

//

**ANÁLISIS DEL RIESGO
ASOCIADO AL CAMBIO
CLIMÁTICO**

CARTAGO

2020

URBAN-LEDS II



Gobiernos Locales
por la Sustentabilidad



URBAN LOW EMISSION DEVELOPMENT STRATEGIES

// ÍNDICE

// 01 INTRODUCCIÓN	5
// 02 CONTEXTO	6
2.1.1 // LENTE CLIMÁTICA: LA RESISTENCIA URBANA EN EL FOCO.....	6
2.1.2 // CONTEXTO SOCIOECONÓMICO Y DEMOGRÁFICO	7
2.1.3 // CONTEXTO FÍSICO Y CLIMÁTICO	8
2.1.4 // DESASTRES: ¿RETOS FUTUROS O ACTUALES?	11
// 03 METODOLOGÍA	12
3.1.1 // INUNDACIÓN	16
3.1.2 // MOVIMIENTOS EN MASA	18
3.1.3 // OLAS DE CALOR.....	22
3.1.4 //PROLIFERACIÓN (<i>Aedes Aegypti</i>).....	23
// 04 ANÁLISIS DEL RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO PROYECTADO PARA CARTAGO	25
4.2.1// SÍNTESIS	26
4.2.2 // MAPAS	29
4.3.1// SÍNTESIS	34
4.3.2 // MAPAS	35
4.4.1 // SINTESIS.....	40
4.3.2 // MAPAS	41
4.5.1 // SINTESIS.....	46
4.5.2 // MAPAS	48
// 05 COMPRESIÓN DE LA ADAPTACIÓN	54
// 06 CONSIDERACIONES FINALES	66
// GLOSARIO	68
// REFERENCIAS	70

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Climograma de Cartago (1976-2005).....	9
Gráfico 2 - Climograma de Cartago (2006-2030)....	10
Gráfico 3 - Climograma de Cartago (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.....	27
Gráfico 5 - Representa el total de la precipitación anual en los días en que la precipitación superó el	

percentil 95. La línea de tendencia (en negro punteado) indica un aumento en el periodo analizado	27
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 periodo de años analizadomarca de 25mm em um dia. Linha de tendência (em preto tracejada) indica redução no período analizado	28
Gráfico 7 - Representa la evolución del indicador CWD que indica el número de días consecutivos 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.....	34
Gráfico 8 - Representa la evolución de Rx5day que indica 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.....	34
Gráfico 9 - Representa el número máximo de días consecutivos en el año en que la temperatura máxima superó el percentil 90, considerando 30° C el número de días en el año en que la temperatura máxima alcanzó este umbral. La línea de tendencia (en negro punteado) indica un aumento en el periodo analizado.....	40
Gráfico 10 - 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	40
Gráfico 11 - 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	46
Gráfico 12 - 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.....	46
Gráfico 13 - 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.....	47

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Exposición de la población de Cartago ...	26
Mapa 2 - Exposición de la población de Cartago ...	29
Mapa 3 - Vulnerabilidad a las inundaciones en el municipio de Cartago.....	30
Mapa 4 - Riesgo de inundaciones en el municipio de Cartago.....	31
Mapa 5 – Riesgo crítico de inundaciones en el municipio de Cartago.....	32
Mapa 6 – Variación del riesgo de inundaciones en el municipio de Cartago.....	33
Mapa 7 - Amenaza de movimientos en masa en el municipio de Cartago.....	35
Mapa 8 - Vulnerabilidad a los movimientos en masa en el municipio de Cartago.....	36
Mapa 9 - Riesgo de movimientos en masa en el municipio de Cartago.....	37
Mapa 10 – Riesgo crítico de movimientos en masa en el municipio de Cartago.....	38
Mapa 11 – Variación del riesgo de movimientos en masa en el municipio de Cartago.....	39
Mapa 12 – Amenaza de olas de calor en el municipio de Cartago.....	41
Mapa 13 - Vulnerabilidad a las olas de calor en el municipio de Cartago.....	42
Mapa 14 – Riesgo de olas de calor en el municipio de Cartago.....	43
Mapa 15 – Riesgo crítico a las olas de calor en el municipio de Cartago.....	44
Mapa 16 – Variación del riesgo a las olas de calor en el municipio de Cartago.....	45
Mapa 17 - Amenaza de la proliferación del mosquito <i>Aedes aegypti</i> en el municipio de Cartago.....	48
Mapa 18 - Vulnerabilidad a la proliferación del mosquito <i>Aedes aegypti</i> en el municipio de	49
Mapa 19 – Riesgo de proliferación del mosquito <i>Aedes aegypti</i> en el municipio de Cartago	50
Mapa 20 - Riesgo crítico de proliferación del mosquito <i>Aedes aegypti</i> en el municipio de Cartago.....	51
Mapa 21 - Variación del riesgo de proliferación del mosquito <i>Aedes aegypti</i> en el municipio de Cartago..	52
Mapa 22 - Riesgo crítico compuesto	53

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
Figura 7 - Tipos y ejemplos de medidas de adaptación..	55

TABLAS

Tabla 1 -Indicadores utilizados para el cálculo de la vulnerabilidad a la ocurrencia de inundaciones	17
Tabla 2 - Criterios relacionados con la predisposición a los 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 masa.....	21
Tabla 4 - Indicadores utilizados para el cálculo de la vulnerabilidad a la ocurrencia de olas de calor.....	22
Tabla 5 - Indicadores utilizados para el cálculo de la vulnerabilidad a la ocurrencia de proliferación (<i>Aedes aegypti</i>).....	24
Mapa 10 – Riesgo crítico de movimientos en masa en el municipio de Cartago.....	38
Tabla 6 - Lista de medidas de adaptación estructurales para el municipio de Cartago.....	59
Tabla 7 - Lista de medidas de adaptación institucionales para el municipio de Cartago.....	62
Tabla 8 - Lista de medidas de adaptación sociales para el municipio de Cartago.....	65

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
Liz Vale; liz.vale@waycarbon.com
Dawber Batista; dawber.batista@waycarbon.com

COLABORADORES

ICLEI

Mariana Nicolleti; mariana.nicolleti@iclei.org
Camila Chabar; camila.chabar@iclei.org
Flavia Speyer; flavia.speyer@iclei.org
Gustavo Oliveira; gustavo.oliveira@iclei.org
Carolina Mesa; carolina.mesa@iclei.org
María Camila Moreno; maria.carvajal@iclei.org
María Fernanda Riveros; mariafernanda.riveros@iclei.org
María Alejandra Palacios; alejandra.palacio@iclei.org

// PRESENTACIÓN

El análisis del riesgo asociado al cambio climático para el municipio de Cartago surge de la iniciativa Urban -LEDS II además de la necesidad y voluntad del municipio de lograr la resiliencia ante el cambio climático así como 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 urbana 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 municipios de Colombia, siendo Cartago uno de ellos.

Cartago se encuentra participando en la Fase II del proyecto Urban-LEDS al ser un municipio destacado en la agenda climática colombiana. En este contexto, el municipio fue seleccionado para recibir el apoyo directo de una empresa consultora la cual le prestó asesoría técnica para realizar el análisis de la vulnerabilidad y los riesgos asociados al cambio climático con el fin de que Cartago sea más resiliente frente al cambio climático. La empresa consultora seleccionada fue WayCarbon quien cuenta con una amplia experiencia en la gestión del cambio climático y la sostenibilidad.

El presente informe presenta los resultados del análisis de la vulnerabilidad y los riesgos asociados al cambio climático mediante 6 capítulos divididos así:



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 Cartago, así como la visión climática del municipio la cual 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 ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO:

presenta los resultados del análisis de riesgos asociados al cambio climático para cada amenaza, incluyendo instrucciones para su interpretación.

CAPÍTULO 5 - CONSIDERACIONES FINALES:

presenta las principales conclusiones del trabajo realizado, incluyendo recomendaciones/indicaciones de aspectos a incorporar en la gestión ambiental urbana.

CAPÍTULO 6 - 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 como uno de los desafíos más complejos de este siglo dada su magnitud, el posible desequilibrio ambiental que causa y las incertidumbres inherentes a las proyecciones de los riesgos asociados. Los impactos generados por este cambio ya se sienten en los centros urbanos y han ido creciendo en los últimos años. Las proyecciones climáticas del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático -IPCC- 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 (IPCC, 2014). Según (REVI; SATTERTHWAITTE, 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 se destacan por dos factores: (1) son los territorios que concentran la mayor parte de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) responsables de más del 70% de las emisiones mundiales, principalmente por los sectores de transporte, energía y residuos (ONU-HABITAT, 2011); y (2) son los territorios más vulnerables al cambio climático al concentrar personas, infraestructuras y actividades económicas que probablemente sufrirán los impactos 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. Por otro lado, 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 sobre los 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 de las Naciones Unidas (ONU-HABITAT, 2012), se estima que para 2050, cerca del 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 estos riesgos 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 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, esto hace que las ciudades sean relevantes para las políticas de adaptación y la construcción de la resiliencia climática.

Teniendo en cuenta lo anterior, el desarrollo de acciones y planes destinados a reducir los efectos adversos de las amenazas climáticas existentes es esencial para aumentar la resiliencia climática 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 resiliencia climática 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.

Finalmente, el presente estudio expone los resultados del Índice de Riesgo Asociado al Cambio Climático del municipio de Cartago, señalando los riesgos actuales y futuros a los que está expuesta la ciudad. El análisis se hizo considerando las amenazas que están históricamente presentes 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 emplearon el escenario de concentración de GEI RCP8.5 el cual es considerado como el escenario más pesimista con aproximadamente 8,5 W / m² de forzamiento radiativo y una trayectoria de concentración atmosférica con valores superiores a 1.000 ppm de CO₂ equivalente (CO₂eq), hasta 2100 (IPCC, 2014a), además de las variables ambientales, sociales, económicas y demográficas. A partir de estos resultados fue posible identificar las medidas de reducción del riesgo necesarias para aumentar la capacidad adaptativa de Cartago a los impactos del cambio climático.

// 02 CONTEXTO

2.1 // CARTAGO: UNA VISIÓN GENERAL

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

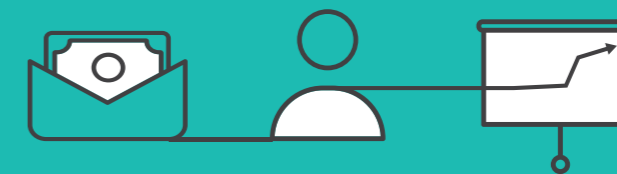
El municipio de Cartago ha participado activamente en la gestión del cambio climático a través de la generación e implementación de planes, políticas y acciones, en gran parte motivado por su gran exposición a las catástrofes naturales. En este sentido, el presente análisis de los riesgos asociados al cambio climático debe considerarse como una continuación de otros proyectos que el municipio ha desarrollado y está desarrollando en busca de un Cartago más resiliente. Además, ese análisis es un instrumento importante para la implementación de medidas de adaptación para el municipio.

Cartago cuenta con una serie de políticas, planes y acciones, que si bien no están directamente relacionadas con la gestión 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 en Cartago, ya que estas no sólo ayudan a hacer frente al cambio climático, sino también al desarrollo ambiental, económico y social.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de instituciones, acciones, políticas, planes y programas del municipio de Cartago que son fundamentales para el desarrollo sostenible, así como para la gestión del cambio climático. Cabe destacar que algunos documentos son del orden nacional que también son listados a continuación:



- Ley de Reforma Urbana – Ley 09/89.
- Creación del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres – Ley 46/88 – Decreto 919/89.
- Creación del Sistema Nacional Ambiental – Ley 99/93.
- Plan Local de Gestión del Riesgo del Municipio de Cartago (2009).
- Plan de Acción 2012–2015: “Un Plan para la Paz”.
- Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Cartago (2013).
- Portafolio de Estrategias para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático (2014).
- Plan de Gobierno (2016-2020).
- Plan de Desarrollo Municipal (2020-2023).
- Compromiso público para hacer frente al cambio climático, con la adhesión al Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía (GCoM, por sus siglas en inglés) (2020).



2.1.2 // CONTEXTO SOCIOECONÓMICO Y DEMOGRÁFICO

La información sobre el contexto socioeconómico y demográfico del municipio de Cartago, que se presenta en esta sección, ayudará a comprender cómo la población 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.

El municipio de Cartago fue fundado en 1540, se encuentra en el suroeste de Colombia, al norte del departamento del Valle del Cauca, a orillas del río La Vieja. Según las estimaciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para el año 2018, Cartago contaba con una población equivalente a 118.803 habitantes. Entre esta población, el 53,3% son mujeres (63.322) y el 46,7% hombres (55.481), lo que da como resultado un índice de feminidad equivalente a 114,10 y un índice de masculinidad equivalente a 87,64. Estos valores significan que para cada 100 mujeres hay 88 hombres, y para cada 100 hombres hay 114 mujeres (DANE, 2018).

Las estimaciones del DANE para el año 2018 apuntan que el 13,6% de la población censada reportaron tener alguna dificultad para realizar actividades diarias. Las dificultades observadas se refieren a la escucha, habla, visión, locomoción, capacidad cognitiva, de interacción, entre otras. De las 16.157 personas que afirmaron tener alguna dificultad, el 28,8% dijo que esta dificultad estaba relacionada con su movimiento y el 36,5% con su visión. Estos datos son importantes para la preparación de planes de emergencia en caso de catástrofes naturales, ya que es vital contar con un plan que incluya todas las dificultades existentes en la población de Cartago, teniendo en cuenta a las personas con problemas de vista y movilidad, por ejemplo.

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 de 65 años y más: índice de juventud¹ (23,55), índice de envejecimiento² (75,92) e índice de dependencia demográfica³ (45,57).

Al observar los datos del DANE de 2018 referentes a los grandes grupos de edad, se observa que la mayoría de la población (63,1%) tiene entre 15 y 59 años, de los cuales el 19,1% restante tiene más de 59 años y el 17,8% tiene entre 0 y 14 años. Este escenario indica que una gran parte de la población de Cartago está en la población económicamente activa.

En lo que respecta a la alfabetización, el 95,73% de la población sabe leer y escribir y el 4,27% es clasificado como analfabeta. El porcentaje de la población alfabetizada por sexo no indica una discrepancia entre hombres y mujeres, ya que el porcentaje de mujeres equivale al 95,85% y el de hombres al 95,6% (DANE, 2018). Los datos relativos al acceso a la educación, según los datos del DANE para

2018, indican que la población con menor acceso 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 14,5% de los hombres y el 14,4% de las mujeres tienen asistencia escolar, y en el grupo de edad de 65 años sólo el 0,8% de los hombres y el 0,6% de las mujeres tienen asistencia escolar. Cabe señalar que los valores de asistencia escolar del grupo de 18 a 24 años, aunque son 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 asistencia escolar en este grupo de edad para hombres y mujeres, respectivamente, son los siguientes: 29,9% y 37,6%.

Según los datos del DANE para 2018, Cartago tiene un total de 45.065 viviendas⁴. De este total, el 85,3% es residencial, el 11,3% no residencial y el 3,4% mixto. Además, de los tipos de viviendas existentes, 39.246 son casas, 4 son étnicas, 4.492 son apartamentos, 1310 son solamente habitaciones, y 12 están clasificadas como otros.

En lo que se refiere a viviendas con acceso a servicios públicos, es decir, casas con acceso a la energía eléctrica, acueducto, alcantarillado, gas natural, recolección de residuos sólidos e internet, el 99,6% de la población tiene acceso a energía eléctrica;

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 la 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 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.

98,2% al acueducto; 97,5% al alcantarillado; 86,7% al gas natural; 98,0% a la recolección de residuos sólidos; y 48,1% a internet. En general, los hogares tienen un buen acceso a los servicios públicos, sin embargo, en relación con el acceso a internet, es importante destacar que el bajo acceso puede dificultar la difusión de información, especialmente en relación con el riesgo de una catástrofe natural. Esto puede interferir con la capacidad de adaptación de la población.

En términos económicos, las principales actividades del municipio de Cartago son la agricultura, la ganadería, el comercio y la industria. Esta última está representada principalmente por los bordados, razón por la cual el municipio de Cartago es reconocido como la “capital mundial del bordado” (CIAT; CVC, 2014).

2.1.3 // CONTEXTO FÍSICO Y CLIMÁTICO

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

El municipio de Cartago, uno de los municipios del Valle del Cauca, se encuentra ubicado en la Cordillera Central perteneciente a la Región Andina de Colombia, en una planicie a una altura de 917 msnm. El municipio se caracteriza por tener dos grandes zonas de ladera, otra plana y otra montañosa. Aproximadamente el 70% de la totalidad de Cartago se encuentra en la zona plana donde se ubica el centro urbano principal del municipio y la zona especial de Zaragoza. Esta zona, instalada en la llanura aluvial de los ríos Cauca y La Vieja, abarca algunas colinas, las cuales tienen una pendiente promedio entre 0° a 14°. La segunda zona se caracteriza por un sistema montañoso de baja y media altitud, principalmente hacia el oeste del municipio en los límites con Alcalá, Ulloa y Quimbaya, donde las altitudes no superan los 1.800 metros sobre el nivel del mar y las pendientes están en el rango de 15° a 30° (ALCADÍA DE CARTAGO, 2020).

Según el Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres (CLOPAD, 2009), gran parte del municipio de Cartago es plano y suavemente ondulado con algunas pequeñas elevaciones hacia el oriente, entre estas el cerro de Canalete y las Cuchillas de Coloradas y Crestagallo. En el suroeste de la ciudad, cerca al Río Cauca, una gran parte es cenagosa.

La cobertura vegetal depende del tipo de paisaje, del tipo de suelo y de las actividades humanas, es decir, el uso y la ocupación del suelo. Según la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (2019), en el municipio se puede encontrar los siguientes tipos de uso y ocupación del suelo: arbustal, bosque, vegetación secundaria, misceláneo de cultivos y de árboles frutales, áreas de cultivos, pasto y zonas urbanas. En términos de suelo, en el municipio de Cartago los tipos de suelo dominantes son: Litosoles (L), Cambisoles húmicos (Bh) y Andosoles húmicos (Th).

Los Litosoles son suelos rocosos poco profundos, situados inmediatamente sobre la roca (FAO, 1974), por lo que no presentan horizontes pedológicos diferenciados. Los Cambisoles húmicos son suelos que tienen estructura y consistencia resultantes de la meteorización, siendo suelos ricos en materia orgánica. Los suelos Andosoles húmicos son también suelos ricos en materia orgánica, formados a partir de materiales ricos en vidrio volcánico (FAO, 1974).

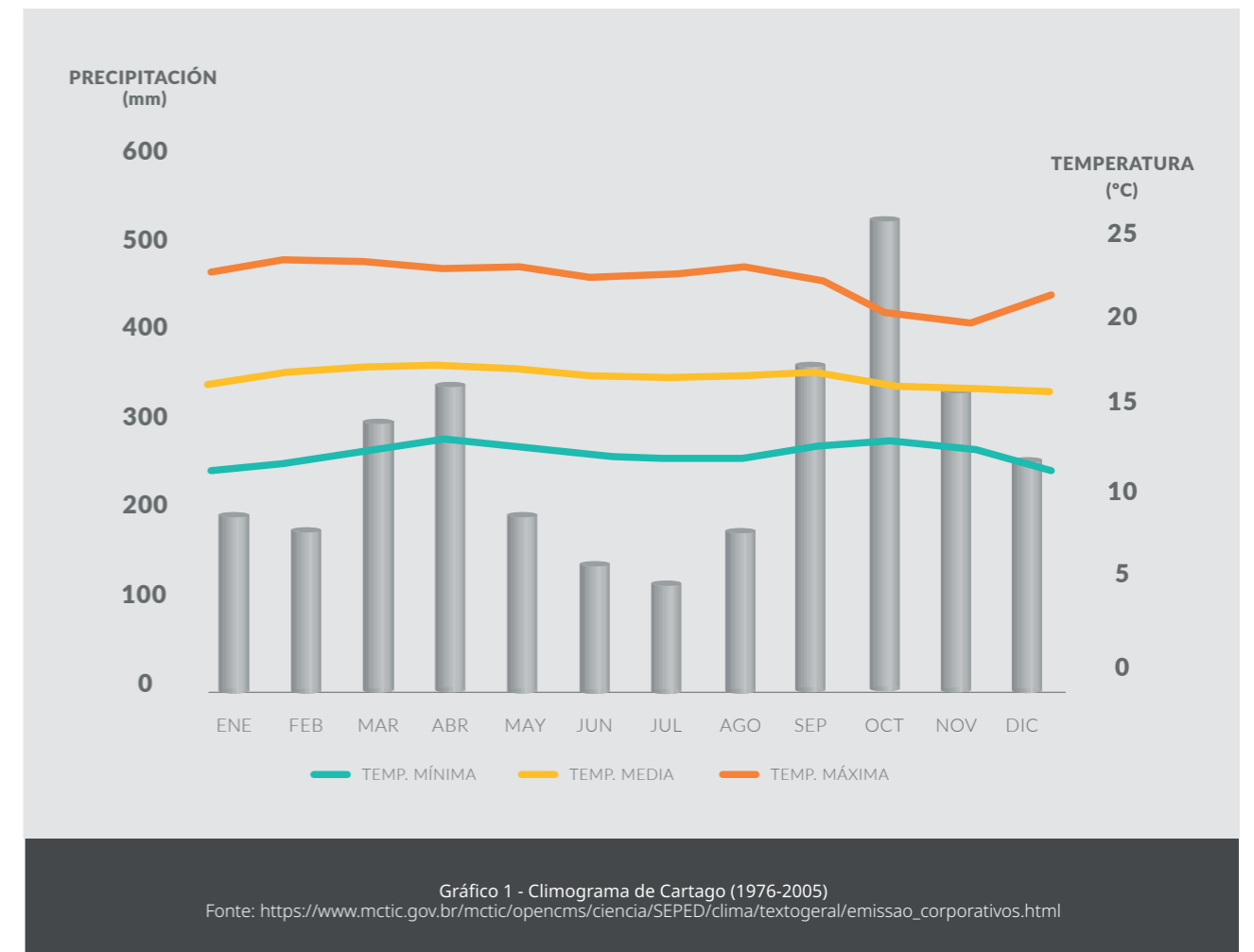
Cartago cuenta con agua superficial de la cuenca media del río Cauca y de la cuenca baja del río La Vieja con sus ocho subcuencas hidrográficas. La cuenca del río La Vieja es compartida por 20 municipios, de ellos el 69% corresponden al departamento del Quindío, el 9.5% al departamento de Risaralda y el 21.5% al Valle del Cauca (CIAT; CVC, 2014).

Con respecto al clima, en el municipio de Cartago por el gradiente ecoaltitudinal, se presentan tres áreas que se pueden caracterizar con diferentes climas, definidos inicialmente entre el borde del río Cauca y el río La Vieja que limitan el municipio y la cota 1000 metros sobre el nivel del mar, encontrando un clima cálido moderado con una temperatura entre 24 y 30 °C, con precipitación promedio de 1000 a 2000 mm; una segunda área correspondiente a los 1000–1300 metros con una temperatura aproximada entre 25 y 28 °C; y por último, una tercera área comprendida entre la cota 1300 y 1600 metros, con temperaturas cercanas a los 18 a 25 °C, con una humedad relativa aproximada del 60%. Cabe señalar que en la zona de clima cálido existen sectores que generan microclimas particulares, como el área urbanizada, el sistema de Colinas Bocajabo y sus áreas aledañas (CIAT; CVC, 2014).

El sistema de Colinas Bocajabo rodea parte de la ciudad mejorando las condiciones climáticas que al interactuar con las masas de aire caliente y húmedo, originan ciertos fenómenos que benefician la precipitación y refrescan algunas zonas.

El régimen de lluvias en el municipio de Cartago se considera bimodal, un régimen característico de la región andina colombiana. Así, el período de lluvias en Cartago abarca los meses de marzo a mayo y de septiembre a noviembre; mientras que el período menos lluvioso, o más seco, se produce entre los meses de diciembre a febrero y de junio a agosto (CIAT; CVC, 2014).

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 del municipio de Cartago y comprender las diferencias en las variaciones de precipitación y temperatura entre las normalidades climatológicas analizadas (Gráfico 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.



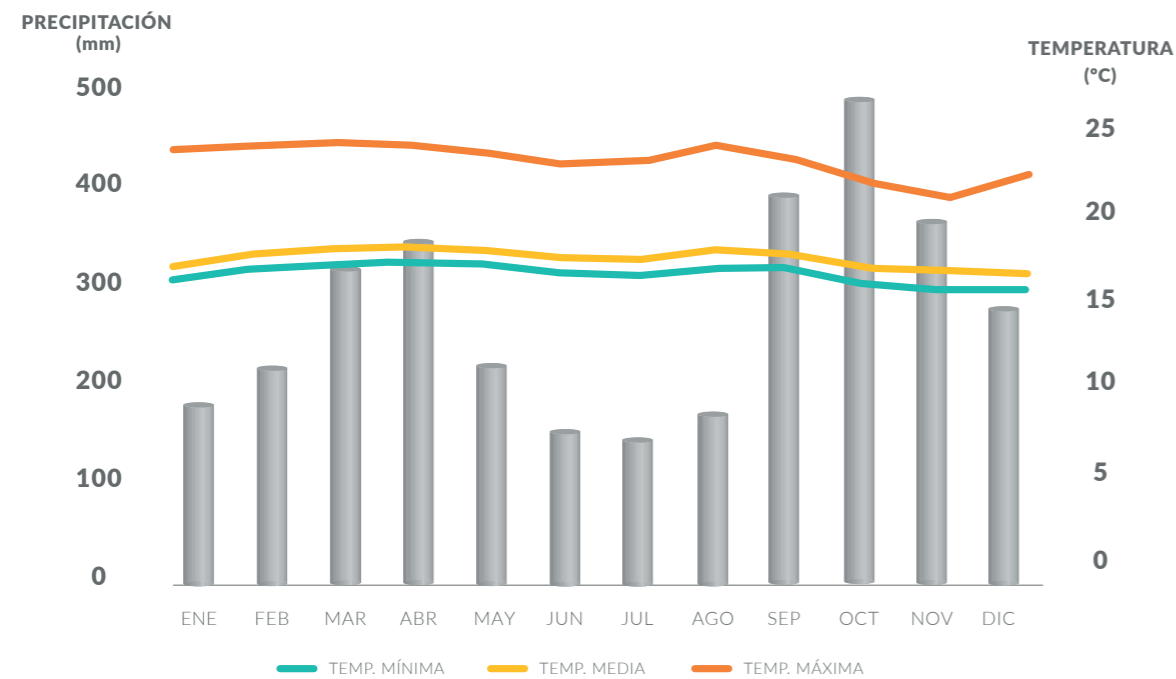


Gráfico 2 - Climograma de Cartago (2006-2030)

Fuente: Elaborado a partir de datos del modelo climático regional RCA4 forzado por el modelo global HadGEM2-ES

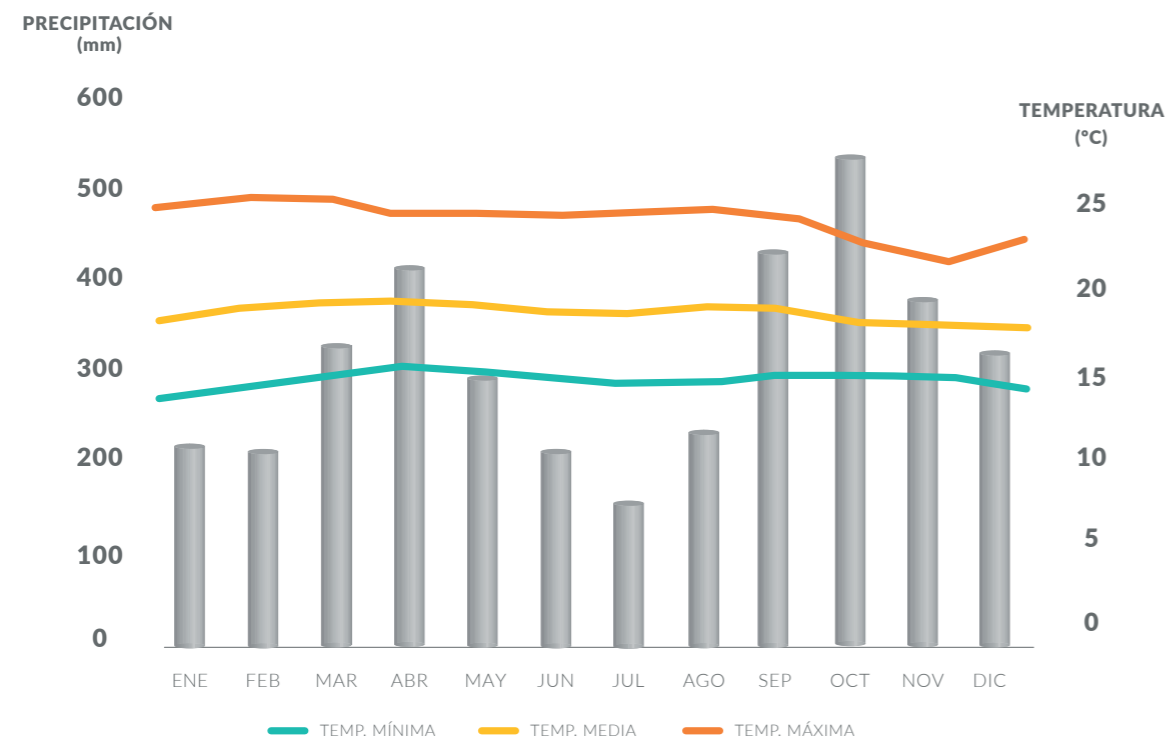


Gráfico 3 - Climograma de Cartago (2006-2050)

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, para todos los meses, especialmente cuando se observa el gráfico referido al período de 2050. En cuanto a la temperatura, se observa que habrá un aumento de las temperaturas mínimas. Se observa que en el período histórico la temperatura presenta una media cercana a los 10°C, aumentando hasta los 15°C en el período analizado para 2030 y 2050. Estas diferencias tienen una influencia directa en los resultados del riesgo asociado al cambio climático para el municipio de Cartago, 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. El municipio de Cartago ya ha experimentado una serie de riesgos asociados al cambio climático, sin embargo, el presente estudio se centrará en lo siguiente: movimientos en masa, las inundaciones, las olas de calor y la proliferación de vectores (*Aedes aegypti*).

Las inundaciones en Cartago ocurren por: inundaciones lentas causada por el río Cauca y el río La Vieja, inundaciones por encharcamiento que se producen en la zona urbana por deficiencias del sistema de drenaje e inundaciones por reflujo. (CLO-PAD, 2009) menciona que las inundaciones han causado una serie de impactos y daños en el municipio. Como ejemplo, el autor señala las inundaciones provocadas por la crecida del río La Vieja en 1984, donde un tercio de la población del municipio se vio afectada y en 2008, donde se vieron afectadas 3.700 familias. Las inundaciones en Cartago también ocurren por fuertes aguaceros donde se ven comprometidos los sistemas de desagües y alcantarillado de la ciudad.

En términos de los movimientos en masa, el Plan de Ordenamiento Territorio (POT) de Cartago señala que la zona urbana de la ciudad en su conjunto se considera una zona de riesgo de remoción en masa por desprendimiento. Los corregimientos de la ciudad que tienen zonas amenazadas por derrumbes se encuentran más al este del municipio (SECRETARÍA DE PLANEACIÓN, DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE, 2013). Como ejemplo del impacto de la amenaza en 2011, 23 familias fueron evacuadas porque sus viviendas estaban cercanas a caños, zanjones o zonas propensas a movimientos en masa (EL PAÍS, 2011).

En cuanto a las olas de calor, en los últimos años se han registrado las temperaturas más altas en los municipios del Valle del Cauca. Este aumento de la temperatura también está provocando un proceso de sequía, es decir, una reducción del caudal de los ríos (CIUDADREGIÓN, 2019). Aunque no hay muchos registros de olas de calor en el municipio de Cartago, esto no significa que esta amenaza no sea relevante para la ciudad. Los resultados del análisis del riesgo de olas de calor presentados en este informe proporcionan resultados que demuestran su relevancia. Cabe señalar que la zona urbana de Cartago podría sufrir los efectos de la ola de calor en mayor proporción debido a que una gran superficie construida emite calor acumulado y se suma la presencia de obstáculos que impiden la circulación del aire naturalmente, además de la escasa cobertura vegetal, generando que la temperatura aumente considerablemente (CIAT; CVC, 2014).

En cuanto a la proliferación de vectores, más concretamente del *Aedes aegypti*, el aumento de las temperaturas y las precipitaciones extremas hacen que el escenario sea favorable para la proliferación de mosquitos. 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 Cartago fue de 1.971, con un promedio de 164 casos anuales. En el mismo período, la ciudad fue calificada entre los municipios de riesgo mediano de transmisión de dengue (PADILLA; ROJAS; SÁENZ GÓMEZ, 2012).

Cabe destacar que la industria en Cartago está asociada a la extracción de arcilla y arena de las rocas, lo que genera un deterioro del paisaje y afecta el nivel freático, provocando el represamiento de las aguas pluviales, lo que, asociado a los residuos sólidos, facilita la reproducción de vectores de enfermedades, siendo un punto de atención para la ciudad (CIAT; CVC, 2014).

// 03 METODOLOGÍA

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

Para ayudar en el análisis y permitir la entrega de resultados a través de mapas, en una escala espacial de análisis adecuada (por ejemplo, barrios), lo que facilita la comprensión de los resultados y permite una toma de decisiones más precisa por parte de las ciudades, se utilizó una herramienta computacional integrada MOVE® (*Model for Vulnerability Evaluation*). Esta herramienta, basada en la metodología de IPCC AR5 (2014), utiliza análisis espaciales y estadísticos para evaluar los riesgos asociados al cambio climático a través de la interacción, exposición y vulnerabilidad en múltiples escalas espaciales, en diferentes escenarios climáticos y horizontes temporales.

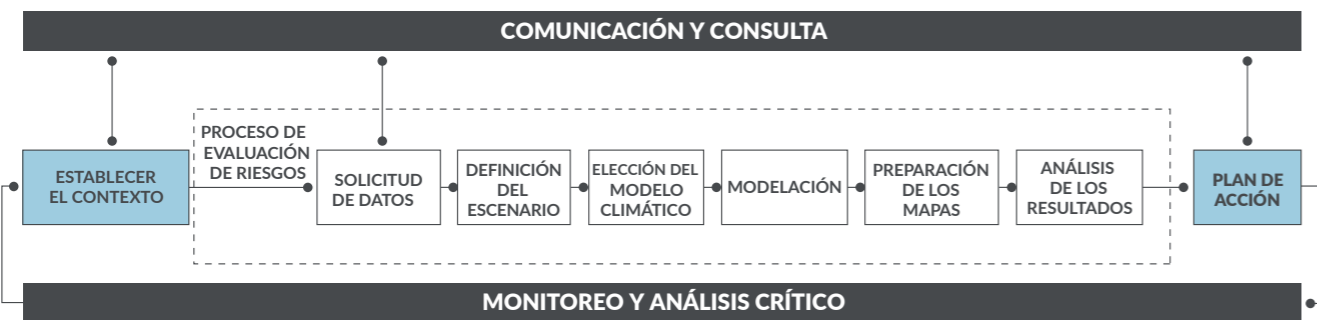


Figura 1 - Diagrama de flujo de las etapas del análisis del riesgo asociado al cambio climático

En esta sección se detallan 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 medias máximas diarias 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); y

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, uno 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; VERAS; FAÇANHA, 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 en 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 (IPCC,

1. 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/>.

2014). Esta metodología de riesgo cubre tres elementos esenciales: Amenaza, Exposición y Vulnerabilidad (Figura 2):

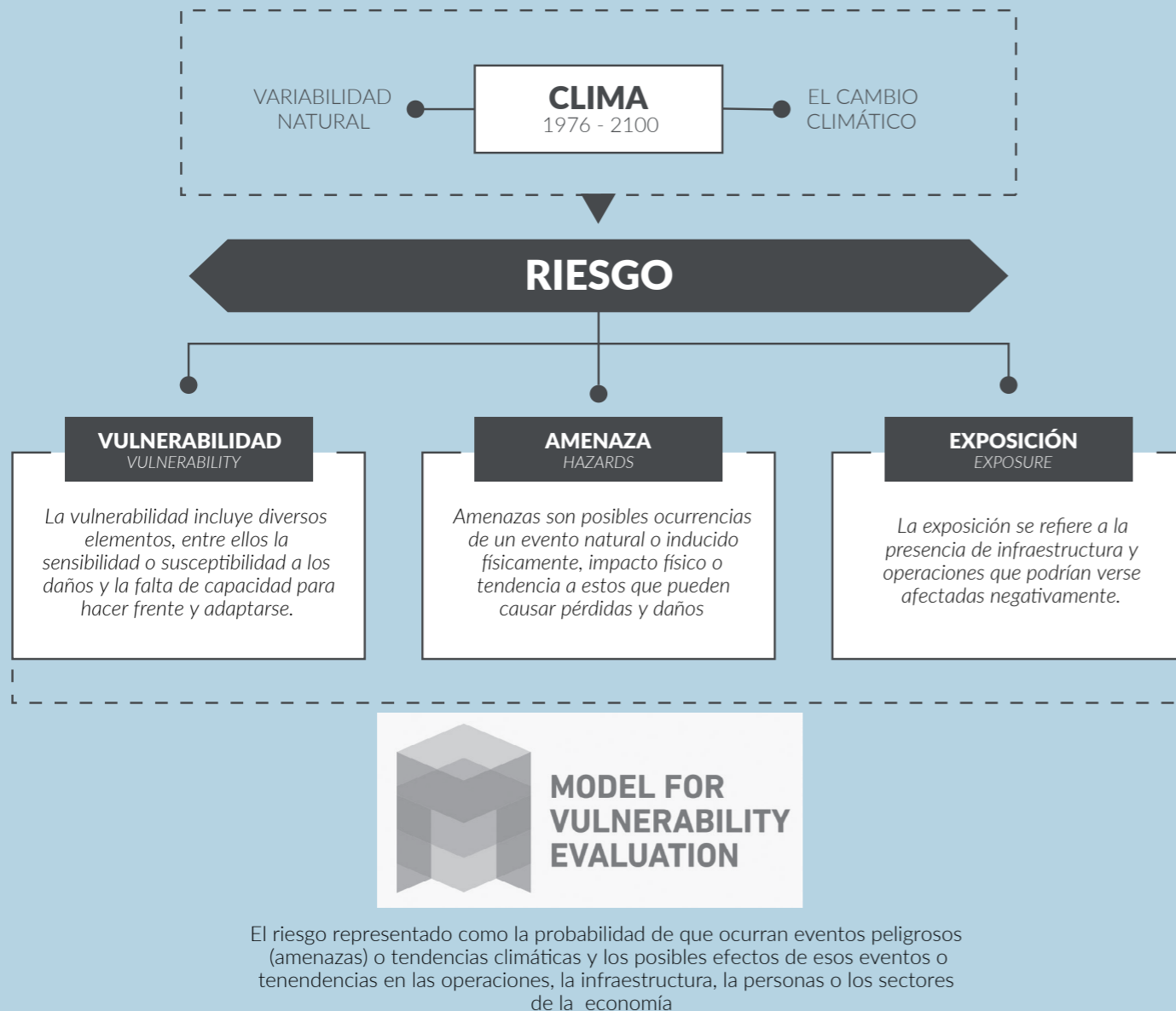


Figura 2 - Framework de la metodología utilizada
Fuente: Elaboración propia a partir de (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014)

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:

$$R = E \times A \times V \quad [1]$$

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 asociados al cambio climático y cómo se calculan y analizan.

La construcción del **índice de amenaza (A)** se realizó a partir de los periodos históricos (1976-2005) y proyectado (2006-2030 y 2026-2050), y de los extremos 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 resiliencia climática.

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 (IPCC, 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).

Se observa que cuanto mayor es la capacidad de adaptación, menor es la vulnerabilidad de la población, es decir, que la inversión en

$$\text{Vulnerabilidad} = \text{Sensibilidad} \times (1 - \text{Capacidad de Adaptación}) \quad [2]$$

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 versus 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 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, 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.

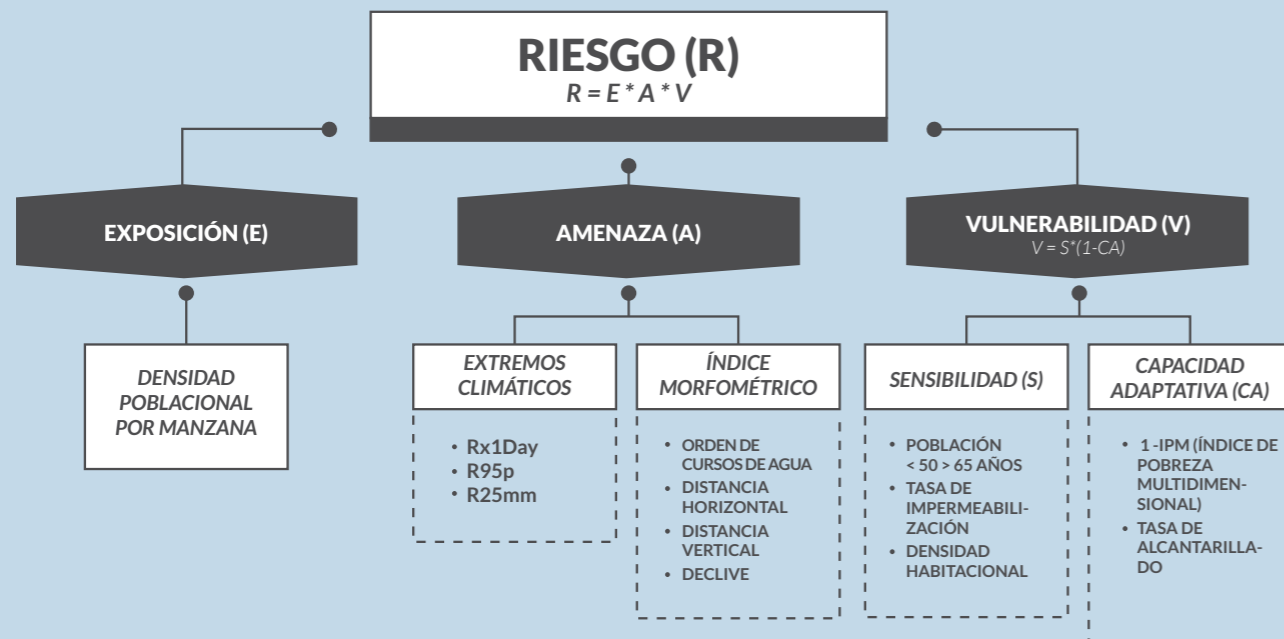


Figura 3 - Variables utilizadas para el cálculo del riesgo de inundación
Fuente: Elaboración propia

El cálculo de la amenaza de inundación se realiza representando las precipitaciones intensas que pueden dar lugar a la aparición de inundaciones, 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 igual o superior 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

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, ya que los sistemas de alcantarillado suelen ir acompañados de sistemas de drenaje pluvial, relacionándose con una mayor sensibilidad a las inundaciones.	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. 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; CVC, 2019)

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 indican un factor demográfico y el último un factor estructural. El indicador de población sensible refleja el porcentaje de población menor de 10 años y mayor 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 las zonas impermeabilizadas 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. Estas zonas 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 de la plataforma GeoCVC (CVC, 2019) 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 la infraestructura que puede 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 pluvial, lo que se relaciona con una mayor o 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:

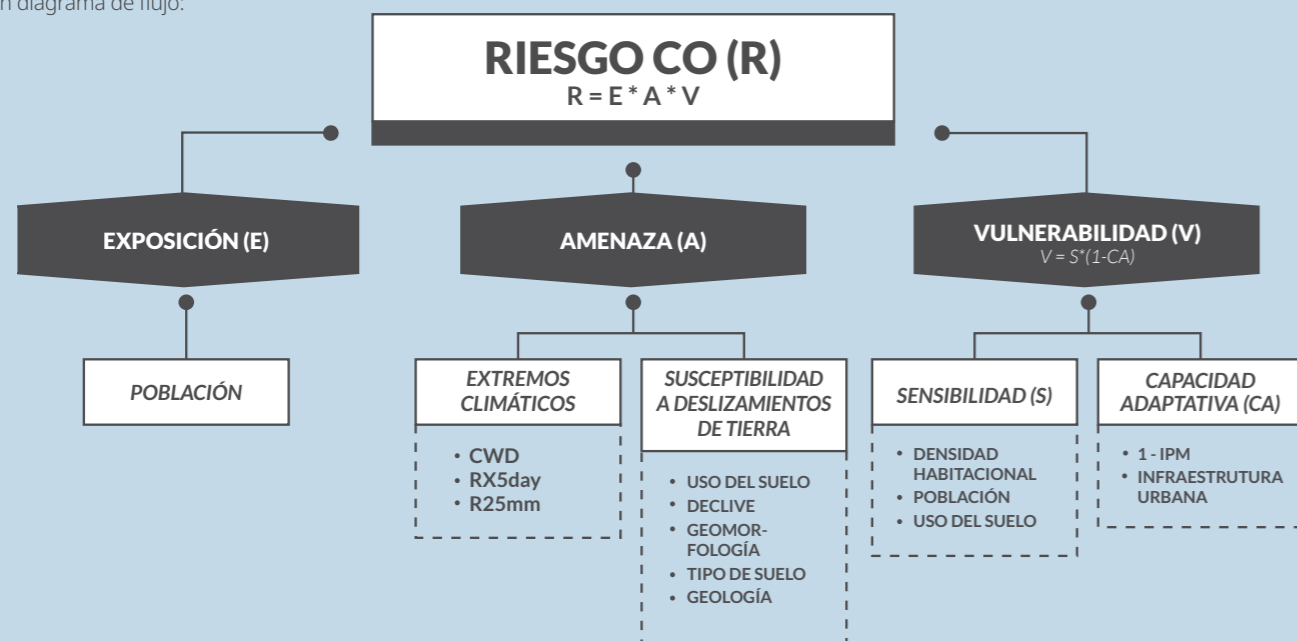


Figura 4 - Variables utilizadas para el cálculo del riesgo de movimientos en masa
Fuente: Elaboración propia

El transporte gravitacional, como la erosión y el movimiento en masa, están influenciados por variables de derivaciones geomorfométricas y de cobertura del suelo. La pendiente del terreno tiene una estrecha relación con los movimientos en masa y, así mismo, 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 el tipo (pedología) y uso del suelo, geología, declive, se ponderaron estos mapas temáticos con base a estudios con criterios relacionados al desencadenamiento de movimientos en masa para la construcción del índice morfométrico (IM) (CANAVESI et al., 2013; CAMARINHA; CANAVESI; ALVALÁ, 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 movimientos en masa. Todas las informaciones morfométricas fueron proyectadas a la escala del MDE en pixels de 30 m x 30 m.

VARIABLE/FUENTE	PRESUPUESTO	CLASE	VALOR
Uso del suelo (CVC, 2019)	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.	Arbustal y Matorral	0,1
		Bosque	0,2
		Bosque mixto alto de tierra firme	0,3
		Bosque mixto Denso	0,3
		Bosque mixto fragmentado	0,4
		Vegetación secundaria	0,5
		Misceláneo de Cultivos y espacios naturales	0,6
		Misceláneo de árboles frutales	0,6
		Áreas de cultivos	0,7
		Pasto	0,9
		Zonas urbanas	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/>

VARIABLE/FUENTE	PRESUPUESTO	CLASE	VALOR
Curvatura Vertical (SRTM USGS, 2000)	La curvatura vertical se refiere al carácter convexo/cóncavo del terreno. La parte cóncava es más propensa a los movimientos en masa que la parte convexa.	Muy cóncavo	1
		Cóncavo	0,8
		Rectilínea	0,2
		Convexa	0,3
		Muy convexo	0,5
Curvatura Horizontal (SRTM, USGS, 2000)	La curvatura horizontal se refiere al carácter divergente/convergente de los flujos de materia sobre el suelo cuando se analiza en proyección horizontal. Un terreno con perfiles convergentes presenta un mayor riesgo de incidentes de desprendimiento que los perfiles divergentes.	Muy convergente	1
		Convergente	0,8
		Plana	0,2
		Divergente	0,3
		Muy divergente	0,5
Geología (CVC, 2019)	Como uno de los factores condicionantes, se analiza la estructura geológica para obtener la susceptibilidad de un determinado emplazamiento al desprendimiento, teniendo en cuenta que ciertas estructuras geológicas son más propensas al desprendimiento.	Tqa	0,5
		Tpz	0,8
		Qal	1

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

La predisposición a los movimientos en masa (PM) combinada con los extremos climáticos de las precipitaciones que reflejan lluvias de larga duración (RX5días), de largo período (CWD) y de fuerte intensidad (R25mm) ha dado lugar a la amenaza de movimientos en masa. Estas precipitaciones extremas se combinaron con la predisposición a los movimientos en masa para evaluar la amenaza mediante Data Envelopment Analysis (DEA), cuya calibración de los parámetros en esta metodología se realizó por medio de las zonas de susceptibilidad a los movimientos en masa que se hizo disponible por la ciudad.

Donde Ades representa la amenaza de movimientos en masa, RX5day es la precipitación máxima anual en mm acumulada durante 5 días consecutivos, CWD es el número máximo de días consecutivos con precipitación en el año, R25mm es el número de días en el año con precipitación total diaria mayor o igual a 25mm y PD es la predisposición a los movimientos en masa calculada por 4.

Para evaluar la vulnerabilidad, es importante desglosar los componentes de sensibilidad y capacidad de adaptación relacionados con la ocurrencia de movimientos en masa. Para cada uno de ellos se construyeron indicadores relacionados con factores demográficos, socioeconómicos y de infraestructura, que se detallan en la Tabla 3 siguiente:

VULNERABILIDAD					
Componentes	Capacidad Adaptativa		Sensibilidad		
Factor	Socioeconómico	Infraestructura (gris y verde)	Socioeconómico	Demográfico	Infraestructura
Indicador	1-IPM	Infraestructura Urbana	Densidad habitacional	Población	Uso del Suelo
Descripción	El Índice de pobreza multidimensional es utilizado como un proxy para aquellas personas que tendrían el mayor potencial de adaptación ante los movimientos en masa. 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 infraestructura urbana. Cuanto más desarrollada esté una ubicación, menor será la posibilidad de construcciones susceptibles a los movimientos en masa. Es compuesta por el porcentaje de viviendas con acceso a agua, saneamiento y energía eléctrica	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.	Se considera que toda la población expuesta es sensible a la amenaza, por lo tanto, el factor es constante e igual a 1, reflejando perfectamente la exposición.	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)	(CVC, 2019; USGS, 2013)

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

En la sensibilidad de la población a los eventos de movimientos en masa, se consideraron la densidad habitacional, la población y el uso del suelo. Los detalles relativos a densidad habitacional se llevaron a cabo en la sección anterior. El indicador "población" para los movimientos en masa, se ha considerado que toda la población expuesta es sensible y, por lo tanto, el factor es constante e igual a 1, reflejando perfectamente la exposición. En relación con el indicador de uso del suelo se observa que los usos y la cobertura del suelo que reducen la permeabilidad, o crean zonas impermeables, favorecen la intensificación de los desprendimientos debido a los cambios en las tasas naturales de absorción del agua de lluvia y de escorrentía hacia el suelo.

Para la capacidad de adaptación, se adoptó el índice de pobreza multidimensional (detallado en la sección 1.1.1) y la infraestructura urbana. Este último se adoptó como un proxy de precariedad o ausencia de infraestructura urbana, mientras que cuanto más desarrollada esté una ubicación, menor será la posibilidad de construcciones susceptibles a movimientos en masa. Esta variable está compuesta por el porcentaje de viviendas con acceso a agua, saneamiento y energía eléctrica (DANE, 2018).

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:

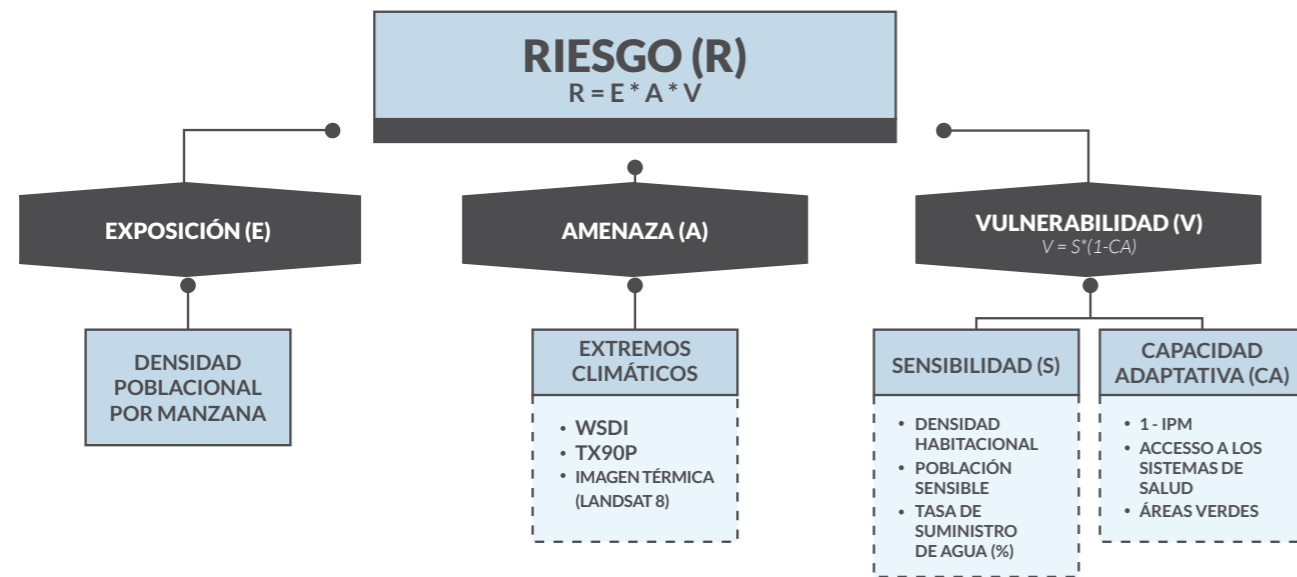


Figura 5 - Variables utilizadas para el cálculo del riesgo de olas de calor
Fuente: Elaboración propia

Los extremos climáticos de temperatura 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.

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 siguiente:

VULNERABILIDAD						
Componentes	Capacidad Adaptativa			Sensibilidad		
Factor	Socioeconómico	Infraestructura (gris y verde)		Socioeconómico	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.	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 las personas.
Fuentes	(DANE, 2018)	(SECRETARÍA DE PLANEACIÓN, DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE, 2013)	(DANE, 2018)	(DANE, 2018)	(DANE, 2018)	(DANE, 2018)

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 sensible, la densidad habitacional (explicada en la sección 3.1.1), y la tasa de suministro de agua. Debido a que 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, como, por ejemplo, para refrescarse o hidratarse, contribuyendo al bienestar y comodidad de las personas. La tasa de suministro de agua se calculó con los datos de 2018 del DANE 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, se identificaron 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 el municipio podría minimizar este impacto, incrementando la capacidad 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:

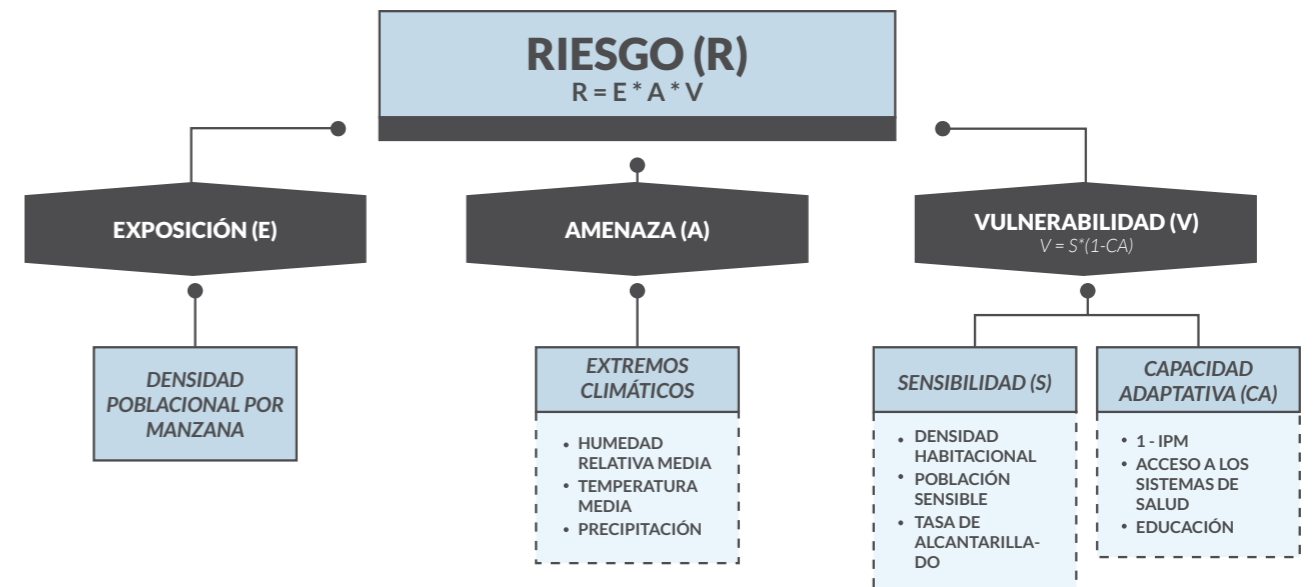


Figura 6 - Variables utilizadas para calcular el riesgo de proliferación de vectores
Fuente: Elaboración propia

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 del vector, su desarrollo y la dinámica de transmisión (MOORE, 1985; KEATING, 2001; PATZ et al., 2005; RIBEIRO et al., 2006; FULLERTON; DICKIN; WALLACE, 2014).

A partir de los límites de temperatura, precipitación y humedad del aire se estimaron cuatro indicadores: (i) el número probable de generaciones (BESERRA et al., 2006); (ii) el potencial probable de infección (LAMBRECHTS et al., 2011); (iii) la probabilidad de transmisión, (LAMBRECHTS et al., 2011) y (iv) la positividad probable para la eclosión de huevos (VIANELLO; PESSANHA; SEDIYAMA, 2006).

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

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 sistemas de salud	Educación	Densidad habitacional	Población Sensible	Tasa de alcantarillado
Descripción	Los ingresos se utilizan como proxy para aquellas 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.	Cuanto mayor sea el acceso a los servicios de salud, mejor preparada estará la región para reducir la mortalidad y la morbilidad 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 educativo se correlaciona con una mayor capacidad de la familia para enfrentar los brotes de vectores, realizar medidas preventivas y atender adecuadamente a los pacientes.	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. 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 alcantarillado 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 proliferación del vector.
Fuentes	(DANE, 2018)	(SECRETARÍA DE PLANEACIÓN, DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE, 2013)	(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 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, llevar a cabo medidas preventivas y atender adecuadamente a los enfermos.

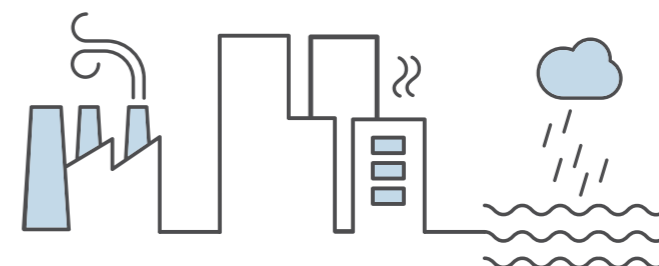
// 04 ANÁLISIS DEL RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO PROYECTADO PARA CARTAGO

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 Cartago se mantiene constante independientemente de la amenaza climática, se presenta por separado. Posteriormente se realiza un resumen descriptivo de los resultados por amenaza climática, seguido de los mapas y gráficos de demostración. 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 se identificarán en todos los mapas presentados.

4.1// EXPOSICIÓN

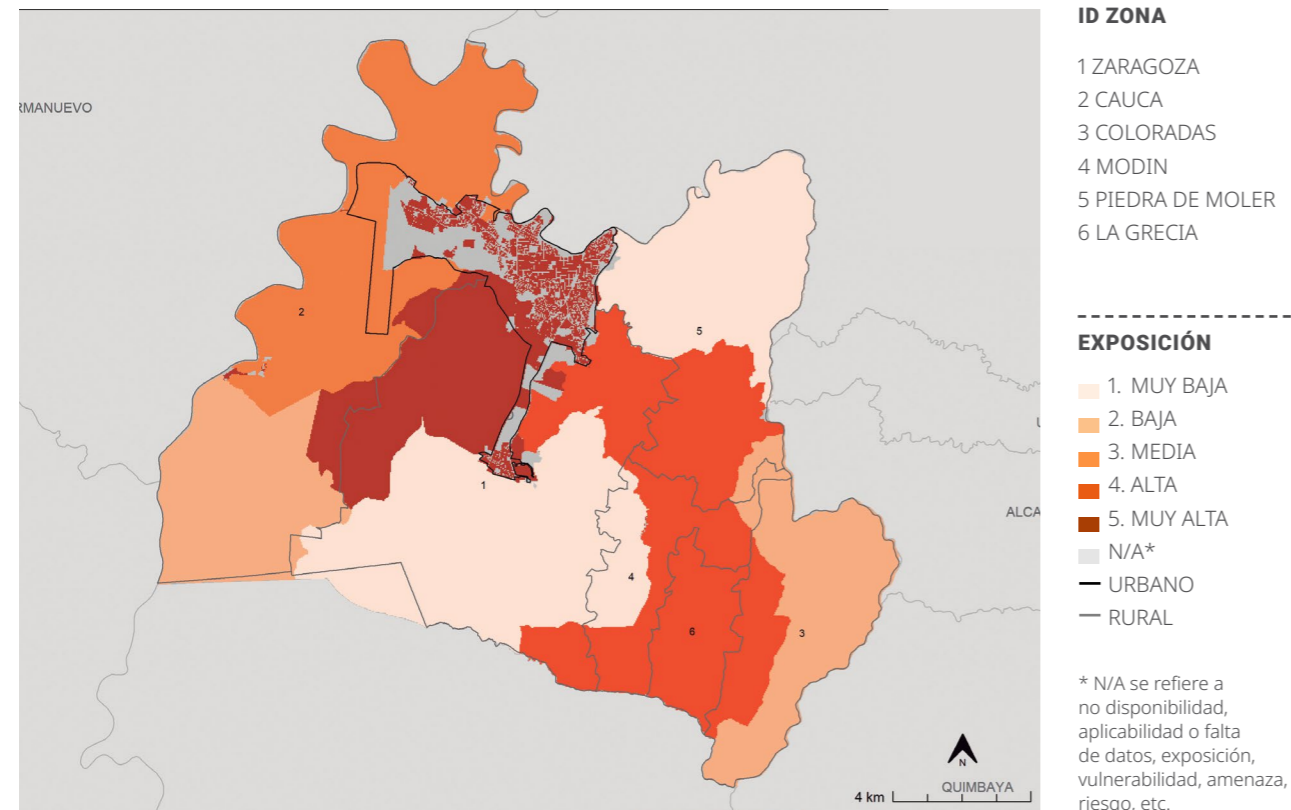
En el Mapa 1 que figura a continuación se presenta el resultado del índice de exposición, en el que se indica el nivel de exposición de la población de Cartago a los efectos del cambio climático. Este resultado refleja las manzanas y los corregimientos del municipio con mayor densidad de población, es decir, desde el punto de vista de la población en que un fenómeno climático tendría un mayor impacto si se produjera, afectando al mayor número de personas por kilómetro cuadrado.

Se observa que la exposición a lo largo del municipio de Cartago está muy bien definida. En general, las regiones con una exposición muy elevada se concentran en el área urbana y en la parte noroeste de la zona 1 representando el corregimiento de Zaragoza.



ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CARTAGO

EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN



Mapa 1 - Exposición de la población de Cartago

4.2// INUNDACIÓN

En el Mapa 1 que figura a continuación se presenta el resultado del índice de exposición, en el que se indica el nivel de exposición de la población de Cartago a los efectos del cambio climático. Este resultado refleja las manzanas y los corregimientos del municipio con mayor densidad de población, es decir, desde el punto de vista de la población en que un fenómeno climático tendría un mayor impacto si se produjera, afectando al mayor número de personas por kilómetro cuadrado.

Se observa que la exposición a lo largo del municipio de Cartago está muy bien definida. En general, las regiones con una exposición muy elevada se concentran en el área urbana y en la parte noroeste de la zona 1 representando el corregimiento de Zaragoza.

4.2.1// SÍNTESIS

Al analizar el mapa de amenaza por inundación es posible observar un incremento de esta amenaza durante el período analizado. Además, se observa que sólo se materializa en las zonas de inundación del río, lo que da la forma característica a esta amenaza (Mapa 2).

La intensificación de la amenaza de inundación durante el periodo analizado puede entenderse a través de las variables de extremos climáticos que intervienen en el cálculo (Gráfico 4, 5 y 6). Cabe señalar que la barra marrón del gráfico indica el año actual (2021).

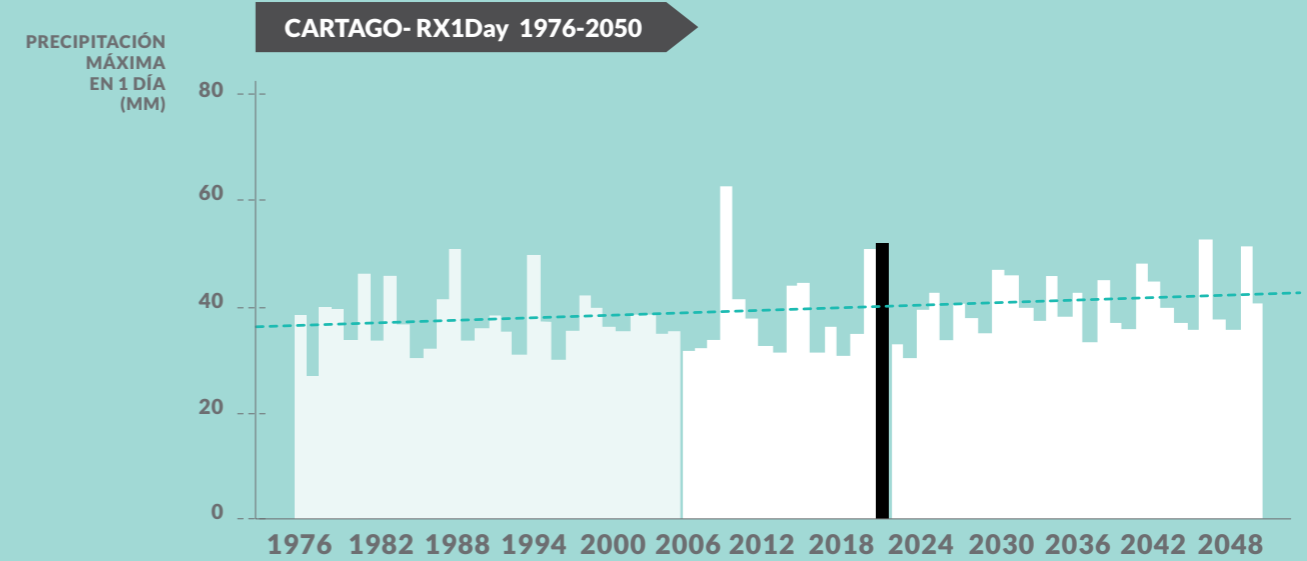


Gráfico 4 - Representa la evolución de la precipitación máxima diaria anual. La línea de tendencia (En azul puntuado) indica un aumento en el periodo analizado

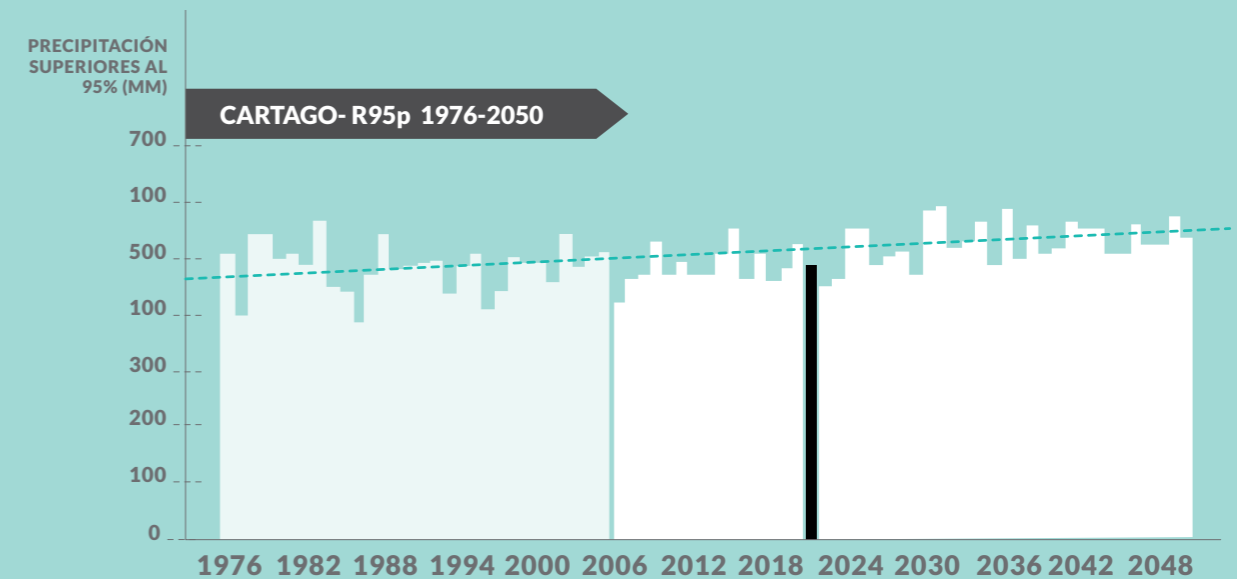
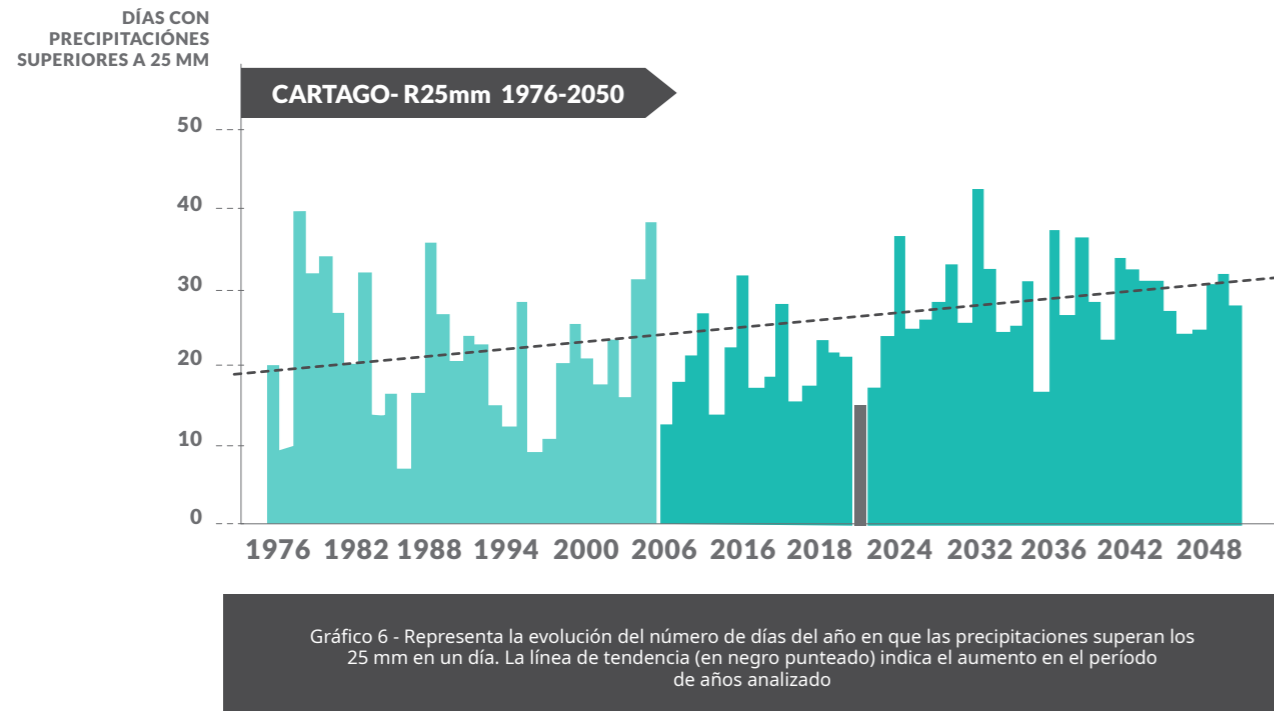


Gráfico 5 - Representa el total de la precipitación anual en los días en que la precipitación superó el percentil 95. La línea de tendencia (En azul puntuado) indica un aumento en el periodo analizado



A partir de los gráficos anteriores, se puede observar que todas las variables analizadas han aumentado a lo largo de los años de acuerdo con 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 el municipio de Cartago. 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 aumentará considerablemente.

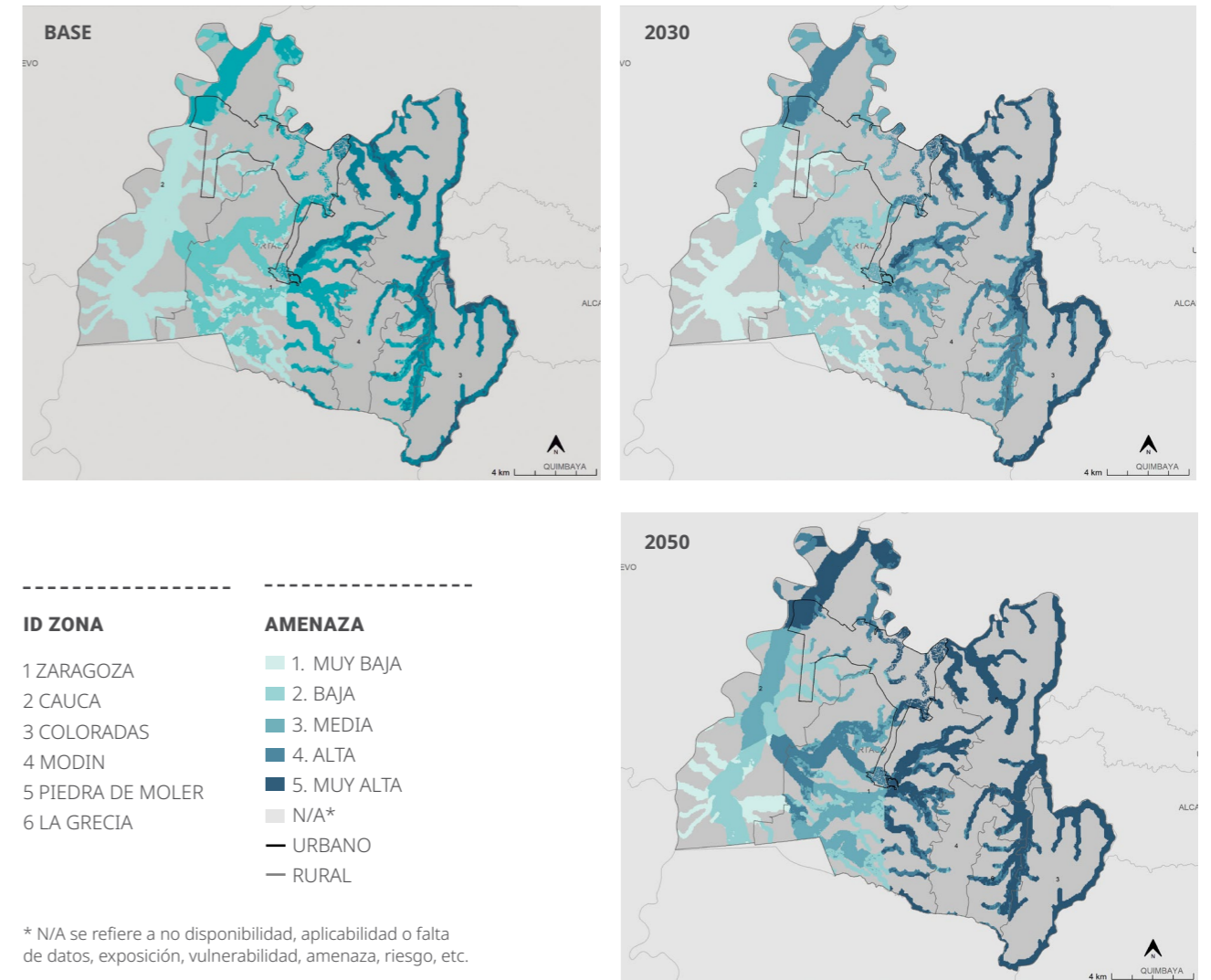
El Mapa 3 presenta la situación de vulnerabilidad de la población de Cartago. Se observa que las zonas clasificadas como "muy altas", y en consecuencia, de mayor vulnerabilidad, se concentran más al noreste del corregimiento 1 y al suroeste del corregimiento 5. En la zona urbanizada se observa una alta vulnerabilidad, ya que prevalece la clasificación muy alta en la manzana. 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, tasa de alcantarillado e impermeabilización.

Mediante el Mapa 4 se puede observar que el riesgo de inundaciones se concentra más en la parte este de Cartago, siendo más intenso en los ríos de orden superior. Además, se observa que el riesgo se intensifica a lo largo del periodo analizado. El Mapa 5 es posible identificar las zonas más críticas (hotspots) en cuanto al riesgo de inundación. Se observa que dichas zonas se encuentran en la parte más al este de la manzana censada y en mayor cantidad en el corregimiento 1 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 CARTAGO

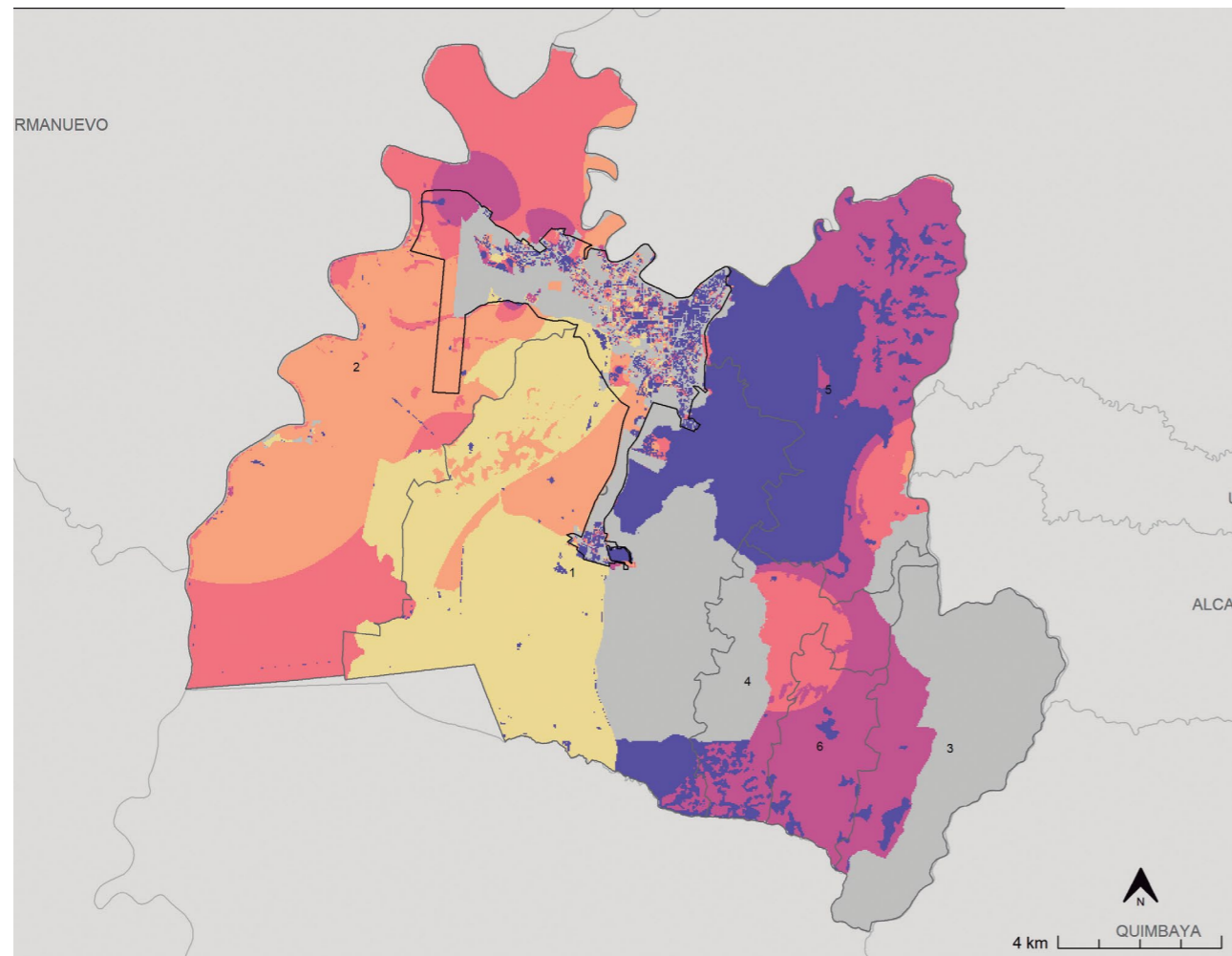
AMENAZA DE INUNDACIÓN



Mapa 2 - Exposición de la población de Cartago

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CARTAGO

VULNERABILIDAD PARA LA INUNDACIÓN



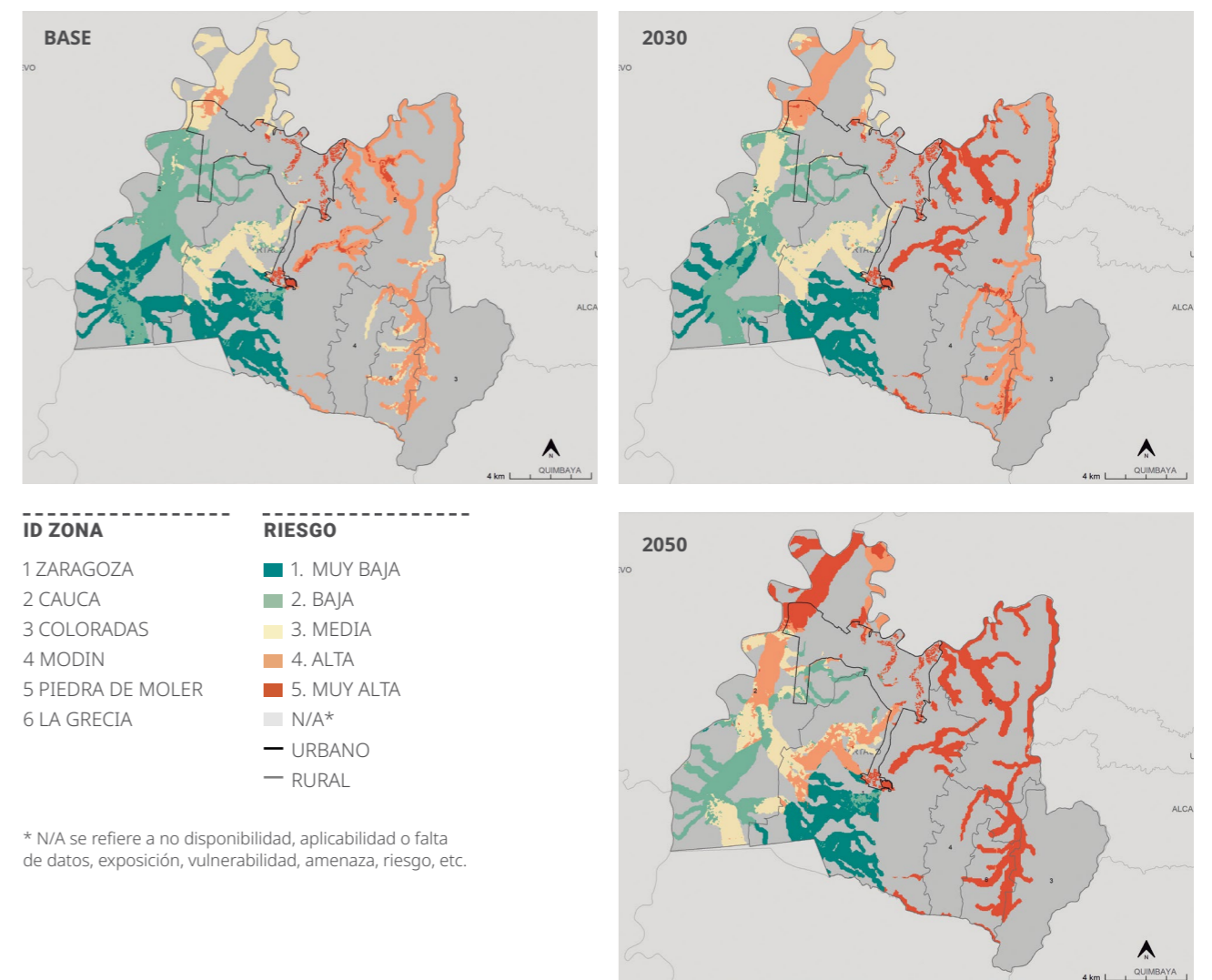
Mapa 3 - Vulnerabilidad a las inundaciones en el municipio de Cartago

ID ZONA	VULNERABILIDAD
1 ZARAGOZA	1. MUY BAJA
2 CAUCA	2. BAJA
3 COLORADAS	3. MEDIA
4 MODIN	4. ALTA
5 PIEDRA DE MOLER	5. MUY ALTA
6 LA GRECIA	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 CARTAGO

RIESGOS - INUNDACIÓN



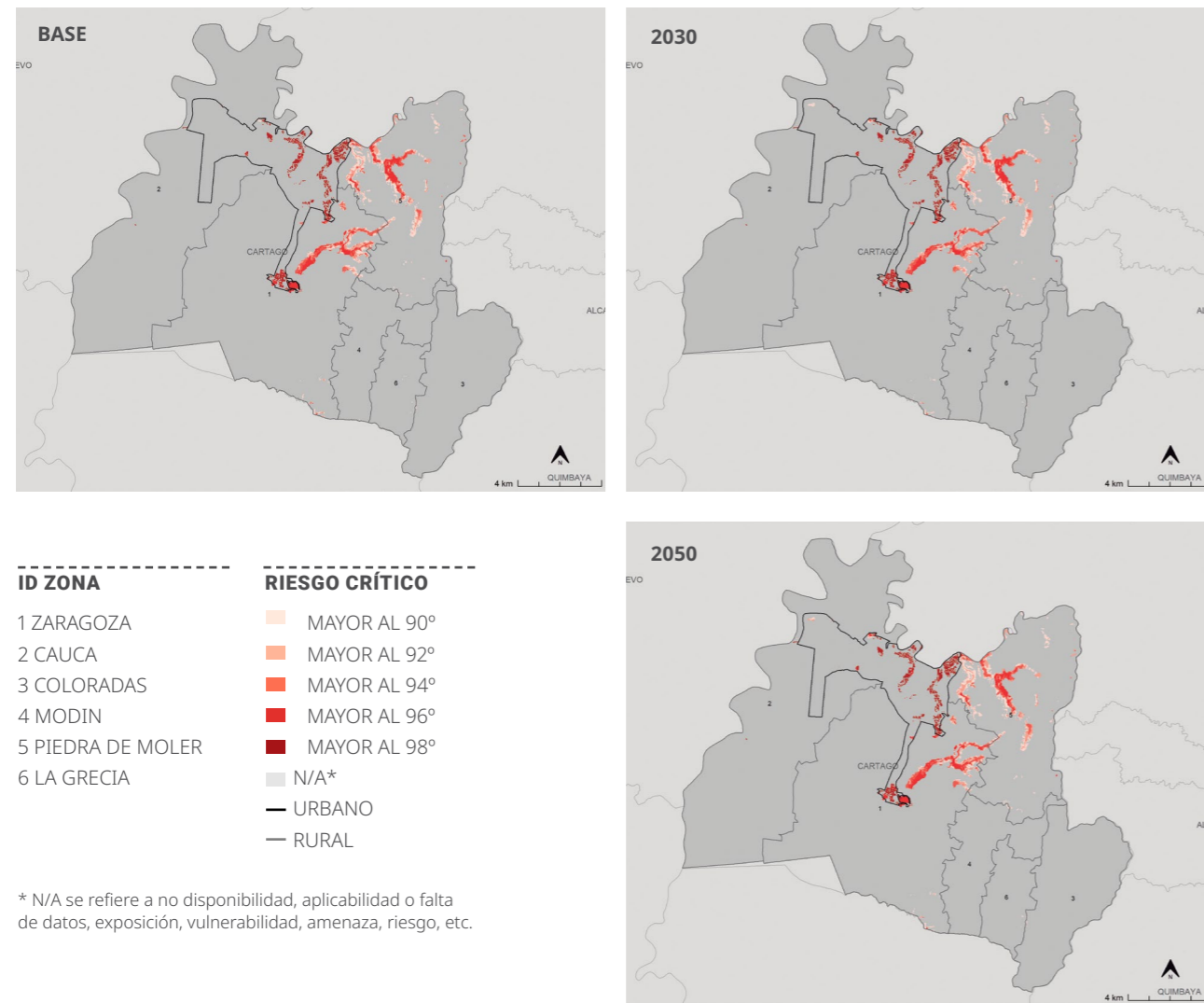
Mapa 4 - Riesgo de inundaciones en el municipio de Cartago

ID ZONA	RIESGO
1 ZARAGOZA	1. MUY BAJA
2 CAUCA	2. BAJA
3 COLORADAS	3. MEDIA
4 MODIN	4. ALTA
5 PIEDRA DE MOLER	5. MUY ALTA
6 LA GRECIA	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 DE CARTAGO

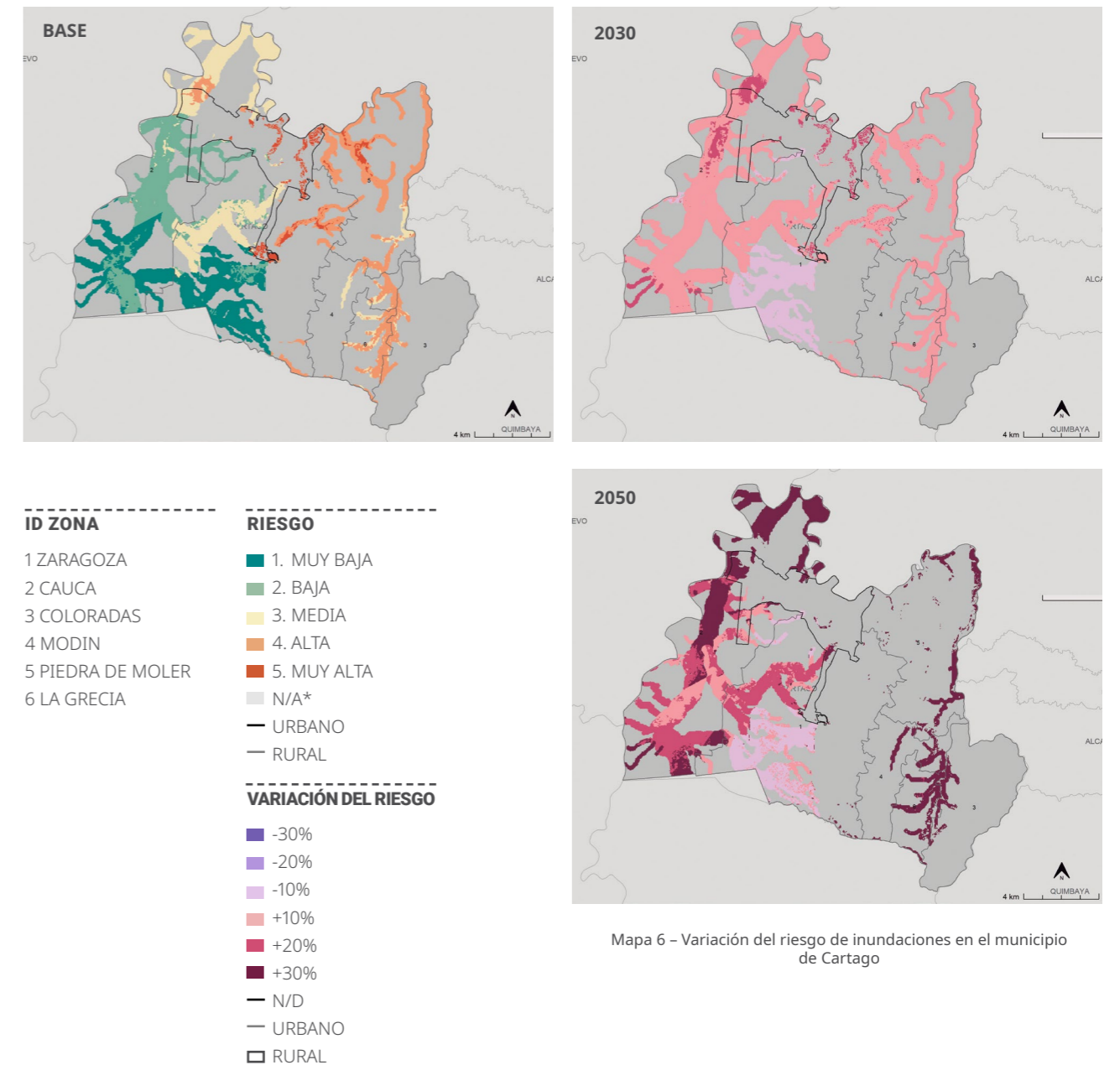
RIESGO CRÍTICO - INUNDACIÓN



Mapa 5 – Riesgo crítico de inundaciones en el municipio de Cartago

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO DE CARTAGO

VARIACIÓN DEL RIESGO - INUNDACIÓN



Mapa 6 – Variación del riesgo de inundaciones en el municipio de Cartago

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

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, además el aumento de los extremos climáticos genera incremento de la amenaza en el período observado.

Al comparar la amenaza de movimientos en masa durante la etapa analizada, se observa que para el período base del proyecto 2030 hay una reducción de la amenaza de movimientos en masa, sin embargo, esta amenaza se intensifica en el escenario previsto para 2050 (Mapa 6). 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 incremental durante el período analizado. Cabe señalar que la barra marrón del gráfico indica el año actual (2021).

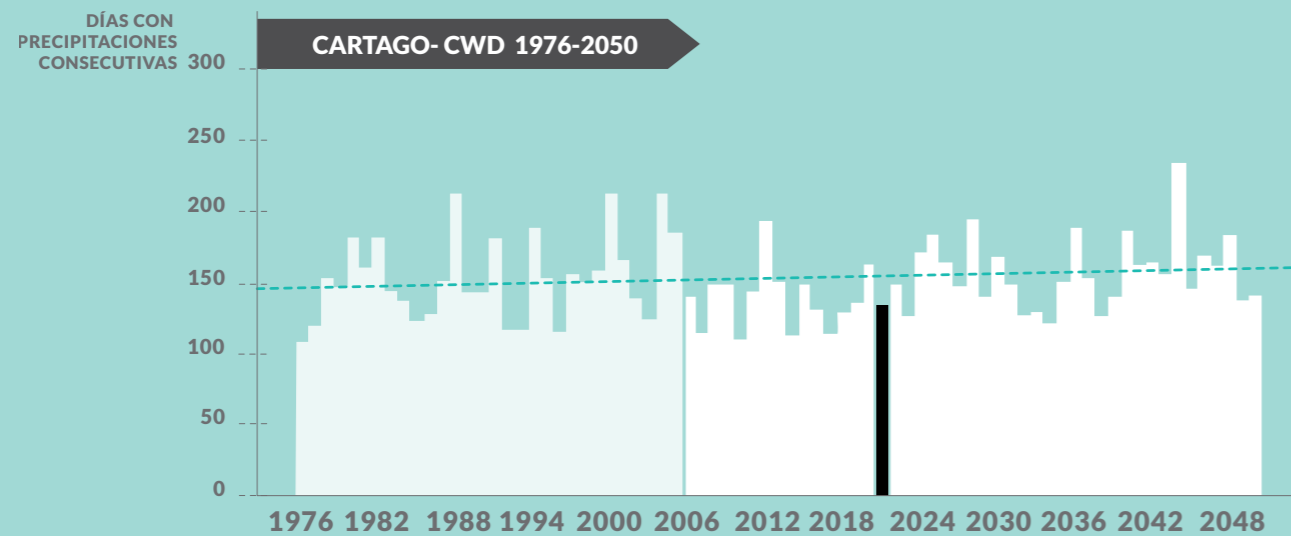


Gráfico 7 - Representa la evolución del indicador CWD que indica el número de días consecutivos en un año. Este índice refleja la concentración de las precipitaciones durante un largo periodo de tiempo. La línea de tendencia (En azul puntuado) indica el aumento en el periodo analizado.

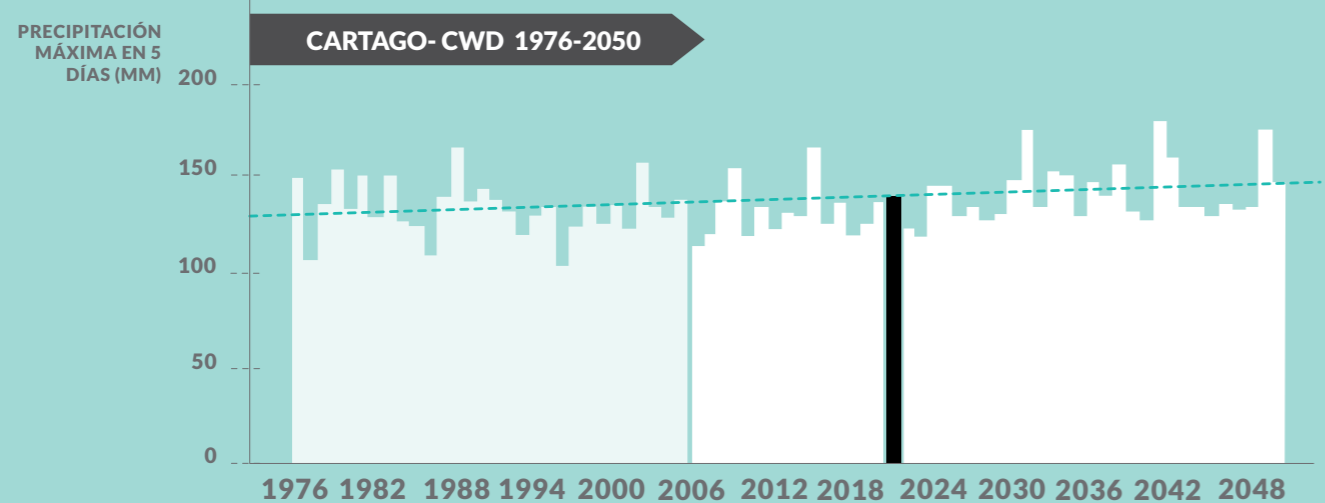


Gráfico 8 - Representa la evolución de Rx5day que indica la precipitación máxima anual en el acumulado de 5 días consecutivos, es decir, durante todo el año se computa el valor acumulado en una ventana móvil de 5 días y se registra el valor más alto en esta ventana. La línea de tendencia (En azul puntuado) 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 el municipio de Cartago. Entre ellos, el R25mm fue el que mostró la mayor tendencia a aumentar, dicho en otras palabras, el número de días del año en que la precipitación supera los 25 mm en un día aumentará considerablemente.

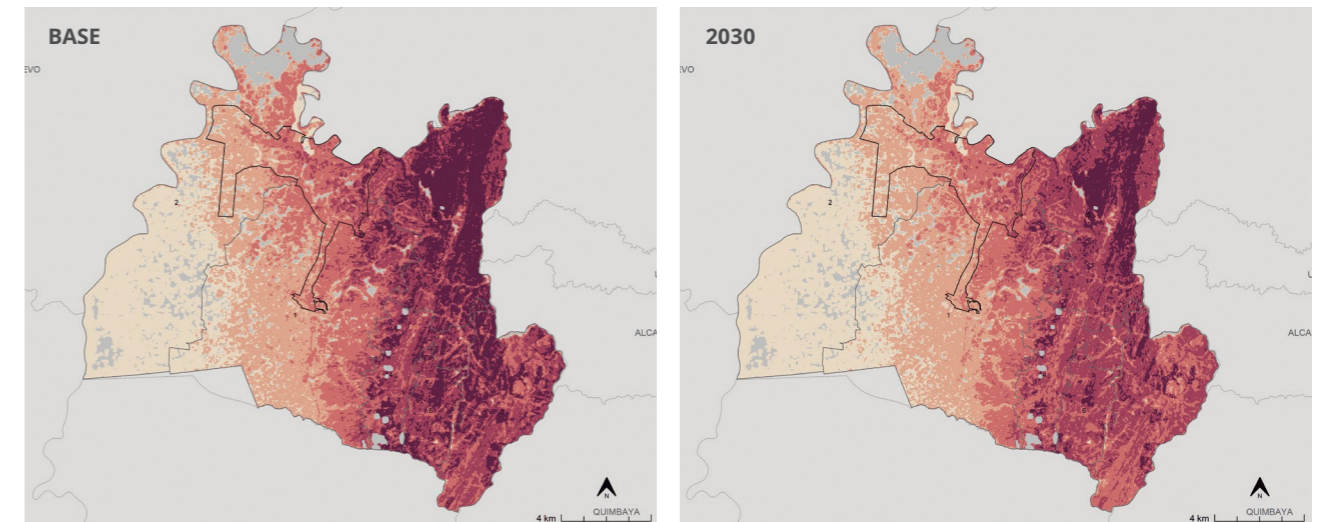
El Mapa 7 muestra la vulnerabilidad de la población de Cartago ante la amenaza de movimientos en masa. Se observa que las zonas clasificadas como "muy altas" se concentran más al noroeste del corregimiento 1 (Zaragoza) y en toda manzana, en otros términos, toda la zona urbana de Cartago fue clasificada con una vulnerabilidad muy alta. Este resultado tiene su origen en la combinación de las variables de sensibilidad y capacidad de adaptación utilizadas: densidad habitacional, población, uso del suelo, índice de pobreza multidimensional e infraestructura urbana.

El Mapa 8 muestra que el riesgo de movimientos en masa clasificado como "muy alto" se concentra en la parte sudeste y central de Cartago, cubriendo casi toda la región urbanizada y partes de todos los corregimientos excepto el 2 (Cauca). Se observa que el riesgo se incrementa considerablemente durante el periodo analizado debido a la amenaza proyectada. A través del Mapa 9 de las zonas más críticas (hotspots) en cuanto a riesgo de movimientos en masa, se observa que ellas se concentran más en la zona urbana en todo el periodo analizado.

4.3.2 // MAPAS

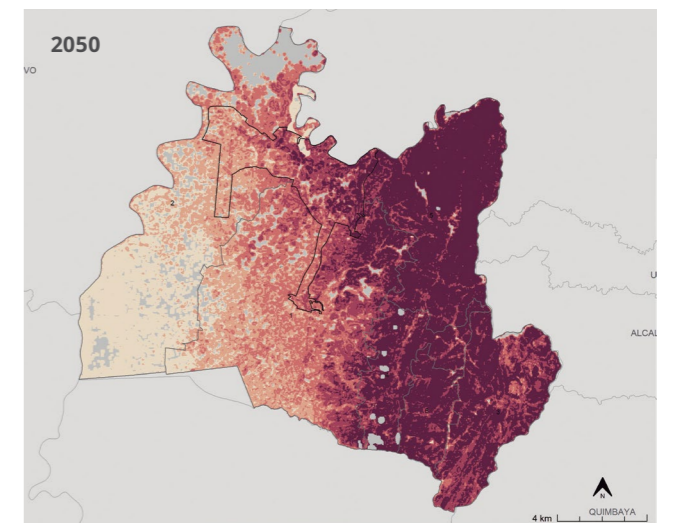
ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CARTAGO

AMENAZA DE MOVIMIENTOS EN MASA



ID ZONA	RIESGO
1 ZARAGOZA	1. MUY BAJA
2 CAUCA	2. BAJA
3 COLORADAS	3. MEDIA
4 MODIN	4. ALTA
5 PIEDRA DE MOLER	5. MUY ALTA
6 LA GRECIA	N/A*
	— URBANO
	— RURAL

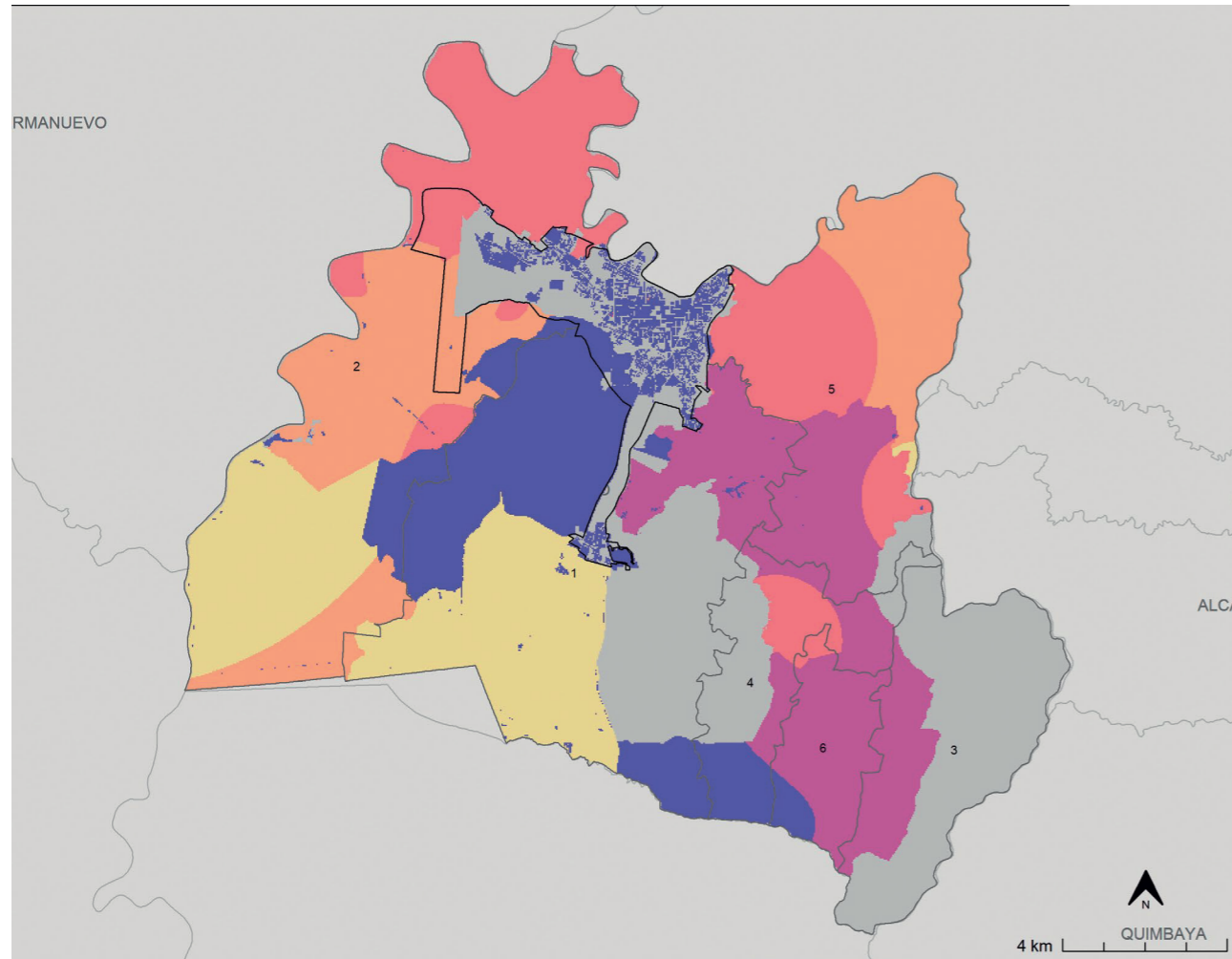
* N/A se refiere a no disponibilidad, aplicabilidad o falta de datos, exposición, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, etc.



Mapa 7 - Amenaza de movimientos en masa en el municipio de Cartago

ÍNDICE DE RESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CARTAGO

VULNERABILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA



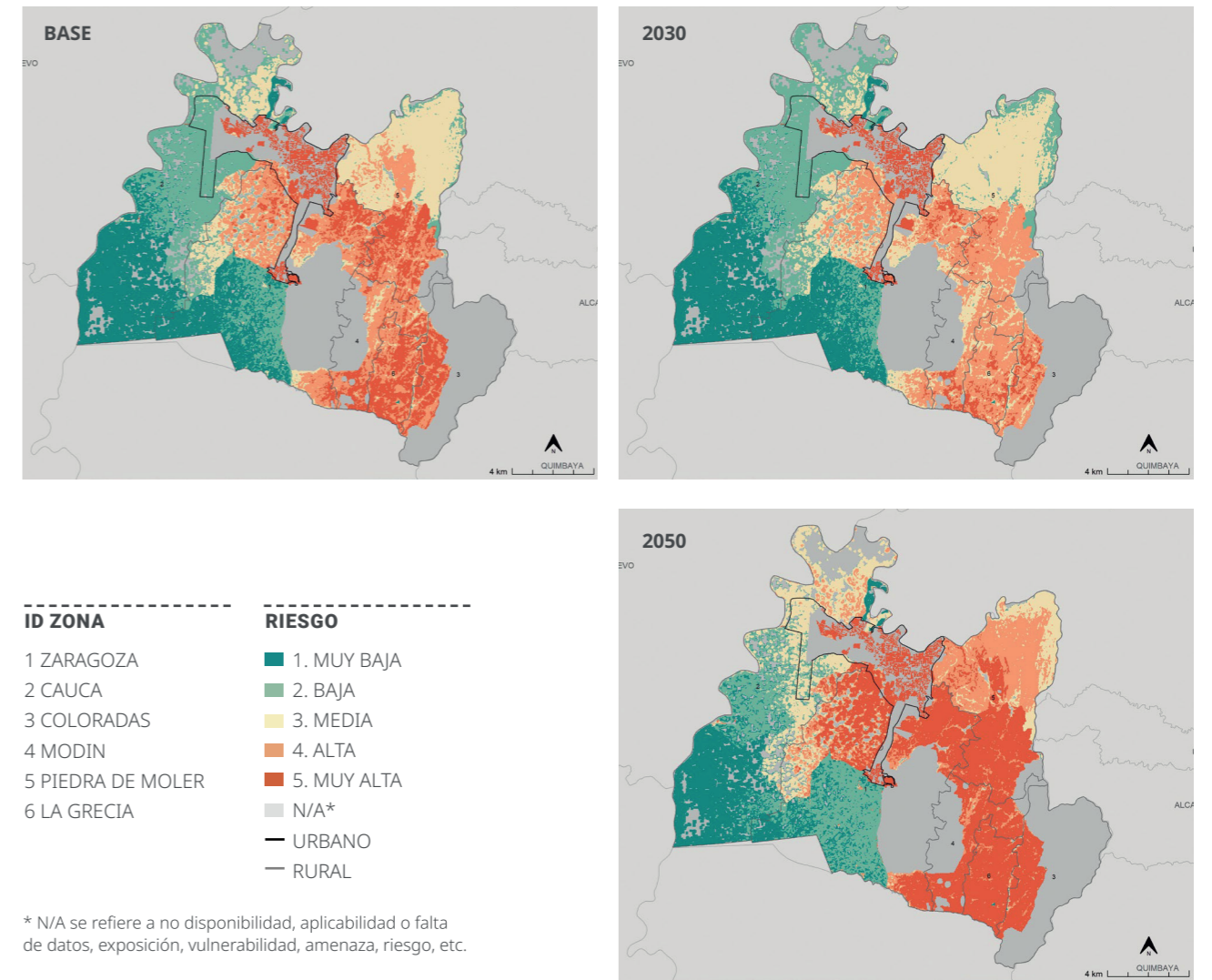
Mapa 8 - Vulnerabilidad a los movimientos en masa en el municipio de Cartago

ID ZONA	VULNERABILIDAD
1 ZARAGOZA	1. MUY BAJA
2 CAUCA	2. BAJA
3 COLORADAS	3. MEDIA
4 MODIN	4. ALTA
5 PIEDRA DE MOLER	5. MUY ALTA
6 LA GRECIA	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 CARTAGO

RIESGO - MOVIMIENTOS EN MASA

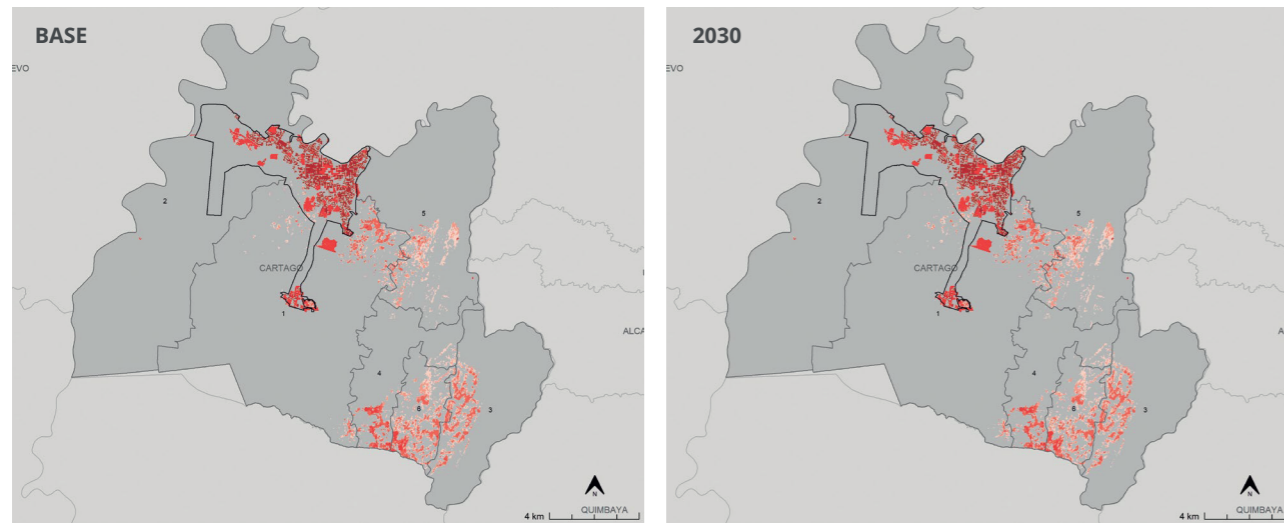


* N/A se refiere a no disponibilidad, aplicabilidad o falta de datos, exposición, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, etc.

Mapa 9 - Riesgo de movimientos en masa en el municipio de Cartago

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CARTAGO

RIESGO CRÍTICO MOVIMIENTOS EN MASA



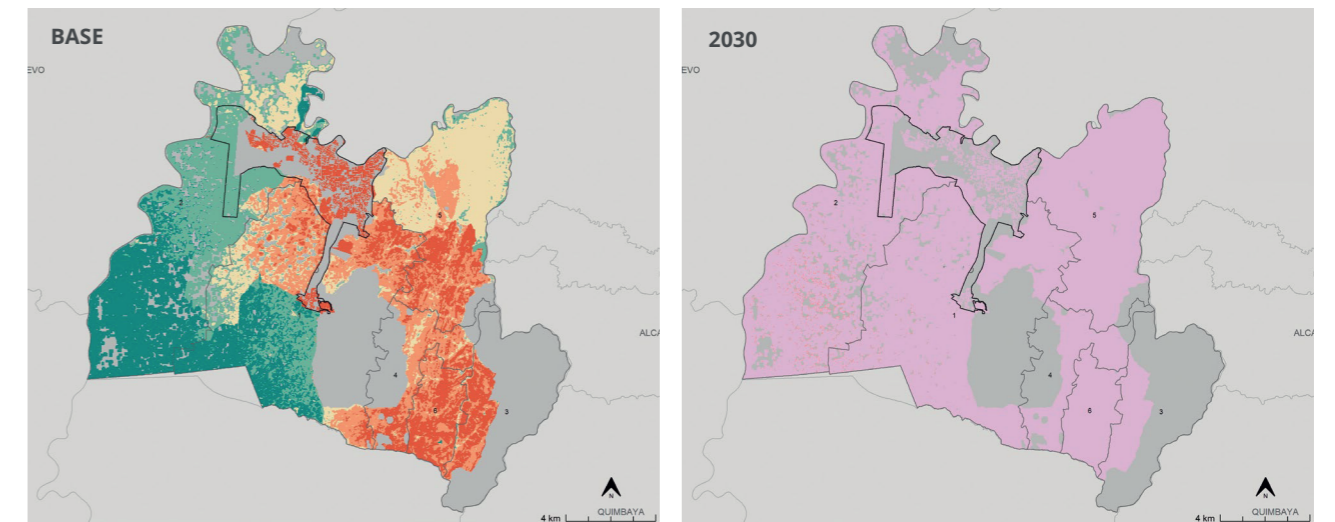
ID ZONA	RIESGO CRÍTICO
1 ZARAGOZA	MAYOR AL 90°
2 CAUCA	MAYOR AL 92°
3 COLORADAS	MAYOR AL 94°
4 MODIN	MAYOR AL 96°
5 PIEDRA DE MOLER	MAYOR AL 98°
6 LA GRECIA	N/A*
	— URBANO
	— RURAL

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

Mapa 10 – Riesgo crítico de movimientos en masa en el municipio de Cartago

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO DE CARTAGO

VARIACIÓN DEL RIESGO - MOVIMIENTOS EN MASA



ID ZONA	RIESGO
1 ZARAGOZA	1. MUY BAJA
2 CAUCA	2. BAJA
3 COLORADAS	3. MEDIA
4 MODIN	4. ALTA
5 PIEDRA DE MOLER	5. MUY ALTA
6 LA GRECIA	N/A*
	— URBANO
	— RURAL

VARIACIÓN DEL RIESGO
-30%
-20%
-10%
+10%
+20%
+30%
— N/D
— URBANO
□ RURAL

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

Mapa 11 – Variación del riesgo de movimientos en masa en el municipio de Cartago

4.4 // OLAS DE CALOR

4.4.1 // SÍNTESIS

A través del Mapa 12 se observa que la amenaza de olas de calor aumenta considerablemente a lo largo del período analizado, principalmente en la parte occidental del municipio de Cartago. El comportamiento de la amenaza de calor para el municipio, a lo largo de los años, se puede entender analizando las variables de los extremos climáticos que intervienen en el cálculo de la amenaza de calor (Gráfico 9 y 10). Cabe señalar que la barra marrón del gráfico indica el año actual (2021).

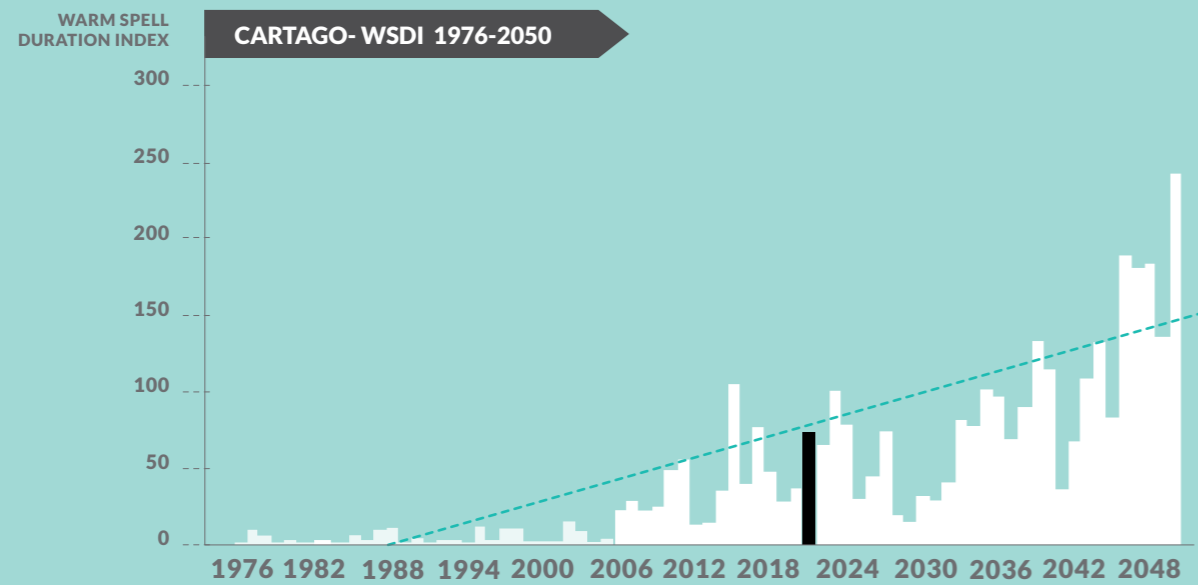


Gráfico 9 - Representa el número máximo de días consecutivos en el año en que la temperatura máxima superó el percentil 90, considerando 30° C el número de días en el año en que la temperatura máxima alcanzó este umbral. La línea de tendencia (en negro punteado) indica un aumento en el período analizado.

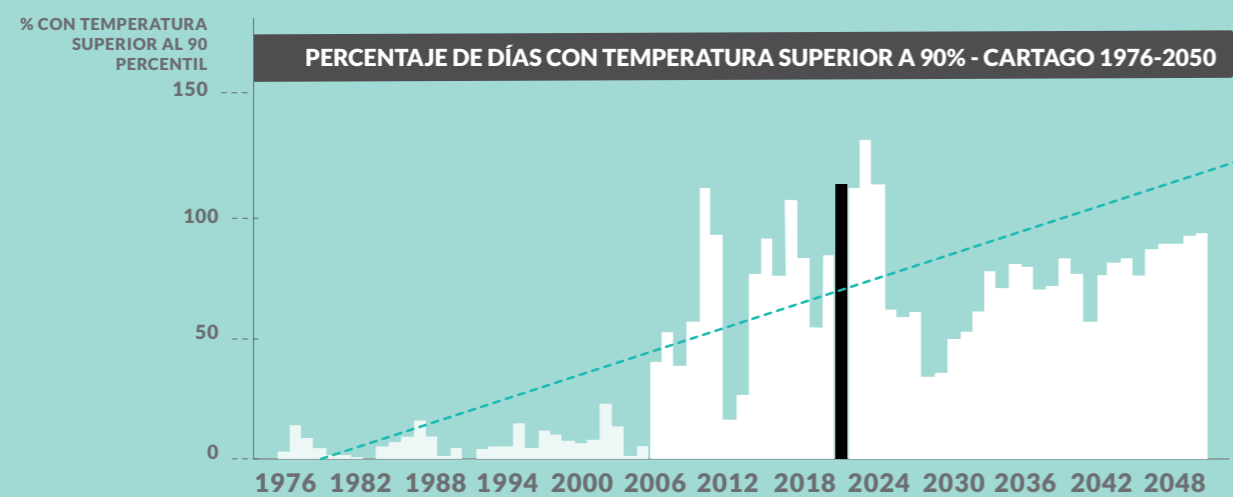


Gráfico 10 - Representa un porcentaje anual de días en los que la temperatura máxima superó el percentil 90, no necesariamente consecutivos. La línea de tendencia (en negro punteado) indica el aumento en el período analizado.

Se observa que las dos variables consideradas en el cálculo de la amenaza de olas 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 un aumento significativo.

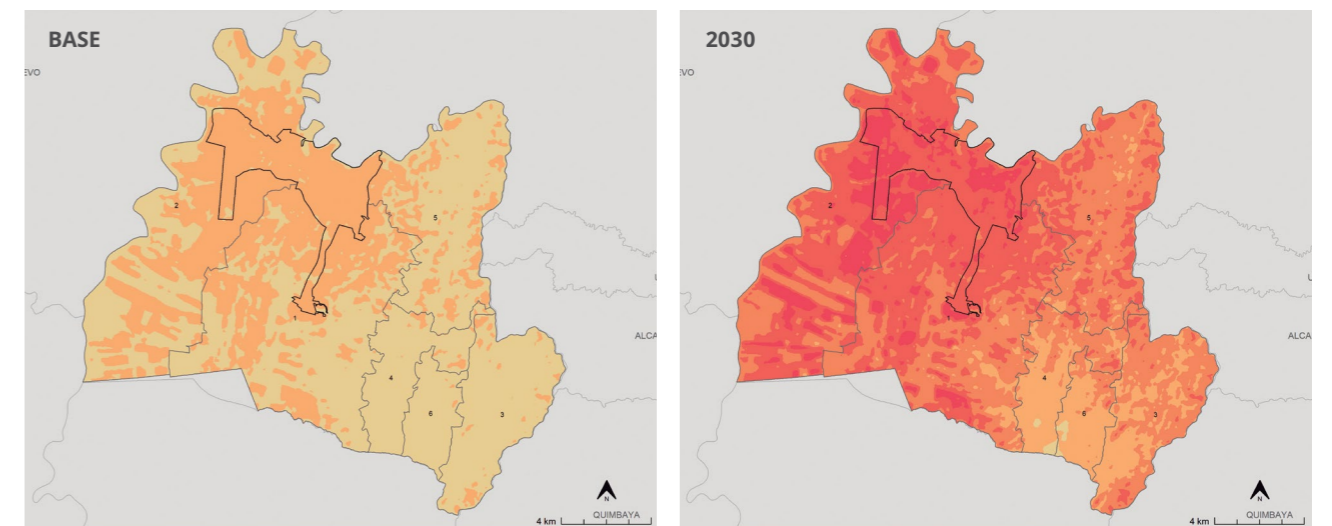
El Mapa 13 muestra la vulnerabilidad de la población de Cartago ante la amenaza de las olas de calor. Se observa que las zonas de mayor vulnerabilidad clasificadas como "muy altas" se concentran en la parte suroeste del municipio de Cartago principalmente en los corregimientos 3 (Coloradas) y 6 (La Grecia). Este resultado tiene su origen en la combinación de las variables de sensibilidad y capacidad de adaptación utilizadas: densidad habitacional, acceso a los sistemas de salud, población sensible, índice de pobreza multidimensional, áreas verdes y tasa de suministro de agua.

El riesgo de olas de calor atraviesa la mayor parte del municipio de Cartago, y aumenta considerablemente a lo largo del período analizado debido a la amenaza proyectada (Mapa 12). 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 las zonas más críticas se concentran más en el área urbana de Cartago y en el corregimiento 5 (Piedra de Moler) dada la cantidad de hotspots que estos abarcan.

4.3.2 // MAPAS

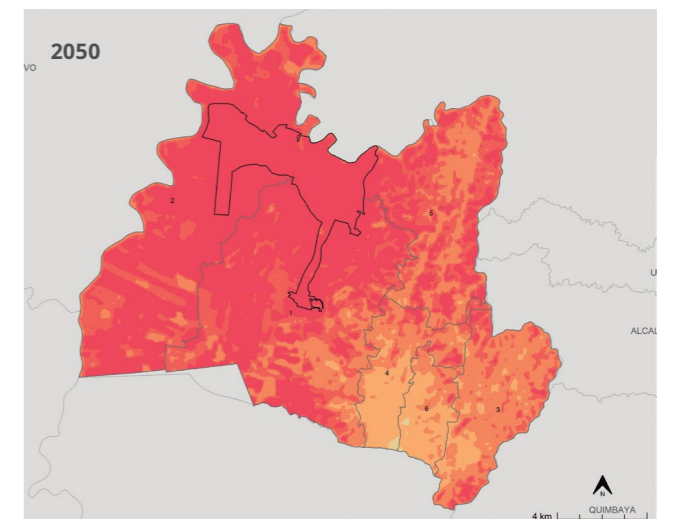
ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CARTAGO

AMENAZA DE OLAS DE CALOR



ID ZONA	RIESGO
1 ZARAGOZA	1. MUY BAJA
2 CAUCA	2. BAJA
3 COLORADAS	3. MEDIA
4 MODIN	4. ALTA
5 PIEDRA DE MOLER	5. MUY ALTA
6 LA GRECIA	N/A*
	URBANO
	RURAL

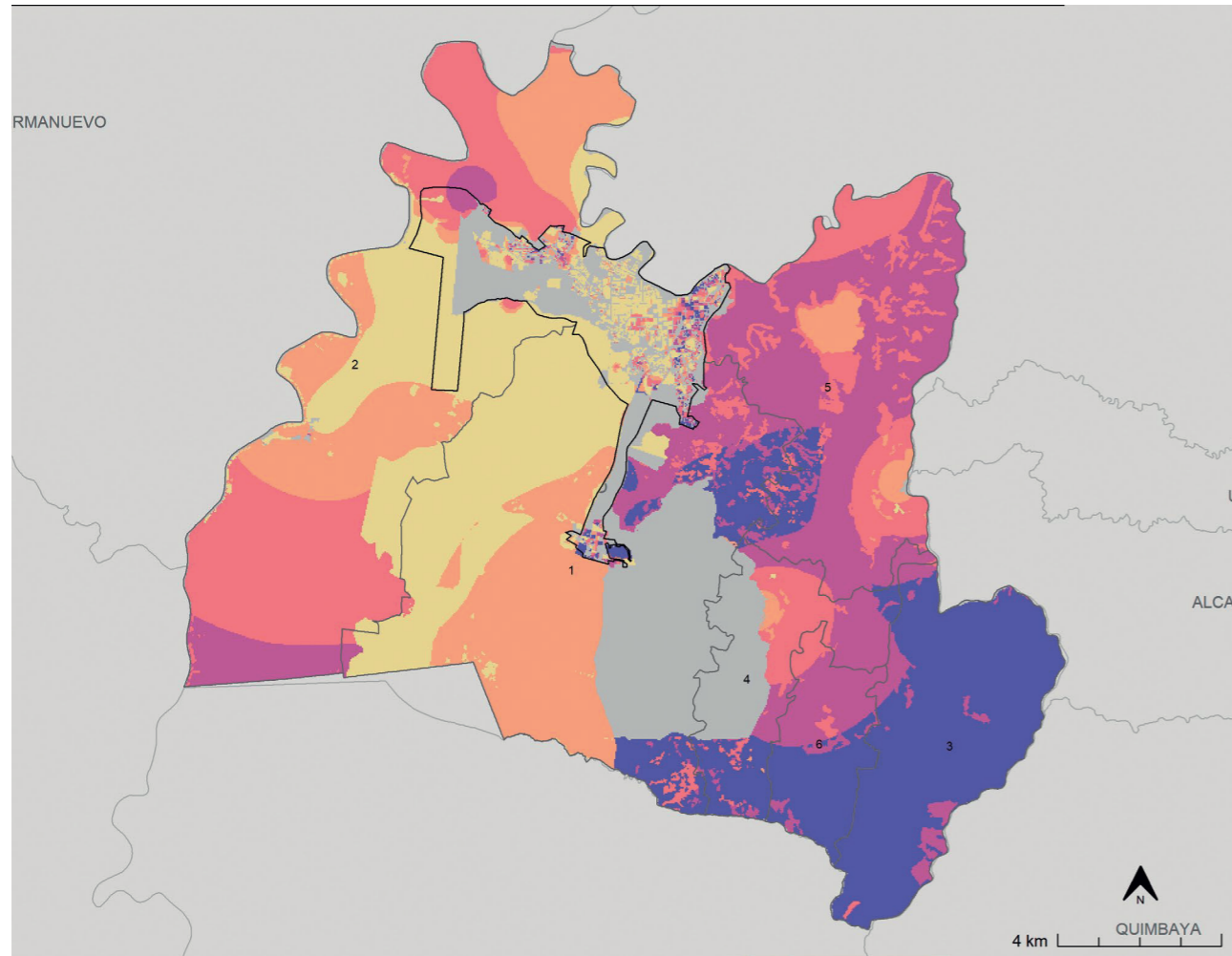
* N/A se refiere a no disponibilidad, aplicabilidad o falta de datos, exposición, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, etc.



Mapa 12 - Amenaza de olas de calor en el municipio de Cartago

ÍNDICE DE RESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CARTAGO

VULNERABILIDAD OLA DE CALOR



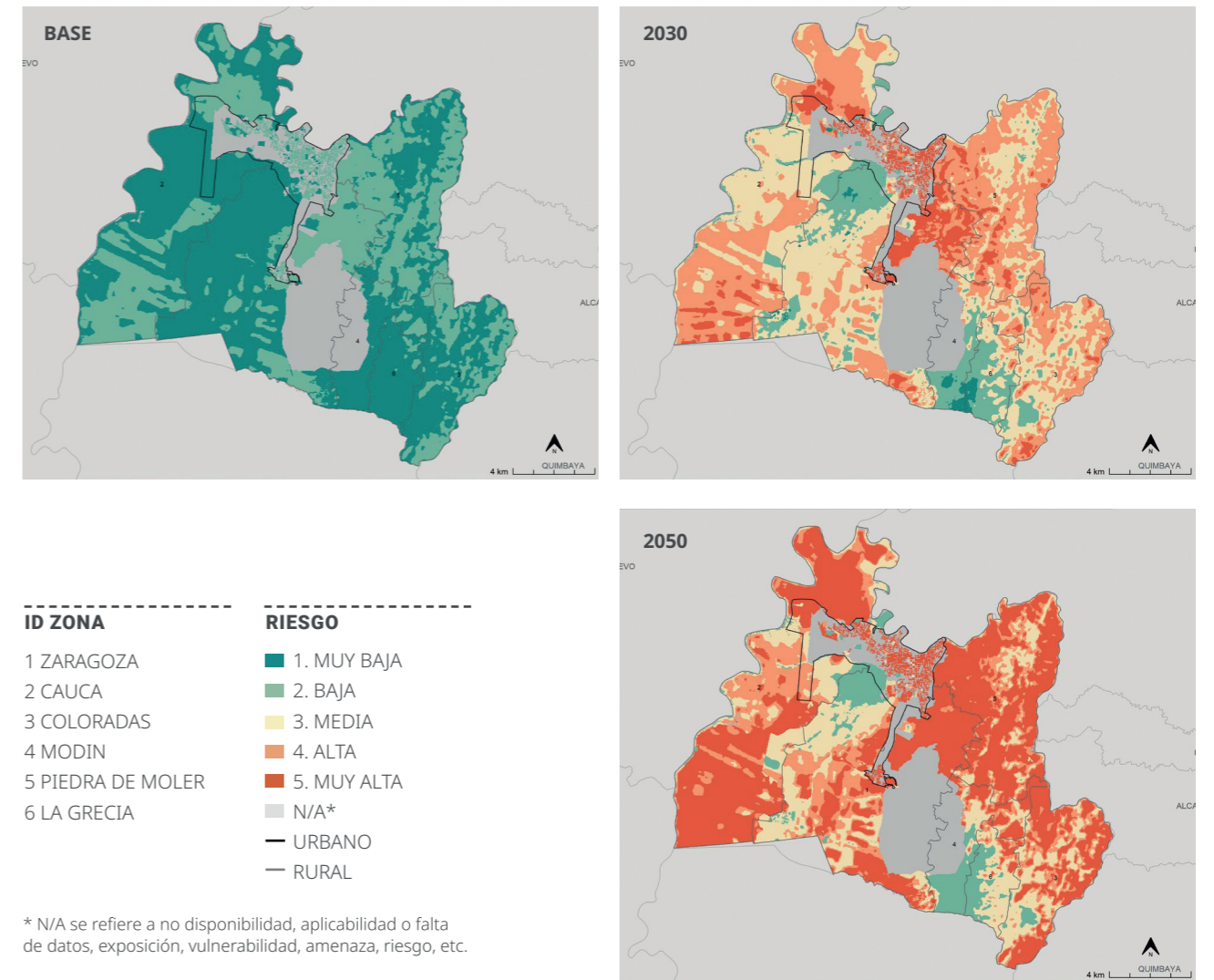
Mapa 13 - Vulnerabilidad a las olas de calor en el municipio de Cartago

ID ZONA	VULNERABILIDAD
1 ZARAGOZA	1. MUY BAJA
2 CAUCA	2. BAJA
3 COLORADAS	3. MEDIA
4 MODIN	4. ALTA
5 PIEDRA DE MOLER	5. MUY ALTA
6 LA GRECIA	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 CARTAGO

RIESGO - OLAS DE CALOR



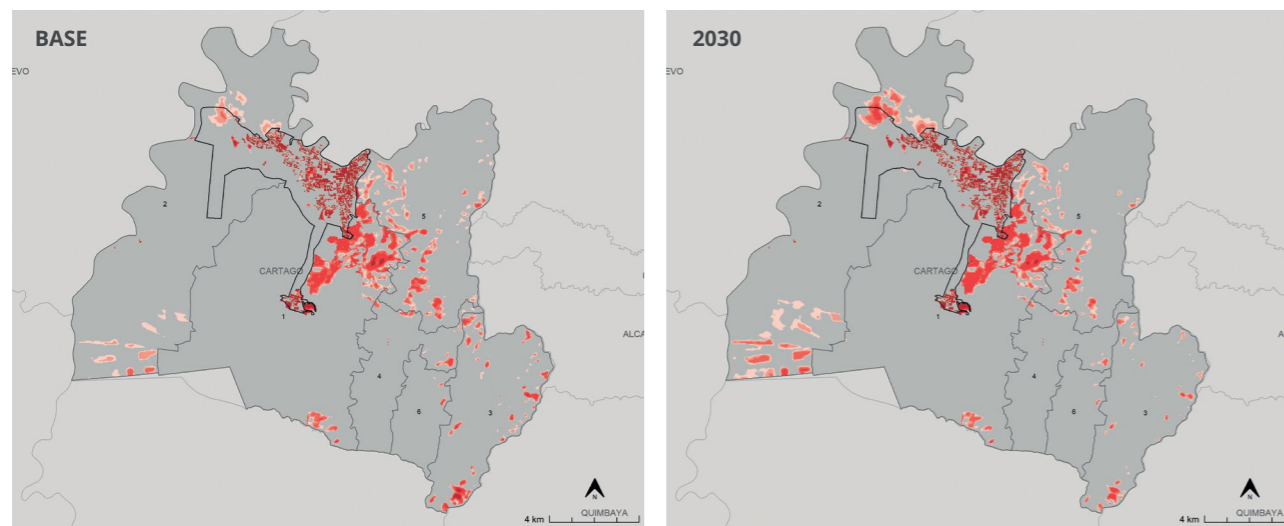
ID ZONA	RIESGO
1 ZARAGOZA	1. MUY BAJA
2 CAUCA	2. BAJA
3 COLORADAS	3. MEDIA
4 MODIN	4. ALTA
5 PIEDRA DE MOLER	5. MUY ALTA
6 LA GRECIA	N/A*
	— URBANO
	— RURAL

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

Mapa 14 - Riesgo de olas de calor en el municipio de Cartago

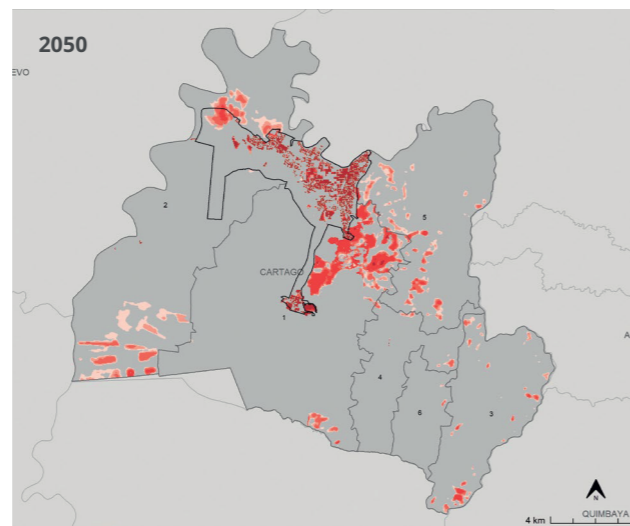
ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CARTAGO

RIESGO CRÍTICO- OLAS DE CALOR



ID ZONA	RIESGO CRÍTICO
1 ZARAGOZA	MAYOR AL 90°
2 CAUCA	MAYOR AL 92°
3 COLORADAS	MAYOR AL 94°
4 MODIN	MAYOR AL 96°
5 PIEDRA DE MOLER	MAYOR AL 98°
6 LA GRECIA	N/A*
	— URBANO
	— RURAL

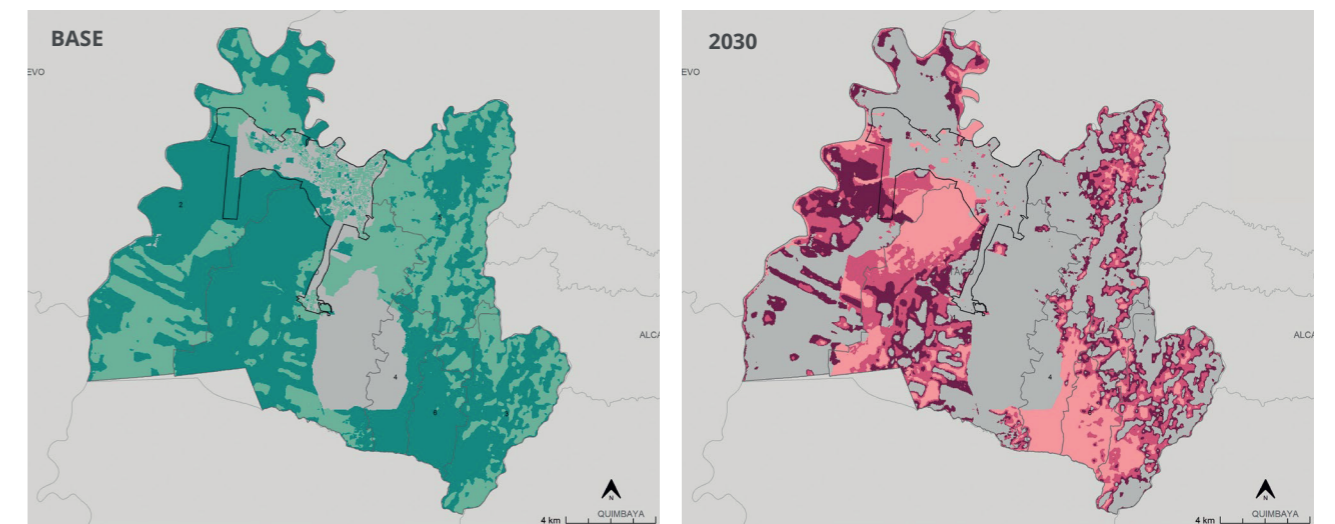
* N/A se refiere a no disponibilidad, aplicabilidad o falta de datos, exposición, vulnerabilidad, amenaza, riesgo, etc.



Mapa 15 - Riesgo crítico a las olas de calor en el municipio de Cartago

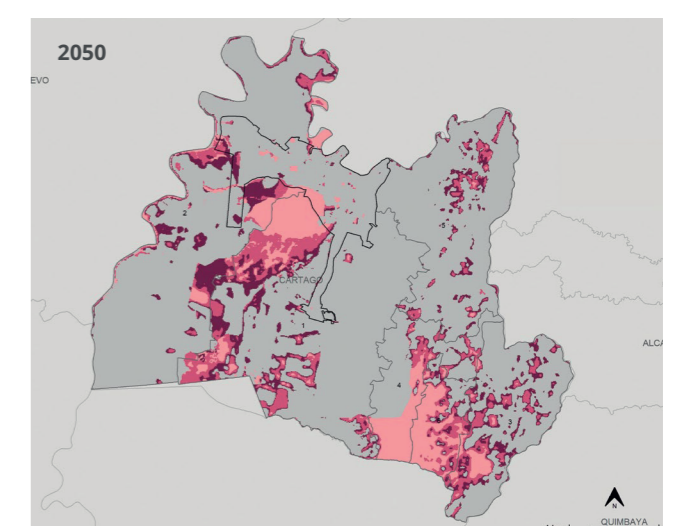
ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO DE CARTAGO

VARIACIÓN DEL RIESGO - OLAS DE CALOR



ID ZONA	RIESGO
1 ZARAGOZA	1. MUY BAJA
2 CAUCA	2. BAJA
3 COLORADAS	3. MEDIA
4 MODIN	4. ALTA
5 PIEDRA DE MOLER	5. MUY ALTA
6 LA GRECIA	N/A*
	— URBANO
	— RURAL

VARIACIÓN DEL RIESGO	
■	-30%
■	-20%
■	-10%
■	+10%
■	+20%
■	+30%
—	N/D
—	URBANO
□	RURAL



Mapa 16 - Variación del riesgo a las olas de calor en el municipio de Cartago

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

4.5 // PROLIFERACIÓN

4.5.1 // SINTESIS

Previo a la presentación de los resultados, es importante aclarar que en el análisis realizado, el clima fue tratado como un factor condicionante para la ocurrencia del vector y la posibilidad de generar focos de acumulación de agua los cuales son lugares propicios para la proliferación de los mosquitos que transmiten la enfermedad del dengue. Evitar dichas acumulaciones de agua es la mejor manera de evitar la propagación del vector.

La amenaza de proliferación de mosquitos es más pronunciada donde las condiciones climáticas son más favorables para ello, siendo estas encontradas más al norte de Cartago. En el período analizado vemos un gran aumento de la amenaza. Este comportamiento se puede entender analizando las variables de extremos climáticos que intervienen en el cálculo de la amenaza (Gráficos 11, 12 y 13). Cabe señalar que la barra marrón del gráfico indica el año actual (2021).

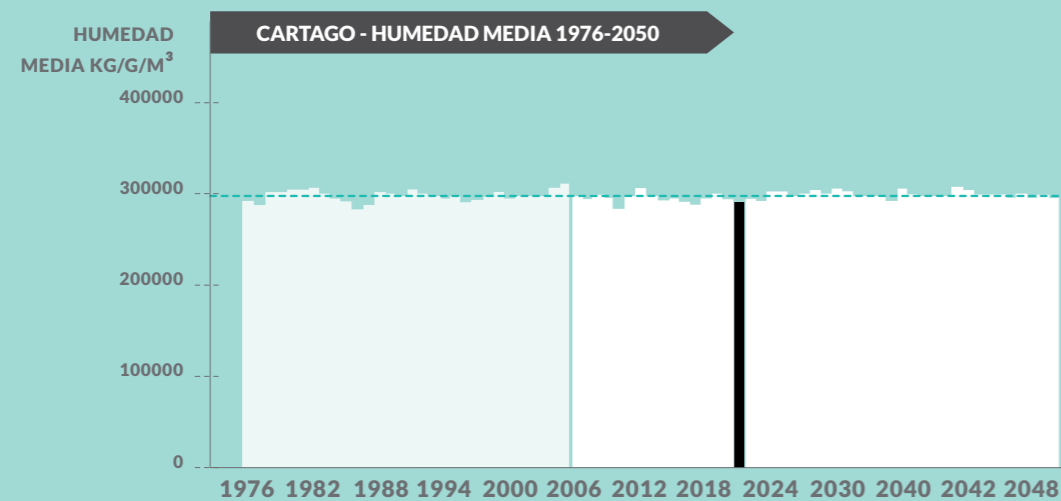


Gráfico 11 - Representa la evolución de la humedad relativa media anual proyectada por el modelo climático regional RCA4 forzado por el modelo global HadGEM2-ES del experimento CORDEX para el escenario RCP8.5. La línea de tendencia (En azul punteado) indica la constancia en el periodo analizado

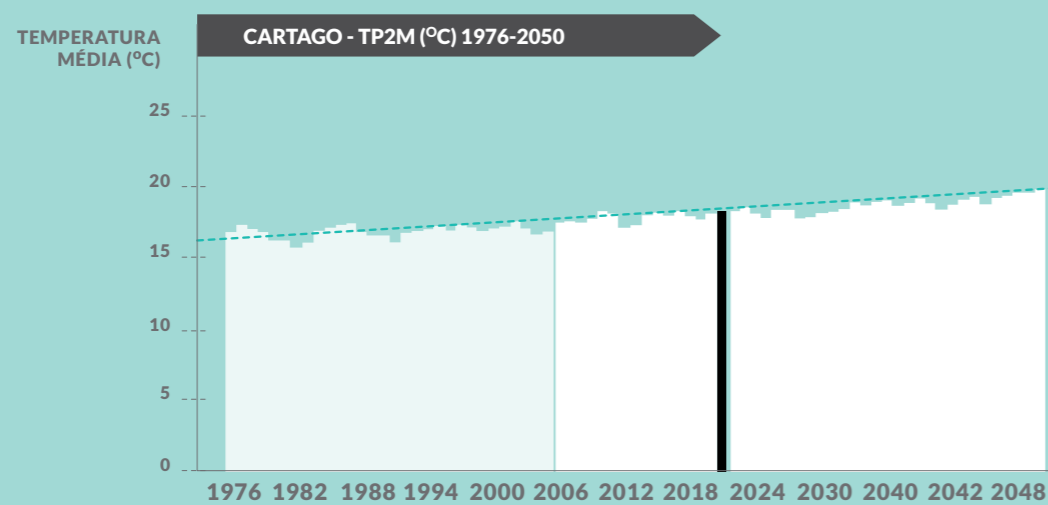


Gráfico 12 - Representa la evolución de la temperatura media anual proyectada por el modelo climático regional RCA4 forzado por el modelo global HadGEM2-ES del experimento CORDEX para el escenario RCP8.5. La línea de tendencia (En azul punteado) indica el aumento en el periodo analizado

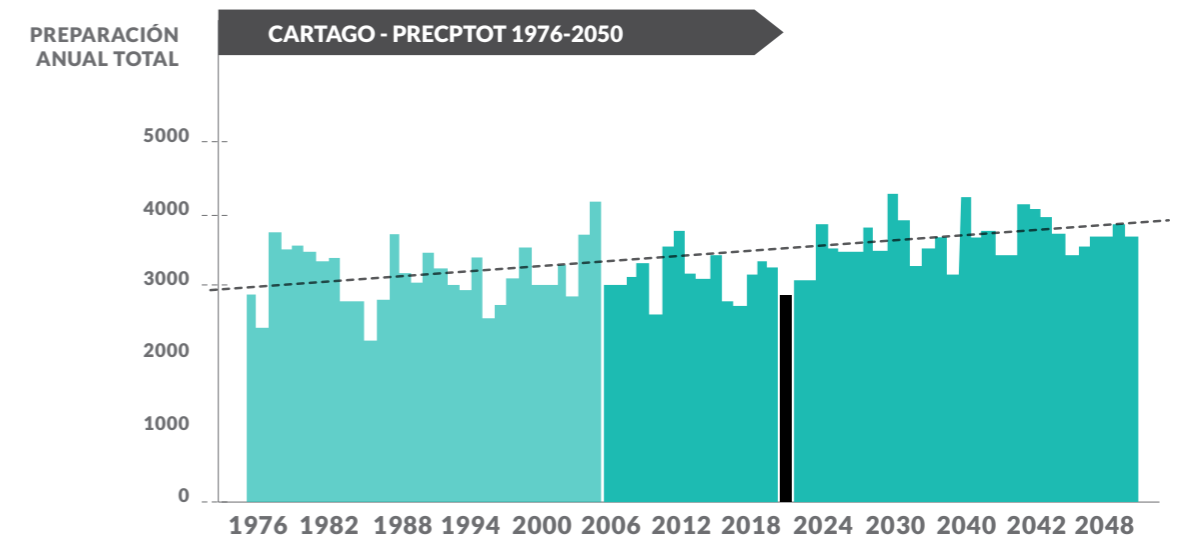


Gráfico 13 - Representa la evolución de la precipitación anual total proyectada por el modelo climático regional RCA4 forzado por el modelo global HadGEM2-ES del experimento CORDEX para el escenario RCP8.5. La línea de tendencia (en negro punteado) indica el aumento en el periodo analizado

Se observa que las variables que más contribuyen al aumento de la amenaza de proliferación del mosquito *Aedes aegypti* en el municipio de Cartago son TP2M (temperatura media anual) y PRCPTOT (precipitación total anual). La variable HR2M que representa la humedad relativa anual se mantuvo constante durante el periodo analizado.

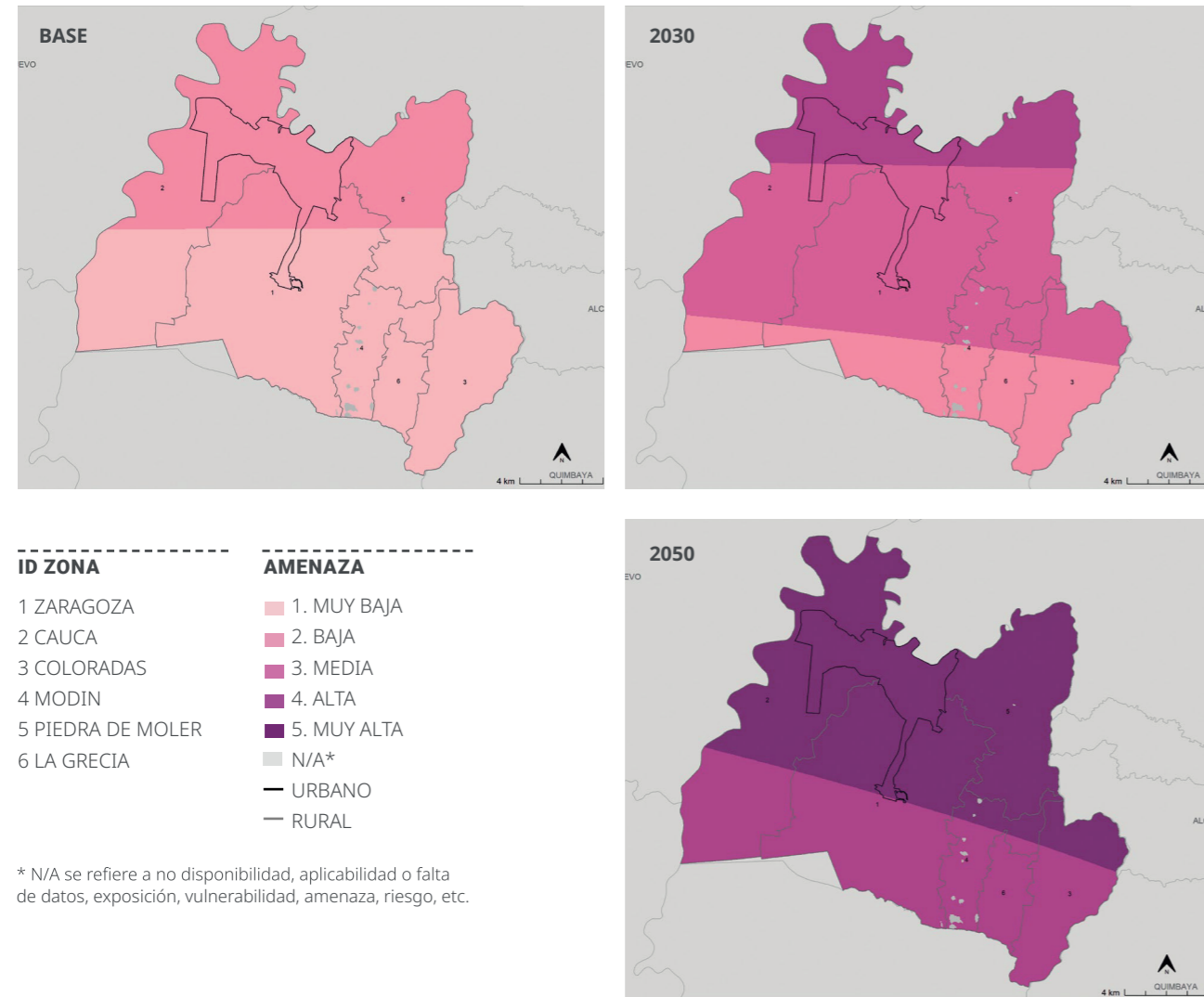
El Mapa 18 muestra la vulnerabilidad de la población de Cartago ante los riesgos de proliferación del mosquito *Aedes aegypti*. Las zonas más vulnerables, clasificadas como "muy altas", se concentran principalmente en el corregimiento 6 (La Grecia) y en la parte sur del corregimiento 5 (Coloradas). En el área urbana, a pesar de no tener muchos sitios clasificados como de "muy alta" vulnerabilidad, se puede observar que los que existen tienden a estar ubicados más al este. Dicho resultado se debe a la combinación de variables de sensibilidad y capacidad de adaptación utilizadas: densidad habitacional, población sensible, índice de pobreza multidimensional, acceso a los sistemas de salud y tasa de agotamiento.

En el Mapa 19 se observa que el riesgo de proliferación del mosquito *Aedes aegypti* aumenta considerablemente durante el periodo analizado debido a la amenaza proyectada. También se observa que las zonas clasificadas como de riesgo "muy alto" se están dispersando y aumentando en todo el municipio. Para el período proyectado de 2050, toda el área del corregimiento 6 estará en alto riesgo de proliferación de vectores. El Mapa 20 de las zonas más críticas (hotspots), en cuanto a la proliferación de vectores, indica que las zonas más críticas se concentran en el área urbana de Cartago, en la parte noreste del corregimiento 1 (Zaragoza) y en la parte suroeste del corregimiento 5 (Piedra de Moler) dada la cantidad de hotspots que estos abarcan.

4.5.2 // MAPAS

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CARTAGO

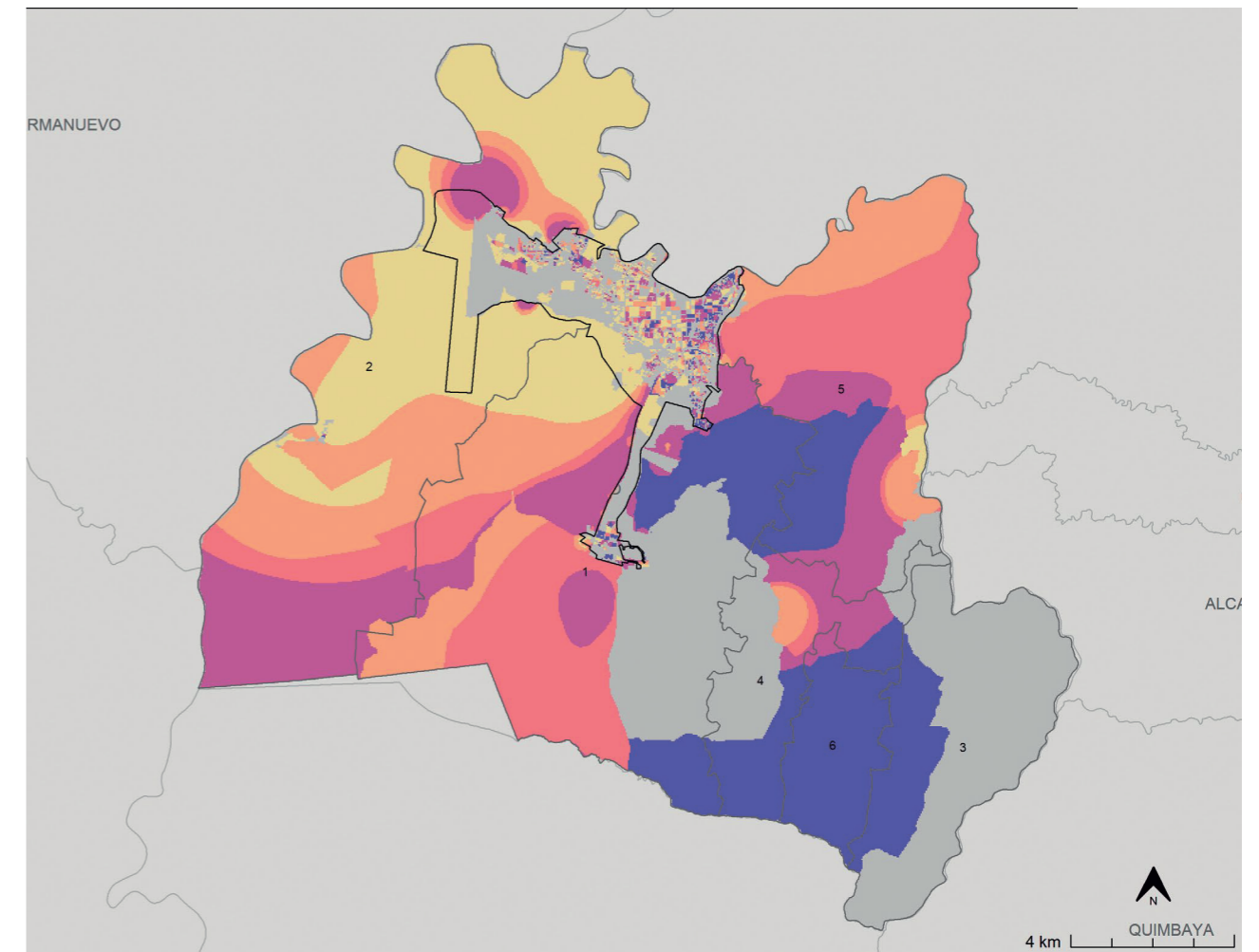
RIESGO CRÍTICO- OLAS DE CALOR



Mapa 17 - Amenaza de la proliferación del mosquito *Aedes aegypti* en el municipio de Cartago

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CARTAGO

VULNERABILIDAD PARA LA PROLIFERACIÓN (*Aedes aegypti*)



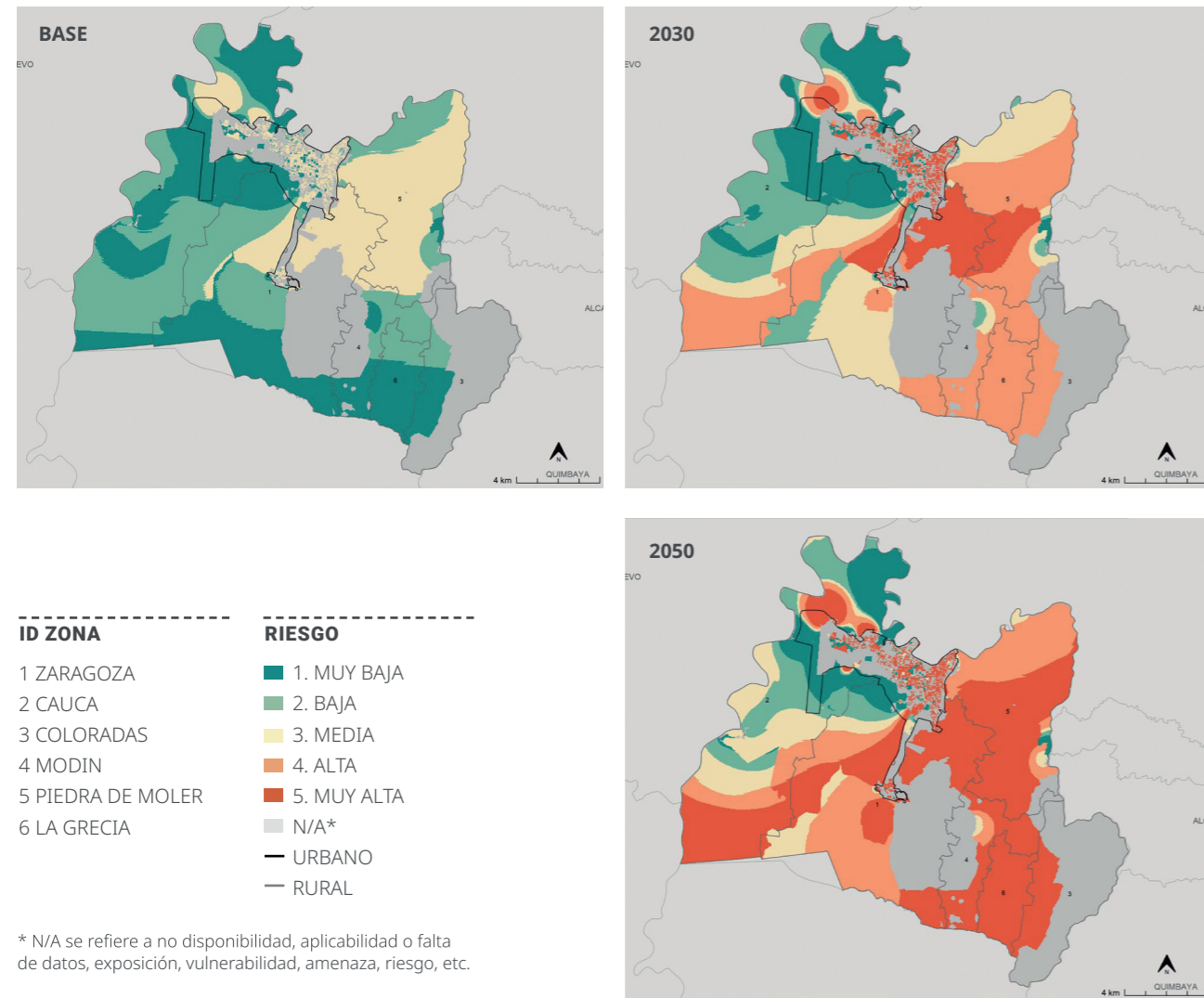
Mapa 18 - Vulnerabilidad a la proliferación del mosquito *Aedes aegypti* en el municipio de



* 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 CARTAGO

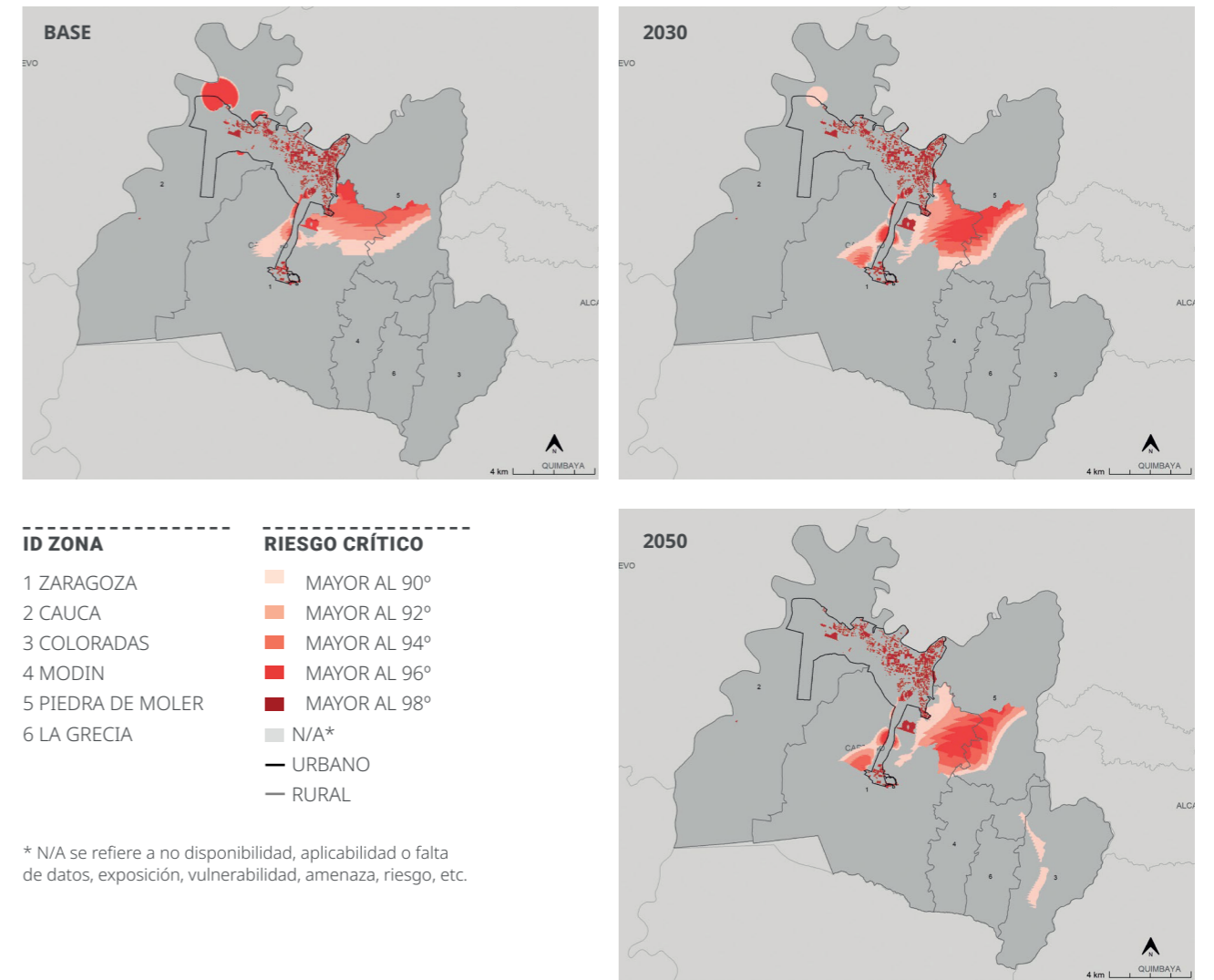
RIESGO - PROLIFERACIÓN (*Aedes aegypti*)



Mapa 19 - Riesgo de proliferación del mosquito *Aedes aegypti* en el municipio de Cartago

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CARTAGO

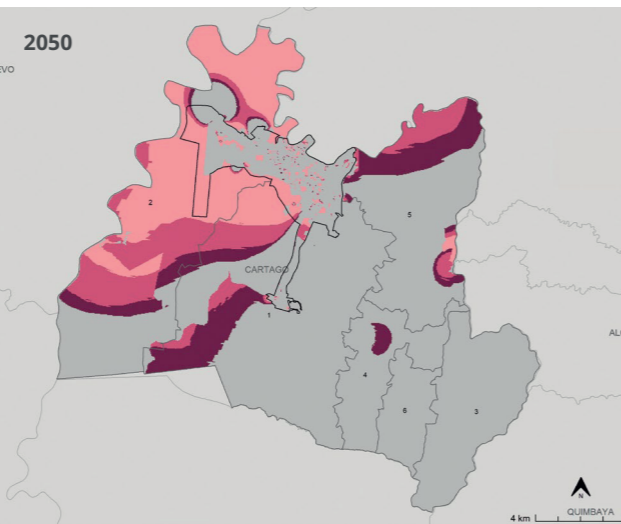
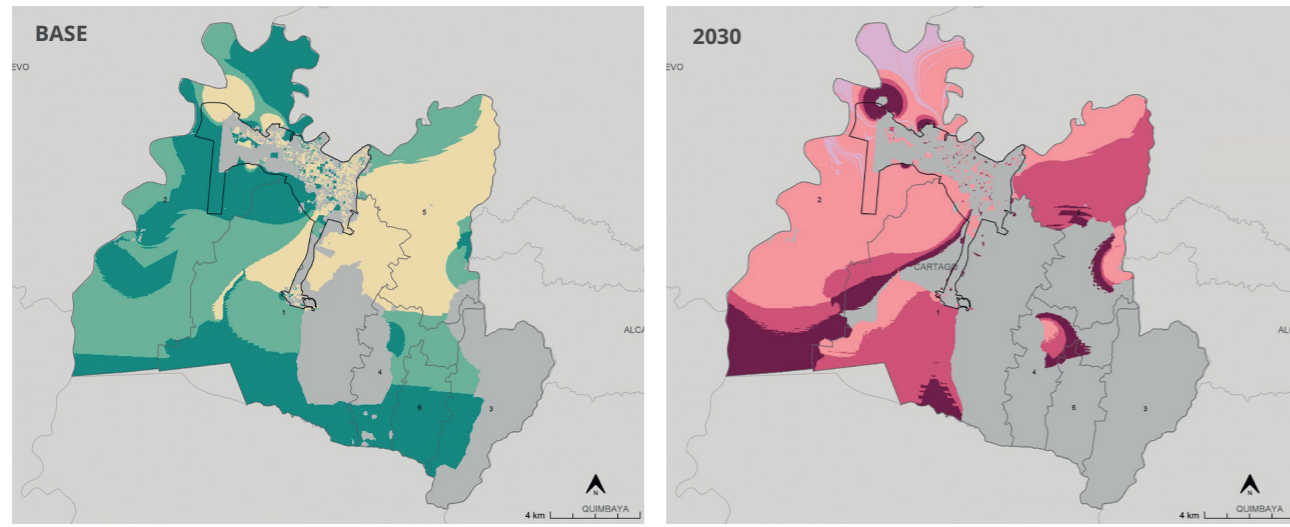
RIESGO CRÍTICO- PROLIFERACIÓN (*Aedes aegypti*)



Mapa 20 - Riesgo crítico de proliferación del mosquito *Aedes aegypti* en el municipio de Cartago

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO DE CARTAGO

VARIACIÓN DEL RIESGO - PROLIFERACIÓN (*Aedes Aegypti*)



Mapa 21 - Variación del riesgo de proliferación del mosquito *Aedes aegypti* en el municipio de Cartago

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

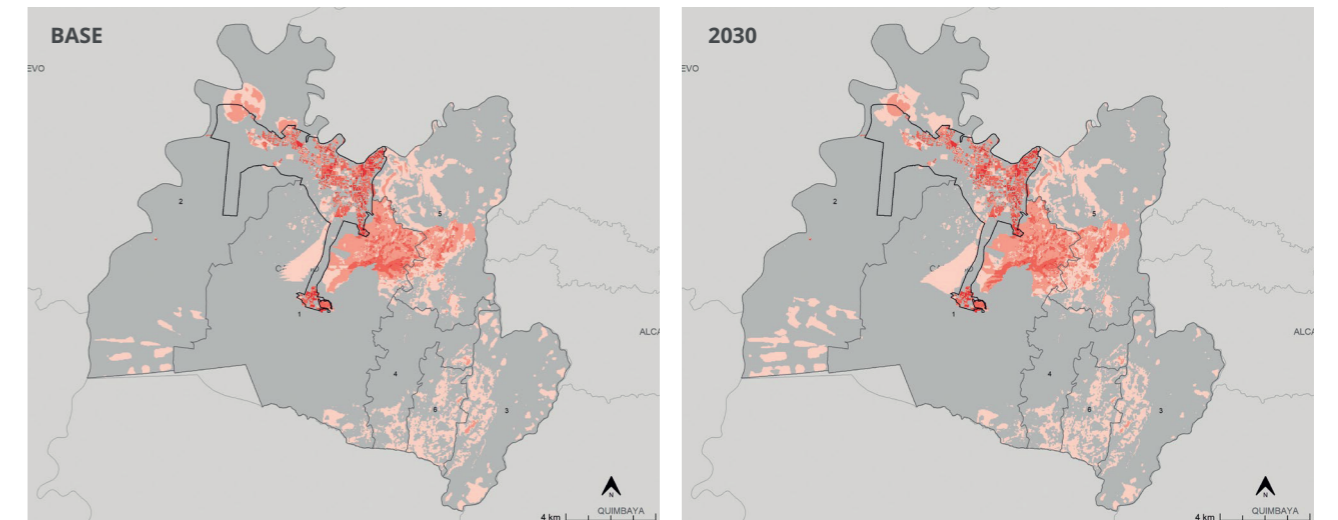
4.6 // RIESGO COMPUESTO

El análisis de riesgo compuesto permite conocer qué zonas del Municipio de Cartago están expuestas a los riesgos analizados concomitantemente. En otros términos, algunas zonas, además de sufrir riesgos de inundación pueden soportar al mismo tiempo olas de calor, desprendimientos de tierra y proliferación de vectores. Estas áreas deben ser priorizadas para implementar las medidas de adaptación. Es importante plantear medidas que generen beneficios para mitigar múltiples riesgos asociados al cambio climático.

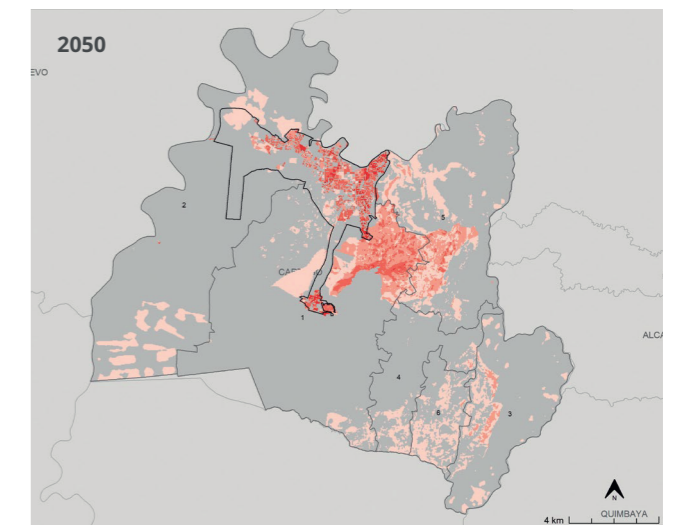
El Mapa 22 muestra el riesgo compuesto en el territorio de Cartago. A través de este mapa se puede observar que la zona urbana es la más susceptible a los riesgos asociados al cambio climático presentados anteriormente. En cuanto a los corregimientos, se observa que el corregimiento 1 (Zaragoza) es el que experimenta y experimentará los riesgos relacionados con las 4 amenazas analizadas.

ÍNDICE DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CARTAGO

RIESGO COMPUESTO



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



Mapa 22 - Riesgo crítico compuesto

// 05 COMPRENSIÓN DE LA ADAPTACIÓN

La estabilización de la temperatura media global en superficie no supondrá el equilibrio de todos los aspectos del sistema climático, ya que cada aspecto (cambio en los biomas, temperatura de los océanos, capas de hielo, reabsorción del carbono del suelo) tiene un tiempo para alcanzar la estabilidad. En este sentido, el cambio climático podría tener efecto durante cientos o miles de años si se consigue estabilizar la temperatura global de la superficie (IPCC, 2014). Partiendo de esta afirmación, tanto las acciones de mitigación como las de adaptación son esenciales para afrontar el cambio climático.

La adaptación se define como un proceso de ajuste de los sistemas humanos y naturales al clima actual, futuro y a sus efectos, teniendo en cuenta que el cambio climático es real y creciente. En los sistemas humanos, la adaptación busca moderar o evitar los daños, así como potencializar las oportunidades. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el proceso de ajuste al clima futuro y sus efectos (IPCC, 2014).

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. Según Noble e Huq (2014), la identificación de las necesidades derivadas de los riesgos y vulnerabilidades climáticas proporciona una base para seleccionar las medidas de adaptación más eficaces. 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

Diques y estructuras de protección del litoral; diques y tallas 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; irigo 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 mejora de la comunidad y desarrollo participativo de escenario.

COMPORTAMIENTO

Vivientda; preparaci ón de los hogares y planificación de la evacuación; conservación del suelo y el agua; diversificación 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)

Figura 7 - Tipos y ejemplos de medidas de adaptación
Fuente: Adaptado de (IPCC, 2014)

5.1 // ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN

Según el IPCC, (2014), la mitigación se refiere a las acciones de intervención humana para reducir las fuentes o aumentar los sumideros¹⁰ 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 a esta problemática global. La aplicación efectiva de estas acciones depende de las políticas y la articulación de todos los actores. Estas pueden mejorarse mediante acciones 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 como por ejemplo al proporcionar aire acondicionado en algunos entornos que están sufriendo el aumento de las temperaturas. 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) :

- Es decir, acciones de mitigación que aumentan el riesgo asociado al cambio climático o acciones de adaptación que aumentan las emisiones.

MALA INVERSIÓN

- Acciones que pueden deshacerse o perder eficacia por los efectos del cambio climático si no son suficientemente resilientes.

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.

5.2 // MALA ADAPTACIÓN (MALADAPTATION)

A la hora de decidir qué medidas de adaptación aplicar, hay que tener en cuenta la inadaptación. La mala adaptación 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 afectaban los recursos, limitaban las opciones futuras, aumentaban la vulnerabilidad de la población y trasladaban la responsabilidad de encontrar soluciones a las próximas generaciones (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.

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

5.3 // MEDIDAS DE ADAPTACIÓN PARA CARTAGO

El proceso de mapeo de medidas de adaptación tuvo en cuenta los resultados del análisis de riesgo asociado al cambio climático para el municipio de Cartago, buscando identificar posibles acciones que reduzcan los riesgos de inundaciones, olas de calor, movimientos en masa y proliferación de vectores de enfermedades para el municipio. 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 Cartago, así como un análisis documental de las acciones y medidas existentes en el municipio. Se subraya que las acciones de adaptación se refieren a iniciativas físicas, planes, programas o proyectos. Cabe destacar que debido al historial de desastres que ya ha vivido Cartago, el municipio ya ha avanzado 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 44 acciones que se sistematizaron en una lista para el municipio de Cartago (Tabla 6 a 8). Se puede observar 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 ya cuenta con avances en la gestión. En el caso de las medidas existentes o con avances en la gestión se propone 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 que garanticen 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	Existente
2	PROMOCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MUROS Y TECHOS VERDES, ADEMÁS DE JARDINES VERTICALES	Promover la implementación de paredes verdes, muros verdes y jardines verticales en todo el municipio, 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 puede apoyar en la reducción de 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 las mejoras 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 la infraestructura verde.	Inundación	Propuesta
6	IMPLEMENTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS VERDES Y OTRAS MEDIDAS DE DRENAJE DE BAJO IMPACTO	Implementar infraestructuras verdes y naturales para el drenaje, como jardines inundados (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	IMPLEMENTACIÓN 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 las SbN en las obras de recalificación de espacios públicos y equipamiento de sombreado en plazas seleccionadas.	Inundación y Olas de calor	Propuesta
11	AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO	Ampliar la capacidad de recogida y tratamiento de aguas residuales con el fin de mejorar la calidad de las masas de agua, permitiendo mejorar la salud y la calidad del servicio público. Reforzar el enfoque de adaptación a los escenarios futuros que puede influir en los cálculos de las estructuras. Además se deben contemplar medidas de SbN, como los sistemas naturales para el tratamiento de los efluentes, un ejemplo es las zonas de raíces.	Inundación, movimiento en masa y Proliferación de vectores (<i>Aedes aegypti</i>)	Propuesta

ID	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	AMENAZA CLIMÁTICA	CLASIFICACIÓN
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	Aumento de la cobertura arbórea en las zonas con menor índice de zonas verdes Aumentar la cobertura arbórea en las zonas con menor índice de zonas verdes para promover un mayor confort térmico, la calidad del aire, la infiltración del agua en el suelo, mejorando la salud y el bienestar general de la población. Para definir el porcentaje de cobertura vegetal ideal en una región, barrio o ciudad, existen algunos indicadores como el índice de cobertura vegetal por habitante.	Inundación y olas de Calor	Propuesta
14	IMPLEMENTACIÓN 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 6 - Lista de medidas de adaptación estructurales para el municipio de Cartago.				
15	REFUERZO DE LAS MEDIDAS PARA CRECIMIENTO PLANIFICADO DE LA CIUDAD	Reforzar las medidas que promueven el crecimiento planificado de la ciudad, cumpliendo el Plan de Ordenamiento Territorial de 2013, con el fin de evitar los lugares conocidos como más vulnerables a los fenómenos climáticos y a los posibles movimientos en masa e inundaciones, evitando comprometer la seguridad de la población que se asentará en estos nuevos lugares. Las áreas de baja susceptibilidad deben ser priorizadas para la expansión urbana.	Movimiento en masa e inundación	Existente ¹¹
16	IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO Y LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA.	Implementar el programa de conservación de ecosistemas estratégicos para la adaptación al cambio y la variabilidad climática. Su objetivo es reducir los impactos asociados al cambio climático en los ecosistemas prioritarios en el municipio. Entre las acciones emprendidas se encuentran: generar planes de reforestación urbana para la reducción del riesgo por exposición solar; identificación del estado y de la vulnerabilidad de los ecosistemas del municipio; revisión, ajuste e implementación de los planes de manejo de las áreas protegidas integrando modelos de cambio climático.	General	Existente ¹²

11. Fuente: ALCADÍA DE CARTAGO, 2013
12. Fuente: (CVC, 2014)

ID	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	AMENAZA CLIMÁTICA	CLASIFICACIÓN
17	DESARROLLO Y APLICACIÓN DE UN PLAN DE CONTINGENCIA PARA LAS OLAS DE CALOR	Desarrollar e implementar un plan de contingencia sobre olas de calor para preparar a Cartago 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; puesta en marcha de acciones preventivas; preparación del sistema sanitario para hacer frente a los posibles problemas de salud relacionados con los episodios de olas y olas de calor, especialmente en lo que se refiere a grupos vulnerables como los ancianos y los niños, entre otros.	Olas de Calor	Propuesta
18	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, es importante adoptar medidas que permitan la producción agrícola adaptada.	Olas de Calor	Propuesta
19	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 y establecer otras nuevas con el fin de adoptar medidas de adaptación para el municipio de Cartago, como por ejemplo una opción de financiación es el Banco Interamericano de Desarrollo.	General	Propuesta
20	PROMOCIÓN DE PROYECTOS DE FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES PARA LA POBLACIÓN MÁS VULNERABLE ENFOCADA EN 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 seguridad alimentaria familiar.	Inundación, olas de calor y movimiento en masa	Propuesta
21	FOMENTO DE LAS PRÁCTICAS DE SISTEMAS AGROFORESTALES	Fomentar las prácticas de los sistemas agroforestales, ya que estos mitigan los efectos de los fenómenos extremos, modifican las temperaturas, proporcionan sombra, refugio y permiten ampliar las temporadas de cosecha. Además, 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

ID	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	AMENAZA CLIMÁTICA	CLASIFICACIÓN
22	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 climáticos.	Inundación, olas de calor y movimiento en masa	Propuesta
23	EVALUACIÓN DE LAS RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	Evaluación de las rutas de transporte público	Movimiento en masa e inundación	Propuesta
24	DESARROLLO DE ESCENARIOS PARA LA INVESTIGACIÓN, FORMACIÓN DE CAPACIDADES Y/O APROPIACIÓN DE CONOCIMIENTOS EN TORNO A LA GESTIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO	Desarrollar escenarios para la investigación en torno a la gestión y adaptación ante el cambio climático con objetivo de promover acciones de adaptación y mitigación a través de procesos de autogestión basados en los conocimientos y capacidades locales. Entre las acciones emprendidas se encuentran: articulación del municipio con estrategias regionales de adaptación; evaluación financiera para la gestión presupuestal en el desarrollo de procesos y proyectos de adaptación; participación en el Nodo Regional de Cambio Climático (Eje Cafetero); fortalecimiento del CIDEA como eje articulador de la educación sobre cambio climático en el municipio.	General	Existente ¹³
25	PROMOCIÓN DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA LA ADAPTACIÓN A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO	Promover el desarrollo tecnológico para la adaptación a la variabilidad y el cambio climático a partir de acciones como: evaluación de necesidades en investigación y desarrollo de alternativas tecnológicas para la adaptación en Cartago; desarrollo de paquetes tecnológicos apropiados para las necesidades identificadas; evaluación en términos de viabilidad socioeconómica, ambiental y cultural de los desarrollos generados; diseño de estrategias para la transferencia y apropiación social de los desarrollos tecnológicos; generar procesos de inversión para la producción de energías alternativas; desarrollo de tecnologías apropiadas para la reducción del impacto generado por la industria ladrillera.	General	Existente ¹⁴

13. Fuente: (CVC, 2014)

14. Fuente: (CVC, 2014)

ID	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	AMENAZA CLIMÁTICA	CLASIFICACIÓN
26	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. 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 temas relacionados al cambio climático.	General	Propuesta
27	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 población. Los ganadores ejecutarán los proyectos con el acompañamiento del personal técnico del municipio de Cartago y ganarán la financiación total o parcial.	General	Propuesta
28	FOMENTO DE LA GESTIÓN DEL RIESGO PARA LA ADAPTACIÓN, MANEJO O MITIGACIÓN DE RIESGOS RELACIONADOS CON LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO	Fomentar la gestión del riesgo para la adaptación, con objetivo de promover el fomento de la gestión del riesgo para la adaptación, manejo o mitigación de riesgos relacionados con la variabilidad y el cambio climático. Entre las acciones emprendidas se encuentran evaluar la vulnerabilidad ante el cambio climático e incorporación en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT); campañas educativas acerca del peligro para la salud humana y la vulnerabilidad frente a la exposición a la radiación solar; ajuste del Plan Municipal de Gestión del Riesgo con inclusión de los riesgos asociados al cambio climático; diseñar y mantener un sistema de información que permita la generación de alertas tempranas ante posibles amenazas; implementar un programa de promoción y sensibilización del plan de gestión de riesgo y los componentes asociados al cambio climático.	General	Existente ¹⁵
29	REDUCCIÓN DE LOS CORTES DE TALUD NO AUTORIZADOS	Hacer cumplir, frenar y responder a las denuncias anónimas sobre cortes en taludes sin autorización del municipio, para evitar el empeoramiento del talud.	Movimiento en masa	Propuesta

Tabla 7 - Lista de medidas de adaptación institucionales para el municipio de Cartago.

15. Fuente: (CVC, 2014)

ID	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	AMENAZA CLIMÁTICA	CLASIFICACIÓN
30	DESARROLLO DE ESCENARIOS PARA LA INVESTIGACIÓN, FORMACIÓN DE CAPACIDADES Y/O APROPIACIÓN DE CONOCIMIENTOS EN TORNO A LA GESTIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO	Desarrollar escenarios para la investigación en torno a la gestión y adaptación ante el cambio climático, con objetivo de promover acciones de adaptación y mitigación a través de procesos auto-gestión basados en los conocimientos y capacidades locales. Entre las acciones emprendidas se encuentran la incorporación de estrategias de adaptación al cambio climático en los programas escolares; la articulación de los recursos humanos para generar planes de estudios escolares; articulación de los recursos humanos para generar planes y proyectos de adaptación integrales; campañas de educación, sensibilización de planes y proyectos de adaptación; campañas de educación y sensibilización a nivel institucional y local.	General	Existente ¹⁶
31	CREACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS ADAPTABLES Y RESILIENTES AL CAMBIO CLIMÁTICO	Crear sistemas productivos adaptables y resilientes al cambio climático, con el objetivo de promover la incorporación de prácticas y procesos sostenibles en los sistemas productivos como respuesta al cambio y la variabilidad climática. Entre las acciones emprendidas se encuentran sistemas de seguimiento y control a la minería ilegal a nivel rural y urbano (específicamente la extracción de arenas); seguimiento y control a la emisión de gases en procesos productivos (especialmente la industria ladrillera); caracterización de los sistemas productivos prioritarios en el municipio y su vulnerabilidad frente a la variabilidad climática; fortalecimiento de los mercados agroecológicos; programa de capacitación comunitaria para el diseño e implementación de agroecosistemas; acompañar los procesos de certificación en buenas prácticas agrícolas, productos agroecológicos y producción más limpia.	General	Existente ¹⁷
32	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 el municipio de Cartago.	Olas de calor	Propuesta
33	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

16. Fuente: (CVC, 2014)

17. Fuente: (CVC, 2014)

ID	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	AMENAZA CLIMÁTICA	CLASIFICACIÓN
35	DESARROLLO DE CAMPAÑAS DE PREVENCIÓN DE LA PROLIFERACIÓN DE VECTORES	Realizar campañas de prevención y vigilancia contra la proliferación del <i>Aedes aegypti</i> , con especial atención a las zonas con mayor potencial de proliferación.	Proliferación de vectores (<i>Aedes aegypti</i>)	Propuesta
36	MEJORA DE LAS ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN RUTINARIA PARA LA PREVENCIÓN Y EL CONTROL DE LA PROLIFERACIÓN DEL AEDES AEGYPTI	Mejora de las estrategias de comunicación rutinaria para la prevención y el control de la proliferación del <i>Aedes aegypti</i>	Proliferación de vectores (<i>Aedes aegypti</i>)	Propuesta
36	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
38	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
39	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
40	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 o aglomeración de personas y grandes redes en el municipio.	General	Propuesta

ID	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	AMENAZA CLIMÁTICA	CLASIFICACIÓN
41	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 <i>Aedes aegypti</i> se libera en el entorno y comienza a copular con las hembras sin generar nuevos mosquitos.	Proliferación de vectores (<i>Aedes aegypti</i>)	Propuesta
42	AMPLIACIÓN DE LA FORMACIÓN DE LOS COLABORADORES DEL INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR (ICBF) PARA MÁS AMENAZAS	Ampliar la capacitación de los empleados del ICBF más allá de las inundaciones, formándose para que sepan cómo actuar en riesgos como los desprendimientos. El Instituto es la entidad del Estado colombiano que trabaja por la prevención y protección integral de la primera infancia, la niñez, la adolescencia y el bienestar de las familias en Colombia, brindando atención especialmente a aquellos en condiciones de amenaza, inobservancia o vulneración de sus derechos.	Inundación y Movimiento en masa	Existentes con propuestas
43	PROMOCIÓN DEL EMPODERAMIENTO DE LAS PERSONAS QUE SON Y SERÁN MÁS VULNERABLES A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA PARTICIPACIÓN EN LOS PROCESOS DE TOMA DE DECISIONES	Promover el empoderamiento de las personas que son y serán más vulnerables a los efectos del cambio climático, especialmente las mujeres, para que participen en los procesos de toma de decisiones sobre las acciones climáticas que se llevarán a cabo en el municipio.	General	Propuesta
44	ELABORACIÓN DE CARTILLAS Y MANUALES	Elaboración de cartillas con orientación a la población sobre la importancia de mantener el drenaje natural libre, no arrojar basura y evitar la supresión de la vegetación, cortes y vertederos en las laderas, difundiendo de manera sencilla los efectos adversos de tales procedimientos. Elaboración de manuales con directrices básicas sobre el incumplimiento de las normas en los taludes y la forma de proceder en caso de signos de inestabilidad y en períodos de fuertes lluvias.	Movimiento en masa	Propuesta

Tabla 8 - Lista de medidas de adaptación sociales para el municipio de Cartago.

5.4 // PROCESO DE PRIORIZACIÓN DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

En el presente estudio se proponen de una serie de medidas de adaptación para el municipio de Cartago con base en la referencia bibliográfica internacional y nacional, además de la identificación documental de las iniciativas existentes en el municipio, sin embargo, para conseguir las acciones más cercanas a la realidad y al interés del municipio, se recomienda que la lista de acciones propuestas sea sometido a proceso de selección, priorización acorde con el contexto local. En otras palabras, es necesario seleccionar cuáles medidas 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, costo, eficacia, viabilidad, tiempo de respuesta, cobeneficios, equidad de género, recursos humanos existentes, ausencia de arrepentimiento, entre otros). 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 muy bien los criterios, dos puntos para las que los cumplen bien y un punto para las que los cumplen mal. Además, es posible establecer criterios más relevantes con un mayor peso que los demás, como por ejemplo valiendo el doble. 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.

En general, la selección de las medidas de adaptación es un reto debido principalmente a las incertidumbres y a los impactos acumulativos del cambio climático, siendo la inclusión de las partes interesadas en las etapas de evaluación de la vulnerabilidad esencial para evitar la mala adaptación. 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.

// 06 CONSIDERACIONES FINALES

El análisis espaciotemporal de las variables climáticas proyectadas por el modelo climático regional RCA4 forzado por el modelo global HadGEM2-ES del experimento CORDEX en el escenario RCP8.5, combinado con las características de la población y del entorno físico (natural y estructural) permiten evaluar los riesgos potenciales de inundaciones, desprendimientos, olas de calor y proliferación del mosquito *Aedes aegypti* en el municipio de Cartago.

En general, los resultados mostraron que todos los riesgos aumentaron considerablemente durante el periodo de análisis, con la excepción del riesgo de movimientos en masa que para el año 2030 sufrirá una ligera reducción del riesgo, sin embargo, para el escenario 2050, todos los riesgos asociados al cambio climático analizados sufrirán un aumento. Hay grandes áreas clasificadas como de riesgo “muy alto”, y estas áreas se encuentran en diferentes partes del municipio dependiendo de la amenaza climática analizada.

De todos los riesgos, el de olas de calor y proliferación del mosquito *Aedes aegypti* son los que más han cambiado al comparar los escenarios de 2030 y 2050 con el periodo de referencia. En relación con las olas de calor, en el periodo base del riesgo es casi inexistente y se clasifica como “muy bajo” a “bajo”. En los escenarios de 2030 y 2050 este riesgo comienza a aumentar el rango de calificación de “muy bajo” a “muy alto”, creciendo considerablemente a lo largo del municipio, principalmente en el área urbana y corregimientos 2 (Cauca). Ante el panorama de un aumento significativo de la amenaza de olas de calor, es importante que el municipio 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).

En relación con el riesgo de proliferación del mosquito *Aedes aegypti*, en el periodo base el riesgo se clasifica de “muy bajo” a “alto” pasando a una clasificación de “muy bajo” a “muy alto” en los escenarios de 2030 y 2050. En estos escenarios, el riesgo se expandirá a lo largo del territorio, principalmente en la zona urbana y en los corregimientos 6 (La Grecia), que tendrá toda su área clasificada con un riesgo “muy alto”. 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 el municipio.

El riesgo de movimientos en masa tiene un comportamiento diferente a los demás ya que en el año 2030 el riesgo disminuye y luego vuelve a aumentar considerablemente en la proyección para 2050. Este escenario, como el resto de los riesgos, tiene una fuerte influencia de la amenaza climática y de los extremos que intervienen en su cálculo. Aunque todos los extremos tienen una tendencia creciente, el R25mm (número de días en el año con precipitaciones superiores a 25 mm) es el que más influye en el aumento de la amenaza en general, en la disminución en el periodo proyectado hasta el año 2030.

En general, el riesgo de inundación tiende a aumentar durante el período analizado. Se observa que, a pesar del aumento, no habrá cambios bruscos en cuanto a la expansión del riesgo en todo el territorio. Este riesgo tiende a aumentar sólo en las zonas que ya lo sufren en el periodo de referencia. Además, cabe destacar que el riesgo de inundación es el único que no tiene una alta influencia en el área urbana. Son pocas las zonas con riesgo clasificado como “muy alto”.

El estudio de análisis de riesgos asociados al cambio climático no es algo novedoso para Cartago, pues el municipio ya cuenta con estudios sobre el tema y la agenda climática ya está muy avanzada. Así, los resultados presentados en este estudio deben considerarse para complementar los esfuerzos existentes en busca de la resiliencia.

En resumen, los resultados presentados en este estudio pueden servir de apoyo para la formulación de medidas y acciones de adaptación al cambio climático y en consecuencia, contribuir a aumentar la resiliencia del municipio de Cartago.

6.1 // 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 modelización y a las proyecciones climáticas.

La disponibilidad y la escala de los datos, es decir, la ausencia de esta información 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 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.

En cuanto a la delimitación geográfica del área de estudio, sólo abarcó el área del municipio de Cartago y el análisis del riesgo asociado al cambio climático asociado a inundaciones y movimientos en masa, teniendo en cuenta los límites naturales, como el área de la cuenca hidrográfica a la que pertenece el Municipio.

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 del posible cambio climático que puede ocurrir. Es decir, hay incertidumbres inherentes a estas proyecciones, así como también 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 equivale a la inversión en desarrollo socioeconómico. Es importante realizar estas medidas para prepararse y no ser sorprendidos 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 períodos 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

AALCADÍA DE CARTAGO. 12-ZONAS-DE-PROTECCIÓN-URBANA-Y-EXPANSIÓN.pdf. [s. l.], 2013. Disponible en: <https://www.cartago.gov.co/wp-content/uploads/2019/09/12-ZONAS-DE-PROTECCION-URBANA-Y-EXPANCIION.pdf>. Acceso en: 23 abril. 2021.

ALCADÍA DE CARTAGO. Análisis de Riesgos y Vulnerabilidad Climática Cartago Valle del Cauca. 2020.

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 qué el mosquito Aedes aegypti transmite tantas enfermedades? [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.

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 jan. 2021.

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

CIAT; CVC. Portafolio de Estrategias para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2014. Informe Técnico. Disponible en: https://ecopedia.cvc.gov.co/sites/default/files/archivosAdjuntos/portafolio_de_estrategias_para_la_mitigacion_y_adaptacion_al_cambio_climatico-cartago_1.pdf.

CIUDADREGIÓN. Ola de calor azota a los vallecaucanos. [s. l.], 2019. Disponible en: <https://www.ciudadregion.com/regiones/valle-del-cauca/norte-del-valle/ola-de-calor-azota-a-los-vallecaucanos>. Acceso en: 3 mar. 2021.

CLOPAD. Plan Local de Gestión del Riesgo del Municipio de Cartago. Cartago: Comité Local Para La Prevención Y Atención De Desastres, 2009. Informe Técnico. Disponible en: https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/28632/PLGRD_CartagoValle_2009.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC). Uso del Suelo. [s. l.], 2019. Disponible en: <https://geo.cvc.gov.co/arcgis/home/item.html?id=9e5dfd4dfe4a4deaa7ee0c7828e18235>.

DANE. Censo Nacional de Población y 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).

EL PAÍS. En Cartago evacúan 23 familias que están en riesgo por deslizamientos. [s. l.], 2011. Disponible en: <https://www.elpais.com.co/valle-en-cartago-evacuan-23-familias-que-estan-en-riesgo-por-deslizamientos.html>. Acceso en: 3 feb. 2021.

FAO (org.). Soil map of the world: = Carte mondiale des sols. Vol. 1 [Erl.]: Legend [...]. París: Unesco, 1974.

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.

FULLERTON, L.; DICKIN, S.; WALLACE, C. Mapping Global Vulnerability to Dengue using the Water Associated Disease Index. Hamilton, Ontario (CA): United Nations University, 2014. Informe Técnico. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Laura_Fullerton/publication/273439367_Mapping_Global_Vulnerability_to_Dengue_using_the_Water_Associated_Disease_Index/links/5500869c0cf2de950a6e30ca.pdf. Acceso en: 1 mar. 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.

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.

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>

MOORE, C. G. Predicting Aedes aegypti abundance from climatologic data. *Ecology of mosquitoes: Proceedings of a workshop*, n. Vero Beach (FL): Florida Medical Entomology Laboratory, p. 223–33, 1985.

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.

ONU-HABITAT. Cities and climate change : global report on human settlements: United Nations Human Settlements Programme. [S. l.: s. n.]. Relatório Anual. Disponible en: http://www.unhabitat.org/downloads/docs/GRHS2011_Full.pdf.

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).

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.; SATTERTHWAITTE, 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/S0034-89102006000500017>

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.

SECRETARÍA DE PLANEACIÓN, DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE. POT VIGENTE | Municipio de Cartago Valle. [S. l.: s. n.] Disponible en: <https://www.cartago.gov.co/pot-vigente/>. Acceso en: 10 may. 2021.

SOARES, A. R. Avaliação de suscetibilidade a deslizamentos de terra no município de Recife - PE. 2015. Monografía - INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, [s. l.], 2015. Disponible en: <http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser300:monografiaandersonreis.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/F7PR7TFT>. 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.

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. [S. l.: s. n.]

WORLD BANK. Cities and Climate Change: An Urgent Agenda: Urban development series;knowledge papers no. 10. Washington D.C.: [s. n.], 2010. Disponible en: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/17381/637040WPOCitie00Box0361524B-0PUBLIC0.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, DADOS DANE, CARTAGO, CORDEX.

ORGANIZACIÓN:



APOYO:



FINANCIAMIENTO:



The sole responsibility for the content of this [webpage, publication etc.] lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information contained therein.