



Informe Estado de la Región 201X

## Investigación

Principales factores de riesgo asociados al cambio climático en Centroamérica y República Dominicana

### Investigador

Alonso Brenes Torres

San José, 2024





## Índice

Descargo de responsabilidad .....	5
Introducción.....	5
Propósito del documento.....	6
Métodos e información .....	6
Análisis de los factores de riesgo ante el cambio climático y potenciales impactos.....	7
Amenazas identificadas .....	8
Aumento de temperaturas extremas cálidas y disminución de temperaturas extremas frías ..	8
Eventos de precipitación extrema y sequías .....	11
Tendencias espaciales variables en precipitación .....	12
Aumento en las tasas de intensificación de ciclones tropicales.....	12
Olas de calor masivas y aumento de extremos cálidos .....	14
Disminución de la magnitud de precipitación intensa, pero aumento en la frecuencia de la precipitación extrema .....	15
Disminución de la lluvia diaria promedio en julio y a lo largo del año .....	16
Patrones de exposición.....	16
Población rural y urbana .....	16
Sistemas urbanos en expansión .....	17
Exposición sistémica y multiamenaza .....	17
Condiciones de vulnerabilidad .....	17
Desigualdades y asimetrías territoriales .....	18
Fragilidad productiva.....	18
Gobernanza débil .....	18
Territorios y sectores prioritarios.....	19
Sectores más propensos .....	19
Agricultura y seguridad alimentaria y nutricional .....	19
Recursos hídricos .....	20
Salud pública .....	20
Infraestructura.....	21
Biodiversidad .....	22
Territorios más afectados .....	22
Zonas costeras.....	22

Corredor seco centroamericano.....	24
Zonas de montaña.....	25
Retos y oportunidades para potenciar la adaptación al cambio climático.....	25
Retos.....	25
Vulnerabilidad de comunidades rurales.....	26
Infraestructura frágil.....	26
Erosión costera y aumento del nivel del mar.....	27
Oportunidades de transformación.....	28
Implementación de sistemas de desarrollo rural sostenible.....	28
Desarrollo de infraestructura verde urbana.....	29
Fortalecimiento de sistemas de gestión del recurso hídrico.....	29
Vacíos de información y evidencia.....	30
Proyecciones adecuadas.....	30
Impacto del cambio climático en la seguridad alimentaria.....	31
Datos socioeconómicos detallados a nivel de comunidad.....	32
Desafíos estructurales para la generación y el uso de evidencia científica.....	32
Conclusiones.....	33
La infraestructura resiliente es un elemento crítico para la adaptación en múltiples ámbitos.....	33
Se debe fortalecer la gestión de recursos hídricos.....	33
Dadas las condiciones actuales, el cambio climático contribuirá a la erosión de la calidad de vida de millones de personas.....	34
Reflexiones finales: ámbitos de insistencia.....	34
La integración multisectorial en la adaptación al cambio climático.....	34
La gobernanza es cada vez más crítica en la adaptación climática.....	34
Las sociedades deben invertir en una planificación adaptativa basada en evidencia.....	35
Referencias bibliográficas.....	35
Anexos.....	44

## **Descargo de responsabilidad**

Esta investigación se realizó para el *Informe Estado de la Región Centroamericana*. El contenido es responsabilidad exclusiva de su autor, y las cifras pueden no coincidir con las consignadas en el capítulo respectivo, debido a revisiones posteriores. En caso de encontrarse diferencia entre ambas fuentes, prevalecen las publicadas en el Informe.

## **Introducción**

El calentamiento global ejerce una influencia considerable sobre los climas de Centroamérica y el Caribe, regiones que, según diversos estudios, podrían estar experimentando transformaciones profundas en el corto y mediano plazo (Rhiney, 2015). El IPCC (2021) prevé un aumento significativo de las temperaturas medias en la región, con proyecciones que sugieren un incremento de entre 1,5 °C y 2,5 °C para mediados del siglo XXI, bajo escenarios caracterizados por altas emisiones de gases de efecto invernadero. Este aumento de temperatura no solo afectará a los ecosistemas naturales, sometiendo a una gran cantidad de especies a condiciones de temperatura sin precedentes, especialmente en el Caribe (Trisos et al., 2020), sino que también tendrá repercusiones en las actividades humanas, particularmente en sectores sensibles al clima como la agricultura (CEPAL et al. 2021). La intensificación del ciclo del agua, provocada por el calentamiento, afectará la tasa de evaporación y la disponibilidad de agua, elevando el riesgo de experimentar déficit hídrico en ciertas áreas, particularmente en el Corredor Seco Centroamericano (IPCC, 2021; CEPAL et al., 2021).

Se espera una mayor variabilidad en las precipitaciones en Centroamérica y el Caribe, con una tendencia hacia la intensificación de eventos de alta descarga energética (EADE). En el corto plazo, esto se manifestará como un aumento en la frecuencia e intensidad de las tormentas y huracanes, especialmente durante la temporada de lluvias, lo que podría ocasionar inundaciones repentinas y deslizamientos de tierra en áreas con alta vulnerabilidad social (Hidalgo et al. 2023). Los modelos climáticos indican que las precipitaciones anuales totales podrían disminuir en algunas áreas, como en gran parte de Guatemala, donde se estima una disminución del 30% para finales de siglo, intensificando el fenómeno de la canícula (MARN, 2001) mientras que otras podrían experimentar lluvias más intensas y concentradas en períodos cortos (Durán-Quesada et al., 2012). Este patrón de precipitaciones erráticas plantea desafíos para la gestión de los recursos hídricos, con potenciales impactos en la agricultura y la seguridad alimentaria, y la gestión del riesgo de inundaciones en la región (Pinos & Quesada-Román, 2021). A pesar de que la frecuencia total de los ciclones tropicales podría no aumentar significativamente, el IPCC y la OMM señalan que es probable que aumente la proporción de ciclones de alta intensidad (categorías 4 y 5) (IPCC et al., 2021; FAO et al., 2023). Estos eventos serán más destructivos debido a vientos más fuertes, lluvias torrenciales y marejadas ciclónicas más severas, impactando con mayor fuerza la región del Caribe, que debe prepararse para eventos ciclónicos potencialmente más destructivos, lo que exige fortalecer la resiliencia de las infraestructuras y los sistemas de respuesta ante emergencias (IPCC et al., 2021; FAO et al., 2023).

## **Propósito del documento**

El propósito del documento es identificar y analizar los principales factores de riesgo asociados al cambio climático que afectan a Centroamérica y la República Dominicana. Se busca comprender cómo el calentamiento global y sus manifestaciones concretas, como el aumento de las temperaturas extremas, la variabilidad en las precipitaciones y la intensificación de ciclones tropicales, están impactando tanto los sistemas naturales como las actividades humanas en la región. Este análisis es un insumo para proporcionar una base sobre la que puedan desarrollarse políticas públicas, estrategias de adaptación y medidas de planificación que aborden efectivamente los desafíos climáticos presentes y futuros. Además, el documento destaca la necesidad de un enfoque multisectorial y territorial en la gestión del cambio climático, considerando no solo los impactos directos, sino también las condiciones socioeconómicas que amplifican la vulnerabilidad de las poblaciones afectadas. En este sentido, el objetivo del documento es proporcionar una visión integral y basada en evidencia que guíe la acción climática en la región, promoviendo la resiliencia y la sostenibilidad a largo plazo.

Además de identificar los riesgos climáticos, el documento tiene como propósito sensibilizar y movilizar a los actores clave en la región, incluyendo a los gobiernos, la sociedad civil y el sector privado, sobre la urgencia de implementar medidas de adaptación y mitigación que sean coherentes con las realidades locales. Al resaltar la interrelación entre los factores climáticos y los desafíos socioeconómicos, el trabajo busca no solo describir el panorama actual, sino también motivar la acción concertada y coordinada para reducir las vulnerabilidades existentes. Esto implica una llamada a la acción para integrar las consideraciones climáticas en todas las políticas de desarrollo y planificación, asegurando que las inversiones en infraestructura, agricultura y gestión de recursos naturales sean sostenibles y resilientes frente a los impactos del cambio climático. El documento pretende servir como una herramienta que guíe en la formulación de políticas que no solo respondan a las necesidades inmediatas, sino que también aseguren un futuro más equitativo y sostenible.

## **Métodos e información**

Los métodos utilizados para su elaboración combinaron análisis de datos climáticos con la revisión de literatura científica y técnica. El análisis se basó en proyecciones climáticas y estadísticas basadas en informes del IPCC y otras fuentes reconocidas sobre modelos climáticos para estimar los impactos futuros del cambio climático en la región. Estos modelos son fundamentales para identificar tendencias como el aumento de la temperatura, la variabilidad de las precipitaciones y la intensificación de eventos climáticos extremos. Además, se han considerado estudios de caso específicos de la región que pueden ser representativos para varios países. Estos estudios de caso permiten contextualizar los riesgos identificados en términos de su impacto real sobre las comunidades locales, proporcionando una perspectiva más matizada sobre la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación, las oportunidades y los desafíos.

Las fuentes de información utilizadas en el documento incluyen una mezcla de artículos académicos, informes técnicos de organizaciones internacionales y datos climatológicos específicos de la región de bases de datos internacionales. El análisis se ha estructurado en torno a un marco conceptual basado en la noción de riesgo climático, que incluye la consideración de la exposición, vulnerabilidad y capacidad adaptativa de los sistemas naturales y humanos. Este enfoque permite una evaluación integral de los riesgos, considerando tanto los factores biofísicos como los socioeconómicos que determinan la resiliencia de la región frente al cambio climático.

## **Análisis de los factores de riesgo ante el cambio climático y potenciales impactos**

La noción de *riesgo ante el cambio climático* se refiere a la probabilidad de que sistemas humanos o naturales se vean afectados negativamente por cambios en las condiciones climáticas. Estos cambios pueden incluir procesos como el aumento de las temperaturas, modificaciones en los patrones de precipitación o una mayor frecuencia e intensidad de eventos de alta descarga energética.

El análisis del riesgo asociado al cambio climático es complejo dada la cantidad de interacciones entre sistemas. Ello implica no solo el daño potencial derivado de procesos biofísicos, sino también la capacidad y especificidad de los sistemas para adaptarse a las nuevas condiciones climáticas (Magrin et al., 2014) Esta variedad de procesos debe analizarse desde diversos enfoques y escalas: la consideración de distintas temporalidades, por ejemplo, es crucial dado que los impactos del cambio climático se manifiestan en diferentes horizontes temporales, desde eventos inmediatos hasta cambios graduales a largo plazo, que pueden extenderse durante décadas. Las tormentas tropicales representan amenazas inmediatas que requieren respuestas rápidas en términos de preparación y recuperación; en contraste, el aumento gradual del nivel del mar es un desafío de largo plazo. Las medidas para enfrentar estos desafíos incluyen la implementación de proyectos de infraestructura resiliente, la conservación y restauración de ecosistemas costeros y el desarrollo de políticas de uso del suelo que consideren los futuros escenarios climáticos (Mazón et al., 2019; Griggs & Reguero, 2021; IPCC et al., 2021).

La sensibilidad de los sistemas es otro aspecto crítico que influye en el diseño de estrategias de adaptación. Sistemas altamente sensibles, como los arrecifes de coral, son extremadamente vulnerables a cambios mínimos en la temperatura del agua y la acidificación de los océanos; las estrategias de adaptación para estos sistemas deben centrarse en reducir otras presiones, como la contaminación y la sobrepesca, para aumentar su resiliencia ante el cambio climático (Mercer et al., 2012).

Esta sección analizará los principales factores y elementos asociados al calentamiento global que, para el caso de Centroamérica y la República Dominicana, representan un desafío para la estabilidad de sus agendas de desarrollo. Para ello, se aplicará un enfoque en el cual se consideran los factores de amenaza (asociados al clima), la exposición de los sistemas a estas amenazas y la vulnerabilidad de dichos sistemas a los efectos del cambio climático como los componentes clave del riesgo. Es decir, se busca identificar elementos que permitan estimar

niveles de probabilidad de que estos sistemas se vean afectados. Este enfoque, compatible con el AR6, organizará los procesos y dinámicas identificados en dicho informe en torno a estos factores. Los hallazgos serán contrastados con evidencia complementaria proveniente de artículos académicos e informes técnicos de agencias que trabajan en temas conexos, para luego ser analizados desde las perspectivas sectorial y territorial, identificando tendencias y vacíos en términos técnicos y de política pública.

## Amenazas identificadas

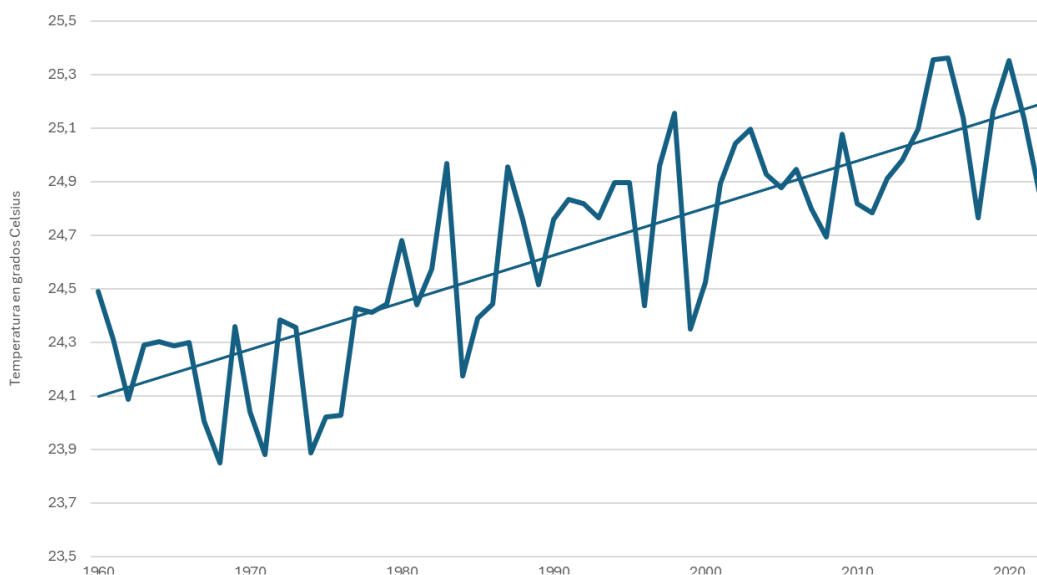
El IPCC clasifica las *amenazas climáticas* en categorías que reflejan las diversas manifestaciones del cambio climático en la región. Este enfoque permite identificar cómo cada uno de estos fenómenos actúa como una expresión concreta de los cambios del clima. A continuación, se analizan las que, de acuerdo con el AR6, tiene mayor probabilidad de registrarse en la región.

### Aumento de temperaturas extremas cálidas y disminución de temperaturas extremas frías

Las temperaturas extremas cálidas se caracterizan por periodos prolongados de calor que pueden provocar estrés térmico en humanos y animales, incrementar la demanda de energía para refrigeración y deteriorar la calidad del aire. Estas condiciones también pueden tener un impacto negativo en la agricultura, reduciendo los rendimientos de los cultivos y aumentando la evaporación de agua. Las condiciones en los países de la región se están volviendo progresivamente más cálidas (gráfico 1): desde mediados del siglo XX, las temperaturas extremas cálidas han aumentado mientras que las temperaturas extremas frías han disminuido (Seneviratne et al., 2021).

Gráfico 1

Variación de la temperatura media anual en grados Celsius para los países SICA. 1960 – 2022



Fuente: Elaboración propia con datos del Climate Change Knowledge Portal.

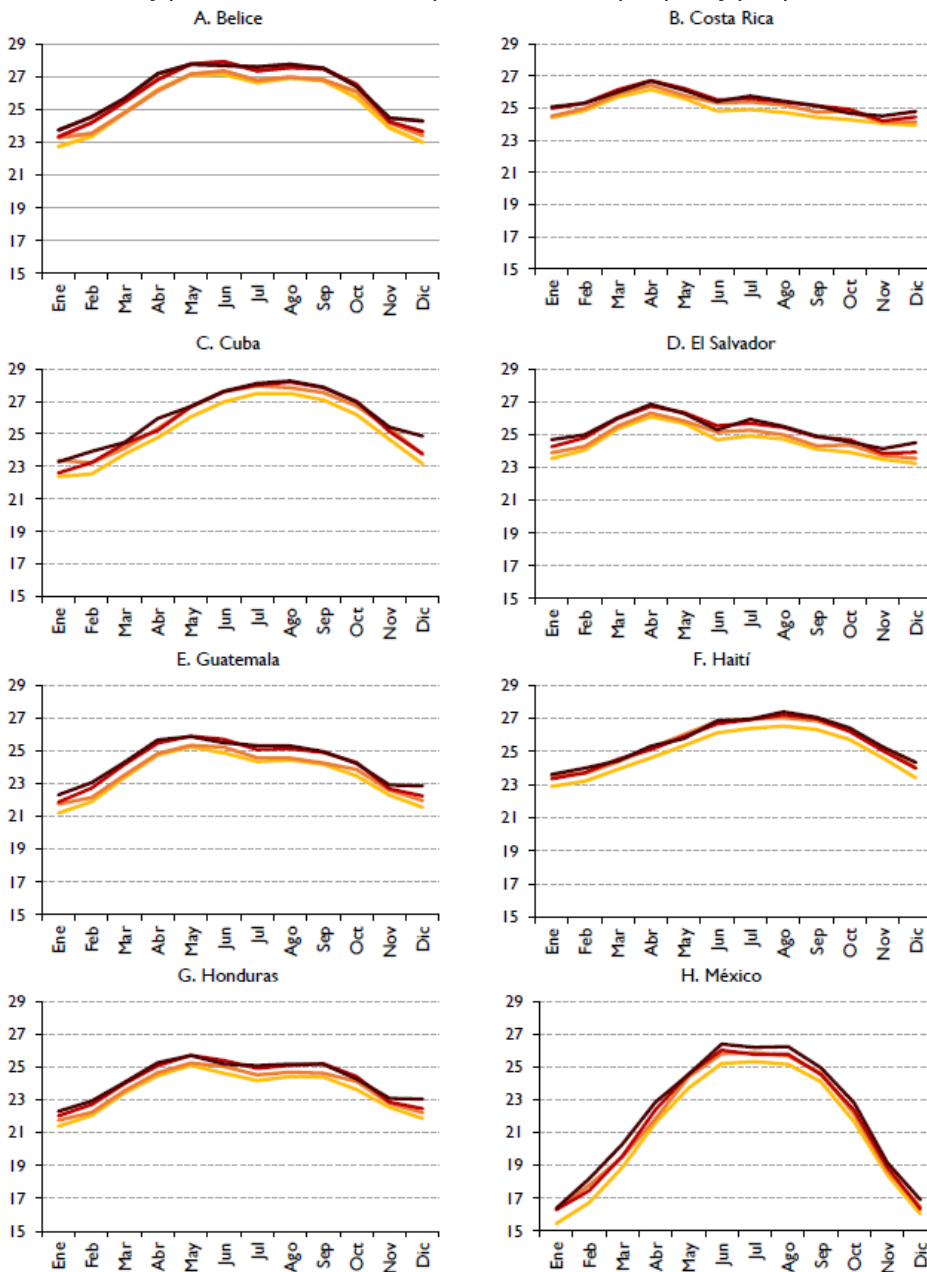
El incremento de la temperatura en los países de Centroamérica y el Caribe es un fenómeno ampliamente documentado que afecta diversos aspectos del desarrollo territorial y los sistemas productivos locales. Entre 1960 y 2018, las anomalías térmicas fueron especialmente evidentes (gráfico 2); en Guatemala, las proyecciones al 2050 indican incrementos de hasta 3.5 °C, mientras que a finales del siglo XXI podrían alcanzar los 6 °C, dependiendo del escenario de emisiones considerado (Rivera et al., 2019). Estos cambios no son uniformes; varían espacialmente según las dinámicas locales, como la complejidad topográfica y las interacciones atmosféricas específicas, destacadas en modelos climáticos de alta resolución (Hidalgo et al., 2023).

La estacionalidad de estos incrementos de temperatura también merece atención. En países del Caribe, como República Dominicana, los picos térmicos se concentran entre diciembre y febrero, mientras que, en Centroamérica, los periodos de mayor aumento incluyen meses críticos para la agricultura, como julio y agosto (CEPAL, 2020). Este fenómeno intensifica condiciones de aridez, especialmente en el Corredor Seco Centroamericano, una región que ya experimenta prolongadas sequías y reducciones de precipitación de hasta el 30 por ciento en escenarios de altas emisiones (Barahona Mejía et al., 2022).

Las proyecciones bajo los escenarios de cambio climático RCP4.5 y RCP8.5 indican que estas tendencias continuarán en las próximas décadas. Hacia 2080, se espera que las anomalías de temperatura en México, Guatemala, El Salvador y Honduras alcancen hasta 4,4 °C en el escenario de altas emisiones (RCP8.5), mientras que Haití y la República Dominicana registrarían incrementos en un rango de 3,6 °C a 4 °C en áreas específicas (CEPAL, 2020). Estas proyecciones no solo confirman la magnitud del fenómeno, sino que también reflejan impactos espaciales desiguales, exacerbados por factores geográficos y socioeconómicos. Además, los cambios en temperatura afectan directamente la disponibilidad de agua y la agricultura.

Gráfico 2

Mesoamérica y países del Caribe. Temperatura media por país y por periodo. 1960 – 2018



Nota: Los gráficos destacan una tendencia general de incremento sostenido de la temperatura media en todos los países de la región. Se observan patrones diferenciados: México y Cuba registran los mayores aumentos en promedio, mientras que países como Costa Rica y Panamá muestran incrementos más moderados. Este comportamiento heterogéneo sugiere que factores geográficos, como la topografía y la proximidad al océano, influyen en la magnitud del cambio. El gráfico también evidencia que las últimas décadas, especialmente después del año 2000, han sido las más cálidas en la región, lo que concuerda con el calentamiento global observado a nivel mundial. Este aumento de temperaturas tiene implicaciones críticas para sectores como la agricultura y los recursos hídricos, y resalta la urgencia de implementar medidas de adaptación específicas para cada contexto nacional.

Fuente: EPAL/SICA, 2020.

## **Eventos de precipitación extrema y sequías**

Los eventos de precipitación extrema son episodios de lluvias intensas que ocurren en un corto período de tiempo, a menudo desencadenando inundaciones, deslizamientos de tierra y erosión del suelo. Estos fenómenos presentan riesgos significativos para la infraestructura y los medios de subsistencia. Por otro lado, las sequías reducen la disponibilidad de agua, afectando así la seguridad hídrica y alimentaria. La frecuente combinación de estos eventos extremos representa un desafío considerable para la gestión del agua y la planificación del desarrollo urbano y rural (Anexo 1). Mientras que los eventos de precipitación extrema han mostrado un incremento en frecuencia e intensidad, las señales respecto a las sequías son más heterogéneas, indicando variaciones regionales y temporales significativas, lo que dificulta la implementación de un enfoque unificado para toda la región (Seneviratne et al., 2021).

El comportamiento de las precipitaciones y las sequías en los países del área refleja un patrón creciente de variabilidad climática. Las lluvias intensas, cada vez más concentradas en periodos específicos, se combinan con prolongadas sequías en regiones como el Corredor Seco Centroamericano (CEPAL, 2020). Esta variabilidad afecta directamente las dinámicas socioeconómicas, especialmente en comunidades rurales cuya seguridad alimentaria depende de ciclos de precipitación predecibles. Durante la canícula se registran prolongados periodos secos que interrumpen los cultivos básicos, como el maíz y el frijol, lo que incrementa la vulnerabilidad de pequeños agricultores frente a los cambios climáticos y socioambientales (CEPAL, 2010).

Las proyecciones climáticas a largo plazo indican una disminución significativa en las precipitaciones anuales promedio para finales del siglo XXI, estimada entre un 18 por ciento y un 40 por ciento dependiendo de las emisiones de gases de efecto invernadero (CEPAL, 2010). Este descenso se verá exacerbado por un aumento en la evapotranspiración, lo que intensificará las condiciones de aridez y reducirá la disponibilidad de agua para usos domésticos, agrícolas e industriales. Esta combinación de factores no solo afecta la productividad agrícola, sino también la estabilidad de los ecosistemas que brindan servicios esenciales, como la regulación hídrica y la protección contra la erosión del suelo (CAF, 2024). En este contexto, los cambios en los patrones de precipitación generan nuevos riesgos para la infraestructura crítica, como represas y sistemas de riego, que están diseñados bajo supuestos climáticos históricos y no adaptados a los escenarios actuales y futuros.

Los impactos económicos y sociales asociados a la variabilidad climática son igualmente significativos. Las pérdidas económicas derivadas de sequías e inundaciones recurrentes podrían superar el 2% del PIB anual en varios países de la región, dependiendo de su capacidad de respuesta y adaptación (CAF, 2024). Estas afectaciones también impulsan migraciones internas y transfronterizas, ya que muchas comunidades rurales pierden sus medios de vida al enfrentar condiciones de inseguridad hídrica y alimentaria (CEPAL, 2020). Sin embargo, la región SICA cuenta con oportunidades para implementar estrategias de manejo integral del agua y prácticas de adaptación climática que aprovechen soluciones basadas en la naturaleza. Estas incluyen la restauración de cuencas hidrográficas y la reforestación con especies autóctonas que mejoren la infiltración de agua y reduzcan la vulnerabilidad a la erosión (CAF, 2024).

## **Tendencias espaciales variables en precipitación**

Las variaciones espaciales en la precipitación incluyen cambios en el *Mid-Summer Drought* (MSD), un período seco dentro de la temporada de lluvias, también conocido como canícula o veranillo. Desde la década de 1980, se han detectado tendencias espacialmente variables en cuanto al momento de inicio del MSD, la cantidad de precipitación durante la temporada de lluvias, el número de días secos consecutivos y totales, así como la ocurrencia de eventos de lluvia extrema a nivel local. Además, se ha identificado una tendencia positiva en la duración del MSD, aunque no en su magnitud (Marengo et al., 2020). Estos cambios tienen importantes implicaciones para la agricultura, la gestión del agua y la planificación de la respuesta a emergencias: los eventos de lluvia extrema pueden provocar inundaciones y deslizamientos de tierra, incrementando el riesgo para las comunidades locales y complicando las previsiones gubernamentales para atender contingencias durante las temporadas lluviosas.

Existe evidencia que sugiere que la intensidad y frecuencia de la canícula están correlacionadas con fenómenos climáticos globales como El Niño, particularmente la versión de El Niño Modoki<sup>1</sup>, que ha aumentado su frecuencia en las últimas décadas (Cai et al., 2014). Este tipo de El Niño crea condiciones propicias para la ocurrencia de canículas más prolongadas y severas en la región. Se ha observado que las anomalías de la temperatura de la superficie del océano Atlántico y el Índice de Oscilación del Sur (ISO) tienen una relación significativa con la intensidad de la canícula. En particular, un Atlántico más cálido y una alta incidencia de El Niño aumentan la probabilidad de canículas intensas.

## **Aumento en las tasas de intensificación de ciclones tropicales**

El aumento en las tasas de intensificación de ciclones tropicales ha sido particularmente notable en la cuenca del Atlántico. Bhatia et al. (2019) demuestran que estas tasas han aumentado en las últimas décadas. Utilizando dos conjuntos de datos para calcular los cambios en la velocidad del viento a lo largo de 24 horas durante el periodo de 1982 a 2009, los resultados indican que las tasas de intensificación observadas son altamente inusuales en comparación con las estimaciones basadas en modelos de variabilidad climática interna, lo que sugiere una influencia significativa del forzamiento antropogénico.

Estos eventos son atípicos en comparación con las variaciones climáticas internas estimadas por los modelos, lo que sugiere que factores externos, como el cambio climático, podrían estar influyendo. Bhatia et al. (2020) amplían estos hallazgos utilizando datos observacionales extendidos y reanálisis para las tendencias de intensificación de ciclones tropicales desde 1982 hasta 2017. Los resultados confirman las tendencias ascendentes en las métricas de intensificación y corroboran la influencia del cambio climático en la intensificación de estos eventos (gráfico 3). Balaguru et al. (2022) también analizan la tasa de intensificación de huracanes cerca de la costa atlántica de Estados Unidos, encontrando que la tasa media de intensificación de huracanes en 24 horas aumentó significativamente en las cercanías de la costa atlántica durante el período de 1979 a 2018. Este aumento en la intensificación se debe a un

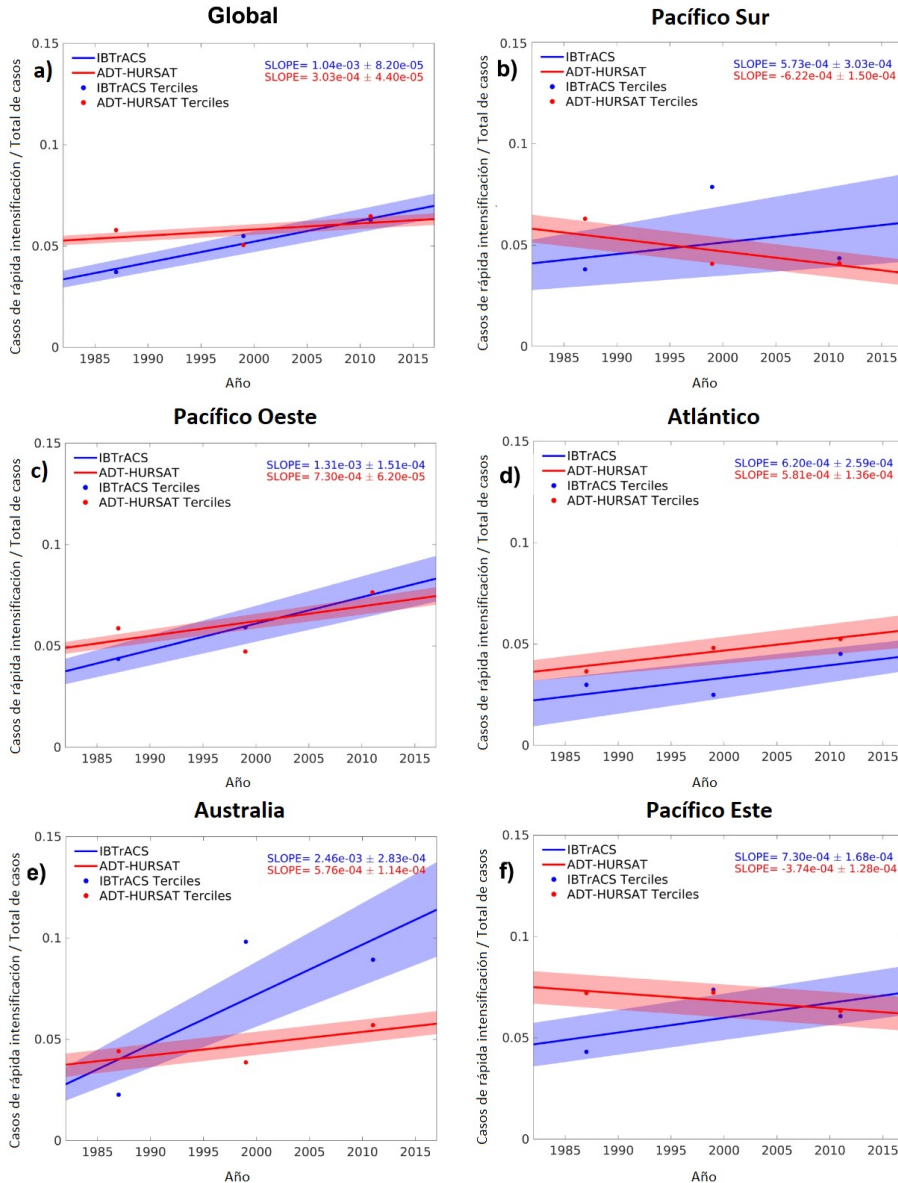
---

<sup>1</sup> El Niño Modoki (también El Niño central o El Niño Modoki Central) es una variante de El Niño, caracterizada por el calentamiento de las aguas del océano Pacífico central en lugar del Pacífico oriental.

entorno dinámico y termodinámico cada vez más favorable, consistente con las proyecciones de los modelos climáticos (Balaguru et al., 2022).

Gráfico 3

Relación de rápida intensificación con total de ciclones en macro regiones seleccionadas



Nota: La tendencia de la intensificación rápida (RI) de los ciclones en el Atlántico muestra un aumento significativo en comparación con otras regiones. El Atlántico destaca por tener una tendencia ascendente más pronunciada en la intensificación rápida, especialmente en los últimos terciles del período 1982-2017. Esto podría sugerir que los ciclones en el Atlántico están experimentando aumentos más rápidos en su intensidad en comparación con regiones como el Pacífico Sur o el Pacífico Oeste. Los intervalos de confianza también indican una mayor variabilidad en los datos del Atlántico, lo que sugiere fluctuaciones más notables en los cambios de intensidad de los ciclones en esta región. Esto podría estar asociado a varios factores climáticos y oceanográficos únicos del Atlántico, como las temperaturas de la superficie del mar y las condiciones atmosféricas favorables para el desarrollo de ciclones más intensos.

Fuente: Elaboración propia con datos de Balaguru et al., 2022.

Los ciclones tropicales no solo causan daños por vientos fuertes y marejadas ciclónicas, sino que también contribuyen significativamente a la precipitación regional anual, con aproximadamente un 10 por ciento. Este fenómeno ha sido documentado en estudios recientes que analizan la influencia de los ciclones tropicales en las precipitaciones: un estudio realizado en el sudeste y centro-sur de Estados Unidos encontró que los ciclones tropicales representan aproximadamente el 12 por ciento del flujo estacional y el 6 por ciento de la precipitación estacional en la región (Chalise et al., 2021). El estudio destaca la importancia de los ciclones como fuente de precipitaciones, especialmente en las áreas costeras de Florida, Carolina del Norte y Luisiana, donde generan hasta un 32 por ciento de la precipitación anual máxima.

### **Olas de calor masivas y aumento de extremos cálidos**

El IPCC proyecta que las olas de calor masivas se vuelvan más frecuentes y severas hacia finales del siglo XXI. Con un calentamiento global de 2,0°C, la duración de la ola de calor anual más larga podría aumentar en más de 60 días en comparación con un calentamiento de 1,5°C. Esto implicaría que las regiones afectadas experimentarían condiciones de calor extremo durante un periodo mucho más prolongado (IPCC et al., 2021). Las olas de calor también pueden agravar las condiciones de sequía, afectar la salud pública y aumentar el riesgo de incendios forestales.

Las olas de calor son cada vez más frecuentes y severas. Desde 1959 hasta 2021, se han identificado olas de calor "estadísticamente inverosímiles" en el 31 por ciento de las regiones globales estudiadas, y Centroamérica se encuentra entre las áreas de mayor riesgo (Thompson et al., 2023). Este incremento es evidente en países como Honduras, donde las temperaturas en el Golfo de Fonseca alcanzaron los 43°C en 2024, y El Salvador, que registró máximas de 40°C en varias regiones durante el mismo periodo (cuadro 1). Estas temperaturas extremas no solo afectan la salud humana, sino que también tienen consecuencias económicas, como la reducción de la productividad laboral y el estrés térmico en los cultivos.

#### **Cuadro 1**

##### **Centroamérica. Temperaturas máximas registradas en 2024 y efectos inmediatos identificados**

<b>País</b>	<b>Temperatura máxima (°C)</b>	<b>Impactos registrados</b>
Honduras	43°C (Golfo de Fonseca)	Estrés térmico y riesgo sanitario
El Salvador	40°C (zona occidental)	Incremento en enfermedades
Guatemala	38°C (Jutiapa)	Crecimiento del dengue (622%)
Nicaragua	38°C (Pacífico)	Lluvias dispersas y calor extremo
Costa Rica	37°C (Guanacaste)	Bajas lluvias y alta radiación

Fuente: Elaboración propia.

Los impactos en la salud son graves, con un aumento de enfermedades relacionadas con el calor, como el dengue, que reportó incrementos del 622 por ciento en Guatemala y del 580 por ciento en Honduras durante la primera mitad de 2024 (BBC News Mundo, 2024). El calor extremo también incrementa la incidencia de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, especialmente en poblaciones vulnerables. Además, la limitada infraestructura sanitaria y energética en muchos países de la región agrava estos efectos. La población en crecimiento en países como Guatemala y El Salvador está cada vez más expuesta, y la falta de centros de

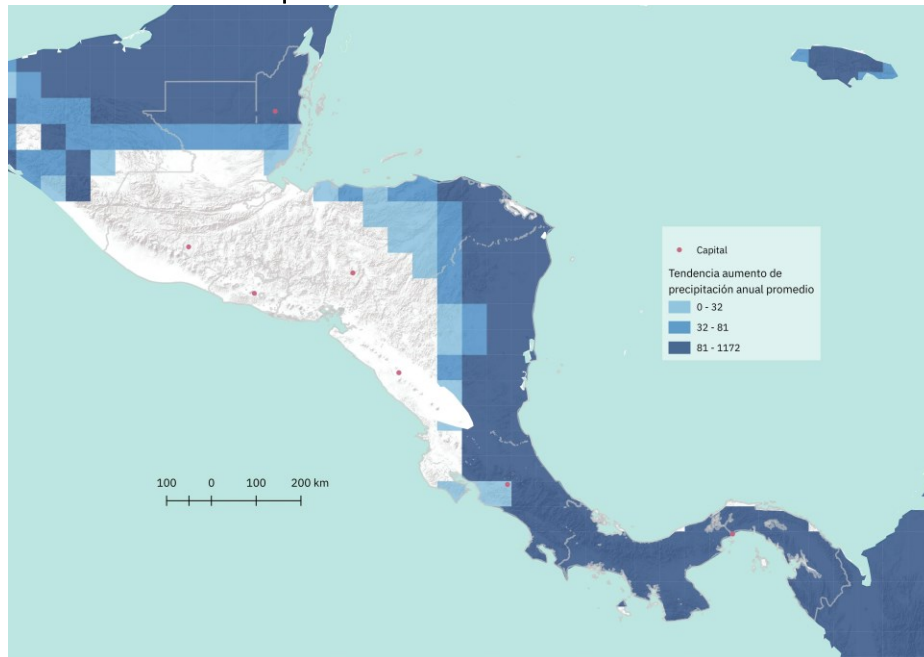
enfriamiento o sistemas de alerta temprana amplifica las consecuencias negativas. Ejemplos de medidas efectivas, como los planes implementados en Europa tras la ola de calor de 2003, demuestran que la preparación adecuada puede reducir significativamente las tasas de mortalidad y los impactos económicos (Thompson et al., 2023).

### **Disminución de la magnitud de precipitación intensa, pero aumento en la frecuencia de la precipitación extrema**

La magnitud de la precipitación intensa se refiere a la cantidad total de lluvia que cae durante eventos extremos de precipitación, mientras que la frecuencia se refiere a la cantidad de veces que estos eventos ocurren. Se proyecta una disminución en la magnitud de estos eventos bajo un escenario de calentamiento de 1,5°C, lo que implica que, aunque las lluvias extremas serán menos intensas, seguirán ocurriendo. Sin embargo, para niveles de calentamiento global de 2°C y 4°C, se proyecta un aumento en la frecuencia de estos eventos extremos, lo que sugiere que las regiones afectadas enfrentarán eventos de lluvia intensa con mayor regularidad (mapa 1) (IPCC et al., 2021; Imbach et al., 2018).

#### Mapa 1

Centroamérica. Zonas que están volviéndose más lluviosas. 1901 – 2012



Nota: Las diferentes tonalidades de azul en el mapa indican la magnitud de este aumento, categorizando las regiones según un incremento que varía desde valores bajos de 0 a 32 mm, hasta incrementos más significativos que superan los 81 mm anuales. Se observan variaciones notables en diferentes subregiones. El norte de Guatemala y Honduras muestran un incremento considerable en las precipitaciones, lo cual podría estar relacionado con cambios en los patrones atmosféricos que afectan la intensidad y frecuencia de las lluvias en estas áreas. Del mismo modo, regiones más al sur, como Nicaragua y Costa Rica, también reflejan un aumento en las lluvias. Estas tendencias de aumento en la precipitación tienen implicaciones directas para la planificación y gestión de los recursos naturales. Si bien un incremento en las lluvias puede beneficiar a la agricultura y aumentar la disponibilidad de agua, también puede conllevar riesgos asociados, como la mayor frecuencia de inundaciones y deslizamientos de tierra.

Fuente: Elaboración propia con información de: <https://www.globalclimatemonitor.org/#>

## **Disminución de la lluvia diaria promedio en julio y a lo largo del año**

La disminución de la lluvia diaria promedio se refiere a una reducción en la cantidad de lluvia que cae cada día, lo que puede tener efectos significativos en el suministro de agua, la agricultura y los ecosistemas. En Belice, se proyecta una fuerte disminución en la lluvia diaria promedio durante el mes de julio, un período crítico para la agricultura y la recarga de acuíferos. También se espera una disminución de las lluvias a lo largo del año en todas las capitales de la región, excepto Ciudad de Panamá (Seneviratne et al., 2021). Estas reducciones pueden conducir a condiciones más secas, afectando la disponibilidad de agua para el consumo humano, la agricultura y otros usos industriales. La reducción de la precipitación también puede aumentar el riesgo de sequías, exacerbando los problemas de inseguridad hídrica y alimentaria.

## **Patrones de exposición**

La exposición de las poblaciones a los fenómenos climáticos es un factor crítico en la configuración de su riesgo. Según el IPCC, la exposición se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones ambientales, servicios y recursos, infraestructuras o bienes económicos, sociales o culturales en lugares que podrían verse afectados negativamente por el cambio climático. La exposición es una función de la distancia entre el sistema de interés y el área de influencia de los fenómenos potencialmente peligrosos; la localización geográfica y la distribución demográfica desempeñan un papel fundamental en la determinación de los niveles de exposición y, por ende, en la susceptibilidad a los impactos del cambio climático (IPCC et al, 2014).

## **Población rural y urbana**

La exposición de la población se refiere a la distribución geográfica y demográfica de las personas en relación con amenazas asociadas a variaciones del clima. En Centroamérica, aproximadamente el 40 por ciento de los 47 millones de habitantes vivían en áreas rurales en 2015; Belice era el país menos urbanizado (54 por ciento rural), mientras que Costa Rica estaba en el otro extremo (21 por ciento rural) (CEPAL et al., 2018). Esta localización relativa frente a amenazas hidrometeorológicas afecta significativamente sus condiciones de riesgo: las áreas rurales, a menudo carentes de infraestructura adecuada y servicios básicos, son más vulnerables a eventos como sequías e inundaciones. Por otro lado, las áreas urbanas enfrentan desafíos relacionados con la densidad de población, el desarrollo no planificado y la expansión de asentamientos informales en áreas de alto riesgo, como barrancos y laderas empinadas (Hardoy & Lankao, 2011).

Centroamérica ha experimentado una expansión considerable de las capitales y sus suburbios desde los años setenta. La población urbana en capitales como Ciudad de Guatemala y Tegucigalpa ha crecido significativamente, alcanzando densidades de hasta 11,000 habitantes por kilómetro cuadrado. Este crecimiento ha resultado en la proliferación de barrios marginales en áreas propensas a deslizamientos de tierra e inundaciones (UN-Habitat, 2012).

## **Sistemas urbanos en expansión**

La proliferación de barrios con déficit de servicios y asentamientos informales en áreas de alto riesgo es un resultado estructural de la dinámica territorial en Centroamérica (Anexo 3). Estos asentamientos a menudo carecen de infraestructura adecuada, servicios básicos y medidas de mitigación del riesgo, lo que aumenta la vulnerabilidad de sus habitantes a emergencias como deslizamientos e inundaciones urbanas. Las condiciones de vida en estos asentamientos pueden ser precarias, con viviendas construidas con materiales de baja calidad y falta de acceso a servicios esenciales como agua potable y saneamiento; bajo estas condiciones, cualquier afectación derivada del cambio climático tiene mayor probabilidad de amplificarse en estos entornos.

## **Exposición sistémica y multiamenaza**

La exposición sistémica se refiere a la vulnerabilidad de las poblaciones a una variedad de fenómenos climáticos que ocurren en un contexto geológico altamente dinámico. En Centroamérica, la mayoría de la población de varios países enfrenta un contexto multiamenaza. Exceptuando a Belice y Panamá, la mayoría de las poblaciones de los países (desde el 56 por ciento en Honduras hasta el 95 por ciento en El Salvador) está expuesta a dos o más riesgos derivados de eventos naturales (UNDRR y CEPREDENAC et al., 2014). El impacto de los eventos climáticos se ve exacerbado por la geografía de la región, que incluye largas costas y áreas bajas propensas a inundaciones y erosión.

En el contexto de la globalización y la integración económica regional, importantes segmentos de la matriz económica están expuestos a impactos multisistémicos, como la crisis financiera de 2008, la pandemia de COVID-19, las fluctuaciones inflacionarias de 2022 o el impacto en las cadenas de suministro debido a la guerra en Ucrania. La pandemia de COVID-19 reveló la exposición estructural de las economías de Centroamérica y el Caribe a procesos que ocurren a miles de kilómetros de distancia (López-Ridaura et al., 2021). Por su parte, la guerra en Ucrania ha añadido una nueva capa de complejidad a la situación económica de la región, interrumpiendo las cadenas de suministro y exacerbando la volatilidad de los precios de los alimentos y otros bienes esenciales (ECLAC et al., 2022).

## **Condiciones de vulnerabilidad**

La vulnerabilidad al cambio climático depende en gran medida de la calidad del modelo de desarrollo existente. Los modelos de desarrollo de bajo desempeño y valor agregado incrementan la exposición de las poblaciones a los riesgos asociados con el clima, convirtiendo el cambio climático en una amenaza en lugar de una oportunidad. Esta sección analiza las principales expresiones de vulnerabilidad al cambio climático que persisten en los países de la región.

## **Desigualdades y asimetrías territoriales**

Las desigualdades sociales y las asimetrías territoriales impactan directamente la capacidad adaptativa de las personas. La vulnerabilidad regional se ve exacerbada por altos niveles de desigualdad en términos de ingresos, etnicidad y género, manifestándose de manera interseccional. Esto significa que grupos como las comunidades indígenas tienen menos acceso a recursos y oportunidades, lo que los hace más susceptibles a los impactos negativos del cambio climático. Las desigualdades en el ingreso limitan la capacidad de las poblaciones de bajos ingresos para prepararse y recuperarse de desastres, ya que carecen de los recursos necesarios para implementar medidas de adaptación o reconstrucción (Lastra & Grados, 2021). Estudios desarrollados por la CEPAL confirman que las mujeres afrodescendientes enfrentan una superposición de asimetrías y barreras de acceso a mercados laborales, lo que las vuelve comparativamente más vulnerables que otros grupos (CEPAL et al., 2020).

## **Fragilidad productiva**

La fragilidad productiva se refiere a la susceptibilidad de los principales sectores económicos y productivos a las manifestaciones físicas del cambio climático. La economía de muchos países centroamericanos depende en gran medida de sectores altamente dependientes del clima, como la agricultura, el turismo y la generación hidroeléctrica. Las pérdidas en estos sectores pueden tener efectos significativos en el bienestar económico de las comunidades y en la estabilidad macroeconómica de los países (ECLAC et al., 2022). El sector agrícola, por ejemplo, es fundamental dentro de la política económica de los países y para su seguridad alimentaria, además de emplear a una gran parte de la población con bajos niveles de escolaridad. En el sector energético, una cantidad significativa de represas hidroeléctricas se localizan en cuencas que han experimentado tendencias decrecientes en la precipitación.

## **Gobernanza débil**

El bajo índice de cumplimiento de las normas y la corrupción estructural en Centroamérica incrementan significativamente la vulnerabilidad de las personas y los países ante los efectos del cambio climático. Si bien la gobernanza es una de las herramientas clave para mitigar los efectos del cambio climático, las prácticas institucionales contrarias a la buena gobernanza tienen el potencial de reducir la efectividad de los esfuerzos impulsados desde el ámbito de la toma de decisiones. Sin embargo, la corrupción y el incumplimiento de las normas pueden socavar estos esfuerzos (Transparency International et al., 2021); estos factores no solo impiden la implementación de medidas efectivas contra el cambio climático, sino que también aumentan la exposición y vulnerabilidad de las comunidades a desastres.

La corrupción, entendida como el abuso del poder público para beneficio privado, socava la confianza en las instituciones y disminuye la eficacia de las políticas públicas destinadas a la acción climática. Según el Índice de Percepción de la Corrupción de Transparency International, los países centroamericanos consistentemente se ubican en los rangos más bajos, reflejando altos niveles de corrupción en comparación con otras regiones del mundo, incluidos los países de la OCDE (Transparency International et al., 2022). Esta condición estructural dificulta la

implementación efectiva de políticas climáticas y reduce la capacidad de los gobiernos para responder a los desastres de manera oportuna y efectiva (ECLAC et al., 2014).

La gobernanza deficiente también afecta la planificación y la ejecución de proyectos de infraestructura crítica, necesarios para la generación de resiliencia. La fragmentación burocrática y la falta de coordinación entre diferentes niveles de gobierno y sectores económicos son características comunes en la región, lo que resulta en una gestión ineficaz de los recursos naturales y una respuesta insuficiente a las emergencias. Los esfuerzos de adaptación, como la construcción de infraestructuras resilientes y la implementación de sistemas de alerta temprana, a menudo se ven comprometidos por la falta de voluntad política y la dependencia de financiamiento externo, lo que limita la sostenibilidad a largo plazo de dichas iniciativas (Murtinho et al., 2013).

## **Territorios y sectores prioritarios**

### ***Sectores más propensos***

En el contexto de la adaptación al cambio climático, es esencial adoptar una visión sectorial para incidir en la institucionalidad de los países. Este enfoque permite identificar y abordar las vulnerabilidades específicas de cada sector, facilitando la implementación de estrategias de adaptación más precisas y efectivas, respaldadas por las normativas pertinentes. No obstante, resulta también crucial complementar esta perspectiva sectorial con un enfoque colaborativo multisectorial, que promueva la coordinación y cooperación entre diferentes áreas para maximizar la resiliencia y sostenibilidad regional. De acuerdo con los principios de la gobernanza colaborativa y la gestión integrada de recursos, esta sinergia puede llevar a soluciones más integrales y eficaces, adaptadas a la complejidad de los desafíos climáticos (Salmoral et al., 2020).

### ***Agricultura y seguridad alimentaria y nutricional***

El cambio climático afecta de manera significativa la agricultura en toda la región. La variabilidad climática ha generado un aumento de eventos adversos que impactan la producción de cultivos básicos como maíz, frijoles, arroz y café. Se proyecta que, para 2050, los rendimientos de maíz y frijoles disminuirán considerablemente debido a la menor disponibilidad de agua y a condiciones climáticas adversas (IPCC et al., 2022). Estudios realizados por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) indican que la producción de frijol podría disminuir en un 19 por ciento y la de maíz entre un 4 por ciento y un 21 por ciento (CEPAL et al., 2018). En el caso del café, el cambio en los patrones de precipitación y el aumento de las temperaturas están reduciendo las áreas aptas para su cultivo: un estudio sugiere que las zonas adecuadas para el café arábica podrían disminuir entre un 38 por ciento y un 89 por ciento para 2050 (IPCC et al., 2022).

La variabilidad climática ha tenido un efecto adverso significativo en los rendimientos de cultivos esenciales en Guatemala, Honduras y Nicaragua. En Nicaragua, se ha observado una disminución en los rendimientos de maíz y frijol debido a la menor frecuencia de lluvias y el aumento de las temperaturas (Petrooulos et al., 2021). En Honduras, la recurrencia de sequías ha reducido la productividad del maíz y del arroz (Dodd et al., 2020). Los incrementos moderados en los rendimientos de cultivos como el sorgo y la caña de azúcar en Guatemala indican que la

adopción de variedades mejoradas y técnicas de manejo agrícola pueden contrarrestar parcialmente los efectos adversos del cambio climático (Singels et al., 2005).

La evidencia sugiere que la falta de acceso a tecnología y recursos crediticios es un factor determinante en la disminución de los rendimientos agrícolas, especialmente para los pequeños agricultores que dependen de la agricultura de subsistencia. La brecha tecnológica y la desigualdad en la distribución de recursos impiden que los agricultores adopten prácticas más eficientes y resilientes. El estancamiento en los rendimientos de maíz y arroz está relacionado con la variabilidad de precipitaciones y las limitaciones en las prácticas agrícolas (López-Ridaura et al., 2021; CEPAL et al., 2018).

### **Recursos hídricos**

La reducción de las precipitaciones y el aumento de la demanda de agua debido al crecimiento poblacional y agrícola han exacerbado la escasez hídrica en la región. Se proyecta que la disponibilidad de agua per cápita disminuirá en un 82 por ciento para el año 2100 bajo escenarios de altas emisiones (CEPAL et al., 2018). Esta escasez de agua afecta todos los aspectos de la vida. En las zonas rurales, la falta de agua para riego impacta la producción agrícola, lo que a su vez afecta la seguridad alimentaria y los ingresos de los agricultores. En las zonas urbanas, la falta de acceso a agua potable y saneamiento adecuado contribuye a problemas de salud pública. La CEPAL (2018) destaca que la falta de agua potable segura está relacionada con la incidencia de enfermedades como el cólera y la diarrea, que afectan desproporcionadamente a las comunidades más pobres (CEPAL et al., 2018). En El Salvador, el 85 por ciento del agua superficial está contaminada, y la reducción de las precipitaciones agrava esta situación (MARN et al., 2022).

### **Salud pública**

El cambio climático está incrementando la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores como el dengue, la malaria y el zika, debido a que las temperaturas más altas y los cambios en los patrones de precipitación están ampliando las áreas geográficas donde los vectores de enfermedades pueden sobrevivir y proliferar. En Honduras, se ha observado que la precipitación y la humedad relativa están positivamente correlacionadas con la ocurrencia de casos de dengue hemorrágico (Zambrano et al., 2012). De manera similar, en el Sudeste Asiático, el aumento de la temperatura y la variabilidad en los patrones de lluvia han contribuido a la propagación del dengue: Tailandia y Filipinas han reportado incrementos significativos en los casos de dengue en los últimos años (WHO, 2019).

Además, las olas de calor representan un riesgo significativo para la salud y están asociadas con un aumento significativo en la mortalidad diaria, particularmente entre las poblaciones vulnerables como los ancianos y aquellos con condiciones de salud preexistentes (Bell et al., 2008). En El Salvador, las olas de calor han sido vinculadas a un aumento en los casos de insuficiencia renal, particularmente en trabajadores agrícolas expuestos a condiciones extremas (Orantes et al., 2014).

## **Recuadro 1**

### **Cambio climático y desprotección de las condiciones laborales**

Las olas de calor en la región han alcanzado niveles críticos, afectando la salud ocupacional de millones de trabajadores. Según la OIT, más del 70 por ciento de la fuerza laboral global, aproximadamente 2.400 millones de personas, están expuestas al calor extremo, con una proporción significativa en sectores agrícolas y de construcción en la región. Estas condiciones contribuyen cada año a 18.970 muertes relacionadas con el trabajo y 2,09 millones de años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) a nivel mundial. En Centroamérica, las temperaturas han alcanzado hasta 41°C en zonas como Escuintla, Guatemala, exacerbando el estrés térmico en los trabajadores agrícolas. Este estrés térmico ha sido vinculado con enfermedades graves como insuficiencia multiorgánica y enfermedades renales crónicas, afectando especialmente a trabajadores de cultivos como la caña de azúcar y el café, quienes pasan largas jornadas al aire libre sin suficiente acceso a hidratación o sombra.

El calor extremo no solo afecta la capacidad de trabajar, sino que está directamente relacionado con una serie de afecciones de salud graves. En Centroamérica, más de 26 millones de personas están expuestas a enfermedades renales crónicas, especialmente en el sector agrícola. La Nefropatía Mesoamericana es una enfermedad renal crónica no tradicional que afecta a miles de trabajadores en la región, particularmente en Nicaragua y El Salvador. Estudios muestran que estos trabajadores experimentan temperaturas corporales superiores a 38°C durante el 20-30 por ciento de su jornada laboral. En sectores urbanos, los trabajadores de construcción enfrentan altos riesgos, con tasas elevadas de deshidratación severa y golpes de calor. Además, la exposición prolongada al calor ha incrementado la incidencia de enfermedades cardiovasculares y respiratorias en trabajadores al aire libre y en espacios cerrados sin ventilación adecuada.

Fuente: Elaboración propia.

---

### ***Infraestructura***

Los portafolios de infraestructura son particularmente vulnerables a eventos de alta descarga energética como ciclones, inundaciones y deslizamientos de tierra. Las dificultades para implementar medidas de ordenamiento territorial aumentan el riesgo de daños en áreas densamente pobladas. Un informe del Banco Mundial (2019) indica que más del 60 por ciento de la población urbana en Centroamérica vive en asentamientos informales, donde la infraestructura es precaria y las viviendas son altamente vulnerables a desastres (Quesada-Román & Campos-Durán, 2022; Sandoval & Sarmiento, 2019).

La región es impactada periódicamente por ciclones que pueden causar daños extensos a la infraestructura. Los huracanes Eta y Iota en 2020 afectaron gran parte de Nicaragua, Honduras, Costa Rica y Panamá, destruyendo carreteras, puentes y viviendas, y desplazando a miles de personas (WMO et al., 2021). Guatemala, en particular, ha perdido un estimado de 500 millones de dólares en daños a viviendas debido a eventos hidrometeorológicos en la última década, exacerbados por la falta de infraestructura adecuada y la rápida urbanización en áreas de alto riesgo (MARN et al., 2021).

### **Biodiversidad**

El cambio climático está afectando la biodiversidad y los ecosistemas en la región. La reducción de las precipitaciones y el aumento de las temperaturas están provocando la transformación de los hábitats naturales, lo que amenaza tanto a la flora como a la fauna. Mesoamérica podría ser impactada negativamente a través de la contracción de la distribución de especies nativas a medida que el área se vuelve cada vez más seca (Stan & Sánchez-Azofeifa, 2019). Varios estudios estiman una reducción significativa en la productividad primaria neta en los bosques tropicales bajo los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, como resultado del aumento de la temperatura, la reducción de la precipitación y las sequías (Hagen et al., 2022).

Los bosques tropicales están experimentando una reducción en la productividad primaria neta. Esta disminución afecta la capacidad de los bosques para sostener la vida silvestre y cumplir con sus funciones ecológicas vitales, como la captura de carbono y la regulación del ciclo del agua (Bustamante et al., 2016). El Amazonas, otro *hotspot* de biodiversidad, enfrenta problemas similares: un estudio proyecta que el 40 por ciento de la selva amazónica podría transformarse en sabana si las tendencias actuales de deforestación y cambio climático continúan (Nobre & Lovejoy, 2019). Esta transformación no solo afecta a la biodiversidad, sino que también tiene implicaciones globales debido a la pérdida de uno de los mayores sumideros de carbono del mundo.

Existe evidencia sobre afectaciones a especies específicas. Las ranas y salamandras, por ejemplo, están en riesgo debido a la pérdida de hábitats húmedos y el aumento de enfermedades como la quitridiomycosis, que es más prevalente en climas más cálidos (Lips et al., 2006). Las aves migratorias también están siendo impactadas, ya que los cambios en los patrones de precipitación afectan la disponibilidad de alimentos en sus rutas migratorias (Şekercioğlu et al., 2012). Por su parte, los arrecifes de coral en el Caribe están sufriendo blanqueamiento debido al aumento de las temperaturas del mar.

### **Territorios más afectados**

Adoptar un enfoque territorial frente a los retos de la adaptación al cambio climático es crucial para los países de la región, ya que existen territorios con características únicas o estratégicas que requieren soluciones específicas para mejorar la resiliencia y promover su conservación y uso sostenible. La gestión integrada de estos territorios puede optimizar el uso de recursos naturales, fortalecer las infraestructuras críticas y mejorar la calidad de vida de las comunidades vulnerables. De manera complementaria, el enfoque territorial permite intervenir las agendas de desarrollo de forma más efectiva (Ostrom, 1990; IPCC et al., 2021). A continuación, se presentan los territorios que podrían verse más afectados de acuerdo con el AR6.

### **Zonas costeras**

Las áreas costeras, especialmente en el Caribe, están expuestas al aumento del nivel del mar y a ciclones más intensos. Estos territorios enfrentan inundaciones costeras, erosión de playas e intrusión salina en acuíferos, lo cual afecta la seguridad hídrica y la infraestructura costera (IPCC et al., 2014). Belice y Honduras son particularmente vulnerables debido a su extensa línea costera, configuración geológica y baja altitud. La elevación del nivel del mar y los ciclones más

intensos ponen en riesgo a las comunidades costeras, que pueden experimentar desplazamientos forzados y pérdidas económicas significativas (IPCC et al., 2019).

La combinación de mareas altas y tormentas puede causar inundaciones severas, dañando viviendas, carreteras y otras infraestructuras críticas (Woodruff et al., 2013). La erosión de las playas también es un problema grave, ya que las olas fuertes y las marejadas ciclónicas desplazan grandes cantidades de arena, reduciendo la anchura de las playas y afectando el turismo, que es una fuente importante de ingresos para muchos países caribeños (Nurse et al., 2014). Se estima que para 2100, hasta el 50 por ciento de las playas del Caribe podrían desaparecer si no se implementan medidas de mitigación efectivas (IPCC et al., 2014).

Los ciclones más fuertes no solo traen vientos fuertes, sino que también aumentan las lluvias torrenciales y las marejadas ciclónicas, exacerbando las inundaciones. Las pérdidas económicas derivadas son sustanciales: la destrucción de infraestructuras, la interrupción de actividades económicas y los costos de reconstrucción imponen una carga financiera pesada sobre los gobiernos y las comunidades locales. CEPAL (2022) estima que los desastres costaron a América Latina y el Caribe más de 320 mil millones de dólares entre 1970 y 2022, con un impacto significativo en el crecimiento económico y la inversión en desarrollo (CEPAL et al, 2022).

---

## **Recuadro 2**

### **El lento pero constante aumento del nivel del mar**

El aumento del nivel del mar es uno de los indicadores más evidentes de los cambios ambientales globales, con un promedio de incremento de 4.77 mm anuales entre 2014 y 2023, el ritmo más rápido registrado en la última década (OMM, 2024). En Centroamérica y la República Dominicana, este fenómeno es especialmente preocupante debido a que las tasas de aumento regional tienden a superar la media global. Factores como el calentamiento de los océanos, la expansión térmica y la pérdida acelerada de masas glaciares contribuyen a esta tendencia (CEPAL, 2020). Según las proyecciones del escenario RCP8.5, caracterizado por altas emisiones de gases de efecto invernadero, el nivel del mar podría incrementarse entre 0.63 y 1.01 metros hacia finales del siglo XXI. Esta situación afectará especialmente a áreas costeras bajas, zonas insulares y ecosistemas marinos estratégicos, exponiendo a millones de personas a riesgos significativos relacionados con la infraestructura y los recursos naturales.

Los efectos del aumento del nivel del mar varían ampliamente entre los países de la región. En Honduras y Nicaragua, las comunidades costeras, especialmente en el Golfo de Fonseca, enfrentan riesgos de inundación y pérdida de tierras agrícolas, lo que compromete tanto la seguridad alimentaria como los medios de vida locales (OMM, 2024). En Guatemala, las ciudades portuarias como Puerto Barrios se ven amenazadas por la erosión costera, mientras que, en El Salvador, los manglares, fundamentales para la biodiversidad y las economías locales, enfrentan riesgos de inundación y salinización del agua (CEPAL, 2020). En la República Dominicana, destinos turísticos como Punta Cana y Bávaro están bajo amenaza directa debido al impacto en la infraestructura hotelera, con posibles pérdidas económicas significativas para una economía altamente dependiente del turismo.

País	Aumento proyectado (metros, 2100)	Impactos clave
Honduras	0,7 – 1,0	Inundaciones en el Golfo de Fonseca
Nicaragua	0,6 – 1,01	Pérdida de tierras agrícolas
Guatemala	0,63 – 1,0	Erosión costera en Puerto Barrios
El Salvador	0,65 – 1,0	Inundación de manglares
República Dominicana	0,68 – 1,01	Daños en infraestructura turística

Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL, 2020 y OMM, 2024.

### Corredor seco centroamericano

El Corredor Seco Centroamericano (CSC), que se extiende mayoritariamente por Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua, es una de las regiones más afectadas por las sequías prolongadas dadas sus condiciones naturales relativamente secas. Esta región alberga a una gran parte de la población centroamericana (mapa 2), incluyendo millones de personas que dependen de la agricultura para su subsistencia y que ya enfrentan altos niveles de pobreza (FAO et al., 2024). En las últimas décadas, la variabilidad climática y la reducción de precipitaciones en esta región son factores que aumentan la inseguridad alimentaria y el desplazamiento de la población.

### Mapa 2

Localización de las principales aglomeraciones urbanas con respecto al CSC



Fuente: Elaboración propia con información de <https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/sdei-global-uhi-2013>.

La transformación y armonización de las actividades productivas con los ecosistemas ha sido clave para atenuar algunos impactos. La adopción de prácticas agroforestales, que combinan cultivos agrícolas con árboles, mejora la retención de agua del suelo y proporciona sombra, reduciendo el estrés hídrico en las plantas. En Honduras, los programas de agroforestería han

demostrado aumentar la resiliencia de las fincas pequeñas frente a las sequías (Hjolmo, 2021). La reforestación y la restauración de ecosistemas son cruciales para mejorar la retención de agua y mitigar los efectos de las sequías.

### **Zonas de montaña**

Las comunidades indígenas y rurales en las zonas montañosas de Guatemala y Honduras son altamente vulnerables debido a su dependencia de los recursos naturales y la agricultura de subsistencia en ecosistemas frágiles. La reducción de la disponibilidad de agua y el aumento de la temperatura afectan negativamente los cultivos y el ganado, exacerbando la pobreza y la inseguridad alimentaria en estas áreas (Milan & Ruano, 2014). En particular, las regiones montañosas enfrentan desafíos únicos debido a su aislamiento geográfico y la falta de infraestructura adecuada, lo que complica la implementación de medidas de adaptación efectivas.

El aumento de la temperatura también está afectando los patrones de cultivo en las regiones montañosas. Los cultivos que tradicionalmente se producían en estas áreas ahora enfrentan temperaturas que exceden su rango óptimo de crecimiento. Esto puede resultar en una disminución de los rendimientos y una mayor vulnerabilidad a plagas y enfermedades. La falta de carreteras y sistemas de riego agrava los problemas económicos y sociales de estas comunidades. Las dificultades para implementar medidas de adaptación efectivas, como la construcción de infraestructura resistente al clima, son significativas debido a la geografía y los elevados costos asociados (ECLAC et al., 2015).

## **Retos y oportunidades para potenciar la adaptación al cambio climático**

Enfrentar los desafíos del cambio climático no es una opción, sino una necesidad estratégica ineludible para los países, especialmente aquellos con alta vulnerabilidad, como los de Centroamérica y el Caribe. Comprender y anticipar estos retos es fundamental para formular respuestas adaptativas que no solo mitiguen los impactos negativos, sino que también transformen las crisis en oportunidades para el desarrollo sostenible. En este sentido, la adaptación al cambio climático no es únicamente una cuestión técnica o ambiental, sino un componente central de la planificación económica y social. La vulnerabilidad de las comunidades rurales, la fragilidad de la infraestructura, la erosión costera, y otros desafíos similares exigen soluciones integradas y multisectoriales que aborden las causas profundas de la vulnerabilidad. El éxito en la adaptación al cambio climático puede abrir nuevas vías para el crecimiento económico inclusivo, la mejora de la calidad de vida y la protección del medio ambiente, sentando las bases para un futuro más equitativo y sostenible.

### **Retos**

La crisis estructural que atraviesa la región debe ser una justificación, más que una excusa, para redoblar esfuerzos en materia de acción climática. Las crisis pueden ser momentos de oportunidad para reimaginar y reconstruir los grandes acuerdos colectivos (Klein, 2014). La acción climática ofrece una ventana para transformar cualitativamente las estrategias de desarrollo, en donde los beneficios podrían ser múltiples: desde la mejora de la resiliencia

comunitaria hasta la creación de nuevas oportunidades económicas. En el contexto de Centroamérica y el Caribe, donde la vulnerabilidad es alta, dar este salto es tanto un imperativo ético como una estrategia pragmática para asegurar un futuro más equitativo y sostenible (IPCC et al., 2022). Estos son los retos más urgentes que deben atender los gobiernos del área.

### ***Vulnerabilidad de comunidades rurales***

La vulnerabilidad de las comunidades rurales y agrícolas en Centroamérica y la República Dominicana es uno de los principales retos a nivel regional debido a varios factores críticos. La alta dependencia de la agricultura de subsistencia en estas comunidades las hace extremadamente vulnerables a las variaciones climáticas. En los últimos diez años, la tendencia regional ha mostrado un aumento en la frecuencia y severidad de eventos hidrometeorológicos como sequías e inundaciones. Estos eventos han tenido un impacto significativo en la agricultura de subsistencia, la principal fuente de ingresos para muchas familias rurales.

Este reto está profundamente arraigado en el contexto de desarrollo de los países del área debido a la estructura socioeconómica de las comunidades rurales. La pobreza generalizada y la falta de acceso a recursos financieros y tecnológicos limitan la capacidad de adaptación de estas comunidades. En Guatemala, por ejemplo, el 77 por ciento de la población rural vive en condiciones de pobreza, una situación que se replica en otros países del CSC (CEPAL et al., 2018). La dependencia de la agricultura de subsistencia significa que cualquier variación climática puede tener consecuencias potencialmente críticas para la seguridad alimentaria y los ingresos de estas familias. Aunque se han intentado varias intervenciones para abordar este problema, como programas de reforestación, la implementación de sistemas de riego y la promoción de cultivos resistentes a la sequía, la falta de infraestructura adecuada, la escasez de recursos financieros y la limitada capacidad técnica de las comunidades para implementar estas soluciones han sido obstáculos significativos (FAO et al., 2019).

La infraestructura rural es deficiente, con carreteras y sistemas de transporte inadecuados que dificultan el acceso a mercados y recursos. La falta de acceso a crédito y seguros agrícolas también limita la capacidad de los agricultores para invertir en tecnologías de adaptación. Las repercusiones a mediano plazo podrían ser severas. La inseguridad alimentaria podría aumentar, llevando a una mayor pobreza y al desplazamiento de poblaciones rurales hacia áreas urbanas, lo que podría exacerbar los problemas de urbanización y crear nuevas vulnerabilidades. La presión sobre los recursos naturales también podría aumentar, conduciendo a una degradación ambiental adicional y reduciendo aún más la capacidad de las comunidades para adaptarse a futuros cambios climáticos. Esto podría desencadenar un ciclo de pobreza y vulnerabilidad difícil de romper sin intervenciones significativas y sostenibles (IPCC et al., 2022).

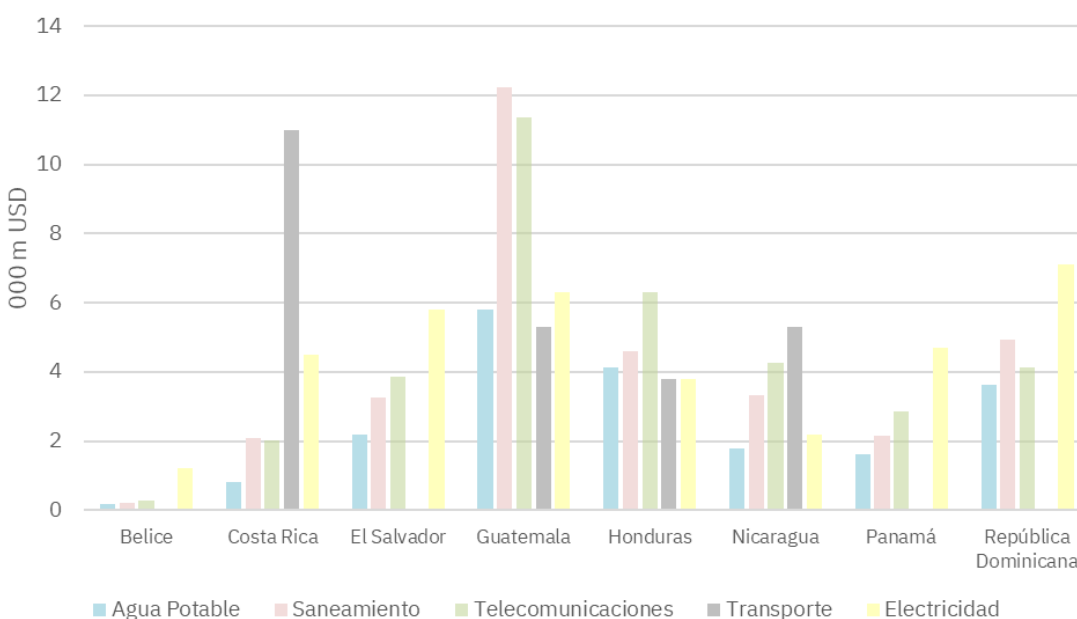
### ***Infraestructura frágil***

La infraestructura frágil y el déficit de inversión son retos críticos a nivel regional. Los países de la región enfrentan un déficit de inversión estimado en unos 150 mil millones de dólares (Figura 6) para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), lo que representa una carga presupuestaria significativa, pero también una oportunidad para maximizar los retornos sobre la inversión de capital aplicando criterios de adaptación al cambio climático (Brichetti et al., 2021). La vulnerabilidad de las áreas urbanas está aumentando significativamente; las estadísticas indican que las inundaciones y deslizamientos de tierra se han vuelto más frecuentes, afectando

desproporcionadamente a las comunidades más pobres, que ven comprometidos mayormente sus sistemas de servicios públicos (Quesada-Román & Campos-Durán, 2022). La debilidad institucional y la corrupción en muchos países de la región dificultan la implementación de proyectos de infraestructura a gran escala (Portes & Smith, 2008). Además, la falta de acceso a financiamiento adecuado y la dependencia de la ayuda internacional limitan la capacidad de los gobiernos para invertir en infraestructura resiliente. La falta de infraestructura adecuada podría restringir la capacidad de las ciudades para adaptarse a futuros cambios climáticos, aumentando la frecuencia y severidad de los desastres y desplazamientos de población. La baja resiliencia urbana también podría afectar negativamente la inversión extranjera y el desarrollo económico a largo plazo (IPCC et al., 2022).

Gráfico 4

Centroamérica y República Dominicana: Brechas sectoriales de inversión pública. 2021



Fuente: Elaboración propia con datos de Brichetti et al., 2021.

### **Erosión costera y aumento del nivel del mar**

La erosión costera y el aumento del nivel del mar son temas críticos debido a los impactos irreversibles que tienen sobre las comunidades costeras, la infraestructura y la economía. La intensidad de los ciclones en el Atlántico ha aumentado, con un incremento notable en las marejadas ciclónicas que superan el período de retorno de 10 años (IPCC et al., 2019). La tasa de aumento del nivel del mar en el Caribe ha sido de aproximadamente 3.6 mm por año (Nurse et al., 2014). En Belice, el turismo representa aproximadamente el 40 por ciento del PIB, y gran parte de esta actividad se centra en las áreas costeras y los arrecifes de coral (WTTC et al., 2020). La pérdida de playas puede reducir significativamente el atractivo turístico de la región, afectando negativamente la economía local. Se han intentado varias intervenciones, incluyendo la construcción de barreras costeras, la restauración de manglares y la creación de arrecifes artificiales. Sin embargo, estas intervenciones no siempre han sido efectivas: las barreras costeras, por ejemplo, pueden ser costosas de construir y mantener, y en algunos casos, pueden

agravar la erosión en otras áreas al alterar las corrientes naturales y los patrones de sedimentación (Rangel-Buitrago et al., 2017). La restauración de manglares y la creación de arrecifes artificiales requieren una inversión significativa y una gestión continua, lo que puede ser un desafío para los países con recursos limitados (Spalding et al., 2014).

## **Oportunidades de transformación**

En medio de la crisis existen oportunidades de transformación que pueden contribuir a rediseñar estrategias de desarrollo. La implementación de sistemas agroforestales y la infraestructura verde no solo mitigan los efectos del cambio climático, sino que también potencian el crecimiento económico y la resiliencia comunitaria (Diamond, 2005; Ostrom, 1990; World Bank et al., 2016).

### ***Implementación de sistemas de desarrollo rural sostenible***

La implementación de sistemas de desarrollo rural sostenible se considera una de las principales oportunidades debido a sus múltiples beneficios económicos, ambientales y sociales. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), enfoques como el de la agroforestería puede incrementar la productividad agrícola en un 50 por ciento y reducir la erosión del suelo en un 30 por ciento (FAO et al., 2016). En Honduras, los sistemas agroforestales han mejorado la resiliencia de las fincas pequeñas frente a las sequías prolongadas, mejorando la retención de agua en el suelo y reduciendo la erosión. Esta práctica también diversifica las fuentes de ingresos para los agricultores, proporcionando productos maderables y no maderables (Lasco et al., 2014).

A nivel global, hay un aumento en la demanda de productos agrícolas sostenibles y orgánicos, lo que puede proporcionar mercados adicionales para los productos de agroforestería. Además, programas de financiamiento internacional, como el Fondo Verde para el Clima, están apoyando proyectos que promueven la sostenibilidad y la adaptación al cambio climático, proporcionando los recursos necesarios para la implementación de sistemas agroforestales en la región (FAO et al., 2019).

En los últimos diez años, la tendencia regional ha mostrado un aumento en la adopción de prácticas agroforestales. Costa Rica y Honduras han liderado la implementación de estos sistemas, demostrando su efectividad para mejorar la productividad agrícola y la sostenibilidad ambiental (Redondo, 2004). Un estudio destaca que la agroforestería ha contribuido significativamente a la reducción de la deforestación y la mejora de la biodiversidad en estos países. La agroforestería también ha sido promovida como una estrategia clave en los planes nacionales de adaptación al cambio climático en varios países de la región; la silvicultura se beneficia de la producción de madera y otros productos forestales no maderables, creando nuevas fuentes de ingresos. Además, el turismo puede beneficiarse de la conservación de paisajes naturales y la biodiversidad, atrayendo a turistas interesados en el ecoturismo y las actividades al aire libre.

A nivel local, los agricultores pueden diversificar sus fuentes de ingresos, lo que reduce su vulnerabilidad económica y mejora la seguridad alimentaria. A nivel macroeconómico, la agroforestería puede contribuir a la reducción de la deforestación, mejorando la biodiversidad y

los servicios ecosistémicos, como la captura de carbono, que son cruciales para la mitigación del cambio climático. Ejemplos que han demostrado resultados en Centroamérica incluyen el Programa de Pago por Servicios Ambientales en Costa Rica, que ha incentivado la reforestación y la conservación de bosques, resultando en un aumento significativo de la cobertura forestal y la recuperación de especies (Porrás & Chacón, 2018). En Honduras, proyectos de agroforestería implementados han mejorado la resiliencia de las comunidades rurales frente a las sequías y han aumentado la productividad agrícola (FAO et al, 2015).

### ***Desarrollo de infraestructura verde urbana***

La inversión en infraestructura verde es estratégica para mitigar los efectos del cambio climático mientras se abordan déficits críticos en capacidades de adaptación. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la región latinoamericana y Caribe enfrenta un déficit de inversión en infraestructura que supera los US\$120–150 billones anuales, lo que representa una oportunidad para integrar soluciones verdes en nuevos proyectos (BID, 2018). La infraestructura verde, como techos verdes, pavimentos permeables y jardines de lluvia, puede reducir la escorrentía, mejorar la recarga de acuíferos y mitigar las inundaciones urbanas. Estos beneficios no solo mejoran la resiliencia de las ciudades ante eventos climáticos extremos, sino que también proporcionan ventajas adicionales, como la mejora de la calidad del aire y la reducción del efecto de isla de calor (Gómez-Baggethun & Barton, 2013).

La tendencia regional ha mostrado un incremento en la adopción de prácticas de infraestructura verde. En Panamá, proyectos de infraestructura verde han demostrado reducir las inundaciones y mejorar la calidad del agua (Vásquez et al., 2019); En República Dominicana, el proyecto 'Ecociudad Juan Bosch' integra infraestructura verde como parte de su planificación urbana, mejorando la resiliencia ante inundaciones y proporcionando beneficios sociales y ambientales (Pradilla et al., 2021).

La infraestructura verde puede integrarse en los planes de urbanismo para crear ciudades más sostenibles y resilientes. En la gestión de recursos hídricos, estas soluciones mejoran la capacidad de las ciudades para manejar la escorrentía y recargar acuíferos. Además, en el sector de la salud pública, la mejora de la calidad del aire y la reducción de las temperaturas urbanas pueden reducir la incidencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Vásquez et al., 2019). Los beneficios económicos de la infraestructura verde a nivel local y macroeconómico son significativos. La reducción de las inundaciones puede disminuir los costos de reparación de infraestructuras y los daños a la propiedad. La mejora de la calidad de vida y la reducción de los costos de salud pública pueden aumentar la productividad y el bienestar de la población. En el sector social, puede proporcionar espacios verdes accesibles que mejoren la calidad de vida y promuevan la cohesión comunitaria. Productivamente, se puede aumentar la resiliencia de las ciudades a los impactos del cambio climático, reduciendo los costos asociados con desastres y mejorando la competitividad de las ciudades (Vásquez et al., 2019).

### ***Fortalecimiento de sistemas de gestión del recurso hídrico***

El fortalecimiento de sistemas de gestión comunitaria del agua es una oportunidad estratégica para aumentar capacidades adaptativas mientras se impulsan avances en otros ámbitos sectoriales. Estos sistemas pueden aumentar la disponibilidad de agua en un 20 por ciento durante las estaciones secas, lo cual es crucial en regiones que enfrentan sequías recurrentes

(FAO et al., 2019). En Honduras y Guatemala, proyectos comunitarios de captación de agua de lluvia han permitido a las comunidades rurales mantener la producción agrícola durante períodos de sequía (Martínez, 2013).

A nivel macroeconómico, la gestión eficiente del agua puede reducir los costos asociados con la escasez de agua y mejorar la resiliencia de la economía en general, así como liberar espacio para invertir en áreas donde el servicio de provisión de agua históricamente ha sido precario. En el sector agrícola, puede aumentar la productividad y la sostenibilidad, reduciendo la dependencia de insumos externos y mejorando la resiliencia ante el cambio climático. En el sector social, puede fortalecer la cohesión comunitaria y empoderar a las comunidades locales, fomentando la autogestión y la participación en la toma de decisiones (Maldonado, 2022).

## **Vacíos de información y evidencia**

La identificación y llenado de vacíos de información es una tarea fundamental de la agenda de acción climática regional. La falta de proyecciones espacialmente adecuadas impide la planificación y el diseño de infraestructuras resilientes, limitando la capacidad de adaptación de sistemas y territorios. Datos detallados y localizados permiten estrategias más precisas, optimizando la inversión en infraestructura y reduciendo costos asociados a desastres. La cooperación internacional y el uso de tecnologías avanzadas pueden mejorar significativamente la recopilación y análisis de datos, facilitando una respuesta eficaz a los desafíos del clima.

## **Proyecciones adecuadas**

La falta de proyecciones climáticas es uno de los principales vacíos de información debido a su impacto en la planificación y diseño de infraestructuras resilientes. Este vacío de datos impide a los planificadores y tomadores de decisiones desarrollar estrategias de mitigación y adaptación adecuadas para comunidades y escalas específicas. En Centroamérica y el Caribe la variabilidad climática y la topografía compleja requieren enfoques de precisión que solo pueden lograrse con datos detallados. Por ejemplo, aunque el IPCC y la OMM mencionan aumentos en la intensidad de ciclones en el Atlántico, no proporcionan datos detallados a nivel de comunidad que permitan una planificación efectiva en áreas urbanas y rurales específicas para el Caribe (Imbach et al., 2018).

El descenso en inversión en investigación y desarrollo (I+D) que experimentan los gobiernos de la región influye significativamente en la falta de datos espaciales detallados. La inversión en I+D en América Latina y el Caribe ha sido históricamente baja, representando solo el 0,7 por ciento del PIB en promedio, comparado con el 2,4 por ciento en los países de la OCDE (Banco Mundial et al., 2021). Las principales causas de esta situación incluyen limitaciones presupuestarias, prioridades de gasto centradas en necesidades inmediatas como salud y educación y una infraestructura de investigación insuficiente.

La tecnología actual puede facilitar la recopilación y el análisis de datos climáticos detallados mediante el uso de satélites, drones y sensores remotos. Además, a cooperación internacional puede proporcionar parte de los recursos financieros y técnicos necesarios para desarrollar infraestructuras de investigación robustas; por ejemplo, la colaboración con instituciones como la NASA y la ESA ha permitido a algunos países en desarrollo mejorar su capacidad de monitoreo climático (Anderson et al., 2017). En otras partes del mundo, ejemplos interesantes han demostrado resultados positivos en contextos similares. En África Subsahariana, el programa de modelado climático del Instituto de Investigación Internacional para el Clima y la Sociedad (IRI) ha mejorado significativamente la precisión de las proyecciones climáticas locales, permitiendo a los países implementar medidas de adaptación más efectivas (Osgood, 2018). En el sudeste asiático, la colaboración entre el Centro Climático de Asia y el Pacífico (APCC) y gobiernos locales ha permitido la creación de modelos climáticos detallados que informan la planificación urbana y la gestión de recursos hídricos (APCC et al., 2023).

Los beneficios económicos de cerrar esta brecha de conocimiento a nivel local y macroeconómico son importantes. A nivel local, disponer de proyecciones climáticas detalladas permite a las comunidades implementar medidas de adaptación más efectivas, reduciendo los costos de los daños por desastres y mejorando la resiliencia de las infraestructuras. A nivel macroeconómico, una mejor planificación basada en datos puede reducir los gastos públicos en respuesta a desastres y aumentar la eficiencia de las inversiones en infraestructura (Banco Mundial et al., 2021). En el sector agrícola, mejores datos pueden ayudar a optimizar la producción y reducir las pérdidas por eventos climáticos extremos. También permiten diseñar construcciones más resilientes que pueden soportar mejor las condiciones climáticas adversas (Imbach et al., 2018).

### **Impacto del cambio climático en la seguridad alimentaria**

La falta de estudios detallados sobre el impacto del cambio climático en la seguridad alimentaria se considera un vacío serio de información debido a su implicación directa en la subsistencia y bienestar de millones de personas. Sin información precisa sobre cómo las variaciones climáticas afectan la producción de alimentos y la seguridad alimentaria, es difícil diseñar políticas y programas efectivos para mitigar estos impactos (Reyer et al., 2017). A pesar de algunos avances en la integración del cambio climático en las políticas agrícolas, la falta de datos granulares y localizados sobre la seguridad alimentaria persiste. Esto ha llevado a una implementación desigual de estrategias de adaptación, con algunas áreas mejor atendidas que otras debido a la disponibilidad desigual de información y recursos.

La adopción de técnicas de agricultura de precisión y el uso de tecnologías de monitoreo pueden proporcionar datos detallados sobre el rendimiento de los cultivos y las condiciones del suelo. En el sector tecnológico, la implementación de SIG y la teledetección pueden mejorar la recopilación de datos y la modelización de escenarios climáticos (CAC et al., 2017). Cerrar esta brecha de conocimiento conlleva beneficios económicos significativos a nivel local y macroeconómico. Disponer de datos detallados permite a los agricultores optimizar sus prácticas agrícolas, reducir pérdidas y mejorar la resiliencia frente a eventos climáticos extremos. Una mejor planificación basada en datos puede aumentar la eficiencia en la producción agrícola, reducir la dependencia de importaciones de alimentos y mejorar la balanza

comercial. Además, mejorar la seguridad alimentaria puede reducir los costos asociados con la malnutrición y las crisis alimentarias, liberando recursos para otras áreas críticas del desarrollo (FAO et al., 2017).

### **Datos socioeconómicos detallados a nivel de comunidad**

Los datos actuales se recopilan y presentan a niveles administrativos amplios, como municipios o regiones, lo que oculta las disparidades intra-regionales y las vulnerabilidades específicas de ciertos grupos o áreas dentro de esas divisiones administrativas. Actualmente existe una relación desproporcionada entre información biofísica e información socioeconómica necesaria para realizar estimaciones integrales de potenciales afectaciones. Disponer de datos detallados sobre la exposición permite a las comunidades implementar medidas de adaptación más efectivas, reduciendo los costos de los daños por desastres y mejorando la resiliencia de las infraestructuras. Por otra parte, una mejor planificación basada en datos puede reducir los gastos públicos en respuesta a desastres y aumentar la eficiencia de las inversiones en infraestructura.

### **Desafíos estructurales para la generación y el uso de evidencia científica**

Aprovechar al máximo la evidencia científica en contextos centroamericanos requiere una combinación de educación, tecnología, participación comunitaria y políticas públicas robustas. Al abordar los factores culturales y estructurales que afectan la generación y el uso de la evidencia, los países de la región pueden mejorar su capacidad para adaptarse a los impactos del cambio climático y promover un desarrollo más sostenible y resiliente. En muchos países centroamericanos, la valoración de la evidencia científica puede estar influenciada por factores culturales que afectan su generación, comprensión y uso. Las percepciones sobre la ciencia y la tecnología varían significativamente según el contexto cultural y socioeconómico. En algunas comunidades rurales, por ejemplo, los conocimientos tradicionales y las prácticas ancestrales pueden ser predominantes y, a veces, estar en conflicto con la evidencia científica moderna. Este fenómeno no solo limita la aceptación y aplicación de nuevas tecnologías y métodos, sino que también puede generar desconfianza hacia las instituciones científicas y gubernamentales que promueven el cambio.

La educación científica y tecnológica en muchos países de la región es insuficiente, y esto afecta la capacidad de la población para comprender y utilizar la evidencia científica de manera efectiva. Según la UNESCO, el nivel de alfabetización científica en América Latina y el Caribe es significativamente más bajo que en otras regiones, lo que limita la capacidad de los ciudadanos para participar en debates informados sobre políticas públicas relacionadas con el cambio climático (UNESCO et al., 2020). Para maximizar el aprovechamiento de la evidencia científica en contextos donde los vacíos de información son una constante, es crucial implementar acciones innovadoras y adaptativas. Algunas estrategias clave incluyen:

- Fortalecimiento de la educación científica. Mejorar la educación científica a todos los niveles es fundamental para empoderar a las comunidades y fomentar una cultura de toma de decisiones basada en evidencia. Programas educativos que integren conocimientos científicos y tradicionales pueden ser particularmente efectivos en comunidades rurales.

- Desarrollo de redes de conocimiento colaborativo. Crear plataformas y redes que faciliten la colaboración entre científicos, tomadores de decisiones, comunidades locales y organizaciones internacionales puede ayudar a compartir conocimientos y recursos. Estas redes pueden ser un puente entre la ciencia y la política, asegurando que la evidencia científica sea accesible y utilizada de manera efectiva (Gual, 2014).
- Uso de tecnología para la recopilación y análisis de datos. La implementación de tecnologías puede mejorar la recopilación de datos en áreas donde la información es escasa. Estas tecnologías pueden proporcionar datos valiosos sobre el clima, la agricultura y la gestión de recursos naturales, incluso en contextos con infraestructura limitada.

## **Conclusiones**

### **La infraestructura resiliente es un elemento crítico para la adaptación en múltiples ámbitos**

El análisis revela una necesidad imperativa de invertir en infraestructura resiliente en Centroamérica y la República Dominicana para enfrentar los desafíos que presenta el cambio climático. La región enfrenta un déficit significativo de inversión en infraestructura, lo que incrementa su vulnerabilidad ante eventos como huracanes y sequías. La debilidad institucional es una barrera crítica para la implementación de proyectos de gran escala, lo que complica aún más la capacidad de los gobiernos para proteger a sus poblaciones y economías. La infraestructura deficiente no solo exacerba las pérdidas humanas y económicas durante desastres naturales, sino que también limita las oportunidades de desarrollo sostenible a largo plazo. Por lo tanto, se requiere una estrategia integral que combine la movilización de recursos financieros, la mejora de la gobernanza y la integración de criterios de adaptación al cambio climático en la planificación urbana y rural.

### **Se debe fortalecer la gestión de recursos hídricos**

La gestión del recurso hídrico es otro desafío clave identificado en el análisis. La reducción en las precipitaciones y el aumento de la demanda de agua debido al crecimiento poblacional y agrícola han exacerbado la escasez hídrica en la región. Este fenómeno no solo afecta la agricultura, crucial para la seguridad alimentaria y los medios de vida rurales, sino también la salud pública y el desarrollo urbano. Sin una gestión eficiente del agua, la región continuará enfrentando problemas crecientes de inseguridad hídrica, lo que podría desencadenar conflictos por el uso del agua y limitar el desarrollo económico. La implementación de sistemas de gestión comunitaria del agua y la adopción de tecnologías innovadoras son pasos esenciales para mejorar la resiliencia hídrica y garantizar la disponibilidad de este recurso vital para las generaciones futuras.

## **Dadas las condiciones actuales, el cambio climático contribuirá a la erosión de la calidad de vida de millones de personas**

Las desigualdades sociales y las asimetrías territoriales amplifican la vulnerabilidad de las poblaciones en el área SICA ante los efectos del cambio climático. La pobreza, la falta de acceso a recursos tecnológicos y financieros y la dependencia de la agricultura de subsistencia son factores que limitan la capacidad adaptativa de las comunidades rurales. Estos desafíos son más agudos en áreas como el Corredor Seco Centroamericano y las zonas montañosas, donde la reducción de las precipitaciones y el aumento de las temperaturas están afectando gravemente la seguridad alimentaria y los medios de vida. Para mitigar estos impactos, es crucial diseñar políticas públicas que aborden las disparidades socioeconómicas y que promuevan el acceso equitativo a recursos y tecnologías adaptativas, con un enfoque especial en las poblaciones más vulnerables.

## **Reflexiones finales: ámbitos de insistencia**

### **La integración multisectorial en la adaptación al cambio climático**

La adaptación al cambio climático en Centroamérica y la República Dominicana requiere un enfoque multisectorial que considere la interconexión entre la infraestructura, la gestión de recursos hídricos, la agricultura y las desigualdades socioeconómicas. Las estrategias de adaptación no pueden abordarse de manera aislada, sino que deben integrarse dentro de un marco de desarrollo sostenible que potencie las sinergias entre sectores. Esto incluye la implementación de soluciones basadas en la naturaleza y la infraestructura verde, que no solo mitigan los impactos del cambio climático, sino que también generan co-beneficios económicos y sociales. Los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil deben colaborar estrechamente para diseñar e implementar políticas integrales que promuevan la resiliencia a largo plazo y que faciliten la transición hacia un desarrollo bajo en carbono y sostenible.

### **La gobernanza es cada vez más crítica en la adaptación climática**

La gobernanza juega un papel fundamental en la efectividad de las estrategias de adaptación al cambio climático. La debilidad institucional y la corrupción, como se observa en la región, pueden socavar los esfuerzos para construir infraestructura resiliente, gestionar eficientemente los recursos naturales y proteger a las poblaciones más vulnerables. Por lo tanto, fortalecer la gobernanza a través de la transparencia, la rendición de cuentas y la participación ciudadana es esencial para asegurar que las políticas y proyectos de adaptación se implementen de manera efectiva. Además, la cooperación internacional y el apoyo técnico pueden ser cruciales para superar las limitaciones institucionales, especialmente en contextos de baja capacidad gubernamental. Solo mediante un marco de gobernanza sólido se puede garantizar que las medidas de adaptación al cambio climático sean sostenibles y que realmente beneficien a las poblaciones más afectadas.

## **Las sociedades deben invertir en una planificación adaptativa basada en evidencia**

La planificación adaptativa basada en evidencia es esencial para enfrentar los retos que presenta el cambio climático en la región. La falta de datos climáticos detallados y de alta resolución espacial limita la capacidad de los tomadores de decisiones para diseñar políticas efectivas y resilientes. Es fundamental cerrar estos vacíos de información mediante la inversión en investigación y desarrollo (I+D), la colaboración con instituciones internacionales y el uso de tecnologías avanzadas como sensores remotos y modelos climáticos. Además, la generación de datos socioeconómicos detallados a nivel comunitario permitirá diseñar estrategias de adaptación más precisas y equitativas, asegurando que las intervenciones lleguen a quienes más lo necesitan. Solo con una base sólida de conocimiento y datos se podrá asegurar que las acciones de adaptación al cambio climático sean eficaces y sostenibles en el tiempo.

## **Referencias bibliográficas**

- Anderson, Katherine. Ryan, Barbara. Sonntag, William. Kavvada, Argyro & Friedl, Lawrence. 2017. Earth observation in service of the 2030 Agenda for Sustainable Development. *Geo-Spatial Information Science*. 20(2): 2017, 77–96.
- Asia-Pacific Climate Center (APCC). 2023. Annual Report 2023. Busan. APEC Climate Center.
- Balaguru, Karthik. Foltz, Gregory Ruby. Leung, Xu. Wenwei, Kim. Dongmin Lopez, Hosmay. West, Robert. 2022. Increasing Hurricane Intensification Rate Near the US Atlantic Coast. *Geophysical Research Letters*. 49(20): 10-2022.
- Banco Mundial. (2016, junio 9). *Centroamérica tendrá 25 millones más de personas en áreas urbanas para 2050*. Banco Mundial. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2016/06/09/centroamerica-tendra-25-millones-mas-de-personas-en-areas-urbanas-para-2050>
- Bell, Michelle. L. O'Neill, Marie S. Ranjit, Nalini. Cifuentes, Luis A. & Gouveia, Nelson. 2008. Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: A case-crossover study in São Paulo, Brazil, Santiago, Chile, and Mexico City, Mexico. *International Journal of Epidemiology*. 37(4):29-05-2008, 796-804.
- Bhatia, Kieran Thomas, Vecchi, Gabriel A. Knutson, Thomas R. Murakami, Hiroyuki. Kossin, James. Dixon, Keith W. & Whitlock, Carolyn E. 2019. Recent Increases in Tropical Cyclone Intensification Rates. *Nature Communications*. 10(1): 02-2019, 635.
- Bhatia, Kieran Thomas. Baker, Alexander. Yang, Wenchang. Vecchi, Gabriel. Knutson, Thomas. Murakami, Hiroyuki. Kossin, James. Hodges, Kevin. Dixon, Keith. Bronselaer, Benjamin. Whitlock, Carolyn. 2020. A Potential Explanation for the Global Increase in Tropical Cyclone Rapid Intensification. *Nature Communications*. 13(1): 11-2022.
- Brichetti, Juan. Rivas, María Eugenia. Serebrisky, Tomas & Solís, Ben. 2021. The Infrastructure Gap in Latin America and the Caribbean: Investment needed through 2030 to meet the Sustainable Development Goals Development Economics & Policy. Inter-American Development Bank.

- Bustamante, Mercedes. Roitman, Iris. Aide, Mitchell. Alencar, Ane. Anderson, Liana. Aragão, Luiz & Asner, Gregory. (2016). Toward an integrated monitoring framework to assess the effects of tropical forest degradation and recovery on carbon stocks and biodiversity. *Global Change Biology*. 22(1): 01-2016, 92-109.
- Cai, Wenju. Borlace, Simon. Lengaigne, Matthieu. van Rensch, Peter, Collins, Mat. Vecchi, Gabriel. Timmermann, Axel & Santoso, Agus. 2014. Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. *Nature Climate Change*. 4:19-01-2014, 111-116.
- Centella, A., Lapinel, B., Solano, O., Vázquez, R., Fonseca, C., Cutié, V., Báez, R., González, S., Sille, J., Rosario, P., & Duarte, L. (2006). *La sequía meteorológica y agrícola en la República de Cuba y la República Dominicana*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Centroamérica360. 2024. La ola de calor supera los 40 grados en partes de Centroamérica. Recuperado de <https://www.centroamerica360.com>
- CEPAL. 2018. La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible. Santiago. Naciones Unidas. 1a edición.
- CEPAL. 2020. Mujeres afrodescendientes en América Latina y el Caribe: Deudas de igualdad. Santiago. Naciones Unidas. 1a edición.
- CEPAL. 2020b. Análisis espacial de datos históricos y escenarios de cambio climático en México, Centroamérica, Cuba, Haití y la República Dominicana. Ciudad de México: CEPAL
- CEPAL. 2022. Eventos Naturales Extremos y Desastres en América Latina y el Caribe 1990-2022. Una revisión estadística. Naciones Unidas. 11: 03-2024.
- CEPAL. 2023. *La urbanización presenta oportunidades y desafíos para avanzar hacia el desarrollo sostenible*. Santiago, Chile: CEPAL. Recuperado de <https://www.cepal.org/notas/73/Titulares2>
- Chalise, Dol Raj. Aiyyer, Anantha & Sankarasubramanian, A. 2021. Tropical Cyclones Contribution to Seasonal Precipitation and Streamflow in the Southeastern and Southcentral United States. *Geophysical Research Letters*. 48(15): 07-2021.
- Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. 2010. *Estrategia Regional de Cambio Climático*. SICA. Recuperado de <https://www.sica.int/ccad>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2015. La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible. Naciones Unidas.
- Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC). 2017. Estrategia agricultura sostenible adaptada al clima para la región del SICA 2018-2030. San José. Imprenta IICA.
- Diamond, Jared. 2005. *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. New York. Viking Press.

- Dodd, Warren. Gómez Cerna, Marvin. Orellena, Paola. Humphries, Sally. Sadoine, Margaux L. Zombré, David. Zinszer, Kate. Kipp, Amy & Cole, Donald. 2020. Factors Associated with Seasonal Food Insecurity among Small-Scale Subsistence Farming Households in Rural Honduras. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(3): 03-12-2019, 706.
- Durán, D. (2023, agosto 14). *Así se prepara América Latina para un futuro con altas temperaturas y sequías*. Infobae. <https://www.infobae.com/america/medio-ambiente/2023/08/15/asi-se-prepara-america-latina-para-un-futuro-con-altas-temperaturas-y-sequias/>
- Durán-Quesada, Ana María. Reboita, Michelle & Gimeno, Luis. 2012. Precipitation in tropical America and the associated sources of moisture: a short review. *Hydrological Sciences Journal*. 57(4): 12-04-2012, 612-624.
- ECLAC. 2022. Repercussions in Latin America and the Caribbean of the war in Ukraine: How should the region face this new crisis? United Nations. (1): 06-06-2022.
- Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). 2014. *Economics of Climate Change in Latin America and the Caribbean: Paradoxes and challenges of sustainable development*. Santiago. United Nations. 1a edición.
- FAO. 2017. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2017: Building Resilience for Peace and Food Security*. Rome. FAO.
- FAO. 2019. *Scaling up agroecology to achieve the Sustainable Development Goals: Proceedings of the Second FAO International Symposium*. FAO.
- FAO. 2023. *The Impact of Disasters on Agriculture and Food Security 2023 – Avoiding and reducing losses through investment in resilience*. Roma. FAO. 1a edición.
- FAO. 2024. *Adaptación basada en Ecosistemas para aumentar la resiliencia climática en el Corredor Seco Centroamericano y Zonas Áridas de República Dominicana*. Documento de Proyecto.
- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja (IFRC). 2024. *Olas de calor mortales en Centroamérica: 35 veces más probables a causa del cambio climático y cuatro veces más que en el 2000*. IFRC.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2015. *Climate-Smart Agriculture Case Studies 2015. Projects from around the world*. Rome. FAO Publications.
- Gabinete del sector Agua. (2021). *Radiografía del Agua en República Dominicana: Pacto Nacional del Agua 21-36*. Gabinete del sector Agua.
- Gómez-Baggethun, Erik & Barton, David N. 2013. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*. 86:02-2013, 235-245.
- Griggs, Gary & Reguero, Borja G. 2021. Coastal Adaptation to Sea-Level Rise: Strategies and Practices. *Ocean & Coastal Management*. Water. 13(16): 2021

- Gual Soler, Marga. 2014. Intergovernmental Scientific Networks in Latin America: Supporting Broader Regional Relationships and Integration. *Science & Diplomacy*. 3(4): 2014
- Hagen, Isabel. Huggel, Christian. Ramajo, Laura. Chacón, Noemí. Ometto, Jean Pierre & Castellanos, Edwin. J. 2022. Climate change-related risks and adaptation potential in Central and South America during the 21st century. *Environmental Research Letters*. 17(3): 20-02-2022.
- Hardoy, Jorgelina & Lankao, Patricia R. 2011. Latin American cities and climate change: Challenges and options to mitigation and adaptation responses. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 3(3): 05-2011, 158-163.
- Hjolmo, Sonam L. 2021. Agroforestry project sows seeds of hope in drought-hit Honduras. Central América. *Global Agroforestry*
- Imbach, Pablo. Chou, Sin Chan. Lyra André. Rodrigues, Daniela. Rodriguez, Daniel. Latinovic Dragan. Siquiera, Gracielle. Silva, Adan. Garofolo, Lucas. Georgiou, Selena. 2018. Future climate change scenarios in Central America at high spatial resolution. *PLoS ONE* 13(4): 04-2015.
- Inter-American Development Bank (IDB). 2018. What is Sustainable Infrastructure? Framework to guide sustainability across the project cycle. *Climate Change and Sustainability*. Technical Note: IDB-TN-1388
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge. Cambridge University Press. 1a edición.
- IPCC. 2019. *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. Cambridge. Cambridge University Press.
- IPCC. 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge. Cambridge University Press.
- IPCC. 2021. *Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: The Physical Science Basis*. Cambridge. Cambridge University Press. 1a edición.
- IPCC. 2022. *AR6 Synthesis Report: Summary for Policymakers*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge. Cambridge University Press. 1era edición
- Klein, Naomi. 2014. *This Changes Everything: Capitalism vs. the Climate*. Simon & Schuster.
- Lasco, Rodel. Delfino, Rafaela. J. & Espaldon, Marya Laya O. 2014. Agroforestry systems: helping smallholders adapt to climate risks while mitigating climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*. 5: 28-08-2014, 825–833.
- Lastra Landa, Dafne E. & Grados Bueno, Claudia V. 2021. Climate change might have caused our small harvest: Indigenous vulnerability, livelihoods, and environmental changes in lowland and high jungle indigenous communities in Peru. *Journal of Environmental Studies and Sciences*. 12: 15/09/2021, 1-16.

- Lips, Karen. R, Brem, Forrest. Brenes, Roberto. Reeve, John. D. Alford, Ross. A. Voyles, Jamie. Carey, Cynthia. Livo, Lauren. Pessier, Allan P. & Collins, James. P. (2006). Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 103(9): 02-15-2006, 3165-3170.
- López-Ridaura, Santiago. Barba-Escoto, Luis. Sanders, Arie. Mayorga-Cortes, María. Wiegel, Jennifer. Lopez-Ramirez, Martin. González-Esquivel, Carlos. Escoto-Masis, Rene. Morales-Galindo, Edmundo. García-Barcena, Tomas. 2021. Immediate impact of COVID-19 pandemic on farming systems in Central America and Mexico. *Agricultural Systems*. 192: 08-2021.
- Lungo, M. 2004. *Centroamérica: La ciudad y sus vulnerabilidades*. San Salvador: Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".
- Lungo, M. 2008. *Ciudad grande, país pequeño: los desafíos de la gestión metropolitana en Centroamérica*. San Salvador: FLACSO.
- Magrin, Graciela O. Marengo, Jose A. Boulanger, Jean-Phillipe. Buckeridge, Marcos S. Castellanos, Edwin. Poveda, Germán. Scarano, Fabio R. & Vicuña, Sebastián. 2014. Central and South America. Girardin, Leonidas Osvaldo, Ometto, Jean Pierre. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge. Cambridge University Press. 1a edición, 1499-1566
- Maldonado, Carlos. 2022. *Cohesión Social y Desarrollo Social Inclusivo en América Latina: una propuesta para una era de incertidumbres*. Santiago. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)/Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).
- Marengo, Jose A. Alves, Lincoln M. Ambrizzi, Tercio. Young, Andrea. Barreto, Naurinete & Ramos, Andrea. 2020. Trends in extreme rainfall and hydrogeometeorological disasters in the Metropolitan Area of São Paulo. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1472(1): 07-2020, 5-20.
- Martínez, Manuel. 2013. *Tecnologías para el Uso Sostenible del Agua: Una Contribución a la Seguridad Alimentaria y la Adaptación al Cambio climático*. Tegucigalpa. Global Water Partnership.
- Mazón, Marina. Aguirre, Nikolay. Echeverría, Cristian & Aronson, Janes. 2019. Monitoring attributes for ecological restoration in Latin America and the Caribbean region. *Restoration Ecology*. 27(3): 24-05-2019, 1654-1667.
- Mercer, Jessica. Kelman, Ian. Alfthan, Björn & Kurvits, Tiina. 2012. Ecosystem-Based Adaptation to Climate Change in Caribbean Small Island Developing States: Integrating Local and External Knowledge. *Sustainability Journal*. 4(8): 22-08-2012, 1908-1932.
- Milan, Andrea & Ruano, Sergio. 2014. Rainfall variability, food insecurity and migration in Cabrican, Guatemala. *Climate and Development*. 6(1): 11-2014, 27-37.

- Ministerio de Agricultura. (2022). *Plan de Sequía para el Sector Agropecuario, República Dominicana, 2022-2024*. Ministerio de Agricultura.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 2021. Informe de pérdidas y daños por eventos del cambio climático en Guatemala. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. 1era edición.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2022. Informe de la calidad del agua de los Ríos de El Salvador. San Salvador. Gobierno de El Salvador. 1ra edición.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2022). *Plan Nacional de Sequía*. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana.
- Murtinho, Felipe. Eakin, Hallie. López-Carr, David & Hayes, Tanya M. 2013. Does External Funding Help Adaptation? Evidence from Community-Based Water Management in the Colombian Andes. *Environmental Management*. 52: 20-08-2013, 1103-1114
- National Geographic. 2023. *¿Cuáles son los efectos de una ola de calor en la salud?* National Geographic. Recuperado de <https://www.nationalgeographicla.com/ciencia/2023/06/cuales-son-los-efectos-de-una-ola-de-calor-en-la-salud>
- Nobre, Carlos & Lovejoy, Thomas E. 2019. Amazon tipping point: Last chance for action. *Science Advances*. 5(12): 20-12-2019.
- Nurse, Leonard. A. McLean, Roger F. Agard, John. Briguglio, Lino P. Duvat-Magnan, Virginie. Pelesikoti, Netatua. Tompkins, Emma & Webb, Arthur. 2014. Small islands. Thomas, Spencer. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects*. Cambridge. Cambridge University Press. 1era edición, 1613-1654.
- Oficina Nacional de Meteorología. 2024. *Países de la región discuten proyecto para hacer pronósticos de olas de calor*. Oficina Nacional de Meteorología. Recuperado de <https://onamet.gob.do/index.php/noticias/item/621-paises-de-la-region-discuten-proyecto-hacer-pronosticos-olas-de-calor>
- Orantes, Carlos M. Herrera, Raúl. Almaguer, Miguel. Brizuela, Elsy G. Núñez, Lilian. Alvarado, Nelly P. Fuentes, Jackeline E. Bayarre, Héctor D. Amaya, Juan C. Calero, Denis J. Vela, Xavier F. & Orellana, Patricia. 2014. Epidemiology of chronic kidney disease in Salvadoran farming communities. *Medic Review Journal*. 16(2): 04-2014, 23-30.
- Organización Internacional del Trabajo OIT. 2023. ¿Por qué implementar medidas de SST en sectores económicos y entornos laborales expuestos a los efectos del cambio climático en América Latina y el Caribe? Recuperado de <https://www.ilo.org>
- Organización Internacional del Trabajo OIT. 2024. El cambio climático crea graves peligros para la salud del 70 por ciento de los trabajadores del mundo. Recuperado de <https://www.ilo.org>

- Organización Meteorológica Mundial (OMM). 2024. Estado del clima en América Latina y el Caribe 2023. Recuperado de <https://public.wmo.int/>
- Organización Mundial de la Salud (WHO). 2023. Partes sobre brotes epidémicos; dengue: situación mundial. Centro para la Prevención y Control de Enfermedades.
- Organización Panamericana de la Salud. 2019. *Olas de calor y medidas a tomar: Revisión Preliminar*. OPS.
- Organización Panamericana de la Salud. 2021. *Olas de calor: Guía para acciones basadas en la salud*. Washington, D.C.: OPS.
- Osgood, Dan. 2017. New Climate Data Transforms Insurance Projects in Africa. International Research Institute for Climate and Society (IRI). The Columbia Climate School. Columbia University.
- Ostrom, Elinor. 1990. Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action. *Land Economics*. 68(3): 08-1992, 354-357.
- Petropoulos, Zoe. Ramirez-Rubio, Oriana. Scammell, Madeleine. Laws, Rebecca L. López-Pilarte, Damaris. Amador, Juan J. Ballester, Joan. O'Callaghan-Gordo, Cristina & Brooks, Daniel. 2021. Climate Trends at a Hotspot of Chronic Kidney Disease of Unknown Causes in Nicaragua, 1973–2014. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18(10): 19-05-2021.
- Pinos, Juan & Quesada-Román, Adolfo. 2021. Flood Risk-Related Research Trends in Latin America and the Caribbean. *Water Journal*. 14(1): 22-12-2021, 10.
- Porras, Ina T. & Chacón-Cascante, Adriana. 2018. Payments for Ecosystem Services in Costa Rica: Reforestation and Biodiversity Conservation. *Ecosystems, Poverty Alleviation and Conditional Transfers*. 96: 2018, 49-61.
- Portes, Alejandro & Smith, Lori D. 2008. Institutions and Development in Latin America: A Comparative Analysis. *Studies in Comparative International Development*, 43(1): 25-04-2008, 101-128.
- Pradilla, Gonzalo. Lamberty, Georg & Hamhaber, Johannes. 2021. Hydromorphological and socio-cultural assessment of urban rivers to promote nature-based solutions in Jarabacoa, Dominican Republic. *Ambio*. 50: 06-2021, 1414-1430.
- Quesada Román, Adolfo & Campos-Durán, Daniela. 2022. Natural Disaster Risk Inequalities in Central America. *Papers in Applied Geography*. 9(1): 01-06/2022. 36-48.
- Quirónprevención. 2023. *Trabajos en condiciones de estrés térmico en Latinoamérica*. Quirónprevención. Recuperado de <https://www.quironprevencion.com/blogs/es/prevenidos/trabajos-condiciones-estrés-termico-latinoamerica>

- Rangel-Buitrago, Nelson. Oakley, Judith A. Gracia, Adriana & Williams, Allan T. 2017. Use of Ecosystems in Coastal Erosion Management. *Ocean & Coastal Management*. 156: 15-04-2018, 277-289.
- Redondo Brenes, Alvaro. 2004. A Review of the Agroforestry Systems of Costa Rica. *Journal of Sustainable Forestry*. 21(1): 2004, 97-119.
- ReliefWeb. 2024. Olas de calor mortales en Centroamérica: 35 veces más probables a causa del cambio climático y cuatro veces más que en el 2000.
- Reyer, Christopher. Adams, Sophie. Albrecht, Torsten. Baarsch, Florent. Baarsch, Florent. Canales Trujillo, Nella, Carlsburg, Matti. & Coumou, Dim. 2017. Climate change impacts in Latin America and the Caribbean and their implications for development. *Regional Environmental Change*, 17(6): 2017, 1601-1623
- Reynoso Sánchez, G., Mateo, R., Luciano, A., Pérez, H. G., Almonte, R. A., Peña, Y., Monestina, J. G., Castillo, J. C., Bautista, A., Hernández, A. L., Ovalles, M. D., Osser, A. P., Saldaña, J., & Pérez, R. (2022). *Diagnóstico sobre los recursos hídricos del país a nivel provincial: Fase II*. Gabinete del Agua.
- Rhiney, Kevon. 2015. Geographies of Caribbean vulnerability in a changing climate: Issues and trends. *Geography Compass*. 9(3): 21-03-2015, 97-114.
- Salmoral, Gloria. Zegarra, Eduardo. Vázquez-Rowe, Ian. González, Fernando. Del Castillo, Laureano. Rondón Saravia, Giuliana. Graves, Anil. Rey, Dolores & Knox, Jerry. 2020. Water-related challenges in nexus governance for sustainable development: Insights from the city of Arequipa, Peru. *The Science of the Total Environment*. 747: 10-12-2020.
- Sandoval, Vicente & Sarmiento, Juan Pablo. 2019. A neglected issue: Informal settlements, urban development, and disaster risk reduction in Latin America and the Caribbean. Contributing Paper to GAR 2019. United Nations Disaster Risk Reduction.
- Şekercioğlu, Çağan H. Primack, Richard B. & Wormworth, Janice. 2012. The Effects of Climate Change on Tropical Birds. *Biological Conservation*. 148(1): 04-2012, 1-18.
- Seneviratne, Sonia I. Zhang, Xuebin. Adnan, Muhammad. Badi, Wafae. Dereczynski, Claudine. Di Luca, Alejandro. Ghosh, Subimal & Iskandar, Iskhaq. 2021. Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. Masson-Delmotte, Valérie, Zhai, Panmao. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. 1a edición, 1513-1766.
- Singels, Abraham, Donaldson, Robin. A., & Smit, M. 2005. Improving biomass production and partitioning in sugarcane: theory and practice. *Field Crops Research*. 92: 2005, 291-303.
- Spalding, Mark. McIvor, Anna. Tonneijck, Femke. Tol, Susanna & van Eijk, Pieter. 2014. Mangroves for coastal defence: Guidelines for coastal managers & policy makers. Wetlands International and The Nature Conservancy. 42p.
- Stan, Kayla. & Sánchez-Azofeifa, Arturo. 2019. Tropical Dry Forest Diversity, Climatic Response, and Resilience in a Changing Climate. *Forests Journal*. 10(5): 23-05-2019, 443.

- Thompson, V., Mitchell, D., Hegerl, G. C., et al. 2023. Las regiones de mayor riesgo en el mundo por olas de calor de alto impacto. *Nature Communications*, 14(2152). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37554-1>
- Transparency International. 2021. *Corruption Perceptions Index. Global Corruption Report*. Berlin. Transparency International. 1a edición.
- Transparency International. 2022. *Corruption Perception Index and Climate Risk in Central America. Annual Report*. Berlin. Transparency International. 1a edición.
- UNDRR & CEPREDENAC. 2014. *Informe Regional del Estado de la Vulnerabilidad y Riesgos de Desastres en Centroamérica*. Panamá. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres en Coordinación con el Centro para la Prevención of Desastres Naturales en Centroamérica. 1ª edición.
- UN-Habitat. 2012. *State of Latin American and Caribbean Cities 2012: Towards a New Urban Transition*. Napoles. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). 1a edición.
- Vásquez, Alexis. Giannotti, Emanuel. Galdámez, Elizabeth. Velásquez, Paola & Devoto, Carolina. 2019. *Green Infrastructure Planning to Tackle Climate Change in Latin American Cities*. Henríquez, Cristián, Romero, Hugo. *Urban Climates in Latin America*. Springer. 329-354.
- Woodruff, Jonathan. D. Irish, Jennifer L. & Camargo, Suzana. J. 2013. Coastal flooding by tropical cyclones and sea-level rise. *Nature*. 504: 04-12-2013, 44-52.
- World Bank. 2016. *World Development Report 2016: Digital Dividends*. Washington, DC. World Bank
- World Bank. 2017. *Central America Urbanization Review: Making Cities Work for Central America*. Washington, DC: World Bank. Recuperado de <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/387611492392398592/central-america-urbanization-review-making-cities-work-for-central-america>
- World Bank. 2021. *Research and Development Expenditure (% of GDP)*. Banco Mundial. UNESCO Institute for Statistics (UIS).
- World Meteorological Organization (WMO). 2021. *WMO Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes*. Geneva. World Meteorological Organization. 1ra edición.
- World Travel & Tourism Council (WTTC). 2020. *Belize 2020 Annual Research: Key Highlights*. World Travel & Tourism Council.
- Zambrano, Lysien I. Reyes-García, Selvin Z. Sierra Santos, Manuel. Rodríguez-Morales, Máttar, Alfonso J. 2012. Potential Impacts of Climate Variability on Dengue Hemorrhagic Fever in Honduras 2010. *Tropical Biomedicine*. 29(4): 12-2012, 499-507.

## **Anexos**

### **Anexo 1**

#### **Tendencia en materia de déficit hídrico en la República Dominicana**

La República Dominicana enfrenta una tendencia creciente de déficit hídrico, marcada por una disminución progresiva en la disponibilidad de agua en diversas regiones del país. Este fenómeno se ha intensificado en las últimas décadas debido a la sobreexplotación de los recursos hídricos y una gestión ineficiente del agua, lo que ha llevado a un balance hídrico crítico en varias cuencas. En 2021, la brecha hídrica del país se estimó en 309 m<sup>3</sup>/s, y, aunque se proyecta una ligera mejora para 2036 con una brecha de 297 m<sup>3</sup>/s, esta sigue siendo una preocupación significativa (Gabinete del sector Agua, 2021). Esta tendencia es particularmente preocupante en regiones como Yaque del Norte y Yaque del Sur, donde la disponibilidad de agua ya es limitada y el estrés hídrico se ha incrementado notablemente. La combinación de factores como el crecimiento demográfico, la expansión agrícola y la deforestación ha exacerbado la situación, poniendo en riesgo la sostenibilidad de los recursos hídricos en el país (Ministerio de Agricultura, 2022).

#### **Escenarios de cambio climático y déficit hídrico**

Los escenarios de cambio climático proyectan un futuro con una mayor frecuencia e intensidad de sequías que podrían agravar el disminuido balance hídrico del país. El cambio climático se manifiesta en patrones climáticos más erráticos, con una tendencia hacia la reducción de las precipitaciones y un aumento en la temperatura, lo que intensifica la evaporación y reduce la recarga de acuíferos (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2022). Estas proyecciones sugieren que, en ausencia de medidas de adaptación efectivas, el estrés hídrico podría alcanzar niveles críticos en varias regiones para 2025, afectando tanto la agricultura como el suministro de agua potable. En particular, se prevé que la disponibilidad de agua en la región del Yaque del Norte se reduzca a 1,587.16 m<sup>3</sup>/hab/año, lo que exacerbará los desafíos ya existentes (Ministerio de Agricultura, 2022).

#### **Factores asociados al aumento del estrés hídrico**

El estrés hídrico en la República Dominicana está relacionado con una serie de factores que incluyen la gestión inadecuada de los recursos hídricos, la expansión de la frontera agrícola y las prácticas insostenibles en el uso del suelo. La deforestación, especialmente en zonas de alta montaña y laderas, ha reducido la capacidad de las cuencas hidrográficas para retener agua, lo que ha contribuido a la disminución de los caudales de los ríos y a la sobreexplotación de acuíferos (Reynoso Sánchez et al., 2022). Por otra parte, la baja eficiencia en el riego agrícola, que representa más del 70 por ciento de las pérdidas de agua, es otro factor crítico que agrava la situación (Gabinete del sector Agua, 2021). Estos problemas se amplifican por la falta de infraestructura adecuada para la captación y almacenamiento de agua, lo que limita la capacidad del país para enfrentar periodos prolongados de sequía.

Además, de Yaque del Norte y del Sur, la región de Yuna-Camú también ha experimentado un aumento en el estrés hídrico debido a la falta de infraestructura para el almacenamiento de agua y la contaminación de fuentes hídricas (Gabinete del sector Agua, 2021). Los casos más severos

de estrés hídrico están generados por una combinación de factores, entre los que destacan la reducción en las precipitaciones debido al cambio climático, la deforestación y la sobreexplotación de recursos hídricos. La disminución de la calidad del agua, agravada por la contaminación de fuentes hídricas, también juega un papel crucial en la intensificación del estrés hídrico (Reynoso Sánchez et al., 2022). Además, la falta de infraestructura adecuada para la captación y almacenamiento de agua ha limitado la capacidad del país para manejar periodos prolongados de sequía (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2022).

### **Impactos del déficit hídrico en la República Dominicana**

El déficit hídrico en la República Dominicana ha tenido impactos significativos en la agricultura, la seguridad alimentaria y la calidad de vida de las comunidades rurales. Durante los años de sequía severa, como en los periodos de 1997-1998, la producción agrícola se redujo entre un 20 y un 30 por ciento, lo que afectó directamente a los pequeños agricultores y a la economía rural (Centella et al., 2006). La escasez de agua ha llevado a un aumento en los costos de producción, afectando la competitividad del sector agropecuario y poniendo en riesgo la seguridad alimentaria del país. Además, el déficit hídrico ha exacerbado la pobreza en las zonas rurales, donde la falta de acceso a agua limpia y la disminución en la producción agrícola han deteriorado las condiciones de vida (Ministerio de Agricultura, 2022). Los grupos más afectados son las comunidades rurales y los agricultores de subsistencia, quienes dependen directamente de la disponibilidad de agua para sus actividades económicas y su supervivencia diaria. Estas comunidades enfrentan una mayor vulnerabilidad debido a la degradación de los recursos naturales, la falta de infraestructura hídrica adecuada y la limitada capacidad de adaptación al cambio climático (Ministerio de Agricultura, 2022).

## **Anexo 2**

### **Impactos de las olas y golpes de calor en la región**

Las olas de calor han emergido como una de las manifestaciones más alarmantes del cambio climático a nivel global. Este fenómeno se refiere a periodos prolongados de temperaturas anormalmente altas que tienen efectos adversos en la salud pública, la economía y los ecosistemas. En un contexto global, las olas de calor se han intensificado en frecuencia, duración e intensidad, lo que ha llevado a un incremento en la mortalidad y morbilidad, especialmente entre los grupos más vulnerables. En la región SICA esta tendencia preocupa a varios actores debido a la alta vulnerabilidad socioeconómica que caracteriza a sus países, y en especial a grupos de personas marcadamente más propensas a sufrir sus efectos adversos.

En 2023, el planeta registró su temperatura promedio más alta en la historia, un récord que refleja las tendencias actuales de calentamiento global (Durán, 2023). En este contexto, la región enfrenta un doble desafío: proteger a sus poblaciones más vulnerables, como los ancianos, niños y trabajadores al aire libre, y simultáneamente, desarrollar infraestructuras y sistemas de salud capaces de responder eficazmente a las emergencias climáticas. Los efectos de las olas de calor no son uniformes, y su impacto varía significativamente según las condiciones socioeconómicas de las diferentes regiones. La relevancia de abordar este fenómeno en el SICA se centra en la necesidad de desarrollar políticas públicas que no solo atiendan las emergencias actuales, sino

que también preparen a la región para un futuro en el que los eventos de calor extremo sean cada vez más comunes y devastadores (Organización Panamericana de la Salud, 2021).

### **Efectos del calor extremo**

El calor extremo provoca una serie de respuestas fisiológicas en el cuerpo humano que pueden ser peligrosas. El cuerpo intenta regular su temperatura interna a través de mecanismos como la sudoración y la vasodilatación periférica. Sin embargo, en condiciones de calor extremo, estos mecanismos pueden ser insuficientes, lo que lleva a una sobrecarga del sistema cardiovascular y otros problemas graves. El golpe de calor es una de las condiciones más críticas que puede surgir, caracterizado por una temperatura corporal superior a los 40°C, confusión, pérdida de conciencia, e incluso la muerte si no se trata de inmediato (Organización Panamericana de la Salud, 2019; IFRC, 2024). Además, el calor extremo puede exacerbar enfermedades crónicas preexistentes, como la hipertensión y las enfermedades renales y aumentar la mortalidad en grupos vulnerables (National Geographic, 2023).

El impacto del calor extremo en la salud humana es también indirecto. Las altas temperaturas pueden causar deshidratación severa, lo que a su vez puede llevar a una disminución en la función renal y problemas cardiovasculares adicionales. También hay efectos secundarios, como la exacerbación de problemas de salud mental, el aumento en la incidencia de accidentes cerebrovasculares, y la posible aparición de enfermedades infecciosas debido a la proliferación de vectores en ambientes más cálidos. Estos efectos son más pronunciados en áreas urbanas con alta densidad poblacional y en comunidades con acceso limitado a sistemas de enfriamiento, como el aire acondicionado. La Estrategia Regional de Cambio Climático destaca cómo las poblaciones más vulnerables, como aquellas en situaciones de pobreza, son las más afectadas por estos efectos, ya que carecen de los recursos necesarios para mitigar el impacto del calor extremo (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, 2010).

Las olas de calor, definidas como períodos prolongados de temperaturas anormalmente altas, pueden tener efectos serios en el cuerpo humano, especialmente cuando las temperaturas superan la capacidad del cuerpo para mantener su homeostasis térmica. Una de las principales consecuencias de la exposición prolongada al calor extremo es el golpe de calor, una emergencia médica que ocurre cuando el cuerpo no puede enfriarse adecuadamente. Durante un golpe de calor, la temperatura corporal puede aumentar rápidamente a más de 40°C, lo que puede provocar daño cerebral e insuficiencia orgánica múltiple (Organización Panamericana de la Salud, 2019). El impacto del calor extremo también se manifiesta en forma de deshidratación severa, que puede llevar a una reducción significativa en la función renal. Las personas que trabajan al aire libre, como los trabajadores agrícolas y de la construcción, están particularmente en riesgo, ya que su exposición prolongada al calor puede resultar en calambres por calor, agotamiento por calor, y en casos extremos, golpe de calor (Quirónprevención, 2023). En Centroamérica, los impactos del calor extremo han sido particularmente graves en sectores como la agroindustria, donde se han reportado casos de Enfermedad Renal Crónica no tradicional (ERCnt) asociados con largas jornadas laborales en condiciones de calor extremo (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, 2010). Estas condiciones críticas no solo afectan la salud individual, sino que también tienen implicaciones económicas y sociales, ya que aumentan la carga sobre los sistemas de salud y disminuyen la productividad laboral.

### **Principales grupos vulnerables**

Las personas mayores, los niños, las personas con enfermedades crónicas y aquellos que viven en condiciones socioeconómicas desfavorables, son los más afectados por las olas de calor. Estos grupos tienen menos capacidad para adaptarse al calor extremo debido a limitaciones fisiológicas y socioeconómicas. Las personas mayores, por ejemplo, son más propensas a sufrir golpes de calor y deshidratación porque su capacidad para regular la temperatura corporal disminuye con la edad. De manera similar, los niños son especialmente vulnerables porque sus cuerpos no se enfrían tan eficientemente como los adultos, lo que los pone en mayor riesgo de sufrir consecuencias graves por la exposición al calor (Organización Panamericana de la Salud, 2021).

Para mitigar las consecuencias de las olas de calor en estos grupos vulnerables, es esencial implementar una serie de medidas preventivas y de respuesta rápida. Esto incluye la creación de sistemas de alerta temprana que permitan a las comunidades prepararse adecuadamente para las olas de calor, así como la instalación de centros de enfriamiento accesibles en áreas urbanas densamente pobladas. Los gobiernos también deben fortalecer los sistemas de salud para que puedan manejar de manera efectiva el aumento en la demanda de servicios médicos durante estos eventos. La educación y sensibilización pública también juegan un papel crucial, especialmente en la enseñanza de medidas básicas de protección, como la hidratación constante, evitar la exposición directa al sol durante las horas pico, y reconocer los signos tempranos de agotamiento por calor (Quirónprevención, 2023). En América Latina, países como Brasil y México han comenzado a implementar planes de acción específicos que incluyen estas medidas, lo que podría servir como modelo para otros países de la región del SICA (Durán, 2023).

Las condiciones socioeconómicas son un factor determinante en la vulnerabilidad de las personas frente a las olas de calor en los países del SICA. Las poblaciones en situación de pobreza, que a menudo viven en áreas urbanas densamente pobladas y con infraestructura deficiente, son particularmente vulnerables al calor extremo. Estas comunidades suelen tener un acceso limitado a recursos básicos como aire acondicionado, agua potable y servicios de salud, lo que aumenta su riesgo durante las olas de calor. Además, las viviendas en estas áreas a menudo carecen de aislamiento adecuado, lo que agrava la exposición al calor. Esta situación se ve exacerbada en ciudades que experimentan el fenómeno de la isla de calor urbana, donde las temperaturas pueden ser significativamente más altas que en las áreas rurales circundantes debido a la alta concentración de asfalto y edificios (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, 2010).

La vulnerabilidad socioeconómica también se manifiesta en la capacidad limitada de estas poblaciones para recuperarse de los impactos de las olas de calor. Las personas que viven en la pobreza a menudo carecen de los recursos necesarios para hacer frente a las emergencias, como la capacidad de acceder a atención médica o de trasladarse a lugares más frescos durante los eventos de calor extremo. Esto se traduce en tasas más altas de morbilidad y mortalidad en estas comunidades durante las olas de calor. Para abordar esta vulnerabilidad, es crítico que los gobiernos implementen políticas públicas que aborden las desigualdades socioeconómicas, mejoren la infraestructura urbana, y fortalezcan los sistemas de salud. La implementación de programas de asistencia social y de emergencia que proporcionen recursos a las comunidades

más necesitadas es fundamental para reducir la vulnerabilidad al calor extremo en los países del SICA (Organización Panamericana de la Salud, 2021).

### **Rutas de acción**

La gestión de los efectos de las olas de calor en los países del área requiere la implementación de planes de acción que sean integrales y adaptados a las necesidades específicas de los países. Los sistemas de monitoreo meteorológico y las alertas basadas en el impacto son herramientas cruciales para prevenir y responder eficazmente a las olas de calor y evitar la saturación de los sistemas de salud. Además, es esencial que los planes de acción incluyan la creación de infraestructuras de enfriamiento y la promoción de prácticas sostenibles en la agricultura y otros sectores laborales que son especialmente vulnerables al calor extremo (Organización Panamericana de la Salud, 2021). Los planes de acción también deben centrarse en fortalecer los sistemas de salud para que puedan manejar el aumento de la demanda durante las olas de calor. Esto incluye la capacitación del personal de salud en la identificación y tratamiento de enfermedades relacionadas con el calor, así como la mejora de la infraestructura hospitalaria para garantizar que esté equipada para manejar emergencias relacionadas con el calor.

Para mejorar la predicción y respuesta a las olas de calor, es necesario fortalecer la cooperación regional entre los países del SICA. Compartir datos meteorológicos y de salud entre los países miembros puede mejorar la precisión de las predicciones y permitir una respuesta coordinada ante eventos de calor extremo. El uso de tecnologías avanzadas, como los sistemas de información geográfica (SIG) y modelos climáticos a largo plazo, también puede ayudar a predecir con mayor precisión las olas de calor y a planificar estrategias de mitigación a lo largo del año. Los esfuerzos para mejorar la predicción de olas de calor deben ir acompañados de campañas de sensibilización y educación pública para garantizar que la población comprenda las alertas y tome las medidas necesarias para protegerse (Oficina Nacional de Meteorología, 2024).

## **Anexo 3**

### **Los desafíos urbanos de Centroamérica en el contexto de la adaptación al cambio climático**

El proceso de urbanización en Centroamérica ha avanzado de manera acelerada en las últimas décadas. Este fenómeno ha estado caracterizado por la expansión y la falta de planificación efectiva, acompañado por la proliferación de asentamientos informales y la segregación socioespacial, que exacerban la vulnerabilidad de las áreas urbanas frente a los impactos del cambio climático. Las ciudades de Centroamérica, como Ciudad de Guatemala y San Salvador, concentran una proporción significativa de la población y de la actividad económica de sus respectivos países, y a la vez, enfrentan importantes desafíos en términos de infraestructura, servicios básicos y gobernabilidad (Lungo, 2008; Lungo, 2004).

El cambio climático ha amplificado estos desafíos urbanos, incrementando la frecuencia y severidad de eventos de alta descarga de energía, como huracanes, inundaciones y deslizamientos de tierra, a los que las ciudades centroamericanas son particularmente vulnerables. La expansión urbana en áreas de alto riesgo, como laderas inestables y zonas propensas a inundaciones, junto con la falta de infraestructuras resilientes, ha aumentado

significativamente la exposición de la población urbana a estos desastres (Lungo, 2004). La insuficiencia de infraestructura básica, como el acceso a agua potable y sistemas de saneamiento adecuados, agrava esta situación, dejando a grandes sectores de la población sin protección frente a los impactos asociados con el clima (Lungo, 2008).

Frente a este panorama, la gestión metropolitana en Centroamérica se enfrenta al desafío de adoptar un enfoque integrado que combine la planificación urbana con la sostenibilidad ambiental y la adaptación al cambio climático. Las políticas públicas deben centrarse en la descentralización y en el fortalecimiento de la gobernanza metropolitana para mejorar la capacidad de respuesta de las ciudades ante los impactos derivados de cambios en el clima de las aglomeraciones urbanas (Lungo, 2008). La participación de la sociedad civil en los procesos de toma de decisiones es fundamental para asegurar que las políticas urbanas respondan a las necesidades locales y contribuyan a la resiliencia climática (Lungo, 2008).

### **Rasgos estructurales de las aglomeraciones urbanas de la región**

La urbanización en Centroamérica ha sido un fenómeno marcado por un crecimiento rápido y, en muchos casos, desordenado, lo que ha aumentado considerablemente la vulnerabilidad climática en las ciudades de la región. Este crecimiento urbano ha superado la capacidad de los gobiernos locales para implementar una planificación urbana adecuada. Un estudio del Banco Mundial proyecta que para 2050, el 70 por ciento de la población centroamericana vivirá en áreas urbanas, lo que significa un aumento significativo en la exposición a riesgos asociados con variaciones del clima (Banco Mundial, 2016). La rápida urbanización, acompañada de una falta de infraestructura resiliente, ha incrementado la vulnerabilidad de las ciudades a fenómenos hidrometeorológicos. Estos eventos, que ya son frecuentes en la región, se ven agravados por el cambio climático, que intensifica su frecuencia y severidad.

La urbanización también ha ejercido una presión significativa sobre los recursos naturales, lo que ha aumentado la degradación ambiental y ha reducido la capacidad de las ciudades para adaptarse a los cambios climáticos. La ocupación de áreas ecológicamente frágiles y la destrucción de zonas verdes han disminuido la capacidad de las ciudades para mitigar los efectos del cambio climático, como la reducción de las temperaturas urbanas y la gestión del agua de lluvia (CEPAL, 2023). Este tipo de desarrollo urbano no sostenible incrementa la vulnerabilidad de las ciudades a desastres, que, en combinación con el cambio climático, representan un grave riesgo para la solidez de la agenda de desarrollo. Las ciudades de la región necesitan implementar políticas de desarrollo urbano que incluyan estrategias de adaptación al cambio climático y que promuevan un uso más sostenible de los recursos naturales para reducir su vulnerabilidad a largo plazo.

### **Amplificadores de impactos**

La infraestructura deficiente en las ciudades de Centroamérica es un factor crítico que incrementa la vulnerabilidad climática, exacerbando los impactos negativos del cambio climático en las poblaciones más desfavorecidas. En muchas áreas urbanas, especialmente en los asentamientos informales, la infraestructura básica como el drenaje pluvial, el suministro de agua potable y los sistemas de saneamiento son insuficientes o inexistentes (Banco Mundial, 2016). Esto deja a las comunidades más pobres desproporcionadamente expuestas a los riesgos

climáticos. Esta deficiencia en infraestructura es una barrera significativa para la resiliencia climática, ya que impide que las ciudades gestionen de manera efectiva los impactos del cambio climático.

La carencia de servicios básicos en las zonas urbanas de Centroamérica amplifica la vulnerabilidad de las comunidades a los efectos del cambio climático, consolidando un continuum de segregación-riesgo. Muchas de las ciudades de la región, como Tegucigalpa y Ciudad de Guatemala, enfrentan serias limitaciones en la provisión de servicios esenciales como agua potable, saneamiento y electricidad, especialmente en las áreas periféricas donde reside la población de menores ingresos (World Bank, 2017). Esta situación se vuelve crítica durante eventos extremos que interrumpen el acceso a estos servicios vitales y agravan las condiciones de vida de las poblaciones afectadas. La falta de acceso a servicios básicos durante estos eventos no solo aumenta la mortalidad y morbilidad, sino que también dificulta la recuperación post-desastre, prolongando el período de vulnerabilidad y aumentando el riesgo de futuros eventos climáticos adversos. Además de los impactos inmediatos, la insuficiencia de infraestructura y servicios básicos tiene efectos duraderos en la capacidad de las ciudades para adaptarse al cambio climático. La inversión en infraestructura resiliente y la mejora en la provisión de servicios básicos son, por lo tanto, fundamentales para asegurar que las ciudades de la región puedan enfrentar los desafíos climáticos.

### **Catalizadores de la adaptación al cambio climático en ciudades**

La adaptación al cambio climático en las ciudades de la región requiere de un enfoque multifacético, que combine la infraestructura resiliente con políticas públicas integradas, inclusión social y fortalecimiento económico. Una de las estrategias más efectivas es la inversión en infraestructura verde, que no solo ayuda a mitigar los efectos del cambio climático, sino que también mejora la calidad de vida urbana. Infraestructuras como parques urbanos, techos verdes y sistemas de recolección de aguas pluviales pueden reducir el riesgo de inundaciones, mejorar la gestión del agua y disminuir las temperaturas en las ciudades (CEPAL, 2023). En el contexto del área SICA, donde el crecimiento urbano ha sido rápido y poco planificado, estas soluciones basadas en la naturaleza son particularmente importantes. La implementación de infraestructura verde en ciudades como San José podría aliviar algunos de los problemas causados por la urbanización mal planificada, proporcionando beneficios tanto ambientales como sociales y económicos.

En este sentido, la gobernanza es fundamental para coordinar las acciones entre los distintos actores involucrados en la adaptación al cambio climático, incluidos los gobiernos locales, las organizaciones comunitarias y el sector privado (Banco Mundial, 2016). En muchas ciudades centroamericanas, la gobernanza urbana se ve debilitada por la falta de coordinación entre las instituciones, lo que limita la efectividad de las políticas de adaptación. La creación de marcos de gobernanza que promuevan la cooperación intermunicipal y la participación de las comunidades locales es esencial para superar estas barreras. Esto no solo facilita la implementación de medidas de adaptación, sino que también aseguraría que estas políticas respondan a las necesidades específicas de cada ciudad y comunidad.

Por otra parte, las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) ofrecen un enfoque integral para mejorar la resiliencia urbana al integrar procesos ecológicos en el diseño y la planificación de las ciudades. Estas soluciones, que incluyen la restauración de ecosistemas, la creación de espacios verdes urbanos y la implementación de infraestructura verde, pueden mitigar los impactos negativos del cambio climático al reducir la vulnerabilidad de las ciudades a fenómenos climáticos de alta intensidad. En Centroamérica, donde muchas ciudades enfrentan riesgos elevados de inundaciones y deslizamientos, las SbN pueden desempeñar un papel crucial en la protección de estas áreas (CEPAL, 2023). Por ejemplo, la restauración de manglares en zonas costeras no solo protege las áreas urbanas contra la erosión y las tormentas, sino que también proporciona beneficios colaterales como la mejora de la biodiversidad y la captura de carbono. Estos enfoques son particularmente relevantes en un contexto de cambio climático, donde las ciudades deben adaptarse a nuevas condiciones ambientales y reducir su huella ecológica.

Los servicios e infraestructura resilientes son fundamentales para absorber los efectos del cambio climático en los entornos urbanos de la región. Un ejemplo destacado es la implementación de sistemas de drenaje pluvial mejorados en Tegucigalpa, donde las frecuentes inundaciones han sido un desafío histórico<sup>2</sup>. Este sistema, diseñado para manejar grandes volúmenes de agua durante las tormentas, ha reducido significativamente la incidencia de inundaciones en áreas clave de la ciudad, protegiendo tanto a las comunidades como a la infraestructura crítica (World Bank, 2017). Estos sistemas no solo han mostrado eficacia inmediata, sino que también han sido diseñados con una perspectiva a largo plazo, considerando el aumento de la intensidad y frecuencia de las lluvias debido al cambio climático. La escalabilidad de esta infraestructura radica en su adaptabilidad; con las modificaciones necesarias, este tipo de solución puede ser implementado en otras ciudades centroamericanas que enfrentan desafíos similares, especialmente en áreas donde la topografía y las condiciones climáticas son comparables.

---

<sup>2</sup> <https://documentos.bancomundial.org/es/publication/documents-reports/documentdetail/099043024214560440/p170469-9b48f791-6f77-490d-8463-6aa157e593e7>