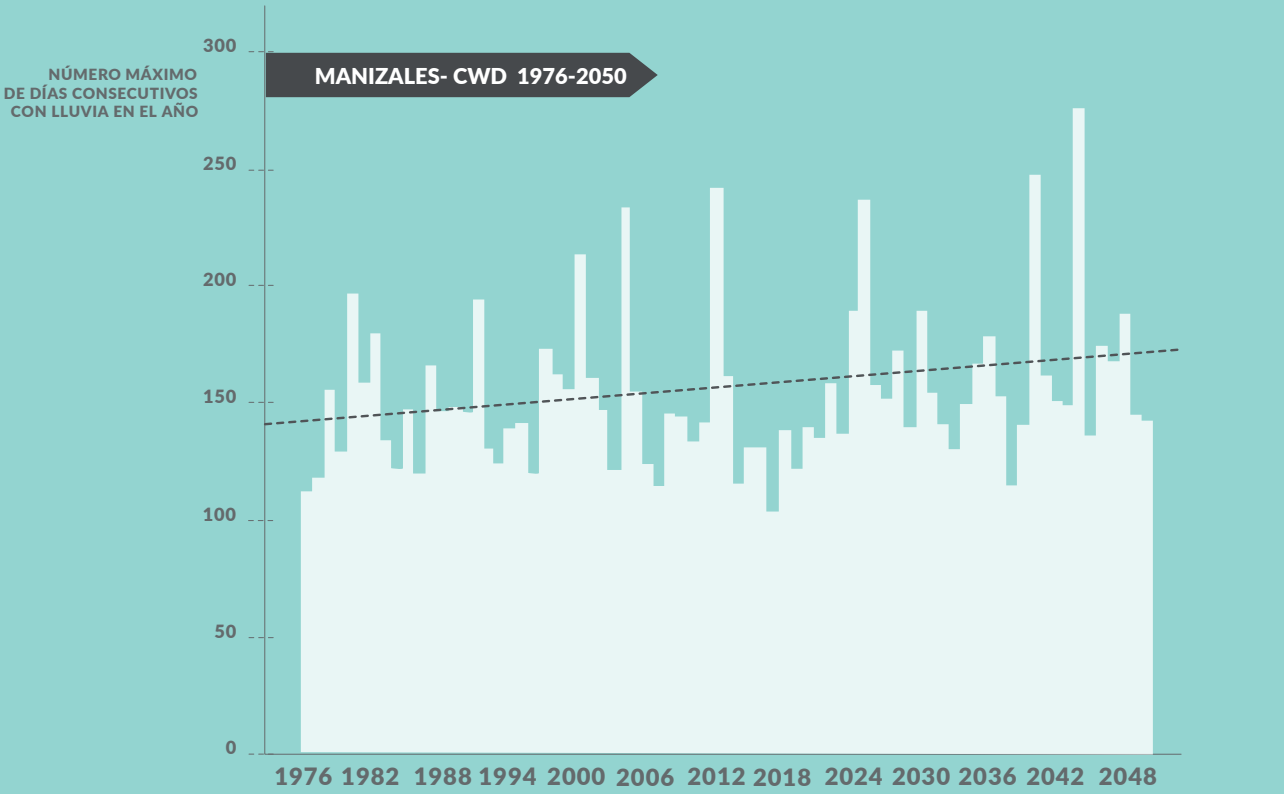


Gráfico 6- Representa la evolución del indicador CWD que significa el número de días consecutivos con lluvia en un año. Este índice refleja la concentración de las precipitaciones durante un largo periodo de tiempo. La línea de tendencia (en negro discontinuo) indica el aumento en el periodo analizado.

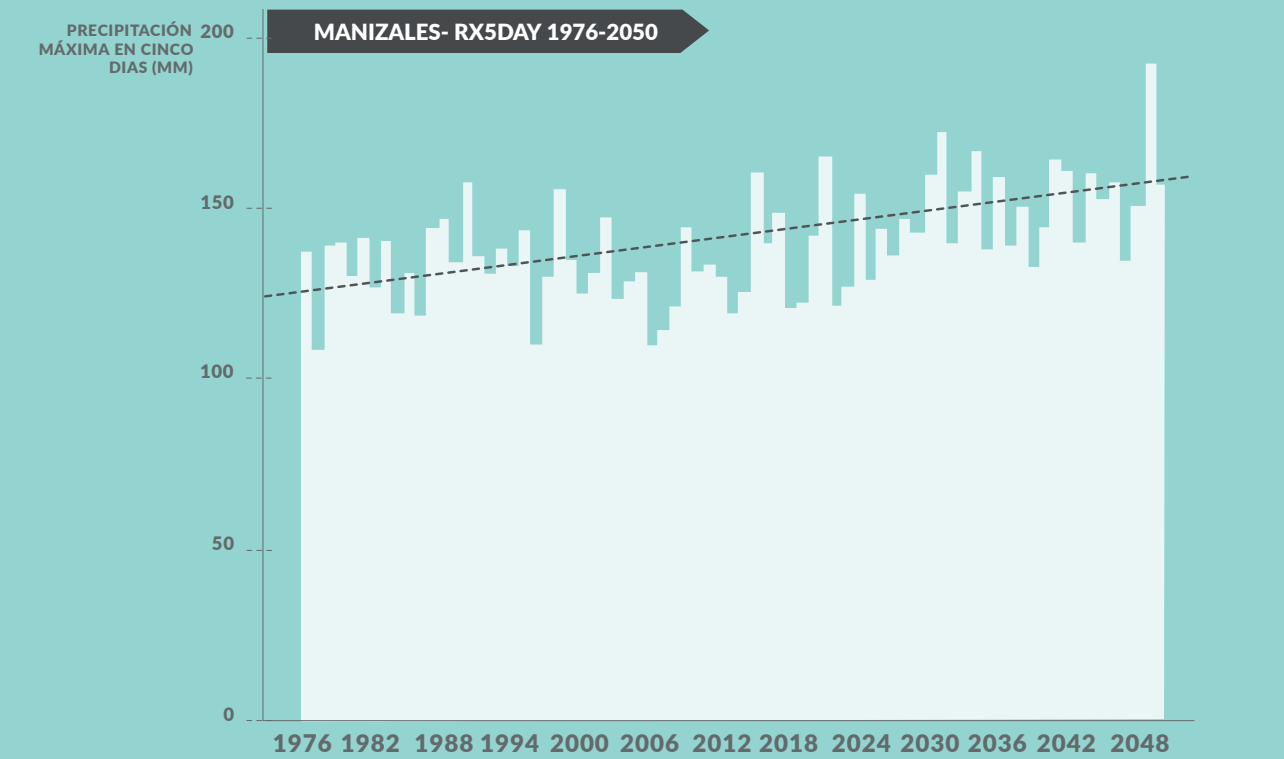


Gráfico 7- Representa la evolución de Rx5day que representa la precipitación máxima anual en el acumulado de 5 días consecutivos, es decir, durante todo el año, se computa el valor acumulado en una ventana móvil de 5 días, y se registra el valor más alto en esta ventana. La línea de tendencia (en negro discontinuo) indica el aumento en el periodo analizado.

Cabe destacar que todas las variables analizadas contribuyen al aumento de la amenaza de movimientos en masa en la ciudad de Manizales. Entre ellos, el R25mm fue el que mostró la mayor tendencia a aumentar, es decir, el número de días del año en que la precipitación supera los 25 mm en un día incrementará considerablemente.

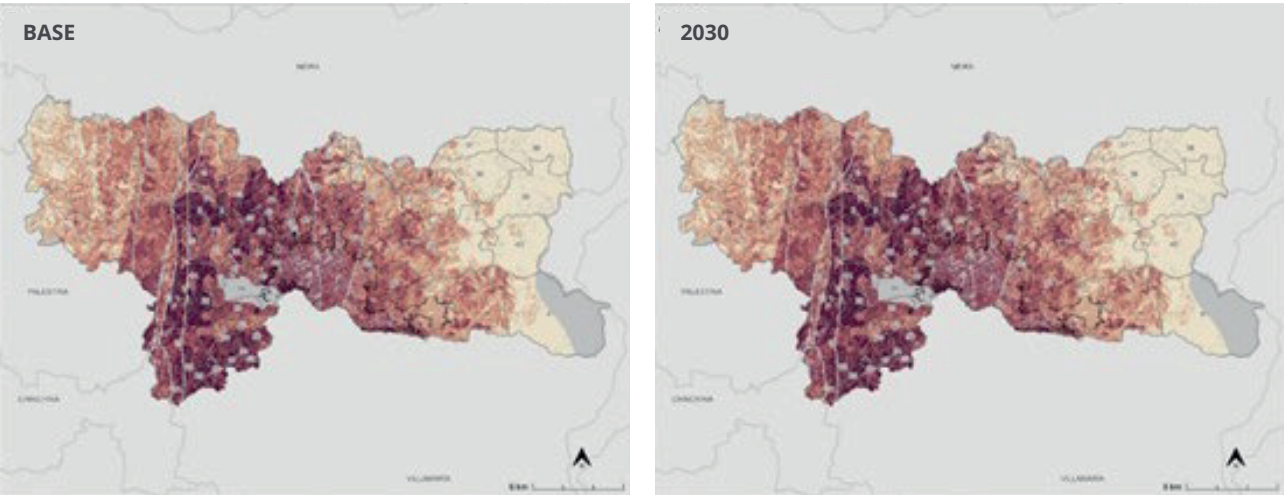
El Mapa 8 muestra la vulnerabilidad de la población de Manizales ante la amenaza de movimientos en masa. Se observa que las zonas más vulnerables, clasificadas como “muy altas”, se concentran más al norte de la parte central de la ciudad (dirección municipio Neira). Este resultado tiene su origen en la combinación de las variables de sensibilidad y capacidad de adaptación así: densidad habitacional, población, uso del suelo, índice de pobreza multidimensional e infraestructura urbana.

El Mapa 9 muestra que el riesgo de movimientos en masa se concentra en el centro y más al oeste (hacia el municipio de Palestina) de Manizales, intensificándose significativamente en el escenario 2050. El Mapa 10 de las zonas más críticas (hotspots) en cuanto a riesgo de movimiento en masa, corrobora la afirmación anterior, señalando que las zonas más críticas se ubican en el centro y más al oeste de Manizales, con el peor escenario en 2050.

4.3.2 // MAPAS

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MANIZALES

AMENAZA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA



RIESGO

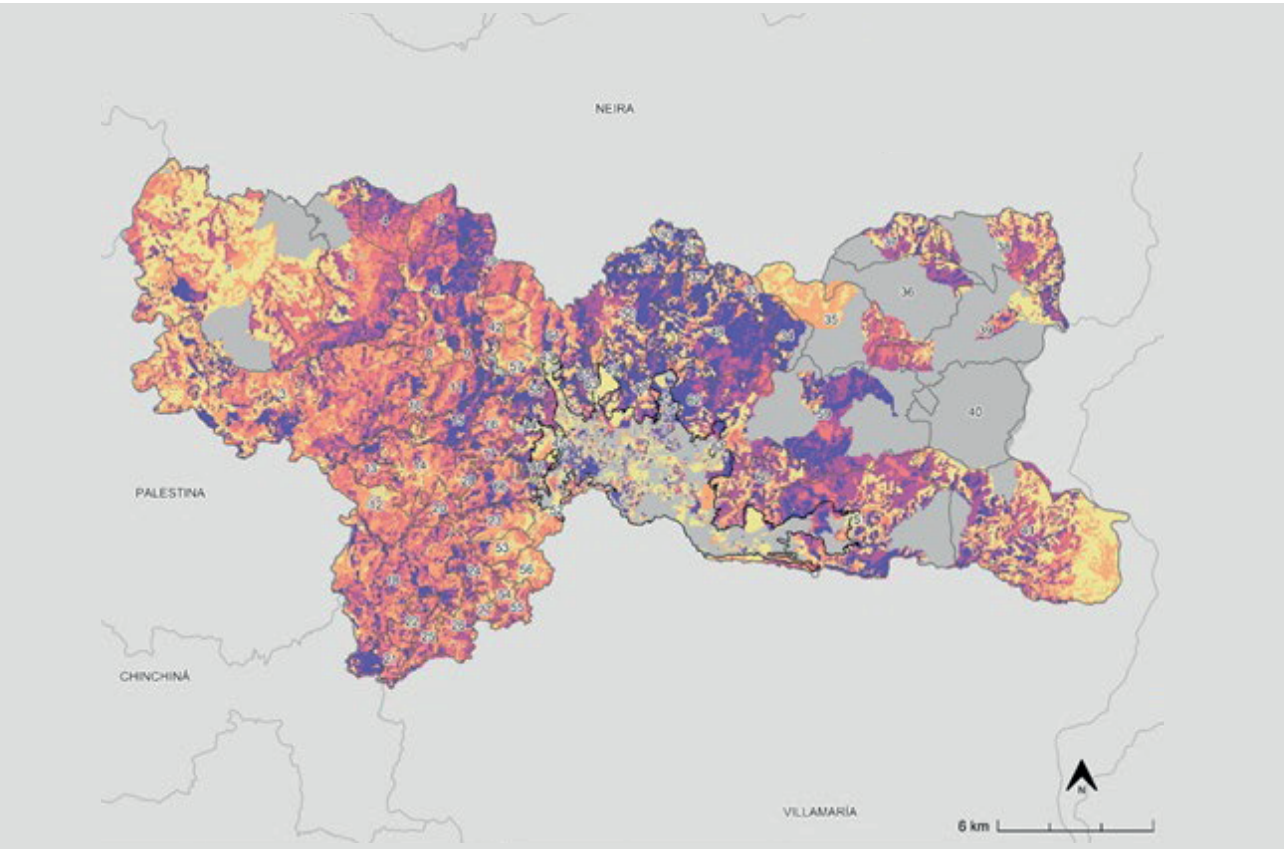
- 1. MUY BAJA
- 2. BAJA
- 3. MEDIA
- 4. ALTA
- 5. MUY ALTA
- N/A*
- URBANO
- RURAL

* N/A se refiere a no disponibilidad, aplicabilidad o falta de datos, exposición, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, etc.

Mapa 7- Amenaza de movimientos en masa en la ciudad de Manizales.

ÍNDICE DE RESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MANIZALES

VULNERABILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE TIERRA



Mapa 8- Vulnerabilidad al movimiento en masa en la ciudad de Manizales.

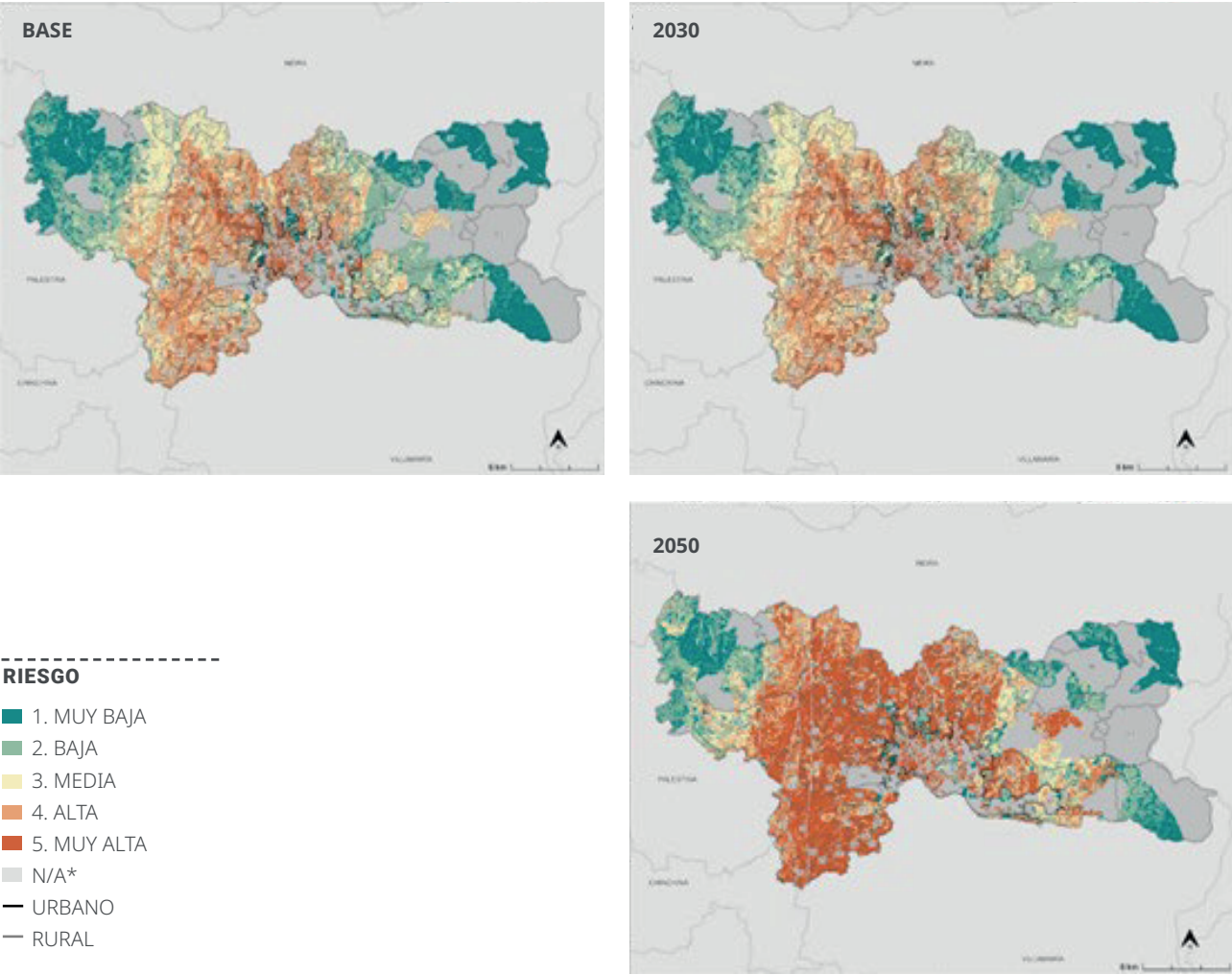
VULNERABILIDAD

- 1. MUY BAJA
- 2. BAJA
- 3. MEDIA
- 4. ALTA
- 5. MUY ALTA
- N/A*
- URBANO
- RURAL

* N/A se refiere a no disponibilidad, aplicabilidad o falta de datos, exposición, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, etc.

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MANIZALES

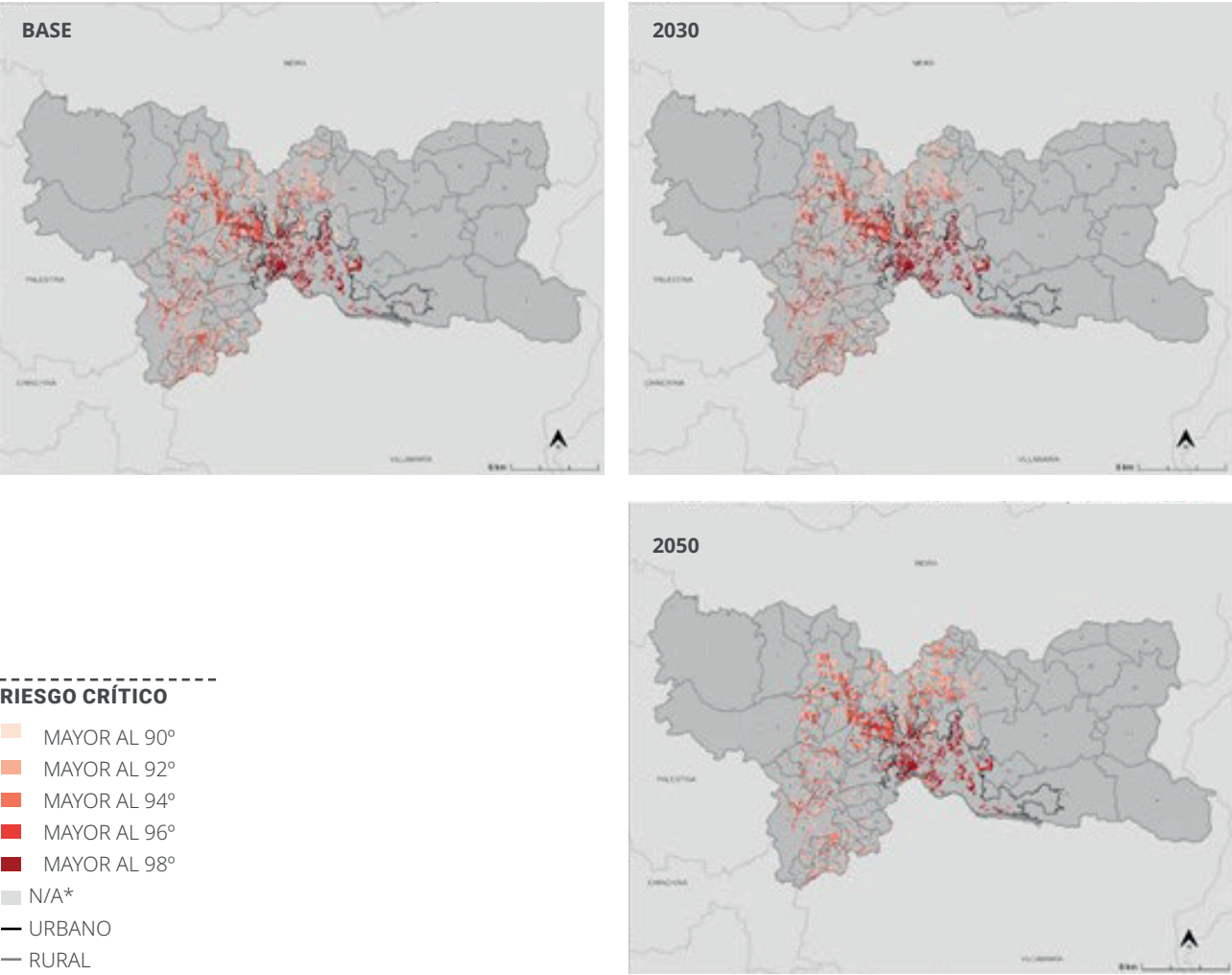
RIESGO - DESLIZAMIENTOS DE TIERRA



Mapa 9- Riesgo de movimientos en masa en la ciudad de Manizales.

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MANIZALES

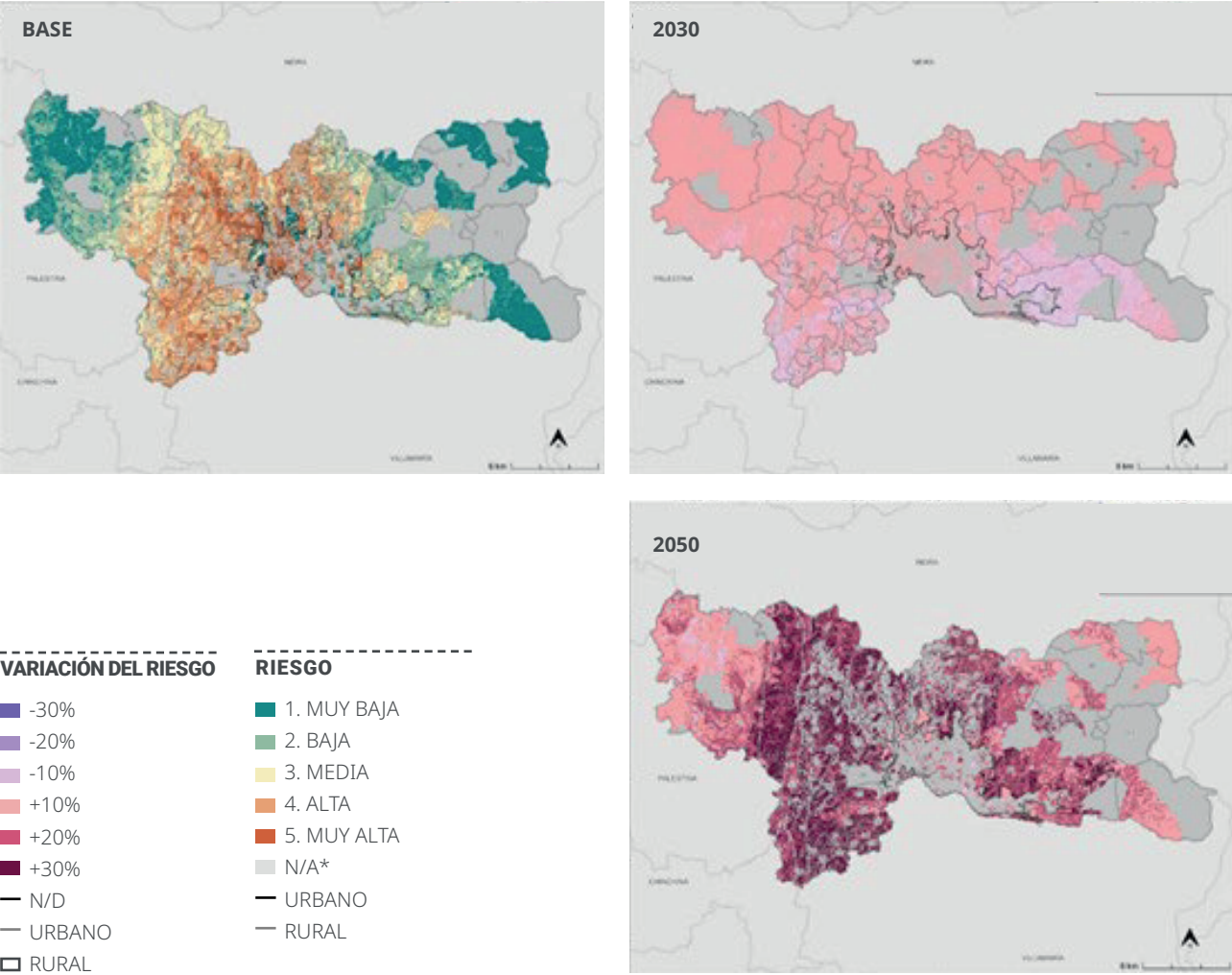
RIESGO CRÍTICO DESLIZAMIENTO DI TIERRA



Mapa 10- Riesgo crítico de movimientos en masa en la ciudad de Manizales.

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO DE MANIZALES

VARIACIÓN DEL RIESGO - DESLIZAMIENTO DE TIERRA



Mapa 11- Variación del Riesgo movimientos en masa en la ciudad de Manizales.

4.4 // OLAS DE CALOR

4.4.1 // SÍNTESIS

La amenaza de olas de calor está creciendo en el intervalo de tiempo observado, destacando la alta amenaza en el perímetro urbano debido al uso del suelo (Mapa 12). En los escenarios de 2030 y 2050 se observa que, aunque la ciudad en su conjunto tiende a sufrir la amenaza de olas de calor, la región más occidental de Manizales es más propensa.

El comportamiento de la amenaza de calor para la ciudad, a lo largo de los años, se puede entender analizando las variables de los extremos climáticos que intervienen en el cálculo (Gráfico 9 y 10).

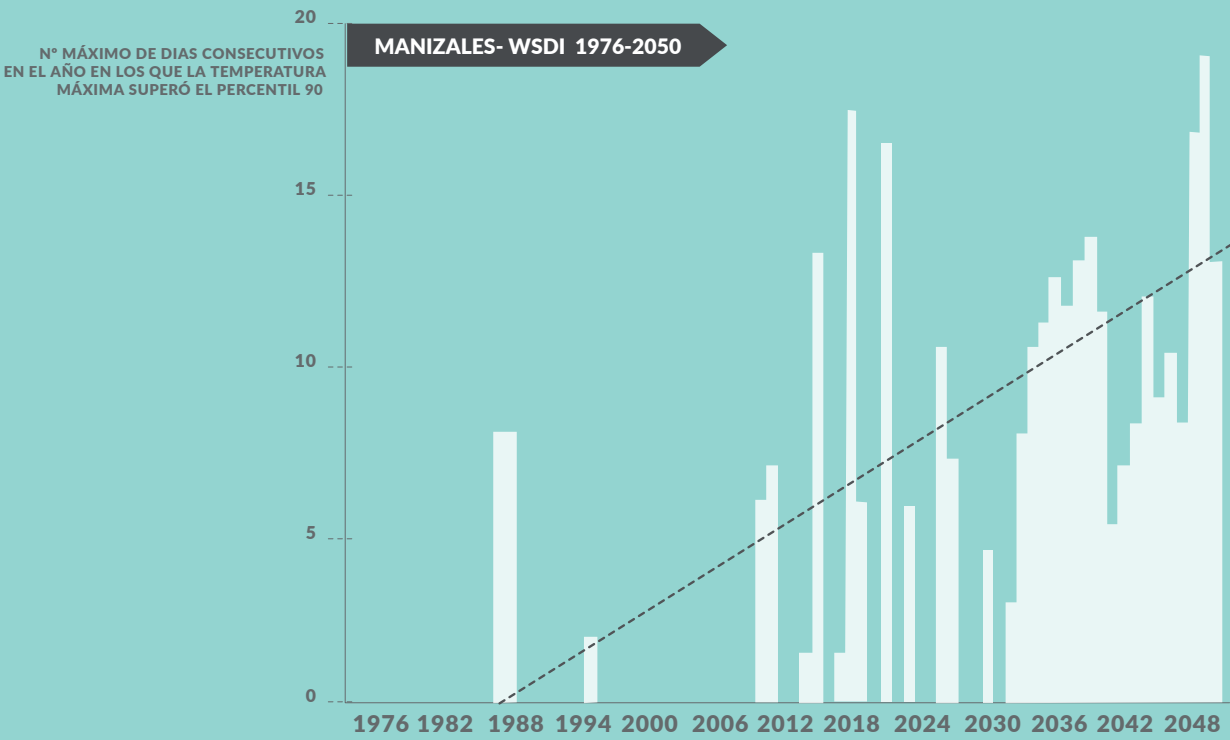


Gráfico 8- Representa el número máximo de días consecutivos en el año en que la temperatura máxima superó el percentil 90, indicando el número de días en el año en que la temperatura máxima alcanzó el umbral de 30° C. La línea de tendencia (en negro punteado) indica un aumento en el periodo analizado.

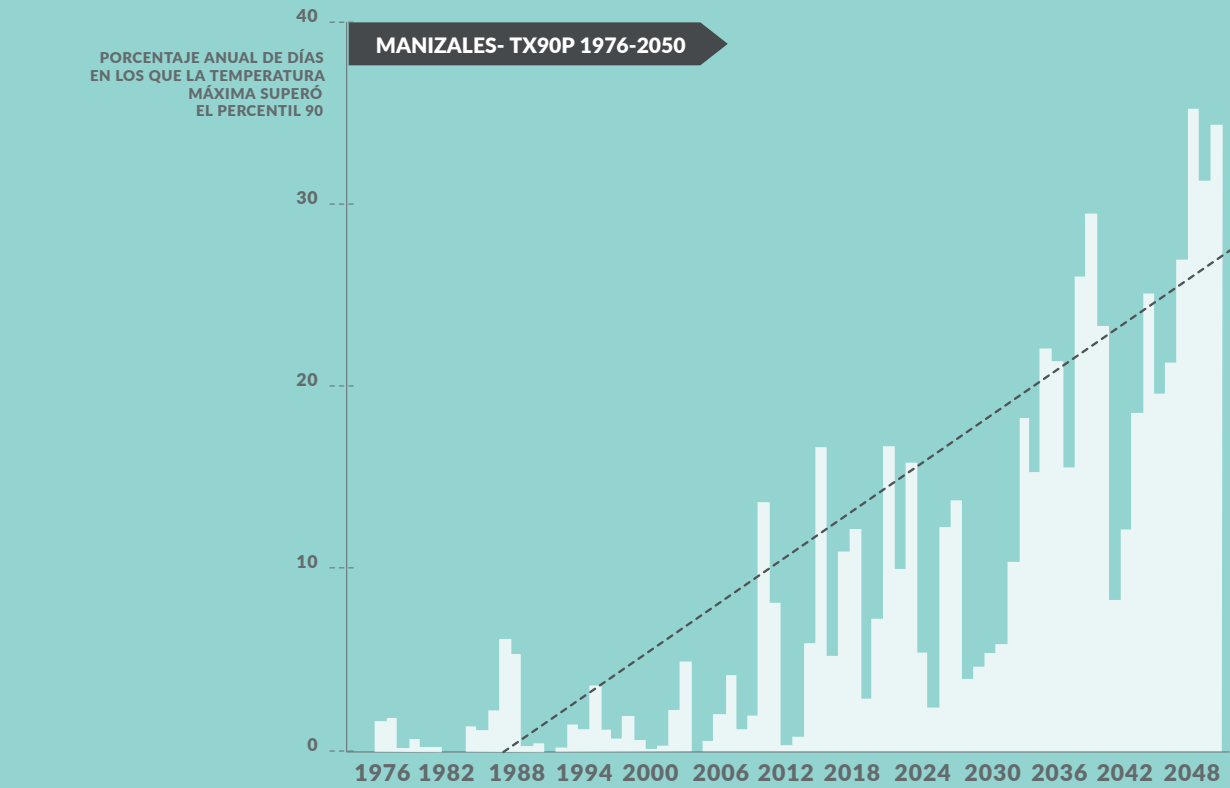


Gráfico 9- Representa un porcentaje anual de días en los que la temperatura máxima superó el percentil 90, no necesariamente consecutivos. La línea de tendencia (en negro punteado) indica el aumento en el periodo analizado.

Se observa que las dos variables consideradas en el cálculo de la amenaza de ola de calor, WSDI (número máximo de días consecutivos en el año en que la temperatura máxima superó el percentil 90) y TX90p (porcentaje anual de días en que la temperatura máxima superó el percentil 90) muestran un comportamiento creciente a lo largo de los años. La línea de tendencia de sus variables demuestra este aumento.

El Mapa 13 muestra la vulnerabilidad de la población de Manizales ante la amenaza de las olas de calor. Se observa que las zonas de mayor vulnerabilidad, es decir, clasificadas como “muy altas”, se concentran en el oriente de la ciudad. Este resultado tiene su origen en la combinación de las variables de sensibilidad y capacidad de adaptación empleadas, tales como: densidad habitacional, acceso a los sistemas de salud, población sensible, índice de pobreza multidimensional, áreas verdes y tasa de suministro de agua.

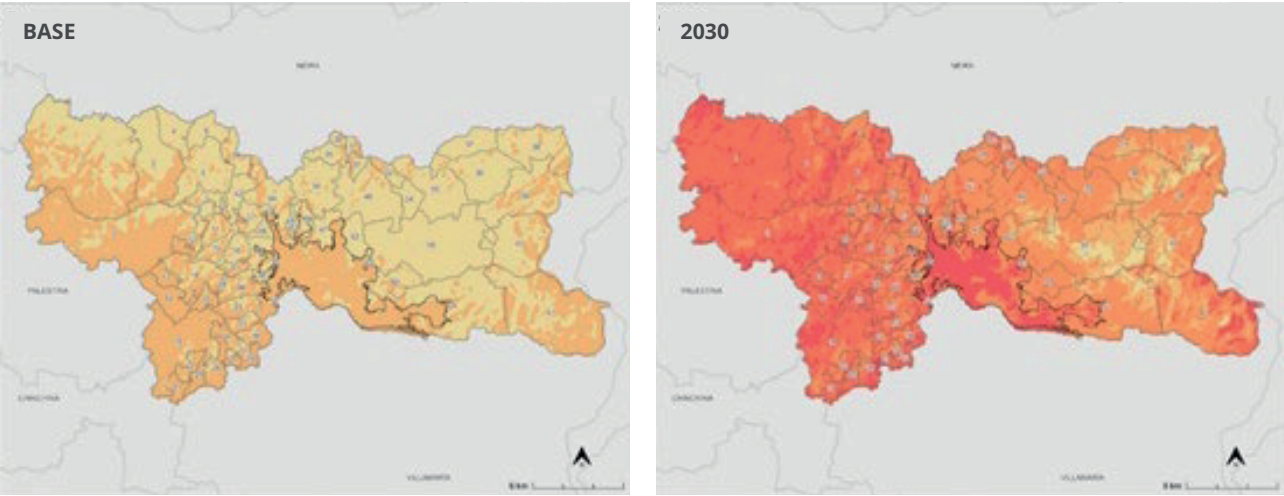
El Mapa 14 muestra que el riesgo de olas de calor se concentra en la parte centro oeste de Manizales, incrementándose considerablemente debido a la amenaza proyectada. Se señala que la región urbanizada sufre de antemano los efectos de esta amenaza.

El Mapa 15 de las zonas más críticas (hotspots) en cuanto al riesgo de olas de calor, indica que estas zonas están dispersas a lo largo de Manizales, concentrándose en la parte central, teniendo en cuenta que a lo largo del periodo analizado hay una intensificación del riesgo.

4.4.2 // MAPAS

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MANIZALES

AMENAZA DE OLAS DE CALOR



RIESGO

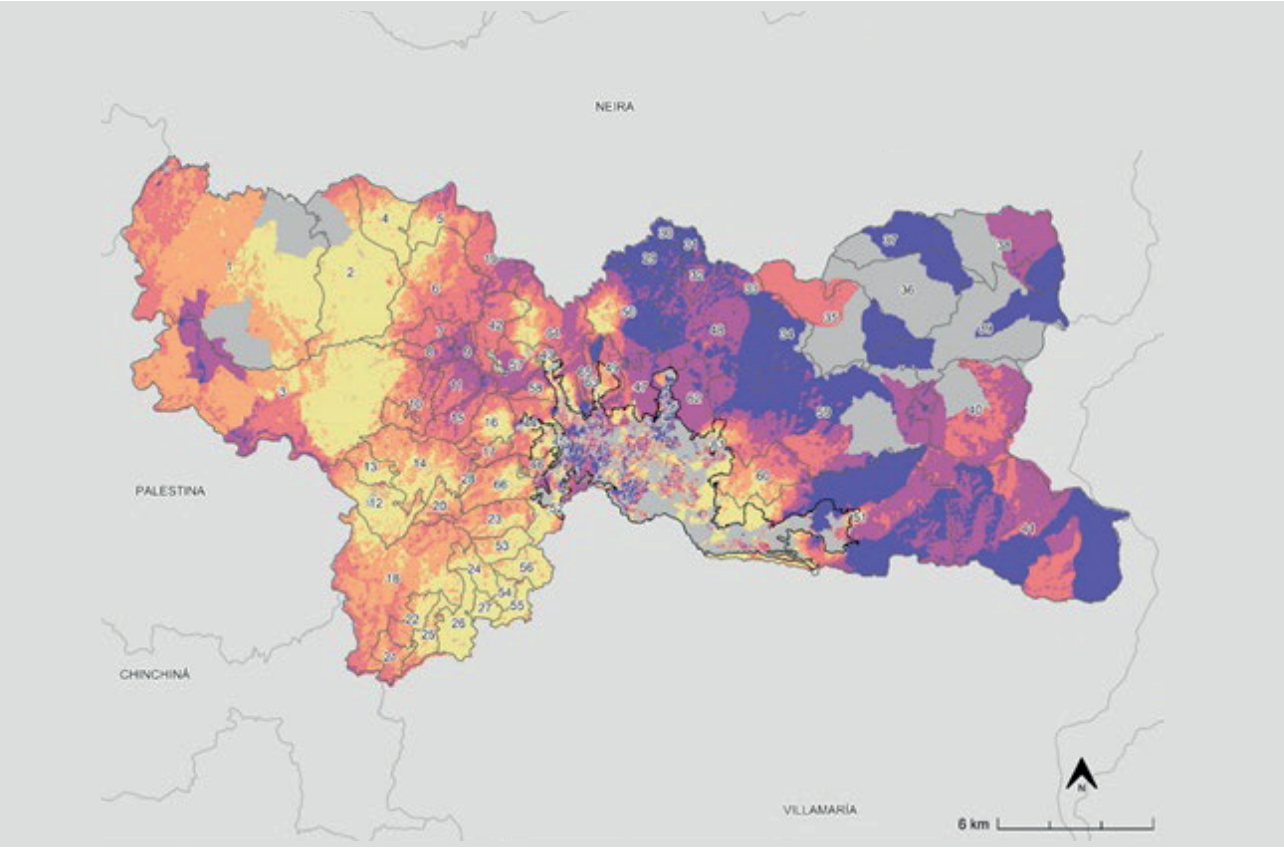
- 1. MUY BAJA
- 2. BAJA
- 3. MEDIA
- 4. ALTA
- 5. MUY ALTA
- N/A*
- URBANO
- RURAL

* N/A se refiere a no disponibilidad, aplicabilidad o falta de datos, exposición, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, etc.

Mapa 12- Amenaza de olas de calor en la ciudad de Manizales.

ÍNDICE DE RESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MANIZALES

VULNERABILIDAD OLA DE CALOR



Mapa 13- Vulnerabilidad a las olas de calor en la ciudad de Manizales.

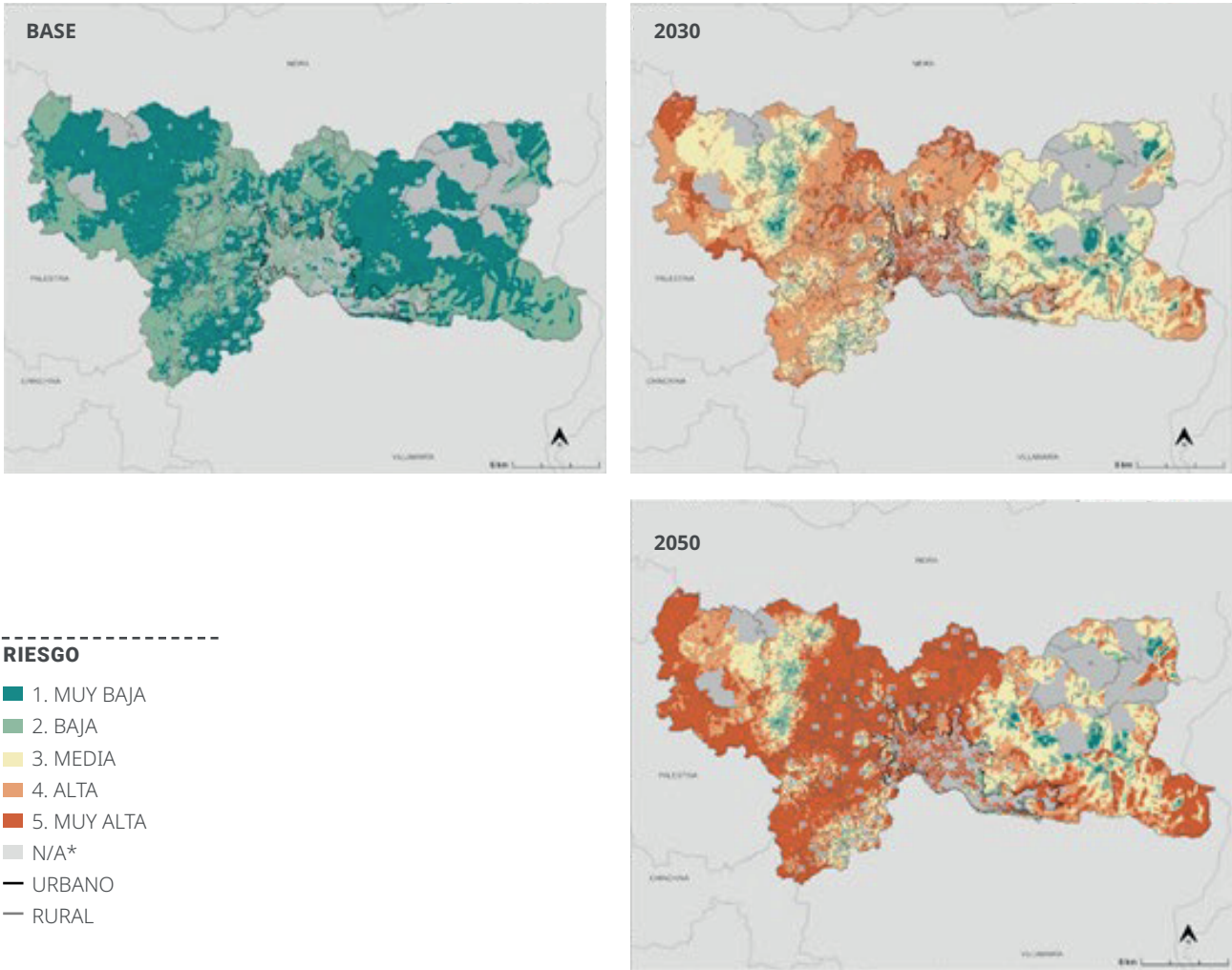
VULNERABILIDAD

- 1. MUY BAJA
- 2. BAJA
- 3. MEDIA
- 4. ALTA
- 5. MUY ALTA
- N/A*
- URBANO
- RURAL

* N/A se refiere a no disponibilidad, aplicabilidad o falta de datos, exposición, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, etc.

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MANIZALES

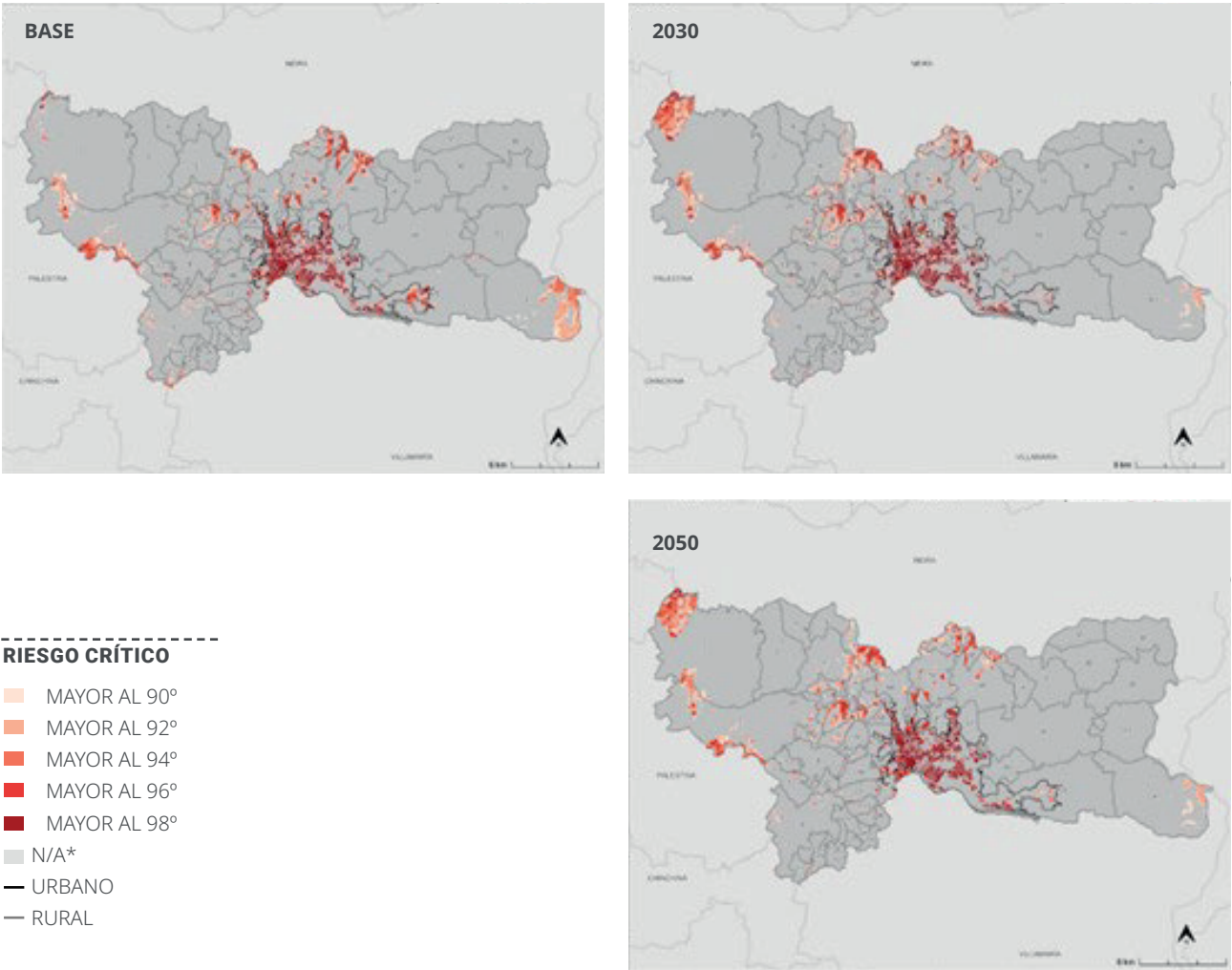
RIESGO - OLAS DE CALOR



Mapa 14– Riesgo de olas de calor en la ciudad de Manizales.

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MANIZALES

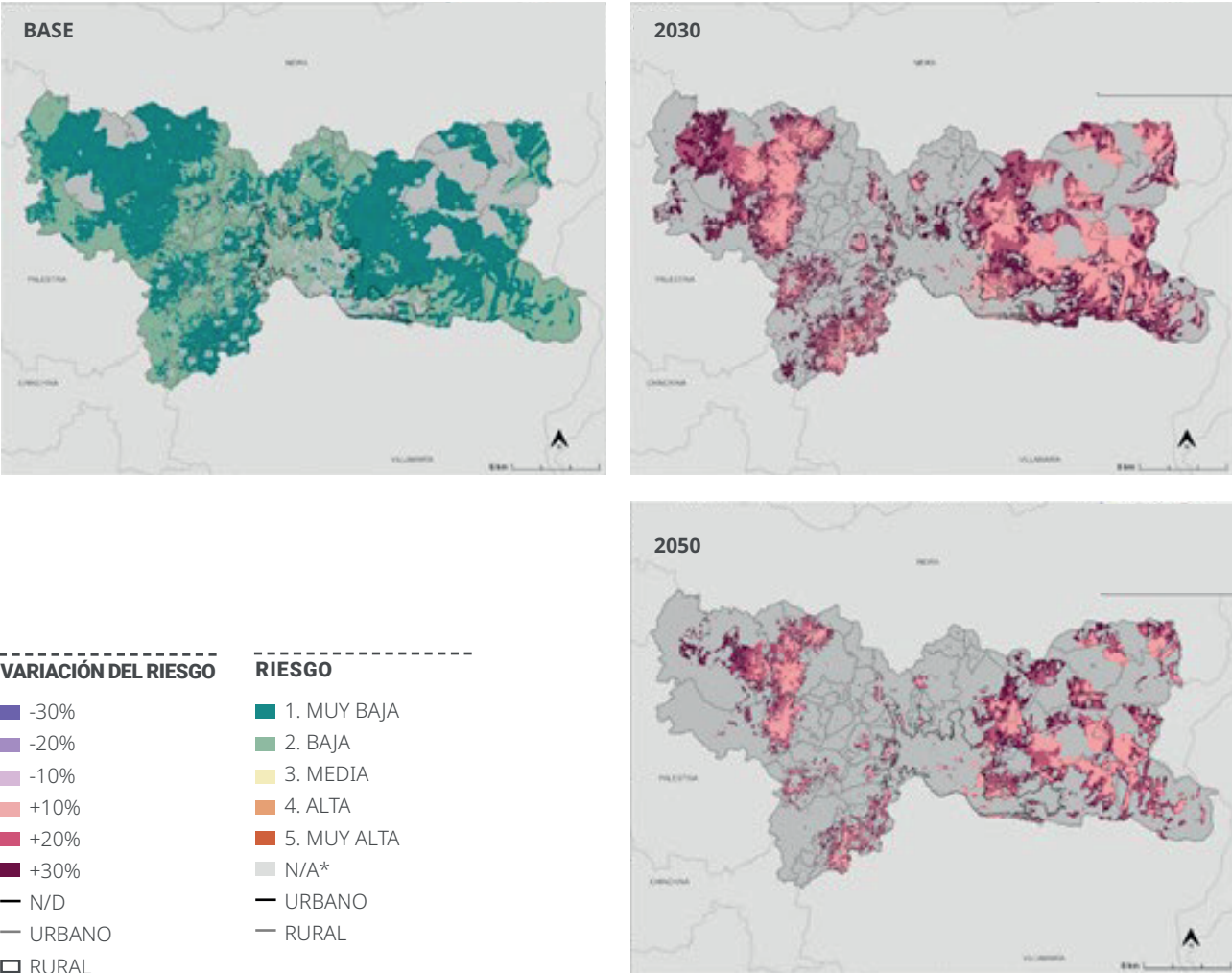
RIESGO CRÍTICO- OLAS DE CALOR



Mapa 15– Riesgo crítico a las olas de calor en la ciudad de Manizales.

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO DE MANIZALES

VARIACIÓN DEL RIESGO - OLAS DE CALOR



* N/A se refiere a no disponibilidad, aplicabilidad o falta de datos, exposición, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, etc.

4.5 // PROLIFERACIÓN

4.5.1 // SÍNTESIS

Es importante aclarar que toda la población de la ciudad de Manizales está sujeta en algún grado a la amenaza de contraer enfermedades transmitidas por el Aedes aegypti, dada la alta capacidad de dispersión y la alta tasa de eclosión de los vectores transmisores de enfermedades. Cabe señalar que, en el análisis realizado, el clima fue tratado como un factor condicionante para la aparición del vector y la lucha contra los sitios propicios para la cría del mosquito transmisor de la enfermedad es la mejor manera de prevenir la proliferación de este.

La amenaza de proliferación de mosquitos es más pronunciada en el occidente de Manizales, donde las condiciones climáticas son más favorables para ello (Mapa 17). En el período analizado vemos un gran aumento de la amenaza. Hacia el este, la gran altitud limita la propagación del mosquito a pesar de que la literatura reporta casos de hasta 2600 m de altura.

El comportamiento de la amenaza de proliferación del mosquito Aedes aegypti para la ciudad, a lo largo de los años, se puede entender analizando las variables de extremos climáticos que intervienen en el cálculo de la amenaza (Gráficos 11, 12 y 13).

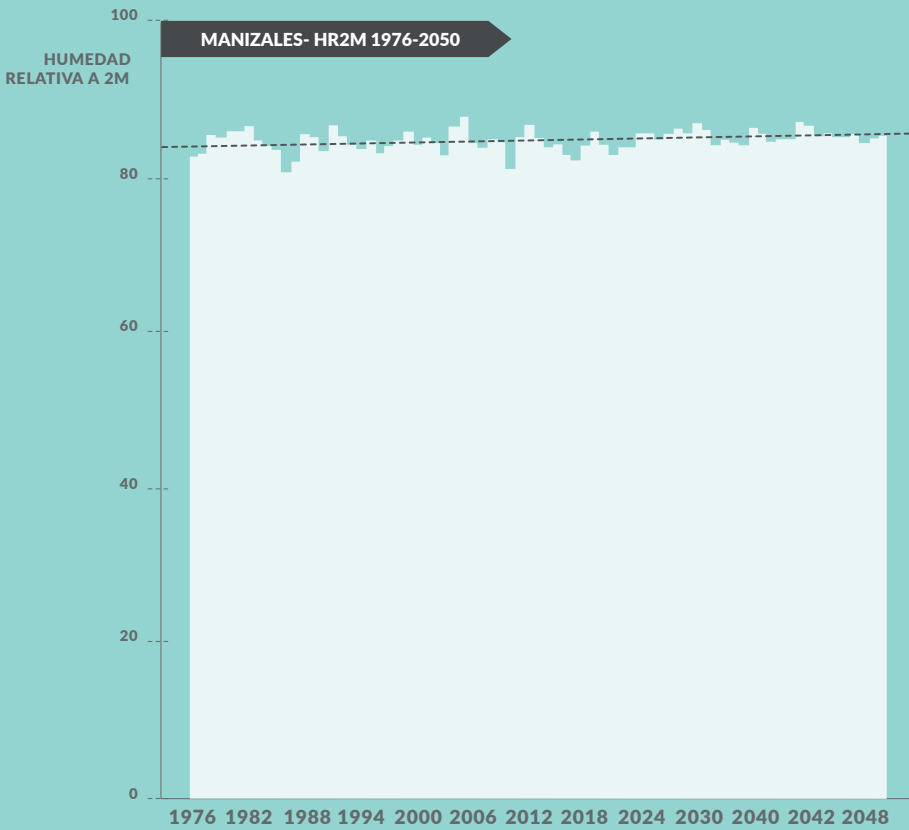


Gráfico 10- Representa la evolución de la humedad relativa media anual proyectada por el modelo climático regional RCA4 forzado por el modelo global HadGEM2-ES del experimento CORDEX para el escenario RCP8.5. La línea de tendencia (en negro punteado) indica la constancia en el período analizado

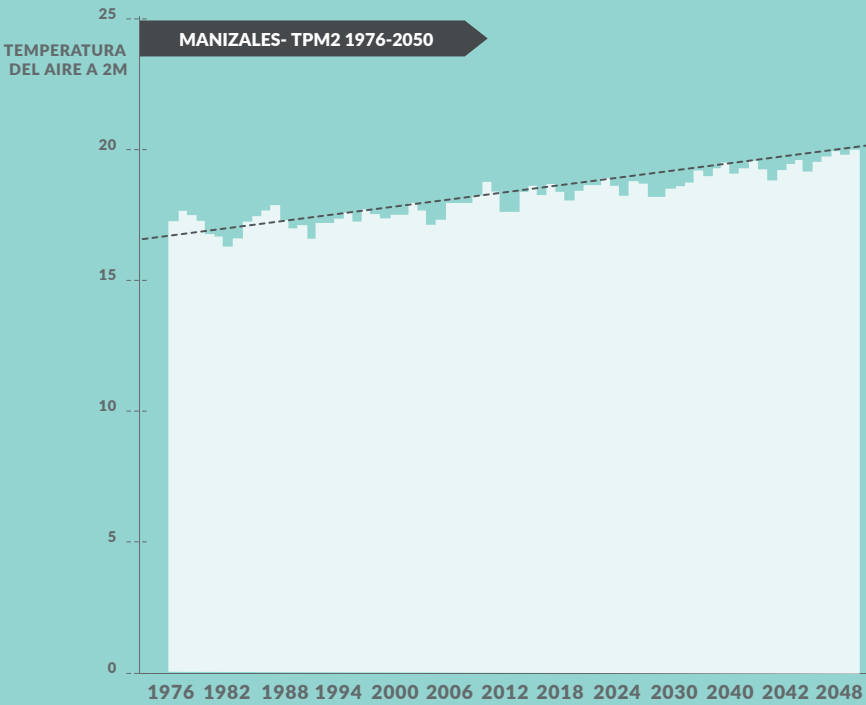


Gráfico 11- Representa la evolución de la temperatura media anual proyectada por el modelo climático regional RCA4 forzado por el modelo global HadGEM2-ES del experimento CORDEX para el escenario RCP8.5. La línea de tendencia (en negro punteado) indica el aumento en el período analizado

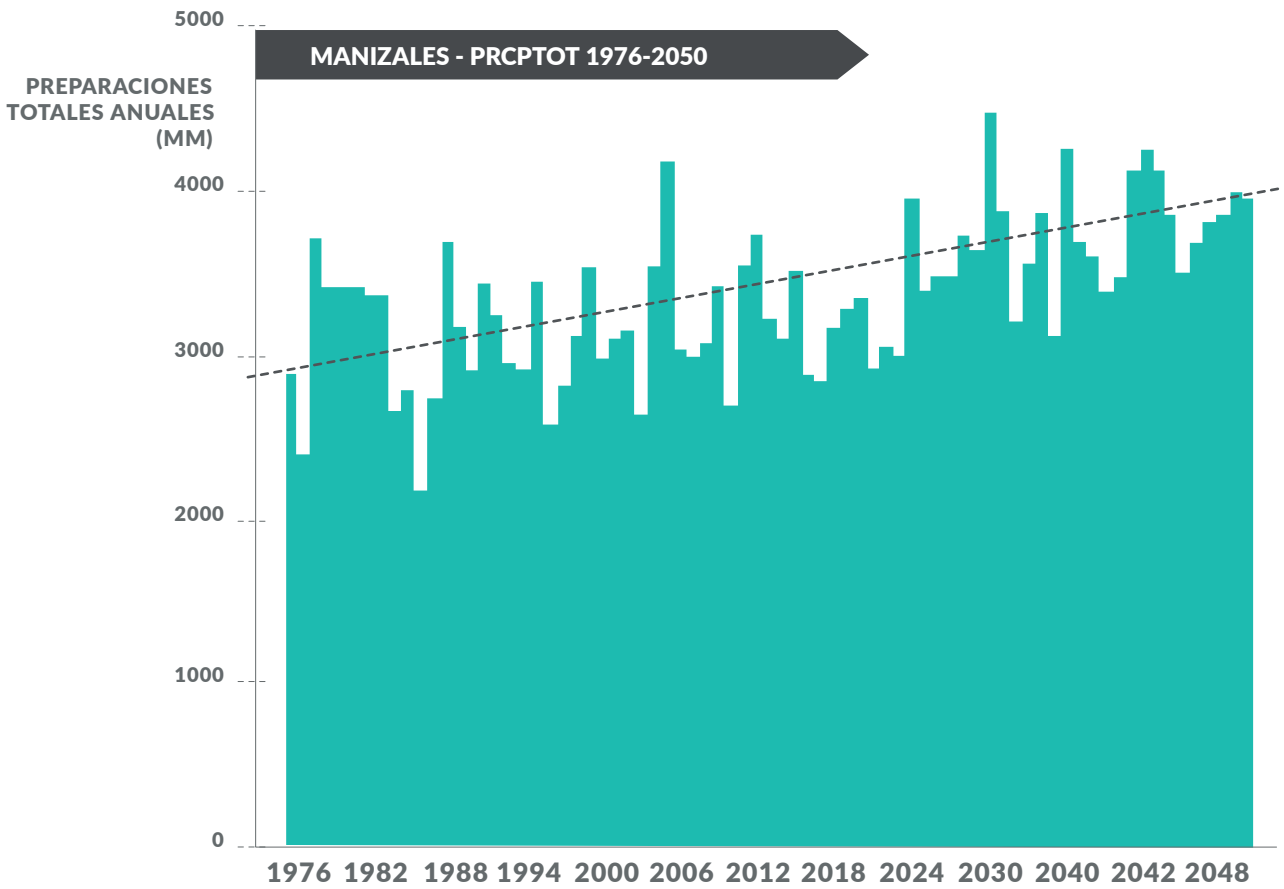


Gráfico 12- Representa la evolución de la precipitación anual total proyectada por el modelo climático regional RCA4 forzado por el modelo global HadGEM2-ES del experimento CORDEX para el escenario RCP8.5. La línea de tendencia (en negro punteado) indica el aumento en el período analizado

Cabe destacar que las variables que más contribuyeron al aumento de la amenaza de proliferación del mosquito *Aedes aegypti* en la ciudad de Manizales son TP2M (temperatura media anual) y PRCPTOT (precipitación total anual). La variable HR2M que representa la humedad relativa anual se mantuvo constante durante todo el periodo analizado.

El Mapa 18 muestra la vulnerabilidad de la población de Manizales ante los riesgos de proliferación del mosquito *Aedes aegypti*. Las zonas más vulnerables, clasificadas como “muy altas”, se concentran en la parte oriental de la ciudad. Este resultado se debe a la combinación de variables de sensibilidad y capacidad de adaptación utilizadas: densidad habitacional, población sensible, índice de pobreza multidimensional (IPM), acceso a los sistemas de salud y tasa de alcantarillado.

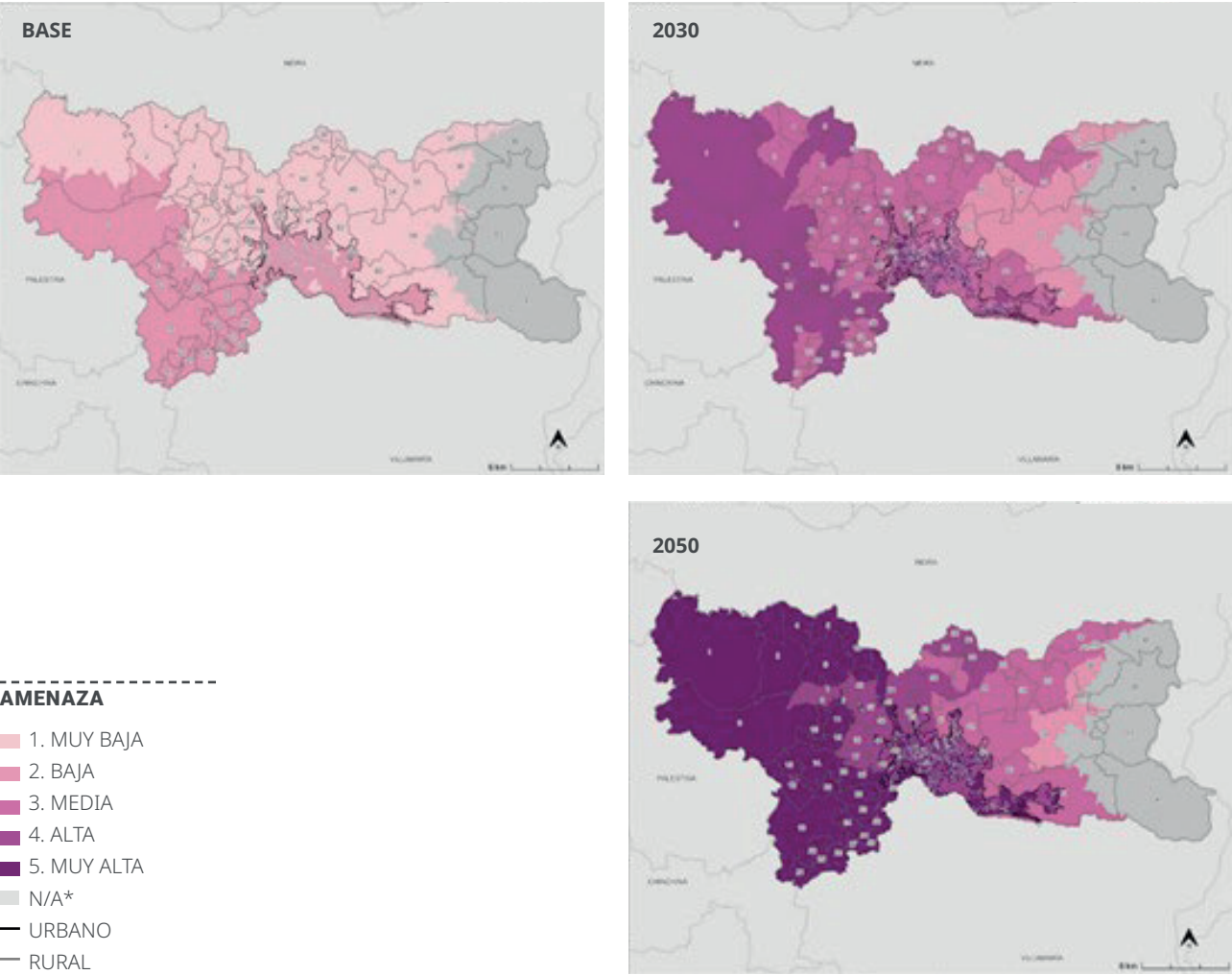
En el Mapa 19 se observa que el riesgo de proliferación del mosquito *Aedes aegypt* se concentra en la zona centro occidental de Manizales, que aumenta considerablemente en el periodo analizado debido a la amenaza proyectada.

En la misma línea de la ola de calor, las zonas más críticas (hotspots) en términos de riesgo de proliferación de vectores, indican que las zonas más críticas están dispersas en Manizales, concentrándose en la parte central, y que a lo largo del periodo analizado hay una intensificación del riesgo (Mapa 20).

4.5.2 // MAPAS

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MANIZALES

AMENAZA DE PROLIFERACIÓN - *Aedes aegypti*

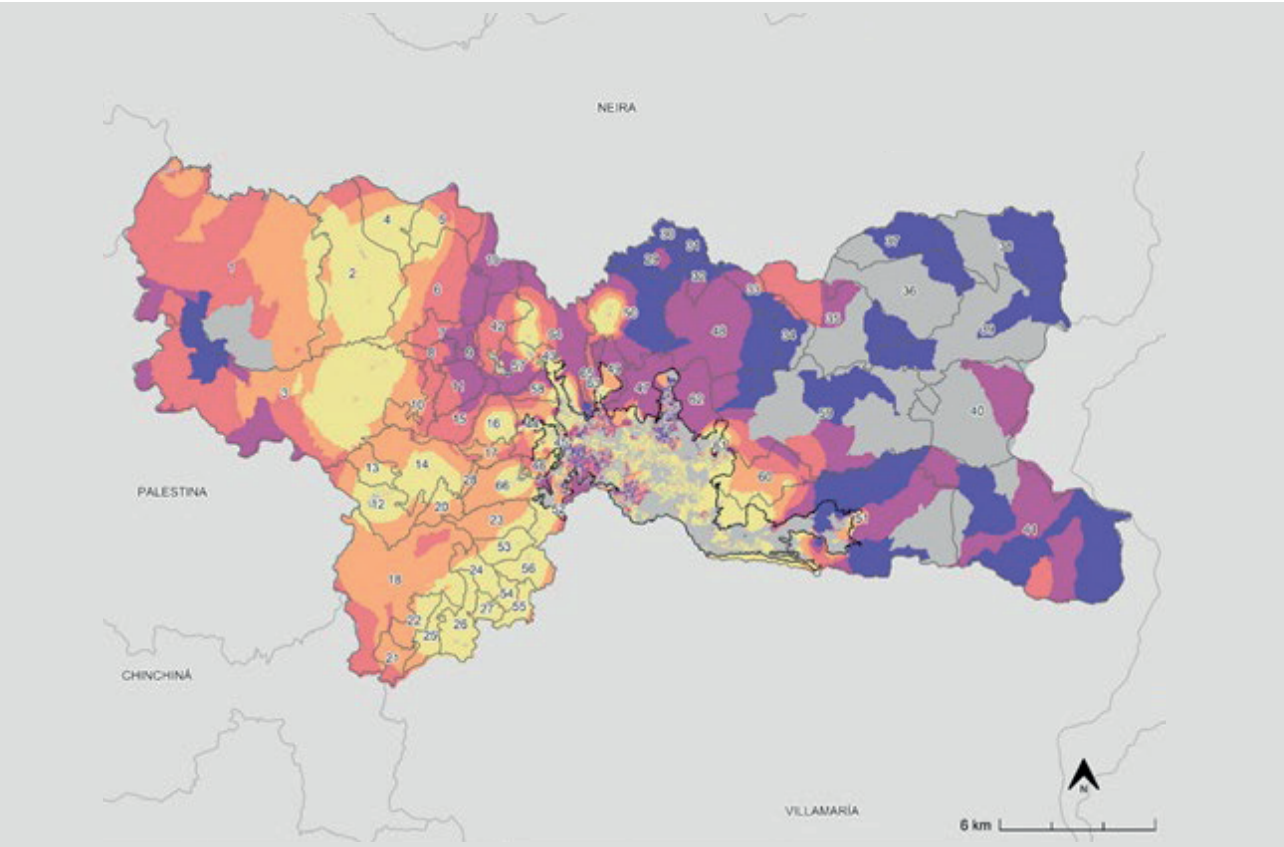


* N/A se refiere a no disponibilidad, aplicabilidad o falta de datos, exposición, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, etc.

Mapa 17- Amenaza de la proliferación del mosquito *Aedes aegypti* en la ciudad de Manizales.

ÍNDICE DE RESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MANIZALES

VULNERABILIDAD PARA LA PROLIFERACIÓN (AEDES AEGYPTI)



Mapa 18- Vulnerabilidad a la proliferación del mosquito Aedes aegypti en la ciudad de Manizales.

- VULNERABILIDAD
1. MUY BAJA

2. BAJA

3. MEDIA

4. ALTA

5. MUY ALTA

N/A*

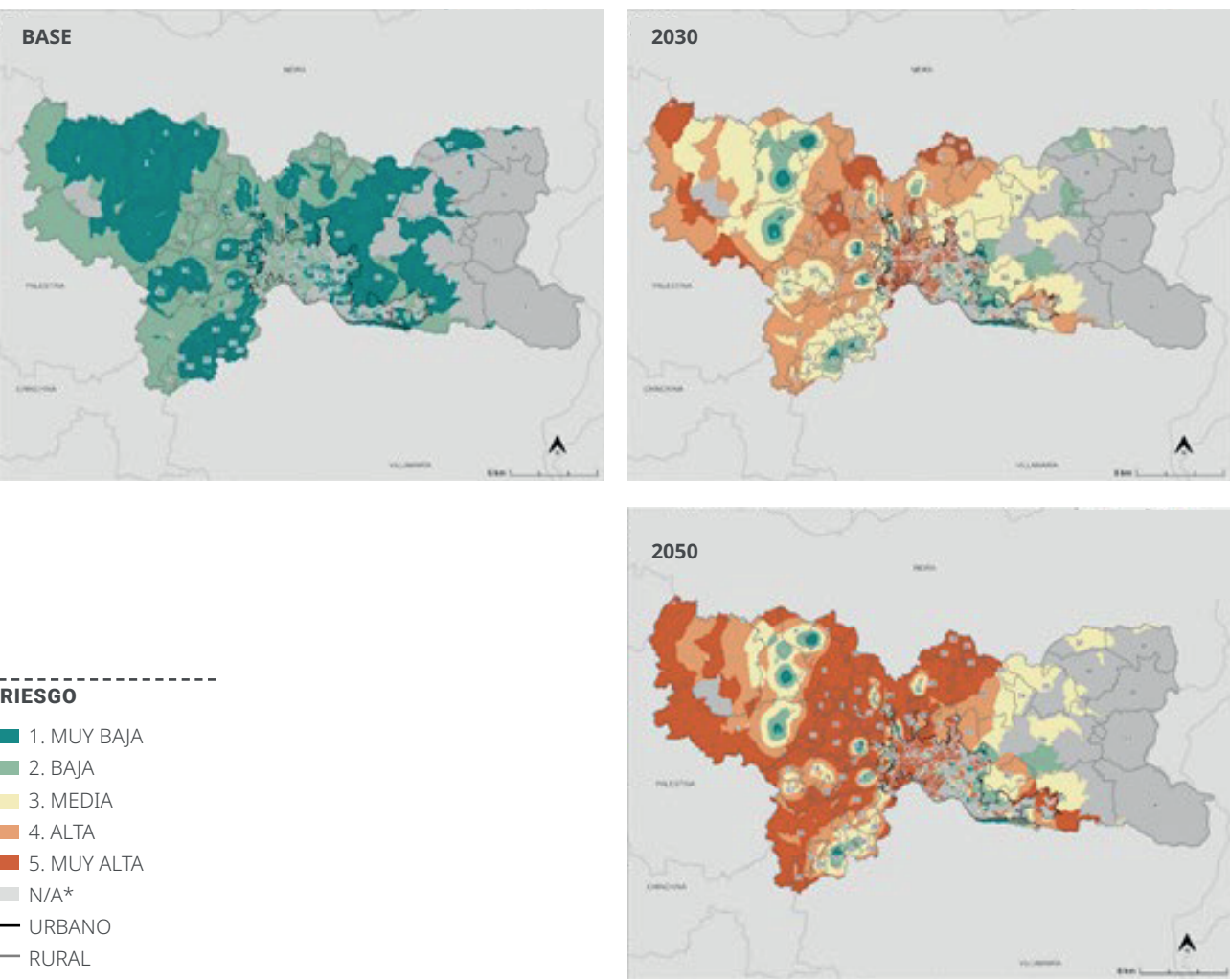
URBANO

RURAL

* N/A se refiere a no disponibilidad, aplicabilidad o falta de datos, exposición, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, etc.

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MANIZALES

RIESGO - PROLIFERACIÓN (AEDES AEGYPTI)

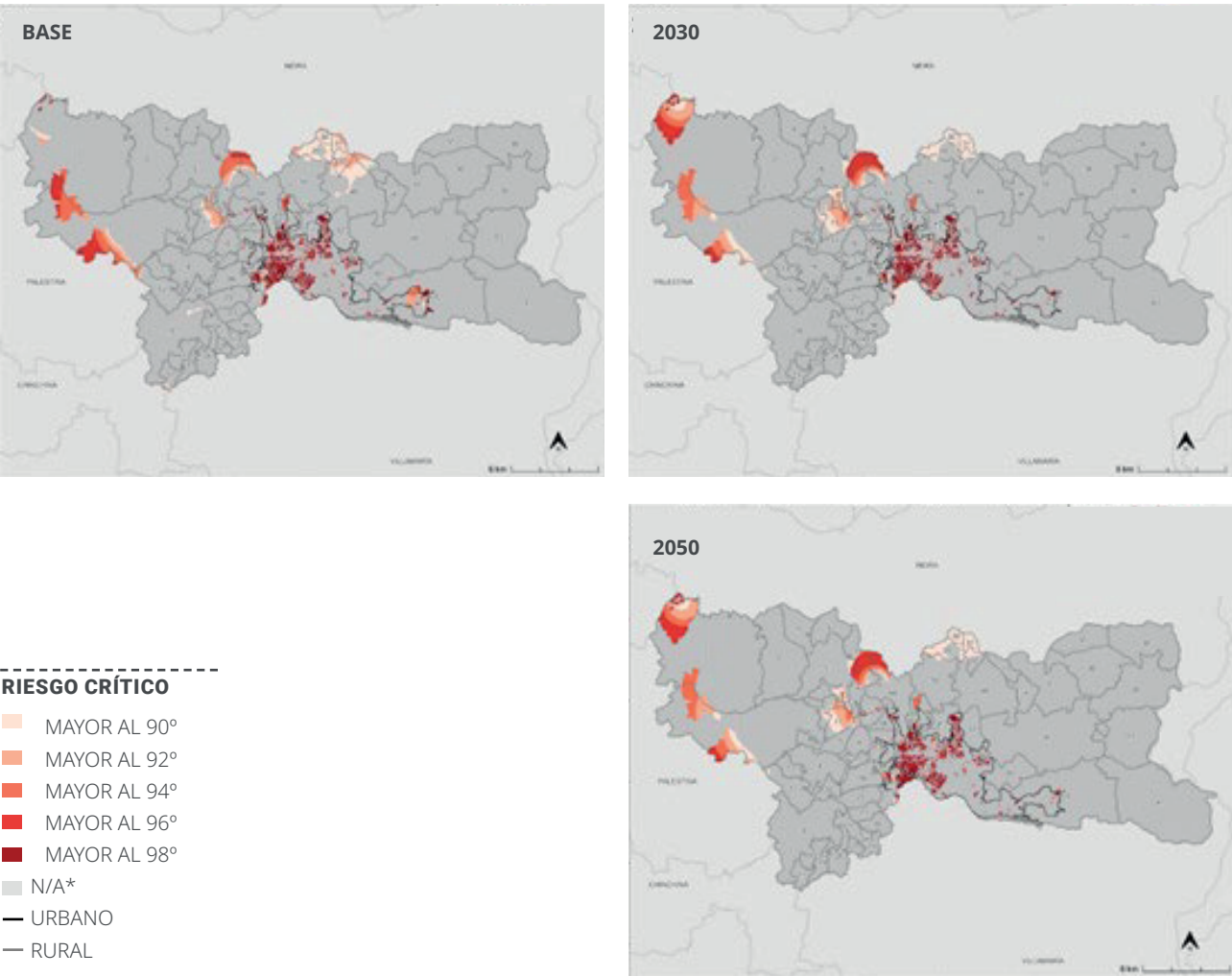


* N/A se refiere a no disponibilidad, aplicabilidad o falta de datos, exposición, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, etc.

Mapa 19- Riesgo de proliferación del mosquito Aedes aegypti en la ciudad de Manizales.

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MANIZALES

RIESGO CRÍTICO- PROLIFERACIÓN (Aedes Aegypti)

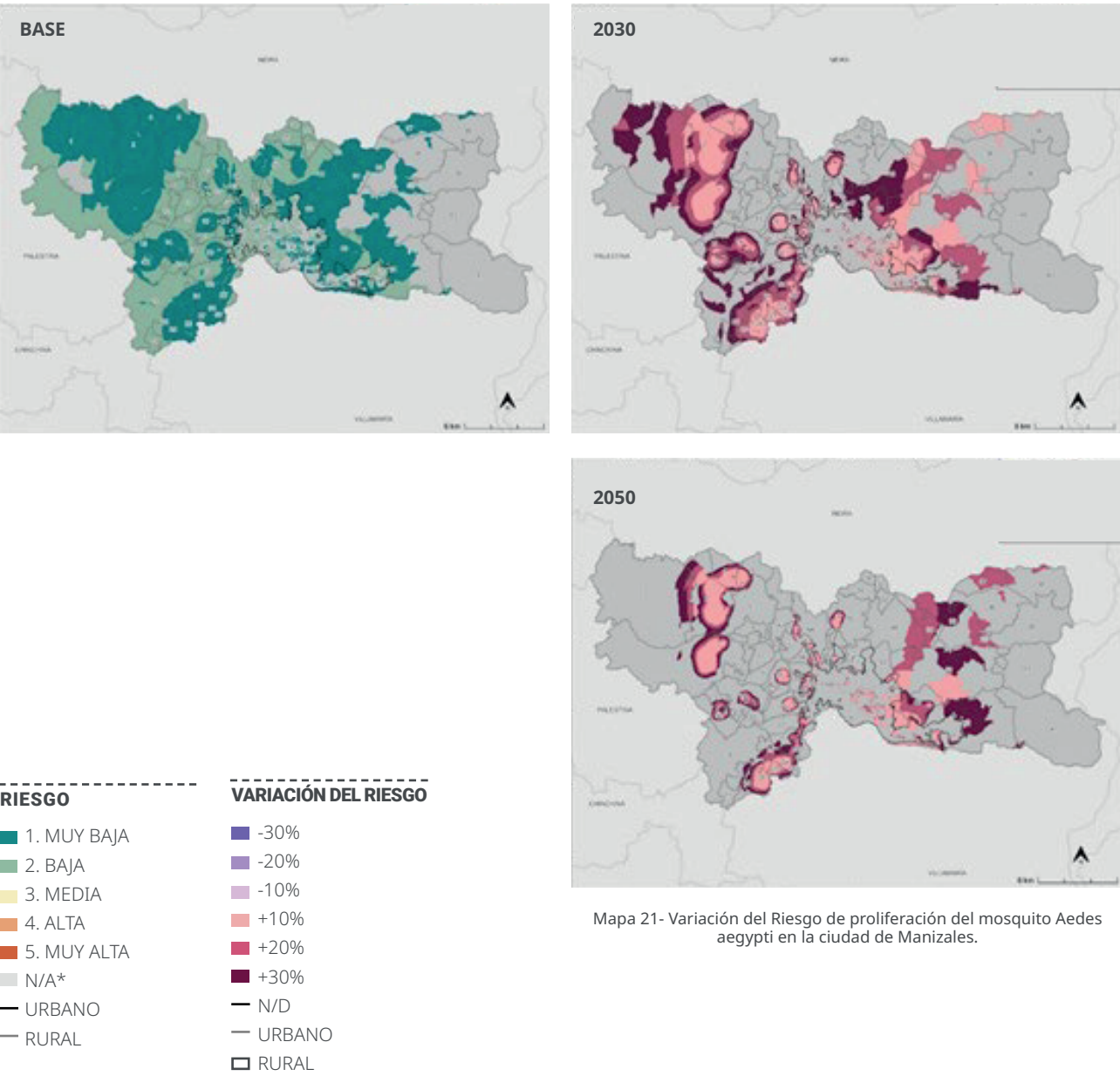


* N/A se refiere a no disponibilidad, aplicabilidad o falta de datos, exposición, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, etc.

Mapa 20- Riesgo crítico de proliferación del mosquito Aedes aegypti en la ciudad de Manizales

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO DE MANIZALES

VARIACIÓN DEL RIESGO - PROLIFERACIÓN (Aedes Aegypti)



* N/A se refiere a no disponibilidad, aplicabilidad o falta de datos, exposición, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, etc.

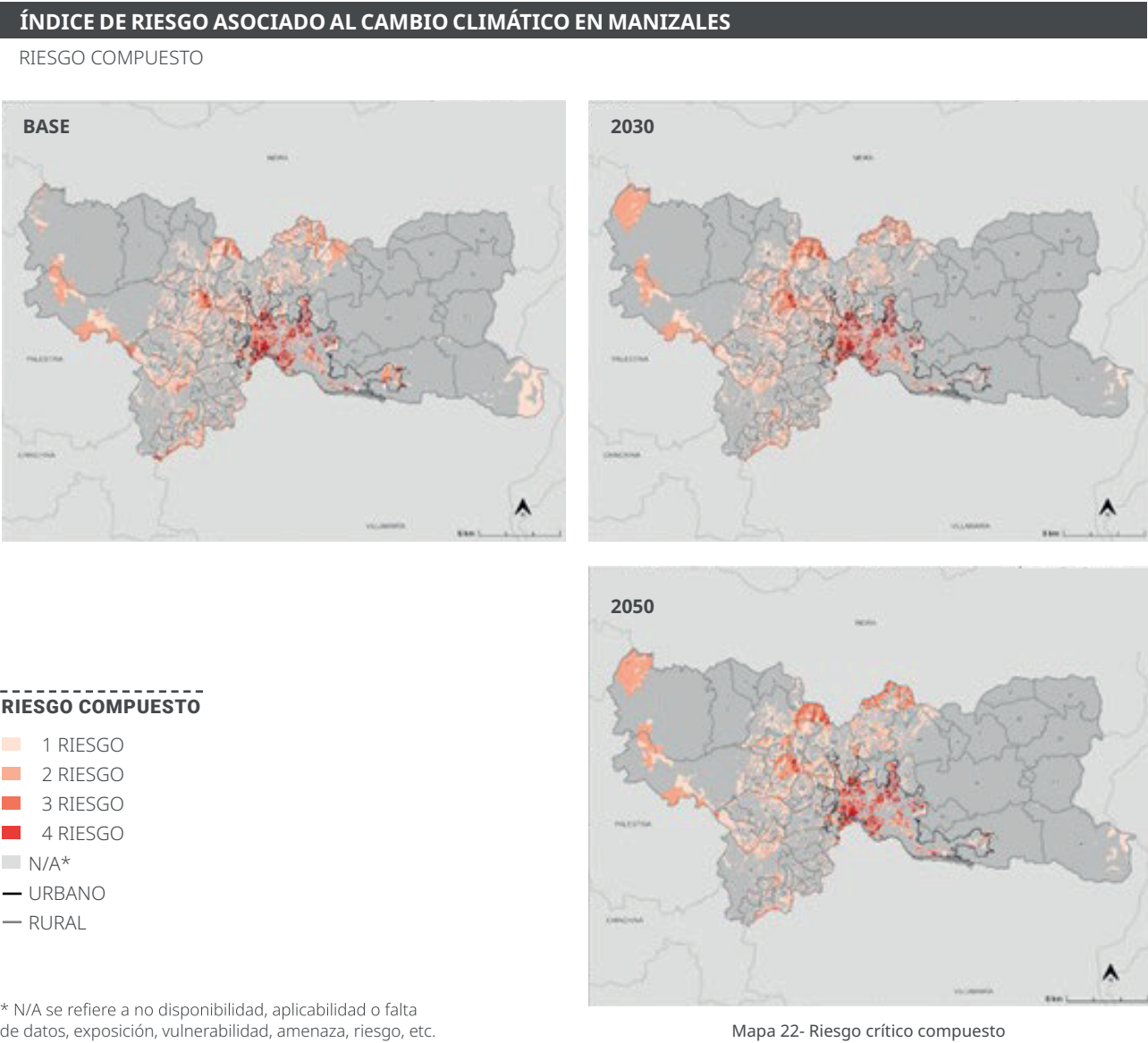
Mapa 21- Variación del Riesgo de proliferación del mosquito Aedes aegypti en la ciudad de Manizales.

4.6 // RIESGO COMPUESTO

El análisis de riesgo compuesto permite conocer qué zonas de la ciudad de Manizales están expuestas a más de uno de los riesgos analizados. Para este análisis se consideraron los resultados de amenazas y vulnerabilidades de las 4 variables evaluadas: olas de calor, inundaciones, movimientos en masa y proliferación del mosquito Aedes Aegypti.

El riesgo compuesto analiza la interacción entre las diferentes variables en el territorio. Es decir, algunas áreas además de estar en riesgo de inundación, pueden sufrir al mismo tiempo olas de calor, desprendimientos de tierra y proliferación de vectores. Estas áreas deben ser priorizadas al considerar las medidas de adaptación. Además, en este punto es interesante pensar en medidas que generen beneficios contra más de un riesgo climático.

El Mapa 22 muestra el riesgo compuesto en el territorio de Manizales. Cabe destacar que la región más central, que coincide con la zona urbana, es la que reunió más riesgos compuestos a lo largo del periodo analizado.



// 05

GESTIÓN DEL RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO IMPLEMENTADO ACTUALMENTE A NIVEL LOCAL

En los últimos años, la ciudad de Manizales ha venido liderando un proceso asociado al fortalecimiento de la gestión del riesgo. Entre esos esfuerzos se destaca el proceso realizado en el año 2012, bajo los contratos administrativos 179 y 240, en convenio interinstitucional con la Universidad Nacional de Manizales UNAL y Corpocaldas cuyo objetivo fue “Aunar esfuerzos para mejorar la gestión del riesgo mediante el conocimiento y el desarrollo de sistemas de información en el municipio”. A través de este proceso se logró una modelación multi-amenaza del riesgo de desastres y un informe de proyecciones que consideró la incidencia del cambio climático en distintas variables asociadas al riesgo. Desde ese entonces, estos documentos han sido un insumo fundamental para la toma de decisiones en cuanto al ordenamiento territorial de la región, debido a que las variables, escalas y fuentes de información, son puntuales de la zona de estudio (área urbana y rural de Manizales) y de las instituciones involucradas tales como: la alcaldía de Manizales, el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales, el Sistema de Información Sísmica de Manizales, las estaciones meteorológicas administradas por la UNAL, entre otras.

En este capítulo, se presentarán algunos aspectos puntuales de la “Evaluación de riesgo físico, multiamenaza, para la ciudad de Manizales, con fines del análisis holístico del riesgo, en aras de tomar decisiones en la planificación de Manizales” y el informe de proyecciones que se realizó bajo el mencionado contrato, con el fin de complementar los resultados obtenidos en el análisis de riesgo asociado al cambio climático como fenómeno global y regional realizado bajo la metodología MOVE y cuyas variables toman datos de los sistemas de información nacional tales como el IDEAM, el DANE, Corpocaldas, organismos internacionales, entre otros. En este sentido, es importante aclarar que el presente informe no sustituye ningún documento realizado por la ciudad, sino que complementa la gestión del riesgo del territorio a través del análisis de información nacional en cuanto a variables directamente relacionadas con el cambio climático. Entendiendo que la escala de impacto del cambio climático tiene implicaciones a nivel global, regional y local, se espera que esta integración de información en las diferentes escalas sea un insumo valioso para la toma de decisiones de la ciudad, y que continúe fortaleciendo y enriqueciendo la acción climática y de gestión del riesgo que se viene adelantando desde el 2012.

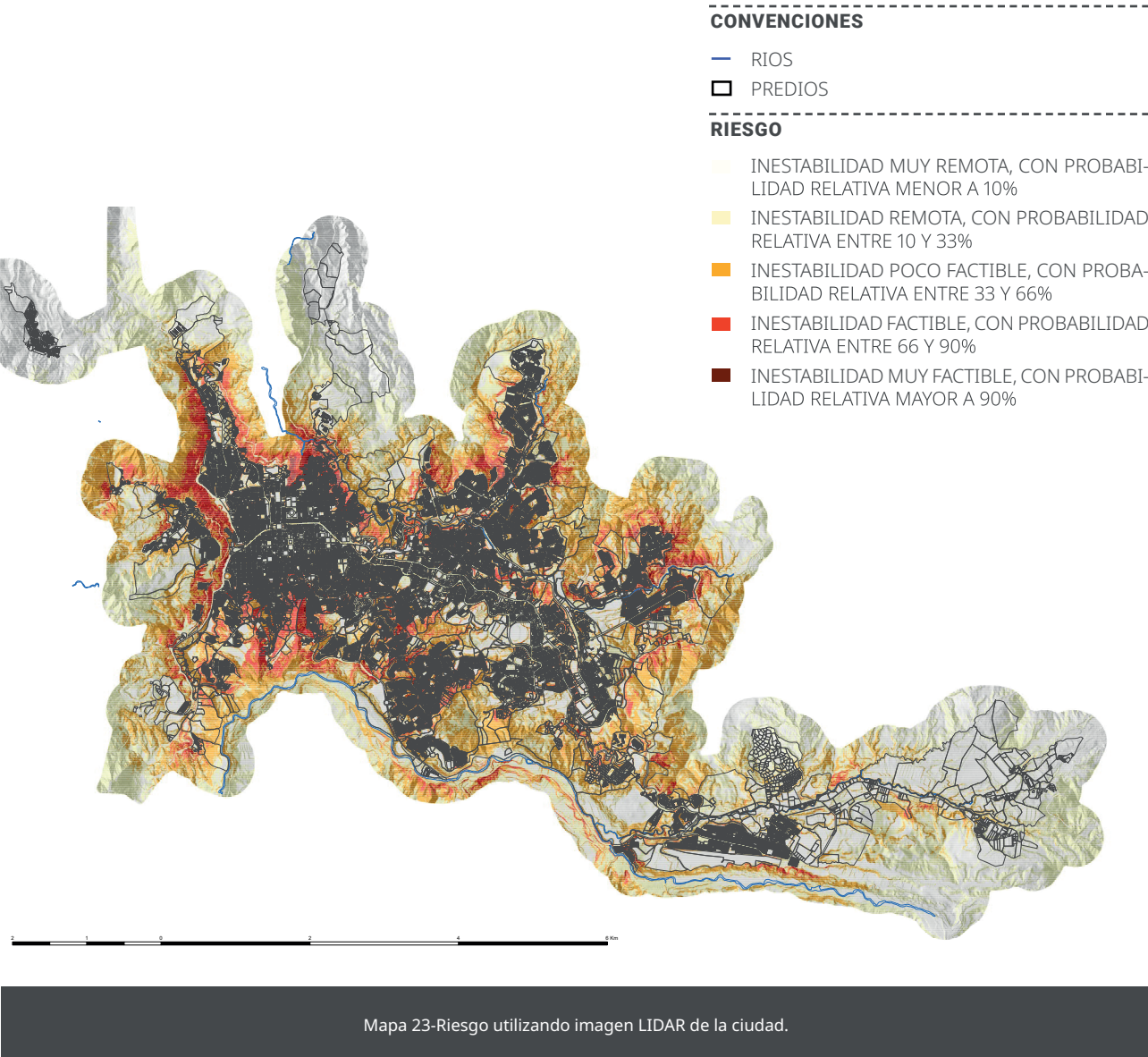
5.1 // EVALUACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO

Como uno de los entregables del proyecto de gestión del riesgo, se realizó una modelación multi-amenaza donde se tomaron en cuenta las variables de riesgo, amenaza y vulnerabilidad por deslizamientos, inundaciones y eventos sísmicos, con los siguientes objetivos:

- Revisar los resultados de los estudios de amenaza por sismo, deslizamientos, inundación, erupciones volcánicas y otros realizados en el marco del proyecto y extraer los resultados como insumos para el desarrollo de las demás actividades.
- Cálculo del riesgo catastrófico por deslizamientos inducidos por lluvias y por terremotos, haciendo uso de evaluaciones previas de la susceptibilidad a los deslizamientos realizadas en el marco del proyecto.
- Desarrollar una evaluación de riesgo físico multi-amenaza para la ciudad de Manizales, considerando las principales amenazas que afectan a la ciudad, y haciendo uso de la mejor información disponible respecto al portafolio de edificaciones de Manizales y su vulnerabilidad.
- Obtener resultados por ubicación en términos de la pérdida anual esperada para todo el portafolio de edificaciones de Manizales, en términos de la curva de excedencia de pérdidas, curva de pérdidas máximas

- probables y curvas de probabilidad de quiebra, así como otras métricas que considere relevantes.
- Desarrollo de un software de escritorio para la consulta de los resultados de riesgo, para todo el portafolio, en el cual se presente de manera detallada la información relevante para la toma de decisiones en el contexto de la planificación del territorio, así como una herramienta básica de evaluación de primas bajo un esquema simple de aseguramiento.
 - Realizar un análisis de las implicaciones de los resultados para la planificación y la toma de decisiones para la reducción y gestión del riesgo en la ciudad.

El análisis del riesgo se desarrolló por medio de una evaluación probabilística en cuanto a deslizamientos, sismos e inundaciones, cuyo objetivo fue estimar la distribución de probabilidad de la pérdida económica que puede presentarse en un conjunto de elementos expuestos, dada la ocurrencia de un fenómeno natural particular derivando el riesgo de una combinación entre, amenaza, vulnerabilidad y elementos expuestos. Estos elementos se caracterizan por su ubicación geográfica, su valor de reposición y la clase estructural a la que pertenecen (Gestión del riesgo Manizales, 2015). (Se adjunta mapa de resultados sobre el Riesgo Municipal).



5.1.1 // METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO Y SU RELACIÓN CON LAS LLUVIAS INTENSAS.

Los resultados de la evaluación del riesgo por deslizamiento están asociados a sismos y lluvias intensas. Además, estos fueron expresados en pérdidas anuales esperadas (AAL por sus siglas en inglés: Average Annual Loss) y pérdidas máximas probables (PML por sus siglas en inglés: Probable Máximum Loss). Esto se encuentra directamente relacionado con el cambio climático y su exacerbación con eventos extremos, teniendo en cuenta los criterios empleados para hallar el detonante por lluvias intensas, los cuales fueron:

- 1

Definición de área mínima por debajo de la cual la precipitación se considera como puntual y definición adicional de área máxima¹⁰
- 2

Definición del número mínimo de estaciones pluviométricas y/o pluviográficas que registren un determinado aguacero para la generación de los mapas de isoyetas correspondientes¹¹, de tal manera que éstos sean confiables para la descripción espacial del evento.
- 3

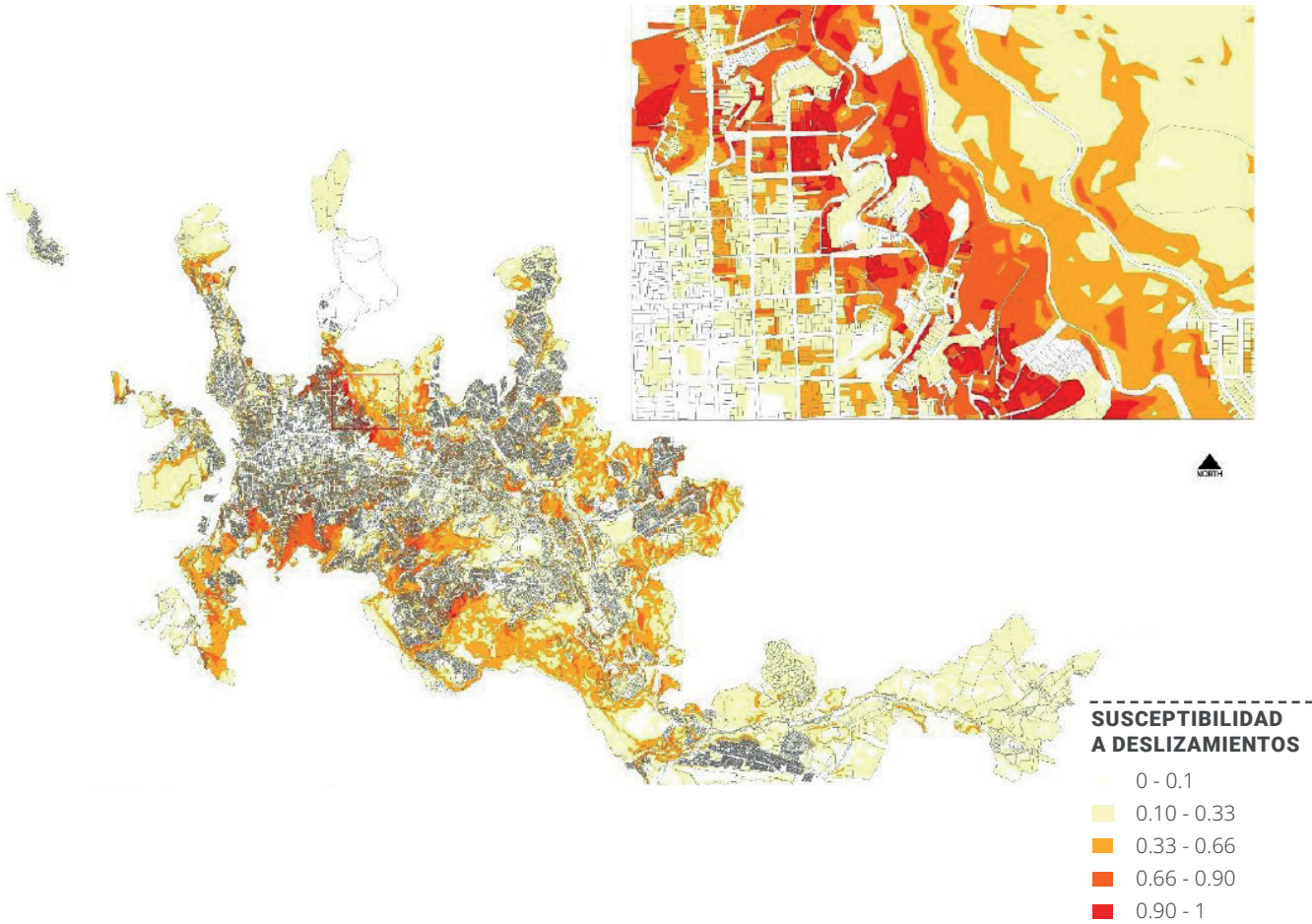
Definición de un valor umbral para la selección de un evento considerado como significativo, es decir, que además de que este evento esté registrado en el número mínimo de estaciones definido en el punto 2, la precipitación registrada en cada una de estas estaciones supere ese valor umbral (p. ej. mayor que 10 mm en 24 horas).
- En este sentido, los resultados presentados a continuación, se orientan en el desarrollo de la tasa anual de ocurrencia de deslizamientos detonados por lluvia, la evaluación por susceptibilidad a los deslizamientos como variables directamente relacionadas con los fenómenos climáticos de las zonas y los resultados de la evaluación del riesgo multi-amenaza expresada en términos de pérdidas en porcentaje monetario.

5.1.2 // EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS DESLIZAMIENTOS

La susceptibilidad a los deslizamientos corresponde a la probabilidad natural de ocurrencia de un deslizamiento en una ubicación específica, en función de las características naturales y antrópicas de la ladera. Esta susceptibilidad para Manizales es calculada por Londoño (2014) mediante una red neuronal artificial, tomando como insumo la mejor información temática disponible para Manizales y entrenando la red con la base de datos de deslizamientos más actualizada a la fecha. En el Mapa 24 se presenta el modelo de susceptibilidad obtenido mediante un modelo de Redes Neuronales, a partir de 29 parámetros de entrada (Gestión del riesgo Manizales, 2015).

10. En razón a que el número de tormentas de gran extensión puede ser escaso dentro de las tormentas históricas disponibles y por lo tanto las series anuales correspondientes pueden resultar no suficientemente largas para realizar análisis de frecuencia de igual confiabilidad que para el resto de eventos disponibles de menor extensión.

11. Este número podría estar alrededor de 10 pero depende indudablemente de la densidad de estaciones en cada caso de estudio

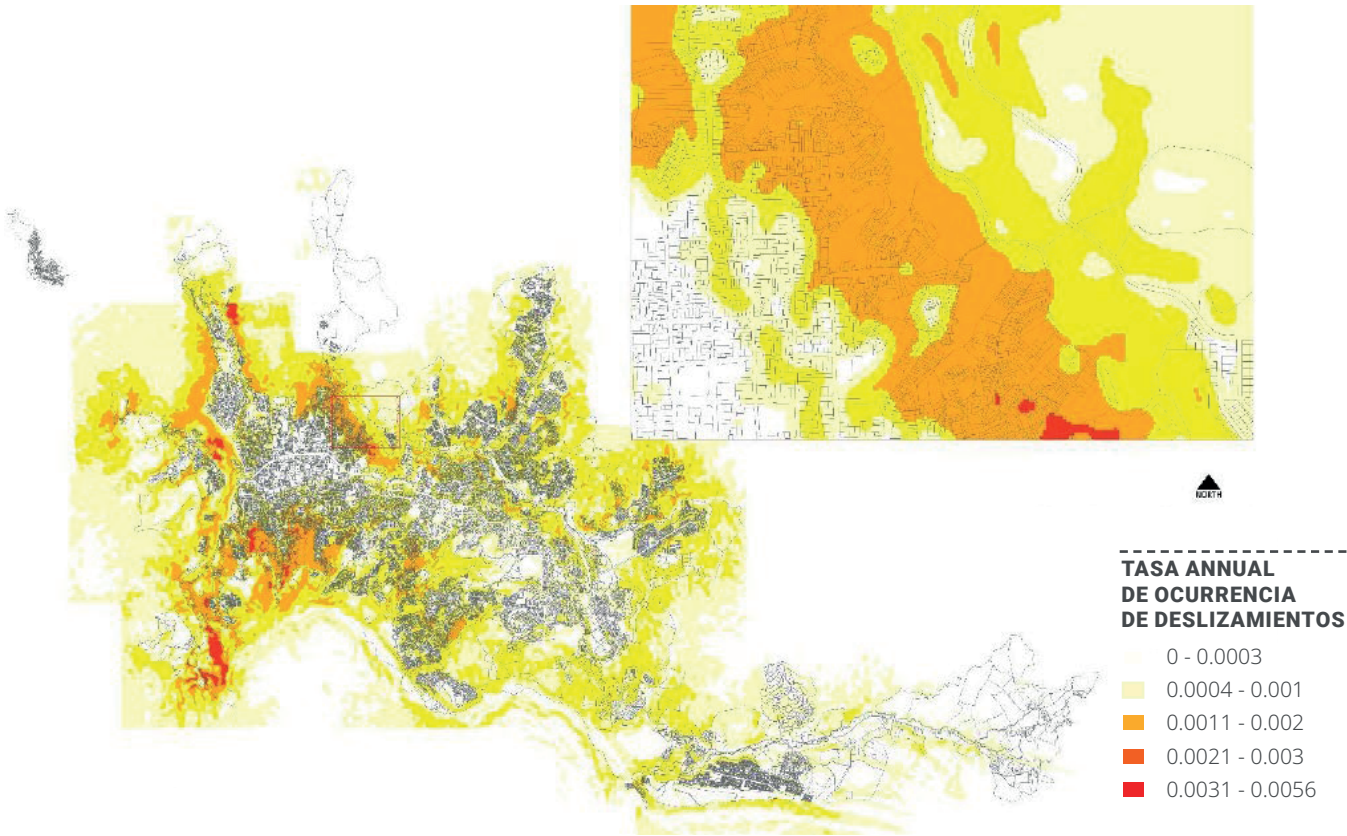


Mapa 24-Modelo de Susceptibilidad para la ciudad de Manizales (tomado de Londoño, 2014)
Tomado de: Gestión del riesgo Manizales, 2015

Se involucra esta valoración del riesgo asociado a deslizamientos debido a la correlación que existe entre estos episodios y las lluvias extremas, factor que se verá agudizado por el cambio climático. A continuación, se hace la precisión de la tasa anual de deslizamientos detonados por eventos de lluvia.

5.1.3 // TASA ANUAL DE DESLIZAMIENTOS DETONADOS POR LLUVIA

Para hallar la tasa anual de deslizamientos detonados por lluvia, se definió la susceptibilidad a los deslizamientos a partir de las características intrínsecas de las laderas y a los fenómenos detonantes como un conjunto de escenarios y una intensidad umbral en cada ubicación, definiendo el umbral como las precipitaciones que han producido deslizamientos anteriormente. Posteriormente se procedió a determinar la tasa anual de ocurrencia de los deslizamientos, tal y como se presenta en el mapa a continuación. En términos más simples, el mapa está indicando cuántas veces por año, en promedio, ocurren deslizamientos en cada ubicación.



Mapa 25-Tasa anual de ocurrencia de deslizamientos para el municipio de Manizales.
Tomado de: Gestión del riesgo Manizales, 2015

5.1.4 // RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN MULTIAMENAZA

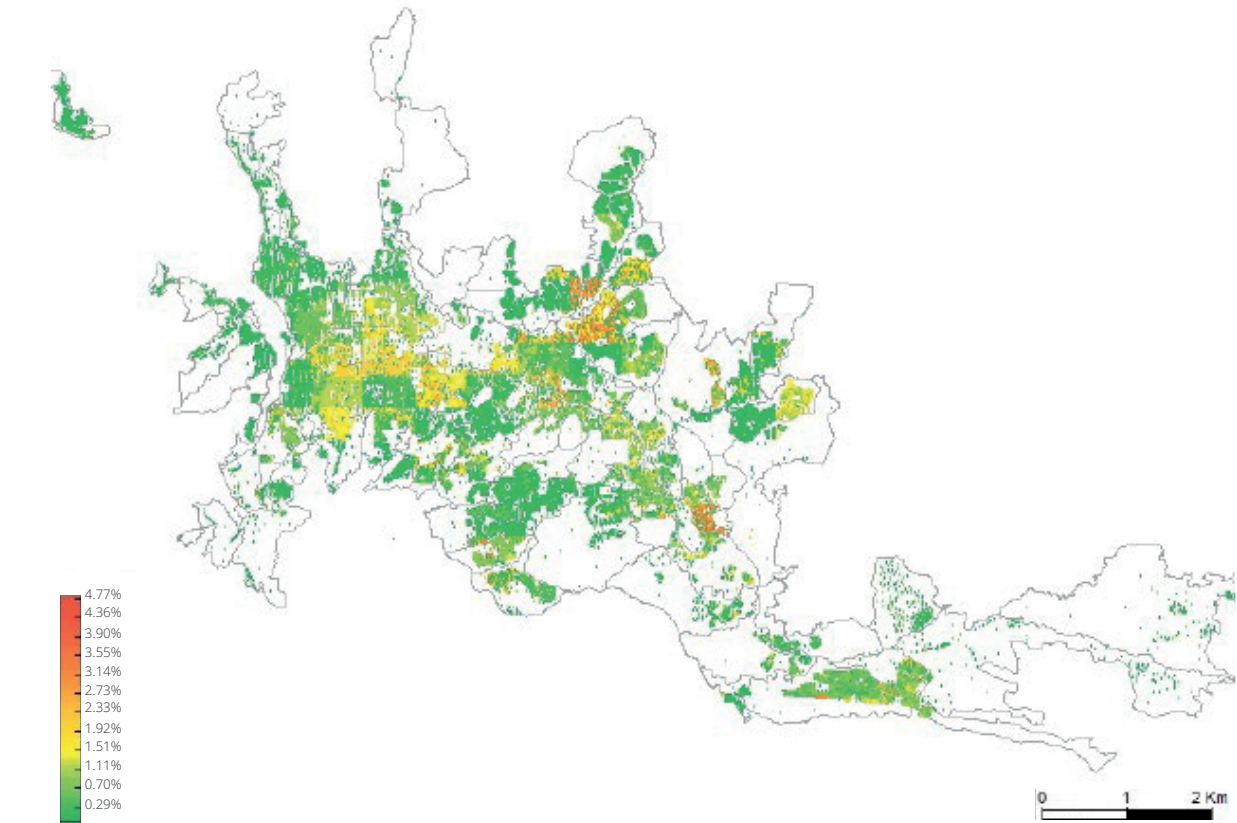
Uno de los resultados de relevancia dentro de la evaluación del riesgo físico multiamenaza, fueron los resultados obtenidos en cuanto a pérdidas anuales esperadas AAL y pérdidas máximas probables PML, expresadas en términos monetarios.

Es importante recordar que la pérdida anual esperada es una cantidad que analiza los valores asociados a las pérdidas futuras que pueden ocurrir en la ciudad, considerando que los tiempos de ocurrencia y las pérdidas causadas en los futuros eventos son totalmente inciertos. Debe entenderse por lo tanto como una normalización en el tiempo de las pérdidas futuras, es decir que no está indicando que en efecto ese valor vaya a perderse cada año de manera exacta. Por otra parte, la pérdida máxima probable es una cantidad de pérdida asociada a algún periodo de retorno. Típicamente son de interés los periodos de retorno largos (de más de 500 años) pues dan idea de la cuantía de las pérdidas esperada durante eventos catastróficos. De esta manera, los resultados de riesgo deben leerse siempre de manera integral, pues es importante cuantificar el riesgo desde la óptica de la amortización anual de las pérdidas futuras, así como del potencial de pérdida en eventos catastróficos (Gestión del riesgo Manizales, 2015).

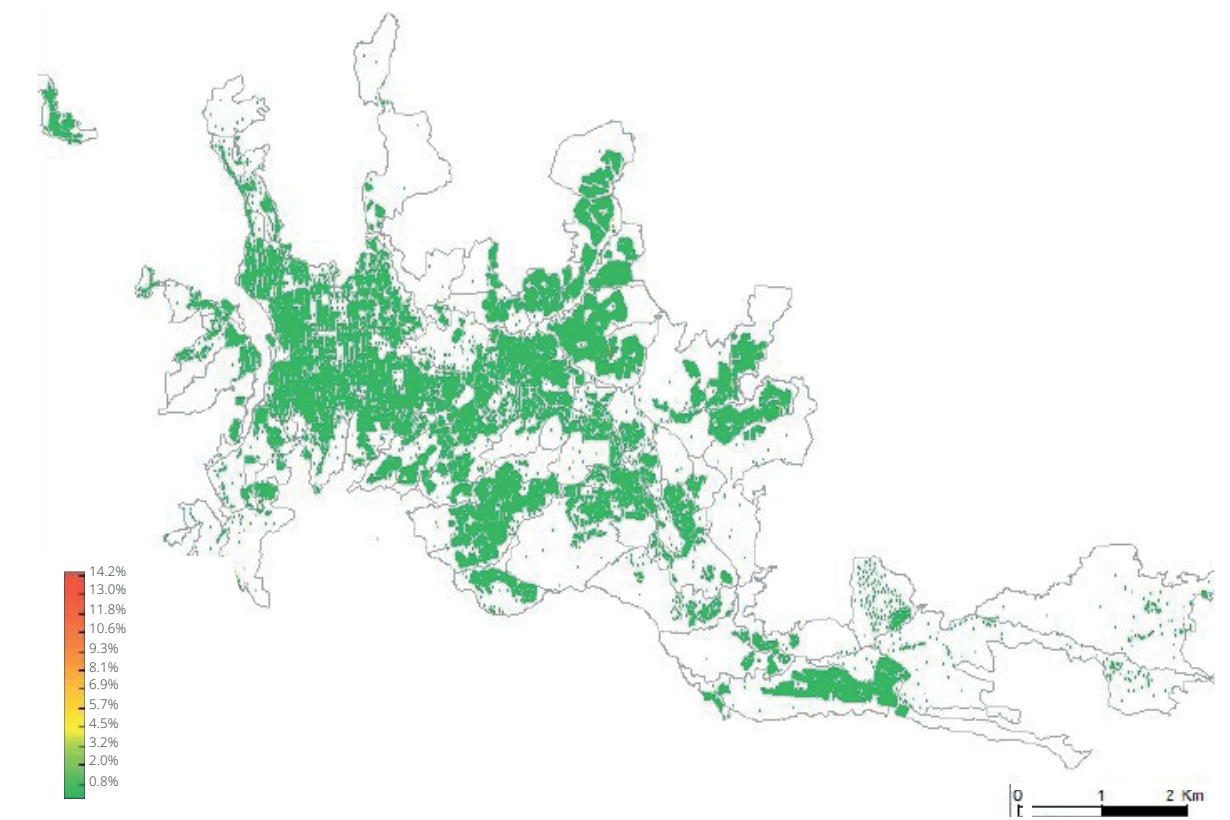
Se hallaron las pérdidas anuales esperadas totales por sismo sin deslizamiento, deslizamientos detonados por sismo y deslizamientos detonados por lluvia. Donde el mayor porcentaje de pérdidas anuales esperadas es por sismo sin deslizamiento con un 6,78% con un valor estimado de \$53,239,335,845 pesos colombianos. En cuanto a los deslizamientos detonados por lluvia y sismo el porcentaje de pérdida anual esperada fue de 0,64% y 0,42% respectivamente.

Cabe aclarar que para el presente informe, a la fecha, no se ha encontrado una correlación clara en términos científicos entre la actividad sísmica y el cambio climático (NASA, 2019). Es por esta razón, que para el interés del análisis de riesgo y vulnerabilidad climática, será importante contemplar las afectaciones relacionadas a los deslizamientos detonados por lluvias, pues son los que se verán alterados por los impactos del cambio climático, dado que específicamente están asociados a los cambios en los regímenes de lluvias, climas extremos y otros procesos climáticos como el ENSO, que afectan el comportamiento de las lluvias en Colombia.

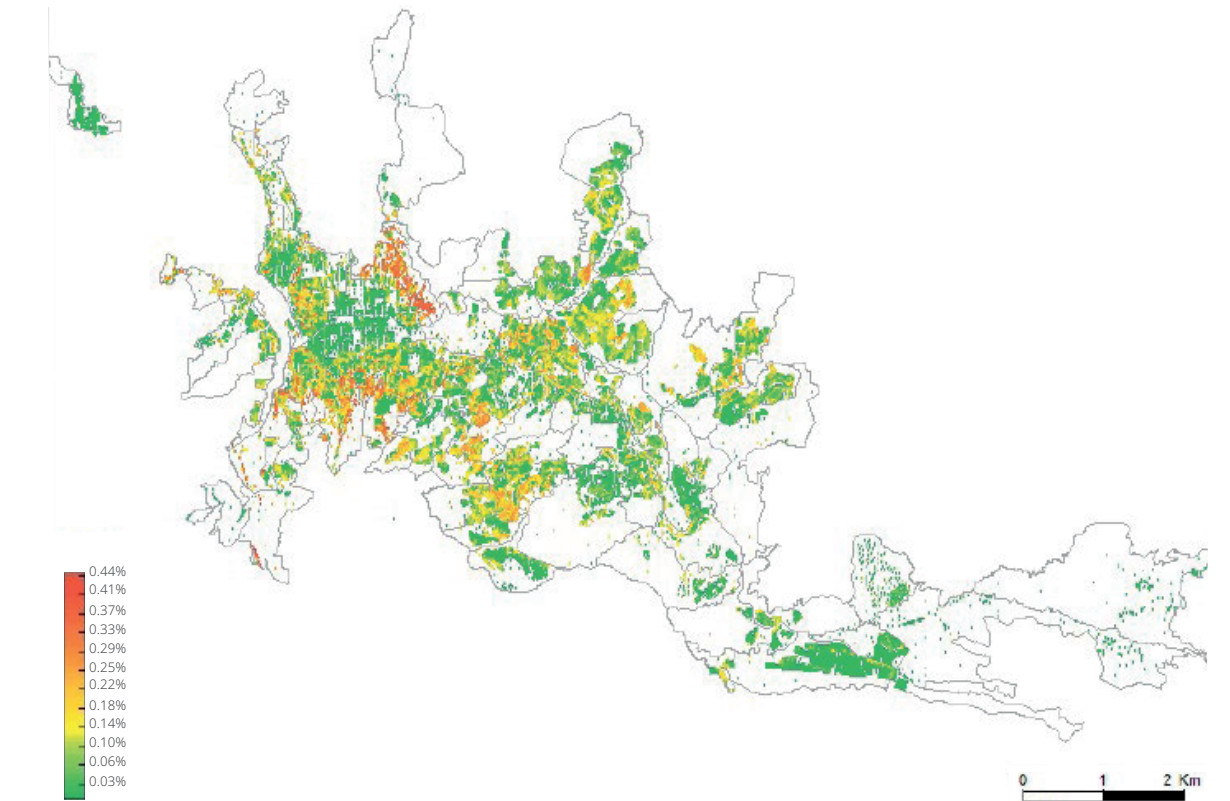
A continuación, se presentan los mapas correspondientes a los resultados de las variables anteriormente mencionadas:



Mapa 26. Mapa de pérdida anual esperada por sismo para las edificaciones de Manizales.
Tomado de: Gestión del riesgo Manizales, 2015



Mapa 27- Mapa de pérdida anual esperada por deslizamientos detonados por sismo para las edificaciones de Manizales.
Tomado de: Gestión del riesgo Manizales, 2015



Mapa 28- Pérdida anual esperada total por deslizamientos detonados por lluvias para las edificaciones de Manizales.
Tomado de: Gestión del riesgo Manizales, 2015

5.2 // PROYECCIONES CONSIDERANDO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA MANIZALES

Otro de los aspectos importantes evaluados para la gestión del riesgo de Manizales fue el informe de proyecciones considerando escenarios de cambio climático. Este informe abarca la estimación de posibles escenarios futuros de temperatura y precipitación para el año 2050, considerando diferentes modelos climáticos globales y técnicas de reducción de escala. Evalúa las relaciones entre estos escenarios y las líneas base de precipitación y temperatura para la ciudad de Manizales, teniendo en cuenta el área urbana. Por otra parte, analiza la incidencia de estas proyecciones en las amenazas pertinentes en el marco del modelo probabilístico del riesgo CAPRA (plataforma de software abierto). Finalmente, evidencia las emisiones de Gases de Efecto Invernadero con énfasis especial en las fuentes fijas y móviles que se presentan en la ciudad.

Los datos empleados para este informe fueron suministrados por diferentes entidades como: el Centro Internacional para la Agricultura Tropical –CIAT-, The National Center for Atmospheric Research- NCAR, Stockholm Environment Institute-SEI-, el Instituto de Estudios Ambientales –IDEA- de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, La Corporación Autónoma Regional de Caldas-CORPO-CALDAS-, La Secretaría de Tránsito de Manizales, La Secretaría de Agricultura de Caldas, la empresa Gestión Ambiental y Servicios Agropecuarios SAS-GASA- y el grupo de Diseño Mecánico y Desarrollo Industrial de la Universidad Autónoma de Manizales –UAM-. Por otra parte, se resalta la colaboración de la Universidad de Manizales, Transloyola y de los taxistas de Flota El Ruiz y La Feria que colaboraron en el diligenciamiento de encuestas relacionadas con la actividad del parque automotor de la ciudad.

El estudio fue desarrollado considerando las mejores tecnologías disponibles para el procesamiento de modelos climáticos, con técnicas avanzadas de minería de datos. Se presenta un análisis comparativo entre técnicas de reducción de escala simple, métodos de mediana complejidad que sólo permiten analizar comportamientos medios y técnicas no paramétricas, con una mayor complejidad, que facilitan la obtención de proyecciones futuras a escala diaria.

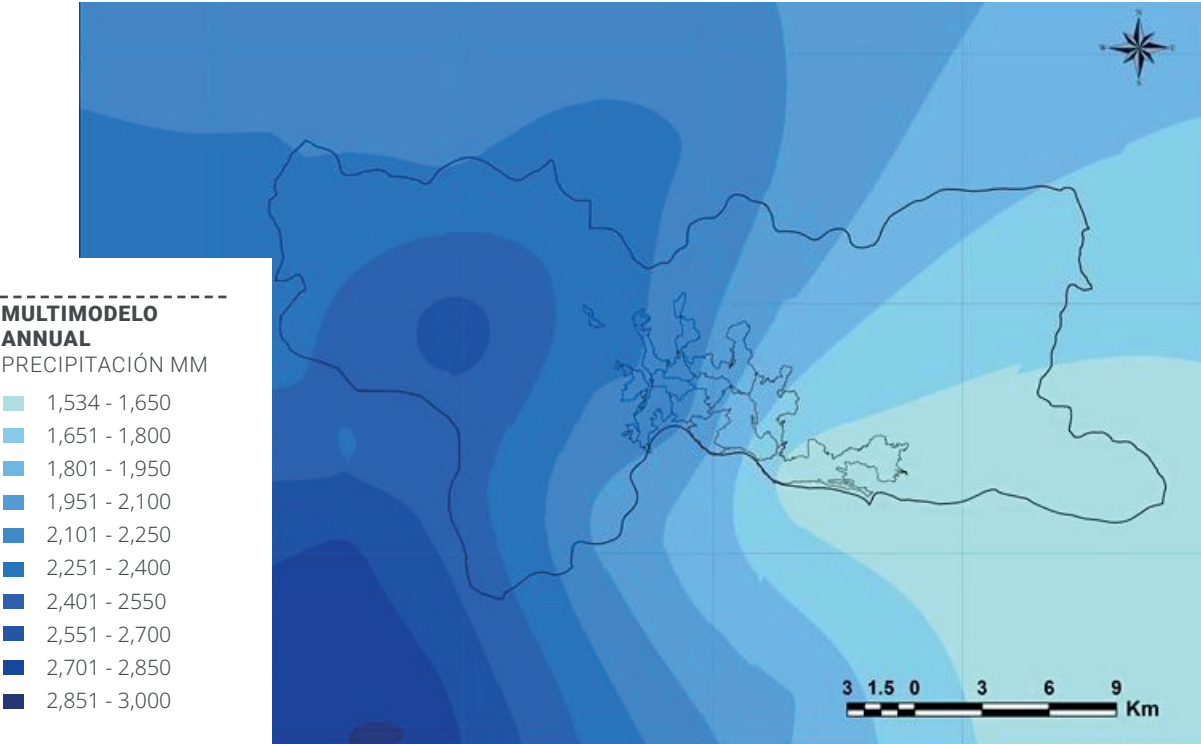
5.2.1 // METODOLOGÍA PROYECTO GESTIÓN DEL RIESGO

El trabajo comprendió el análisis de proyecciones de cambio climático en cuanto a las variables de temperatura y precipitación, la evaluación de la anomalías o cambios entre la línea base y las proyecciones, la evaluación de la incidencia de las proyecciones climáticas en las amenazas pertinentes en el marco del modelo probabilista de riesgo CAPRA (plataforma de software abierto) y algunas evidencias de las emisiones de GEI que se generan en la ciudad de Manizales.

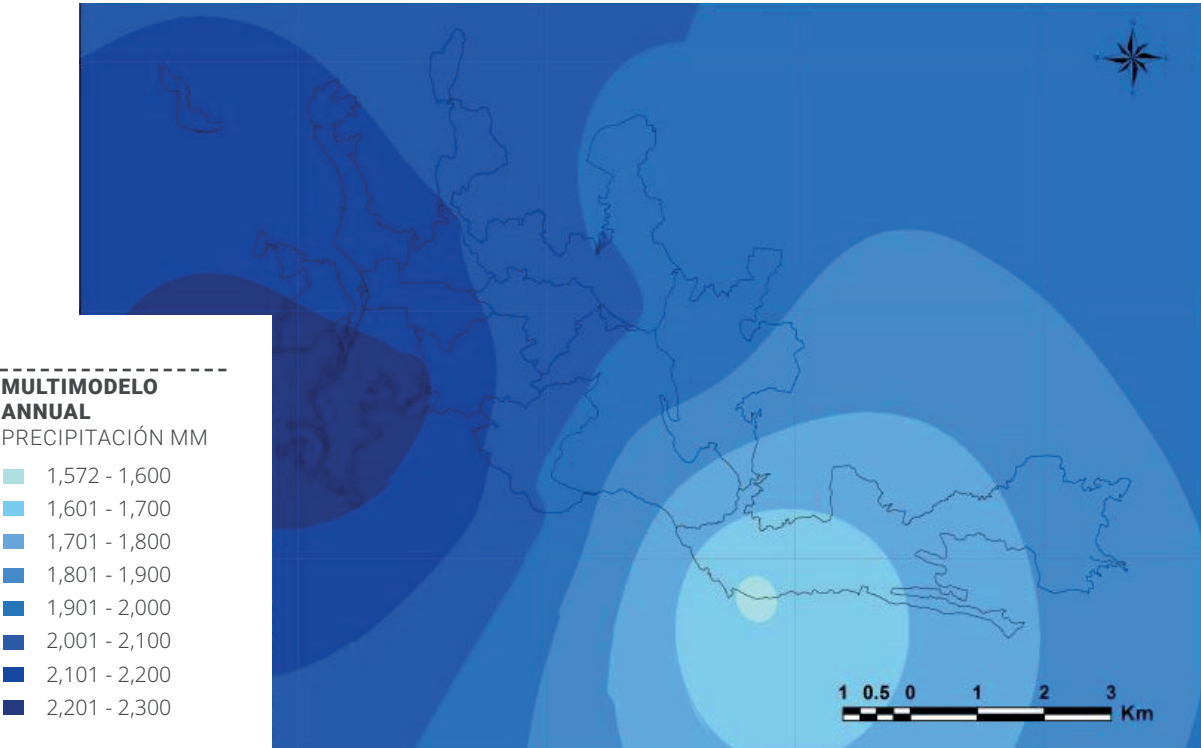
Estas proyecciones se elaboraron empleando dos técnicas de reducción de escala: 1) Método simple de reducción de escala o método Delta a partir de la información suministrada por el CIAT (2014) en escala de 1 km x 1 km. 2) Método no paramétrico kNN – bootstrapping; en este caso se obtienen las proyecciones por estación. Se realizó la interpolación con dos escalas distintas 30 x 30 m para la ciudad de Manizales y 10 x 10 m para el área urbana.

5.2.2 // ESCENARIOS DE PROYECCIÓN PRECIPITACIÓN.

Se establecieron dos escenarios de proyección a 2050 para la ciudad de Manizales uno a escala departamental 30x30 m (Mapa 24) y uno a escala local 10x10 m, haciendo la distinción por comuna como se presenta a continuación.



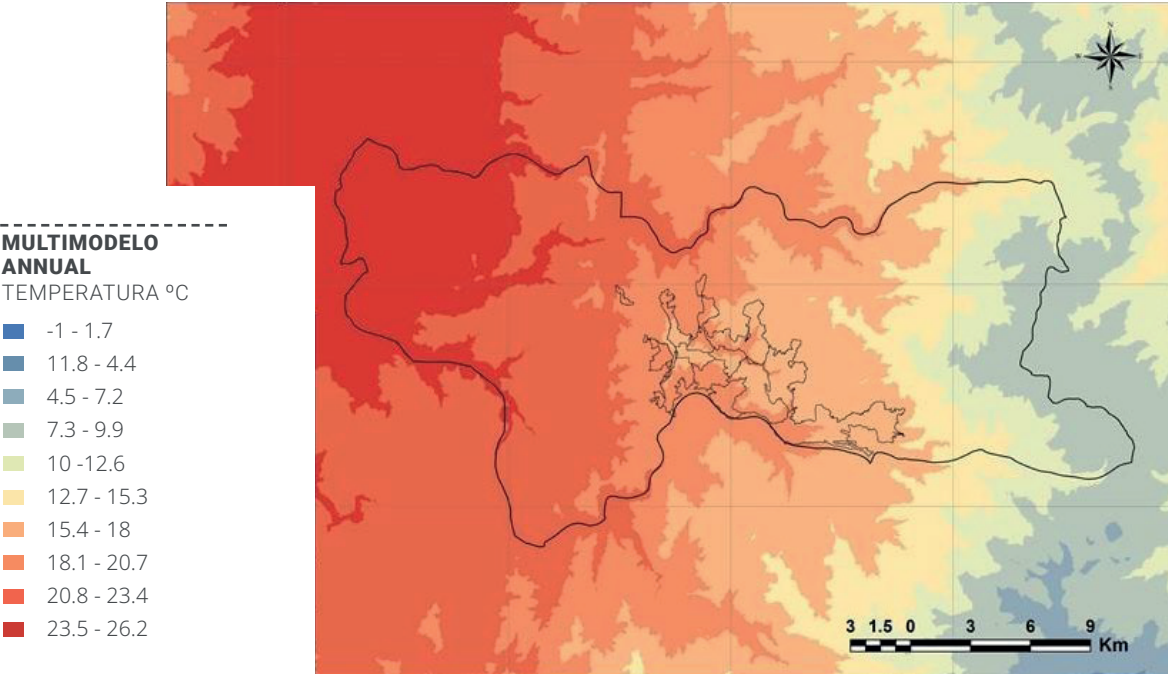
Mapa 29- Proyección de precipitación anual a escala departamental 30X30 m -Ensamble simple multimodelo
Tomado de: Gestión del riesgo Manizales, 2015



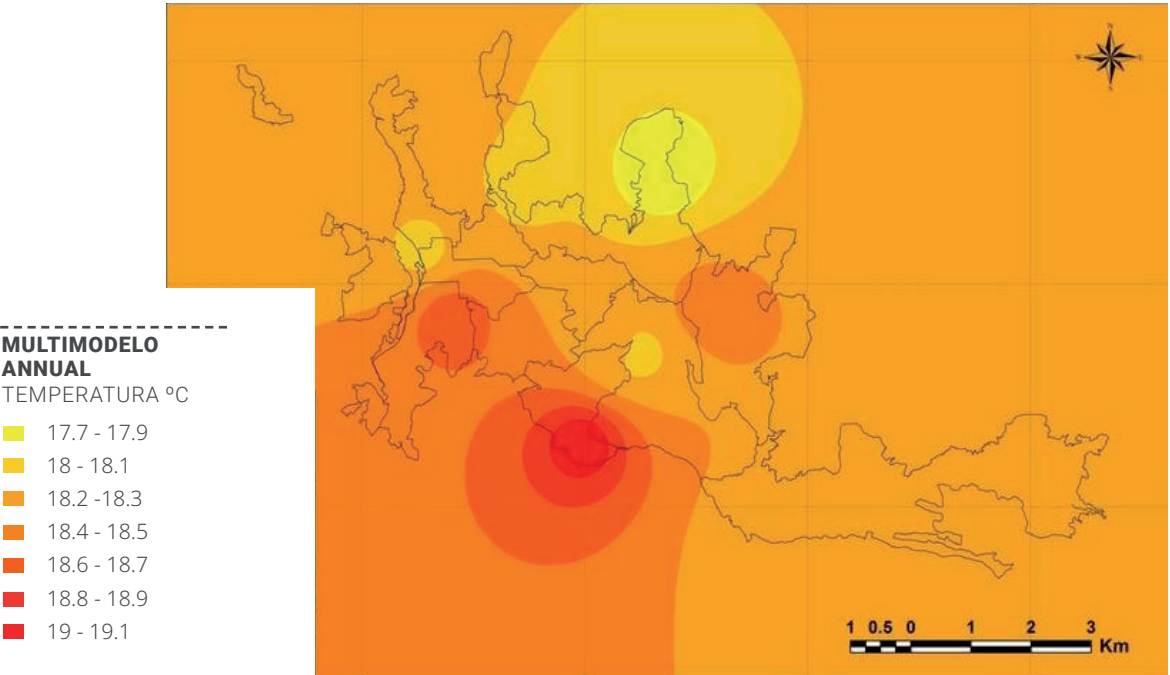
Mapa 30-. proyecciones de precipitación anual 2020-2050 de Manizales escala 10x10 m Ensamble simple multimodeloz

5.2.3 // ESCENARIOS DE PROYECCIÓN TEMPERATURA

En cuanto a los escenarios de temperatura media 2020 a 2050, al igual que en precipitación se establecieron escenarios a nivel departamental, los cuales se describen a continuación:



Mapa 31-Proyecciones de temperatura media 2020-2050 escala departamental 30x30- ensamble simple multimodelo. Tomado de: Gestión del riesgo Manizales, 2015



Mapa 32- proyecciones de temperatura media 2020-2049 escala local 10x10- ensamble simple multimodelo Tomado de: Gestión del riesgo Manizales, 2015

// 06 COMPRENSIÓN DE LA ADAPTACIÓN

La estabilización de la temperatura media global en superficie no supondrá la estabilización de todos los aspectos del sistema climático ya que cada aspecto (cambio en los biomas, temperatura de los océanos, capas de hielo, reequilibrio del carbono del suelo) tiene un tiempo para alcanzar el equilibrio. Por lo tanto, el cambio climático podría tener efecto durante cientos o miles de años si se consigue estabilizar la temperatura global de la superficie (IPCC, 2014). Este escenario indica que tanto las acciones de mitigación como las de adaptación son esenciales para hacer frente al cambio climático.

La adaptación se define como un proceso de ajuste de los sistemas humanos y naturales al clima actual, al previsto y a sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación busca moderar o evitar los daños, así como aprovechar las oportunidades. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar este proceso de ajuste al clima previsto y sus efectos (IPCC, 2014). Es decir, teniendo en cuenta el escenario climático actual, marcado por un aumento de los fenómenos extremos, el cambio climático es real y creciente. Así, la adaptación debe entenderse como una forma de adecuar los sistemas humanos y naturales a estos cambios.

En general, la adaptación al cambio climático consiste principalmente en reducir la vulnerabilidad y la exposición de los sistemas naturales y humanos. La integración de la adaptación en la planificación, incluido el diseño de políticas y la toma de decisiones, puede promover sinergias con el desarrollo y la reducción del riesgo de desastres (IPCC, 2014). Esto se debe a que las intervenciones de adaptación tienen como objetivo reforzar la resiliencia del sistema mejorando su capacidad de respuesta al estrés climático y/o reduciendo su deterioro físico, medioambiental y socioeconómico, asegurando oportunidades adicionales de sostenibilidad, crecimiento y desarrollo.

La adaptación debe diseñarse teniendo en cuenta las características específicas de cada contexto local. La identificación de las necesidades derivadas de los riesgos y vulnerabilidades climáticas proporciona una base para seleccionar las medidas de adaptación más eficaces (NOBLE; HUQ, 2014). En general, existen tres tipos de medidas de adaptación: estructurales, institucionales y sociales (Figura 7).

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

ESTRUCTURAL

SERVICIOS DE INGENIERÍA Y ZONAS EDIFICADAS

Disques y estructuras de protección del litoral; diques y tarnas contra inundaciones; almacenamiento de agua; mejora del drenaje; señuelos en las playas; refugios contra inundaciones y ciclones; códigos de construcción; adaptación de las infraestructuras de carreteras y autopistas y ajuste de las centrales eléctricas y de la red eléctrica.

TECNOLOGÍAS

Nuevas variedades de cultivos; modificación genética; eirgo eficiente; almacenamiento de agua de lluvia; instalaciones de almacenamiento y conservación de alimentos; sistemas de alerta temprana y aislamiento de edificios.

ADAPTACIÓN BASADA EN LO ECOSISTEMAS (AbE) / SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA(SbN)

Restauración ecológica, incluidos los humedales y las llanuras de inundación; mejora de la biodiversidad; reforestación; conservación y replantación de manglares; árboles de sombra, techo verdes; gestión de la pesca; migración asistida o controlada; corredores ecológicos; gestión de los recursos naturales basada en la comunidad y gestión adaptativa del uso de la tierra.

SERVICIOS
Redes de seguridad y protección social; bancos de alimentos y distribución de excedentes alimentarios; programas de inmunización y servicios esenciales de salud pública.

INSTITUCIONAL
ECONOMÍA
Incentivos financieros, incluyendo impuestos y subsidios; seguros; bonos para catástrofes; fondos rotatorios; pago por servicios medioambientales; tarifas del agua; microfinanciación; fondos de contingencia para catástrofes y transferencias de efectivo.

LEYES Y REGLAMENTOS
Legislación sobre la zonificación de la tierra; normas de construcción; servidumbres; reglamento y acuerdos sobre el agua; leyes para apoyar la reducción del riesgo de desastres; leyes para fomentar la compra de seguros; definir los derechos de propiedad y la seguridad de la tendencia de la tierra; áreas protegidas y áreas marinas protegidas.

POLÍTICAS Y PROGRAMAS NACIONALES Y GUBERNAMENTALES
Planes de adaptación nacionales y regionales que integren el cambio climático; programas de mejora urbana; planificación y preparación ante catástrofes naturales; planes directores de ciudades; planes sectoriales; gestión integrada de los recursos hídricos; gestión de las zonas costeras; gestión basada en los ecosistemas; gestión de la pesca y adaptación basada en la comunidad.

EDUCACIÓN
Sensibilización e integración en la educación; servicios de extensión; intercambio de conocimientos locales y tradicionales, incluida la integración en la planificación de la adaptación y comunicación a través de los medios de comunicación.

SOCIAL
INFORMACIÓN
Cartografía de pligros y vulnerabilidad; sistemas de alerta temprana y respuestas, incluida la alerta temprana orientada a la salud; seguimiento sistemático y teledetección; previsión más fiable; planes de adaptación basado en la comunidad; incluida la mehora de la comunidad y desarrollo participativo de escenario.

COMPORTAMIENTO
Vivientda; preparaci´on de los hogares y planificación de la evacuación; conservación del suelo y el agua; diversidicación de los medios de subsistencia; cambio en las prácticas de ganadería y acuicultura; cambios en los cultivos agrícolas; cambios en las prácticas de cultivo, patrones y fechas de pantación; y alternativas forestales; sensibilización y formación con las comunidades sobre cómo actuar en situaciones de eventos extremos.

* Las medidas de ingeniería deben planificarse, siempre que sea posible, considerando soluciones basadas en la naturaleza (SbN)

Fuente: Adaptado de (IPCC, 2014)

5.1 // ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN

Según el IPCC (2014), la mitigación se refiere a las acciones humanas para reducir las fuentes de emisión o aumentar los sumideros¹² de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Estas acciones, así como la adaptación, son extremadamente importantes para hacer frente al cambio climático y deben analizarse de forma complementaria para reducir y gestionar los riesgos asociados al cambio climático. La aplicación efectiva de estas acciones depende de las políticas y la cooperación a todas las escalas, y puede mejorarse mediante respuestas que vinculen la mitigación y la adaptación a otros objetivos sociales, como las acciones y políticas de desarrollo de las ciudades.

A la hora de seleccionar una medida de adaptación es esencial evaluar su relación con la mitigación, más concretamente los efectos de la medida de adaptación sobre los objetivos de mitigación. Esto se debe a que, al mismo tiempo que una acción de adaptación puede tener una relación sinérgica con los objetivos de mitigación, también puede tener efectos opuestos, como aumentar las emisiones de GEI al proporcionar aire acondicionado en algunos entornos que están sufriendo el aumento de las temperaturas. Igualmente, cuando se evalúen las medidas de mitigación, deberá revisarse su incidencia en la adaptación climática. Un ejemplo de esto es la restauración de ecosistemas que ayuda a incrementar la captura de carbono al tiempo que aumenta la resiliencia ante eventos climáticos por medio de Adaptación basada en Ecosistemas (AbE).

5.2 // MALA ADAPTACIÓN (MALADAPTATION)

A la hora de decidir qué medidas de adaptación aplicar, hay que tener en cuenta la mala adaptación, la cual puede entenderse como acciones que, en lugar de reducir la vulnerabilidad y la exposición de las personas, los lugares o los sectores, aumentan estos factores. Este concepto se desarrolló a partir de medidas y acciones de adaptación que no funcionaban como tales, ya que afectaba los recursos, limitaban las opciones futuras, aumentaba la vulnerabilidad de la población y trasladaban la responsabilidad de encontrar soluciones a las generaciones futuras (PNUD, 2019).

Según Anguelovski et al. (2016), si una acción de adaptación va en contra de los objetivos de desarrollo sostenible, de erradicación de la pobreza y de equidad social, especialmente por cargar desproporcionadamente a los más vulnerables, se considera una acción de mala adaptación. Es importante destacar que las acciones de adaptación no exitosas no deben confundirse con la mala adaptación, ya que las acciones no exitosas son neutrales, es decir, son sólo acciones que no lograron su objetivo final, pero que al mismo tiempo no generaron ningún impacto negativo (BARNETT; O'NEILL, 2010).

Cabe mencionar que una de las formas de introducir una agenda de adaptación en el contexto de las ciudades, teniendo en cuenta las incertidumbres inherentes a la proyección de escenarios futuros, es aplicar las llamadas medidas “sin arrepentimiento”. Estas medidas aumentan la resiliencia de las ciudades y generan beneficios incluso sin tener en cuenta la materialización de los efectos del cambio climático, es decir, que independientemente del cambio climático estas medidas ofrecen cobeneficios para otras cuestiones sociales, de desarrollo y económicas de la ciudad.

12. Sumidero: Cualquier proceso, actividad o mecanismo que elimina un gas de efecto invernadero (IPCC, 2014).

Según el C40 CITIES (2018) las relaciones entre las acciones de adaptación y mitigación pueden clasificarse en:



- SINERGÍA:**
- Acciones que reducen tanto las emisiones de GEI como el riesgo asociado al cambio climático.
- ACCIONES CON EFECTOS OPUESTOS (TRADE-OFF) :**
- acciones de mitigación que aumentan el riesgo asociado al cambio climático o acciones de adaptación que aumentan las emisiones de GEI.
- MALA INVERSIÓN**
- Acciones que pueden deshacerse o perder eficacia por los efectos del cambio climático si no son suficientemente resistentes.
- ACCIONES COMPLEMENTARIAS (PIGGYBACKING):**
- Acciones que son complementarias cuando se diseñan y/o ejecutan conjuntamente, por ejemplo, proyectos con oportunidades de añadir acciones de mitigación o adaptación a un pequeño coste marginal.

6.3 // MEDIDAS DE ADAPTACIÓN PARA MANIZALES

El proceso de mapeo de medidas de adaptación tuvo en cuenta los resultados del análisis del riesgo asociado al cambio climático para la ciudad de Manizales, buscando identificar posibles acciones que reduzcan los riesgos de inundaciones, olas de calor, movimientos en masa y proliferación de vectores de enfermedades para la ciudad. Este proceso se realizó a través de una revisión bibliográfica de experiencias nacionales e internacionales en ciudades que enfrentan riesgos asociados al cambio climático similares a los identificados para Manizales, y a través del análisis documental de las acciones y medidas existentes en la ciudad. Se subraya que las acciones de adaptación se refieren a iniciativas físicas, planes, programas o proyectos. Cabe destacar que, debido al historial de catástrofes que ya ha vivido Manizales, la ciudad ya está muy por delante de otras en cuanto a la adaptación al cambio climático, por lo tanto, las medidas que se presentarán deben ser vistas como una forma de fortalecer aún más la resiliencia de la ciudad.

En total, se seleccionaron 42 acciones que se sistematizaron en una lista para la ciudad de Manizales (Tabla 6 a 8). Obsérvese que estas acciones se han clasificado en medidas estructurales, sociales e institucionales, con una indicación de la(s) amenaza(s) climática(s) a la(s) que pueden responder. Además, a través de la columna de clasificación es posible identificar si la acción es una propuesta o una existente. En el caso de las medidas existentes, la idea es que haya un refuerzo y/o una mayor difusión de estas.

ID	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	AMENAZA CLIMÁTICA	CLASIFICACIÓN
1	INSTALACIÓN DE FUENTES PÚBLICAS DE AGUA POTABLE ACCESIBLES PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD (PCD) EN LOS PUNTOS DE MAYOR CIRCULACIÓN DE LA CIUDAD.	Instalar fuentes y bebederos públicos de libre y cómodo acceso para beber y refrescarse en los puntos de mayor circulación de la ciudad, priorizando las zonas que más van a sufrir las olas de calor. Estas fuentes de agua potable pueden instalarse en zonas comerciales concurridas, lugares turísticos, distritos comerciales, rutas de transporte público de pasajeros y espacios verdes populares como parques y plazas.	Olas de calor	Propuesta
2	PROMOCIÓN DE LA IMPLANTACIÓN DE MUROS Y TECHOS VERDES, Y JARDINES VERTICALES.	Promover la implantación de paredes verdes, muros verdes y jardines verticales en toda la ciudad, priorizando las zonas críticas en relación con las olas de calor, con el fin de mejorar el confort térmico de estas zonas. Además, mejora el aspecto visual de la ciudad y reduce la contaminación en torno a estas zonas.	Olas de calor	Propuesta
3	PROMOCIÓN DE LA PINTURA DE TEJADOS, APARCAMIENTOS Y CALLES.	Promover el pintado de tejados, aparcamientos y calles con pintura blanca para aumentar la reflexión de la radiación solar y, en consecuencia, reducir la sensación de calor y congestión en la ciudad.	Olas de calor	Propuesta
4	PROMOCIÓN DE LA MODERNIZACIÓN DE LA FLOTA DE AUTOBUSES.	Promover la readaptación de la flota de autobuses existente con techos blancos para reducir la ganancia de calor solar y la ventilación para garantizar una circulación de aire adecuada.	Olas de calor	Propuesta

ID	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	AMENAZA CLIMÁTICA	CLASIFICACIÓN
5	CONSTRUCCIÓN DE EMBALSES.	Construir embalses en el sistema de macro drenaje para almacenar y retener las aguas pluviales en las zonas con alto riesgo de inundación. En la medida de lo posible, incorporar medidas de soluciones basadas en la naturaleza (SbN), como infraestructura verde.	Inundación	Propuesta
6	IMPLANTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS VERDES Y OTRAS MEDIDAS DE DRENAJE DE BAJO IMPACTO.	Implantar infraestructuras verdes y naturales para el drenaje, como jardines de lluvia, biovalet, cunetas de drenaje, zonas inundadas (wetlands), pavimentos permeables y cisternas, con especial atención a las zonas de alto riesgo de inundación. Estas medidas ayudan a reducir la velocidad de la escorrentía de las aguas pluviales, capturan y absorben el agua de lluvia, reduciendo la carga del sistema de drenaje convencional, mitigando los picos de inundación durante los períodos de fuertes lluvias.	Inundación	Propuesta
7	IMPLANTACIÓN DE ESTRUCTURAS DISEÑADAS PARA LA CAPTACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES.	Implementar plazas, jardines, canchas deportivas y otras estructuras que estén diseñadas con una gran cuenca de agua que pueda capturar y retener el agua de lluvia. Cuando no llueve, la cuenca puede utilizarse para otros fines, como el deporte.	Inundación	Propuesta
8	MEJORA DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO.	Mejorar la experiencia de los usuarios del sistema de transporte público, con especial atención a las inversiones en el confort térmico de los vehículos, la seguridad y las mejoras en las paradas de autobús, las estaciones y las terminales de transporte.	Olas de calor	Propuesta
9	CONTROL BIOLÓGICO DE LA TRANSMISIÓN DEL MOSQUITO DEL DENGUE	Controlar biológicamente la población de <i>Aedes aegypti</i> , mediante el uso de ovitrampas como herramienta para disminuir la población de <i>Aedes aegypti</i> .	Proliferación de vectores (<i>Aedes aegypti</i>)	Propuesta
10	PROMOCIÓN Y PRIORIZACIÓN DE LAS SBN EN LAS NUEVAS OBRAS DE RECALIFICACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO.	Promover y priorizar soluciones las SbN en las obras de recualificación de espacios públicos y equipamiento de sombreado en plazas seleccionadas.	Inundación y Olas de calor	Propuesta
11	AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.	Ampliar la capacidad de recogida y tratamiento de aguas residuales con el fin de mejorar la calidad de las masas de agua y, en consecuencia, mejorar la salud y la calidad, así como la seguridad del agua. Reforzar el enfoque de adaptación a los escenarios futuros, que puede influir en los cálculos de las estructuras. Además de contemplar medidas de SbN, como sistemas naturales para el tratamiento de los efluentes, por ejemplo, a través de zonas de raíces.	Inundación, movimiento en masa y Proliferación de vectores (<i>Aedes aegypti</i>)	Propuesta

	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	AMENAZA CLIMÁTICA	CLASIFICACIÓN
ID				
12	RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN DE ZONAS VERDES.	Recuperar y conservar las zonas verdes para mantener los manantiales, los cursos de agua, el ciclo del agua y las temperaturas más suaves.	General	Propuesta
13	AUMENTO DE LA COBERTURA ARBÓREA EN LAS ZONAS CON MENOR ÍNDICE DE ZONAS VERDES.	Incrementar la cobertura arbórea en áreas con menor índice de áreas verdes para promover un mayor confort térmico, calidad del aire, infiltración de agua en el agua, salud y bienestar general de la población. Para definir el porcentaje ideal de cobertura vegetal en una región, barrio o ciudad, existen algunos indicadores, como el índice de cobertura vegetal por habitante. El reglamento local de Manizales, el Acuerdo Municipal 958 de 2017, indica 9m de área verde ² por habitante. En cuanto al número de árboles por habitante, la cifra indica 1 árbol / 3 habitantes.	Inundación y Olas de Calor	Propuesta
14	IMPLANTACIÓN Y MEJORA DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN DE TALUDES EN LAS ZONAS DE RIESGO.	Implantar y mejorar las infraestructuras de contención de taludes en zonas de alto riesgo de desprendimiento, dando prioridad a las soluciones basadas en la naturaleza.	Movimiento en masa	Propuesta

Tabla 7- Lista de medidas de adaptación estructural para la ciudad de Manizales.

15	REFUERZO DE LAS MEDIDAS PARA CRECIMIENTO PLANIFICADO DE LA CIUDAD.	Reforzar las medidas que promueven el crecimiento planificado de la ciudad y orienta a las personas que vienen de fuera, pues la población local ya tiene una fuerte cultura respecto a las catástrofes naturales. Las medidas deben cumplir el Plan de Ordenamiento Territorial 2017 – 2031 ¹³ .	General	Existente
16	DESARROLLO Y APLICACIÓN DE UN PLAN DE CONTINGENCIA PARA LA OLA DE CALOR.	Desarrollar e implementar un plan de contingencia ante olas de calor para preparar a Manizales ante amenazas climáticas que impliquen episodios de calor extremo. El plan debe establecer medidas para reducir el riesgo de olas de calor, tales como: creación de sistemas de vigilancia y niveles de alerta para la población (relación con el programa 1 del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Manizales); puesta en marcha de acciones preventivas; preparación del sistema sanitario para hacer frente a los posibles problemas de salud relacionados con los episodios de isla de calor y las olas de calor, especialmente en lo que se refiere a grupos vulnerables como los ancianos y los niños, entre otros.	Olas de Calor	Propuesta

13. Fuente: Alcaldía de Manizales, 2017

	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	AMENAZA CLIMÁTICA	CLASIFICACIÓN
ID				
17	INCENTIVO DEL USO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.	Fomentar prácticas agrícolas que permitan una mejor infiltración del agua y el mantenimiento de la humedad del suelo, que reduzcan la necesidad de riego y que tengan como objetivo el almacenamiento del agua de lluvia. Dado que las olas de calor perjudican a algunas producciones agrícolas, como la del café, con su mayor frecuencia es importante adoptar medidas que permitan la producción agrícola.	Olas de Calor	Propuesta
18	FORTALECIMIENTO DE LAS ASOCIACIONES Y ESTABLECIMIENTO DE OTRAS NUEVAS PARA BUSCAR FINANCIACIÓN PARA LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN.	Fortalecer las asociaciones existentes con instituciones y organizaciones de financiación, además de establecer otras nuevas con el fin de adoptar medidas de adaptación para la ciudad de Manizales, como por ejemplo el Banco Interamericano de Desarrollo.	General	Propuesta
19	PROMOCIÓN DE PROYECTOS DE FORMACIÓN PARA LA POBLACIÓN MÁS VULNERABLE PARA LOS CULTIVOS DE SUBSISTENCIA.	Promover proyectos para capacitar a la población más vulnerable en cultivos de subsistencia, es decir, en el cultivo de especies locales que puedan contribuir a la generación de ingresos y promover la soberanía alimentaria familiar.	Inundación, Olas de calor y Movimiento en masa	Propuesta
20	FOMENTO DE LAS PRÁCTICAS DE SISTEMAS AGROFORESTALES.	Fomentar las prácticas de los sistemas agroforestales, ya que estos sistemas mitigan los efectos de los fenómenos extremos, modifican las temperaturas, proporcionan sombra y refugio, además permiten ampliar las temporadas de cosecha. Cabe resaltar que los sistemas agroforestales actúan como fuentes alternativas de alimentos durante los periodos de sequía e inundaciones.	Inundación, Olas de calor y Movimiento en masa	Propuesta
21	IMPULSAR LA TRANSICIÓN A LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN INTEGRADA.	Promover la transición a sistemas de producción integrados, ya que sistemas como el cultivo-ganado-bosque, el cultivo-ganado, el silvopastoreo o la agrosilvicultura dependen menos de los recursos externos y reducen la vulnerabilidad a los riesgos asociados al cambio climático.	Inundación, Olas de calor y Movimiento en masa	Propuesta

	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	AMENAZA CLIMÁTICA	CLASIFICACIÓN
ID				
22	EVALUACIÓN DE LAS RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO.	Evaluar si las rutas de transporte público se encuentran en zonas críticas con el fin de proponer medidas de adaptación, así como proponer nuevas rutas fuera de las zonas de riesgo.	Movimiento en masa e Inundación	Propuesta
23	PROMOCIÓN DE LA ACTUALIZACIÓN GARANTIZADA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO EN MANIZALES - SIRMAN	Asegurar que la información del Sistema de Información Geográfica para la Gestión del Riesgo en Manizales - SIRMAN esté siempre actualizada.	General	Propuesta
24	PERMANENCIA Y FORTALECIMIENTO DEL CONSEJO MUNICIPAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES (CMGRD) DE MANIZALES.	Mantener y fortalecer las actividades del Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD) de Manizales. El fortalecimiento del consejo puede lograrse mediante la formación recurrente y el apoyo financiero para llevar a cabo las actividades propuestas por el consejo.	General	Existente
25	PROMOVER LA PARTICIPACIÓN INCLUSIVA EN EL CONSEJO MUNICIPAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES (CMGRD).	Promover la participación de aquellos que son y serán más vulnerables a los efectos del cambio climático en el consejo para diversificar y enriquecer las discusiones y propuestas del consejo.	General	Propuesta
26	REFUERZO DE LAS ASOCIACIONES EXISTENTES CON LAS UNIVERSIDADES.	Reforzar las asociaciones existentes con las universidades para seguir difundiendo los conocimientos en el ámbito del clima.	General	Existente
27	CREAR UN PROGRAMA DE EMBAJADORES DE LA ADAPTACIÓN (O DEL CLIMA).	Seleccionar a ciudadanos que tengan relevancia en su entorno social (líderes comunitarios, estudiantes de escuelas públicas, artistas locales, etc.) para darles el título de Embajadores Municipales de la Adaptación. Estas personas recibirán formación en materia de adaptación y podrán actuar como multiplicadores de la conciencia medioambiental en sus círculos sociales, especialmente en lo que respecta al cambio climático.	General	Propuesta

	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	AMENAZA CLIMÁTICA	CLASIFICACIÓN
ID				
28	LANZAMIENTO DE UN CONCURSO PARA LA FINANCIACIÓN PÚBLICA DE PEQUEÑAS ACCIONES LOCALES DE ADAPTACIÓN.	Crear un concurso para la financiación pública de pequeñas acciones locales de adaptación con el objetivo de seleccionar pequeños proyectos de adaptación al clima elaborados por la propia población. Los ganadores ejecutarán los proyectos con el acompañamiento del personal técnico de la ciudad de Manizales y ganarán la financiación total o parcial.	General	Propuesta
29	FORTALECIMIENTO DE LA POLÍTICA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO.	Fortalecer la implementación de la Política Nacional de Cambio Climático en Manizales ¹⁴ , que promueve la gestión para garantizar un desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima, y la reducción de los riesgos por efecto del cambio climático, asegurar el cumplimiento de las disposiciones de la política. Dicho cumplimiento se garantiza mediante la ejecución de las acciones previstas en el Plan de Acción de la Política.	General	Existente
30	REDUCCIÓN DE LOS CORTES DE TALUD NO AUTORIZADOS.	Hacer cumplir, frenar y responder a las denuncias anónimas sobre cortes en taludes sin autorización de la ciudad, para evitar el empeoramiento del talud.	Movimiento en masa	Propuesta
31	FORTALECIMIENTO DEL CONTROL DE LA CONSTRUCCIÓN EN ZONAS DE RIESGO.	Reforzar la vigilancia de las construcciones en zonas de riesgo, mediante los instrumentos establecidos en el Plan de Ordenamiento Territorial, con especial atención a los lugares donde la población se encuentra en situación de mayor vulnerabilidad.	General	Existente
Tabla 8. Lista de medidas de adaptación institucionales para la ciudad de Manizales.				
32	FOMENTO Y DIFUSIÓN EN RELACIÓN CON LOS SEGUROS COLECTIVOS.	Promover y difundir aún más la práctica del seguro colectivo en Manizales. Este seguro pretende proteger a la población más pobre tras un desastre natural.	General	Existente
33	FORTALECIMIENTO Y ESTÍMULO DE PRÁCTICAS COMO "GUARDIANAS DE LA LADERA".	Reforzar y fomentar prácticas de concienciación y sostenibilidad como las "Guardianas de la Ladera". Las Guardianas de la Ladera ¹⁵ son un grupo de 100 mujeres que, además de retirar la basura y la maleza de las obras de infraestructura, ayudan a concienciar sobre la gestión de riesgos de puerta en puerta y en las escuelas locales.	Movimiento en masa	Existente

15. Fuente: Franco Idarraga; Zuñiga Briceño, 2005

	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	AMENAZA CLIMÁTICA	CLASIFICACIÓN
ID				
34	DESARROLLO DE CAMPAÑAS DE SENSIBILIZACIÓN EN RELACIÓN CON LAS OLAS DE CALOR.	Realizar campañas de concienciación para alertar a la población sobre los riesgos del calor excesivo, la insolación y las medidas para mitigar sus efectos. Sobre todo porque es una amenaza que aumentará considerablemente en la ciudad de Manizales.	Olas de calor	Propuesta
35	CONTROL Y REDUCCIÓN DE LA ELIMINACIÓN DE RESIDUOS EN LAS LADERAS.	Controlar de forma permanente la reducción del vertido de residuos sólidos en las zonas de ladera.	Movimiento en masa	Propuesta
36	DESARROLLO DE CAMPAÑAS DE PREVENCIÓN DE LA PROLIFERACIÓN DE VECTORES.	Realizar campañas de prevención y vigilancia contra la proliferación del Aedes aegypti, con especial atención a las zonas con mayor potencial de proliferación.	Proliferación de vectores (<i>Aedes aegypti</i>)	Propuesta
37	MEJORA DE LAS ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN RUTINARIAS PARA LA PREVENCIÓN Y EL CONTROL DE LA PROLIFERACIÓN DEL AEDES AEGYPTI.	Mejorar y ampliar las estrategias de comunicación habituales para la prevención y el control de la proliferación del Aedes aegypti. Es interesante la colaboración con la sociedad civil y las ONG para la difusión de conocimientos.	Proliferación de vectores (<i>Aedes aegypti</i>)	Propuesta
38	FOMENTO DE LAS ACCIONES DE CAPTACIÓN, RETENCIÓN, INFILTRACIÓN Y REUTILIZACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA	Estimular las acciones encaminadas a la captación, retención, infiltración y reutilización del agua de lluvia, empezando por la instalación de cisternas para contener el agua de lluvia en los edificios públicos, con el fin de reutilizar el agua para fines no potables, como la descarga de los inodoros y el riego de las plantas.	Inundación	Propuesta
39	AMPLIACIÓN DEL FLUJO DE INFORMACIÓN SOBRE LAS ZONAS CON RIESGO DE INUNDACIÓN.	Ampliar el flujo de información a los usuarios y conductores del transporte público sobre las incidencias meteorológicas (anticipación y respuesta rápida).	Inundación	Propuesta

	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	AMENAZA CLIMÁTICA	CLASIFICACIÓN
ID				
40	MEJORA DE LA VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA.	Mejorar la Vigilancia Epidemiológica, asegurando la notificación, la investigación de los casos, siempre de manera oportuna.	Proliferación de vectores (<i>Aedes aegypti</i>)	Propuesta
41	REFUERZO DE LA COMUNICACIÓN DE EMERGENCIA.	Reforzar los canales de comunicación existentes y ampliar las asociaciones para crear nuevos canales de comunicación para los mensajes de emergencia a lugares con gran circulación/aglomeración de personas y grandes redes en la ciudad.	General	Propuesta
42	FOMENTAR EL USO DE LA "TÉCNICA DEL INSECTO ESTÉRIL" PARA COMBATIR EL AEDES AEGYPTI.	Los mosquitos estériles se liberan en el medio ambiente con el objetivo de reducir la reproducción de la especie y, en consecuencia, reducir los casos de dengue, chikungunya, zika y fiebre amarilla. La técnica de los insectos estériles (TIE) consiste en esterilizar a los mosquitos macho en el laboratorio mediante radiaciones ionizantes. Tras este proceso, el mosquito Aedes aegypti se libera en el entorno y comienza a copular con las hembras sin generar nuevos mosquitos.	Proliferación de vectores (<i>Aedes aegypti</i>)	Propuesta

Tabla 9 - Lista de medidas de adaptación sociales para la ciudad de Manizales.

6.4 // PROCESO DE PRIORIZACIÓN DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

En el presente estudio se realizó el levantamiento de una serie de medidas de adaptación para la ciudad de Manizales, relacionadas con las amenazas de inundaciones, movimiento en masa, olas de calor y proliferación de vectores. Tales medidas se plantearon sobre la base de la referencia bibliográfica internacional, nacional y el levantamiento documental de las iniciativas existentes en la ciudad. Sin embargo, para conseguir las acciones más cercanas a la realidad y al interés de la ciudad, se recomienda que la lista de acciones presentada pase por un proceso de selección, priorización y adaptación al contexto local. En otras palabras, es necesario seleccionar cuáles de ellos se aplicarán y en qué orden de prioridad.

Para la selección y priorización de las medidas de adaptación, se recomienda el uso de un método específico denominado análisis multicriterio. Este tipo de análisis es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones que permite comparar medidas heterogéneas combinando diferentes criterios (por ejemplo, coste, eficacia, viabilidad, tiempo de respuesta, cobeneficios, equidad de género, recursos humanos existentes, ausencia de arrepentimiento, etc.). Los criterios se determinan para cada caso, y se establecen en función de su relevancia para la toma de decisiones, a partir de la asignación de valores para cada uno de ellos. Un ejemplo sería: tres puntos para las medidas que cumplen los criterios muy bien, dos puntos para las que los cumplen bien y un punto para las que los cumplen mal. Además, es posible establecer criterios más importantes, que tengan un mayor peso que los demás, valiendo el doble, por ejemplo. A partir de este proceso, se evalúan las opciones enumeradas para determinar qué medidas se aplicarán y en

qué plazo. Es de suma importancia reconocer el papel de las mujeres como líderes y responsables de la toma de decisiones en este proceso, ya que sus conocimientos suelen ser ignorados o considerados irrelevantes.

Durante el proceso de priorización se recomienda para la ciudad de Manizales tener en cuenta los otros eventos extremos a los que se enfrenta la ciudad, como los sismos y las erupciones en volcanes-nevados. Es decir, a la hora de seleccionar las medidas de adaptación, la ciudad debe investigar qué medida podrá resolver más un problema.

Por último, la selección de las medidas de adaptación son un reto, principalmente debido a las incertidumbres y a los impactos acumulativos del cambio climático. Por lo tanto, como forma de evitar la mala adaptación se recomienda incluir a las partes interesadas en las fases de evaluación de la vulnerabilidad. Según el IPCC (2014), el reconocimiento de los diversos intereses, circunstancias, contextos socioculturales y expectativas puede beneficiar los procesos de toma de decisiones y aumentar la eficacia de la adaptación.

esta región.

De todos los riesgos, el riesgo de olas de calor es el que más ha cambiado al comparar los escenarios de 2030 y 2050 con el periodo de referencia. En el periodo base el riesgo de ola de calor es casi inexistente y se clasifica como “muy bajo” a “bajo”. En los escenarios de 2030 y 2050 este riesgo se clasifica de “muy bajo” a “muy alto”, y en 2050 las zonas clasificadas como “muy altas” crecen considerablemente a lo largo de la ciudad. En este escenario, aunque la concentración de riesgo se considera alta en el occidente de Manizales, es posible observar zonas con alto riesgo en el suroriente de la ciudad. Ante este panorama, es importante que Manizales adopte medidas lo antes posible para adaptarse a este

cambio repentino. Es decir, reducir la vulnerabilidad de la población y aumentar su capacidad de adaptación, con especial atención a la población sensible (menores de 10 años y mayores de 60).

El riesgo de proliferación del mosquito *Aedes aegypti* ha tenido un comportamiento similar al de las olas de calor, ya que en el periodo base el riesgo se clasifica de “muy bajo” a “bajo” pasando a una clasificación de “muy bajo” a “muy alto” en los escenarios de 2030 y 2050. En este último caso, el riesgo se expandirá mucho a lo largo del territorio. Teniendo en cuenta la gran capacidad de dispersión y el alto índice de eclosión de vectores de transmisión de enfermedades, esto debería ser analizado cuidadosamente por la ciudad.

El riesgo de movimiento en masa tiende a aumentar mucho en el escenario de 2050 en comparación con el escenario de 2030 y el periodo base. Esta expansión de las zonas clasificadas como muy altas tiene una fuerte influencia del riesgo de desprendimiento. Como se observa en los resultados, todas las variables que intervienen en el cálculo de la amenaza de desprendimiento tienden a aumentar significativamente a lo largo del periodo analizado. Así, para reducir el riesgo, los esfuerzos deben centrarse en aumentar la capacidad de adaptación de la población de Manizales, ya que es algo que el ser humano puede controlar.

En la misma línea que el riesgo de desprendimiento, el riesgo de inundación tiende a aumentar mucho en el escenario de 2050 en comparación con el de 2030 y el periodo de referencia. Esta expansión de las zonas clasificadas como muy altas tiene una fuerte influencia de las variables utilizadas en el cálculo de la amenaza de inundación, ya que todas ellas tienden a aumentar considerablemente a lo largo del periodo analizado.

Dado que históricamente la población de Manizales ha sufrido mucho por los movimientos en masa e inundaciones y que los resultados del riesgo para el escenario 2050 indican que el riesgo de estas amenazas aumentará significativamente, la ciudad debe aumentar y fortalecer los esfuerzos existentes para gestionar estos riesgos.

Como se mencionó anteriormente, el estudio del análisis del riesgo asociado al cambio climático no es algo innovador para la ciudad de Manizales. La ciudad ya cuenta con estudios en la materia, y ya está muy avanzada la agenda. Así, los resultados encontrados en este estudio deben ser vistos como una forma de sumar a todos los esfuerzos existentes en busca de la capacidad de adaptación de la ciudad. También hay que señalar que, aunque la metodología adoptada en este estudio es diferente a la utilizada en el análisis de riesgo asociado al cambio climático realizado en 2019 para Manizales, ambos informes se complementan entre sí, aportando visiones conjuntas, y no contrarias, sobre una misma problemática.

En resumen, los resultados presentados en este estudio pueden servir de apoyo para la formulación de medidas y acciones de adaptación al cambio climático en acciones estructurales y no estructurales, y en consecuencia, contribuir a aumentar la capacidad de adaptación de la ciudad de Manizales.

7.1 // LÍMITES Y BARRERAS

Los análisis de riesgo presentados en este informe tienen limitaciones que están relacionadas principalmente con la disponibilidad y la escala de los datos, el límite geográfico de la zona de estudio y cuestiones inherentes al proceso de modelación y a las proyecciones climáticas.

La falta de disponibilidad y la escala de los datos, se convierte en una barrera para el análisis del riesgo asociado al cambio climático, que, aunque se intenta sortear mediante el uso de proxies, todavía hay algunos casos en los que estos proxies no se aplican. En cuanto a la disponibilidad de los datos, sigue existiendo el problema de que la información no está georreferenciada y no se puede convertir a ese formato, lo que imposibilita su uso en la plataforma y, por lo tanto, constituye una barrera para obtener un resultado más sólido.

Respecto a la delimitación geográfica del área de estudio, el alcance del estudio sólo abarcó el área de la ciudad de Manizales, y el análisis del riesgo asociado al cambio climático, como el de inundaciones y movimientos en masa, es más apropiado teniendo en cuenta los límites naturales, como el área de la cuenca hidrográfica a la que pertenece la ciudad.

El análisis del riesgo asociado al cambio climático ya sea basado en modelos climáticos globales y/o regionales, no es una predicción del futuro, sino una proyección de los posibles escenarios que Manizales se puede encontrar por causa del cambio climático. Es decir, hay incertidumbres inherentes a estas proyecciones, así como incertidumbres de la dinámica del clima y de la propia vida en la Tierra. Esto no quiere decir que las acciones basadas en los resultados no sean eficaces para el futuro, incluso porque la inversión en medidas de adaptación es lo mismo que la inversión en desarrollo socioeconómico, y es importante prepararse para no ser sorprendido por los efectos del cambio climático.

// GLOSARIO

ACONTECIMIENTO METEOROLÓGICO EXTREMO: acontecimiento raro debido a su frecuencia estadística en un lugar determinado.

ADAPTACIÓN: proceso de adaptación al clima y a sus efectos reales o previstos. En los sistemas humanos, la adaptación busca disminuir o evitar el daño, o incluso aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar la adaptación al clima futuro y a sus efectos.

AMENAZAS CLIMÁTICAS: Posible ocurrencia de un evento natural o inducido por el hombre, un impacto físico o una tendencia del mismo que puede causar la pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como la pérdida y el daño a la propiedad, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios, los ecosistemas y los recursos ambientales. Por ejemplo, aumento de la temperatura, disminución o incremento de las precipitaciones, inundaciones, deslizamientos de tierra, olas de calor, sequías, aumento del nivel del mar, etc. En este informe, el término “amenaza” se refiere generalmente a los acontecimientos relacionados con el clima, los impactos físicos o una tendencia a estos.

CAMBIO CLIMÁTICO: El cambio climático se refiere a un cambio en el estado del clima que puede identificarse -mediante pruebas estadísticas- por los cambios en la media y/o la variación de sus propiedades y que persiste durante un largo periodo de tiempo. El cambio climático puede producirse por procesos naturales internos o por fuerzas externas, como las modulaciones de los ciclos solares, las erupciones volcánicas y los cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o el uso del suelo. Cabe señalar que la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en su artículo 1, define el cambio climático como “un cambio de clima que se atribuye directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera terrestre y que va más allá de la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables”. La CMNUCC distingue así entre los cambios climáticos atribuidos a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuida a causas naturales.

CLIMA: sucesión habitual de tipos de tiempo atmosférico sobre un lugar determinado de la superficie terrestre, descrito mediante estudios y parámetros estadísticos.

ECOSISTEMAS: comunidad de seres vivos y su entorno, ambos tratados como un sistema funcional de relaciones interactivas, con transferencia y circulación de energía y materia.

EMISIONES DE GEI: masa total de un GEI liberada a la atmósfera en un intervalo de tiempo determinado.

ESCENARIO: En las previsiones, a partir de una condición inicial dada, se utilizan modelos matemáticos para predecir las condiciones climáticas en un horizonte temporal futuro. En las proyecciones, se incluyen supuestos en el futuro y se utilizan modelos para representar el clima en estos supuestos, por ejemplo, de diferentes tasas de emisión de Gases de Efecto Invernadero o forzamiento radiativo (por ejemplo, RCP8,5W/m²).

EXPOSICIÓN: la presencia de personas, medios de vida, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos de los ecosistemas, infraestructuras o recursos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que pueden verse afectados negativamente.

GAS DE EFECTO INVERNADERO (GEI): constituyente atmosférico, de origen natural o antropogénico, que absorbe y emite

radiación en longitudes de onda específicas dentro del espectro de la radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre, la atmósfera y las nubes. Los GEI incluyen el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆).

IMPACTOS: Efectos en los sistemas naturales y humanos. En este informe, el término impacto se utiliza principalmente para referirse a los efectos en los sistemas naturales y humanos, además de los fenómenos meteorológicos, fenómenos climáticos extremos y los cambios en el clima. Los impactos son, por lo general, los efectos sobre la vida, los medios de subsistencia, la salud, los ecosistemas, la economía, la sociedad, la cultura, los servicios y las infraestructuras que resultan de la interacción entre los fenómenos meteorológicos peligrosos o las amenazas que se producen en un período de tiempo determinado y la vulnerabilidad de una sociedad o sistema expuesto a un determinado peligro. Los impactos también se denominan consecuencias y resultados.

INDICADOR: Parámetro utilizado para cuantificar la información sobre un sistema/proceso y supervisar su evolución en el tiempo en relación con una línea de base. Los indicadores también se utilizan para comparar los resultados de diferentes áreas de estudio (estados, comunidades, entre otros.). Los indicadores pueden ser simples, cuando describen una sola variable, como la temperatura, o compuestos (también llamados índices) cuando resumen múltiples informaciones, como el PIB, o el índice de desarrollo tecnológico o el índice de vulnerabilidad.

MITIGACIÓN: Acciones destinadas a reducir, retrasar o eliminar los efectos y consecuencias del cambio climático. La mitigación en general se incorpora a la estrategia de desarrollo de los gobiernos y se refleja en acciones a través de las políticas gubernamentales. Estas políticas pueden basarse en instrumentos económicos (subvenciones, impuestos, exenciones fiscales y créditos), instrumentos normativos (normas mínimas de rendimiento, control de las emisiones de los vehículos) y procesos políticos (acuerdos voluntarios, difusión de información y planificación estratégica). La reducción de las emisiones requiere una acción conjunta en la que participen el gobierno, la sociedad civil, el capital privado. En el contexto de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, se busca reducir las emisiones por parte de las fuentes y reforzar la absorción por parte de los sumideros de carbono, como los bosques y los océanos. Las acciones de mitigación a diferencia de la adaptación, son globales y de largo alcance.

RESILIENCIA: Capacidad de los sistemas sociales, económicos y medioambientales para hacer frente a un acontecimiento peligroso, una tendencia o una perturbación, para responder o reorganizarse de forma que mantengan su función, identidad y estructura esenciales, al tiempo que mantienen la capacidad de adaptación, el aprendizaje y la transformación.

RIESGO: Consecuencia potencial en una situación en la que está en juego algo de valor y el resultado es incierto, reconociendo la diversidad de valores. El riesgo suele representarse como la probabilidad de que se produzcan sucesos o tendencias peligrosas multiplicada por los impactos de estos sucesos o tendencias. El riesgo resulta de la interacción entre la vulnerabilidad, la exposición y las amenazas. En este informe, el término riesgo se utiliza principalmente para referirse a los riesgos derivados de los impactos del cambio climático.

SBN (SOLUCIÓN BASADA EN LA NATURALEZA): procedimiento que tiene como objetivo la adopción de prácticas sostenibles, inspiradas en ecosistemas sanos y que sirven para hacer frente a retos urgentes, teniendo a la propia naturaleza como punto de partida de las soluciones.

SUMIDERO: proceso, actividad o mecanismo que elimina de la atmósfera los Gases de Efecto Invernadero (GEI), los aerosoles o los gases precursores del efecto invernadero.

VULNERABILIDAD: Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad abarca una serie de conceptos y elementos, como la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad para hacer frente y adaptarse.

// REFERENCIAS

ALCALDÍA DE MANIZALES. Revisión General POT - Plan de Ordenamiento Territorial - 2017 -2031. 2017.

ANGUELOVSKI, I.; SHI, L.; CHU, E.; GALLAGHER, D.; GOH, K.; LAMB, Z.; REEVE, K.; TEICHER, H. Equity Impacts of Urban Land Use Planning for Climate Adaptation: Critical Perspectives from the Global North and South. Journal of Planning Education and Research, v. 36, n. 3, p. 333–348, 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0739456X16645166>

BARIFUOSE, R. Por que o mosquito Aedes aegypti transmite tantas doenças?. [s. l.], 2015. Disponible en: https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/12/151202_aedes_aegypti_vetor_doencas_rb. Acceso en: 20 abr. 2020.

BARNETT, J.; O’NEILL, S. Maladaptation. Global Environmental Change, v. 20, n. 2, p. 211–213, 2010. Disponible en:<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.11.004>

BESERRA, E. B.; CASTRO JR., F. P. de; SANTOS, J. W. dos; SANTOS, T. da S.; FERNANDES, C. R. M. Biología e exigências térmicas de Aedes aegypti (L.) (Diptera: Culicidae) provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba. Neotropical Entomology, v. 35, n. 6, p. 853–860, 2006. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000600021>

C40 CITIES. Adaptation and Mitigation Interaction Assessment (AMIA) tool. [s. l.], 2018. Disponible en: https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Adaptation-and-Mitigation-Interaction-Assessment-AMIA-tool?language=en_US. Acceso en: 12 feb. 2021.

CAF. Facing Risk. New Urban Resilience Practices in Latin America. New York: CAF, 2018. E-book. Disponible en: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1431>. Acceso en: 3 feb. 2021.

CAMARINHA, P. I. M.; CANAVESI, V.; ALVALÁ, R. C. S. Shallow landslide prediction and analysis with risk assessment using a spatial model in a coastal region in the state of São Paulo, Brazil. Natural Hazards and Earth System Sciences, v. 14, n. 9, p. 2449–2468, 2014. Disponible en: <https://doi.org/10.5194/nhess-14-2449-2014>

CANAVESI, V.; CAMARINHA, P. I. M.; ALGARVE, V. R.; CARNEIRO, R. L. de C. Análise da susceptibilidade a deslizamentos de terra: estudo de caso de Paraibuna, SP. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO2013, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. Foz do Iguaçu, PR, Brasil: INPE, 2013. Disponible en: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.19.33/doc/p0341.pdf>. Acceso en: 7 ene. 2021.

CASTRO, A. L. C. Manual de desastres: desastres naturais. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. v. 1

CHARDON, A.-C. Un enfoque geográfico de la vulnerabilidad en zonas urbanas expuestas a amenazas naturales: el ejemplo andino de Manizales, Colombia. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, 2002.

CORPOCALDAS. Proyecto Gestión Integral del Riesgo en Manizales. Caldas, 2012. Disponible en: http://www.corpocaldas.gov.co/images/noticias/re/03-Anexo_ID%20_01%20Proy%20Gesti%F3n%20Integral%20del%20Riesgo%20Manizales.pdf. Acceso en: 15 mar. 2021.

CORPOCALDAS. Plan de acción de Corpocaldas 2013-2015. Caldas: [s. n.], 2013. Relatório Técnico. Disponible en: <http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/331/PlanAccion2013-2015-VerDef-Web.pdf>. Acceso en: 15 mar. 2021.

CORPOCALDAS. EVALUACION DEL RIESGO PARA EL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO AGUAS DE MANIZALES S.A E.S.P. 2019. Disponible en: <http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/1599/2019-03-22/12-GestiondelRiesgo-AguasdeManizales-DarioAMartinez.pdf>. Acceso en: 15 mar. 2021.

DANE. Censo Nacional de Población e Vivienda. [s. l.], 2018. Disponible en: <https://sitios.dane.gov.co/cnpv/#/>. Acceso en: 15 mar. 2021.

DILLEY, M.; CHEN, R. S.; DEICHMANN, U.; LERNER-LAM, A. L.; ARNOLD, M. Natural disaster hotspots: a global risk analysis. Washington, D.C: World Bank, 2005. (Disaster risk management series no. 5).

FERNÁNDEZ, F. M. Apuntes Sobre el Clima en Manizales. Manizales: IDEA - Instituto de Estudios Ambientales, 2008. Disponible en: idea.manizales.unal.edu.co/publicaciones/boletines_ambientales/boletin68.pdf. Acceso en: 1 feb. 2021.

FPNU. State of World Population 2009: Facing a Changing World - Women, Population and Climate. [S. l.]: UN, 2010. (State of World Population).E-book. Disponible en: <https://doi.org/10.18356/d5a97f23-en>. Acceso en: 19 mar. 2021.

FRANCO IDARRAGA, L. B.; ZUÑIGA BRICEÑO, S. Guardianas de la ladera: una estrategia preventiva y de generación de ingresos a grupos vulnerables desde la Alcaldía de Manizales. Quito: Programa de las Nacionales Unidas para el Desarrollo, 2005.

FULLERTON, L.; DICKIN, S.; WALLACE, C. Mapping Global Vulnerability to Dengue using the Water Associated Disease Index. Hamilton, Ontario (CA): United Nations University, 2014. Relatório Técnico. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Laura_Fullerton/publication/273439367_Mapping_Global_Vulnerability_to_Dengue_using_the_Water_Associated_Disease_Index/links/5500869c0cf-2de950a6e30ca.pdf. Acceso en: 1 mar. 2021.

GESTIÓN DEL RIESGO, Alcaldía de Manizales. Insumos técnicos para el ajuste del plan de ordenamiento territorial de Manizales con base en las evaluaciones AD HOC de Amenaza, vulnerabilidad, y riesgo por deslizamientos, inundaciones y eventos sísmicos modelación multiamenaza del Riesgo de Desastres, Manizales, 2015

GIRALDO, J. Al. Varios municipios de Caldas sufren una fuerte ola de calor. [s. l.], 2019. Disponible en: <https://noticias.canal1.com.co/>

[noticias/varios-municipios-de-caldas-sufren-una-fuerte-ola-de-calor/](#). Acceso en: 2 feb. 2021.

HACON, S. de S.; COSTA, D.; SIQUEIRA, A. S. P.; PINHEIRO, S. de L.; GONÇALVES, K. S.; OLIVEIRA, A.; BARCELLOS, C. Vulnerabilidade, riscos e impactos das mudanças climáticas sobre a saúde no Brasil. In: Modelagem climática e vulnerabilidades setoriais à mudança do clima no Brasil. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016. p. 590.

IGAC. Estudio Semidetallado de Suelos: de los municipios de manizales, chinchiná, palestina, neira y villamaría. Caldas. 2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Working Group II contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, NY: Cambridge University Press, 2014.

IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [S. l.: s. n.].

KEATING, J. An investigation into the cyclical incidence of dengue fever. Social Science & Medicine, v. 53, n. 12, p. 1587–1597, 2001. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(00\)00443-3](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(00)00443-3)

LAMBRECHTS, L.; PAAIJMANS, K. P.; FANSIRI, T.; CARRINGTON, L. B.; KRAMER, L. D.; THOMAS, M. B.; SCOTT, T. W. Impact of daily temperature fluctuations on dengue virus transmission by Aedes aegypti. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 108, n. 18, p. 7460–7465, 2011. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.1101377108>

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Política Nacional de Cambio Climático. Bogotá: [s. n.], 2017. E-book. Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Politica_Nacional_de_Cambio_Climatico_-_PNCC_/PNCC_Políticas_Públicas_LIBRO_Final_Web_01.pdf. Acceso en: 22 abr. 2021.

MOORE, C. G. Predicting Aedes aegypti abundance from climatologic data. 1985.

NASA. (29 de Octubre de 2019). Can Climate Affect Earthquakes, Or Are the Connections Shaky? Obtenido de <https://climate.nasa.gov/news/2926/can-climate-affect-earthquakes-or-are-the-connections-shaky/>

NOBLE, I. R.; HUQ, S. Adaptation Needs and Options. In: IPCC. Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Working Group II contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, NY: Cambridge University Press, 2014.

OCHA. Colombia – Emergencia por inundaciones en Manizales (Caldas. [s. l.], 2017. Disponible en: https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/flash_update_no.1_emergencia_y_afectaciones_por_inundacion_en_manizales_caldas.pdf. Acceso en: 2 feb. 2021.

ONU-HABITAT. Cities and climate change: global report on human settlements,. Washington, DC: Earthscan, 2011.

ONU-HABITAT. State of Latin American and Caribbean cities: Towards a new urban transition. Nairobi: [s. n.], 2012. Relatório Anual. Disponible en: <https://nacoesunidas.org/agencia/onuhabitat/>.

ONU-HABITAT. Urbanization and development: emerging futures. Nairobi, Kenya: UN-Habitat, 2016. (World cities report 2016).

OPAS/OMS. OPAS/OMS chama países a se prepararem para ondas de calor no hemisfério sul. [s. l.], 2019. Disponible en: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6085:opas-oms-chama-paises-a-se-prepararem-para-ondas-de-calor-no-hemisferio-sul&Itemid=839. Acceso en: 2 feb. 2021.

PADILLA, J. C.; ROJAS, D. P.; SÁENZ GÓMEZ, R. Dengue en Colombia: epidemiología de la reemergencia a la hiperendemia. Primera edición en español ed. Erscheinungsort nicht ermittelbar: Verlag nicht ermittelbar, 2012.

PATZ, J. A.; CAMPBELL-LENDRUM, D.; HOLLOWAY, T.; FOLEY, J. A. Impact of regional climate change on human health. Nature, v. 438, n. 7066, p. 310–317, 2005. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/nature04188>

PNUD. GENDER AND CLIMATE CHANGE. 2016.

PNUD. Frontiers 2018/19. Emerging Issues of Environmental Concern. Nairobi: PNUD, 2019. E-book. Disponible en: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27545/Frontiers1819_ch5.pdf. Acceso en: 12 feb. 2021.

REID, C. E.; O’NEILL, M. S.; GRONLUND, C. J.; BRINES, S. J.; BROWN, D. G.; DIEZ-ROUX, A. V.; SCHWARTZ, J. Mapping Community Determinants of Heat Vulnerability. Environmental Health Perspectives, v. 117, n. 11, p. 1730–1736, 2009. Disponible en:<https://doi.org/10.1289/ehp.0900683>

REVI, A.; SATTERTHWAITE, D. E. (org.). Urban Areas. In: FIELD, C. B.; BARROS, V. R.; INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (ed.). Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability: Working Group II contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, NY: Cambridge University Press, 2014. p. 535–612. E-book. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf. Acceso en: 1 mar. 2021.

RIBEIRO, A. F.; MARQUES, G. R. A. M.; VOLTOLINI, J. C.; CONDINO, M. L. F. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. Revista de Saúde Pública, v. 40, n. 4, p. 671–676, 2006. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0034-891020060005000017>

ROUQUAYROL, M. Z.; VERAS, F. M. F.; FAÇANHA, M. C. Doenças transmissíveis e modo de transmissão. In: Epidemiologia & saúde. 5. ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1999.

SOARES, A. R. Avaliação de suscetibilidade a deslizamentos de terra no município de Recife - PE. 2015. Monografia - INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, [s. l.], 2015. Disponible en: <http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser300:monografiaandersonsreis.pdf>. Acceso en: 5 feb. 2021.

UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES. Terminología sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Fenómenos Amenazantes. [s. l.], 2017. Disponible en: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20761/Terminologia-GRD-2017.pdf?sequence=2>. Acceso en: 19 mar. 2021.

USGS. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global. U.S. Geological Survey, 2000. Disponible en: <https://doi.org/10.5066/F7PRZTFT>. Acceso en: 3 feb. 2021.tiff

USGS. Landsat Missions. [s. l.], 2013. Fact Sheet. Disponible en: https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-8?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con. Acceso en: 3 feb. 2021.

VALERIANO, M. de M. TOPODATA: GUIA PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS GEOMORFOLÓGICOS LOCAIS. São José dos Campos: INPE, 2008. Relatório de Pesquisa.

VÉLEZ, J. J.; MEJÍA, F.; PACHÓN, A.; VARGAS, D. An Operative Warning System of Rainfall-Triggered Landslides at Manizales, Colombia. In: IWA WORLD WATER CONGRESS AND EXHIBITION.AT: MONTREAL, CANADÁ2010, Montreal, Canada. Anais. Montreal, Canada: [s. n.], 2010. p. 11.

VIANELLO, R. L.; PESSANHA, J. E. M.; SEDIYAMA, G. C. Previsao de ocorrência dos mosquitos da dengue em belo horizonte, com base em dados meteorológicos. In: 2006, Proceedings of the 14th Congresso Brasileiro de Meteorologia.

WORLD BANK. Cities and Climate Change: An Urgent Agenda: Urban development series;knowledge papers no. 10. Washington D.C.: 2010. Disponible en: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/17381/637040WP0Citie00Box0361524B0PUBLIC0.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acceso en 11 feb. 2020.



MAPAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS CLIMÁTICO DE ESTA PUBLICACIÓN

CRS: SIRGAS 2000

DATUM: SISTEMA DE REFERENCIA GEOCENTRICO PARA LAS AMERICAS 2000

ELLIPSOIDE: GRS 1980

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, DATOS DANE, MANIZALES, CORDEX

ORGANIZACIÓN:



APOYO:



FINANCIAMIENTO:

