

# Vulnerabilidad y riesgo al cambio climático en ciudades de América Latina y el Caribe

Documentos transversales resultado de los proyectos desarrollados en el marco de la Iniciativa LAIF sobre Ciudades y cambio climático



# CRÉDITOS

Título: *Vulnerabilidad y riesgo al cambio climático en ciudades de América Latina*

ISBN: 978-980-422-293-1

Depósito legal: DC2023000031

Esta publicación es resultado de los estudios realizados en el marco de la Iniciativa UE LAIF CAF – AFD sobre ciudades y cambio climático.

## Autor:

Adriana María Vega Sánchez  
Directora de Desarrollo Urbano y Regional Sostenible

Gina Juliana Rincón Rodríguez  
Vulnerabilidad y riesgo cambio climático en ciudades de América Latina

## Revisión:

Martha Castillo  
Ejecutiva Principal, Dirección de Acción Climática y Ambiente de CAF

Juan Felipe Caicedo  
Consultor Urbano para la Iniciativa LAIF sobre Ciudades y Cambio Climático

Robert Valls  
Ejecutivo Principal, Dirección de Comunicación Estratégica y relaciones externas de CAF

**Editor:** ATREVIA

**Diseño gráfico:** ATREVIA, Ingrid Rojas.

Las ideas y planteamientos contenidos en la presente edición son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no comprometen la posición oficial de CAF. Este documento se encuentra en: [scioteca.caf.com](http://scioteca.caf.com).  
Todos los derechos reservados.

# TABLA DE CONTENIDOS

<b>Evaluación del cambio climático en ciudades y regiones</b>	<b>9</b>
Las ciudades de América Latina y Caribe necesitan fortalecer su resiliencia y avanzar en la adaptación al cambio climático	11
La adaptación empieza por el conocimiento del riesgo climático	12
El IPCC y el conocimiento del cambio climático	12
<b>Índices de vulnerabilidad y riesgo al cambio climático: casos de estudio</b>	<b>14</b>
Escenarios de amenaza	17
Evaluación del clima histórico y del clima futuro	20
Estimación del índice de riesgo – IRCC	22
Medidas de adaptación al cambio climático y medios de implementación	23
<b>Evaluación de cambio climático en América Latina: lecciones aprendidas y recomendaciones</b>	<b>28</b>
Principales hallazgos y lecciones aprendidas	29
Recomendaciones para que las ciudades que cuentan con un IRCC continúen avanzando hacia la adaptación	30
Recomendaciones para que las ciudades que aún no cuentan con un IRCC avancen en la construcción de territorios resilientes	33
Recomendaciones para CAF	34
<b>Glosario</b>	<b>36</b>
<b>Referencias</b>	<b>38</b>
<b>Anexo</b>	<b>39</b>

# LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Temperatura América Latina de 1850 a 2025.....	<b>10</b>
<b>Figura 2.</b>	Alineación de los esfuerzos de evaluación del cambio climático en América Latina y el Caribe con los ODS.....	<b>11</b>
<b>Figura 3.</b>	Principales aspectos para la construcción de ciudades más seguras y sostenibles.....	<b>11</b>
<b>Figura 4.</b>	Variables clave en los marcos de referencia del AR4 y AR5 del IPCC.....	<b>12</b>
<b>Figura 5.</b>	Ciudades estudiadas.....	<b>15</b>
<b>Figura 6.</b>	Referencia temporal de los casos de estudio.....	<b>17</b>
<b>Figura 7.</b>	Forzamiento radiactivo y concentración de CO2 para los escenarios RCP.....	<b>20</b>
<b>Figura 8.</b>	Afectación de variables de temperatura y precipitación máximas por cambio climático a 2040, según resultados de cada estudio.....	<b>21</b>
<b>Figura 9.</b>	Afectación de variables de temperatura y precipitación mínimas por cambio climático a 2040, según resultados de cada estudio.....	<b>21</b>
<b>Figura 10.</b>	Proceso general para estimación del índice de riesgo por cambio climático.....	<b>22</b>
<b>Figura 11.</b>	Medidas de adaptación por variable de riesgo climático.....	<b>25</b>
<b>Figura 12.</b>	Distribución de las medidas de adaptación por variable de la función de riesgo climático.....	<b>26</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Datos básicos y características de paisaje en cada una de las ciudades.....	<b>16</b>
<b>Tabla 2.</b>	Clasificación de amenazas de acuerdo con su origen y factores detonantes.....	<b>18</b>
<b>Tabla 3.</b>	Identificación de amenazas en cada una de las ciudades.....	<b>19</b>
<b>Tabla 4.</b>	Número de medidas de adaptación por ciudad y tipo.....	<b>24</b>
<b>Tabla 5.</b>	Resumen estimación de índice de riesgo/vulnerabilidad en cada ciudad.....	<b>39</b>

## SIGLAS Y ABREVIATURAS

<b>ALC</b>	América Latina y el Caribe
<b>AFD</b>	Agencia Francesa de Desarrollo
<b>AR</b> <b>AR4</b> <b>A45</b> <b>AR6</b>	<i>Assessment report</i> Cuarto informe de evaluación del IPCC Quinto informe de evaluación del IPCC Sexto informe de evaluación del IPCC
<b>CAF</b>	Banco de desarrollo de América Latina
<b>CORDEX</b>	Coordinate Regional Climate Downscaling Experiment Experimento para la proyección coordinada de clima a la escala regional
<b>CRP</b> <b>RCP</b>	Caminos Representativos de Radiación <i>Representative Concentration Pathway</i>
<b>ECMWF</b>	<i>European Centre for Medium-Range Weather Forecast</i> Centro Europeo de proyecciones meteorológicas de mediano plazo
<b>FEN</b>	Fenómeno de El Niño
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero
<b>LAIF</b>	<i>Latin America Investment Facility</i> Facilidad de Inversión para América Latina
<b>IPCC</b>	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> Panel Intergubernamental sobre cambio climático
<b>IVCC</b>	Índice de vulnerabilidad al cambio climático
<b>IRCC</b>	Índice de riesgo al cambio climático
<b>JRC</b>	<i>Joint Research Center</i> Centro común de Investigación de la Comisión europea
<b>MGC</b>	Modelo Global Climático
<b>MRC</b>	Modelo Regional Climático
<b>NOAA</b>	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos
<b>OMM</b>	Organización Mundial de Meteorología
<b>PNUMA</b> <b>UNEP</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente <i>United Nations Environment Programme</i>
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfica
<b>SWAT</b>	<i>Soil and Water Assessment Tool</i> Herramienta de evaluación del agua y el suelo
<b>WWF</b>	<i>World Wildlife Fund</i> Fondo Mundial de la vida silvestre

# INTRODUCCIÓN

Este documento sobre **vulnerabilidad y riesgo al cambio climático en ciudades de América Latina** hace parte de la serie de documentos transversales desarrollados en el marco de la Iniciativa **LAIF sobre Ciudades y cambio climático**, financiada por la **Unión Europea** e implementada por banco de desarrollo de América Latina (CAF) y la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD).

Esta iniciativa tiene como objetivo estratégico **apoyar las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático** y el fomento de la **protección del medio ambiente en ciudades de América Latina**, centrándose en la promoción de un desarrollo bajo en carbono y resiliente al cambio climático a través de tres ejes:

- Fortalecimiento de las herramientas climáticas de CAF, para que los aspectos climáticos sean integrados en el proceso de financiación de proyectos.
- Sensibilización de los gobiernos locales de América Latina sobre el cambio climático y el fortalecimiento de sus capacidades en la definición e implementación de planes de desarrollo bajo en carbono y resiliente al cambio climático.
- Identificación y financiación de proyectos urbanos con “co-beneficios climáticos” en países de la región.

Los tres **documentos transversales** sintetizan y analizan los **resultados de los estudios de diagnóstico y pre-inversión** financiados en el marco de la **Iniciativa UE LAIF CAF - AFD sobre Ciudades y cambio climático** en América Latina. Cada uno de los documentos abordan los siguientes temas:

- Vulnerabilidad y riesgo al cambio climático en ciudades de América Latina.
- Movilidad urbana y cambio climático en América Latina.
- Soluciones basadas en la naturaleza (sbN) y cambio climático en ciudades de América Latina.

El presente documento es el primero de la serie. Su primer capítulo parte de reconocer los aspectos más relevantes del riesgo por efectos del cambio climático en las ciudades de América Latina y el Caribe y el grado de vulnerabilidad que presentan basado, no sólo en las condiciones hidrometeorológicas sino también en las características económicas, sociales y ambientales de cada ciudad. El documento busca igualmente presentar los avances sobre las estimaciones de los índices de riesgo, o vulnerabilidad por cambio climático de acuerdo con la evolución del marco conceptual definido por el IPCC (Panel Intergubernamental sobre el cambio climático), en sus informes de evaluación AR4, AR5 y AR6.

Diversos países y ciudades de América Latina y el Caribe han venido trabajando en el diagnóstico de sus condiciones de riesgo por cambio climático, medido a través de un índice de riesgo, el cual se construye mediante la agregación de variables relacionadas con las amenazas, la exposición y la vulnerabilidad. En particular, CAF ha desarrollado los siguientes estudios, los cuáles son objeto de análisis en el segundo capítulo del presente documento:

- Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Arequipa Metropolitana, Perú. (2016)
- Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Guayaquil, Ecuador. (2016)
- Diagnóstico climático integral y plan de acción para la ciudad de Portoviejo, Ecuador. (2016)
- Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en CIOESTE, São Paulo, Brasil. (2016)
- Índice de Vulnerabilidad al cambio climático y Plan de Adaptación para la ciudad de Loja, Ecuador.(2019)
- Índice de Vulnerabilidad al cambio climático y Plan de Adaptación para la isla de Santa Cruz de Galápagos, Ecuador. (2019)
- Índice de vulnerabilidad climático y estrategia de adaptación para la ciudad de Fortaleza, Brasil. (2020)
- Índice de riesgo climático y estrategia de adaptación para la ciudad de Recife, Brasil. (2020)
- Índice de riesgo al cambio climático y plan de adaptación para la ciudad de Piura, Perú. (2020)
- Índice de riesgo al cambio climático y plan de adaptación para la ciudad de Trujillo, Perú.(2020)
- Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la ciudad de La Paz, Bolivia. (2020)
- Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la ciudad de Tarija, Bolivia. (2020)

El tercer capítulo presenta las principales lecciones aprendidas y las recomendaciones para continuar la profundización del conocimiento de riesgo por cambio climático y la implementación de acciones de adaptación en las ciudades de América Latina y el Caribe. Por último, se presenta un glosario con los principales conceptos abordados en el documento, y un anexo que sintetiza los estudios de caso.



## ¿Qué es CAF?

CAF es una institución financiera multilateral que apoya el desarrollo sostenible de sus países accionistas y la integración regional. Atiende a los sectores público y privado, suministrando productos y servicios financieros múltiples a una amplia cartera de clientes, constituida por los gobiernos de los Estados accionistas, instituciones financieras y empresas públicas y privadas. En sus políticas de gestión integra las variables sociales y ambientales e incluye en sus operaciones criterios de ecoeficiencia y sostenibilidad.

## ¿Qué es AFD?

La Agencia Francesa de Desarrollo (AFD) es una institución financiera francesa pública de desarrollo y se constituye en el principal organismo de ejecución de la cooperación al desarrollo de la República de Francia. La AFD está presente en 90 países y territorios franceses de ultramar, a través de una red de 72 oficinas en cuatro continentes. Financia y acompaña proyectos de infraestructura o de investigación cuyos objetivos son contribuir a una mayor sostenibilidad y un crecimiento económico compartido, mejorar las condiciones de vida en las regiones y los países más pobres, contribuir a la conservación del planeta y ayudar a estabilizar los países frágiles o que se hallen en una etapa post-conflicto.

## ¿Qué es LAIF?

La iniciativa Facilidad de Inversión para América Latina – LAIF: Latin America Investment Facility por sus siglas en inglés, es un mecanismo financiero que combina contribuciones financieras no reembolsables de la Unión Europea con préstamos de instituciones de desarrollo, multilaterales o bilaterales y bancos de fomento latinoamericanos. Su propósito es promover inversiones en infraestructura para sectores clave como transporte, energía, ambiente, mitigación y adaptación al cambio climático, y el desarrollo del sector social y privado de América Latina.



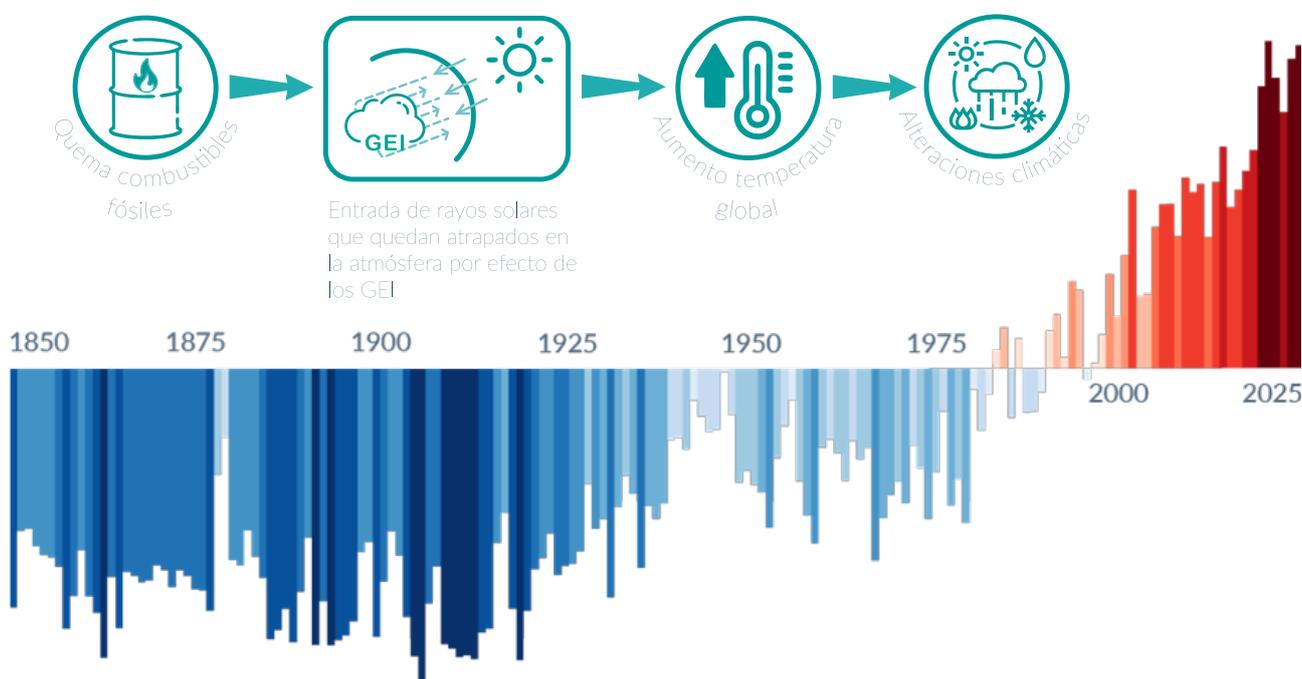
1



# EVALUACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CIUDADES Y REGIONES

El cambio climático se entiende como el cambio a largo plazo de la temperatura global y otros patrones climáticos. Estos cambios pueden ser naturales, por ejemplo, a través de las variaciones del ciclo solar, pero desde mediados del siglo XIX, las actividades humanas han sido el principal motor del cambio debido principalmente a la quema de combustibles fósiles, que generan emisiones de **gases de efecto invernadero (GEI)**<sup>1</sup>. Estos gases limitan la salida del calor del sol de la atmósfera, incrementando la temperatura del planeta y detonando alteraciones en todos los ciclos climáticos (ONU: Acción por el clima, 2022).

**Figura 1. Temperatura América Latina 1850 - 2025.**



Fuente: Elaboración propia a partir de imagen tomada de Wikimedia Commons, c2020. MAPPA, 2022.

Entre 2011 y 2020, la temperatura a nivel global se ha incrementado en cerca de 1.1°C y de acuerdo con algunos escenarios para finales del siglo este aumento podría alcanzar los 3.2°C. Sin embargo, se plantean varios escenarios considerando que la evolución y la velocidad del cambio dependen de los esfuerzos globales por mitigar el cambio climático y sus logros concretos en términos de reducción de emisiones de GEI.

A pesar de la discreta contribución de América Latina y el Caribe a las emisiones globales de GEI (10.3% en 2019, IPCC 2022) que causan el cambio climático, sus impactos ya son una realidad visible y en aumento en América Latina. El fenómeno ha incrementado la frecuencia e intensidad de **amenazas**<sup>2</sup> como las inundaciones costeras, pluviales y fluviales, sequías intensas y escasez de agua, deshielo de los polos y glaciares, ascenso del nivel del mar, tormentas tropicales, incendios forestales, movimientos en masa, erosión costera y fluvial, entre otras.

Cuando las amenazas interactúan con los elementos **expuestos**<sup>3</sup> se generan impactos como pérdidas en vidas, bienes e infraestructura, desplazamiento de comunidades, reducción de ecosistemas estratégicos y sus servicios, disminución de la biodiversidad, escasez de agua, variabilidad de precios de alimentos, epidemias y deterioro de la salud humana, conflictos socio-ambientales, costos económicos con incidencia sobre la sostenibilidad fiscal, y muchos otros. Estos impactos afectan la calidad de vida de los ciudadanos y la sostenibilidad de los territorios, y su intensidad depende en parte de la amenaza, pero en parte de las condiciones de **vulnerabilidad**<sup>4</sup> de los elementos expuestos.

Entre sus prioridades, la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible plantea adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (Objetivo 13), y lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles (Objetivo 11). Adicionalmente, plantea otros objetivos que se alinean con la reducción de la vulnerabilidad y el riesgo ante el cambio climático, como se muestra a continuación.

<sup>1</sup> Dentro de la categoría de GEI se agrupan varios gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, los gases fluorados, entre otros. Los GEI se miden en unidades de carbono equivalente (CO2e), una medida que describe la cantidad de gases de efecto invernadero que tendría el mismo potencial de contribución al cambio climático que el CO2 en un periodo estimado de 100 años.

**Figura 2.** Alineación de los esfuerzos de evaluación del cambio climático en ALC con los ODS.



Fuente: Elaboración propia a partir de ONU, Agenda 2030. MAPPA, 2022.

## Las ciudades de América Latina y Caribe necesitan fortalecer su resiliencia y avanzar en la adaptación al cambio climático

El cambio climático y sus impactos son particularmente significativos en las ciudades de América Latina y el Caribe porque concentran la población, la economía y los servicios. En las áreas urbanas de la región se concentra la mayor parte de la población (81%, Banco Mundial, 2022), las actividades económicas (las ciudades generan el 80% del PIB a nivel mundial, Banco Mundial, 2022), la infraestructura y los servicios sociales que soportan el desarrollo. Adicionalmente, las proyecciones de población para América Latina y Caribe sugieren que para el año 2050, cerca del 90% de la población se concentrará en las áreas urbanas (CAF, 2022)

Así mismo, el estudio del Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe, desarrollado en el año 2014 (CAF, 2014), sugiere que la vulnerabilidad al cambio climático en América Latina está fuertemente relacionada con la vulnerabilidad social (pobreza) y que las ciudades, en particular las ciudades costeras, son los territorios más expuestos al cambio climático.

Por lo tanto, **la resiliencia y la adaptación al cambio climático en América Latina debe centrarse en crear ciudades y regiones más seguras y sostenibles**. A pesar de que el riesgo climático ya ha mostrado impactos significativos, muchas ciudades aún no cuentan con escenarios de cambio climático, ni conocimiento suficiente sobre la evaluación de las amenazas y el riesgo, o no disponen de recursos o herramientas para la reducción del riesgo de desastres y/o adaptación al cambio climático, o no tienen la capacidad institucional para acceder y ejecutar los recursos y fuentes de financiamiento disponibles. En este contexto, las ciudades de la región resultan particularmente vulnerables al cambio climático.

**Figura 3.** Principales aspectos para la construcción de ciudades más seguras y sostenibles.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de riesgo por cambio climático. MAPPA, 2022.

<sup>2</sup> También conocidas como peligros en algunos lugares de Hispanoamérica, y como *hazards* en inglés en los documentos originales del IPCC. Ver definición en el glosario.

<sup>3</sup> Ver definición en el glosario

<sup>4</sup> Ver definición en el glosario.

## La adaptación empieza por el conocimiento del riesgo climático

La gestión del riesgo, incluyendo el riesgo por cambio climático, comprende el conjunto de acciones que pueden ser implementadas con el fin de reducir el impacto negativo de los desastres en el marco del desarrollo de una región. El primer paso para gestionar el riesgo es conocerlo, es decir identificarlo y cuantificarlo a través de la caracterización tanto de los tipos de amenaza que puedan presentarse, como de la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Además, resulta imperativo considerar el cambio climático como un potencializador de los escenarios de riesgo, buscando definir medidas que aporten tanto a la mitigación del riesgo como a la adaptación al cambio climático.

## El IPCC y el conocimiento del cambio climático

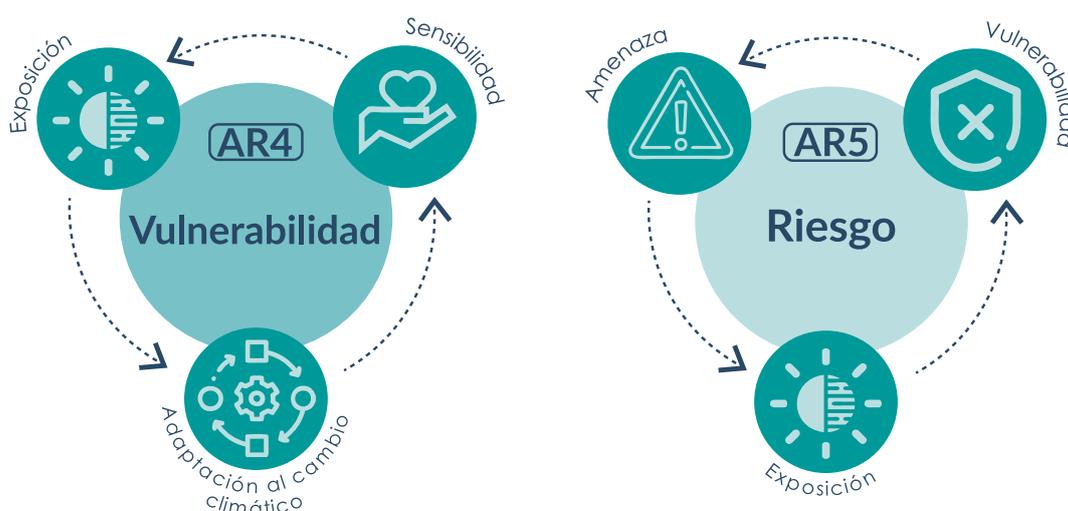
Con el fin de hacer frente al cambio climático, a nivel global se han desarrollado marcos y acuerdos que permiten guiar los avances, como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y el Acuerdo de París. Estos marcos tienen en común tres amplias categorías de acción: la **mitigación** (reducir las emisiones), la **adaptación** (prepararse para minimizar los impactos climáticos) y la **financiación** de las acciones requeridas para hacer frente al cambio climático.

En 1988, se creó el IPCC, un órgano internacional creado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El IPCC proporciona una base científica a los gobiernos, en todos los niveles, para la formulación de políticas relacionadas con el clima, basado en las evaluaciones, informes y en general en el desarrollo del conocimiento sobre los aspectos del cambio climático.

El IPCC genera un reporte periódico en el que evalúa la evolución del cambio climático en el planeta, basado en un consenso entre la comunidad científica de todos los países miembros de la ONU. Los Informes de Evaluación del IPCC el **AR4**<sup>5</sup> (2007) y AR5 (2014) fueron instrumentales en el planteamiento de los estudios de vulnerabilidad y riesgo climático desarrollados por CAF y por la Iniciativa EU LAIF CAF-AFD sobre ciudades y cambio climático.

El marco conceptual para la evaluación de la vulnerabilidad y/o el riesgo climático tuvo una importante variación entre el AR4 y el AR5. En el primero buscaba evaluar la vulnerabilidad al cambio climático, vista como la interacción entre exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa (IPCC, 2007), mientras que el AR5 propone evaluar el riesgo al cambio climático, como el resultado de la interacción entre la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad al cambio climático (IPCC, 2014).

**Figura 4. Variables clave en los marcos de referencia del AR4 y AR5 del IPCC.**



Fuente: Elaboración propia a partir del Cuarto y Quinto Informe de Evaluación del IPCC. MAPPA, 2022.

<sup>5</sup>Los informes de evaluación o "Assessment reports" en inglés, se nombran de forma consecutiva, el cuarto informe se designa como AR4, el quinto como AR5 y así sucesivamente. El último reporte puede consultarse en el sitio de internet del IPCC: <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

De esta forma, el quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5) puso el foco en el manejo del riesgo climático, lo que facilita la identificación de las respuestas necesarias en un contexto de incertidumbre agravado por el cambio climático, haciendo uso de un concepto ampliamente instalado como el de **riesgo**. El concepto de **vulnerabilidad**, por su parte, evoluciona como un variable que abarca diversos conceptos (sensibilidad o susceptibilidad al daño, capacidad de adaptación), asociados a parámetros socioeconómicos y de contexto, que determinan la capacidad intrínseca de respuesta de los **elementos expuestos**.

Ante el cambio de enfoque entre el AR4 y el AR5, CAF estableció la posibilidad de emplear el AR5, la línea del conocimiento más reciente a nivel global sobre riesgo climático y la mayor parte de los estudios desarrollados a partir del año 2020 retoman esta evolución metodológica. Actualmente, el IPCC se encuentra en el desarrollo del AR6 y se espera la publicación final a finales del año 2022. Con base a lo publicado a la fecha, no se evidencia que el modelo conceptual de riesgo climático difiera del establecido en el AR5.





2

# ÍNDICES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO AL CAMBIO CLIMÁTICO: CASOS DE ESTUDIO

Entre 2015 y 2016 CAF desarrolló estudios del índice de vulnerabilidad al cambio climático en Arequipa (Perú), CIOESTE (Municipios del oriente de São Paulo, Brasil), Portoviejo y Guayaquil (Ecuador). Entre 2019 y 2020, en el marco de la Iniciativa LAIF sobre ciudades y cambio climático, CAF y AFD desarrollaron estudios en 8 ciudades: La Paz y Tarija (Bolivia), Recife y Fortaleza (Brasil), Loja, Portoviejo y Santa Cruz de Galápagos (Ecuador), Trujillo y Piura (Perú).

**Figura 5. Ciudades estudiadas.**



Fuente: Elaboración propia a partir de estudios de índice de riesgo por cambio climático. MAPPA, 2022.

Las ciudades seleccionadas reflejan parte de las complejidades de las condiciones biofísicas y medioambientales propias de las ciudades latinoamericanas y del Caribe. A continuación, los datos básicos de cada una de las ciudades y su territorio, los cuales dan una idea de la diversidad de los estudios realizados.

**Tabla 1. Datos básicos y características de paisaje en cada una de las ciudades.**

País	Ciudad, año, reporte IPCC y título del estudio	Población (Año registro)	Área (km <sup>2</sup> ) / Pendiente	Altitud/Clima	Paisaje característico		
					Costero/insular	Llanura/Valle	Montaña/Ladera
Brasil	<b>Fortaleza (2020) AR5</b> Índice de vulnerabilidad climático y estrategia de adaptación para la ciudad de Fortaleza	4.100.00 (2019)	313.14 Plana	16 Cálido			
	<b>Recife (2020) AR5</b> Índice de riesgo climático y estrategia de adaptación para la ciudad de Recife	1.600.000 (2019)	218 Plana	10 Cálido			
	<b>São Paulo (2016) AR4</b> Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en São Paulo	41.000.000 (2019)	963 Moderada	760 Cálido, estaciones moderadas			
Ecuador	<b>Guayaquil (2016) AR4</b> Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Guayaquil	2.644.000 (2017)	344.5 Plana	4 Cálido			
	<b>Portoviejo (2016) AR4</b> Diagnóstico climático integral y plan de acción para la ciudad de Portoviejo	280.000 (2010)	418.1 Mayoritariamente plana	53 Cálido			
	<b>Loja (2019) AR4</b> Índice de vulnerabilidad al cambio climático y plan de adaptación para la ciudad de Loja	214.000 (2010)	44 Plana y moderada	2060 Frío			
	<b>Santa Cruz de Galápagos (2019) AR4</b> Índice de Vulnerabilidad al cambio climático y plan de adaptación para la isla de Santa Cruz de Galápagos	15.700 (2015)	1794 Plana	400 Cálido			
Perú	<b>Piura (2020) AR5</b> Índice de riesgo al cambio climático y plan de adaptación para la ciudad de Piura	560.000 (2017)	621,2 Plana, pendientes escarpadas	55 Desértico cálido			
	<b>Trujillo (2020) AR5</b> Índice de riesgo al cambio climático y plan de adaptación para la ciudad de Trujillo	962.000 (2017)	1084	34 Cálido desértico			
Bolivia	<b>Arequipa (2016) AR4</b> Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Arequipa Metropolitana	1.326.000 (2017)	275.8 Moderada	2335 Frío, estaciones moderadas			
	<b>La Paz (2020) AR5</b> Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la ciudad de La Paz	816.000 (2020)	475 Moderada	3625 Páramo, estaciones moderadas			
	<b>Tarja (2020) AR5</b> Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la ciudad de Tarja	583.000 (2020)	104 Moderada	1854 Templado, estaciones moderadas			

Fuente: Elaboración propia a partir de estudios de índice de riesgo por cambio climático. MAPPA, 2022.

En las 12 ciudades, los estudios tuvieron como objetivo identificar medidas de adaptación al cambio climático, a partir del análisis de vulnerabilidad y/o riesgo climático de las ciudades analizadas, considerando sus dimensiones ambientales, económicas y sociales. Estos estudios fueron desarrollados tomando como marco de referencia los informes de Evaluación del IPCC AR4 o AR5.

Conforme con la evolución del marco conceptual establecido en el AR5, el cual expresa el riesgo por cambio climático en términos de amenaza, exposición y vulnerabilidad, como se explicó en la sección anterior, se puede concluir que, aunque los índices para las 12 ciudades emplearon diferentes aproximaciones, lograron acercarse a la mejor caracterización del riesgo climático con base en la información disponible o desarrollada.

De manera general, el proceso para la estimación de los índices se basó, en primer lugar, en la identificación y caracterización de amenazas actuales, validadas posteriormente con actores clave en las ciudades. En segundo lugar, se caracterizó el clima futuro y su impacto en las amenazas priorizadas. Particularmente se estimaron las alteraciones futuras para las variables de precipitación y temperatura y, en los casos donde era pertinente, el ascenso del nivel del mar.

En tercer lugar, se desarrolló una evaluación de vulnerabilidad basada en las variables de sensibilidad y capacidad de adaptación. Las variables más comunes para definir la sensibilidad están asociadas con el nivel socioeconómico de los habitantes y de los hogares de las ciudades. Por su parte, las variables más comunes para definir la capacidad de adaptación se concentran en la disponibilidad de instrumentos territoriales, acceso a información e inversión pública para responder ante eventos de riesgo.

Finalmente, para abordar el riesgo climático, en los casos donde se empleó el marco conceptual del AR4 se estimó la vulnerabilidad como exposición x sensibilidad/capacidad de adaptación, mientras que en los casos que adoptaron el marco conceptual del AR5, se definió el riesgo como amenaza x vulnerabilidad x exposición.

**Figura 6. Referencia temporal de los estudios de caso**



Fuente: Elaboración propia a partir de estudios de índice de riesgo por cambio climático. MAPPA, 2022.

## Escenarios de amenaza

Con el fin de determinar el impacto del clima futuro en el riesgo climático y teniendo en cuenta que éste resulta de la interacción entre la amenaza, la vulnerabilidad y la exposición, como lo plantea el IPCC en el AR5 y AR6, se realizó una evaluación y priorización de las amenazas presentes en cada una de las ciudades.

La ocurrencia de amenazas en cada territorio depende de diversos factores: (i) las características como la topografía, la geología, la geomorfología, la hidrología, entre otras; (ii) las características climatológicas y meteorológicas derivadas de la cercanía a la línea del Ecuador, al mar y altitud, entre otras; (iii) el nivel de desarrollo de la ciudad y características de los elementos expuestos; (iv) el estado de las cuencas hidrográficas y de los ecosistemas, entre otras.

Las principales amenazas en esta región se pueden clasificar en varios grupos:

- **Geológicas o geofísicas:** sismos, erupciones volcánicas, remoción en masa, desprendimientos, corrientes de lodo o detritos.
- **Hidrometeorológicas o hidroclimatológicas de origen atmosférico o hidrológico:** inundaciones, huracanes, déficit hídrico y sequías, incendios forestales, olas de calor y de frío, heladas y granizo, entre otras.

- **Oceanográficas:** tormentas tropicales, erosión costera, ascenso del nivel del mar, mareas de tormenta, entre otras.

Cabe destacar que los análisis se concentraron en aquellas amenazas que tienen un impacto directo del cambio climático, a saber, las amenazas hidrometeorológicas o hidro-climatológicas. Sin embargo, también se estudiaron amenazas geológicas/geofísicas u oceanográficas detonadas por condiciones meteorológicas o climatológicas.

**Tabla 2.** Clasificación de amenazas de acuerdo con su origen y factores detonantes.

<b>Geológico/ Geofísico</b>	<p><b>Factores detonantes:</b> Lluvia, sismos, deforestación.</p>	<p><b>Avenidas torrenciales, huaicos o fenómenos de arrastre:</b> son fenómenos causados por eventos de lluvia extrema que activan o crean cauces con gran potencial de arrastre.</p> <p><b>Deslizamientos:</b> son movimientos en masa de tierra que ocurren debido a la inestabilidad de un terreno.</p>
<b>Hidrometeorológicas o hidroclimatológicas</b>	<p><b>Factores detonantes:</b> Lluvia, aumento o disminución de temperatura, olas de calor, deforestación.</p>	<p><b>Inundaciones:</b> las inundaciones se pueden clasificar conforme con su origen en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— <b>fluvial, por desbordamiento:</b> inundaciones que ocurren cuando, a causa de eventos de precipitación extrema o precipitaciones prolongadas, se desborda un cuerpo de agua, afectando las zonas aledañas.</li> <li>— <b>pluvial, por lluvia:</b> inundaciones que, si bien también se derivan de eventos de precipitación extrema, ocurren cuando en las zonas afectadas no existe sistema de alcantarillado o este no tiene suficiente capacidad para evacuar el agua lluvia, de modo que esta se acumula y se encharca.</li> </ul> <p><b>Escasez hídrica:</b> se refiere a la disminución gradual y sostenida de la disponibilidad de agua y la falta de recurso hídrico para abastecer a la población o a los servicios ecosistémicos. Se genera por diversas causas, entre ellas el aumento de la temperatura media de la ciudad y las cuencas abastecedoras.</p> <p><b>Sequías y desertificación:</b> hace referencia a episodios prolongados (de días, semanas o máximo meses) en los que se presenta escasez hídrica, así como riesgo de degradación del suelo y de la pérdida parcial o total de la capacidad productiva debido a la falta de agua u otros factores agravantes como la deforestación y la destrucción de cubierta vegetal.</p> <p><b>Heladas:</b> son episodios súbitos de temperaturas muy bajas, especialmente durante la madrugada, que tienen repercusiones en la producción agrícola y el buen estado de las plantas.</p> <p><b>Incendios forestales:</b> se refiere al aumento en la incidencia de incendios forestales debido a temperaturas altas y condiciones meteorológicas secas derivadas del cambio climático.</p>
<b>Oceanográfico</b>	<p><b>Factores detonantes:</b> Lluvia, derretimiento de glaciares, aumento de temperatura.</p>	<p><b>Erosión costera:</b> se refiere a la reducción y el retroceso de las playas debido a la acción de las olas, las mareas y las corrientes marinas como agentes modeladores.</p> <p><b>Aumento del nivel del mar e inundación costera:</b> bajo esta categoría se agruparon las amenazas del aumento gradual del nivel del mar (y las consecuencias y afectaciones que ello conlleva) y los episodios ocasionales de inundación costera resultado de un aumento súbito del nivel del mar.</p>

Fuente Elaboración propia. MAPPA, 2022

Es importante resaltar que existen otras amenazas cuyo origen es principalmente antrópico y que generan eventos de contaminación, explosión, fallos de infraestructura, erosión y deterioro de los suelos, el agua y el aire, entre otras. Así mismo, es fundamental aclarar que algunos impactos de las amenazas, como epidemias y crisis de salud pública, desplazamientos de poblaciones o de especies, entre otros, deben tratarse como impactos y considerarse en la evaluación de las amenazas que detonan dichos impactos, y no homologarlas con el concepto de amenaza.

Dentro de los principales hallazgos sobre la priorización de amenazas en las ciudades se encontró que:

- Las ciudades priorizaron las amenazas más frecuentes o las que tienen mayor impacto en la ciudad, pero es importante tener en cuenta que algunas tuvieron que ser excluidas por falencias en la información de base requerida para su estudio.
- La amenaza predominante es la amenaza por inundación debido al desbordamiento de cuerpos de agua (8 de 12 ciudades analizadas) o debido a la baja capacidad del sistema de drenaje pluvial (2 de 12 ciudades analizadas).
- La segunda amenaza más relevante son los fenómenos de movimiento en masa (7 de 12 ciudades analizadas).
- La única ciudad en la que se analizó el fenómeno de erosión costera fue Trujillo (1 de 5 ciudades costeras).
- Las amenazas menos frecuentes se asocian con condiciones específicas de las ciudades: ascenso del nivel del mar y erosión costera en casos costeros e insulares, heladas y granizo en ciudades con altitudes significativas, déficit hídrico en ciudades desérticas, entre otras.

A continuación, se presenta el detalle de la identificación de amenazas principales en cada ciudad.

**Tabla 3. Identificación de amenazas en cada una de las ciudades.**

Origen	Amenazas	Brasil			Ecuador				Perú			Bolivia	
		Fortaleza	Recife	São Paulo	Guayaquil	Portoviejo	Loja	Santa Cruz	Piura	Trujillo	Arequipa	La Paz	Tarija
Meteorológico/ Climatológico	Inundaciones por desbordamiento												
	Inundaciones pluviales												
	Escasez hídrica												
	Sequías y desertificación												
	Heladas												
	Incendios forestales												
Geológico/ Geofísico	Deslizamientos												
	Fenómenos de arrastre por lluvia												
Oceanográfico	Aumento del nivel del mar												
	Erosión costera												

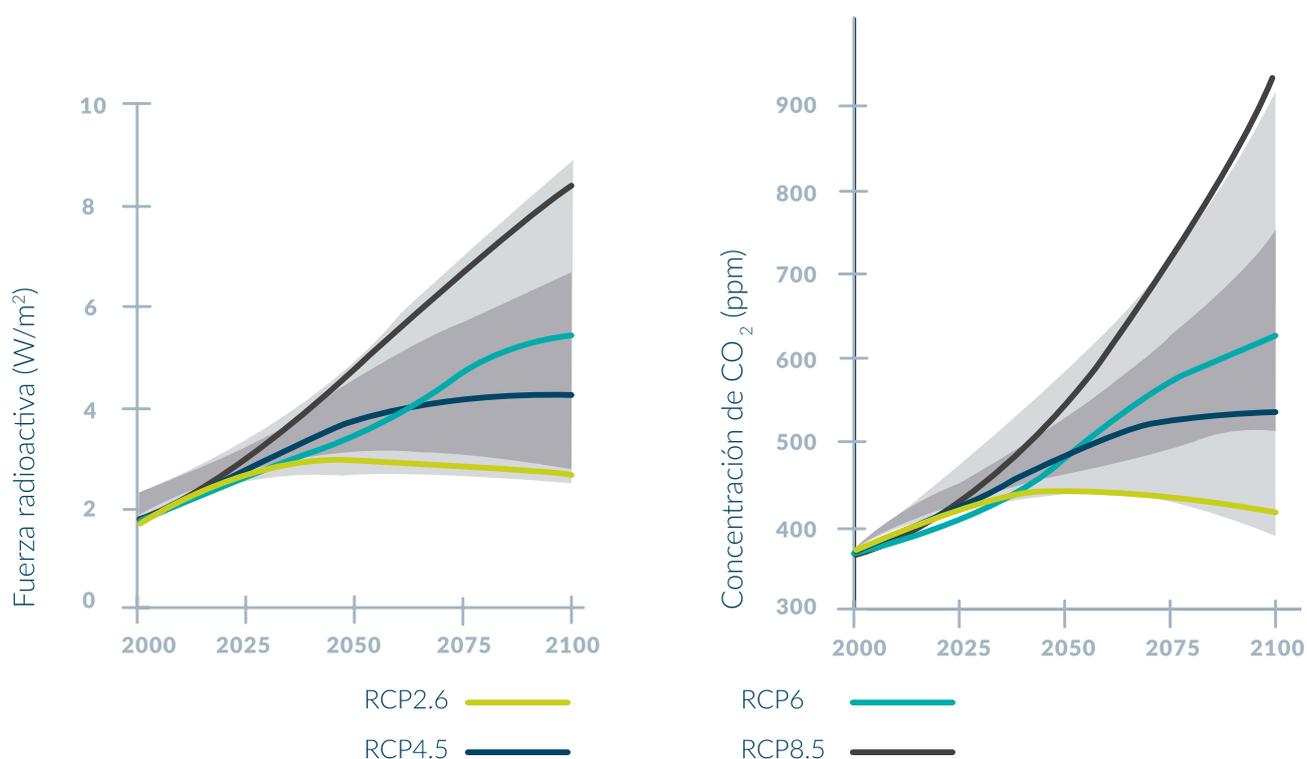
Fuente: Elaboración propia con base en las medidas priorizadas en los 12 estudios de caso. MAPPA, 2022.

## Evolución del clima histórico y el clima futuro

El primer paso para abordar el análisis de riesgo en cada una de las ciudades consistió en la evaluación del clima histórico y los escenarios seleccionados de clima futuro, como punto de partida para la elaboración de diversos escenarios de riesgo. Para ello, en cada una de las ciudades se hizo un proceso de caracterización de la climatología histórica y la climatología futura, utilizando datos de observaciones meteorológicas y de los resultados de modelos climáticos.

La mayoría de los estudios usaron modelos climáticos que comprenden simulaciones históricas hasta el año 2005 y simulaciones futuras desde el año 2005 hasta el año 2100; las simulaciones de clima futuro muestran escenarios resultantes de distintas condiciones de emisiones de gases efecto invernadero (GEI). Estas simulaciones son de utilidad para evaluar el impacto de las emisiones de GEI sobre el clima futuro en comparación con el clima histórico.

**Figura 7. Forzamiento radiactivo y concentración de CO<sub>2</sub> para los escenarios RCP.**



Fuente: (Red Remedia, 2018).

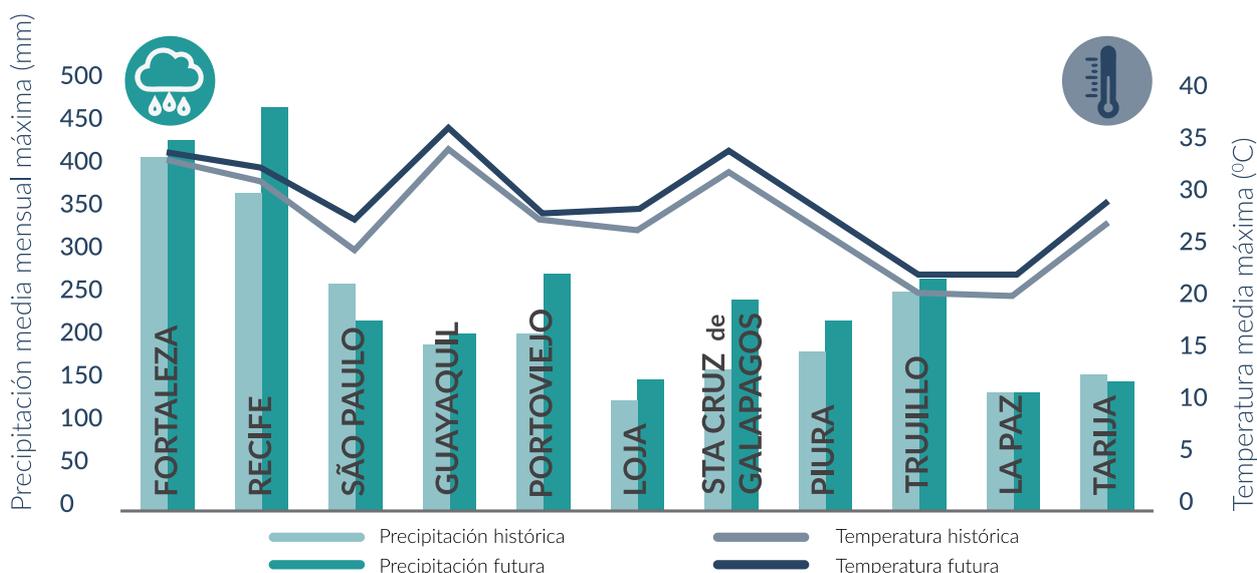
El IPCC definió cuatro escenarios de emisiones que muestran unas posibles trayectorias de evolución de las emisiones antropogénicas globales, estos escenarios se llaman **camino representativo de radiación (RCP)**<sup>6</sup>. Se presentan desde RCP 2.6, el escenario más optimista con baja radiación solar excedente, hasta el RCP 8.5, el escenario más pesimista con alta radiación solar excedente. Entre este rango, el clima futuro resultará de la capacidad humana de reducir las emisiones de GEI a nivel global.

<sup>6</sup> Por sus siglas en inglés: Representative Concentration Pathway. Ver definición en el glosario.

Para las ciudades estudiadas se desarrollaron análisis de clima futuro con base en los RCP 4.5, escenario intermedio que supone la estabilización de las emisiones hacia 2060, y el RCP 8.5 que permite establecer los escenarios de riesgo más extremos para la adaptación. Los índices definieron varias ventanas de tiempo, dentro de las que se destacan los horizontes al año 2040, 2070 y 2100 en la mayoría de las ciudades.

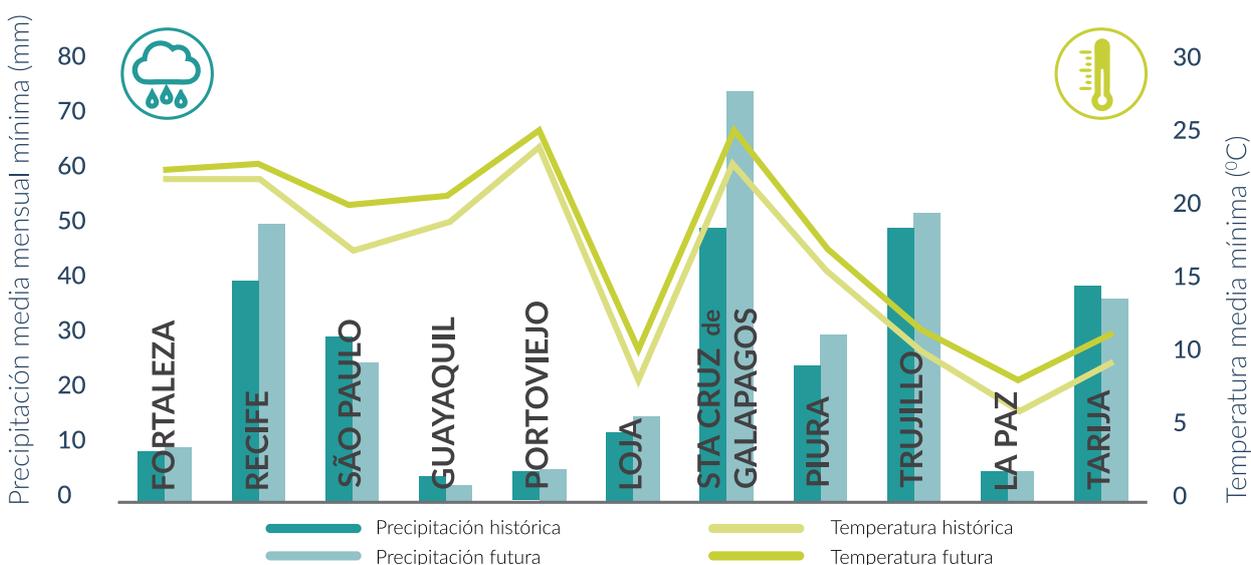
A continuación, se presenta un resumen de los resultados que muestran posibles cambios de las variables de temperatura y precipitación mínima y máxima por cambio climático para el escenario al año 2040 con el RCP 4.5. En las ciudades de São Paulo y Recife se relacionan las variaciones bajo el escenario **RCP 8.5**<sup>7</sup>. En la mayor parte de las ciudades, los resultados de las proyecciones de las variables de precipitación y temperatura para el período a 2040 bajo el RCP 4.5 no varían o varían en una proporción muy pequeña frente al RCP 8.5. Para escenarios al año 2100 esta diferencia es notable.

**Figura 8. Afectación de variables de temperatura y precipitación máximas por cambio climático a 2040, según resultados de cada estudio.**



Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de los estudios índice de riesgo por cambio climático. MAPPA, 2022.

**Figura 9. Afectación de variables de temperatura y precipitación mínimas por cambio climático a 2040, según resultados de cada estudio.**



Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de los estudios índice de riesgo por cambio climático. MAPPA 2022

<sup>7</sup> La ciudad de Arequipa no se incluyó al no contar con desarrollo de modelos climáticos.

Los resultados evidencian un incremento de la precipitación en casi todas las ciudades excepto en São Paulo y Tarija, mientras que en La Paz no se evidenció variación de la precipitación para escenarios futuros. En relación a la temperatura, en todas las ciudades se esperan incrementos para el año 2040 entre 1°C y 3°C, en el largo plazo (año 2100), estos incrementos de temperatura podrían superar los 3°C. En general, las ciudades tendrán temporadas húmedas más húmedas y secas más secas, la intensidad de las amenazas será aún mayor y los eventos extremos se intensificarán y se harán más frecuentes.

## Estimación del índice de riesgo climático

De acuerdo con lo planteado por el IPCC en el AR5, el índice de riesgo climático (IRCC) (o índice de vulnerabilidad al cambio climático, IVCC en algunos estudios de caso) se construye agregando los resultados de sus variables: amenaza, exposición y vulnerabilidad. En las 12 ciudades estudiadas el índice se estimó de acuerdo con la disponibilidad de información, los resultados de los procesos de participación y las aproximaciones y/o modelaciones correspondientes para el conocimiento del riesgo por cambio climático.

Los procesos de **participación** de actores clave en la **construcción** de los **índices** se centraron en la validación de la información, la priorización de las amenazas, la confrontación de datos y modelos con la realidad, la socialización y validación de los resultados de los índices y las medidas de adaptación. El último proceso enfatizó la transferencia de conocimiento entendiendo que la implementación y sostenibilidad de las medidas depende de los gobiernos en todos los niveles y otros **actores clave**<sup>8</sup>.

A continuación, se presenta un gráfico que resume el proceso general para la obtención de los índices de riesgo en las ciudades del proyecto:

**Figura 10.** Proceso general para estimación del índice de riesgo por cambio climático.



Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de los estudios índice de riesgo por cambio climático. MAPPA, 2022.

<sup>8</sup> Se desarrolló un proceso de identificación y mapeo de actores relevantes entre líderes de la comunidad y la academia, instituciones de los gobiernos locales, regionales o nacionales, entre otros.

En el marco de la evolución conceptual entre el AR4 y el AR5, el concepto de **amenaza** requiere la caracterización de eventos históricos, pero también el desarrollo de modelaciones que buscan reproducir los eventos para diferentes intensidades con cierto nivel de incertidumbre, sin importar el grado de **exposición**. Este cambio tiene incidencia en los resultados para cada una de las ciudades, ya que el producto final de algunas ciudades se enmarca en un IVCC y en otras en un IRCC.

La escala del área de estudio y la escala de presentación de resultados del índice varía de acuerdo con las variables empleadas para medir la exposición y vulnerabilidad de las ciudades. En algunos casos se logró llegar a una escala de manzana o barrio, pero en otros casos se evaluó la amenaza en las ciudades, áreas metropolitanas y sus cuencas hidrográficas. En relación con la escala de los resultados, las ciudades que desarrollaron el índice de riesgo realizaron modelaciones de amenazas que permitieron robustecer la delimitación y zonificación de áreas que potencialmente se verían afectadas por eventos de cierta frecuencia e intensidad tanto en los escenarios de clima actual como clima futuro.

Uno de los principales resultados del proyecto consistió en la consolidación de bases de datos de **información cartográfica y estadística**<sup>9</sup> en cada una de las ciudades. En el anexo se presenta un resumen de los aspectos relacionados con la estimación de los índices de vulnerabilidad o riesgo por cambio climático en las 12 ciudades.

## Medidas de adaptación al cambio climático y medios de implementación

En los 12 estudios de caso se desarrollaron 174 medidas de adaptación, distribuidas en componentes asociados al fortalecimiento de capacidades, implementación o mejoramiento de instrumentos territoriales o regulaciones, desarrollo de infraestructura o reasentamiento. De acuerdo con las medidas identificadas, priorizadas y desarrolladas a nivel de ficha de proyecto, se concluye que las ciudades de América Latina y el Caribe requieren tanto la puesta en marcha de medidas de adaptación (medidas implementadoras), como el desarrollo de medios de implementación (medidas facilitadoras).

Las medidas de adaptación o medidas implementadoras (medidas duras o directas, GIZ 2017) son las acciones o proyectos concretos que modifican las variables del riesgo climático (amenaza, exposición, vulnerabilidad) y que por sí mismas incrementan la resiliencia de los ecosistemas y las comunidades humanas como las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) (restauración de un ecosistemas clave para la adaptación), intervenciones construidas (parques lineales de amortiguación en los bordes de una planicie de inundación o reforzamiento de la estructura de una edificación) y reasentamientos, entre otras. (Zorilla & Kuhlmann, 2015).

Los medios de implementación (**MADS, 2020**)<sup>10</sup>, o medidas facilitadoras (medidas blandas o indirectas, GIZ 2017) permiten establecer condiciones favorables para llevar a cabo las acciones de corto, mediano y largo plazo que se requieren para la adaptación al cambio climático. Incluyen estudios y levantamientos de información, medidas de comunicación y coordinación, fortalecimiento de capacidades, asistencia técnica, políticas, instrumentos de planeación, instrumentos regulatorios, gestión, financiación, incentivos, entre otros (Zorilla & Kuhlmann, 2015).

A continuación, se presenta un conteo de los tipos de medidas de adaptación y medios de implementación clasificadas por ciudad:

<sup>9</sup> Reúne aspectos como georreferenciación de eventos, delimitación de cuencas hidrográficas, cuerpos de agua, redes de servicios públicos, procesamiento de cartografía predial, procesamiento de usos del suelo, proyecciones de coberturas, espacialización de variables hidrometeorológicas para clima actual y clima futuro, espacialización de amenazas, procesamiento de indicadores de exposición, capacidad y sensibilidad, basados en información a diferentes escalas y según disponibilidad, procesamiento y espacialización de vulnerabilidad y riesgo.

<sup>10</sup> Se hace referencia al documento Metodología para la Priorización de Medidas de Adaptación frente al cambio climático: Guía de uso y difusión elaborado de manera colaborativa con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) de México.

**Tabla 4.** Número de medidas de adaptación por ciudad y tipo.

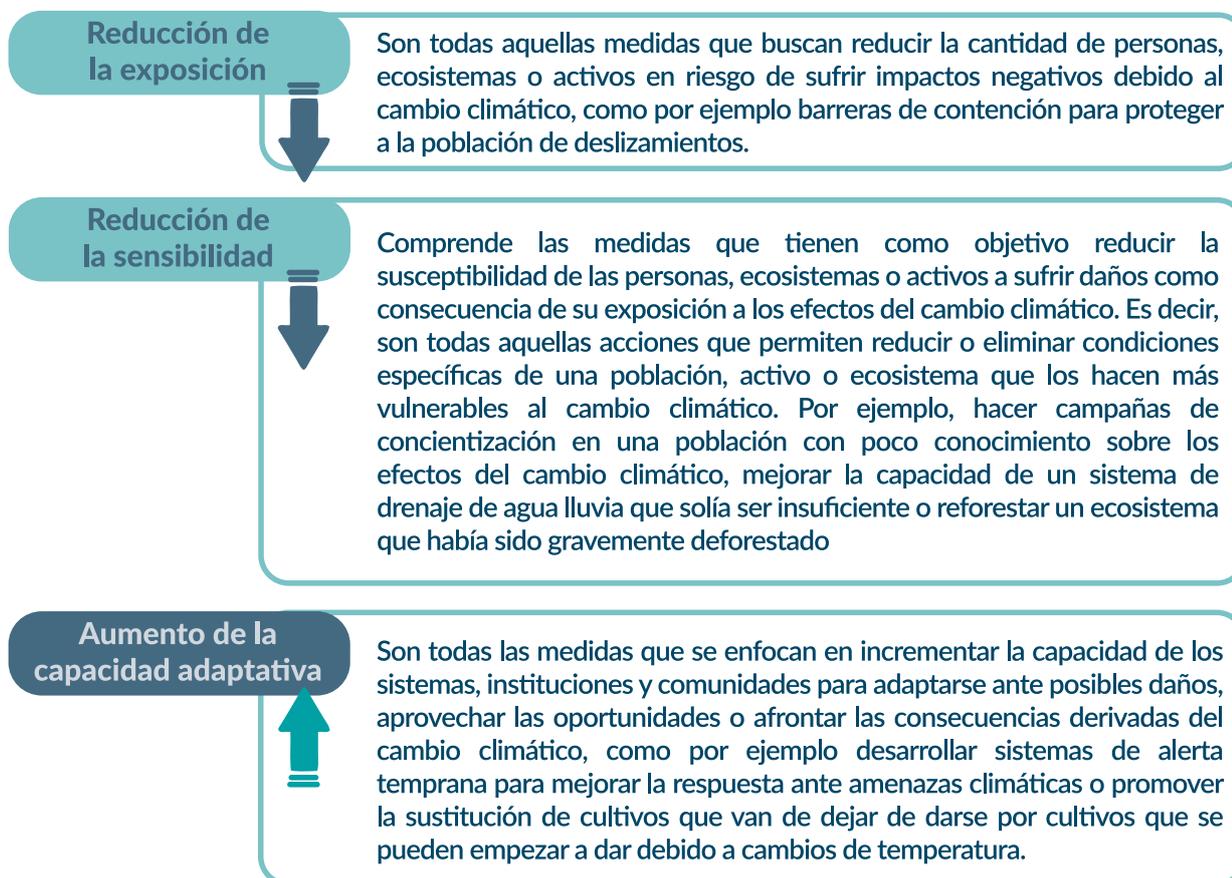
Tipo de medidas	Brasil			Ecuador				Perú			Bolivia		TOTAL
	Fortaleza	Recife	São Paulo	Guayaquil	Portoviejo	Loja	Santa Cruz	Piura	Trujillo	Arequipa	La Paz	Tarija	
<b>MEDIOS DE IMPLEMENTACIÓN</b>													
Asistencia técnica	1	1	1	1	1	-					2	3	10
Fortalecimiento de capacidades internas	1	-	-	1	-	-		1	1		2	1	7
Fortalecimiento de capacidades externas (sociedad civil incluye campañas de prevención, concientización)	2	2	2	-	3	1	1	1	1			2	15
Instrumentos de planeación (puede incluir incentivos) *	2	4	2	1	2	1		1	1		1		15
Instrumentos de gestión (incluye gestión de recursos naturales)	2				1		1	1	1				6
Instrumentos regulatorios (puede incluir incentivos)	2	2			1						5	3	13
Gestión de información*	2	2	3	1	1	1	1			1	3	5	20
<b>MEDIDAS DE ADAPTACIÓN</b>													
Infraestructura gris	2	5	2	1	4	2	1	2	2		1		22
Infraestructura verde	3	3	1	4	3	3	3	3	3	3	5	8	42
Infraestructura azul	2	2		1	2	2	3	3	2	1		2	20
Reasentamiento	1		1					1	1				4
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>174</b>

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de los estudios índice de riesgo por cambio climático. Equipo MAPPA

## Funcionalidad de las medidas en relación con las variables del riesgo

En términos de funcionalidad, las medidas pueden clasificarse según su aporte a la reducción del riesgo por cambio climático en cada una de sus variables. En este sentido, las medidas se pueden clasificar entre aquellas que contribuyen a la reducción de la exposición, de la sensibilidad o que aumentan la capacidad adaptativa:

Figura 11. Medidas de adaptación por variable de riesgo climático.



Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de IRCC. MAPPA, 2022.

En las ciudades estudiadas se observa que las medidas asociadas a la reducción de la **sensibilidad**<sup>11</sup> y **capacidad de adaptación**<sup>12</sup> fueron más prevalentes. En el mismo sentido el 43% de las medidas planteadas en las ciudades se enmarca en el aumento de la capacidad de adaptación. Esto obedece a que los índices incorporan indicadores socioeconómicos y ambientales relevantes para evaluar los aspectos clave de la vulnerabilidad, por lo tanto, las acciones sobre estos indicadores inciden directamente en la reducción de la vulnerabilidad de las personas y los hogares, las edificaciones y la infraestructura, los ecosistemas y con su agregación, de las ciudades.

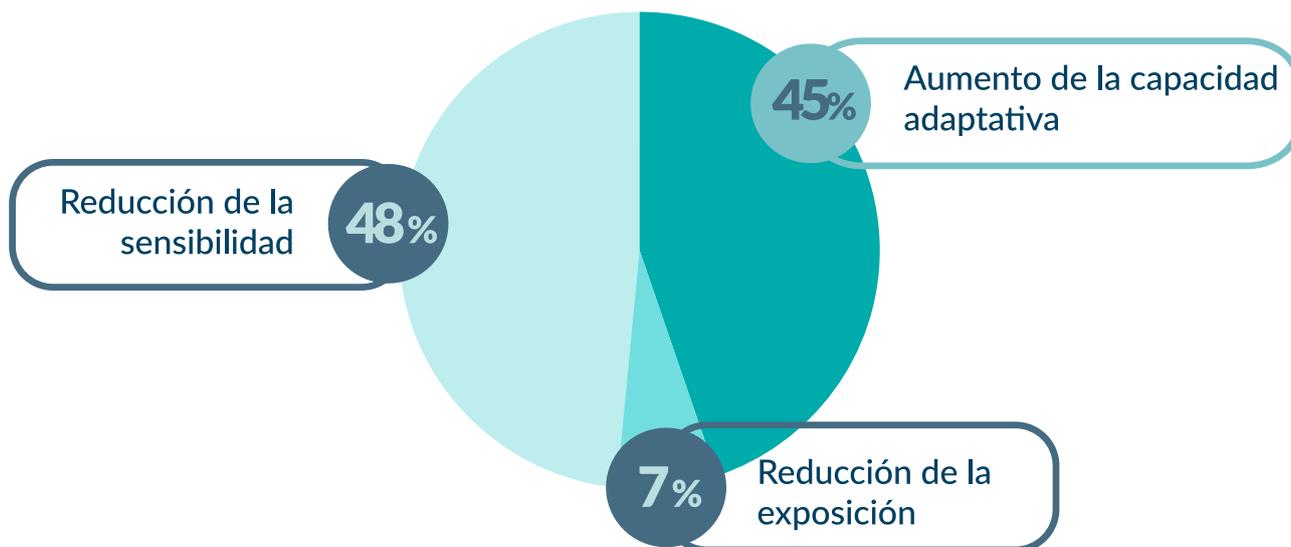
Por otro lado, las medidas asociadas a reducir la exposición fueron menos comunes (7% del total). Las medidas de infraestructura gris, verde o azul que contribuyen a reducir las condiciones de las amenazas, así como las asociadas a la reducción de la vulnerabilidad, que se aplican a las áreas urbanas existentes que ya se encuentran en riesgo, fueron las más comúnmente priorizadas.

En contraste, las medidas de reasentamiento que eliminan la exposición en áreas existentes fue priorizada en pocas ocasiones (ver reasentamiento más abajo). Sin embargo, las medidas de reducción de la exposición son esenciales en la planificación del desarrollo urbano futuro, con el fin de evitar el crecimiento en área de amenaza y buscar la construcción de un territorio seguro.

<sup>11</sup> Ver glosario

<sup>12</sup> Ver glosario

Figura 12. Distribución de las medidas de adaptación por variable de la función de riesgo climático.



Fuente: Elaboración propia a partir de estudios de caso. MAPPA, 2022.

## Escala de las medidas de adaptación. Las ciudades en el sistema territorial

En la mayor parte de los casos (ver anexo), las medidas planteadas se enfocan en el aumento del conocimiento de las condiciones de riesgo más **detalladas**<sup>13</sup>, que permitan establecer si el riesgo es mitigable o no mitigable, y diseñar medidas de adaptación, incluida la medida de reasentamiento, una de las más directas para eliminar una condición de exposición.

El análisis de amenazas en la escala de las cuencas permite entender los flujos hídricos y delimitar los ecosistemas relacionados con la producción hídrica requerida para la sostenibilidad de los socio-ecosistemas, los cuales en algunos casos requieren de medidas de protección y uso sostenible que permitan aunar esfuerzos en su resiliencia.

En algunos casos, las medidas de adaptación aplicadas a la escala rural o de cuenca hidrográfica tienen un impacto mayor que las implementadas directamente sobre las áreas urbanas. En particular, aquellas que se aplican aguas arriba en las cuencas abastecedoras o con drenaje sobre las ciudades tienen un impacto significativo sobre los riesgos por inundación y déficit hídrico.

En las temporadas secas, debido al aumento sostenido de la temperatura en todas las ciudades y su área de influencia, la evaporación del agua y la disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas tienden a disminuir. En las temporadas lluviosas, la intensidad de los eventos o los mayores volúmenes de precipitación en intervalos más cortos de tiempo generan escorrentías con tiempos de concentración reducidos que llegan a las áreas urbanas y en algunos casos con el agravante de arrastre de sedimentos.

En ambos casos resulta fundamental **pensar en los territorios como sistema** y no en las áreas urbanas como si estuvieran aisladas de su contexto, y en la adopción de medidas asociadas a la **restauración, rehabilitación o recuperación de ecosistemas** que redunden en la protección de la capa vegetal, la cual contribuye con la captura de agua y reduce los efectos del cambio climático, entendidos desde el riesgo por inundación y/o déficit hídrico.

<sup>13</sup> "En la mayor parte de los casos las ciudades no cuentan con información biofísica detallada, y los resultados a escala de cuencas, de municipios u otras jurisdicciones requieren un mayor nivel de detalle para el diseño de medidas".

## Medidas de adaptación según tipo de intervención: infraestructura y SbN

En las ciudades estudiadas los tipos de medidas de adaptación más comunes fueron, con un amplio margen de distancia, las medidas de **infraestructura gris** y las **SbN<sup>14</sup>** que agrupan la **infraestructura verde** e **infraestructura azul**. Esta proporción muestra un gran interés por implementar acciones concretas que tengan impactos tangibles y contribuyan a mejorar la resiliencia y adaptación al cambio climático de forma directa.

En algunas ciudades, el énfasis en medidas concretas de infraestructura y SbN también se asocia con la falta de inversión en medidas de mitigación del riesgo actual y la necesidad de las instituciones locales de implementar medidas identificadas en el proceso de estimación del índice y/o en estudios que transcurrieron en paralelo o que ya existían.

En la mayor parte de los estudios de caso, las medidas de infraestructura se enfocaron en la resiliencia de los sistemas estructurantes de las ciudades y los componentes de las cuencas hidrográficas. En particular, los sistemas de movilidad, servicios públicos, espacio público y equipamientos existentes requieren la implementación de medidas para su adaptación, mientras que las inversiones para la construcción de nuevas áreas, redes y edificaciones necesitan planificarse frente al conocimiento de áreas seguras y lineamientos de adaptación al cambio climático.

## Reasentamiento

La medida de adaptación menos común entre las ciudades de estudio fue el **reasentamiento**, ya que solo se propusieron medidas en 4 ciudades. Lo anterior es coherente al tratarse de una medida compleja, que debe **llevarse a cabo solamente cuando se conozca el riesgo y se determine la no mitigabilidad** del riesgo e imposibilidad de adaptación, incluyendo el análisis costo beneficio de las potenciales medidas.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta que el reasentamiento no se limita a la localización en un área segura frente al riesgo por cambio climático; también debe garantizar un nivel de desarrollo y acceso a bienes y servicios que dignifique la vida de las comunidades y mantenga o mejore sus condiciones de vida. Adicionalmente, en caso de que el proceso de reasentamiento sea necesario, se debe planificar el área donde se reasentaría la población y la intervención de áreas liberadas, con la implementación de acciones que contribuyan con la reducción del riesgo por cambio climático y que minimicen la posibilidad de nuevas ocupaciones.

## Medios de implementación

Todas las ciudades estudiadas presentaron propuestas de medios de implementación. Entre las propuestas resaltan la incorporación del riesgo en instrumentos de planificación y regulatorios y/o su desarrollo, procesos de asistencia técnica y fortalecimiento de capacidades internas (instituciones) y de capacidades externas (educación, sensibilización, prevención), gestión de la información, y con menor relevancia medios relacionados con gestión y financiación.

<sup>14</sup> Se recomienda consultar el segundo documento transversal de esta serie para ampliar la información: SbN para la mitigación y adaptación al cambio climático en las ciudades de América Latina



3

**EVALUACIÓN DEL  
RIESGO CLIMÁTICO  
EN AMÉRICA LATINA:  
LECCIONES APRENDIDAS  
Y RECOMENDACIONES**

A partir del análisis de los estudios de caso y el contraste de los hallazgos con el contexto de la evaluación del cambio climático en ciudades y regiones, se presentan, a continuación, los principales hallazgos, lecciones aprendidas y recomendaciones. Las recomendaciones se centran en los pasos a seguir para las ciudades de América Latina y el Caribe que cuentan con avances en el conocimiento del riesgo climático en su territorio, y las ciudades que no cuentan con avances significativos. También se plantean algunas posibles rutas de acción para que CAF continúe su trabajo apoyando a las ciudades en sus procesos para la construcción de territorios adaptados al cambio climático.

## Principales hallazgos y lecciones aprendidas

Los casos de estudio mostraron que las ciudades avanzaron significativamente en el conocimiento del riesgo climático en sus territorios y que las metodologías se pueden ir alineando con el avance del conocimiento climático a nivel global.

Se encontró que en todas las ciudades las amenazas se intensificarán tanto en los periodos secos como en los lluviosos, que los eventos extremos serán más intensos y más frecuentes, por lo que es importante conocer el riesgo, planificar el desarrollo territorial y las inversiones en territorios seguros, y actuar para adaptar las áreas urbanas existentes.

También se enfatiza la importancia de contar con escenarios climáticos más precisos, estudiar las cuencas hidrográficas como primera ventana de conocimiento, fortalecer los catastros y los censos para contar con información socioeconómica desagregada, definir áreas prioritarias para profundizar el conocimiento del riesgo climático. Se destaca igualmente el valor de los procesos participativos en la estimación del índice como mecanismo para obtener información de primera mano, generar conciencia sobre el tema y fortalecer las capacidades de funcionarios en los gobiernos locales, regionales y nacionales, y en la sociedad civil.

### Las ciudades avanzaron en el conocimiento del riesgo climático alineado con el marco conceptual del IPCC como primer paso hacia la adaptación de sus territorios

Los índices de vulnerabilidad y riesgo al cambio climático desarrollados por CAF permitieron a 12 ciudades de América Latina y el Caribe avanzar en su conocimiento del riesgo climático y la identificación de medidas de adaptación y medios de implementación. Siete casos se desarrollaron de acuerdo con el marco conceptual del AR4 y estimaron IVCC, mientras que seis adoptaron el marco conceptual del AR5 y estimaron IRCC. Se resalta que los estudios, su alcance y aproximación metodológica se fueron desarrollando de acuerdo a la evolución conceptual de los reportes del IPCC.

Las dos aproximaciones conceptuales identifican una serie de componentes o variables que agregados permitieron conocer y evaluar los efectos negativos del cambio climático. Esta agregación de variables permitió a las ciudades obtener una imagen completa de la "vulnerabilidad" en el AR4 y el "riesgo" en el AR5. Este avance constituye una plataforma sobre la que las ciudades pueden avanzar para la construcción de territorios resilientes. Las recomendaciones sobre los siguientes pasos se plantean en la sección: **Recomendaciones para que las ciudades que cuentan con un IRCC continúen avanzando hacia la adaptación.**

### Evaluación de amenaza y riesgo climático: escalas de análisis y valoraciones desagregadas

**Los escenarios de clima futuro globales y nacionales permiten una aproximación al comportamiento futuro de las amenazas.** La incorporación del cambio climático en la gestión del riesgo y en la planificación se llevó a cabo con escenarios de riesgo futuro que se contrastaron con el clima histórico, permitiendo visualizar las diferencias y evidenciar la necesidad de adaptación al cambio climático, más allá de la gestión del riesgo tradicional. Sin embargo, escenarios más precisos favorecerían tomar decisiones e implementar medidas más ajustadas a la realidad de los territorios.

**Estudiar las cuencas hidrográficas como primera ventana de conocimiento y desarrollar modelos y simulaciones robustas permite un entendimiento completo del cambio climático en los territorios.** Es importante enfatizar

que el cambio climático tiene un impacto directo en las amenazas hidrometeorológicas o hidroclimatológicas, e indirecto como factores detonantes en las amenazas geológicas o geofísicas, por lo que se recomienda que el análisis de las amenazas se desarrolle partiendo de la escala de las cuencas hidrográficas.

Además, se considera importante el desarrollo de modelos hidrológicos y modelaciones hidráulicas robustos, con el fin de entender los impactos que generan las variables climáticas desde la cuenca y que afectan a las áreas urbanas, rurales y naturales como conjunto; en algunos de los estudios de caso incluso se llegaron a estimar el IRCC para áreas metropolitanas y todos sus municipios. Este tipo de análisis permite conocer el riesgo de varios territorios a una escala regional, sin un esfuerzo adicional, como primera ventana de aproximación con el fin de definir áreas prioritarias para estudios más detallados.

**La información socioeconómica y ambiental permite estimar el IRCC, pero debería fortalecerse.** Todos los estudios coincidieron en el uso de información secundaria disponible para el establecimiento de indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, pues en esencia éstos responden a las características físicas, sociales, económicas, ambientales y de infraestructura de las ciudades. Sin embargo, fortalecer los catastros y los censos permitirá profundizar los análisis de vulnerabilidad y riesgo.

## Los procesos participativos son esenciales en la validación de los índices de vulnerabilidad y riesgo climático, y como un mecanismo para fortalecer las capacidades en los territorios

Los procesos participativos realizados con los actores clave en los territorios en el marco de la identificación y priorización de amenazas y medidas de adaptación fueron fundamentales en el proceso de validación de la información y los resultados obtenidos por los profesionales que participaron en la estimación de los IRCC.

Así mismo, la participación de los actores clave fue indispensable para la identificación y priorización de medidas de adaptación acordes con las necesidades de los gobiernos locales y las comunidades. Los talleres y mesas técnicas llevados a cabo en las ciudades estudiadas son un mecanismo para la transferencia de conocimiento, el fortalecimiento y empoderamiento de los actores clave de los distintos niveles de gobierno, líderes de la academia, los gremios y las comunidades locales, que tienen roles principales en la implementación y sostenibilidad de las medidas.

## Recomendaciones para que las ciudades que cuentan con un IRCC continúen avanzando hacia la adaptación

Las ciudades que ya cuentan con IRCC o IVCC tienen suficiente conocimiento del riesgo y la vulnerabilidad, por lo que les es posible avanzar en la implementación de medidas de adaptación en áreas en riesgo y sin riesgo, incorporando el riesgo climático en planes y proyectos para planificar las inversiones de desarrollo urbano futuro en áreas seguras.

En las áreas sin riesgo se enfatiza la necesidad de conservar y restaurar ecosistemas estratégicos para la adaptación y el manejo del drenaje pluvial de las ciudades. En la misma línea las ciudades pueden desarrollar y consolidar los medios de implementación identificados en los IRCC y sus propuestas. Adicionalmente, las ciudades pueden usar los IRCC para priorizar amenazas, aspectos y áreas en las que se debe profundizar el conocimiento del riesgo climático.

### Poner en marcha medidas de adaptación y medios de implementación

**Adaptación de los sistemas estructurantes de las ciudades al riesgo climático.** Teniendo en cuenta el conocimiento de los escenarios de riesgo por cambio climático, y en particular la delimitación **de áreas en situación de riesgo, se puede orientar el desarrollo urbano y las inversiones fortaleciendo en particular:**

- **El sistema de espacios públicos y los sistemas de drenaje urbano sostenible, integrando medidas de adaptación y generando áreas de amortiguación entre las áreas de amenaza, los ecosistemas estratégicos para la adaptación y las áreas habitadas, contribuyendo a la resiliencia de las ciudades y sus territorios.**

Se enfatiza la oportunidad para implementar sbN, como las áreas de amortiguación con medidas de manejo de la escorrentía y las pendientes pronunciadas, e integrar los espacios de contemplación y esparcimiento de los ciudadanos con áreas naturales. Se propone la implementación de parques lineales de borde de planicies aluviales,

laderas y escarpes, y frentes de agua fluviales y marinos; así como parques del agua, bosques urbanos, miradores, planes de arborización, entre otros, que contribuyan al tratamiento del agua, el suelo y la temperatura.

— **Los sistemas estructurantes de los servicios urbanos y su infraestructura, en especial los elementos críticos para la respuesta a eventos extremos:**

- **Servicios públicos:** agua potable, saneamiento, recolección y tratamiento de residuos sólidos y aguas residuales, energía, etc.
- **Servicios sociales:** equipamientos de salud, educación, bienestar social, seguridad, administración pública, cultura, recreación, deporte, etc.
- **Movilidad:** vías, transporte masivo, infraestructura para el transporte motorizado y/o de movilidad activa, etc.

Se recomienda fortalecer los sistemas y redes enfatizando la reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura existente y evitando la exposición de nueva infraestructura en áreas de amenaza. La adaptación de la infraestructura requiere la planificación, diseño, construcción, gestión y mantenimiento para reducir el riesgo y sus impactos.

— **El sistema ecológico de las ciudades, en línea con la implementación de Sbn:** rehabilitación, recuperación o restauración de ecosistemas para la reducción del riesgo por cambio climático.

Se recomienda partir de la identificación de ecosistemas estratégicos para la adaptación presentes en el territorio para garantizar su protección y conservación. Se consideran ecosistemas estratégicos aquellos que tengan potencial para implementar medidas de adaptación, y que generen co-beneficios como la captura de carbono, la conservación de la biodiversidad y su conectividad, la generación de espacios públicos, la integración de paisajes naturales en las ciudades y áreas rurales, etc. La planificación de estas acciones debe promover el equilibrio entre el crecimiento urbano, el desarrollo económico y la protección del sistema hídrico, las áreas forestales y agrícolas, y los ecosistemas.

**Ejecución de medios de implementación y fortalecimiento de capacidades.** Todas las ciudades estudiadas presentaron propuestas de medios de implementación, mostrando la importancia de contar con las capacidades institucionales, técnicas y financieras para ejecutar medidas de adaptación. El trabajo de CAF ha sido clave en el fortalecimiento de las capacidades de las ciudades, incluyendo los procesos de participación que se llevaron a cabo para el desarrollo de los índices y la entrega de la información consolidada y desarrollada, como semilla de procesos robustos de gestión de la información.

## Incorporación del cambio climático en la reducción del riesgo: en la planificación hacia un desarrollo urbano resiliente

La evaluación del riesgo climático permitió a las 12 ciudades conocer áreas desarrolladas con y sin riesgo para promover y ejecutar medidas de adaptación. También se identificaron áreas que se requieren para el desarrollo futuro pero que, al tener una condición de amenaza y riesgo climático, necesitan estudios detallados para implementar medidas de mitigación del riesgo y adaptación al cambio climático.

Con el conocimiento consolidado a través de los 12 índices los gobiernos locales, regionales y nacionales las ciudades avanzaron significativamente y reconocieron la importancia de incorporar los resultados de estos estudios en los instrumentos de planificación territorial y ambiental. Este primer paso hacia la implementación de medidas es clave en cuanto habilita el desarrollo de las ciudades en condiciones seguras, y direcciona los recursos de inversión en proyectos resilientes al cambio climático y áreas seguras.

La incorporación del cambio climático en los instrumentos de planificación urbana y territorial es una medida de adaptación básica. Consiste en orientar el desarrollo de las nuevas áreas de las ciudades fuera de las áreas delimitadas con condición de amenaza, evitando así la exposición de nuevos elementos: personas, edificaciones, infraestructura y actividades económicas. Es importante enfatizar que las inversiones de movilidad, servicios públicos, servicios sociales y construcción deben dirigir el desarrollo urbano futuro hacia áreas seguras.

Además, se recomienda la implementación de medidas en todas las áreas urbanas, no solo en las áreas en condición

de amenaza. En particular es fundamental implementar medidas de manejo de la escorrentía que reduzcan la presión sobre los sistemas de drenaje urbano y permitan su distribución, sin agravar las condiciones de la amenaza de inundación aguas abajo o en laderas.

También es crucial que se profundice el desarrollo de medios de implementación relacionados con la gestión del riesgo y la financiación de medidas. Se requiere fortalecer la capacidad de los gobiernos de todos los niveles para la preparación de notas de concepto y propuestas para la asignación de recursos, y facilitar el acceso a fondos internacionales para la adaptación al cambio climático. Además, se requiere desarrollar mecanismos de gestión y financiación asociados al desarrollo del territorio, y en particular del desarrollo urbano, para generar ingresos a nivel local y reducir la dependencia de instancias nacionales.

## Profundización en el conocimiento del riesgo climático

De manera general, en la mayor parte de las ciudades la información disponible permitió realizar la evaluación de amenazas haciendo uso de variables representativas. Sin embargo, las ciudades en las cuales se generó información primaria, como escenarios de clima futuro más precisos y/o modelaciones de amenazas, desarrollaron una mejor comprensión del riesgo climático en su territorio.

A futuro, las ciudades estudiadas deberán afinar su conocimiento sobre las condiciones de amenaza y riesgo climático, a través de estudios detallados, sin que esto limite el avance de la gestión del riesgo climático, partiendo de los resultados obtenidos en los estudios del IRCC.

**Levantamientos de información primaria.** La información disponible en las ciudades presentó variaciones significativas; sin embargo, la mayor parte de las ciudades se beneficiarían al contar con información más precisa. En otras palabras, con información de base adicional a la disponible para los IRCC, se podría profundizar la estimación del índice e incorporar otras amenazas relevantes que no fueron estudiadas, por falta de información.

En términos generales, topografías y batimetrías más detalladas, información sobre usos del suelo en las áreas urbanas y coberturas del suelo en áreas rurales y naturales, así como hidrología, geología y geomorfología más completas y de escalas más detalladas fortalecerían la evaluación del riesgo y la toma de decisiones de planificación.

**Monitoreo de los escenarios de cambio climático y actualización del IRCC y los planes de adaptación.** Los escenarios nacionales de la Tercera Comunicación de Cambio Climático de cada país deben evolucionar en el desarrollo de escenarios regionales y escenarios locales. Estos se deben construir a través de la interpolación de datos observados de series históricas de variables climáticas, tomadas por estaciones hidrometeorológicas locales, con los escenarios globales, con el fin de establecer escenarios climáticos ajustados a las condiciones particulares de los territorios. Se recomienda priorizar los territorios con mayor concentración de elementos expuestos y/o los que se encuentren en mayor riesgo.

En algunas ciudades será necesario fortalecer el sistema local de estaciones hidro-meteorológicas y oceanográficas, lo cual podría estar asociado al desarrollo de Sistemas de Alerta Temprana (SAT), que permite a las comunidades e instituciones prepararse con cierta anticipación antes de la ocurrencia de algunas amenazas.

Finalmente, es clave monitorear el avance global de los esfuerzos para reducir las emisiones de GEI y sus impactos en los escenarios de cambio climático, y el comportamiento regional y/o local de las variables climáticas. Los datos de estos escenarios y el monitoreo de los avances en la implementación de medidas de adaptación, deben ser la base para actualizar los planes de adaptación al cambio climático y otros instrumentos al menos cada 10 años. Es importante entender los planes de adaptación como un proceso continuo que debe optimizarse con nueva información.

**Modelaciones y estudios específicos para amenazas.** Solo algunas ciudades estudiadas incluyeron modelaciones de amenazas que permitieron delimitar y zonificar en mayor detalle y precisión el comportamiento de las mismas. En este contexto, en todas las ciudades es crucial profundizar el conocimiento de las condiciones de amenaza y riesgo climático de manera detallada para habilitar la implementación de las medidas identificadas y otras que se deriven de este proceso.

Se recomienda usar los estudios de IRCC para identificar las áreas que ameritan ser estudiadas en mayor detalle, con el fin de llegar a una escala de diseño que permita la implementación de medidas. De otro lado, en las ciudades

que no estudiaron sus cuencas hidrográficas, se sugiere adelantar modelos hidrológicos para una comprensión completa del comportamiento del agua y su incidencia en las amenazas hidroclimatológicas.

**Fortalecer los catastros y los censos para contar con información socioeconómica desagregada que permita profundizar en la evaluación de vulnerabilidad.** Como se mencionó al comienzo de este capítulo, todos los estudios usaron información secundaria para los análisis de vulnerabilidad, pero su escala difiere en gran medida, por lo que se recomienda el fortalecimiento de los catastros y de los censos, y/o el desarrollo de proyectos enfocados en el levantamiento de información primaria para publicar información actualizada en sistemas de información geográfica y desagregada a escala de manzana o predio. Lo anterior permitirá el establecimiento del riesgo por cambio climático a escala urbana y de sector y facilitará la delimitación de las áreas donde se requieren estudios detallados.

## Recomendaciones para que las ciudades que no aún cuentan con un IRCC avancen en la construcción de territorios resilientes

Otras ciudades de América Latina y el Caribe podrán sumarse a este esfuerzo para profundizar su conocimiento del riesgo climático, con el fin de habilitar la implementación de las medidas de adaptación al cambio climático y fortalecer la resiliencia de la región. Este proceso debe alinearse con los nuevos desarrollos técnicos y metodológicos desarrollados a nivel global.

Para las ciudades que van a empezar a trabajar en el conocimiento climático se recomienda:

### Alinear el proceso metodológico de estimación del IRCC con el último reporte del IPCC

Se recomienda que la próxima generación de estudios de riesgo climático se base en las modelaciones y el marco conceptual propuesto en el Sexto Informe del IPCC, el cual será publicado en su versión final a finales del año 2022. Además, de acuerdo con el marco metodológico definir la cartografía, variables e indicadores a construir.

### Definir el área de estudio en línea con aspectos climatológicos y del desarrollo urbano

Desde el punto de vista hidroclimático se recomienda partir de la escala de cuenca hidrográfica -como se explicó en los apartados (i) **Escala de las medidas de adaptación, las ciudades en el sistema territorial** y (ii) **Evaluación de amenaza y riesgo climático: escalas de análisis y valoraciones desagregadas**- y desde el punto de vista del desarrollo urbano abordar el área metropolitana o aglomeración urbana funcional.

### Recopilar y adelantar levantamientos de información primaria para permitir una evaluación más precisa y completa del riesgo

Se sugiere recolectar toda la información relevante de topografías, batimetrías, usos del suelo, coberturas de la tierra, geología, geomorfología, inventario de eventos, escenarios climáticos, indicadores socioeconómicos, entre otros, que se especificaron en la sección sobre Profundización en el conocimiento del riesgo climático.

### Desarrollar un proceso de identificación y priorización de medidas de adaptación y medios de implementación

En primer lugar, se recomienda evaluar los proyectos e inversiones en curso en la ciudad y su territorio y, en segundo lugar, construir un “universo de medidas” que permita tener una visión amplia de las posibilidades de acción para la construcción de un territorio más resiliente. En este paso es importante tener claridad sobre la diferencia entre medidas de adaptación y medios de implementación, como se explicó en el apartado sobre **Medidas de adaptación al cambio climático y medios de implementación**, con el fin de balancear las propuestas y buscar cumplir todos los aspectos relevantes.

En tercer lugar, se sugiere establecer criterios para la priorización de medidas, y aplicar los criterios y un proceso de puntuación y ponderación para seleccionar las medidas prioritarias.

Y, en cuarto lugar, desarrollar en mayor detalle las medidas prioritarias y llevar a cabo análisis técnicos, económicos

y de actores, para verificar la viabilidad de las medidas y plantearlas al nivel más preciso posible para avanzar hacia su implementación.

## Construir el IRCC con la participación de actores clave

Se recomienda adelantar procesos participativos, como se plantea en el apartado de Los procesos participativos son esenciales en la validación de los índices de vulnerabilidad y riesgo climático y un mecanismo para fortalecer las capacidades en los territorios y en la introducción del apartado sobre **Estimación del índice de riesgo climático**.

## Gestión y financiación

En quinto lugar, se sugiere preparar un plan de adaptación o integrar estos contenidos a los instrumentos de planeación existentes, como preparación para la gestión y financiación de las medidas, que es el sexto paso recomendado. Finalmente, se propone avanzar en el diseño e implementación de las medidas y en su monitoreo, porque el clima cambiante requiere un proceso continuo de adaptación como se mencionó anteriormente.

## Recomendaciones para CAF

En la última década, CAF ha acumulado una experiencia relevante a través de su trabajo en el área de cambio climático, en los IRCC, en los proyectos de pre-inversión desarrollados en el marco de la **Iniciativa LAIF sobre Ciudades y cambio climático**, entre otros programas y proyectos. Esta experiencia, además de una importante red de ciudades, instituciones, donantes y otros actores relevantes posicionan a CAF en un rol de facilitador para la gestión del riesgo climático y la adaptación, y la financiación de las acciones requeridas para hacer frente al cambio climático.

## Financiación de estudios, medidas de adaptación y medios de implementación

CAF podrá apoyar a las ciudades que cuentan con IRCC en el desarrollo, diseño e implementación de las medidas de adaptación y medios de implementación, en línea con las medidas identificadas y priorizadas (ver Tabla 5 en el capítulo 2) y los principales aspectos para la construcción de ciudades más seguras y sostenibles (ver figura 3 en el capítulo 1).

Con base en la experiencia de los 12 casos de estudio, CAF podrá desarrollar una metodología para replicar la estimación de los IRCC en más ciudades, retomando las mejores aproximaciones planteadas por las distintas consultorías. Incluso promover el estudio de cuencas clave en países latinoamericanos, ampliando la cobertura de los estudios, en particular en áreas críticas por la intensidad de los fenómenos y/o por la relevancia de los elementos expuestos. Así como explorar el desarrollo de metodologías para el análisis de amenazas marino-costeras, que han tenido un menor desarrollo hasta ahora.

## Gestión de recursos internacionales orientados a procesos y proyectos de adaptación

CAF ha liderado la movilización de recursos internacionales para la implementación de acciones de financiación, mitigación y adaptación asociadas con el cambio climático, como la Iniciativa LAIF sobre Ciudades y cambio climático financiada por la Unión Europea. Entre otros pasos, CAF ha fortalecido sus herramientas para que en el proceso de financiación de proyectos se integren aspectos climáticos; y también ha identificado y financiado proyectos urbanos con “co-beneficios climáticos” en países de la región, como se puede ver en los documentos transversales de movilidad urbana y Cambio Climático en América Latina y soluciones basadas en la naturaleza y cambio climático en ciudades de América Latina. Basados en esta experiencia, CAF podría acompañar a los gobiernos nacionales, regionales y locales en la preparación de notas de concepto y propuestas de proyectos de adaptación para su financiación ante fuentes internacionales. Este proceso sería una línea de apoyo a la gestión y financiación del cambio climático, y/o parte de una línea de asistencia técnica y/o de fortalecimiento de capacidades.

## Diálogo interinstitucional e intersectorial: asistencia técnica y difusión del conocimiento

Se recomienda desarrollar, profundizar y replicar procesos de asistencia técnica de CAF para fortalecer las capacidades institucionales de los gobiernos regionales y locales, y las autoridades ambientales y de manejo del riesgo y el cambio climático. La asistencia técnica podría acompañar a las ciudades de América Latina para que avancen en la profundización del conocimiento del riesgo y la incorporación del riesgo en los instrumentos de

planificación territorial y del desarrollo, instrumentos sectoriales y regulaciones que orienten la gestión y la inversión para la construcción de ciudades y territorios resilientes.

Como actor multilateral, CAF podrá continuar sensibilizando a los diferentes niveles de gobierno de América Latina y el Caribe sobre el cambio climático, promoviendo diálogos entre instituciones y sectores e incluso profundizando la difusión del conocimiento.

En este sentido, CAF cuenta con un repositorio con la información de los 12 estudios de riesgo y vulnerabilidad desarrollados. Así mismo, ha desarrollado un curso en línea masivo abierto (MOOC) sobre Ciudades y cambio climático en América Latina, donde presenta los principales resultados, aprendizajes y metodologías desarrolladas para la comprensión y la acción frente al cambio climático en ciudades de la región.

# GLOSARIO

**ADAPTACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO:** proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de reducir o evitar los daños o aprovechar las potenciales oportunidades. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos (IPCC, 2014).

**ACTOR ESTRATÉGICO:** institución pública o privada con interés y capacidad que participó en el proceso de formulación del Plan de Adaptación, la estimación del IRCC, priorización de medidas y planificación de la adaptación al cambio climático.

**AGLOMERACIÓN:** es un fenómeno de concentración económica y demográfica asociado con el proceso de urbanización e intercambio en un territorio.

**AMENAZA (PELIGRO):** en el contexto de riesgos, la amenaza es el peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana, se presente con una severidad suficiente para causar pérdidas de vidas, lesiones o daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

Acaecimiento potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios, ecosistemas y recursos ambientales» (IPCC, 2014).

En algunos países de Hispanoamérica se llaman **amenazas**, pero en otros se ha adoptado el término **peligros**, ambas traducciones adecuadas de la palabra *hazard* en inglés.

**CAMBIO CLIMÁTICO:** modificación del estado del clima identificable (p. ej., mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropogénicos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad del clima atribuible a causas naturales (IPCC, 2014).

**CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN:** capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias (IPCC, 2014).

**DESASTRE:** alteración grave del funcionamiento normal de una comunidad o una sociedad debido a fenómenos físicos peligrosos que interactúan con las condiciones sociales vulnerables, dando lugar a efectos humanos, materiales, económicos o ambientales adversos generalizados que requieren una respuesta inmediata a la emergencia para satisfacer las necesidades humanas esenciales, y que puede requerir apoyo externo para la recuperación (IPCC, 2014).

**ELEMENTOS EXPUESTOS:** conjunto de bienes o activos susceptibles de sufrir daño y producir pérdidas por encontrarse en un área con presencia y o probabilidad de ocurrencia de amenazas.

**ESTUDIO DE DETALLE:** estudios de amenaza y riesgo más precisos que el IRCC que proveen las bases para el desarrollo de diseños de intervención para implementación de medidas de mitigación del riesgo y/o adaptación al cambio climático en un área particular.

**EXPOSICIÓN:** presencia de personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura; o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente (IPCC, 2014) por el impacto de una o varias amenazas.

**GEI:** Gases de efecto invernadero. Agrupan varios gases como el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, los gases fluorados, entre otros. Estos gases, limitan la salida del calor del sol de la atmósfera, incrementando la temperatura del planeta y detonando alteraciones en todos los ciclos climáticos. Los GEI se miden en unidades de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e), una medida que describe la cantidad de GEI que tendría el mismo potencial de contribución al cambio climático

que el CO<sub>2</sub> en un periodo estimado de 100 años.

**IMPACTO:** efectos en los sistemas naturales y humanos. En este informe, el término impacto se emplea principalmente para describir los efectos de episodios meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático en vidas, medios de subsistencia, salud, ecosistemas, economía, cultura, servicios e infraestructuras que ocurren en un tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos. Los impactos también se denominan consecuencias y resultados. Los impactos del cambio climático sobre los sistemas geofísicos, incluidas las crecidas, las sequías y la elevación del nivel del mar, son un subconjunto de los denominados impactos físicos (IPCC, 2014).

**ÍNDICE DE ARIDEZ:** característica cualitativa del clima que, a partir del balance hídrico superficial, permite medir e identificar lugares con déficit o excedentes de agua (IDEAM, 2010).

**INFRAESTRUCTURA VERDE:** red estratégicamente planificada de zonas naturales y seminaturales de alta calidad, diseñada y gestionada para proporcionar un amplio abanico de servicios ecosistémicos y proteger la biodiversidad tanto de los asentamientos rurales como urbanos. La infraestructura verde está compuesta por una amplia gama de diferentes elementos medioambientales que pueden operar a distintos niveles, desde pequeños elementos lineales como tejados verdes hasta ecosistemas funcionales completos, tales como bosques de llanuras inundables, humedales o ríos que fluyen libremente. Tiene como objetivo mejorar la capacidad de la naturaleza para facilitar bienes y servicios ecosistémicos múltiples y valiosos, tales como agua o aire limpios (Unión Europea, 2014).

**IRCC:** es el índice de riesgo al cambio climático estimado por la consultoría y reportado en el documento del objetivo 1. El IRCC se estimó de acuerdo con las definiciones del IPCC en su reporte AR5 publicado en 2014, en el cual, el riesgo se define como la síntesis de las relaciones entre el peligro (amenaza), los elementos expuestos y la vulnerabilidad de dichos elementos.  $\text{Riesgo} = \text{Peligro} * \text{Exposición} * \text{Vulnerabilidad}$ .

**MEDIDAS DE ADAPTACIÓN:** medidas implementadoras, o duras (GIZ, 2017) son acciones o proyectos concretos que modifican las variables del riesgo climático (amenaza, exposición, vulnerabilidad) como las SbN e intervenciones construidas, entre otras.

**MEDIOS DE IMPLEMENTACIÓN:** medios que permiten establecer las condiciones y la creación de un entorno favorable para llevar a cabo las acciones que se requieren en el cumplimiento a corto, mediano y largo plazo para la adaptación al cambio climático. Los medios de implementación pueden dividirse en 5 grupos: (i) educación, formación y sensibilización; (ii) información, ciencia, tecnología e innovación; (iii) financiamiento e instrumentos económicos; (iv) planificación; y (v) construcción y fortalecimiento de capacidades<sup>21</sup>.

**RCP:** caminos representativos de radiación, por sus siglas en inglés: *Representative Concentration Pathway*. Básicamente son escenarios de cambio climático que miden la radiación solar excedente que permanece en la atmósfera por el efecto barrera de los GEI y que genera la alteración de las variables y ciclos climáticos.

**RIESGO:** consecuencias eventuales en situaciones en que algo de valor está en peligro y el desenlace es incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo, el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de fenómenos o tendencias peligrosos multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales fenómenos o tendencias. Este término se suele utilizar para referirse a las posibilidades, cuando el resultado es incierto, de que ocurran consecuencias adversas para la vida; los medios de subsistencia; la salud; los ecosistemas y las especies; los bienes económicos, sociales y culturales; los servicios (incluidos los ambientales) y la infraestructura (IPCC, 2014).

**SENSIBILIDAD:** predisposición física de los seres humanos, infraestructura y ambiente a ser afectados por un fenómeno peligroso (IPCC, 2014).

**SERVICIOS SOCIALES:** en este estudio, se refiere a la infraestructura, edificios y áreas abiertas en los que se prestan servicios de educación, salud, cultura, administración pública, seguridad, bienestar social, recreación y deporte, entre otros, a las comunidades.

**SERVICIOS PÚBLICOS:** en este documento, se refiere a las áreas e infraestructura que prestan servicios de provisión de agua potable, energía y comunicaciones, y recolección y tratamiento del drenaje pluvial, aguas servidas y residuos sólidos.

**VULNERABILIDAD:** susceptibilidad a sufrir daño que tienen los elementos expuestos, tras la manifestación de la amenaza. Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación (IPCC, 2014).

## REFERENCIAS

Banco Mundial. (2022). Población urbana (% del total). Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS>

CAF. (2014). *Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe. Caracas.*

CAF. (10 de junio de 2022). Ciudades y crecimiento económico. Obtenido de <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2022/06/ciudades-y-crecimiento-economico/>

GIZ. (2015). *Metodología para la Priorización de Medidas de Adaptación frente al cambio climático.* Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/223039/metodologia-priorizacion\\_guia-uso-difusion.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/223039/metodologia-priorizacion_guia-uso-difusion.pdf)

Guido Aldana, P. (2017). *Cambio climático: selección, clasificación y diseño de medidas de adaptación.* México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

IPCC. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.* Ginebra, Suiza.

IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.* Ginebra, Suiza.

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change.* Ginebra, Suiza.

L. E. Meza y A. G. Rodríguez. (2022). *Soluciones basadas en la naturaleza y la bioeconomía: contribución a una transformación sostenible e inclusiva de la agricultura y a la recuperación pos-COVID-19. Serie Recursos Naturales y Desarrollo 210 (LC/TS.2022/43).* Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

ONU: Acción por el clima. (01 de julio de 2022). *Desafíos Globales: cambio climático.* Obtenido de [file:///G:/Mi%20unidad/00.%20Otros/CAF/%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico\\_%20%20Naciones%20Unidas.html](file:///G:/Mi%20unidad/00.%20Otros/CAF/%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico_%20%20Naciones%20Unidas.html)

Red Remedia. (2018). *Nuevos escenarios de emisión: RCPs.* Obtenido de [http://www.oscc.gob.es/es/general/salud\\_cambio\\_climatico/Nuevos\\_escenarios\\_emision\\_RCPs.htm](http://www.oscc.gob.es/es/general/salud_cambio_climatico/Nuevos_escenarios_emision_RCPs.htm)

Zorilla & Kuhlmann. (2015). *Metodología para la priorización de medidas de adaptación frente al cambio climático: guía de uso y difusión.* México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Archivo: Temperature Bar Chart Globe 1850-2020, 2021-07-13.png Graphics and lead scientist: Ed Hawkins, NCAS, UoR.

Datos: Berkeley Earth, NOAA, UK Met Office, MeteoSwiss, DWD, SMHI, UoR, Meteo France & ZAMG. <https://showyourstripes.info/s/globe> University of Reading

# ANEXO

Tabla 5. Resumen estimación de índice de riesgo/vulnerabilidad en cada ciudad.

Ciudad	Caracterización amenazas	Exposición	Vulnerabilidad	Riesgo
Fortaleza	No aplica	<p>Se espacializa la exposición a aumento de temperatura, sequías prolongadas, lluvias extremas y aumento del nivel del mar. La espacialización de estas variables se realiza conforme con recolección de información secundaria sobre afectaciones históricas, áreas de influencia costeras y disponibilidad de acueducto y alcantarillado.</p> <p>Se prevé aumento del nivel del mar a 2100 entre 0.7 y 1 metro para el año 2100. Para 2040, se espera 0.35 metros de ascenso.</p>	<p>Se estiman indicadores de sensibilidad para densidad demográfica, índice de desarrollo humano y zonas de especial interés. Exposición x sensibilidad/capacidad de adaptación</p> <p>Se estima el riesgo actual y el riesgo futuro para cada una de las amenazas y finalmente se agrega el riesgo en un solo indicador.</p> <p>De nivel bajo y medio la ciudad pasa a nivel medio y alto de riesgo climático. En la escala más alta de riesgo se estiman cerca de 55 barrios para el horizonte de 2040.</p>	No aplica
Recife	<p>Se realizan análisis espaciales para obtener zonificación de amenazas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- inundación: indicadores morfométricos y áreas afectadas por inundación,</li> <li>- deslizamientos: áreas afectadas por deslizamientos, susceptibilidad y factores detonantes.</li> <li>- sequía meteorológica: análisis de series de precipitación históricas.</li> </ul>	Se emplean variables de exposición: sociales, económicas, territoriales y ambientales.	<p>Sensibilidad – capacidad adaptación.</p> <p>Para cada amenaza se estima la variable de exposición y de sensibilidad (socioeconómica, demográfica e infraestructura).</p>	<p>Amenaza x exposición x vulnerabilidad.</p> <p>En inundación se presenta una transición de áreas de riesgo moderado a alto y muy alto. En deslizamiento se presenta paso de riesgo bajo a medio y de medio a alto en la periferia de la ciudad.</p> <p>En sequía, se evidencian algunos cambios puntuales de áreas de riesgo moderado a alto.</p> <p>Se estima riesgo agregado y se concluye que los barrios más afectados son 10.</p>
São Paulo	<p>El IVCC se estima para Unidades Hidrográficas de Gestión del Recurso Hídrico del río Tietê. En total se abarcan 8 municipios del área metropolitana de São Paulo.</p> <p>Análisis de amenaza por inundación a escala macro, conforme con zonas geomorfológicas.</p>	Se estima con base en indicadores a nivel municipal de: densidad poblacional, eventos históricos, personas afectadas, edificios afectados, infraestructura (sanitaria, hídrica, transporte, energía, educativa), unidades de conservación.	<p>Análisis de sensibilidad basado en: porcentaje de población vulnerable por municipio, índice de desarrollo humano municipal, nivel de pobreza y desigualdad, PIB per cápita, limitaciones de acceso a agua y nivel de acceso a energía eléctrica.</p> <p>Análisis de capacidad de adaptación basado en: instrumentos de prevención del riesgo climático, disponibilidad de herramientas de gestión, variación interanual del empleo y renta, PIB, variación interanual del PIB, inversión en agua a 2025 y contribución a la adaptación.</p> <p>Se estima vulnerabilidad actual y futura como el cruce entre exposición x sensibilidad x capacidad de adaptación.</p> <p>6 de los 8 municipios analizados presentan vulnerabilidad media y alta.</p>	No aplica

Ciudad	Caracterización amenazas	Exposición	Vulnerabilidad	Riesgo
Guayaquil	Se estima amenaza por inundación, incendios forestales y deslizamientos.	Exposición: se seleccionaron 14 indicadores que toman en cuenta tanto el grado de exposición actual del Municipio de Guayaquil, como las variables de evoluciones climáticas previstas para el territorio, es decir: evolución prevista de temperaturas, precipitaciones y eventos climáticos extremos. Se consideran igualmente impactos económicos futuros del cambio climático sobre el territorio de Guayaquil.	<p>Sensibilidad: un total de 13 indicadores han sido seleccionados para evaluar el grado de sensibilidad de la Municipalidad de Guayaquil. Se trata de indicadores socioeconómicos y ambientales que ilustran las características intrínsecas del municipio que contribuyen a que un mismo impacto del cambio climático pueda ser sentido con mayor intensidad.</p> <p>Capacidad de adaptación: 12 indicadores han sido seleccionados para analizar la capacidad de adaptación de la Municipalidad de Guayaquil frente al cambio climático y de las herramientas de las que dispone el municipio para afrontar dichos impactos. Los valores para los indicadores de capacidad adaptativa son comunes en todos los sectores del municipio.</p> <p>Exposición x sensibilidad/capacidad de adaptación.</p> <p>El sector de la zona de expansión urbana Monte Sinaí es el más vulnerable del área urbana de Guayaquil. Dicho sector, en el que sólo un 10 % de la superficie se encuentra bajo la competencia del municipio, se ha ido poblando mediante invasiones sucesivas y alberga a una población de pocos recursos, constituyéndose en un sector con hábitat precario y con bajo nivel de acceso a los principales servicios.</p>	No aplica
Portoviejo	Se presenta análisis de lluvias intensas, sequías, alta temperatura, temperatura baja, deslizamientos y desertificación, tanto para el escenario actual como para el escenario futuro. Los análisis presentados son a nivel de autoridades jurisdiccionales, es decir a nivel macro.	Se presentan indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación diferenciados de manera sectorial para: -sector agropecuario -sector infraestructura de servicios -sector asentamientos humanos - sector ambiental.	<p>Se realiza análisis de riesgo climático sectorial y análisis de riesgo climático por amenaza, empleando el resultado agregado sectorial de los indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.</p> <p>Los índices de riesgo se agregan en un índice de riesgo global, el cual tiene en cuenta todas las amenazas identificadas.</p> <p>Para el horizonte 2040 se prevé un aumento significativo del riesgo climático rural.</p>	No aplica

Ciudad	Caracterización amenazas	Exposición	Vulnerabilidad	Riesgo
Loja	<p>Se realiza análisis de amenaza por remoción en masa a escala 1:25.000, basado en estimación de susceptibilidad y frecuencia de deslizamientos e histórico de eventos.</p> <p>Para análisis de amenaza por inundación, se realiza modelo hidrológico y modelo hidráulico para un período de retorno de 100 años, con el fin de identificar las áreas inundables.</p>	<p>Se realiza análisis de exposición para deslizamientos, inundaciones y eventos meteorológicos extremos.</p> <p>- Indicadores de exposición: población y hogares expuestos a deslizamientos, infraestructura e instalaciones expuestas a deslizamientos.</p> <p>- Frente a inundaciones: población y vivienda expuesta a inundaciones, infraestructura e instalaciones expuestas a inundaciones.</p>	<p>Se estiman indicadores de sensibilidad de tipo social, económico y ambiental.</p> <p>Indicadores de capacidad adaptativa de información, sensibilización y conocimiento, actores y gobernanza. Estudios, planes y procedimientos y prioridad de la inversión.</p> <p>Se presenta índice de vulnerabilidad a nivel de barrios. En total se estimaron 42 indicadores.</p> <p>Exposición x sensibilidad/ capacidad de adaptación.</p> <p>Para la estimación del índice a futuro se emplean los respectivos indicadores de exposición afectados por cambio climático. Gran cantidad de barrios con índice de riesgo medio-bajo pasan a ser alto bajo el efecto del cambio climático.</p>	No aplica
Santa Cruz de Galápagos	<p>Se realiza análisis de amenazas de origen hidrometeorológico: inundaciones, eventos extremos y aumento del nivel del mar.</p> <p>Para análisis de amenaza por inundación se realiza modelo hidrológico y modelo hidráulico para un período de retorno de 100 años, con el fin de identificar las áreas inundables.</p>	<p>Se presentan indicadores de exposición para tsunamis, lava y grietas, inundaciones, eventos meteorológicos extremos y olas de calor. En total se estiman 12 indicadores de exposición que combinan la población expuesta y la infraestructura expuesta.</p>	<p>El índice de vulnerabilidad tiene en cuenta condiciones sociales, económicas y ambientales.</p> <p>Se presentan 9 indicadores de sensibilidad socioeconómica, 4 de sensibilidad ambiental.</p> <p>Indicadores de capacidad adaptativa de información, sensibilización y conocimiento, actores y gobernanza. Estudios, planes y procedimientos y prioridad de la inversión.</p> <p>Exposición x sensibilidad/ capacidad de adaptación.</p> <p>Para la estimación del índice a futuro se emplean los respectivos indicadores de exposición afectados por cambio climático.</p> <p>Se presentan resultados para los 3 centros poblados de Santa Cruz.</p> <p>Gran cantidad de barrios con índice de riesgo medio-bajo pasan a ser alto bajo el efecto del cambio climático.</p>	No aplica

Ciudad	Caracterización amenazas	Exposición	Vulnerabilidad	Riesgo
Piura	Se presenta modelación de amenazas para: inundaciones por desbordamientos, inundaciones por encharcamiento (cuencas ciegas) y déficit hídrico. Se desarrollan modelos hidrológicos e hidráulicos. Lo anterior tanto para el clima actual como el clima futuro.	La exposición a inundación se determina mediante un análisis de 17 subindicadores sobre población expuesta, aspectos económicos, infraestructura crítica y activos culturales.  La exposición a déficit hídrico se determina con dos subindicadores: densidad de población y área cultivada.	Se realiza selección de indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa para cada tipo de amenaza: - Para sensibilidad: población vulnerable, tipología de viviendas, población analfabeta, viviendas sin servicio de energía, acueducto o alcantarillado. - Para capacidad: población económicamente activa, acceso a centros de atención, vías, conectividad, seguro médico y transporte privado.	Amenaza x exposición x vulnerabilidad (sensibilidad y capacidad de adaptación).  Para escenarios futuros se evidenció que se conserva una tendencia similar a la obtenida en el riesgo histórico, con aumento de niveles de riesgo en sectores puntuales.
	Se presenta modelación de amenazas para: inundaciones por desbordamientos, inundaciones por huacos o arrastre de material, déficit hídrico e inundación y erosión costera. Se desarrollan modelos hidrológicos e hidráulicos. Lo anterior tanto para el clima actual como el clima futuro.	La exposición a inundaciones se determina mediante un análisis de 17 subindicadores sobre población expuesta, aspectos económicos, infraestructura crítica y activos culturales.  La exposición a déficit hídrico se determina con dos subindicadores: densidad de población y área cultivada.	Se realiza selección de indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa para cada tipo de amenaza: - Para sensibilidad: población vulnerable, tipología de viviendas, población analfabeta, viviendas sin servicio de energía, acueducto o alcantarillado. - Para capacidad: población económicamente activa, acceso a centros de atención, vías, conectividad, seguro médico y transporte privado.	Amenaza x exposición x vulnerabilidad (sensibilidad y capacidad de adaptación).  Para escenarios futuros los niveles de riesgo aumentan y se consolida la zona norte de Trujillo con un nivel de riesgo moderado, mientras la zona sur permanece con un nivel bajo.  Frente al déficit hídrico, la zona metropolitana tiene mayor riesgo que la zona rural, debido a la alta densidad poblacional.
Arequipa	Se identifican amenazas por fenómenos naturales como: inundación, deslizamiento, remoción en masa, heladas, huacos o avenidas torrenciales.	Se definen indicadores de exposición: densidad poblacional, población e infraestructura expuesta.	Indicadores de sensibilidad: necesidades básicas insatisfechas, índice de desarrollo humano, cobertura, acceso y fuentes de agua. Indicadores de capacidad de adaptación: plan de desarrollo concertado, ejecución de presupuesto público, presencia de sistemas de alerta temprana y sistema nacional de inversión pública de infraestructura pluvial.  Amenaza+ exposición + sensibilidad - capacidad adaptativa.  Se estima el índice de vulnerabilidad y se definen áreas prioritarias para estudio con mayor detalle.	No aplica
La Paz	Se identifican amenazas principales: inundación, deslizamientos, escasez del recurso hídrico y aumento de temperatura.  Se definen variables de amenaza.	Indicadores de exposición a inundaciones: viviendas expuestas, población expuesta, superficie inundable, densidad infraestructura.  De la misma manera, se definen indicadores de exposición particulares para los otros tipos de amenaza.	Indicadores de sensibilidad por inundación: acceso, impermeabilización del suelo, densidad red de alcantarillado, densidad población, manejo basura, construcciones precarias, nivel de ingreso, población independiente, acceso a información, migración a zona inundable.  De la misma manera, se definen indicadores de sensibilidad particulares para los otros tipos de amenaza.  Indicadores de capacidad de adaptación: presupuesto gestión del riesgo, población residente, calidad de educación, pobreza extrema, entre otros.	Amenaza + exposición + vulnerabilidad (sensibilidad y capacidad de adaptación).  Se realiza agregación del riesgo para todas las amenazas. El escenario de riesgo climático RCP 85 a 2040 y RCP 4.5 a 2100 evidencian resultados similares frente al nivel de riesgo climático.  Estos resultados indican de manera general que a futuro el clima será más lluviosa y más cálido.

Ciudad	Caracterización amenazas	Exposición	Vulnerabilidad	Riesgo
Tarija	<p>Se identifican amenazas principales: inundación, deslizamientos, escasez del recurso hídrico, heladas, olas de calor e incendios forestales.</p> <p>Se definen variables de amenaza.</p>	<p>Indicadores de exposición a inundaciones: población expuesta.</p> <p>De la misma manera, se definen indicadores de exposición particulares para los otros tipos de amenaza.</p>	<p>Indicadores de sensibilidad por inundación: tipología constructiva, densidad de población, tasa de dependencia, manejo de basuras, acceso a información, deforestación</p> <p>De la misma manera, se definen indicadores de sensibilidad particulares para los otros tipos de amenaza.</p> <p>Indicadores de capacidad de adaptación: no asistencia escolar, tasa de analfabetismo, población pobre, nivel de ingresos económicos, entre otros.</p>	<p>Amenaza + exposición + vulnerabilidad (sensibilidad y capacidad de adaptación).</p> <p>Se realiza agregación del riesgo para todas las amenazas. Estos resultados indican de manera general reducciones de precipitación y aumentos de temperatura. En algunas cuencas particulares se esperan aumentos de precipitación a largo plazo. En general el clima futuro para esta ciudad se espera más seco y más cálido, de manera que se incrementan los niveles de riesgo climático.</p>

Fuente: Elaboración propia. Equipo MAPPA



 **Iniciativa LAIF**  
Ciudades y Cambio Climático  
Financiado por la Unión Europea  
Implementado por CAF y AFD

