



Cambio climático y biodiversidad: de las bases físicas a la perspectiva económica



Causas del cambio climático y la pérdida de biodiversidad



Principales impactos del cambio climático en América Latina y el Caribe



Contribución histórica, actual y por sector de América Latina y el Caribe al cambio climático



Perspectiva económica e implicancias para la política climática

Mensajes clave

1

El clima del planeta está cambiando y la diversidad biológica se está perdiendo a un ritmo acelerado, lo cual supone importantes amenazas para la supervivencia de la población. Ambos fenómenos son el resultado de la acción humana y constituyen desafíos urgentes que el mundo debe enfrentar.

2

La absorción de carbono de los sumideros naturales es clave para regular el clima global. Los ecosistemas, además, son fuente de protección para las comunidades ante los riesgos climáticos y proporcionan otros servicios importantes para el desarrollo humano y el bienestar de las personas, como la provisión de alimentos, agua, materias primas o medicinas. El cambio climático y la degradación de los ecosistemas menoscaban estos beneficios ecosistémicos.

3

Los escenarios climáticos para la región proyectan un incremento en las temperaturas medias de alrededor de 1°C para el período 2021-2040, con respecto al período 1985-2014 (cuyas temperaturas ya eran entre 0,6°C y 0,8°C más altas que en la época preindustrial). En períodos más lejanos, el aumento de temperaturas es más sensible a lo que ocurra con las emisiones globales. También proyectan cambios en los patrones de precipitación y un aumento de la aridez en general.

4

América Latina y el Caribe es muy heterogénea en sus condiciones socioeconómicas y abarca un territorio extenso y con alta diversidad de ecosistemas. Si bien el cambio climático afectará a toda la región, la exposición y la vulnerabilidad ante las amenazas climáticas varían significativamente entre países, comunidades e individuos. Esto implica que los impactos esperados del cambio climático y las necesidades de adaptación dependen del contexto específico.

5

La capacidad de hacer frente a las amenazas climáticas y adaptarse a ellas es menor en las regiones y poblaciones con mayores niveles de pobreza y desigualdad, mayores carencias de acceso a servicios básicos, instituciones más débiles y menores capacidades estatales. La presencia de estos déficits en muchos países y comunidades, de la región, especialmente en las comunidades indígenas, los ubica entre los más vulnerables del mundo ante el cambio climático.

6

Los países del Caribe están muy expuestos a ciclones tropicales, a los que son altamente vulnerables por tener una población reducida y altamente concentrada y por la baja diversificación de sus economías. A su vez, el endeudamiento para afrontar los costos de reconstrucción dificulta la inversión en infraestructuras que faciliten la adaptación y aumenten la resiliencia ante estos fenómenos.

7

Los países de América del Sur y Mesoamérica sufren con frecuencia inundaciones y sequías que conllevan importantes costos económicos, incluyendo daños en infraestructura de transporte, comunicaciones y agua. Sin las inversiones necesarias en adaptación, estos impactos pueden afectar la producción agrícola y la generación hidroeléctrica, agravando los problemas de inseguridad alimentaria y energética.

8

La región está muy expuesta al aumento en el nivel del mar y las inundaciones costeras. Los primeros 10 metros de superficie sobre el nivel del mar representan el 3 % del territorio total y albergan el 7 % de la población (unos 45 millones de personas). La situación es más dramática en el Caribe, donde las zonas costeras de baja elevación albergan al 12 % de la población y representan una quinta parte de la superficie.

9

Por la duración del dióxido de carbono en la atmósfera, la contribución de un país o región al calentamiento global se explica por sus emisiones históricas. Casi la mitad del carbono acumulado en la atmósfera proviene de los países desarrollados, mientras que América Latina y el Caribe ha generado solamente el 11 %. Esto es relevante para la discusión sobre la justicia climática.

10

En 2019, el 44 % de las emisiones provino de los países en desarrollo de Asia y el Pacífico y otro 23 % de los países desarrollados. América Latina y el Caribe generó el 10 % de las emisiones globales.

11

El patrón de emisiones actuales es relevante para identificar las oportunidades de mitigación. A diferencia de los países desarrollados, las emisiones de América Latina y el Caribe provienen en mayor medida de los sectores productores de alimentos, principalmente por el cambio en el uso del suelo y, en menor proporción, de los sectores vinculados a la energía fósil (suministro de energía, transporte, industria y edificaciones).

12

La abundancia relativa de recursos forestales en la región plantea al mismo tiempo una oportunidad y un desafío: América Latina y el Caribe tiene una cuarta parte de los bosques mundiales y estos contribuyen de manera significativa a la captura de carbono atmosférico a nivel global, pero esta contribución se encuentra por debajo de su potencial, entre otras razones, por el avance de la deforestación.

Cambio climático y biodiversidad: de las bases físicas a la perspectiva económica¹

Introducción

El cambio climático y la pérdida de biodiversidad son dos desafíos urgentes que el mundo debe enfrentar. La evidencia más reciente muestra sin ambigüedad que el clima del planeta está cambiando, que la diversidad biológica se está perdiendo a un ritmo acelerado y que ambos fenómenos suponen importantes amenazas para la vida humana. En la raíz de las crisis climática y ambiental se encuentra la acción humana. El progreso tecnológico, con el consiguiente crecimiento económico durante los últimos dos siglos, ha permitido mejorar considerablemente los estándares de vida de la población mundial. Sin embargo, también ha significado un consumo creciente de energía fósil, la transformación del suelo a gran escala y la sobreexplotación de los recursos naturales, resultados que han alterado el equilibrio ecológico del planeta.

Este capítulo describe los principales canales de interconexión entre el cambio climático, la biodiversidad y la actividad humana. El capítulo comienza con un repaso

breve de las bases físicas del cambio climático. Según estas, la variación global del clima se produce como consecuencia de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) procedentes, principalmente, de la quema de combustibles fósiles y de las actividades que alteran el uso del suelo. Una parte de estos gases es reabsorbida por los ecosistemas terrestres y marinos, como los bosques y los océanos, en su rol de sumideros naturales, mientras que el resto se acumula en la atmósfera, generando el calentamiento global. El calentamiento provoca cambios en el sistema climático que afectan a todo el planeta, con efectos locales que varían entre regiones y que impactan tanto en la actividad humana como en los ecosistemas y la biodiversidad.

La absorción de carbono de los sumideros naturales es clave para regular el clima global. Pero este no es el único aporte de los ecosistemas para hacer frente al cambio climático. Algunos ecosistemas, además, son fuente de protección para las comunidades ante

¹ Este capítulo fue elaborado por Pablo Brassiolo y Sebastián Vicuña, con la asistencia de investigación de Diego Pitetti.

los riesgos climáticos. Este es el caso, por ejemplo, de los manglares, que se constituyen en barreras naturales frente a las inundaciones costeras, o los árboles y espacios verdes en las ciudades, que permiten regular la temperatura y reducir los riesgos de inundaciones. Los ecosistemas también proporcionan otros servicios importantes para el desarrollo humano, como la provisión de alimentos, agua, materias primas o medicinas. El cambio climático y la degradación de los ecosistemas por parte de las actividades humanas menoscaban estos beneficios ecosistémicos.

El capítulo analiza los impactos del cambio climático en América Latina y el Caribe (ALC). Los países de la región están altamente expuestos y son muy vulnerables a las amenazas climáticas. Los aumentos de temperaturas, el cambio en los patrones de precipitación, las sequías prolongadas, el aumento del nivel del mar y los eventos climáticos extremos, entre otros efectos, generan riesgos con consecuencias potencialmente severas para la población, la actividad económica y la biodiversidad en la región. Tanto la exposición como la vulnerabilidad varían considerablemente entre países, entre comunidades dentro de los países y entre individuos en estas comunidades, lo que significa que los riesgos esperados y, por lo tanto, las necesidades de inversión en adaptación son de muy variada naturaleza y dependen de contextos específicos.

El capítulo también hace un escrutinio de las emisiones de GEI de origen antropogénico en los países de la región. Primero se analizan las emisiones históricas. Debido a la estrecha relación que existe entre el aumento de las temperaturas ocurrido desde la época preindustrial y las emisiones acumuladas desde entonces, la contribución de un país o región a estas emisiones acumuladas es una medida de su responsabilidad frente al cambio climático y, por lo tanto, un elemento importante para el debate sobre la justicia climática. Aquí se destaca que el 45 % de las emisiones históricas provienen de los países desarrollados y otro 24 % de los países en desarrollo de Asia y el Pacífico, región que incluye a países de altas emisiones en los últimos 50 años, como China e India. Por su parte, América Latina y el Caribe explica el 11 % de las emisiones históricas.

Luego se describe el patrón de las emisiones actuales por su importancia para identificar los sectores de actividad que ofrecen mayores oportunidades para reducir la cantidad de GEI liberados y contribuir a la

solución del fenómeno climático. América Latina y el Caribe genera en la actualidad el 10 % de las emisiones globales, con una composición sectorial muy diferente a la de los países desarrollados: en la región pesan más las emisiones procedentes del cambio en el uso de la tierra y menos las que provienen de los sectores vinculados a la energía. Por supuesto, existe una enorme variación dentro de la región tanto en el nivel como en la composición sectorial de las emisiones. Por ello, las necesidades y oportunidades sectoriales de reducción de las emisiones son muy distintas entre países.

La abundancia relativa de los recursos forestales en la región, junto con la importancia del uso y la cobertura del suelo como fuente de emisiones antropogénicas, justifica analizar con detenimiento el balance de carbono de los ecosistemas terrestres. El balance de carbono es una medida de la contribución de los ecosistemas a la acumulación de GEI en la atmósfera tanto como resultado de las presiones antropogénicas como por factores naturales. Su análisis muestra que los bosques de América Latina y el Caribe capturan más carbono del que emiten y que existe margen para que esta relación sea aún más favorable. Con las políticas de conservación adecuadas, los ecosistemas y la biodiversidad de la región ofrecen un gran potencial para hacer frente al cambio climático.

El último apartado del capítulo expone brevemente las razones económicas que contribuyen a explicar por qué la actividad humana, en su interacción con la naturaleza y el clima, conduce a equilibrios que son ineficientes desde el punto de vista del bienestar humano y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. Tanto el cambio climático como la pérdida de biodiversidad pueden ser conceptualizados como la consecuencia de una externalidad negativa de alcance global. Esto significa que las decisiones individuales de producción o de consumo conducen a equilibrios a nivel agregado en los que los costos para la sociedad son mayores que los beneficios. En otras palabras, se utiliza demasiada energía fósil o se deforestan demasiados bosques con respecto a los beneficios que estas actividades tienen para la sociedad como un todo. Este tipo de situaciones conducen a la sociedad a un sendero de crecimiento económico que no es sustentable desde el punto de vista medioambiental.

Por el alcance global de estas externalidades, la solución requiere coordinación internacional. El Acuerdo

de París de 2015² se propone aunar esfuerzos para que el calentamiento global con respecto a la época preindustrial se mantenga por debajo de los 2°C e idealmente no alcance 1,5°C. De esta forma, se busca evitar un escenario potencialmente catastrófico. Como parte del acuerdo, los países firmantes se comprometieron a implementar políticas nacionales de mitigación, esto es, de reducción de sus emisiones, y de adaptación frente al cambio climático, que permitan anticipar, prevenir o minimizar los daños que este pueda causar o aprovechar las oportunidades que pueda crear. Asimismo, en materia de biodiversidad, el Marco Global de Biodiversidad³ define objetivos mundiales de conservación para el año 2030, en reemplazo de las metas de Aichi que habían sido fijadas para período 2010-2020.

A lo largo de este reporte se discuten las necesidades de adaptación que tiene América Latina y el Caribe

para hacer frente a los riesgos del cambio climático y las oportunidades de la región para reducir sus emisiones y así contribuir a la solución global del fenómeno. Igualmente, se analizan las opciones de política existentes no solo para proteger la riqueza de los ecosistemas y la biodiversidad en la región, sino también para favorecer un aprovechamiento sustentable de los múltiples servicios que la naturaleza brinda a las personas. Las políticas en materia climática, junto con las de conservación de la biodiversidad, deben apuntar a que el crecimiento económico vuelva a ser compatible con un sendero de desarrollo sostenible, que permita restaurar el equilibrio ecológico del planeta, sin olvidar otros desafíos pendientes de la región. En ese sentido, este capítulo sirve de introducción a las temáticas que son tratadas en detalle en el resto del reporte.

Cambio climático y pérdida de biodiversidad: dos caras de la misma moneda

El cambio climático y la pérdida de biodiversidad son fenómenos estrechamente conectados que, a su vez, se vinculan directamente con la acción humana. Este apartado describe los principales canales de interacción entre el clima, la biodiversidad y la actividad

humana. Como primer paso, se presenta una introducción breve a las bases físicas del cambio climático que puede resultar de mayor interés para el lector que no está familiarizado con estos conceptos, para después entrar en el fondo de la interrelación.

Bases físicas del cambio climático

El cambio climático se define como un cambio que persiste durante un período prolongado (generalmente décadas o más) en la distribución de las variables climáticas, entre ellas la temperatura, el viento o las precipitaciones (IPCC, 2021a). La evidencia presentada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático



El clima del planeta está cambiando como consecuencia de la acumulación en la atmósfera de los gases de efecto invernadero liberados por las actividades humanas

² El Acuerdo de París es un tratado internacional jurídicamente vinculante, adoptado por 196 Estados firmantes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que entró en vigor el 4 de noviembre de 2016.

³ Adoptado en la XV Conferencia de las Partes de Naciones Unidas (COP15) del Convenio sobre la Diversidad Biológica, celebrado en diciembre de 2022, el Marco actualiza un acuerdo anterior, el Protocolo de Aichi (Japón), fijando objetivos ambiciosos que se deberían alcanzar en 2030, para detener y revertir la pérdida de biodiversidad.

(IPCC, por sus siglas en inglés) en su Sexto Informe de Evaluación muestra sin ambigüedad que el clima del planeta está cambiando como consecuencia de la acumulación en la atmósfera de los GEI liberados por las actividades humanas. A continuación, se resumen las nociones básicas de este fenómeno.

Origen antropogénico del cambio climático y sus principales manifestaciones

El cambio climático es el resultado del desbalance entre el flujo de energía que recibe la Tierra (la radiación solar) y el que esta emite al espacio (la radiación térmica). Si el primero es mayor que el segundo, el planeta tiende a calentarse. Estos flujos de energía dependen de factores naturales y antropogénicos. Los principales factores naturales son las variaciones de la actividad solar, que alteran la cantidad de energía que llega del Sol, y las erupciones volcánicas, que aumentan la cantidad de pequeñas partículas (aerosoles) en la parte superior de la atmósfera y que, al reflejar la luz solar, reducen el flujo de energía que llega a la Tierra. Entre los factores antropogénicos, se destacan las emisiones de GEI procedentes de la quema de combustibles fósiles y los patrones de uso del suelo. Una fracción de estos GEI se acumulan en la atmósfera y atrapan parte de la radiación térmica, generando el calentamiento global. Los principales GEI son el dióxido de carbono (CO_2), el metano y el óxido nitroso.

El Sexto Informe de Evaluación del IPCC destaca que: 1) el ritmo al que los principales GEI se están acumulando en la atmósfera no tiene precedentes en los últimos 800.000 años y 2) esta mayor acumulación de GEI puede atribuirse con certeza a la

intensificación de las actividades humanas desde el comienzo del período de industrialización (IPCC, 2021a). Como consecuencia, se están produciendo una serie de cambios rápidos en diversos aspectos del clima global, siendo uno de los más notables el aumento de las temperaturas. En efecto, la temperatura media de la superficie terrestre durante la década de 2011-2020 fue $1,1^\circ\text{C}$ más alta que la de la época preindustrial (1850-1900). En otras palabras, el cambio climático es un fenómeno real que ya se está experimentando y es resultado de la acción humana.

Además del aumento en las temperaturas, también se observan cambios en la atmósfera, la superficie terrestre, los océanos y la criosfera (la parte de la tierra con nieve o hielo permanente o estacional). Entre las manifestaciones más destacadas, se observa un calentamiento acelerado de las zonas terrestres y una mayor incidencia de fenómenos meteorológicos extremos, como sequías prolongadas, fuertes precipitaciones, ciclones tropicales y olas de calor. Los océanos se están acidificando a causa de la absorción de CO_2 de la atmósfera y se están calentando como consecuencia de la absorción de la mayor parte del exceso de energía acumulada en el sistema climático. El calentamiento del agua lleva a que esta se expanda, contribuyendo al aumento del nivel global del mar. Tanto la superficie como el grosor del hielo marino del Ártico y de la Antártida se están reduciendo, al igual que la mayoría de los glaciares, lo que también contribuye al aumento del nivel del mar. La cobertura de nieve en primavera en el hemisferio norte está disminuyendo, así como el permafrost (suelo perennemente congelado). Muchas especies terrestres se han desplazado hacia los polos y zonas más altas, mientras que muchas especies marinas se han trasladado hacia latitudes más altas o han cambiado el momento del año en que migran (IPCC, 2021a).

Ciclo del carbono y su acumulación en la atmósfera

Una parte de las emisiones antropogénicas de CO_2 es reabsorbida por ecosistemas terrestres y marinos, como los bosques y océanos, en su rol de sumideros naturales de carbono. Estos sumideros, por lo tanto, son clave para la regulación del clima porque determinan el ritmo al cual los flujos de emisiones se acumulan en la atmósfera. Los procesos por los que el carbono circula entre la atmósfera y distintos reservorios naturales, como la vegetación, los suelos y los océanos, se conocen como el ciclo del carbono y se describen en el recuadro 1.1.

Los ecosistemas terrestres y marinos, en su rol de sumideros naturales de carbono, determinan el ritmo al cual los flujos de emisiones se acumulan en la atmósfera

La intensificación de las actividades económicas desde el inicio de la industrialización ha alterado este ciclo debido a la liberación a la atmósfera de grandes cantidades de CO_2 . Entre 1850 y 2019, se emitieron 2351 gigatoneladas⁴ de CO_2 (GtCO_2), de las cuales, 1618 GtCO_2 provinieron de actividades que son intensivas en el uso de combustibles fósiles, como la generación eléctrica⁵, y 733 GtCO_2 de actividades que alteran la vegetación y los suelos, por ejemplo, la agricultura. Del total de esas emisiones, los océanos y los sumideros terrestres han absorbido una cuarta y una tercera parte, respectivamente, y el resto, alrededor de 990 GtCO_2 , se ha acumulado en la atmósfera (Friedlingstein et al., 2020).



Del total de las emisiones antropogénicas desde el inicio de la industrialización, los océanos y los sumideros terrestres han absorbido una cuarta y una tercera parte, respectivamente

El gráfico 1.1 muestra que tanto las emisiones antropogénicas como las absorciones naturales han venido creciendo desde el inicio del período industrial. Las emisiones procedentes del uso de combustibles fósiles pasaron de 2,6 GtCO_2 anuales durante el período 1850-1959 a 34,5 GtCO_2 anuales durante la década 2010-2019. Las emisiones procedentes del uso de la tierra también crecieron, aunque a un ritmo menor (de 4,2 GtCO_2 a 5,9 GtCO_2 por año entre el período 1850-1959 y la última década). La absorción de los sumideros oceánicos y terrestres (representada con un signo negativo en el gráfico) también aumentó durante este período, debido a que los procesos naturales subyacentes reaccionan ante el aumento del CO_2 atmosférico y el consecuente cambio en el clima, como se describe en el recuadro 1.1.

Evidentemente, cuanto mayor sea la absorción de los sumideros naturales, menor será el aumento de las temperaturas. Esta relación entre emisiones antropogénicas, sumideros naturales y temperaturas pone de manifiesto el rol que los ecosistemas marinos y terrestres han tenido para disminuir el calentamiento global.

4 La gigatonelada equivale a 1000 millones de toneladas.

5 Durante ese período, el 46 % de las emisiones generadas por el uso de combustibles fósiles procedieron de la quema de carbón, el 35 % del petróleo, el 14 % del gas natural, el 3 % de la descomposición de los carbonatos y el 1 % de la combustión en antorcha (Friedlingstein, O'Sullivan et al., 2022).

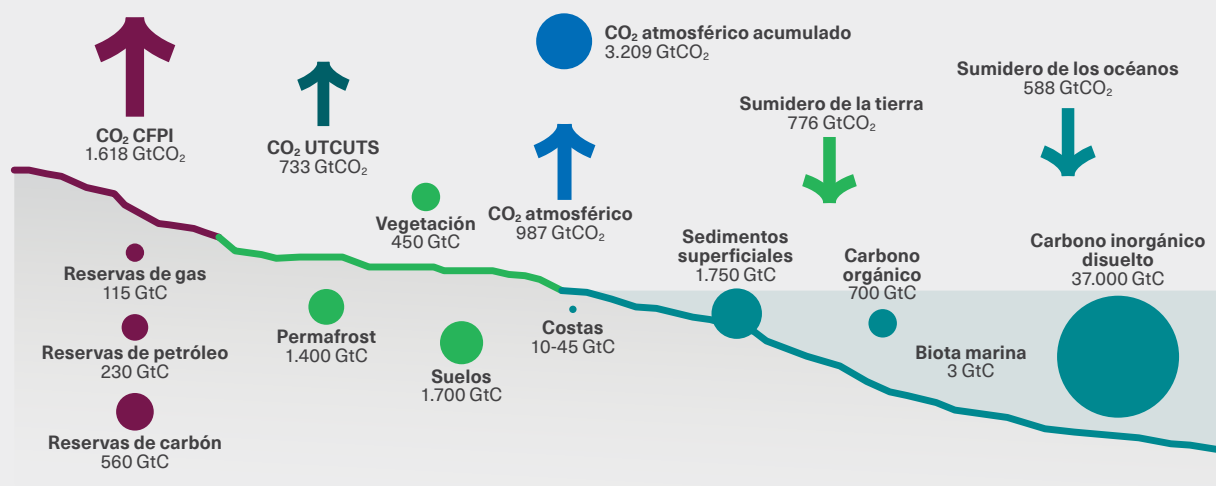
Recuadro 1.1

El ciclo del carbono

El carbono es parte de un sistema por el que los átomos de esta sustancia circulan entre tres depósitos principales: la atmósfera, los océanos y la biósfera terrestre (suelo, roca y vida orgánica). Los océanos son de lejos el depósito más grande de carbono, con un stock estimado en alrededor de 38.000 gigatoneladas de carbono (GtC), seguidos por la vegetación y los suelos, que acumulan más de 2000 GtC y, por último, por la atmósfera, con una cantidad de aproximadamente 870 GtC^a. La figura 1 muestra las cantidades de carbono almacenadas en los distintos depósitos y la magnitud de los principales flujos, tanto naturales como antropogénicos, desde la época preindustrial.

En este ciclo intervienen distintos procesos biológicos, geológicos, químicos y físicos. Las plantas y los microorganismos absorben CO₂ de la atmósfera y, por medio de la fotosíntesis, lo transforman en carbono que se acumula en la biomasa y en los suelos. Parte de ese carbono vuelve a la atmósfera por la respiración de la vegetación y de los organismos del suelo y como resultado de perturbaciones naturales (por ejemplo, los incendios). Cuando esas plantas y microorganismos se descomponen, el carbono acumulado se libera a la atmósfera en forma de CO₂. Los océanos y la atmósfera también intercambian grandes cantidades de CO₂. La magnitud de este intercambio depende, entre otras variables, de las diferencias en la concentración de CO₂ entre la atmósfera y la superficie del océano, la velocidad del viento, la composición química del agua del mar y la fotosíntesis llevada a cabo por las microalgas marinas. Parte de este carbono es posteriormente almacenado en las profundidades del océano durante décadas o incluso siglos.

Figura 1
El ciclo global del carbono



Nota: La figura muestra una esquematización del ciclo global del carbono a partir de las interacciones entre las reservas históricas de carbono (en GtC, a excepción de la acumulación de CO₂ atmosférico, que se presenta en GtCO₂) y los flujos totales para el período 1850-2019 (en GtCO₂). Los círculos representan las principales reservas de carbono (por ejemplo, las reservas de gas, petróleo y carbón o las reservas de carbono inorgánico disuelto en los océanos), mientras que las flechas refieren a los flujos antropogénicos (emisiones provenientes del uso de combustibles fósiles y procesos industriales [CFPI], del sector de uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura [UTCUTS] y de absorciones de la tierra y los océanos). El tamaño de los círculos y flechas da cuenta de la magnitud de carbono de la reserva o flujo antropogénico del que se trate, mientras que la dirección de las flechas indica si el flujo hace referencia a una emisión (flecha hacia arriba) o a una absorción (flecha hacia abajo). Como resultado del desbalance entre estas emisiones y absorciones, se acumula carbono en la atmósfera (círculo celeste de la figura).

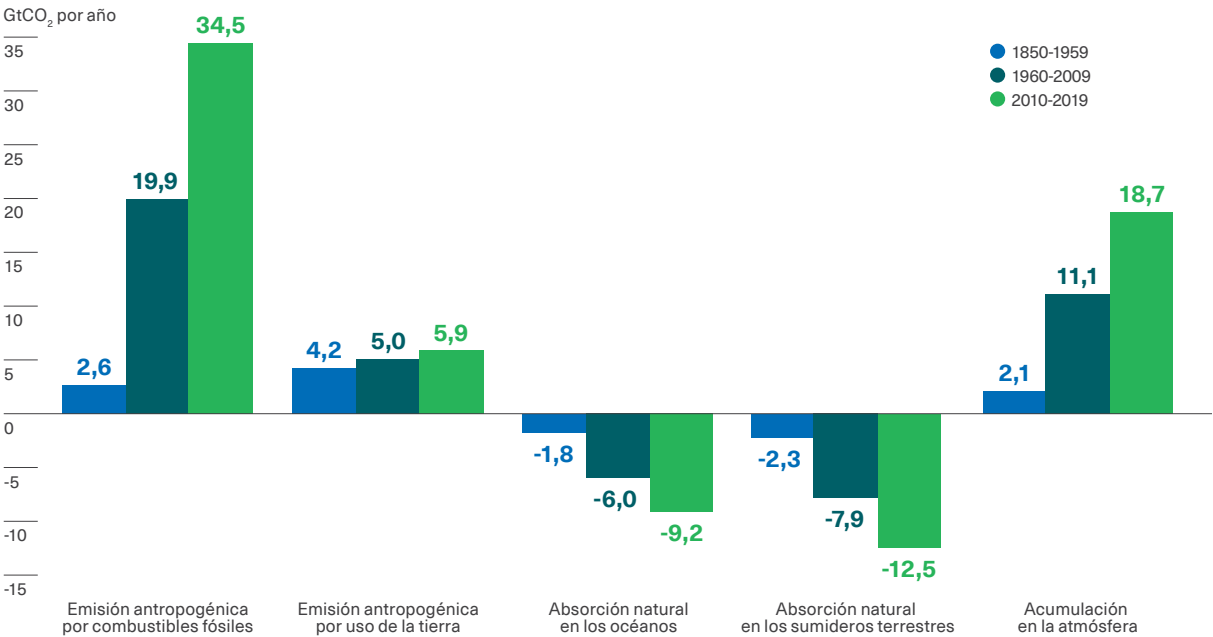
Fuente: Elaboración propia con datos de Friedlingstein, Jones et al. (2022), Friedlingstein et al. (2020) reportados en IPCC (2021a), Le Quéré et al. (2018) reportados en IPCC (2019) y Friedlingstein, O'Sullivan et al. (2022).

En equilibrio, el carbono circula entre estos depósitos manteniendo relativamente constantes las cantidades de cada uno. La intensificación de la actividad económica desde el comienzo de la industrialización ha perturbado este equilibrio. La quema de combustibles fósiles para la generación de energía, así como ciertos procesos industriales —como la producción de cemento— liberan grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera. Los procesos productivos que alteran o degradan la tierra y la vegetación —como la conversión de zonas forestales en terrenos cultivables— también liberan a la atmósfera el carbono acumulado en la biomasa y en los suelos.

A medida que crecen las emisiones antropogénicas, también aumentan los flujos que absorben la biosfera terrestre y los océanos debido a los procesos naturales descritos antes. Por ejemplo, la mayor cantidad de CO₂ en la atmósfera y el alargamiento de la estación de crecimiento de especies vegetales en las zonas templadas y boreales del hemisferio norte por efecto del cambio climático impulsan la fotosíntesis. Asimismo, la absorción de CO₂ de los océanos crece a medida que aumenta la cantidad de CO₂ en la atmósfera. Sin embargo, los mayores flujos de absorción de los sumideros naturales no alcanzan a compensar el aumento de las emisiones antropogénicas, por lo que una parte de estas se acumula en la atmósfera.

a. Una unidad de CO₂ equivale a 3,667 unidades de carbono.

Gráfico 1.1
Alteración antropogénica del ciclo global del carbono en el período 1850-2019



Nota: El gráfico muestra la alteración antropogénica del ciclo global del carbono en tres subperíodos temporales: 1850-1959, 1960-2009 y 2010-2019. Las barras indican, para cada concepto y subperíodo, el promedio anual de CO₂ absorbido (signo negativo), emitido o acumulado en la atmósfera (signo positivo) en GtCO₂.
Fuente: Elaboración propia con datos de Friedlingstein et al. (2020), reportados en IPCC (2021a), y Le Quéré et al. (2018), reportados en IPCC (2019).

Acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera y aumento de la temperatura

La evidencia recopilada por el IPCC en su Sexto Informe de Evaluación muestra que hay una relación aproximadamente lineal entre la concentración de CO₂ en la atmósfera y la temperatura global: por cada 1000 GtCO₂ que se emiten la temperatura media de la superficie terrestre aumenta en promedio 0,45°C, con un rango que va entre 0,27°C y 0,63°C. Esta relación es válida al menos hasta los 2°C de aumento de temperatura con respecto a la época preindustrial. El conocimiento de esta relación es clave para estimar cuánto más se podría emitir si se quisiera mantener acotado el aumento de temperatura por debajo de cierto umbral.

Dos aspectos merecen ser mencionados al respecto. El primero es que la magnitud de esta relación está sujeta a un alto nivel de incertidumbre, dado el rango de valores posibles que podría asumir. Esta incertidumbre se traslada al cálculo de las emisiones adicionales compatibles con una cierta meta de temperatura. Por ejemplo, si la relación asume el valor medio del rango, se podrían emitir hasta 1350 GtCO₂ adicionales sin exceder los 2°C de aumento. Sin embargo, las emisiones adicionales compatibles con esa meta de aumento de la temperatura podrían casi triplicarse si el valor de la relación estuviera en el rango inferior o reducirse a la cuarta parte si ese valor fuera el del rango superior. Evidentemente, esta incertidumbre sobre la relación entre emisiones y temperatura tiene consecuencias en la estimación del esfuerzo necesario de reducción de las emisiones para contener el calentamiento global.

Recuadro 1.2

Punto de inflexión climáticos: el caso del Amazonas

El IPCC define los puntos de inflexión climáticos como niveles de cambio en las propiedades del sistema climático a partir de los cuales este se reorganiza, generalmente en forma abrupta, y no retorna al estado inicial, incluso aunque se reduzca o desaparezca la causa del cambio. Un punto de inflexión cuya posible ocurrencia se enmarca en los límites geográficos de la región es la pérdida de la selva amazónica.

Una característica relevante de las selvas tropicales es que se sustentan en condiciones muy húmedas que son favorecidas por la misma vegetación. A medida que el bosque se satura con fuertes lluvias, una parte de esa humedad regresa a la atmósfera por la combinación de la evaporación de la humedad del suelo y la transpiración de la humedad de las plantas (fenómeno que se denomina evapotranspiración). De esta forma, la atmósfera se mantiene húmeda, generando más precipitaciones. En la década de los setenta, el científico brasileño Eneas Salati demostró que este ciclo hidrológico del Amazonas genera alrededor de la mitad de su propia precipitación (Lovejoy y Nobre, 2019).

En la medida que la degradación o pérdida de los bosques amazónicos continúen —como resultado de la deforestación, las sequías y los incendios inducidos por el cambio climático—, podría alcanzarse un umbral en el que las precipitaciones que estos bosques generan sean insuficientes para mantener su condición de bosque tropical y se conviertan en sabanas herbáceas. Lovejoy y Nobre (2019) estiman que este umbral podría alcanzarse si la deforestación del Amazonas supera entre el 20 % y el 25 % de su superficie. Si bien la evidencia recopilada por el IPCC (2021a) sugiere que la probabilidad de traspasar este umbral antes de 2100 es baja, estos resultados son una señal de alerta que resalta la importancia de las políticas de conservación de los recursos forestales.

El segundo aspecto a destacar es que, por encima del umbral de 2°C de calentamiento, la relación entre emisiones y aumentos de la temperatura es aún más incierta debido a que existe un alto riesgo de superar lo que se conoce como puntos de inflexión climáticos (lo que inglés se conoce como *tipping points*) (IPCC, 2021a). Estos puntos de inflexión son umbrales que, de ser traspasados, activarían mecanismos que se refuerzan a sí mismos y podrían desencadenar cambios significativos e incluso irreversibles en el sistema climático (o en algún entorno de este). Un caso emblemático para la región es la posible desaparición de los bosques del Amazonas, como se describe en el recuadro 1.2. Evaluar los riesgos de que se produzcan estos efectos es una tarea compleja debido a que, entre otras razones, no existen observaciones históricas de temperaturas en esos niveles que permitan calibrar los modelos climáticos. No obstante, los resultados de las simulaciones realizadas sugieren que superar los 2°C de calentamiento global conllevaría un alto riesgo de provocar impactos en la biosfera que no tendrían retorno, como extinciones masivas de especies, inundación permanente en determinadas áreas y pérdida de viabilidad de cultivos, entre otras calamidades.

Otros gases de efecto invernadero y la importancia del metano

El CO₂ es el principal GEI de origen antropogénico y representa, según datos de 2019, el 75 % de las emisiones anuales de estos gases a nivel global (con el 64 % proveniente de los combustibles fósiles y el 11 % del uso del suelo). El resto de los GEI de origen antropogénico que contribuyen al calentamiento global se conforma con las emisiones de metano (18 %), óxido nitroso (5 %) y gases fluorados (2 %).

La participación de los distintos gases en el total de emisiones se ha mantenido relativamente constante en los últimos 30 años.

El impacto de cada gas en el calentamiento global es diferente y depende principalmente de dos factores: el tiempo que permanece en la atmósfera y su capacidad de absorber la energía que irradia la Tierra. A diferencia del CO₂, que puede durar cientos o miles de años en la atmósfera, la permanencia de los otros gases es relativamente corta: alrededor de 10 años en el caso del metano, hasta dos décadas en el caso de los gases fluorados y poco más de cien años en el caso del óxido nitroso (IPCC, 2021a). Estos gases de menor duración en la atmósfera tienen, en general, mayor capacidad para retener la energía que irradia la Tierra⁶. En particular, el metano puede absorber hasta 80 veces más energía que la misma cantidad de masa de CO₂ durante las primeras décadas.

Por lo tanto, para agregar las cantidades de gases distintos al CO₂, es necesario convertirlas a su equivalente en términos de CO₂ (que se denota como CO₂eq). Por convención, se utiliza como factor de conversión el potencial de calentamiento global en un horizonte temporal de 100 años (PCG-100). Según este, una unidad de metano tiene un impacto en el calentamiento global similar al de 27-30 unidades de CO₂ en un período de 100 años (IPCC, 2021a)⁷.

El metano es el segundo GEI más importante en cantidad de emisiones después del CO₂. El 40 % de las emisiones antropogénicas de metano provienen del sector agropecuario (tres cuartas partes de la digestión de los rumiantes y la gestión del estiércol y una cuarta parte del cultivo de arroz), el 32 % procede de los combustibles fósiles (dos tercios del petróleo y el gas y un tercio del carbón), el 20 % de los residuos (principalmente vertederos y residuos sólidos) y el

6 Los GEI como el metano y los gases fluorados integran los llamados forzadores climáticos de vida corta, entre los que además se encuentran pequeñas partículas, como los aerosoles (que al reflejar la radiación solar tienden a enfriar el clima) y el carbono negro, conocido comúnmente como hollín (que, al absorber energía, tiende a calentar el clima). La importancia de los forzadores climáticos de vida corta es que sus efectos en el clima se concentran cerca del lugar en el que se emiten y su cantidad cambia rápidamente cuando las emisiones varían. Además, algunos de estos compuestos afectan la calidad del aire y el agua.

7 El PCG-100 es una medida de la cantidad de energía que la emisión de una unidad de un gas absorbe durante un período de tiempo determinado (en este caso, 100 años) con relación a la emisión de una unidad de CO₂. El metano tiene un PCG-100 igual a 30 si proviene de fuentes fósiles y a 27 si proviene de otras fuentes, como la ganadería. Si en lugar de convertir el metano a su equivalencia de carbono utilizando el PCG-100 se emplea el PCG-20, es decir, el potencial de calentamiento en un horizonte de 20 años, la importancia relativa del metano se incrementa en varias veces, lo que realzaría la relevancia de reducir sus emisiones.



8 % restante se emite a través de la quema de biomasa y biocombustibles (Saunois et al., 2020)⁸.

Reducir las emisiones antropogénicas de metano es clave para combatir el calentamiento global en el corto plazo. Por su corta duración en la atmósfera, el impacto del metano en el clima no se explica por las emisiones históricas, sino por el flujo de emisiones presentes. Esto significa que, dada la elevada capacidad del metano de absorber la radiación que emite la Tierra, disminuir las emisiones de este gas es una estrategia que permitiría reducir relativamente rápido los índices de calentamiento global. De manera alentadora, en la actualidad existen soluciones tecnológicas que permitirían disminuir las emisiones de metano de origen antropogénico a la mitad en una década y con costos relativamente bajos. Estas incluyen, por ejemplo, la reducción de las emisiones fugitivas en las industrias de petróleo y gas o la captura de las emisiones de metano de los vertederos. El aprovechamiento de estas tecnologías

permitiría moderar el aumento de las temperaturas en las próximas décadas, favoreciendo la adaptación de los ecosistemas y los seres humanos al cambio climático (Ocko et al., 2021).



Reducir las emisiones antropogénicas de metano es clave para combatir el calentamiento global en el corto plazo

Por otro lado, el metano es precursor del ozono troposférico, que resulta tóxico tanto para los seres humanos como para las plantas. Esto significa que las emisiones de metano afectan la calidad del aire y el rendimiento de los cultivos a través de la contaminación atmosférica. Por lo tanto, la reducción de las emisiones de metano también traería beneficios para la salud pública y la productividad agrícola.

Ecosistemas, biodiversidad y su interrelación con el cambio climático y las actividades humanas

Los ecosistemas se refieren a la asociación de organismos vivos con las características (físicas y químicas) del medio en el que habitan. Su importancia está asociada no solo a la capacidad de regular el clima (a través de la absorción de CO₂), sino también a que son fuente de alimentos, agua, materias primas y medicinas, además de proveer protección contra eventos climáticos extremos, hábitat para diferentes especies, la conservación de la diversidad genética y actividades recreativas, entre muchos otros beneficios. La biodiversidad (o diversidad biológica) se refiere a la variedad de genes y especies que alberga un ecosistema, así como a la variedad de ecosistemas⁹. La variedad, cantidad y calidad de servicios ecosistémicos dependen, entre otros factores, de la riqueza en biodiversidad que contienen.

La biodiversidad y los ecosistemas se interrelacionan estrechamente con el cambio climático; a su vez, los tres se vinculan directamente con la acción humana. La figura 1.1 ilustra, de manera simplificada, las complejas y múltiples interacciones entre esos tres elementos. La relación bidireccional entre el clima y la biodiversidad aparece en la parte superior del esquema. Como ya se mencionó, un servicio ecosistémico de gran relevancia para enfrentar el cambio climático es la regulación del clima global a través de la captura y el almacenamiento de carbono. Los ecosistemas también contribuyen a regular el clima regional y local, por ejemplo, por medio de la influencia de los bosques sobre las precipitaciones.

8 Las emisiones antropogénicas representan un 60 % de las emisiones totales de metano; el otro 40 % procede de fuentes naturales, como los cuerpos de agua dulce (humedales, lagos y ríos), las liberaciones geológicas, los animales salvajes, las termitas y el permafrost.

9 Según la Plataforma Intergubernamental Científico-Política sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES, por sus siglas en inglés), la biodiversidad se refiere a la "riqueza de organismos vivos de todas las fuentes, incluidos los ecosistemas terrestres, marinos y otros acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte. Esto incluye la variabilidad de atributos genéticos, fenotípicos, filogenéticos y funcionales, así como los cambios en la abundancia y la distribución a lo largo del tiempo y del espacio dentro y entre las especies, las comunidades biológicas y los ecosistemas" (IPBES, 2018).



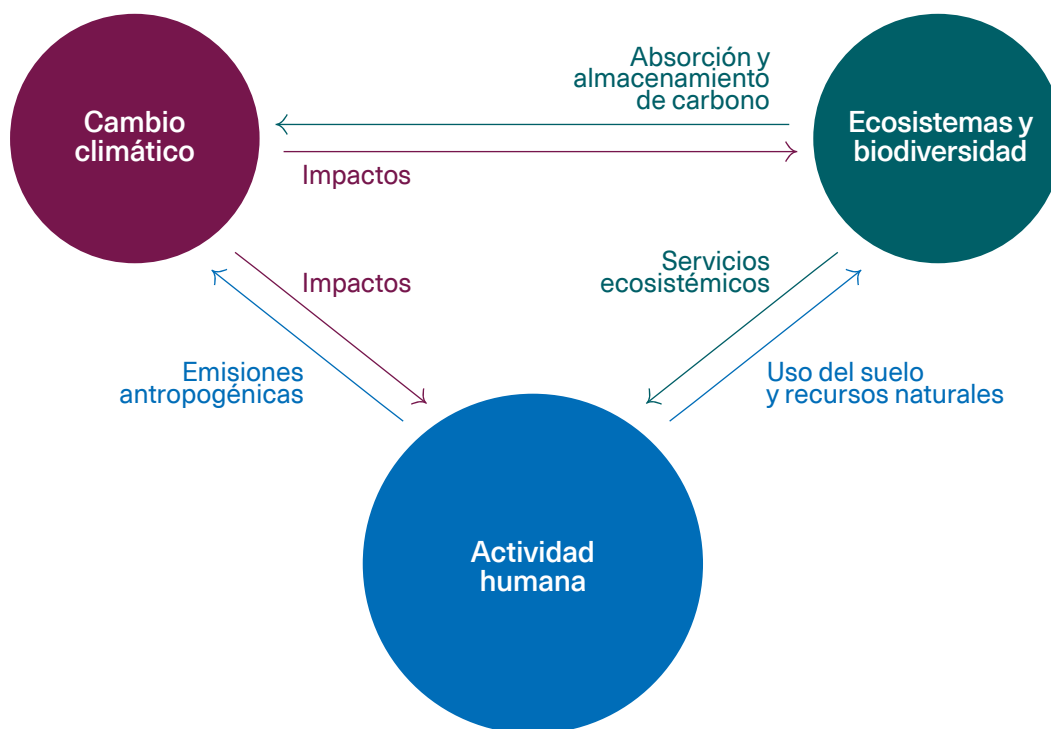
La biodiversidad y los ecosistemas se interrelacionan estrechamente con el cambio climático; a su vez, los tres se vinculan directamente con la acción humana

El cambio climático, a su vez, altera los ecosistemas y la biodiversidad y se convierte en una amenaza para la naturaleza y los beneficios que esta brinda a las personas. El aumento de las temperaturas, la disminución de las precipitaciones, las sequías prolongadas y los mayores incendios que estas suelen traer aparejadas provocan la degradación de los bosques y exacerban el cambio climático (Gatti

et al., 2021; Grantham et al., 2020). Estas perturbaciones también afectan la estructura y función de los ecosistemas y las interacciones entre las especies y sus áreas de distribución geográfica, lo que se traduce en cambios en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Pacheco et al., 2010; Parmesan, 2006; Ribeiro Lima y AghaKouchak, 2017; Trisos et al., 2020). La acidificación y el calentamiento de los océanos están afectando los arrecifes de coral tropicales. Los cambios regionales en la temperatura de la atmósfera y del océano afectan la extensión de los glaciares, las precipitaciones, el caudal de los ríos, las corrientes eólicas y oceánicas y el nivel del mar, entre muchas otras características ambientales que, en conjunto, tienen impactos adversos en los ecosistemas y la biodiversidad (Pörtner et al., 2021).

Figura 1.1

Interrelación entre el cambio climático, los ecosistemas, la biodiversidad y la actividad humana



Fuente: Elaboración propia.

En la base de la relación entre el cambio climático y la biodiversidad están las actividades humanas. El creciente progreso económico de los dos últimos siglos ha estado asociado a la generación de energía a partir de los combustibles fósiles y a cambios en el uso de la tierra para la producción de alimentos y materias primas. Por un lado, esto ha traído aparejado un aumento de las emisiones de GEI que causan el cambio climático. Por otro, la sobreexplotación de los recursos naturales y la transformación de los ecosistemas —por ejemplo, la conversión de coberturas naturales en tierras agrícolas y ganaderas— alteran el hábitat de muchas especies y provocan pérdidas de diversidad biológica en todo el mundo (IPBES, 2018). La pérdida de hábitat es la principal causa de extinción de especies a nivel mundial, seguida por las invasiones biológicas, siendo ambas responsables del estado de amenaza de más del 70 % de las especies (Pimm et al., 2014).

Los ecosistemas y su biodiversidad no solamente proporcionan medios de subsistencia y otros beneficios para las personas, sino que también son fuente de protección y adaptación ante los riesgos emergentes del cambio climático. Por ejemplo, los manglares y los arrecifes de coral brindan protección

a las poblaciones costeras ante fenómenos meteorológicos extremos, como las marejadas. Por lo tanto, el deterioro de las funciones ecosistémicas y la pérdida de biodiversidad, junto con los riesgos del cambio climático, suponen importantes amenazas para los medios de vida de las personas, la seguridad alimentaria y la salud pública.

En los siguientes apartados se realiza una primera aproximación a la importancia de estos canales de interacción desde la perspectiva de América Latina y el Caribe. En primer lugar se exponen los principales impactos del cambio climático en los países de la región, para, posteriormente, proporcionar una radiografía de los patrones regionales de emisiones de GEI.

En el capítulo 2 de este reporte, se analiza en profundidad la relación entre las actividades económicas y el cambio climático, con un foco particular en los sectores productores de energía y agropecuario, pero sin descuidar otros sectores relevantes para las economías de la región, como el transporte, la industria, la minería y el turismo. En el capítulo 3 se analiza en profundidad la importancia de los ecosistemas y la biodiversidad y su interacción con las actividades humanas.

Impactos del cambio climático en América Latina y el Caribe

Los impactos del cambio climático en la población y en los ecosistemas dependen tanto de la exposición como de la vulnerabilidad ante las diversas amenazas climáticas. Estas amenazas se refieren a manifestaciones del cambio climático, como las mencionadas en el subapartado “Origen antropogénico del cambio climático”, e incluyen las temperaturas extremas, las inundaciones, las sequías prolongadas, el aumento del nivel del mar y las tormentas tropicales, entre otras. La exposición se define como la presencia de personas, medios de vida y recursos económicos, ecosistemas, especies o recursos naturales en lugares y entornos que podrían verse afectados. La vulnerabilidad es la propensión a verse afectado negativamente y depende de factores como la sensibilidad al daño y la falta de capacidad para afrontarlo y adaptarse (IPCC, 2022a).



La capacidad de hacer frente a las amenazas climáticas y adaptarse a ellas es menor en las regiones con altos niveles de pobreza y desigualdad, debilidad institucional y bajos niveles de acceso a servicios básicos y capacidades estatales

La capacidad de hacer frente a las amenazas climáticas y adaptarse a ellas es menor en las regiones y poblaciones con altos niveles de pobreza y desigualdad, debilidad institucional y bajos niveles de acceso a servicios básicos y capacidades estatales. Estos déficits de desarrollo están presentes en numerosas comunidades de América Latina y el Caribe (en

particular en poblaciones indígenas (ver Schipper et al., 2022), lo que lleva a que muchos países de la región se encuentren entre los más vulnerables al cambio climático, solo superados por algunos Estados de África, el sur de Asia y el Pacífico.

En este sentido, el cambio climático puede exacerbar las vulnerabilidades existentes. El estudio de Jafino et al. (2020) muestra que, en ausencia de inversiones en adaptación, el cambio climático podría empujar a más de 100 millones de personas en todo el mundo a la pobreza extrema para 2030. En América Latina y el Caribe, entre 2,4 y 5,8 millones de personas podrían caer en esta situación. El principal canal que explica este resultado en el conjunto de la región es el aumento en la prevalencia de enfermedades transmitidas por vectores y por el agua que afectan a los hogares de bajos ingresos y los atrapan en la pobreza. Otros canales son la caída de los ingresos agrícolas, el aumento en el precio de los alimentos, las pérdidas por desastres naturales y el descenso de la productividad laboral.

No obstante, América Latina y el Caribe abarca un territorio extenso y es una región muy heterogénea en sus condiciones socioeconómicas y su riqueza de ecosistemas y biodiversidad. Por ello, tanto las amenazas climáticas, como la exposición y la vulnerabilidad ante estas pueden variar significativamente entre países, comunidades e individuos al interior de la región. Esto implica que los impactos esperados y las necesidades de inversión en adaptación también varían en función del contexto.

Bajo esta premisa, el resto de este apartado analiza con mayor detalle los principales riesgos del cambio climático en la región. Primero se discuten los riesgos asociados a los cambios paulatinos en las características del clima o sus consecuencias, como el aumento de la temperatura media o el cambio en los patrones de precipitación, el incremento en la aridez de los suelos y el aumento del nivel, acidez y temperatura de los océanos. Luego se analizan los riesgos derivados de la mayor frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos.

Efectos de los cambios paulatinos en las características del clima

En las próximas décadas, las temperaturas medias continuarán aumentando en toda la región, las lluvias se incrementarán en algunas zonas y disminuirán en otras y muchas partes se volverán más áridas. Así lo muestran las proyecciones climáticas para la región, que fueron elaboradas específicamente para este reporte por el Centro de Cambio Global UC¹⁰ (CCG-UC, 2023). Para la construcción de estos escenarios se utilizan las trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP, por sus siglas en inglés), las cuales describen distintos senderos que podría seguir el mundo en el siglo XXI en ausencia de una política climática global (IPCC, 2021a, Riahi et al., 2017). Las SSP reflejan que las condiciones del clima variarán en función de las emisiones y que estas dependerán a su vez del nivel y el patrón de desarrollo global. El recuadro 1.3 describe estas trayectorias y cómo se introducen los objetivos climáticos, mientras que el recuadro 1.4 explica

con más detalle estas proyecciones climáticas y presenta las principales conclusiones.



Las temperaturas medias continuarán aumentando en toda la región, las lluvias se incrementarán en algunas zonas y disminuirán en otras y muchas partes se volverán más áridas

10 Esta institución es un centro interdisciplinario de investigación nacido de la alianza de cinco facultades de la Pontificia Universidad Católica (UC) de Chile.

Recuadro 1.3

Las trayectorias socioeconómicas compartidas y los objetivos climáticos

Las trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP) son cinco posibles senderos futuros, determinados por la evolución de las principales variables socioeconómicas a nivel mundial (como la población, el crecimiento económico, el progreso tecnológico y la tasa de urbanización, entre otras), en ausencia de esfuerzos coordinados para reducir las emisiones. Fueron elaborados por la comunidad científica internacional y son un insumo fundamental para la elaboración de políticas climáticas^a.

Cada una de estas SSP tiene asociada una narrativa sobre cómo sería el mundo durante este siglo. La SSP1 se refiere a un mundo de crecimiento centrado en la sostenibilidad, con un desarrollo inclusivo que respeta el medio ambiente; la SSP2 describe un mundo “a mitad de camino”, en el que las tendencias sociales, económicas y tecnológicas no se alejan demasiado del patrón histórico; la SSP3 es un mundo fragmentado en el que resurgen los nacionalismos; la SSP4 es un mundo con una desigualdad creciente en materia de oportunidades económicas y poder político entre países; y la SSP5 presenta un mundo con un rápido crecimiento económico basado en el uso intensivo de los combustibles fósiles^b.

Para analizar los efectos de la política climática, estas trayectorias se combinan con distintos escenarios de reducción de emisiones, que se definen en términos de una meta de concentración de GEI en la atmósfera para 2100. Se han modelado seis escenarios de reducción de emisiones, representados por los valores numéricos 1.9, 2.6, 4.5, 6.0, 7.0 y 8.5, donde un valor mayor implica una mayor concentración de GEI en el futuro y, por lo tanto, un mayor calentamiento global (o, en otras palabras, una menor reducción de las emisiones con respecto al escenario sin política climática).

De todas las combinaciones posibles (de las cinco SSP y los seis niveles de ambición climática), la comunidad internacional y el IPCC han seleccionado las siguientes para elaborar las proyecciones climáticas:

- SSP1-1.9 Desarrollo sostenible - emisiones muy bajas.
- SSP1-2.6 Desarrollo sostenible - emisiones bajas.
- SSP2-4.5 A mitad de camino - emisiones intermedias.
- SSP3-7.0 Regionalismo - emisiones altas.
- SSP4-6.0 Desigualdad - emisiones medio altas.
- SSP5-8.5 Desarrollo basado en fósiles - emisiones muy altas.

Estas mismas combinaciones se utilizan en los escenarios climáticos para América Latina y el Caribe presentados por el CCG-UC (2023) y resumidos en este capítulo.

a. Las SSP son utilizadas en el Sexto Informe de Evaluación del IPCC (2021a) como base para las proyecciones climáticas y reemplazan a las trayectorias de concentración representativas (RCP, por sus siglas en inglés), utilizadas en el Quinto Informe de Evaluación (IPCC, 2014).

b. Para una caracterización más completa de las SSP ver Riahi et al. (2017).



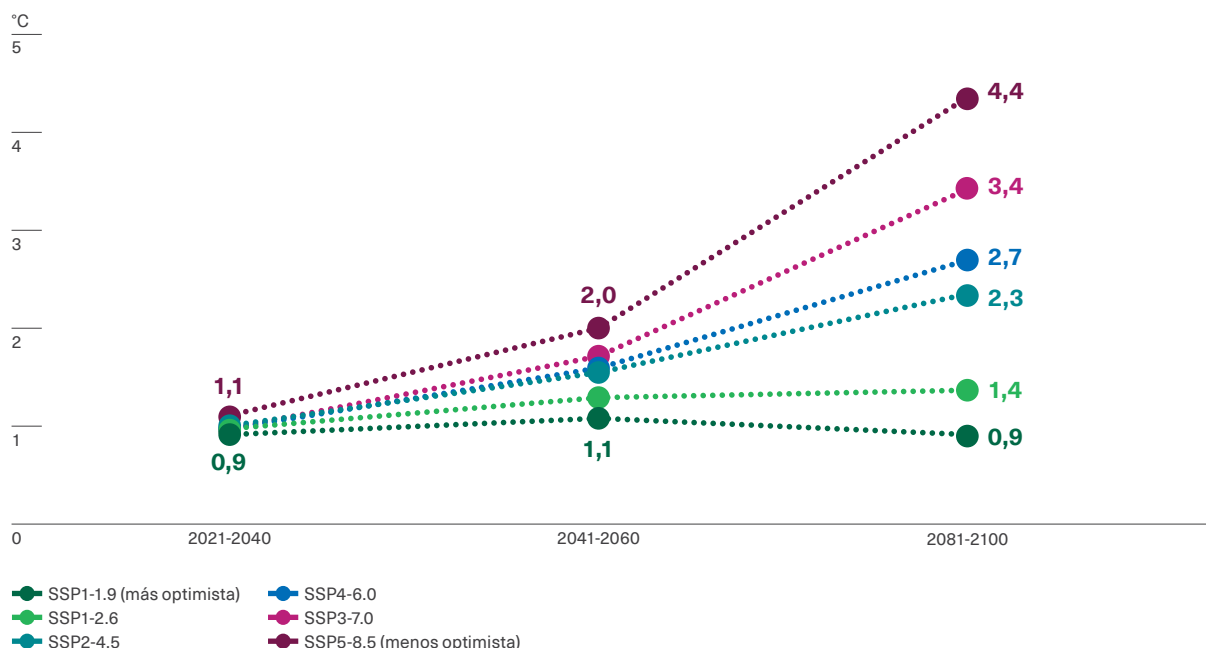
La temperatura media proyectada para América Latina y el Caribe en 2021-2040 es 1°C más alta que en 1985-2014

Un resultado destacado de estos escenarios es el aumento inevitable de la temperatura media en el corto plazo, como muestra el gráfico 1.2. En promedio para todos los países de la región, la temperatura media proyectada para el período 2021-2040 es de alrededor de 1°C más alta que durante 1985-2014, el período

de referencia, con poca diferencia entre los distintos escenarios de emisiones globales de GEI¹¹. Esto es un aumento significativo si se tiene en cuenta que la temperatura media en la región durante 1985-2014 ya era más alta que en la era preindustrial (aproximadamente entre 0,6°C y 0,8°C más). En períodos más lejanos, el aumento de las temperaturas es más sensible a lo que ocurra con las emisiones globales. Por ejemplo, para el período 2081-2100, la temperatura media de la región será 0,9°C más alta que en el período de referencia si las emisiones globales de GEI son muy bajas y 4,4°C mayor si se sigue un sendero de emisiones globales de GEI muy elevadas.

Gráfico 1.2

Futuros aumentos de temperatura promedio en América Latina y el Caribe en diferentes períodos con respecto a 1985-2014 según la trayectoria socioeconómica compartida



Nota: El gráfico muestra los aumentos de temperatura en ALC en tres períodos (2021-2040, 2041-2060 y 2081-2100) respecto del período de referencia (1985-2014), ante distintas trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP). Estos aumentos de temperatura se calculan como el promedio simple de los aumentos de temperatura de los países que conforman la región. El gráfico considera a 27 países con información sobre el aumento esperado de la temperatura para distintos períodos con respecto a 1985-2014, pertenecientes a la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC). La lista de países se puede consultar en el apéndice del capítulo disponible en línea.

Fuente: Elaboración propia con datos del CCG-UC (2023).

11 Estos resultados surgen de promediar las proyecciones de diferentes modelos climáticos tomados por el CCG-UC (2023) del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados en su fase 6 (CMIP6, por sus siglas en inglés), cada uno de los cuales tiene asociado un cierto grado de incertidumbre dado por la diversidad de trayectorias de concentración de GEI y otros forzadores climáticos que pueden ocurrir.

Recuadro 1.4

Escenarios climáticos para América Latina y el Caribe

El estudio del CCG-UC (2023) presenta proyecciones climáticas para 33 países de esta región en tres horizontes temporales: un periodo futuro cercano (2021-2040), uno intermedio (2041-2060) y uno lejano (2081-2100). Los escenarios climáticos se caracterizan en función de los cambios esperados en tres variables climáticas: 1) las temperaturas medias, 2) las precipitaciones y 3) la evapotranspiración potencial. Esta última variable es una medida de la pérdida de agua del suelo y, junto con el nivel de precipitaciones, permite calcular la disponibilidad de agua para la agricultura, el consumo humano u otros fines. Las trayectorias de emisiones futuras y variables socioeconómicas a nivel global se basan en las SSP que se describen en el recuadro 1.3.

Además de ofrecer resultados por países, estos escenarios permiten distinguir dentro de cada uno de ellos entre zonas por encima y por debajo de los 1000 metros de altitud dentro de cada uno de ellos, de manera que incorporen la influencia de la elevación del terreno sobre los patrones climáticos, por lo que tienen la ventaja de ofrecer resultados con un alto nivel de desagregación territorial^a. A continuación, se presentan algunos resultados generales. En CCG-UC (2023) se pueden obtener resultados específicos para las distintas combinaciones de 3 variables climáticas, 3 periodos de tiempo, 6 trayectorias socioeconómicas comparadas, 33 países y 2 niveles de altitud.

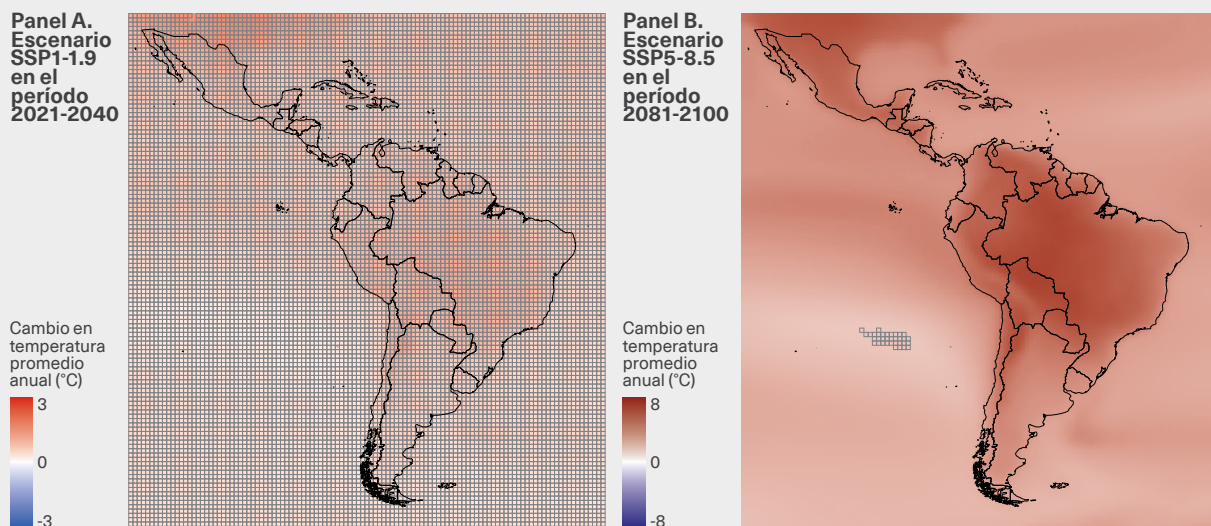
Los gráficos 1, 2 y 3 muestran los cambios esperados en temperaturas, precipitaciones y nivel de aridez, respectivamente, con relación al período 1985-2014, que se toma como referencia, tanto en el escenario climático más favorable como en el más desfavorable. El primero surge de la trayectoria socioeconómica SSP1-1.9 y el período 2021-2040, cuando todavía no se han manifestado todos los impactos del cambio climático. El segundo se obtiene con la trayectoria socioeconómica SSP5-8.5 y el período 2081-2100.

Primero, los cambios de temperatura son mayores en los escenarios más alejados en el tiempo, en las trayectorias con mayores emisiones y en aquellas zonas más alejadas de los océanos. Segundo, la dirección del cambio en las precipitaciones varía según la ubicación. Se pueden apreciar regiones donde la precipitación tiende a aumentar, como las costas de Perú y Ecuador, la cuenca del Río de La Plata y el noreste de Argentina. En cambio, las precipitaciones tienden a disminuir en el norte de Sudamérica, el Caribe, Centroamérica, parte del Amazonas, el noreste de Brasil, el centro y sur de Chile y el sur de Argentina. También se observan regiones con alto nivel de incertidumbre, como el sur de Bolivia, el norte de Chile y las regiones no costeras de Perú, Ecuador y Colombia.

Tercero, en algunas zonas se observa una tendencia hacia la desertificación, producto de la combinación de menores precipitaciones o mayor evapotranspiración. Según el índice de aridez desarrollado por Middleton y Thomas (1997), América Latina y el Caribe en su conjunto es una región relativamente húmeda, con zonas acotadas de clima semiárido (norte de México, península de Yucatán, islas del Caribe, norte de Colombia y Venezuela, noreste de Brasil, centro-norte de Chile y sur de Argentina) y zonas acotadas de clima árido-hiperárido (península de Baja California, costa de Perú y norte de Chile). De los escenarios climáticos se desprende que el nivel de aridez pasará a ser mayor en muchas regiones, mientras que disminuirá en las costas de Perú y Ecuador (incluyendo las islas Galápagos).

Gráfico 1

Cambios esperados en la temperatura media anual para los escenarios más y menos optimistas

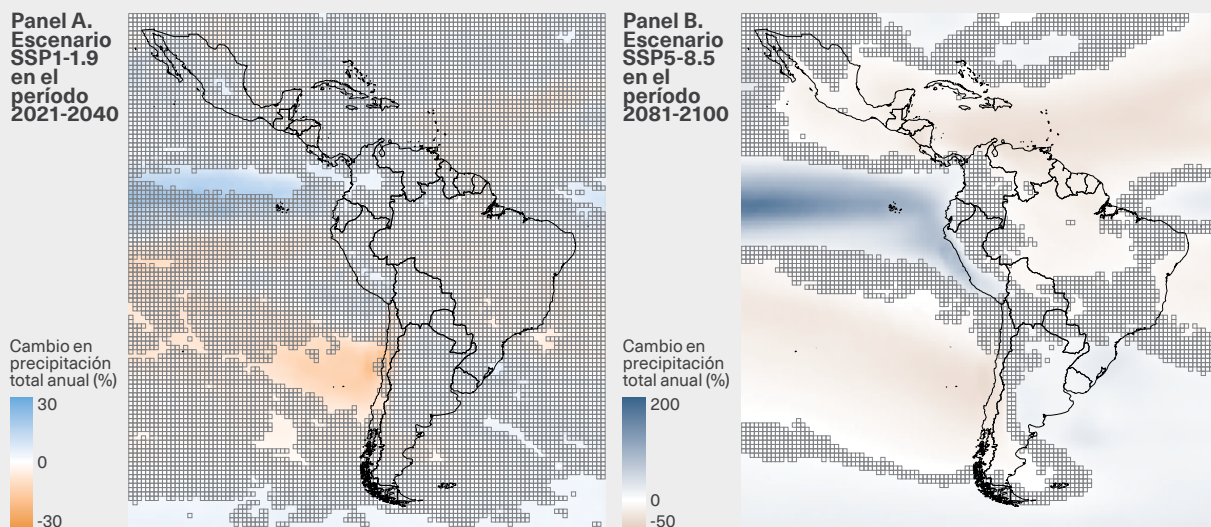


Nota: El gráfico muestra los cambios esperados en la temperatura media anual de la región bajo el escenario más optimista (panel A) y el menos optimista (panel B) respecto de un escenario de referencia definido para el período 1985-2014. Para visualizar estos cambios, se emplea una escala de colores continua (de azul oscuro a rojo oscuro), cuyos límites inferior y superior varían según el escenario de emisiones: de -3°C a +3°C en el escenario más optimista y de -8°C a +8°C en el menos optimista. En ambos paneles, las áreas cuadrículadas indican que no existe significatividad estadística para afirmar que los cambios en la temperatura promedio anual sean distintos de 0°C a un nivel de confianza del 95 % (P-valor<0,05). Los 33 países de ALC considerados en el gráfico son los países pertenecientes a la CELAC.

Fuente: CCG-UC (2023).

Gráfico 2

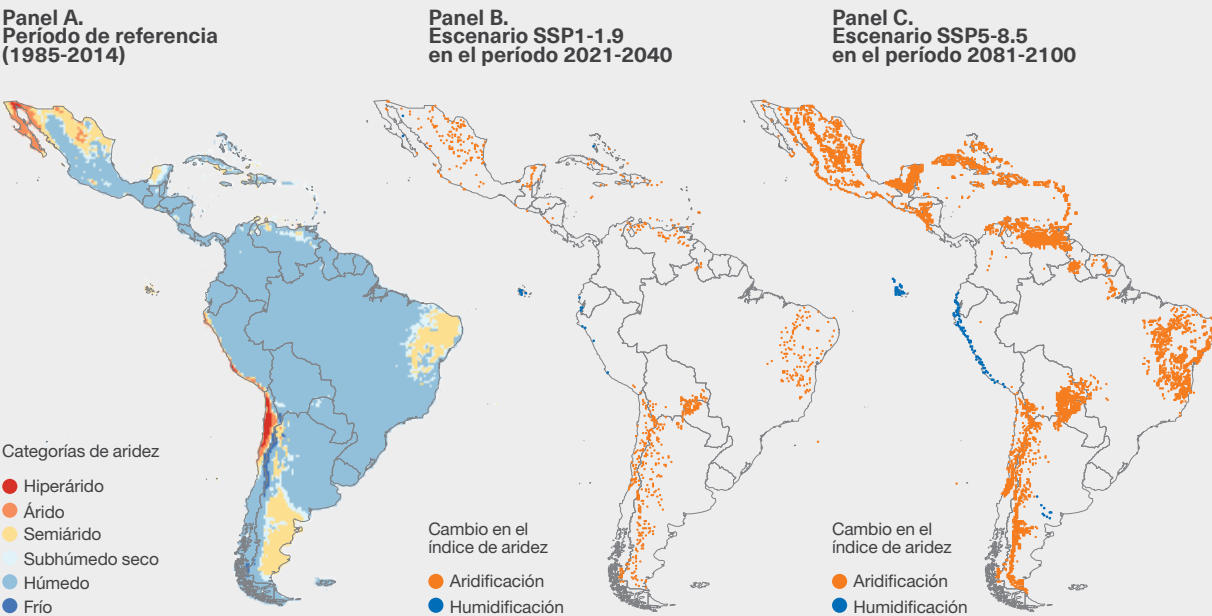
Cambios esperados en la precipitación total anual para los escenarios más y menos optimistas



Nota: El gráfico muestra los cambios porcentuales esperados en la precipitación total anual de la región bajo el escenario más optimista (panel A) y el menos optimista (panel B) respecto de un escenario de referencia definido para el período 1985-2014. Para visualizar estos cambios, se emplea una escala de colores continua (de marrón a azul), cuyos límites inferior y superior varían según el escenario de emisiones: de -30 % a +30 % en el escenario más optimista y de -50 % a +200 % en el menos optimista. En ambos paneles, las áreas cuadrículadas indican que no existe significatividad estadística para afirmar que los cambios en la precipitación total anual sean distintos de 0 % a un nivel de confianza del 95 % (P-valor<0,05). Los 33 países de ALC considerados en el gráfico son los países pertenecientes a la CELAC.

Fuente: CCG-UC (2023).

Gráfico 3
Cambio en el índice de aridez en América Latina y el Caribe en los escenarios más y menos optimistas



Nota: El gráfico muestra las categorías del índice de aridez en ALC para el período de referencia definido 1985-2014 (panel A) y los cambios esperados en esa categoría bajo el escenario más optimista (panel B) y el menos optimista (panel C) con respecto al período de referencia. Las categorías son hiperárido, árido, semiárido, subhúmedo seco, húmedo y frío y se calculan en función de las proyecciones de precipitaciones y evapotranspiración potencial para cada área. La escala utilizada para visualizar estos cambios en las categorías del índice de aridez está determinada por la dirección del cambio proyectada: un cambio proyectado positivo indica que el suelo pasa a estar en una categoría más húmeda respecto de la categoría que ocupaba en el período de referencia (puntos de color azul), mientras que un cambio negativo indica que el suelo pasa a estar en una categoría más árida (puntos de color naranja). En el resto de las áreas no se proyectan cambios del índice respecto del período de referencia. Los 33 países de ALC considerados en el gráfico son los países pertenecientes a la CELAC.

Fuente: CCG-UC (2023).

a. Los escenarios climáticos elaborados por el IPCC en el marco de su Sexto Informe de Evaluación permiten obtener resultados desagregados para diez subregiones dentro de ALC (Iturbide et al., 2020).

Temperaturas en alza y precipitaciones cambiantes

El aumento gradual de las temperaturas medias y el cambio en los patrones de precipitación, con el consiguiente aumento de la aridez en las zonas donde las lluvias disminuyen, afectan negativamente el rendimiento de los cultivos y reducen la superficie apta para la producción. Además, estos efectos varían según la localización, el tipo de cultivo, el sistema de producción y la implementación de ciertas tecnologías, como el riego artificial o el cultivo de variedades adaptadas al

clima. En general, los efectos del cambio climático en el sector agrícola de la región son heterogéneos, con impactos negativos en las áreas tropicales y subtropicales e impactos leves o incluso efectos positivos en las zonas templadas (ver más detalles en Cristini, 2023, un estudio elaborado especialmente para este reporte). Estos impactos y las consiguientes necesidades de inversión para aumentar la resiliencia de la producción agrícola en la región se discuten con mayor profundidad en el capítulo 2 de este reporte. Aquí se resumen algunos resultados generales.

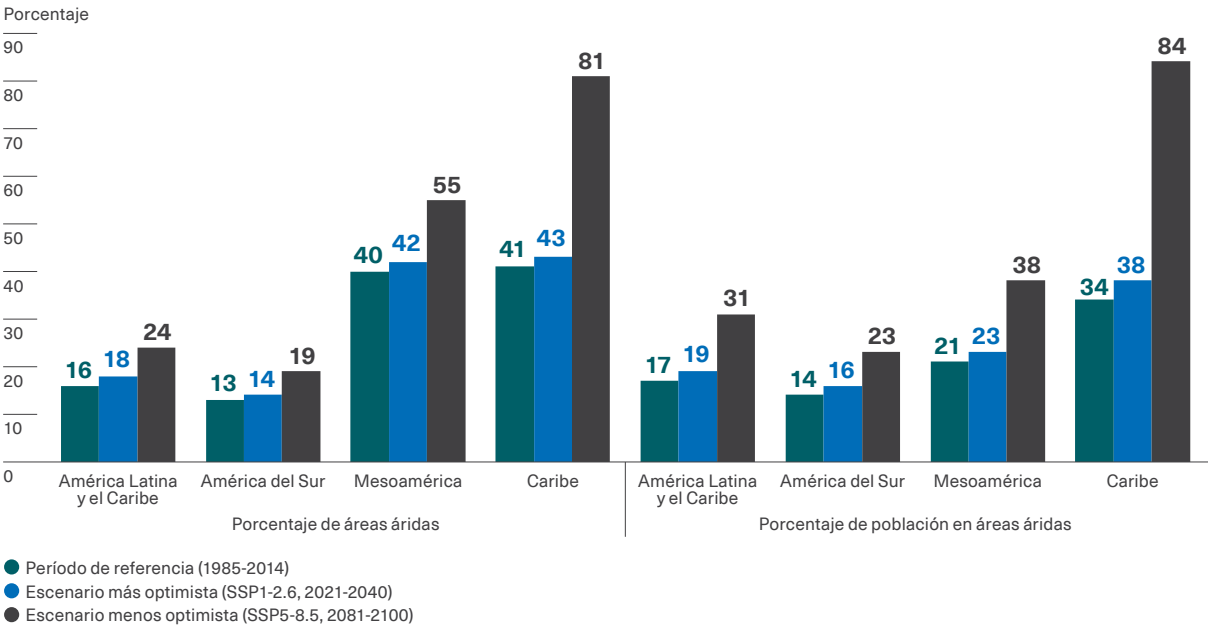
Los países de Mesoamérica¹² y el Caribe están muy expuestos al aumento de la aridez de la tierra como consecuencia de las mayores temperaturas y las menores lluvias, según se desprende de los escenarios climáticos elaborados por el CCG-UC (2023). El gráfico 1.3 muestra los porcentajes de superficie y de población en tierras áridas en 1985-2014 (período de referencia) y en dos escenarios climáticos futuros. Como se observa, en el período de referencia, el 40 % y el 41 % de la superficie total de Mesoamérica y el Caribe se clasifica como árida y en ella residen el 21 % y el 34 % de la población, respectivamente. La superficie árida aumentará en el futuro, independientemente del escenario climático que se considere. El

mayor incremento ocurriría en el Caribe para finales de siglo en un escenario de emisiones muy altas: el 81 % de la superficie sería árida, abarcando territorios en los que actualmente vive el 84 % de la población.

● ●

Los efectos del cambio climático en el sector agrícola son heterogéneos, con impactos negativos en las áreas tropicales y subtropicales e impactos leves o incluso efectos positivos en las zonas templadas

Gráfico 1.3
Superficie y población en áreas áridas en 1985-2014 y en los escenarios más y menos optimistas



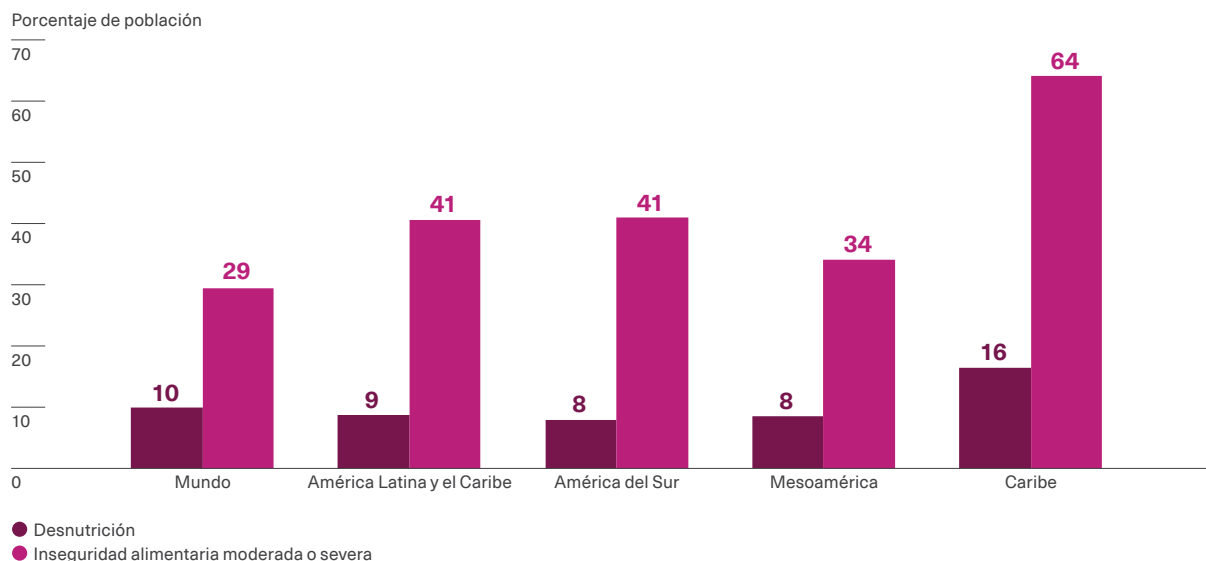
Nota: El gráfico muestra la participación de las áreas áridas respecto del área total y el porcentaje de población que habita en ellas respecto de la población total según subregiones de ALC para el período 1985-2014 y los escenarios más y menos optimistas elaborados por el CCG-UC (2023). Los datos de población son estimaciones para el año 2020. Se consideran áreas áridas aquellas categorizadas con clima hiperárido, árido, semiárido y subhúmedo seco según los resultados del índice de aridez, calculado en función de las precipitaciones y evapotranspiración potencial de cada área. La lista de países considerados en cada zona geográfica se pueden consultar en el cuadro A 1.2 del apéndice del capítulo disponible en línea.

Fuente: Elaboración propia con datos de CCG-UC (2023) y la serie de datos GHS-POP (Schiavina et al., 2022).

12 Si bien Mesoamérica es un término originalmente utilizado para hacer referencia a un espacio geográfico e histórico que abarca solo desde la mitad meridional de México hasta el noreste de Costa Rica, en este reporte incluye la totalidad de esos dos países y el resto de Centroamérica. En el cuadro A 1.2 del apéndice del capítulo disponible en línea, se puede ver el detalle de la composición de este y otros grupos de países.

Gráfico 1.4

Inseguridad alimentaria moderada o severa y desnutrición en el mundo, América Latina y el Caribe y sus subregiones en 2021



Nota: La lista de países incluidos en cada subregión se pueden consultar en el cuadro A 1.2 del apéndice del capítulo disponible en línea. En la categoría "mundo", se incluyen los 33 países de ALC y 171 países para los que se cuenta con información de desnutrición e inseguridad alimentaria.

Fuente: Elaboración propia con datos de FAO et al. (2023).

Estas regiones, sobre todo Centroamérica y el Caribe, son particularmente vulnerables al aumento de la aridez por varias razones. Por un lado, el grueso de la producción agrícola depende del agua de lluvia para suplir las necesidades hídricas de los cultivos. Según datos espaciales para 2017 tomados de Gauthier et al. (2021), el 90 % de las tierras de cultivo de Centroamérica y el 94 % de las del Caribe son de secano.

● ●

En regiones donde predomina la agricultura familiar orientada al autoconsumo, los impactos del cambio climático pueden agravar los problemas de seguridad alimentaria y nutricional de la población

Por otro lado, en estas regiones predomina la agricultura familiar, en gran medida orientada al autoconsumo, y buena parte de los ingresos laborales de los hogares provienen del sector agrícola. Todo esto lleva a que los impactos del cambio climático puedan agravar los problemas de seguridad alimentaria y nutricional de la población¹³. Como se observa en el gráfico 1.4, el 64 % de la población del Caribe sufre problemas de inseguridad alimentaria moderada o severa y el 16 % tiene desnutrición, en ambos casos por encima del promedio mundial. En Mesoamérica y América del Sur, si bien los porcentajes de población con inseguridad alimentaria son más bajos que en el Caribe, también se ubican por encima del promedio mundial. Estas cifras realzan la importancia de las políticas de adaptación ante el cambio climático que se discuten en el capítulo 2.

13 Los problemas de seguridad alimentaria y nutricional en la región tienen raíces más profundas, que se vinculan con el magro crecimiento económico y la alta desigualdad de ingresos (FAO et al., 2023).

En cambio, en las latitudes templadas, el aumento de las temperaturas y la extensión de la temporada de cultivo tienden a expandir el área con potencial de producción. En gran parte del Cono Sur, así como en México, predominan las explotaciones de mayor tamaño, más intensivas en capital y dotadas con tecnologías más avanzadas, que en general se orientan a la agricultura comercial exportadora. En esos países, el aumento de las temperaturas, los cambios en los regímenes de lluvias, las sequías y la aridez del suelo aumentan la incertidumbre que es intrínseca a la producción agropecuaria (Cristini, 2023).

El cambio en los patrones de precipitación, sumado al aumento de las temperaturas, constituye una amenaza para los recursos hídricos. Estos recursos se distribuyen de manera heterogénea en la región. Mientras que en América del Sur y Mesoamérica la disponibilidad de agua dulce por habitante es alta (aunque con marcadas diferencias dentro de estas regiones y en el interior de cada país), los países del Caribe se encuentran al límite del estrés hídrico. Con el cambio climático, la disponibilidad del recurso hídrico se reducirá o cambiará estacionalmente, lo que afectará la posibilidad de su uso para fines productivos, la conservación de los ecosistemas y el sostenimiento de los medios de vida, especialmente donde no existe capacidad de almacenamiento o regulación del recurso (Vicuña et al., 2020).

Uno de los sectores productivos que puede verse más afectado por la menor disponibilidad de recursos hídricos es la agricultura, que explica alrededor del 70 % del uso total de agua en la región (aun cuando la mayor parte de las tierras de cultivo son de secano). Otro sector que demanda una gran cantidad de agua en comparación con otras regiones del mundo es el energético, por su uso para la generación hidroeléctrica. En cuanto al consumo humano, si bien ha habido mejoras en el acceso en las zonas urbanas, en las zonas rurales este acceso sigue siendo un gran desafío para muchos países de la región. La disponibilidad y calidad del agua potable para consumo humano es particularmente vulnerable a los eventos climáticos extremos por los posibles daños en la infraestructura que permite el acceso al recurso (Vicuña et al., 2020). El apartado “Efectos de eventos extremos relacionados con el cambio climático” analiza los riesgos asociados a este tipo de eventos.

Aumento del nivel del mar

El aumento del nivel del mar es un efecto del cambio climático de avance lento pero constante, con impactos negativos sobre la población y los ecosistemas costeros. Según datos del período 2006-2018, el nivel del mar está creciendo unos 4 mm por año, lo que representa una aceleración con respecto al ritmo de crecimiento de décadas anteriores, y se espera que aumente entre 10 cm y 25 cm más hasta 2050 (IPCC, 2022a).



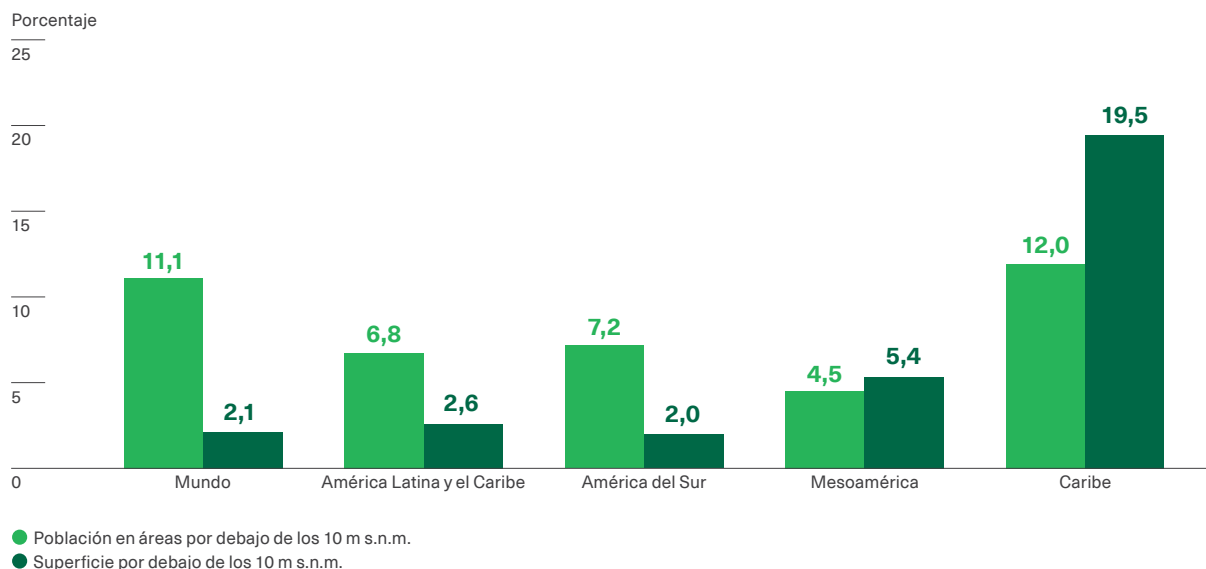
Los países de la región más expuestos al aumento del nivel del mar son Surinam, Bahamas y Guyana, todos con cerca del 90 % de su población residiendo en terrenos de baja elevación

Un indicador de la exposición de América Latina y el Caribe al aumento paulatino del nivel del mar es el porcentaje de superficie y población que se encuentra en zonas de baja elevación. El gráfico 1.5 muestra este indicador según datos de 2015, tanto a nivel global como del conjunto de la región y sus subregiones. En el mundo, el 11 % de la población se concentra en los primeros 10 metros de elevación sobre el nivel del mar, en un área que representa el 2 % de la superficie total. En América Latina y el Caribe, los primeros 10 metros de elevación albergan a casi el 7 % de la población (unos 45 millones de personas) y representan casi el 3 % de la superficie total. La situación es más dramática en el Caribe, donde las zonas costeras de baja elevación albergan al 12 % de la población y representan una quinta parte de la superficie. A nivel de países, los más expuestos de la región al aumento del nivel del mar son Surinam, Bahamas y Guyana, todos con cerca del 90 % de su población residiendo en terrenos de baja elevación.



Gráfico 1.5

Población y superficie en zonas de baja elevación en el mundo, América Latina y el Caribe y subregiones en 2015



Nota: El gráfico muestra el porcentaje de población y superficie que se encuentra por debajo de los 10 metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.) en el año 2015 por áreas geográficas. La lista de países incluidos en cada subregión se pueden consultar en el cuadro A 1.2 del apéndice del capítulo disponible en línea. En la categoría "mundo", se incluyen los 33 países de ALC y 191 países para los que se cuenta con información de población y superficie a esa altitud.

Fuente: Elaboración propia con datos de CIESIN y CIDR (2021).

La superficie y la infraestructura construida en terrenos poco elevados podrían quedar por debajo del nivel que podría alcanzar el mar hacia finales de siglo. De acuerdo con las estimaciones de Reguero et al. (2015), dependiendo del ritmo de emisiones globales, el nivel del mar proyectado para 2090 cubriría la superficie en la que actualmente residen entre 3 y 4 millones de personas y en las que el valor de la infraestructura construida ronda entre los 112.000 y 150.000 millones de dólares estadounidenses (USD, en valores constantes de 2011).

Para evaluar el costo económico de los efectos del cambio climático que se producen de manera gradual, como es el caso del aumento paulatino del nivel del mar, es importante tener en consideración que tanto la población como el capital construido tienen más tiempo para reaccionar y adaptarse. Es decir, el aumento del nivel del mar requerirá que la población se asiente en zonas más elevadas, pero

esto no ocurrirá de manera inmediata, sino que será de manera gradual, a medida que aumente el riesgo de inundación o las tierras se vuelvan inhabitables. En el caso de la infraestructura construida, es probable que un aumento sustancial del nivel del mar tarde más tiempo en materializarse que lo que tardan las construcciones en depreciarse, por lo que las inversiones en nuevas infraestructuras pueden hacerse en zonas menos expuestas. Esto implica que el principal costo económico del aumento del nivel del mar no está en el valor de la infraestructura actual, sino en la posible pérdida de los beneficios de la aglomeración que puede traer consigo la relocalización de la población y la actividad económica hacia zonas más elevadas. Esto ocurriría, por ejemplo, si el aumento del nivel del mar afectase a ciudades grandes y densas, con altas ganancias de la aglomeración, y la relocalización paulatina de la población y la actividad económica generase cierta dispersión.

Con estos argumentos en mente, Desmet et al. (2021) construyen un modelo dinámico y desagregado espacialmente de la economía mundial para estimar el costo económico de la inundación permanente de zonas costeras como consecuencia del aumento del nivel del mar, ante distintos escenarios de emisiones de GEI. Los resultados indican que en un escenario de emisiones globales intermedias (compatible con un calentamiento de entre 1,1°C y 2,6°C para 2100), el aumento del nivel del mar generaría una pérdida del producto interno bruto (PIB) mundial del 0,19 % en valor presente y un desplazamiento del 1,46 % de la población para el año 2200, con efectos más marcados en las localidades costeras. La magnitud de estos resultados está fuertemente determinada por la posibilidad de reubicación de la población y la inversión: en ausencia de movilidad de estos factores, la pérdida esperada del PIB sería del 4,5 %. Si bien los resultados cuantitativos pueden ser sensibles a la especificación del modelo y la elección de los parámetros, el mensaje principal es que cuando se analizan los costos económicos de cambios graduales en las características del clima es importante considerar la dinámica de ajuste espacial de la población y la actividad económica.



El principal costo económico del aumento del nivel del mar está en la posible pérdida de los beneficios de la aglomeración que puede traer consigo la relocalización de la población y la actividad económica hacia zonas más elevadas

Aumento de la acidez y temperatura de los océanos

Un tercer efecto del cambio climático que se produce de manera gradual es el aumento de la acidez y temperatura de los océanos. Los ecosistemas marinos y costeros de la región, como los arrecifes de coral, los estuarios, las marismas, los manglares y las

playas arenosas, son muy sensibles a estos cambios en las condiciones de los océanos (IPCC, 2022a).

En la región, las costas de Mesoamérica en el Pacífico y de Ecuador tienen los niveles de acidez en la superficie del mar más altos del planeta. Esta zona contiene el segundo arrecife de coral más grande del mundo, el Arrecife Coralino Mesoamericano, el cual se ha erosionado en un 37 % por la acidificación (CCG-UC, 2023). El aumento en la temperatura del agua también contribuye a la degradación de los arrecifes coralinos debido a que estos expulsan las algas que viven en sus tejidos hasta volverse completamente blancos, con lo que se pierde una fuente de alimento y refugio para diversas especies marinas (CCG-UC, 2023). El gráfico 1.6 muestra los niveles de amenaza ante el blanqueamiento de los corales y otros impactos locales en los diversos ecosistemas marinos de la región.

El aumento en la temperatura del agua también impacta directamente al sector pesquero, ocasionando que las poblaciones de peces migren hacia latitudes más altas (Perry et al., 2005). Cheung et al. (2010) analizan el impacto del cambio climático sobre el potencial de captura de las especies de peces más comercializadas a nivel global¹⁴. Para ello, estos autores estiman los cambios en la distribución de las poblaciones de peces ante distintos escenarios de cambio climático en función de las preferencias de estas especies por las condiciones del ambiente marino, caracterizado por la temperatura del agua, su salinidad, la distancia al hielo marino y los tipos de hábitat (arrecifes de coral, estuarios, montes submarinos, zonas costeras). Así, encuentran que el potencial de captura de estas especies para 2055 variará en función de la zona, con efectos negativos en las áreas tropicales y positivos en las latitudes más altas. En la región, el potencial de captura disminuirá en el mar Caribe, frente a los estuarios del Amazonas y del Río de la Plata, así como en las costas de Perú y el norte de Chile, mientras que aumentará en las aguas meridionales de América del Sur.

14 El estudio cubre 1066 especies, que representan el 70 % de los desembarcos pesqueros mundiales.

Gráfico 1.6

Nivel de amenaza de los arrecifes coralinos en América Latina y el Caribe



Nota: El mapa muestra los arrecifes de coral de aguas cálidas coloreados de acuerdo a su nivel de riesgo según las estimaciones de Burke et al. (2011). El grado de riesgo es estimado en función de distintas amenazas para los arrecifes como la población cercana a las costas, su densidad y crecimiento; los niveles de turismo cercano a la costa; la cantidad y tamaño de puertos y aeropuertos; y el estrés térmico, entre otras. Todos estos indicadores son agregados y resumidos en un único indicador categorizado en 4 niveles de amenaza: baja, media, alta y muy alta. El mapa solo muestra el área de América Latina y el Caribe que posee arrecifes de coral, y en azul muestra las zonas económicas exclusivas de los países incluidos en el mapa.

Fuente: Elaboración propia en base a datos georreferenciados de Burke et al. (2011) para los arrecifes de coral en riesgo y Flanders Marine Institute (2019) para delinear las zonas económicas exclusivas.

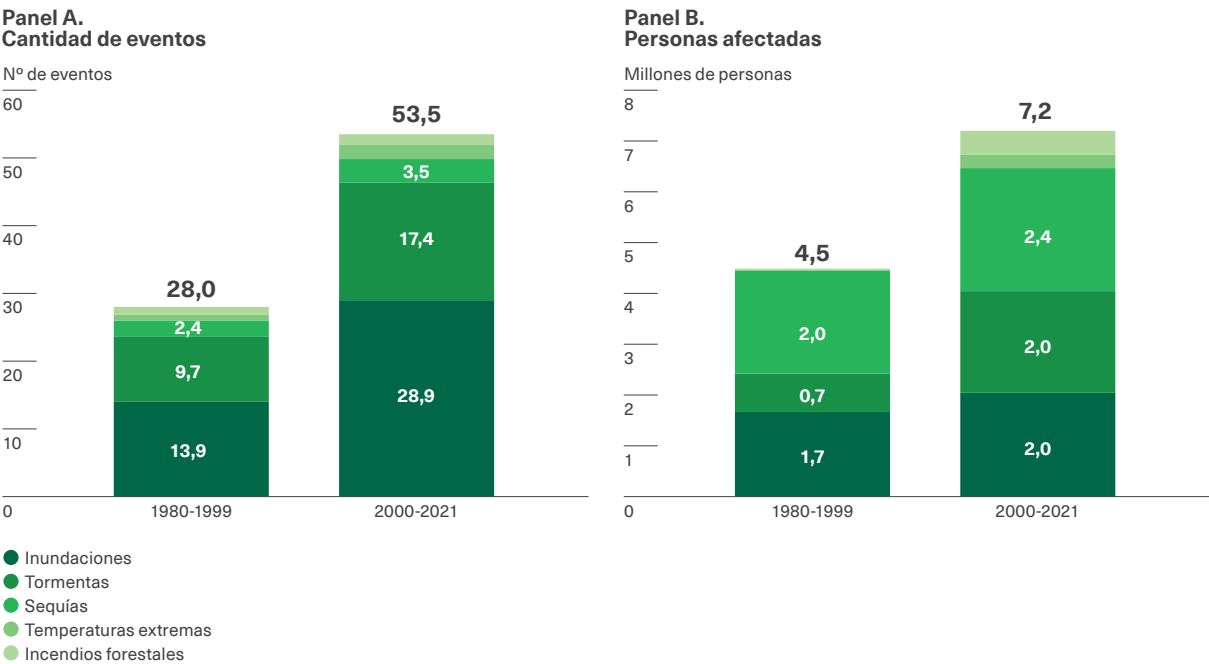
Efectos de los eventos extremos relacionados con el cambio climático

A diferencia de los procesos graduales derivados del cambio climático, hay amenazas climáticas que ocurren de manera repentina, como los ciclones tropicales, las inundaciones y sequías, los incendios forestales y las olas de calor. El cambio climático está aumentando la frecuencia y la intensidad de estas amenazas. La cantidad de eventos climáticos extremos en América Latina y el Caribe pasó de 28 por año durante el período 1980-1999 a 53 por año en el período 2000-2021. La población afectada aumentó de 4,5 a 7,2 millones de personas por año en los mismos períodos¹⁵. Los

eventos más frecuentes son las inundaciones y los ciclones tropicales y estos, junto con las sequías, son los que más población afectan cada año (gráfico 1.7).

● ●
La cantidad de eventos climáticos extremos en América Latina y el Caribe pasó de 28 por año durante el período 1980-1999 a 53 por año en el período 2000-2021

Gráfico 1.7
Ocurrencia de eventos extremos relacionados con el clima y personas afectadas en América Latina y el Caribe según el tipo de evento en diferentes períodos



Nota: El gráfico muestra los promedios anuales de eventos climáticos extremos y de personas afectadas (en millones) según el tipo de desastre para los períodos 1980-1999 y 2000-2021. Los 33 países de ALC considerados en el gráfico son los países pertenecientes a la CELAC.

Fuente: Elaboración propia con datos de EMDAT (2022).

15 La cantidad de personas afectadas aumentó en un 60 % entre ambos períodos, por encima del crecimiento de la población total, que fue del 34 %, lo que significa que los eventos extremos alcanzan a una proporción de la población cada vez mayor.

El tipo de evento más frecuente varía entre las subregiones de América Latina y el Caribe. Por su ubicación geográfica, los países del Caribe están muy expuestos a los ciclones tropicales que se forman en el océano Atlántico. Por sus características socioeconómicas, tales como una población reducida y altamente concentrada y economías poco diversificadas, son países altamente vulnerables a este tipo de desastres. Solo cinco países del Caribe superan el millón de habitantes¹⁶; el resto son mayoritariamente pequeñas islas con menos de medio millón de personas. En general, la población y las principales infraestructuras están concentradas en poca superficie, en muchos casos en zonas de baja elevación, por lo que los desastres suelen provocar daños generalizados. Este fue el caso de la temporada de huracanes de 2017, que afectó a la mayoría de los países y territorios caribeños y destruyó buena parte de su infraestructura urbana y de comunicaciones, como carreteras y puertos, afectando a los sistemas de energía, el transporte y las cadenas de suministro (Foley et al., 2022).

Además, la mayoría de las economías del Caribe son relativamente pequeñas y se sustentan en unas pocas actividades que son sensibles a los riesgos climáticos, como la pesca y el turismo. Esto hace que los impactos iniciales de los ciclones tropicales se vean exacerbados por el deterioro posterior de las oportunidades de generación de ingresos como consecuencia, por ejemplo, de la destrucción de manglares y otros ecosistemas costeros, o debido a los desplazamientos de la población hacia zonas más seguras, pero más alejadas de las fuentes de subsistencia (Foley et al., 2022)¹⁷.

Por estas mismas razones, los costos económicos de los eventos climáticos extremos con relación al tamaño de las economías son de una magnitud considerable. Según estimaciones para el período 1980-2017, el costo de los desastres naturales para el conjunto de los países del Caribe fue de alrededor del 3 % del PIB en promedio por año (FMI, 2019).

La alta exposición y vulnerabilidad de los países del Caribe a eventos climáticos extremos configura una situación compleja en la que los costos de reconstrucción posteriores a los desastres recaen principalmente en los presupuestos públicos. Esta situación deteriora la situación fiscal y genera altos niveles de endeudamiento, que, entre otras consecuencias, dificultan la inversión en infraestructuras que faciliten la adaptación y aumenten la resiliencia ante estos fenómenos. La situación se ve agravada debido al mayor costo del endeudamiento público que los países con alta vulnerabilidad climática enfrentan en los mercados financieros internacionales (Cevik y Jalles, 2020).

Por su parte, los países de América del Sur y América Central sufren con frecuencia inundaciones y sequías que conllevan importantes costos económicos. La situación puede empeorar en las próximas décadas por la mayor variabilidad e intensidad que se espera en las precipitaciones, particularmente aquellas asociadas a fenómenos como El Niño (IPCC, 2021a).



Los países del Caribe están muy expuestos a ciclones tropicales. Por su población reducida y altamente concentrada y economías poco diversificadas, son altamente vulnerables a este tipo de desastres

Las inundaciones costeras suelen estar vinculadas a otros eventos climáticos extremos, como las tormentas severas, y tienen impactos que varían entre regiones. El estudio de Reguero et al. (2015), mencionado anteriormente, permite analizar la exposición de la población, el terreno y el capital construido ante inundaciones costeras provocadas por tormentas extratropicales. A diferencia del aumento gradual del nivel del mar, las inundaciones costeras son repentinas, por lo que sus costos están más asociados al tamaño de la población y los activos que pueden ser afectados por el avance del agua.

16 Cuba, Haití, Jamaica, República Dominicana y Trinidad y Tobago.

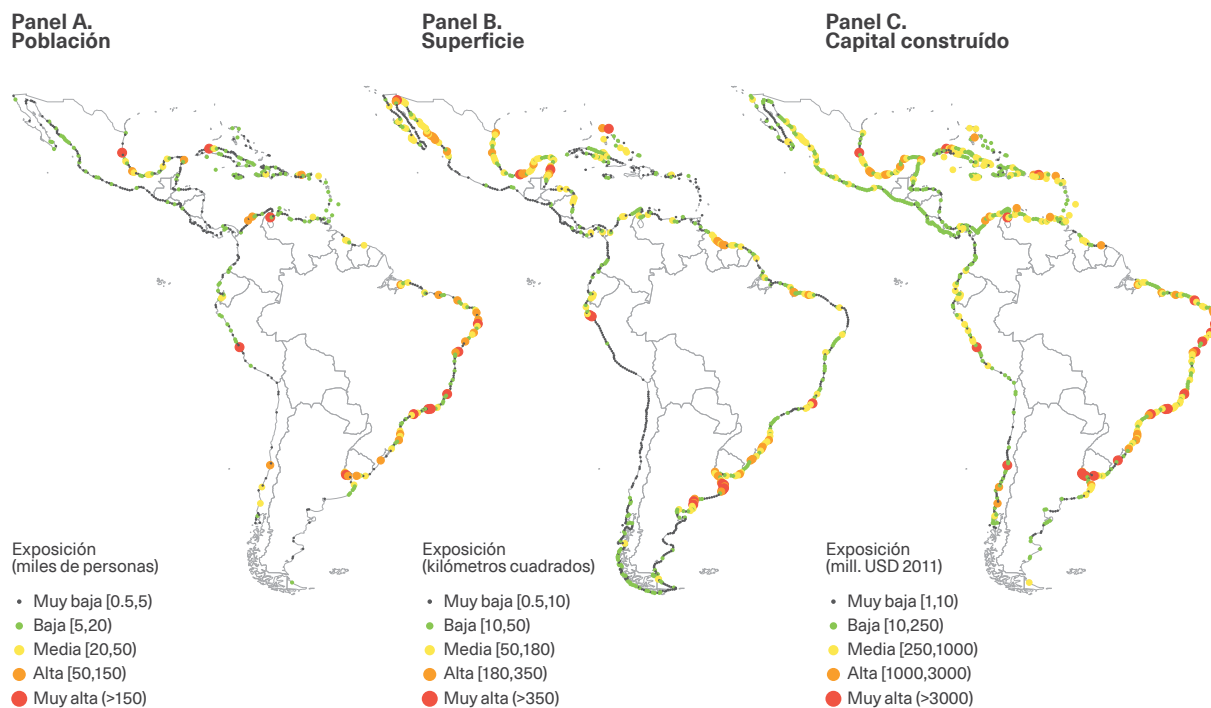
17 Un caso de desplazamiento forzado que alcanzó a una población entera fue el ocurrido en la Isla de Barbuda tras el paso del huracán Irma en 2017. La destrucción de casi la totalidad de las viviendas y las infraestructuras básicas dejó la isla inhabitable y obligó al desplazamiento de toda la población a la isla hermana de Antigua (PNUD, 2017).

El gráfico 1.8 muestra cómo se distribuyen la población, el terreno y el capital construido expuestos a inundaciones costeras en la región, según datos de 2011. En total, unos 7,5 millones de habitantes, 34.000 kilómetros cuadrados y USD 300.000

millones en capital construido (a valores de 2011) están expuestos a inundaciones costeras extremas. Estos resultados son informativos para el diseño de estrategias de adaptación que favorezcan un desarrollo costero más sostenible.

Gráfico 1.8

Población, terreno y capital construido expuestos a inundaciones costeras en 2011



Nota: El gráfico muestra, para el año 2011, las zonas de ALC con población, superficie y capital construido en elevaciones que se encuentran por debajo del nivel máximo del mar de los últimos 100 años y, por tanto, están expuestas a inundaciones costeras. Los datos de población se expresan en miles de personas, los de superficie en km² y los de capital construido en millones de USD, a precios de 2011. La exposición se divide por niveles: muy baja, baja, media, alta y muy alta, en función de la cantidad de personas, km² y millones de USD de capital construido expuestos a inundaciones costeras. El tamaño y color de los puntos refleja el nivel de exposición (a mayor tamaño, mayor exposición). Los 33 países de ALC considerados en el gráfico son los países pertenecientes a la CELAC.

Fuente: Elaboración propia con datos de Reguero et al. (2015).

En las zonas no costeras, las causas de las inundaciones suelen ser las lluvias abundantes y el desborde de los ríos, en combinación con infraestructuras de control de inundaciones deficientes. Muchas ciudades de la región se caracterizan por una inadecuada infraestructura básica y de servicios que las hacen vulnerables a las inundaciones (Daude et al., 2017). El caso más extremo de vulnerabilidad es el de los asentamientos informales, que albergan a la cuarta parte de la población urbana de la región y se caracterizan por una infraestructura habitacional precaria y, en muchos casos, ubicaciones en terrenos inundables o proclives a deslaves (Pinos y Quesada-Román, 2021).

Las sequías también afectan a la población urbana, incluso con costos que podrían ser mayores a los de las inundaciones. En un estudio reciente, Desbureaux y Rodella (2019) analizan los efectos de los eventos tanto por exceso como por escasez de lluvias en 78 áreas metropolitanas de 10 países de América Latina entre 1990 y 2013. Los resultados muestran que las grandes sequías provocan mayores pérdidas de empleo, horas trabajadas e ingresos laborales que las grandes inundaciones, con impactos más severos entre los trabajadores informales. Esto se debe a la caída en la actividad económica por los cortes de electricidad que afectan a las empresas, producto de la merma en la generación hidroeléctrica ante la escasez de agua, y al aumento de las enfermedades diarreicas y otras asociadas a la baja calidad del agua, principalmente entre la población sin acceso a servicios de saneamiento y alcantarillado adecuados.

Otro tipo de evento extremo cuya frecuencia ha aumentado en las últimas décadas son las olas de calor. El calor extremo tiene consecuencias adversas para la salud de la población, que se manifiestan en las mayores tasas de mortalidad y morbilidad que tiene asociadas, con impactos más severos en los grupos vulnerables, como los adultos mayores, los niños y las personas con enfermedades de base o crónicas (Deschênes, 2014; Deschênes y Greenstone, 2011). La deficiente cobertura y calidad de los sistemas de salud en la región dejan en una situación de alta vulnerabilidad a vastos sectores de la población¹⁸.



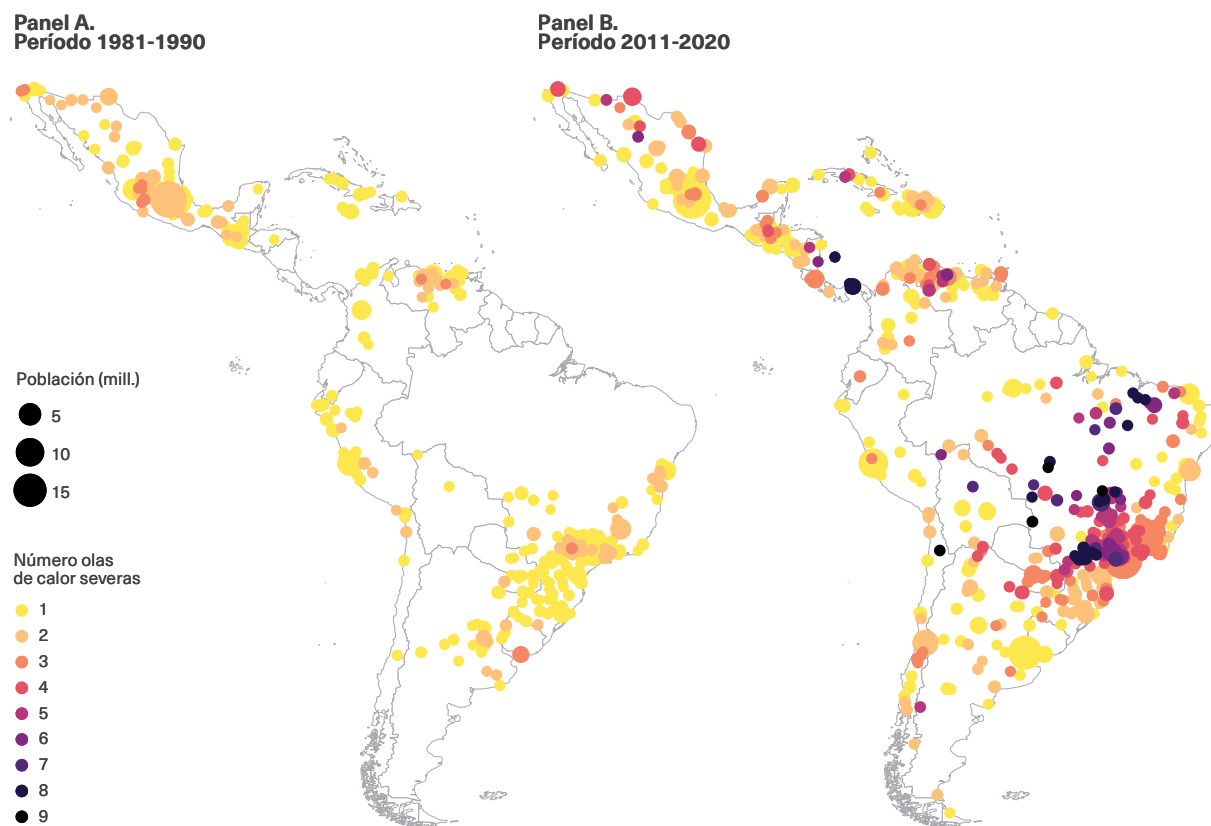
En la década 2011-2020, 60 de cada 100 ciudades tuvieron olas de calor y 28 de cada 100 olas de calor fueron severas

Las consecuencias de las olas de calor extremo interactúan con la creciente urbanización que caracteriza a la región. Las ciudades suelen tener temperaturas mayores que los alrededores rurales, por lo que se las suele denominar islas urbanas de calor. Características de las ciudades, como la alta densidad, el uso de materiales de construcción que absorben y retienen el calor del sol (por ejemplo, el cemento), la escasez de vegetación y el calor que producen actividades como el transporte o los aires acondicionados, se asocian con una mayor retención del calor. La frecuencia e intensidad de las olas de calor en las ciudades de la región aumentó considerablemente en las últimas décadas, como se observa en el gráfico 1.9. En la década 1981-1990, 37 de cada 100 ciudades experimentaron al menos una ola de calor y 14 de cada 100 olas de calor fueron severas. En la década 2011-2020, 60 de cada 100 ciudades tuvieron olas de calor y 28 de cada 100 olas de calor fueron severas.

¹⁸ Para un diagnóstico de los sistemas de salud en la región y una discusión de las políticas para aumentar la cobertura y mejorar la calidad de las prestaciones, ver el Reporte de Economía y Desarrollo 2020 (Álvarez et al., 2020).

Gráfico 1.9

Incidencia de olas de calor severas y población afectada en ciudades de América Latina y el Caribe en los periodos 1981-1990 y 2011-2020



Nota: El color de los puntos representa la cantidad de olas de calor severas por ciudad y década, mientras que su tamaño refleja la población de la ciudad (a mayor tamaño, mayor población y viceversa). El cálculo de olas de calor y su magnitud se realizó con base en datos diarios de temperatura para cada ciudad a lo largo del período 1980-2020, siguiendo la metodología de Russo et al. (2014). Se considera como ola de calor severa aquella cuyo índice (de acuerdo con Russo et al., 2014) tiene una magnitud superior a tres. Para la década de 1981-1990 se utilizó la población de 1990, mientras que para 2011-2020 se utilizó la población de 2015. Los países considerados en el gráfico son los países pertenecientes a la CELAC, a excepción de Barbados, Dominica, Granada, San Cristóbal y Nieves, San Vicente y las Granadinas y Santa Lucía.

Fuente: Elaboración propia con datos de NOAA (2023) y Florczyk et al. (2019).

Por último, además de los efectos sobre la salud, el calor extremo también reduce la capacidad de las personas para realizar tareas y actividades físicas al aire libre en determinadas horas del día. Según el estudio de Romanello et al. (2022), el calor extremo hizo que se perdieran alrededor de 19.000

millones de horas de trabajo potenciales en América Latina y el Caribe durante 2021, principalmente en sectores como la agricultura, que concentra la mitad de las horas perdidas, y la construcción, que explica una cuarta parte.



Emisiones y captura de gases de efecto invernadero en América Latina y el Caribe

En este apartado se analiza cómo América Latina y el Caribe contribuye al calentamiento global a través de sus emisiones. Para esto, primero se muestra que la región ha tenido una contribución relativamente baja al calentamiento global ocurrido desde la época preindustrial, según surge del análisis de las emisiones históricas. Luego, se estudian las emisiones actuales y se destaca que la composición sectorial de las emisiones de América Latina y el Caribe difiere significativamente de la de los países desarrollados, con un mayor peso de las actividades que alteran el

uso y la cobertura del suelo y una menor participación de los sectores vinculados a la producción o uso de energía. Esto es relevante a la hora de identificar oportunidades para reducir emisiones y, por lo tanto, contribuir a la solución del fenómeno climático. Por último, se analiza el balance de carbono de los ecosistemas terrestres de la región y se destaca que, una vez que se tienen en cuenta tanto el efecto de la acción humana como la absorción de CO₂ por la naturaleza, estos ecosistemas se comportan como sumideros netos de carbono.

Contribución histórica de la región a la acumulación de carbono en la atmósfera

Debido a que el CO₂ liberado a la atmósfera puede durar desde cientos hasta miles de años, cada tonelada emitida produce el mismo efecto en las temperaturas, independientemente del momento en que fue emitida. Esto significa que la contribución de un país o una región al cambio climático se explica más por sus emisiones acumuladas desde el comienzo de la industrialización que por el nivel de emisiones en un momento dado.



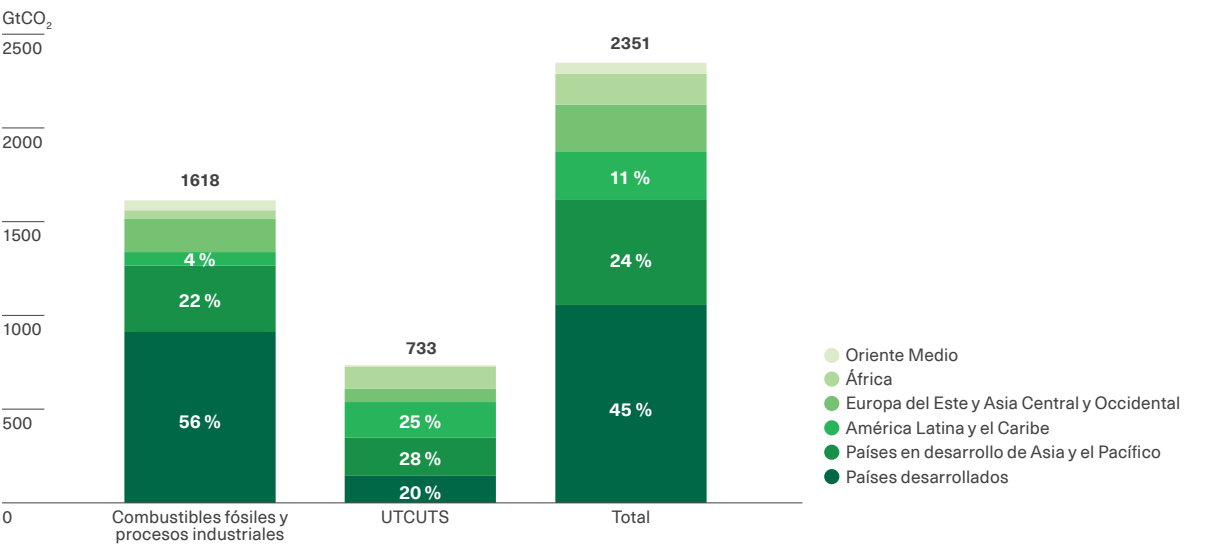
La contribución al cambio climático se explica por las emisiones históricas acumuladas. Los países desarrollados han generado el 45 %; en cambio, América Latina y el Caribe solo es responsable del 11 %

Como muestra el subapartado “Ciclo del carbono y su acumulación en la atmósfera”, entre 1850 y 2019, el desarrollo económico generó emisiones por un total de 2351 GtCO₂. Dichas emisiones han sido producto tanto del uso creciente de combustibles fósiles y ciertos procesos industriales (1618 GtCO₂) como del cambio en el uso y la cobertura del suelo (733 GtCO₂), al que se hará referencia en este documento por el acrónimo UTCUTS (uso de la tierra, cambio en el uso

de la tierra y silvicultura). El gráfico 1.10 muestra la distribución regional de estas emisiones. Como muestra la barra que hace referencia al total de emisiones históricas, las mayores contribuciones vienen de los países desarrollados, con el 45 % del total, y de los países en desarrollo de Asia y el Pacífico, con el 24 %. Estas regiones incluyen a países de altas emisiones históricas, como Estados Unidos, en el primer caso (22 % del total), y China, en el segundo (11 % del total). América Latina y el Caribe es responsable del 11 % de las emisiones históricas, la misma participación que el conjunto de Europa del Este, Asia Central y Occidental y por encima de la de África (7 %) y Oriente Medio (2 %).

Si se analizan emisiones históricas según la fuente (primeras dos barras del gráfico), se observa que América Latina y el Caribe ha contribuido con solo el 4 % de las emisiones provenientes del uso de combustibles fósiles, apenas por encima de África y Oriente Medio (3 %), y muy por debajo de los países desarrollados (56 %). En cambio, la región exhibe la mayor proporción de emisiones históricas derivadas del uso de la tierra, con el 25 % del total.

Gráfico 1.10
Emisiones antropogénicas totales de CO₂ y contribución de cada región según la fuente de emisión en el período 1850-2019



Nota: El gráfico muestra las emisiones históricas de CO₂ (en GtCO₂) para el período 1850-2019, según se hayan originado en el uso de combustibles fósiles y procesos industriales (barra de la izquierda), en el sector de UTCUTS (barra central) o la suma de ambos (barra derecha). La contribución histórica de cada región a estas emisiones se muestra en porcentajes al interior de cada una de las respectivas barras. El gráfico considera a 221 países y territorios con información sobre la evolución de las emisiones de CO₂ totales según fuente. A excepción de los países de ALC, en donde se tomaron a los países pertenecientes a la CELAC, la definición de las regiones sigue la clasificación del IPCC en el Sexto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo III, capítulo dos (Dhakal et al., 2022).

Fuente: Elaboración propia con datos de Friedlingstein, O’Sullivan et al. (2022).

No solamente hay grandes diferencias en las emisiones históricas entre regiones, sino también en el interior de cada una. Del 11 % de emisiones históricas atribuibles a América Latina y el Caribe, el 8,5 % corresponden a Sudamérica, el 2 % a Mesoamérica y el restante 0,5 % al Caribe. Asimismo, los países de la región con las mayores emisiones históricas son Brasil (casi el 5 % del total global), México (1,8 %) y Argentina (1 %)¹⁹.

Emisiones actuales de América Latina y el Caribe: cuánto, dónde y cómo

Las emisiones globales de GEI de origen antropogénico alcanzaron un máximo histórico de 59 GtCO₂ equivalentes (GtCO₂eq) en 2019, último año con información completa en el momento de elaborar este informe, como se observa en el gráfico 1.11²⁰. Durante la última década, las emisiones globales continuaron creciendo, aunque a un ritmo menor que en décadas anteriores: la tasa de crecimiento de las emisiones disminuyó del 2,1 % promedio anual en 2000-2009 al 1,3 % promedio anual en 2010-2019.

19 El cuadro A 1.1 del apéndice en línea muestra las emisiones acumuladas de los distintos países y subregiones de ALC según la fuente de emisión.

20 Notar que cuando se utiliza la notación CO₂eq, que significa unidades de dióxido de carbono equivalentes, se hace referencia a cantidades de todos los GEI tras la conversión de aquellos gases distintos al dióxido de carbono a su equivalencia en unidades de CO₂ mediante el factor PCG-100 mencionado antes.



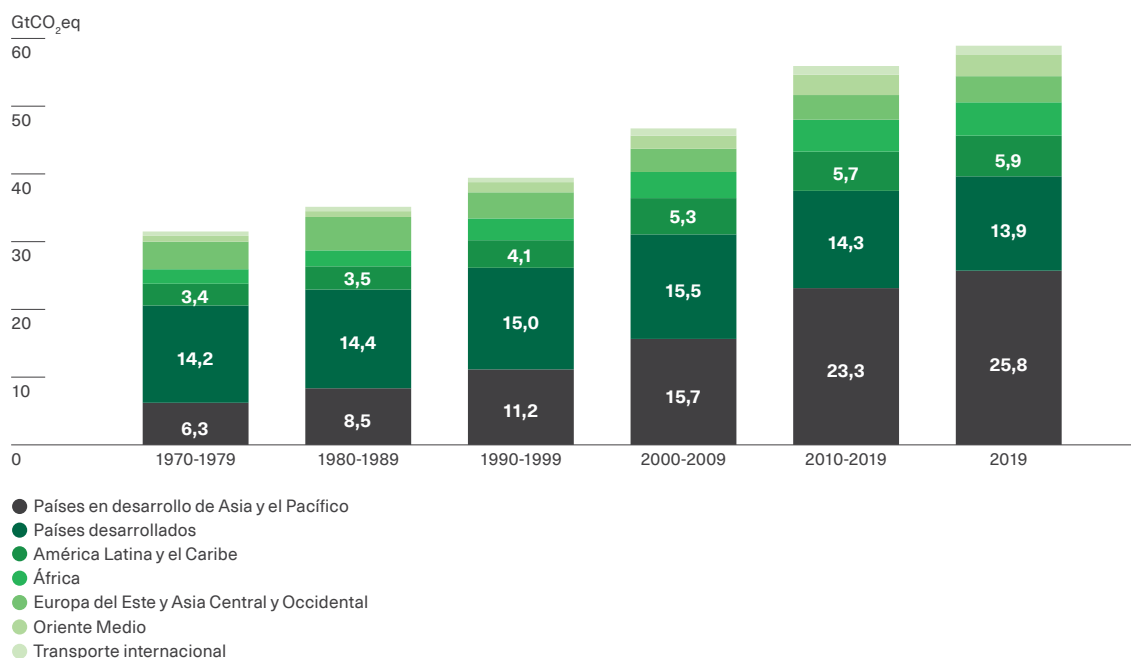
Los países de América Latina y el Caribe generaron el 10 % del total de emisiones en 2019

El gráfico también permite apreciar la evolución de las emisiones de cada región. Mientras que los países desarrollados redujeron sus emisiones totales durante la última década, las regiones en desarrollo continuaron con una tendencia creciente. Destaca el aumento de emisiones de los países en desarrollo de Asia y el Pacífico, entre los que se incluyen algunos de altas emisiones, como China e India, que en la última década duplicaron el nivel de emisiones anuales que tenían en los años noventa y casi cuadruplicaron el de los setenta.

En cuanto a la distribución regional de las emisiones actuales, los países de América Latina y el Caribe generaron 5,9 GtCO₂eq en 2019, lo que supone el 10 % del total. Del resto, la mayor parte provino de los países en desarrollo de Asia y el Pacífico (25,8 GtCO₂eq, el 44 % del total) y de los países desarrollados (13,9 GtCO₂eq, el 23 % del total). A nivel de países, los tres con mayores emisiones totales en 2019 fueron China (14,2 GtCO₂eq), Estados Unidos (6,2 GtCO₂eq) e India (3,8 GtCO₂eq), que en conjunto generaron el 42 % de las emisiones globales de ese año.

Gráfico 1.11

Emisiones antropogénicas totales de GEI según la región y década en el período 1970-2019



Nota: Cada barra del gráfico corresponde a una década y muestra el promedio anual de las emisiones totales de GEI (en GtCO₂eq), a excepción de la última barra que representa el año 2019. Las emisiones de la aviación y el transporte marítimo internacional no se asignan a ninguna región, por lo que se muestran en una categoría separada. La definición de las regiones sigue la clasificación del IPCC en el Sexto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo III, capítulo dos (Dhakal et al., 2022).

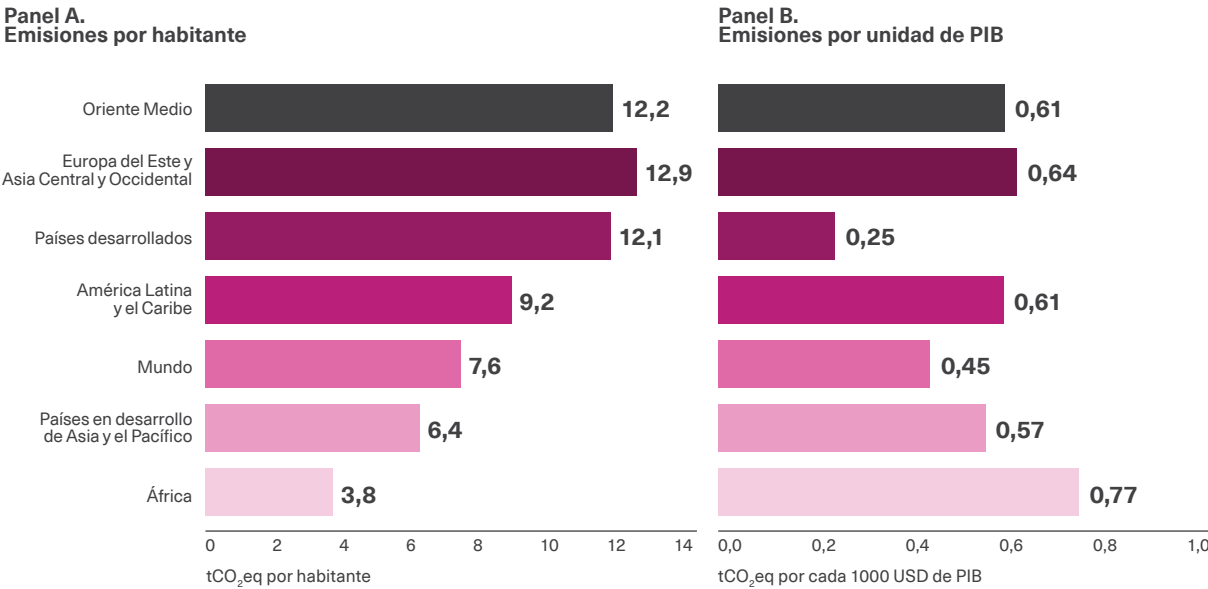
Fuente: Elaboración propia con datos de Minx et al. (2021).

La cantidad de población y el nivel de producción son dos determinantes próximos del total de emisiones que se generan en un determinado territorio. Por lo tanto, el rango de regiones con mayores emisiones cambia según se consideren las emisiones totales, las emisiones por habitante o las emisiones por unidad de PIB. Como muestra el gráfico 1.12, las regiones con mayores emisiones por habitante en 2019 eran Oriente Medio, Europa del Este y Asia Central y Occidental, con 12,2 y 12,9 toneladas métricas de CO₂eq (tCO₂eq) por persona respectivamente. América Latina y el Caribe en conjunto emitió ese mismo año 9,2 tCO₂eq por persona, apenas por encima del promedio mundial (7,6 tCO₂eq por persona). En cambio, si se comparan las emisiones por cantidad de producto generado —una medida de la intensidad de carbono de la economía—, las regiones con las mayores emisiones en 2019 fueron África (0,77 tCO₂eq por cada 1000 USD de PIB), seguida de Europa del Este y Asia Central y Occidental (0,64 tCO₂eq) y Oriente Medio (0,61 tCO₂eq). América Latina y el Caribe se encontraba

por encima del promedio mundial (0,61 tCO₂eq, frente a las 0,45 tCO₂eq por cada 1000 USD de PIB). Bajo ambos criterios, América Latina y el Caribe tiene un nivel de emisiones levemente superior al promedio global.

Una diferencia importante entre América Latina y el Caribe y otras regiones del mundo es la composición de las emisiones según el sector de actividad productiva. Como se observa en el gráfico 1.13, elaborado con datos de 2019, la mayor parte de las emisiones de América Latina y el Caribe (el 58 %) provienen del sector agropecuario, silvicultura y otros usos de la tierra (ASOUT). El resto lo explican el sector industrial (16 %), los sistemas de energía (13 %), el transporte (11 %) y las edificaciones (2 %). Este patrón sectorial de las emisiones regionales contrasta de manera marcada tanto con el promedio global como con la situación de los países desarrollados, en los que los principales sectores emisores de GEI son el energético, la industria y el transporte.

Gráfico 1.12
Emisiones antropogénicas de GEI por habitante y unidad de producto según la región en 2019

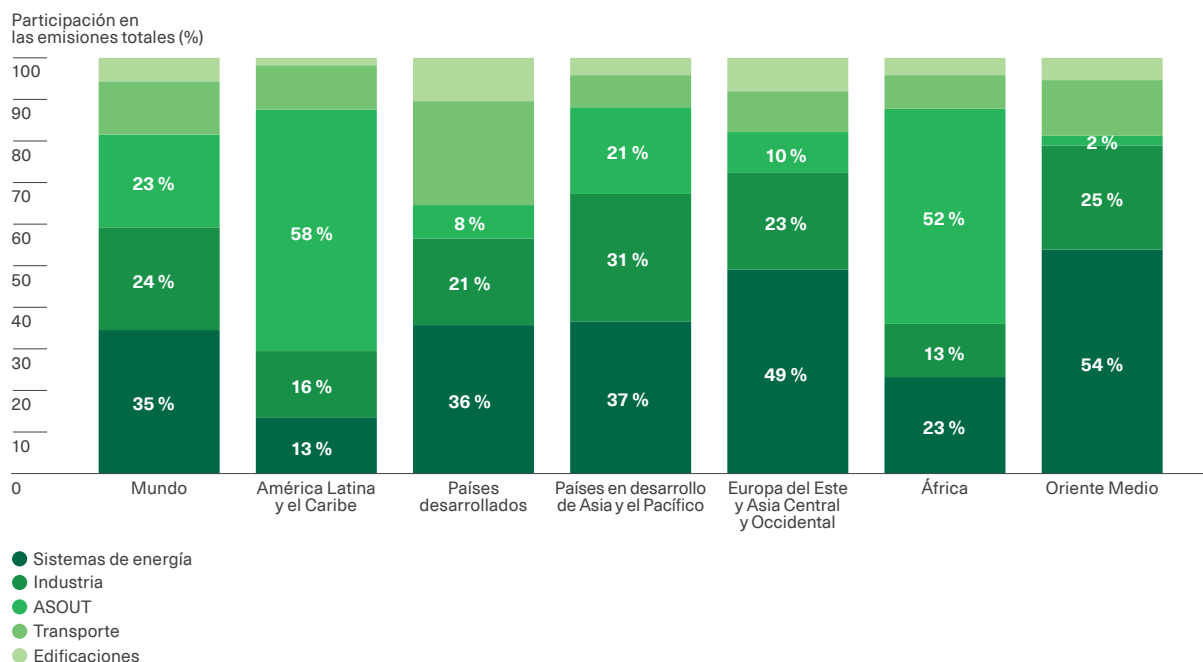


Nota: El gráfico muestra, para cada región, las emisiones en tCO₂eq por habitante (panel A) y las emisiones en tCO₂eq por cada USD 1000 de PIB (panel B) en 2019. Incluye CO₂-FFI, CO₂-UTCUTS y Otros GEI. El conjunto de países incluidos en los agregados regionales puede variar según la disponibilidad de datos sobre emisiones, PIB y población. A excepción de los países de ALC, en donde se tomaron a los países pertenecientes a la CELAC, la definición de las regiones sigue la clasificación del IPCC en el Sexto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo III, capítulo dos (Dhakal et al., 2022). En la categoría "mundo" se incluye a todos los países y territorios considerados en las regiones anteriores más la aviación y el transporte marítimo internacional.

Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de Minx et al. (2021) y Banco Mundial (2023a, 2023i).

Gráfico 1.13

Emisiones antropogénicas de GEI según la región y el sector de actividad en 2019



Nota: El sector ASOUT incluye las emisiones de GEI provenientes del sector agropecuario y las emisiones de CO₂ provenientes del sector de UTCUTS. Los sectores industriales, de la edificación y el transporte reflejan las emisiones de GEI provenientes del uso de combustibles fósiles, mientras que las emisiones generadas por estos sectores vía uso de electricidad se encuentran contabilizadas en el sector de sistemas de energía. La definición de las regiones sigue la clasificación del IPCC en el Sexto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo III, capítulo dos (Dhakal et al., 2022).

Fuente: Elaboración propia con datos de Minx et al. (2021).



El principal sector generador de emisiones en la región es ASOUT, con el 58 % del total en 2019 (el 38 % lo explica el subsector de UTCUTS y el 20 % las prácticas agropecuarias)

Las emisiones del sector ASOUT provienen de dos grandes subsectores. Por un lado, están las emisiones asociadas a las prácticas agropecuarias, tales como la quema de residuos agrícolas, el uso de fertilizantes, el cultivo de arroz y la ganadería. Los GEI generados por estas prácticas son, casi en su totalidad, metano y óxido nítrico. Por otro lado, están las emisiones asociadas a los patrones de uso de la tierra, que se agrupan dentro de la categoría UTCUTS

mencionada antes. En este subsector se incluyen tanto las emisiones de CO₂ procedentes de la deforestación, la tala y degradación de los bosques como las absorciones por la reforestación y el rebrote de los bosques después de la recolección de madera o del abandono de la agricultura. El hecho de que esta categoría incluya tanto emisiones como absorciones la hace más compleja, por lo que se analiza con más detalle en el subapartado siguiente.

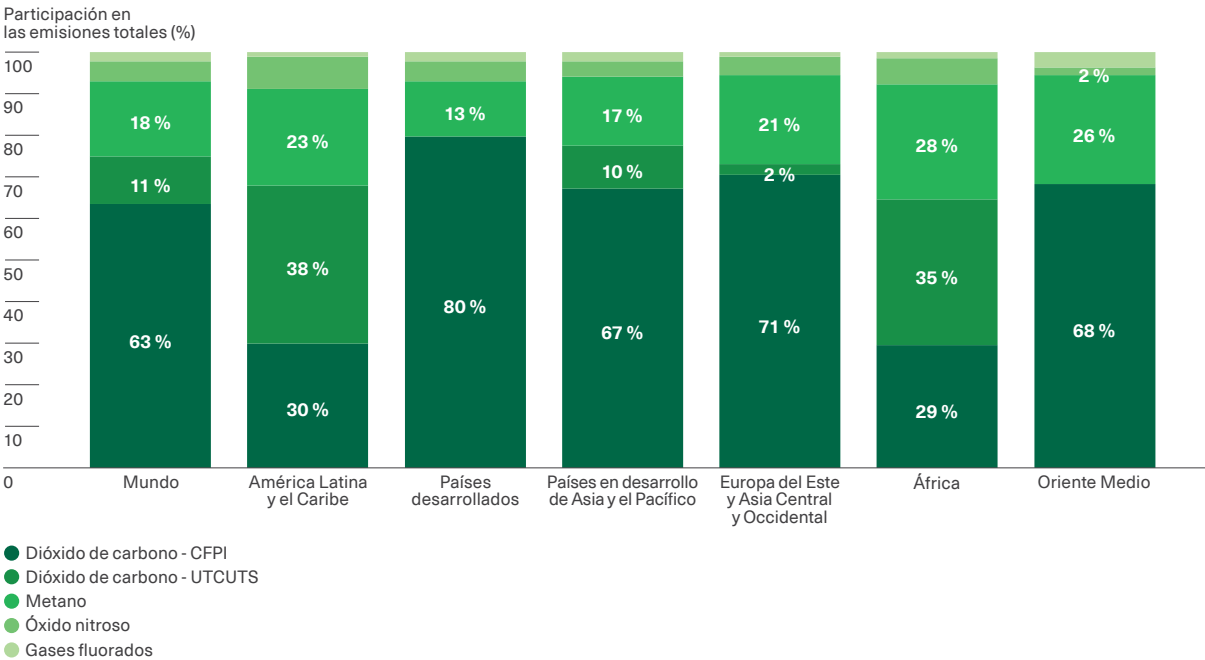
Las emisiones totales del sector ASOUT en América Latina y el Caribe provienen en su mayoría del subsector de UTCUTS (dos terceras partes) y, en menor medida, de las prácticas agropecuarias (el tercio restante). Es decir, alrededor del 38 % (dos tercios del 58 %) de las emisiones totales de la región provienen de la gestión de la tierra. Nuevamente,

esto contrasta notablemente con la situación de los países desarrollados, en los que el subsector de UTCUTS tiene emisiones netas negativas, lo que significa que es un sumidero neto de carbono que compensa parte de las emisiones generadas en otros sectores de la economía.

La composición de las emisiones de la región según el tipo de gas también difiere de la del

promedio mundial. En particular, las emisiones de metano, principalmente provenientes de las actividades agropecuarias y, en menor medida, del uso de combustibles fósiles, como el gas, y de la gestión de los desechos sólidos, representan casi una cuarta parte del total de emisiones, una proporción mayor que en el mundo en su conjunto y que en los países desarrollados, como se observa en el gráfico 1.14.

Gráfico 1.14
Emisiones antropogénicas de GEI según la región y el tipo de gas en 2019



Nota: Las emisiones de dióxido de carbono se separan entre aquellas que se originan en el uso de combustibles fósiles y procesos industriales (CFPI) y aquellas del sector de UTCUTS. La definición de las regiones sigue la clasificación del IPCC en el Sexto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo III, capítulo dos (Dhakal et al., 2022).

Fuente: Elaboración propia con datos de Minx et al. (2021).

América Latina y el Caribe es una región muy heterogénea en términos de cantidad de población, nivel de producto por habitante y estructura sectorial de la actividad económica de los países que la conforman. Por este motivo, no debe sorprender que el nivel y la composición de las emisiones difiera significativamente

entre ellos. A continuación, se realiza una caracterización breve de las emisiones de los distintos países.

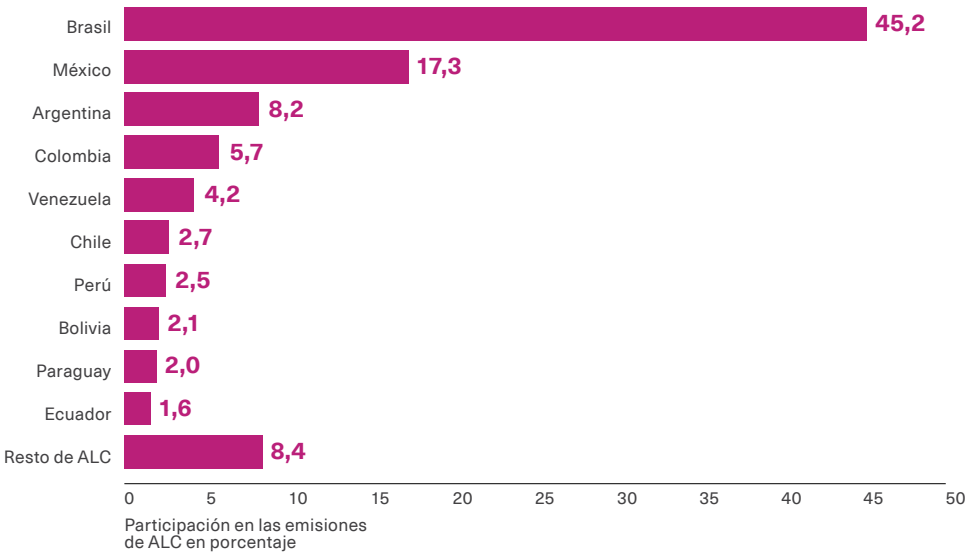
Comenzando por el nivel de emisiones por país, los de mayor tamaño y nivel de desarrollo explican la mayor parte de las emisiones de la región. El gráfico 1.15

muestra la distribución de las emisiones de América Latina y el Caribe en 2019. Como se observa, las emisiones provienen principalmente de Brasil, con cerca del 45 % de las emisiones totales de la región, México (el 17 %), Argentina (el 8 %), Colombia (el 6 %) y Venezuela (el 4 %). Estos cinco países explican, en conjunto, más del 80 % de las toneladas de GEI emitidas por la región.

Como se destacó en el análisis de las emisiones a nivel regional, el ordenamiento de los países según sus emisiones cambia si se consideran las emisiones por habitante o las emisiones por nivel de producción. El gráfico 1.16 permite comparar los países de la región entre sí y con el promedio mundial en estas dos dimensiones. Los países del Caribe, en general, se ubican en el cuadrante inferior izquierdo del gráfico, con emisiones por habitante y por

producto por debajo de los promedios mundiales. La excepción más notable es Trinidad y Tobago, con un nivel de emisiones por habitante cuatro veces superior al promedio mundial. También se destaca Haití, por sus emisiones por producto mayores a la media mundial. Las emisiones por habitante y con respecto al PIB de la mayoría de los países de América del Sur están por encima del promedio mundial. Algunas excepciones son Chile y Argentina, cuyas emisiones por PIB son menores a la media mundial, y Ecuador, Colombia y Perú, que asimismo tienen emisiones por habitante y por producto menores al promedio del mundo. La mayoría de los países de Mesoamérica se ubican en los dos cuadrantes inferiores, con emisiones por habitante menores a la media mundial (la excepción es Belice) y emisiones por PIB que pueden ser mayores o menores al promedio del mundo.

Gráfico 1.15
Participación de los diez países que más contribuyeron a las emisiones antropogénicas de GEI totales de América Latina y el Caribe en 2019



Nota: Las emisiones totales de ALC representadas en el gráfico incluyen el sector de UTCUTS. Los 33 países de ALC considerados en el gráfico son los países pertenecientes a la CELAC.
Fuente: Elaboración propia con datos de Minx et al. (2021) y Friedlingstein, O'Sullivan et al. (2022).

Gráfico 1.16
Emisiones antropogénicas de GEI respecto a la población y el PIB para países de América Latina y el Caribe según subregiones en 2019



Nota: Las emisiones de GEI representadas en el gráfico incluyen el sector de UTCUTS en tCO₂eq por habitante (eje vertical) y por cada USD 1000 de PIB (eje horizontal). Por su parte, la línea punteada horizontal refleja las emisiones per cápita para el mundo y la línea punteada vertical sus emisiones por cada USD 1000 de PIB. Las referencias de código ISO3 para los países de América Latina y el Caribe incluidos en el gráfico se pueden consultar en el cuadro A 1.2 del apéndice del capítulo disponible en línea.

Fuente: Elaboración propia con datos de Minx et al. (2021), Friedlingstein, O’Sullivan et al. (2022) y Banco Mundial (2023a; 2023i).

Por último, los países se pueden ordenar en función del tipo de emisiones que generan. Para ello, estas se clasifican en tres categorías mutuamente excluyentes en función de una combinación del tipo de gas y la fuente: 1) emisiones de CO₂ provenientes del uso de combustibles fósiles y procesos industriales, 2) emisiones de CO₂ provenientes

del subsector de UTCUTS, y 3) emisiones de otros gases (sobre todo metano y, en menor medida, óxido nítrico) originadas en otras fuentes (como las prácticas agropecuarias y los rellenos sanitarios). El gráfico 1.17 permite ver la importancia relativa de estas categorías en los países de la región, según datos de 2019.



Antes de describir los principales resultados de esa clasificación, es necesario hacer algunas aclaraciones. Primero, los porcentajes que representa cada categoría de emisión están calculados con respecto al total de emisiones del país, por lo que, en aquellos casos donde el subsector de UTCUTS tiene emisiones netas negativas, la suma de las otras dos categorías supera el 100 % en una magnitud equivalente al valor negativo de UTCUTS. Una segunda aclaración es que los datos de emisiones de CO₂ originadas en el uso de la tierra provienen de los modelos contables globales que estiman los flujos de absorciones y emisiones de CO₂ de este sector. Estas estimaciones difieren de las consignadas por los países en sus inventarios nacionales de GEI debido a las diferencias metodológicas que se describen en el recuadro 1.5.



El control de las emisiones originadas en el uso de la tierra es el principal desafío que afronta la región en su contribución a la solución global del fenómeno climático

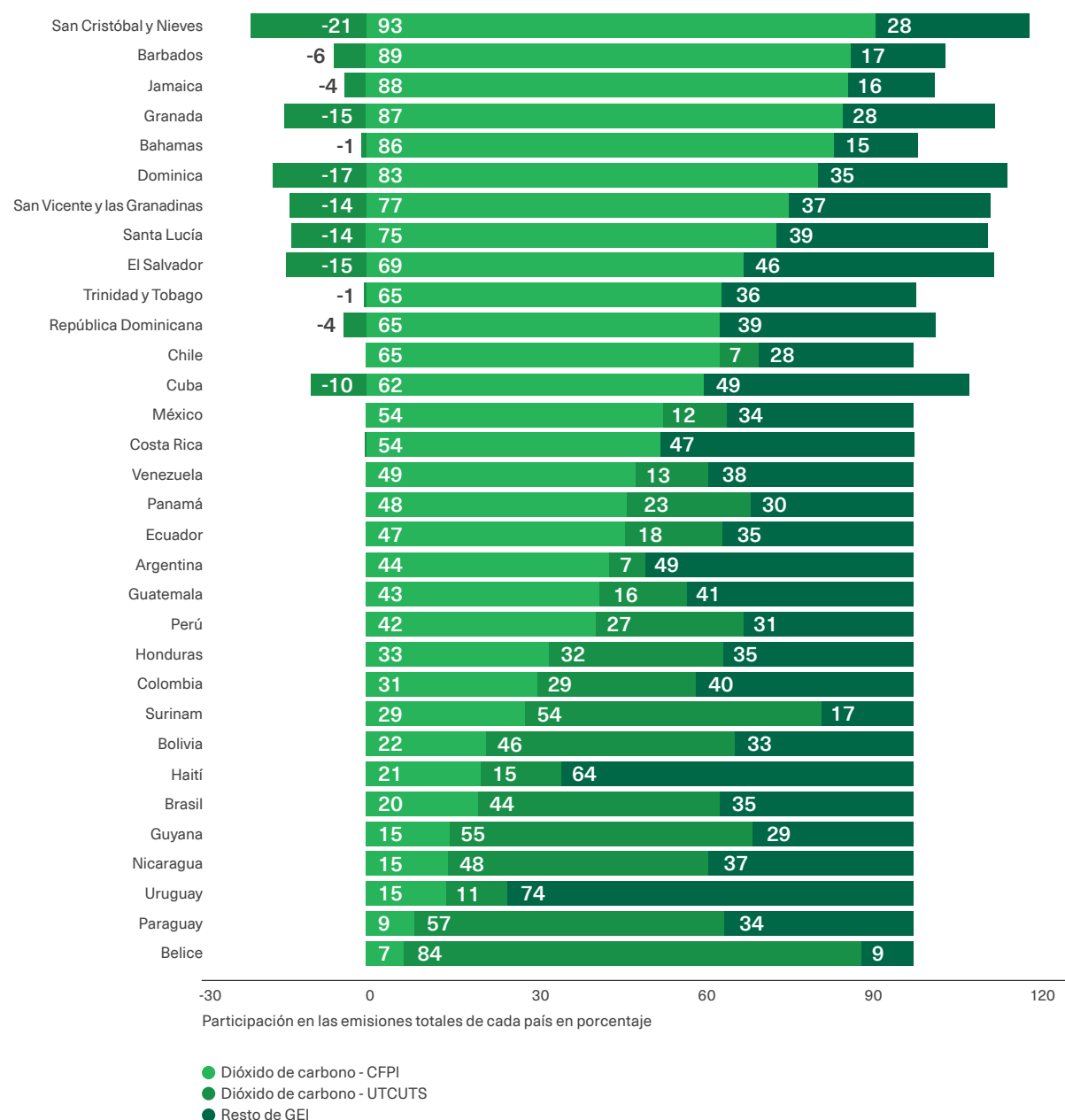
Hechas estas aclaraciones, se pueden destacar los siguientes resultados generales. Primero, la participación del CO₂ proveniente de los combustibles fósiles en el total de emisiones varía enormemente dentro de la región. Esta categoría de emisiones es la principal en la mayoría de los países del Caribe, con participaciones en torno al 70 % o superiores, y alcanza proporciones cercanas al 50 % del total en países de Mesoamérica (México, Costa Rica y Panamá) y Sudamérica (Venezuela y Ecuador). Segundo, la importancia del CO₂ derivado del uso de la tierra también varía mucho entre los distintos países. En particular, se destaca que en la mayoría de los países del Caribe y en El Salvador el sector de UTCUTS tiene emisiones netas negativas —es decir, se comporta como un sumidero neto de carbono—.

En la mayoría de los países de América del Sur y Mesoamérica, el UTCUTS es una fuente neta de emisiones de CO₂, con una importancia cuantitativa que va desde valores muy bajos (7 % en Chile y Argentina) hasta valores superiores al 50 % (Surinam, Guyana, Paraguay y Belice). Tercero, las emisiones de otros gases, principalmente metano, tienden a ubicarse, en general, entre el 25 % y el 50 % de las emisiones totales.

En resumen, la descripción de las emisiones presentes de América Latina y el Caribe indica que la región genera el 10 % de las emisiones a nivel global, según datos de 2019, con niveles de emisión por habitante y por producto levemente superiores al promedio mundial. El principal sector generador de emisiones es ASOUT, con el 58 % del total de emisiones de la región en 2019, de los cuales, el 38 % lo explica el subsector de UTCUTS y el 20 %, las prácticas agropecuarias. Sin duda, el control de las emisiones originadas en el uso de la tierra constituye el principal desafío que afronta la región en su contribución a la solución global del fenómeno climático y, al mismo tiempo, ofrece una oportunidad para lograr sinergias entre la reducción de las emisiones y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. La generación de energía explica una fracción relativamente baja de las emisiones de la región como un todo, a diferencia de lo que ocurre en el mundo desarrollado, donde este sector representa la principal fuente. Por último, América Latina y el Caribe es una región muy diversa y esto se refleja en las diferencias en los patrones de emisión de los distintos países. Esto implica que no hay un remedio único en materia de reducción de emisiones y que los espacios de mitigación serán específicos a cada país.

Gráfico 1.17

Composición de las emisiones antropogénicas de GEI en cada país de América Latina y el Caribe según la fuente en 2019



Nota: En el gráfico se distinguen tres tipos de fuentes: CO₂ proveniente del uso de combustibles fósiles y de procesos industriales (CFPI), CO₂ proveniente del sector de UTCUTS y resto de GEI (principalmente metano y, en menor medida, gases fluorados y óxido nitroso).

Fuente: Elaboración propia con datos de Minx et al. (2021) y Friedlingstein, O'Sullivan et al. (2022).

Recuadro 1.5

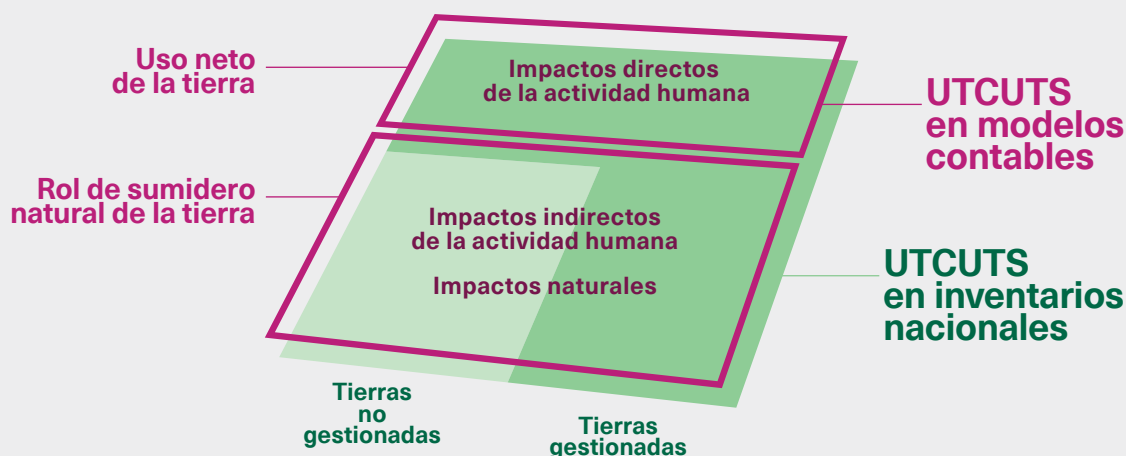
Diferencias conceptuales en la medición de las emisiones del sector de UTCUTS: modelos globales e inventarios nacionales

El reto para medir las emisiones antropogénicas de GEI asociadas al sector de UTCUTS radica en que es difícil separar los flujos de emisiones y absorciones que se producen como consecuencia de factores antropogénicos de aquellos que resultan de procesos naturales. Estos flujos pueden ser de tres tipos: 1) efectos directos de la actividad humana como resultado de las prácticas de manejo de la tierra y los cambios de uso; 2) efectos indirectos de la acción humana (por ejemplo, el efecto del cambio climático sobre la vegetación y los suelos) y, 3) efectos provocados por la variación natural del clima u otras perturbaciones naturales o biológicas. Bajo el marco conceptual del ciclo del carbono, el sector de UTCUTS abarca el primer tipo de efectos, mientras que los otros dos tipos forman parte del rol de sumidero natural de carbono de la tierra (ver el subapartado “Ciclo del carbono y su acumulación en la atmósfera”).

En los informes de evaluación del IPCC, las emisiones del sector de UTCUTS se estiman con base en modelos contables que buscan captar únicamente los flujos antropogénicos directos (por ejemplo, la deforestación o la reforestación), mientras que el rol de sumidero natural de la tierra se calcula con base en modelos dinámicos de la vegetación global^a. Por su parte, los inventarios nacionales de GEI, que se elaboran a partir de directrices definidas por el mismo IPCC, tratan de aproximar los flujos antropogénicos directos por medio del criterio de las tierras gestionadas^b, que consiste en considerar como antropogénicos a todos los flujos que ocurren en tierras que son clasificadas por los gobiernos como gestionadas. La figura 1, elaborada a partir de Grassi et al., (2018), ilustra las diferencias entre ambos enfoques.

Figura 1

Diferencias conceptuales en la medición del sector de UTCUTS entre los modelos contables y los inventarios nacionales



Nota: La figura muestra los distintos tipos de impactos considerados en la cuantificación de emisiones del sector de UTCUTS tanto bajo la metodología de los modelos globales como bajo el criterio empleado para cuantificar los inventarios nacionales. Estos impactos se clasifican en tres categorías: impactos directos de la actividad humana, impactos indirectos de la actividad humana e impactos naturales. A su vez, pueden ocurrir en tierras que los países declaran como gestionadas o en tierras declaradas como no gestionadas.

Fuente: Grassi et al. (2018).

Estas diferencias metodológicas afectan la estimación de las emisiones del sector de UTCUTS. En particular, esas estimaciones tienden a ser menores que las obtenidas por medio de los modelos globales dado que el criterio de los inventarios nacionales en dicho sector incluye parte de los flujos naturales y de aquellos producidos indirectamente por la acción humana (los tipos 2 y 3 de la clasificación anterior), que tienden a ser absorciones netas debido al rol de sumidero natural de la tierra. A nivel global, durante el período 2005-2014, las emisiones anuales del sector de UTCUTS de los inventarios nacionales fueron un 10 % más bajas que las arrojadas por los modelos globales, lo que equivale a unas 4 GtCO₂ por año (Grassi et al., 2018).

Las directrices del IPCC para el cálculo de las emisiones del sector de UTCUTS en los inventarios nacionales establecen distintos requerimientos metodológicos (que afectan la precisión de las estimaciones) y distinta periodicidad para el reporte de los resultados, según se trate de países desarrollados o en desarrollo. Por esto, en los análisis que involucran comparaciones de las emisiones del sector de UTCUTS entre países o cálculos de emisiones totales agregadas a nivel regional o mundial, como los que se hacen en este capítulo, se recomienda utilizar las estimaciones basadas en los modelos globales (IPCC, 2021a). Esta es la razón de que las emisiones del sector de UTCUTS utilizadas aquí puedan diferir de los valores reportados por los países en sus respectivos inventarios.

a. Para una descripción de estos modelos puede consultarse Friedlingstein, O'Sullivan et al. (2022) o Grassi et al. (2018).

b. Los países declaran como "gestionadas" todas aquellas parcelas de tierra que han sido alteradas por la actividad humana.

Cobertura y uso del suelo y balance de carbono

La contribución de la vegetación y los suelos a la regulación del clima global no solo depende de las perturbaciones antropogénicas, de las cuales, como se ha visto, el UTCUTS es una fuente importante; también depende de la captura de carbono debida a procesos naturales (como se describe en el recuadro 1.1). Una medida de esta contribución viene dada por el balance de carbono, esto es, los flujos netos de carbono que ocurren entre los ecosistemas y la atmósfera, producidos por causas antropogénicas o naturales²¹. Contar con mediciones precisas del balance de carbono de los ecosistemas terrestres es importante para la definición de políticas climáticas con base en el aporte de estos ecosistemas.



Contar con mediciones precisas del balance de carbono de los ecosistemas terrestres es importante para la definición de políticas climáticas con base en el aporte de estos ecosistemas

Antes de analizar el balance de carbono en los ecosistemas terrestres de la región, conviene detenerse en el sector de UTCUTS por su importancia como fuente de emisiones. Este sector es complejo de por sí, porque incluye tanto emisiones como absorciones de carbono. Las 2,2 GtCO₂eq que este sector generó en 2019 (ver el subapartado anterior) son emisiones netas y resultan de la diferencia entre los flujos brutos de emisión y absorción asociados a los patrones de uso de la tierra. Por ejemplo, la deforestación de los

21 En términos del ciclo del carbono, el balance de carbono es la suma de las emisiones netas antropogénicas del sector de UTCUTS y las absorciones naturales de los sumideros terrestres.

bosques para su conversión en terrenos de cultivos genera emisiones por la liberación del carbono acumulado en la biomasa y en los suelos, que no es compensada con el carbono acumulado en los cultivos. Asimismo, el rebrote de los bosques, luego de la recolección de madera, o la conversión de tierras agrícolas a forestales favorece la remoción de CO₂ de la atmósfera a medida que este carbono es absorbido por la biomasa y luego acumulado en los suelos. La diferencia entre ambos flujos es lo que se reporta como emisión neta del sector.

Esto es relevante porque un mismo valor de emisiones netas puede ser resultado de diferentes flujos de emisiones brutas. Cuanto mayor es la relación entre las emisiones brutas y las netas, mayor será el potencial de mitigación que puede lograrse por medio de la mejora en la gestión de los suelos. A nivel global, las emisiones brutas del sector de UTCUTS en los últimos diez años con datos disponibles fueron aproximadamente 1,5 veces mayores que las absorciones brutas y, por lo tanto, 3 veces mayores que las emisiones netas (Friedlingstein, O'Sullivan et al., 2022). Si se toma ese valor como representativo de la situación de América Latina y el Caribe (dado que no se dispone de información a nivel regional), esto significa que, para reducir a cero las emisiones antropogénicas netas en el sector de UTCUTS, la región debería disminuir las emisiones brutas provenientes de actividades que alteran el suelo (por ejemplo, la deforestación) en un tercio de su nivel actual, manteniendo constantes las actividades que generan absorciones brutas (por ejemplo, la reforestación).

Por ello, es relevante analizar la evolución de la cobertura y uso del suelo. América Latina y el Caribe tiene alrededor de 2000 millones de hectáreas de superficie habitable, definida como el total de la superficie terrestre menos la parte ocupada permanentemente por glaciares y la tierra estéril no habitable. Como muestra el gráfico 1.18, el 37 % de esta superficie son coberturas forestales naturales²², el 35 % tierras de pastoreo, el 16 % tierras de cultivo,

el 8 % otras coberturas no arbóreas²³ y el 4 % restante corresponde a los asentamientos poblacionales tanto urbanos como rurales. En comparación con el resto del mundo, la región es relativamente rica en bosques, que es el tipo de cobertura del suelo más importante para la regulación del clima global. La mayor parte son bosques tropicales, seguidos por los bosques subtropicales y los bosques templados. La región cuenta con el bosque húmedo tropical más grande del mundo en la región del Amazonas. Estos ecosistemas absorben y almacenan importantes cantidades de CO₂, por lo que se constituyen en uno de los controladores principales del ciclo del carbono en el planeta ²⁴.



Los bosques absorben y almacenan importantes cantidades de CO₂, constituyéndose como uno de los controladores principales del ciclo del carbono en el planeta

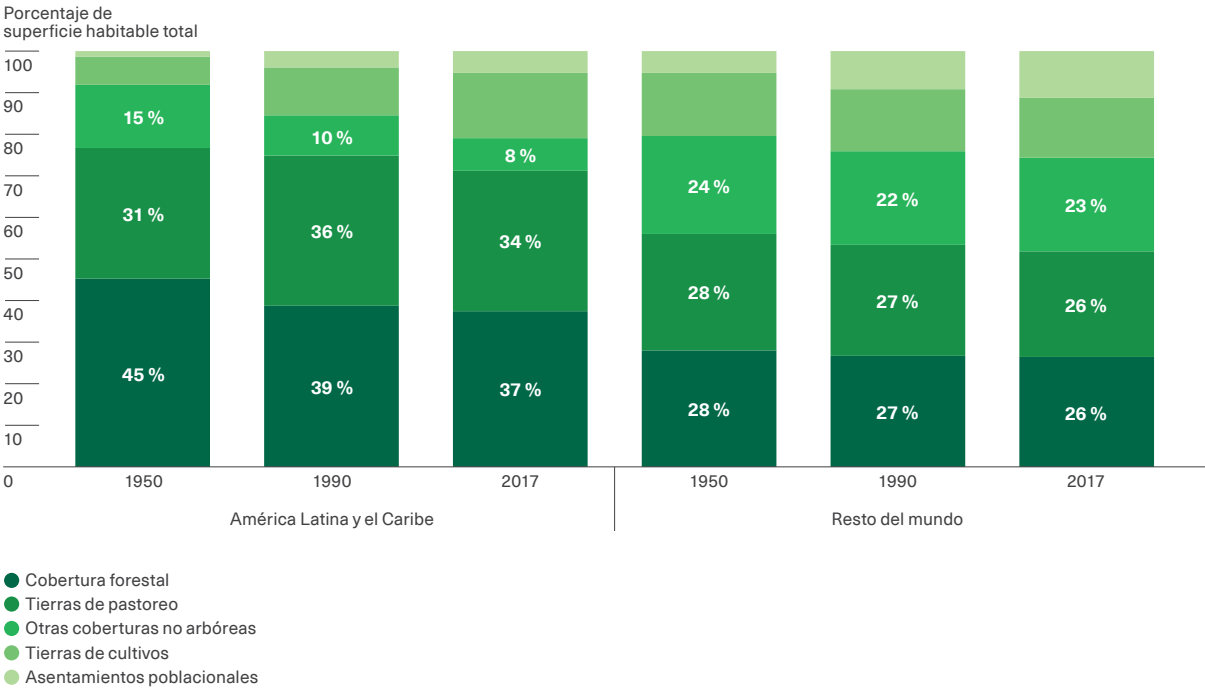
Esta riqueza se está perdiendo como consecuencia de la conversión de las tierras forestales a tierras agrícolas y ganaderas. La ventaja comparativa en bosques se ha reducido considerablemente desde 1950, cuando este tipo de cobertura ocupaba el 44 % de la superficie de la región (versus el 28 % en el resto del mundo). El ritmo de deforestación en América Latina y el Caribe entre 1950 y 2017 es de una magnitud considerable: equivale a perder, cada año, una superficie de bosques similar al tamaño de Haití o a más de la mitad de la superficie de Costa Rica. Si bien el ritmo de pérdida de bosques se redujo recientemente (la tasa promedio anual de pérdida de superficie boscosa en lo que va de este siglo es un tercio de la correspondiente al período 1950-2000), la región debe redoblar los esfuerzos para frenar aún más la pérdida de bosques y hacer que la conservación de estos ecosistemas pase a formar parte de la solución al problema del cambio climático.

22 Esta cifra se refiere a la superficie forestal que se encuentra en estado "natural" o "seminatural", es decir, sin uso antropogénico del suelo o con un uso menor.

23 Se refiere a regiones sin cobertura arbórea, tales como pastizales, matorrales, tundra, desierto y tierras estériles, que se encuentran en estado natural o seminatural.

24 Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020), el carbono almacenado en los bosques se distribuye entre la biomasa viva, tanto sobre el suelo como bajo este (el 44 % del total), la madera muerta y la hojarasca (el 10 %) y la materia orgánica del suelo (el 45 % restante).

Gráfico 1.18
Participación de cada tipo de suelo en la superficie habitable total de América Latina y el Caribe y el resto del mundo en el período 1950-2017



Nota: El gráfico muestra la participación de cada tipo de suelo en la superficie habitable en años seleccionados del período 1990-2017. Los 33 países de ALC considerados en el gráfico son los países pertenecientes a la CELAC; dentro de "resto del mundo" se incluye a 187 países para los que se cuenta con información (ver Gauthier et al., 2021).

Fuente: Elaboración propia con datos de Gauthier et al. (2021).

Las cifras anteriores sobre el avance de la deforestación se reflejan en las emisiones provenientes del sector de UTCUTS. Al mismo tiempo, hay bosques que se mantienen intactos o con baja intervención humana y continúan amortiguando el efecto de las emisiones antropogénicas de CO₂ sobre el clima global. Para evaluar la relevancia de estas absorciones, a continuación, se analiza el balance de carbono de los bosques de América Latina y el Caribe.

En un estudio reciente, Harris et al. (2021) estimaron el balance de carbono de los bosques del planeta durante las últimas dos décadas. Su principal conclusión es que, cuando se consideran tanto los factores antropogénicos como los naturales, los bosques se comportan como sumideros netos de carbono. Cada año, los bosques de todo el mundo absorben de la atmósfera y almacenan, tanto en la biomasa como en el suelo, unas 7,2 GtCO₂eq. Esta cantidad es el resultado de unas absorciones brutas iguales

a 15,5 GtCO₂eq y unas emisiones brutas iguales a 8,4 GtCO₂eq por año^{25,26}.

Los bosques de América Latina y el Caribe contribuyen cada año con la captura de 1,1 GtCO₂eq, lo que representa el 15 % de la captura global. Se trata de una contribución significativa, aunque esta puede interpretarse como relativamente baja si se tiene en cuenta que la región cuenta con el 25 % de los bosques del mundo. Para ver esto con más claridad, el gráfico 1.19

muestra los flujos brutos de emisión y absorción, así como el flujo neto, por hectárea de bosque. En efecto, una hectárea típica de bosque en América Latina y el Caribe cada año absorbe 3,5 tCO₂eq y emite 2,5 tCO₂eq, lo que da como resultado un flujo neto anual de -1,1 tCO₂eq. Esta productividad en la captura de carbono de los bosques de la región es inferior al promedio mundial y está muy por debajo de la que alcanzan los países desarrollados (-1,8 tCO₂eq y -2,9 tCO₂eq por hectárea y año, respectivamente).

Gráfico 1.19
Flujos de emisión y absorción de GEI por hectárea de bosque según la región en el período 2001-2021



Nota: El gráfico muestra las magnitudes de los flujos de emisiones y absorciones anuales de GEI por superficie de bosque en tCO₂eq por hectárea y año. Por simplicidad, no se reporta la incertidumbre asociada a estas estimaciones. El gráfico considera a 208 países y territorios con información sobre los flujos de emisión y absorción de GEI por hectárea de bosque. A excepción de los países de ALC, en donde se tomaron a los países pertenecientes a la CELAC, la definición de las regiones sigue la clasificación del IPCC en el Sexto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo III, capítulo dos (Dahkal et al. 2022).

Fuente: Elaboración propia con datos de Global Forest Watch (2022).

25 Las emisiones incluyen, además de CO₂, metano (resultante, principalmente, de los incendios forestales) y óxido nitroso (que proviene del drenaje de los suelos orgánicos en las áreas deforestadas). No obstante, estos GEI distintos al CO₂ apenas representan el 1 % del total de emisiones.

26 Las cifras de absorciones y emisiones no son directamente comparables a las que surgen del análisis del ciclo global del carbono mostradas en el apartado “Cambio climático y pérdida de biodiversidad: dos caras de la misma moneda” debido a que, (1) en este cálculo, ambos flujos surgen de causas antropogénicas y naturales, mientras que, en el cálculo del ciclo del carbono, los flujos antropogénicos y los naturales se estiman por separado, y (2) las estimaciones de Harris et al. (2021) incluyen todos los GEI, mientras que las estimaciones de los flujos del ciclo del carbono solo incluyen CO₂.

La principal causa de la menor productividad de los bosques de la región en la captura de carbono es la deforestación impulsada por la producción de alimentos y materias primas. Esta es la mayor fuente de emisiones brutas de los bosques a nivel global y se produce principalmente en los bosques tropicales de América del Sur y del sudeste de Asia. Además, la región cuenta con una proporción relativamente alta de bosques primarios (aquellos cuyos procesos ecológicos no han sido alterados significativamente por la actividad humana), que se concentran en los trópicos. Los bosques primarios tienden a ser menos productivos capturando carbono que los bosques secundarios (aquellos cuya vegetación ha vuelto a crecer luego de que la vegetación original fuera eliminada), como se detalla en el recuadro 1.6.



Los bosques de América Latina y el Caribe contribuyen con el 15 % de la captura de carbono global anual. Este es un aporte significativo, que puede aumentar si se considera que la región tiene el 25 % de los bosques del mundo

El estudio del CCG-UC (2023), encargado especialmente para este reporte, permite cuantificar la importancia de la deforestación como fuente de emisiones en los principales biomas terrestres de América Latina y el Caribe. El trabajo analizó las emisiones y absorciones de carbono durante el período 2000-2019 en cien ecosistemas terrestres de la región, entre los que se incluyen diferentes tipos de bosques (húmedos, secos, templados, de montaña, andinos, costeros, de pinos, estacionales y pantanosos), humedales, manglares, sabanas y zonas de matorrales y desiertos²⁷. El estudio encuentra que el 37 % de las emisiones brutas ocurridas en este período se pueden atribuir a la deforestación y, de este porcentaje, una quinta parte se debe a deforestaciones causadas por incendios forestales.

El resto de las emisiones brutas se explican principalmente por la degradación de la vegetación producida por el aumento de las temperaturas y la escasez de lluvias y por procesos naturales, como la respiración de las plantas.

El estudio permite conocer los flujos de emisiones y absorciones para zonas específicas e identificar los territorios más afectados por la deforestación. Estos resultados se muestran en el gráfico 1.20. Las zonas que se han comportado como emisoras netas de carbono se encuentran en el sur del Amazonas, Centroamérica y el Chaco paraguayo, mientras que entre las que fueron sumideros netos se destacan partes de la Amazonia peruana y colombiana, el sureste de Brasil, la región central de Chile y la frontera entre Paraguay y Bolivia. Los resultados también muestran que la deforestación afecta a casi toda la región, con algunas de las zonas más afectadas en el sur de Brasil, Centroamérica, Paraguay y el norte de Argentina.

En definitiva, los estudios que analizan el balance de carbono de los bosques, al ofrecer estimaciones de los flujos de emisiones y absorciones brutas por separado, no solo confirman la importancia de reducir las emisiones procedentes de la deforestación, sino que hacen explícita la contribución de las zonas forestales a la eliminación del carbono de la atmósfera. Una vez más, estos resultados ponen en evidencia el potencial de la región para aumentar su contribución a la mitigación global a través de una mejor gestión de los suelos.

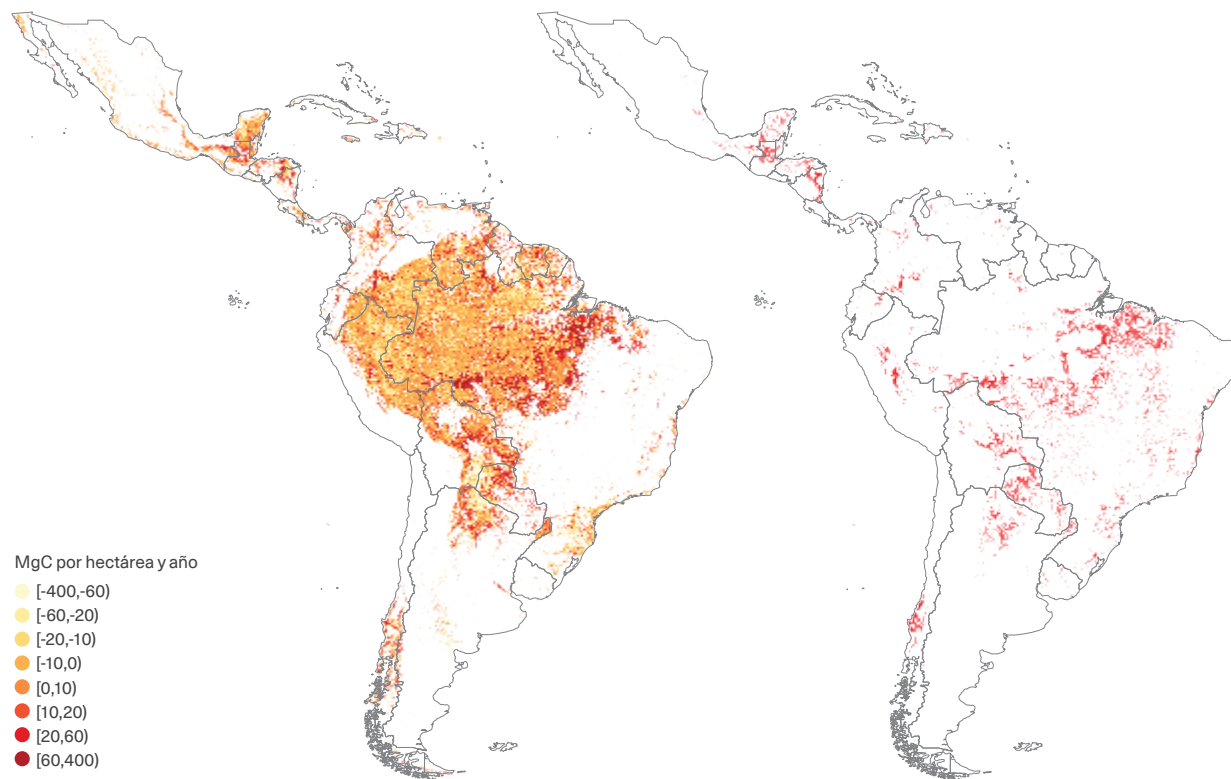
²⁷ Una diferencia metodológica entre este estudio y el de Harris et al. (2021) es que, en este caso, solo se analiza la evolución del stock de carbono acumulado en la biomasa sobre el suelo.

Gráfico 1.20

Flujos de carbono y deforestación en los ecosistemas terrestres de América Latina y el Caribe en el período 2000-2019

Panel A.
Flujos de carbono

Panel B.
Deforestación



Nota: El panel A muestra el balance de carbono neto entre los años 2000 y 2019 en miligramos de carbono (mgC) por hectárea y por año, según categorías que van desde los -400 mgC (amarillo) a los +400 mgC (rojo). El panel B muestra la deforestación detectada por Hansen et al. (2013) en color rojo. La deforestación se define como la conversión de los bosques naturales a usos de la tierra no forestales, por lo que se excluye la tala de bosques naturales seguida de una recuperación natural o destinada a la silvicultura gestionada (Hansen et al., 2013). Los 33 países de ALC considerados en el gráfico son los países pertenecientes a la CELAC.

Fuente: CCG-UC (2023) con datos de Alaniz et al. (2022).

Recuadro 1.6

El balance de carbono en los bosques del planeta

El estudio de Harris et al. (2021) brinda información sobre el potencial de captura de distintas categorías de bosques, lo que resulta informativo en el momento de diseñar políticas de conservación y reforestación. Como se observa en el cuadro 1, los bosques templados se destacan por su contribución a la captura neta de carbono atmosférico debido a que solo representan el 15 % de la superficie boscosa del planeta y contribuyen con casi la mitad del flujo neto de absorción de carbono a nivel global. En el otro extremo se encuentran los bosques tropicales, que, con una superficie de casi la mitad de los bosques totales, apenas contribuyen con poco más de la quinta parte de la captura neta total. En términos del tipo de bosque, los bosques secundarios son los que hacen la mayor parte de la captura neta de carbono de la atmósfera a nivel global. Los bosques primarios, mientras tanto, tienen un balance de carbono prácticamente neutro.

Cuadro 1
Flujos de GEI asociados a los bosques según el dominio climático y tipo de bosque

	Extensión (año 2000)		Flujos anuales (en GtCO ₂ eq)		
	En millones de hectáreas	En porcentajes	Emisión bruta	Absorción bruta	Flujo neto
Total de bosques del planeta	4.029	100	8,1	-15,5	-7,5
Según dominio climático					
Boreales	1.090	27	0,9	-2,5	-1,6
Templados	590	15	0,9	-4,4	-3,5
Subtropicales	340	8	1,0	-1,6	-0,6
Tropicales	1.990	49	5,3	-7,0	-1,7
Según tipo					
Primarios	1.060	26	2,1	-2,0	0,1
Secundarios	2.849	71	4,6	-11,5	-6,9
Plantaciones y cultivos arbóreos	113	3	1,4	-1,6	-0,2
Manglares	8,7	0,2	0,0	-0,2	-0,2

Nota: El cuadro muestra, para cada dominio climático y tipo de bosque en el año 2000, su extensión (en millones de hectáreas), su participación (en porcentajes respecto de la extensión total) y sus flujos de GEI (en GtCO₂eq promedio anual para el período 2001-2019). Estos flujos se dividen en emisiones, absorciones y flujo neto.

Fuente: Elaborado con datos de Harris et al. (2021)

Por supuesto, estos valores están influenciados no solamente por las características físicas y biológicas de estos ecosistemas, sino también, y de manera importante, por las perturbaciones antropogénicas y las resultantes del cambio climático a las que están expuestos. Por ejemplo, la menor contribución relativa a la captura global de los bosques tropicales con relación a los bosques templados y boreales se explica, en parte, por las mayores tasas de deforestación a las que están expuestos los primeros.

Perspectiva económica del cambio climático, la pérdida de biodiversidad e implicaciones para la política climática y ambiental

Las bases físicas del cambio climático ilustran cómo este es el resultado de la acumulación en la atmósfera de los GEI generados por las actividades humanas. Estas mismas actividades, en su interacción con los recursos naturales, originan una sobreexplotación que altera las estructuras y las funciones de los ecosistemas y se traduce en pérdidas de servicios ecosistémicos y de biodiversidad. La ciencia económica aporta un marco conceptual que permite identificar las causas económicas por las que la acción humana, en su interacción con la naturaleza y el clima, conduce a equilibrios que no son óptimos desde el punto de vista del bienestar humano y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. Esto es un primer paso para la definición de medidas de política climática que contribuyan a corregir esas ineficiencias.

Las emisiones de GEI se producen como consecuencia de las decisiones de producción y consumo de numerosos agentes económicos (individuos, empresas, gobiernos) que generan, directa o indirectamente, emisiones de GEI a la atmósfera, imponiendo un costo sobre la población global y sobre el planeta que no se tiene en cuenta en el momento de tomar esas decisiones. El consumo de electricidad, la utilización de vehículos a combustión interna o el uso de combustibles fósiles para generar energía en una planta industrial son algunos ejemplos de acciones que producen emisiones de GEI. Lo mismo ocurre cuando se deforesta una hectárea de bosque para su utilización como tierra de cultivo o cuando los pastizales naturales se convierten en tierras de pasturas para ganado. En estos casos, además de liberar a la atmósfera el CO₂ acumulado en la biomasa y en el suelo, se destruye el hábitat de cientos de especies de animales, plantas e insectos y se pierden valiosos servicios ecosistémicos de alcance global o regional, como la regulación del clima o del ciclo hídrico. Estos costos para la sociedad no son internalizados por el agente que toma la decisión de talar la hectárea de bosque o introducir animales en los pastizales, ni tampoco por los consumidores de los alimentos que se obtienen de esas tierras.

En este sentido, tanto el cambio climático como la pérdida de biodiversidad pueden ser conceptualizados

como la consecuencia de una externalidad negativa de alcance global. En presencia de una externalidad, las decisiones individuales de producción o consumo conducen a equilibrios a nivel agregado en los que los costos para la sociedad son mayores que los beneficios. Por ejemplo, propician que se utilice demasiada energía fósil o que se deforesten demasiados bosques con respecto a los beneficios que estas actividades tienen para el conjunto de la sociedad. Este tipo de situaciones conducen a la sociedad a un sendero de crecimiento económico que no es sustentable desde el punto de vista medioambiental. La política pública en materia climática y de conservación de la biodiversidad debe fomentar que ese crecimiento económico vuelva a ser compatible con un sendero de desarrollo sostenible, como se discute brevemente a continuación y se trata con mayor profundidad en el capítulo 5.



Tanto el cambio climático como la pérdida de biodiversidad pueden ser conceptualizados como la consecuencia de una externalidad negativa de alcance global

Asimismo, el cambio climático tiene consecuencias para el bienestar de la población cuyo manejo o prevención también puede estar sujeto a diversas fallas de mercado y, por lo tanto, ameritar la intervención de la política pública. La construcción o el mejoramiento de la infraestructura para prevenir inundaciones o racionalizar el uso del recurso hídrico, la investigación para el desarrollo de cultivos más resilientes al aumento de las temperaturas o a la escasez de lluvias, la adopción de estos nuevos cultivos por parte de los agricultores, la puesta en marcha de sistemas de alerta temprana para ciclones tropicales o para las olas de calor, por mencionar algunos ejemplos, son medidas de adaptación frente al cambio climático que están sujetas a externalidades o problemas de información que hacen que el mercado por sí solo no las provea en cantidad y calidad adecuadas.

Políticas públicas para hacer frente al cambio climático y la pérdida de biodiversidad

Las políticas climáticas pueden ser de adaptación o de mitigación. Las políticas de adaptación buscan hacer frente a los riesgos del cambio climático anticipando, previniendo o minimizando los daños que este pueda causar. Estas políticas pueden apuntar a reducir la exposición de la población ante determinados riesgos —por ejemplo, previniendo los asentamientos en zonas de baja elevación o reubicando a los hogares que ya residen en estos lugares— o a mejorar la capacidad de hacer frente a las amenazas climáticas —por ejemplo, construyendo defensas u otras infraestructuras que protejan a las poblaciones costeras de las marejadas—. También se incluyen en esta categoría las políticas de reparación de daños una vez que los impactos se manifiestan, como las obras de reconstrucción de la infraestructura afectada por las tormentas tropicales. Las políticas de mitigación buscan reducir las emisiones de GEI, mediante, por ejemplo, el reemplazo de los combustibles fósiles por fuentes limpias en la generación de energía o el aumento del área de bosques para capturar más carbono de la atmósfera. A ellas se suman, las políticas para la conservación, que buscan restaurar y proteger los ecosistemas y la biodiversidad y promover el uso sustentable de los servicios que estos brindan.

Así como el sistema climático y la biodiversidad están estrechamente interrelacionados, también lo están las políticas específicas para cada dominio. La recuperación de los ecosistemas puede contribuir tanto a la mitigación climática, por su capacidad de capturar y almacenar el carbono de la atmósfera, como a la adaptación frente a los riesgos del cambio climático a través de los múltiples canales ya mencionados. Asimismo, debido a que los ecosistemas son vulnerables ante el aumento de las temperaturas, la disminución

de las lluvias y las sequías, entre otras consecuencias del cambio climático, las políticas de reducción de las emisiones también favorecen su preservación.

En el capítulo 2 de este reporte se discuten diversas políticas de adaptación y mitigación relacionadas con la producción y el consumo en los principales sectores de actividad de las economías de la región. Las políticas de adaptación cubren un abanico amplio de medidas en función del tipo de riesgo climático que se enfrente, incluyendo inversiones en infraestructura, cambios en las tecnologías o en los procesos de producción, cambios en los patrones de consumo y movilización de recursos financieros y técnicos. Las principales políticas de mitigación se pueden agrupar en dos grandes bloques: las que establecen un precio a las emisiones (que puede implementarse a través de un impuesto sobre estas o definiendo derechos de propiedad, en forma de derechos de emisiones que puedan comercializarse en los mercados) y las que establecen límites a las cantidades (prohibiciones, regulaciones y estándares).

El capítulo 3, por su parte, analiza las políticas para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad en los países de la región, así como las oportunidades que los ecosistemas ofrecen para fomentar la mitigación y la adaptación climática. Un tipo de política de conservación son las medidas de comando y control, entre las que se incluyen el otorgamiento de permisos, el establecimiento de prohibiciones y la fijación de estándares. Otro conjunto de políticas busca ofrecer los incentivos correctos para que individuos, comunidades y empresas internalicen los costos de sus acciones sobre el medioambiente.

Carácter global del fenómeno y el problema de la coordinación

Tanto la mitigación del cambio climático como la conservación de la biodiversidad pueden entenderse como bienes públicos globales: todos los países se benefician de una reducción en las emisiones y de la preservación de los ecosistemas que brindan beneficios globales, como la regulación climática,

independientemente de quién afronte el costo de reducir esas emisiones o de preservar esos ecosistemas. La necesidad de una solución que requiere coordinación internacional es, sin duda, una de las mayores dificultades para resolver las crisis climática y ambiental.

Al mismo tiempo, los impactos del cambio climático son locales y requieren inversiones en adaptación que dependen de contextos específicos. No obstante, las enormes necesidades de financiamiento para afrontar los costos de estas inversiones, junto con la desigual distribución entre países tanto de los riesgos climáticos como de la responsabilidad histórica ante el fenómeno, justifican que la discusión sobre la adaptación forme parte de la negociación internacional, lo que complica aún más el logro de acuerdos.

Las respuestas de la comunidad internacional frente a estas crisis han avanzado por canales separados y a ritmos diferentes. En materia climática, las negociaciones comenzaron con la conformación del IPCC en 1988 y continuaron con otros hitos, como la creación de la CMNUCC en 1992, la firma del Protocolo de Kioto en 1997 y su entrada en vigor en 2005 y, finalmente, la firma del Acuerdo de París en 2015.

En el marco del Acuerdo de París, más de 190 países expresaron formalmente el objetivo común de reducir las emisiones de GEI para limitar el aumento de la temperatura a 2°C por encima de los niveles preindustriales y proseguir esfuerzos para que este aumento no pase de 1,5°C. La racionalización de

definir una meta en términos de un aumento máximo de la temperatura surge del propósito de reducir el riesgo de escenarios potencialmente catastróficos para la humanidad. En efecto, los riesgos del cambio climático para el planeta son grandes, están sujetos a una elevada incertidumbre y pueden ocasionar daños potencialmente irreversibles (Stern et al., 2022).

La respuesta internacional en materia de biodiversidad comenzó antes de la década de los noventa, aunque no tomó impulso hasta 1992, con la firma de la Convención de Diversidad Biológica. Los acuerdos alcanzados se han limitado a definir objetivos globales de conservación, como las metas de Aichi para la década 2011-2020 y las metas del Marco Global de la Biodiversidad para la década 2021-2030. Los resultados de esos acuerdos han sido, hasta ahora, inferiores a lo esperado.

La negociación internacional continuará desarrollándose en los próximos años e incluso décadas. El capítulo 4 de este reporte analiza en profundidad esta evolución y discute los principales retos de gobernanza que suponen tanto la acción climática global como la protección de la biodiversidad desde la perspectiva de América Latina y el Caribe.

Costos y beneficios de la mitigación climática

Los riesgos del cambio climático a nivel global se traducen en enormes costos actuales y futuros para las economías, la salud humana y los ecosistemas. La mitigación del cambio climático dirigida a evitar o reducir estos riesgos también es costosa. Por ejemplo, limitar el calentamiento global en línea con los objetivos del Acuerdo de París requiere lograr emisiones netas cero para 2050 (si se quiere cumplir el objetivo de 1,5°C) o para 2070 (si se busca el objetivo de 2°C). Para conseguirlo es necesario cambiar la manera de producir y consumir en todas las regiones del mundo, lo que implica costos significativos (IPCC, 2022a). Por tanto, desde el punto de vista de las decisiones de política climática, lo relevante es cómo se comparan los costos de la mitigación con los beneficios de evitar o reducir las consecuencias adversas del cambio climático.



Limitar el calentamiento global en línea con los objetivos del Acuerdo de París requiere lograr emisiones netas cero para 2050 (si se quiere cumplir el objetivo de 1,5°C) o para 2070 (si se busca el objetivo de 2°C)

Un marco conceptual desarrollado en la literatura económica que permite evaluar estos costos y beneficios a una escala global son los modelos de evaluación integrada (MEI). De manera simplificada, los MEI permiten relacionar la evolución futura de las principales variables socioeconómicas con senderos de emisiones y estos, a su vez, con escenarios de temperaturas. Luego, por medio de una función de daños, los cambios en las características del clima se traducen a impactos en la economía, la población y la



biodiversidad. Si bien estos modelos no están exentos de críticas, son la mejor herramienta disponible hasta el momento²⁸.

¿Qué dicen estos modelos? Según el Sexto Informe de Evaluación del IPCC, las trayectorias compatibles con la meta de 2°C implican pérdidas en el PIB mundial de entre el 1,3 % y el 2,7 % en 2050 con respecto a una situación sin políticas climáticas. En aquellas trayectorias compatibles con la meta de 1,5° C, las pérdidas oscilan entre el 2,6 % y el 4,2 % del PIB mundial. Sin embargo, el informe también deja claro que los beneficios a largo plazo superan con creces los costos. Estos beneficios incluyen los impactos macroeconómicos de las inversiones en soluciones bajas en carbono, los beneficios colaterales de la reducción de las emisiones, como la mejor calidad del aire o del agua, los impactos evitados del cambio climático y la reducción de los costos de adaptación (IPCC, 2022a).

Otra utilidad de estos modelos es que permiten estimar el costo social del carbono (CSC), que es el costo marginal de emitir una tonelada de carbono adicional o, lo que es lo mismo, el valor que tiene para la sociedad hoy evitar el daño que esa tonelada adicional de carbono causará en el futuro. El CSC es un insumo fundamental para el análisis costo-beneficio de las distintas alternativas de reducción de emisiones. En particular, una política que contribuya a que se emita una tonelada menos de carbono a la atmósfera estaría justificada siempre que su costo fuera menor que el CSC²⁹. Los resultados disponibles ubican al CSC para 2030, en un promedio de alrededor de USD 90 por tonelada de CO₂, si se quiere limitar el calentamiento a 2°C, y en alrededor de USD 220 por tonelada de CO₂ en trayectorias que limitan el calentamiento a 1,5°C (en valores constantes de 2015) (IPCC, 2022a).

Desafíos para las políticas climáticas y de conservación

Como se discutió a lo largo del capítulo, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad están estrechamente asociados a un patrón de crecimiento económico basado en el uso de energía fósil, la transformación de coberturas naturales para usos antropogénicos y la sobreexplotación de los recursos naturales. Este modelo de desarrollo ha traído prosperidad a la población, pero a costa de poner en riesgo su propia supervivencia.

América Latina y el Caribe se encuentra entre las regiones más afectadas por el cambio climático, con poblaciones, ecosistemas y especies altamente expuestas y vulnerables ante las amenazas climáticas. En ausencia de las inversiones necesarias en adaptación, el cambio climático agravará la inseguridad alimentaria y energética, empeorará la situación sanitaria, mermará los medios de vida de

muchas comunidades y afectará el capital productivo y la productividad en muchos sectores de la economía, con el inevitable aumento de la pobreza y la desigualdad.

El desafío de la región es doble. Por un lado, debe adaptarse ante los riesgos derivados de un problema global al que contribuyó relativamente poco, puesto que solo un 11 % de las emisiones históricas de CO₂ es atribuible a América Latina y el Caribe, mientras que el 45 % tuvo origen en los países desarrollados. Esto es relevante para la discusión sobre la justicia climática, que se retoma en el capítulo 4. Por otro lado, a la región le toca ser parte del esfuerzo colectivo de reducir las emisiones para frenar el calentamiento global. Esto implica no solo inversiones en adaptación, sino también una transición hacia formas de producción y consumo menos intensivas

28 Entre las principales limitaciones de los MEI están la arbitrariedad de la tasa de descuento que se utiliza para expresar valores futuros en cantidades presentes, la simplificación de los impactos del cambio climático en la función de daños y la dificultad para incorporar la posibilidad de resultados catastróficos, como los asociados a los puntos de inflexión (ver Stern et al., 2022 para una discusión más profunda).

29 Ejemplos de políticas de reducción de emisiones costoeffectivas son las relacionadas con el manejo de los recursos forestales, como la aforestación, la regeneración o evitar la deforestación (Gillingham y Stock, 2018; Eriksson, 2020).

en carbono y más amigables con el medio ambiente, lo cual traerá aparejado costos económicos significativos para los países.

Una particularidad de la región es que presenta una composición sectorial de las emisiones actuales muy distinta a la del mundo desarrollado: sus emisiones se originan mayoritariamente en los sectores vinculados a la producción de alimentos y materias primas, sobre todo por el cambio asociado al uso del suelo y, en menor medida, en aquellos sectores vinculados a la energía fósil. Esta composición podría cambiar a medida que los países avancen en el proceso de industrialización. A su vez, existen diferencias importantes en esta composición entre los países de la región en función de sus estructuras productivas y matrices energéticas.

Además de estas diferencias en la composición sectorial de las emisiones dentro de la región, se destacan otros factores que influyen en los costos de la transición verde, tales como la intensidad de carbono de las economías, el grado de dependencia fiscal de los recursos derivados de los combustibles fósiles, los costos de la generación de energías limpias, las capacidades para implementar tecnologías de bajas emisiones y la disponibilidad de recursos naturales. Esto significa que la construcción de una agenda de desarrollo sostenible debe tener en cuenta las especificidades de cada país, evaluar las potenciales concesiones (lo que inglés se conoce como *trade-offs*) entre distintos objetivos del desarrollo y aprovechar las potenciales oportunidades para crear sinergias entre estos, tal como se discute en el capítulo 5.