



Policy paper N° 15

Bases físicas e indicadores del cambio climático en América Latina y el Caribe



Bases físicas e indicadores del cambio climático en América Latina y el Caribe

Preparado para:



Preparado por:



Pequeñas secciones del texto, menores a dos párrafos, pueden ser citadas sin autorización explícita siempre que se cite el presente documento. Los resultados, interpretaciones y conclusiones expresados en esta publicación son de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es), y de ninguna manera pueden ser atribuidos a CAF, a los miembros de su Directorio Ejecutivo o a los países que ellos representan. CAF no garantiza la exactitud de los datos incluidos en esta publicación y no se hace responsable en ningún aspecto de las consecuencias que resulten de su utilización.

Autor

Centro de Cambio Global

Coordinador	Cristian Salas (CCG-UC)
Experto en bases físicas del cambio climático	Sebastián Vicuña (CCG-UC, Ingeniería UC)
Experto en vulnerabilidad y economía del cambio climático	Oscar Melo (CCG-UC, Agronomía UC)
Experto en Biodiversidad	Pablo Marquet (CCG-UC, Biología UC)
Experto en Biodiversidad	Alberto Alaniz (Biología UC)
Experto en análisis climático	David Morales (CCG-UC)
Profesional apoyo análisis de emisiones de GEI y compromisos climáticos.	Diego González (CCG-UC)
Profesional apoyo análisis económico	Juan Pablo Herane (CCG-UC)
Profesional apoyo análisis climático	Rosario Chubretovic (CCG-UC)
Profesional apoyo análisis climático	Narriman Madriz (CCG-UC)

Índice de contenidos

Índice de figuras	5
Índice de tablas	9
Glosario de abreviaturas	10
1. Introducción	11
2. Ciencia del cambio climático e interrelaciones con biodiversidad y economía en ALC	12
2.1. ¿Qué es el cambio climático?	12
2.2. Interrelaciones entre biodiversidad, actividad económica y cambio climático .	15
2.3. Características en ALC relevantes en la interrelación con cambio climático	23
2.3.1. Ecosistemas y biodiversidad	23
2.3.2. Actividad económica	37
2.3.3. Características socioeconómicas	49
3. Contribución de ALC al cambio climático	54
3.1. Análisis de contribuciones de ALC a emisiones globales	54
3.2. Análisis de emisiones y capturas por sector	59
3.2.1. Balance de carbono de los ecosistemas en ALC	62
3.2.2. Áreas protegidas y su contribución a la captura y stock de carbono	69
3.3. Categorización de países ALC según tipología de emisión.....	72
4. Efectos del cambio climático en ALC	81
4.1. Escenarios climáticos en ALC	81
4.1.1. Escenarios de cambio climático.	82
4.1.2. Metodología de análisis de escenarios de cambio climático	88
Caracterización base de datos	88
Agregación espacial de resultados	91
Índice adicional integrador (Índice de Aridez)	96
4.1.3. Resultados de análisis de escenarios de cambio climático en ALC	96
4.1.4. Escenarios de cambio climático a nivel oceánico	114
4.1.5. Síntesis de escenarios de cambio climático en ALC	120
4.2. Efectos del cambio climático sobre ALC	122
4.2.1. Efectos sobre la biodiversidad	122
4.2.2. Efectos sobre actividades económicas	128
5. Análisis de compromisos climáticos de ALC	135
5.1. Compromisos climáticos de ALC, contenidos en sus NDC	135
5.2. Concordancia de compromisos con escenarios de 1.5°C o 2°C	139
5.3. Avance en compromisos.....	146

6.	Conclusiones	150
7.	Referencias	152

Índice de figuras

Figura 2.1-1. Relaciones entre la adaptación y la mitigación para la reducción de riesgos de cambio climático.	14
Figura 2.2-1: Interrelaciones entre el clima, los ecosistemas y la biodiversidad, y las sociedades humanas	15
Figura 2.2-2. Relaciones entre los distintos tipos de capital	17
Figura 2.2-3. Contribuciones de la Naturaleza a las Personas.	18
Figura 2.2-4. Prioridades de las acciones de conservación para maximizar la protección de las especies bajo el cambio climático en América Latina.	21
Figura 2.3-1. Cambios en los tipos de cobertura de suelo en ALC	27
Figura 2.3-2. Porcentaje de usos de suelo antrópicos, seminaturales y naturales al año 2000	28
Figura 2.3-3. Modificación de las superficies de bosque en ALC entre el 2000 y 2016.	29
Figura 2.3-4. PIB per cápita, PPA (US\$ a precios internacionales constantes de 2011) para los países de América del Sur	38
Figura 2.3-5. PIB per cápita, PPA (US\$ a precios internacionales constantes de 2011) para los países de América Central	38
Figura 2.3-6. PIB per cápita, PPA (US\$ a precios internacionales constantes de 2011) para los países de El Caribe	39
Figura 2.3-7. Promedio del crecimiento del PIB, en porcentaje anual, para el periodo 2011-2020 (a precios de mercado en moneda local, a precios constantes) en los países de América del Sur	40
Figura 2.3-8. Promedio del crecimiento del PIB, en porcentaje anual, para el periodo 2011-2020 (a precios de mercado en moneda local, a precios constantes) en los países de América Central	40
Figura 2.3-9. Promedio del crecimiento del PIB, en porcentaje anual, para el periodo 2011-2020 (a precios de mercado en moneda local, a precios constantes) en los países de El Caribe	41
Figura 2.3-10. Proporción del PIB por sector económico (US\$ a precios constantes de 2015) para ALC (años 2010 y 2020)	42
Figura 2.3-11. Proporción del PIB por sector económico (US\$ a precios constantes de 2015) para los países de América del Sur (años 2010 y 2020)	43
Figura 2.3-12. Proporción del PIB por sector económico (US\$ a precios constantes de 2015) para los países de América Central (años 2010 y 2020)	44
Figura 2.3-13 Proporción del PIB por sector económico (US\$ a precios constantes de 2015) para los países de El Caribe (años 2010 y 2020)	45
Figura 2.3-14 Distribución de la Generación eléctrica (GWh) en países de ALC por fuente, comparativo entre el año 1990 y 2020.	46
Figura 2.3-15 Proporción (%) de la Generación eléctrica en países de ALC por fuente, comparativo entre el año 1990 y 2020.	46
Figura 2.3-16 Tasa de incidencia de la pobreza, sobre la base de US\$1,90 por día (2011 PPA) en porcentaje de la población para los países de América del Sur	50

Figura 2.3-17 Tasa de incidencia de la pobreza, sobre la base de US\$1,90 por día (2011 PPA) en porcentaje de la población para los países de América Central	50
Figura 2.3-18 Tasa de incidencia de la pobreza, sobre la base de US\$1,90 por día (2011 PPA) en porcentaje de la población para los países de El Caribe	51
Figura 2.3-19 Desempleo total (porcentaje de la población activa total) para los países de América del Sur en el año 2021.	52
Figura 2.3-20 Desempleo total (porcentaje de la población activa total) para los países de América Central en el año 2021	52
Figura 2.3-21 Desempleo total (porcentaje de la población activa total) para los países de El Caribe	53
Figura 3.1-1. Emisiones totales por regiones designadas por el IPCC.	54
Figura 3.1-2 Porcentaje de emisiones totales de GEI en el año 1990, por regiones designadas por el IPCC	55
Figura 3.1-3 Porcentaje de emisiones totales de GEI en el año 2019, por regiones designadas por el IPCC.	56
Figura 3.1-4 Emisiones totales separadas por tipo de GEI a nivel global.	57
Figura 3.1-5 Emisiones totales por sector a nivel global.	58
Figura 3.1-6 Emisiones del sector UTCUTS por regiones designadas por el IPCC	59
Figura 3.2-1 Emisiones por GEI para ALC.	60
Figura 3.2-2 Emisiones por Sector para ALC.	60
Figura 3.2-3 Emisiones por subregión para ALC, sin datos de LULUCF.	61
Figura 3.2-4 Emisiones por país para ALC, sin datos de LULUCF.	62
Figura 3.2-5 Balance de Carbono en ALC	63
Figura 3.2-6 Balance anual neto de carbono por país para el periodo 2000 a 2019.	64
Figura 3.2-7 Emisiones anuales de carbono por deforestación	68
Figura 3.2-8 Áreas protegidas, productividad primaria neta, biomasa sobre el suelo y bajo el suelo en LAC	69
Figura 3.2-9 Porcentaje de carbono al interior de áreas protegidas en comparación con el total de carbono por país.	72
Figura 3.3-1 Brasil, emisiones de GEI por Sector.	73
Figura 3.3-2 Brasil, emisiones de GEI por gas.	73
Figura 3.3-3 México, emisiones de GEI por Sector.	74
Figura 3.3-4 México, emisiones de GEI por gas.	74
Figura 3.3-5 Argentina, emisiones de GEI por Sector.	75
Figura 3.3-6 Argentina, emisiones de GEI por gas.	75
Figura 3.3-7 Colombia, emisiones de GEI por Sector.	76
Figura 3.3-8 Colombia, emisiones de GEI por gas.	76
Figura 3.3-9 Venezuela, emisiones de GEI por Sector.	77

Figura 3.3-10 Venezuela, emisiones de GEI por gas.	77
Figura 3.3-11 Chile, emisiones de GEI por Sector.	78
Figura 3.3-12 Chile, emisiones de GEI por gas.	78
Figura 4.1-1: Fuentes de incertidumbre asociados a la modelación climática.	82
Figura 4.1-2: Escenarios de emisión de gases de efecto invernadero utilizados del AR6.	83
Figura 4.1-3: Escenarios de emisiones del AR6 y sus trayectorias hacia 2100.	88
Figura 4.1-4: Países de América Latina y el Caribe junto con la grilla espacial (líneas en rojo) generada para el reporte de los resultados cartográficos.	90
Figura 4.1-5: Regiones IPCC utilizadas en el presente reporte y los países de América Latina y el Caribe que se hallan en ellas.	92
Figura 4.1-6: Zonas con elevación sobre los 1.000 m.s.n.m. (marcadas en naranja) en ALC.	95
Figura 4.1-7: Cambios esperados en temperatura media anual (en °C) para los escenarios más y menos favorable.	98
Figura 4.1-8: Cambios esperados en precipitación total anual (en %) para los escenarios más y menos favorable.	99
Figura 4.1-9: Cambios esperados en evapotranspiración potencial anual (en %) para los escenarios más y menos favorable.	100
Figura 4.1-10: Cambios esperados en precipitación y temperatura para cuatro escenarios en tres periodos para Bolivia. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.	102
Figura 4.1-11: Cambios esperados en evapotranspiración potencial a para cuatro escenarios en tres periodos para Bolivia. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.	103
Figura 4.1-12: Cambios esperados en precipitación y temperatura para cuatro escenarios en tres periodos para Ecuador. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.	104
Figura 4.1-13: Cambios esperados en evapotranspiración potencial a para cuatro escenarios en tres periodos para Ecuador. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.	105
Figura 4.1-14: Cambios esperados en precipitación y temperatura para cuatro escenarios en tres periodos para México. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.	106
Figura 4.1-15: Cambios esperados en evapotranspiración potencial a para cuatro escenarios en tres periodos para México. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.	107
Figura 4.1-16: Cambio en sentido de índice de aridez (positivo o negativo) para el promedio de las proyecciones bajo escenario SSP1-1.9 en periodo 2021-2040.	109
Figura 4.1-17: Número de transiciones en categoría de índice de aridez para el promedio de las proyecciones bajo escenario SSP1-1.9 en periodo 2021-2040.	110
Figura 4.1-18: Cambio en sentido de índice de aridez (positivo o negativo) para el promedio de las proyecciones bajo escenario SSP5-8.5 en periodo 2081-2100.	111

Figura 4.1-19: Número de transiciones en categoría de índice de aridez para el promedio de las proyecciones bajo escenario SSP5-8.5 en periodo 2081-2100	112
Figura 4.1-20: Cambios simulados sobre promedios globales de eventos extremos de acidez oceánica para el período 1800-2100.	115
Figura 4.1-21: Cambios regionales simulados en días extremos anuales de presencia de aragonito desde el período preindustrial hasta 2081-2100 bajo el escenario RCP8.5 en la superficie (a) y a 200 m (b).	116
Figura 4.1-22: América Latina y el Caribe: blanqueamiento de los arrecifes coralinos según las categorías de la NOAA (1963 a 2018) y situación de las amenazas locales a los corales según el PNUMA (2016).	117
Figura 4.1-23: Cambio medio global (m) del nivel del mar en relación con 1900.	118
Figura 4.1-24: Exposición de la superficie terrestre (paneles superiores) y el capital construido (paneles inferiores) a escenarios RCP4.5 y RCP8.5.	119
Figura 4.1-25: cambios proyectados en temperatura media anual, precipitación total, precipitación de 5 días, y días secos consecutivos para distintos escenarios de incremento de temperaturas (aumentos de 1,5, 2 y 4°C), relativos al periodo 1850-1900. Resultados basados en 32 modelos de escenario SSP5-8.5 para ALC.	121
Figura 4.2-1 Mapa de porcentaje de especies expuesta a condiciones sin precedentes de temperatura al año 2100 según los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y 8.5	123
Figura 4.2-2 Porcentaje de especies expuesta a condiciones sin precedentes de temperatura al año 2100 según los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y 8.5	124
Figura 4.2-3 Síntesis de impactos observados y proyectados, diferenciados para diferentes sectores y cada subregión de Centro y Sudamérica	129
Figura 4.2-4 Metaanálisis de las reducciones en el rendimiento de los cultivos	130
Figura 5.2-1. Argentina, Vías (pathways) domésticas modeladas, políticas y acciones "Altamente insuficientes".	139
Figura 5.2-2. Brasil, Vías (pathways) domésticas modeladas, políticas y acciones "Insuficientes".	140
Figura 5.2-3. Chile, Vías (pathways) domésticas modeladas, políticas y acciones "Casi suficientes"; "Insuficientes" excluyendo UTCUTS.	141
Figura 5.2-4. Colombia, Vías (pathways) domésticas modeladas, políticas y acciones "Altamente insuficientes".	141
Figura 5.2-5. Costa Rica, Vías (pathways) domésticas modeladas, políticas y acciones "Casi suficientes" en el caso de los valores mínimos, e "Insuficientes" en caso de los valores máximos.	142
Figura 5.2-6. México, Vías (pathways) domésticas modeladas, políticas y acciones "Altamente insuficientes".	142
Figura 5.2-7. México, Vías (pathways) domésticas modeladas, políticas y acciones "Insuficientes".	143
Figura 5.2-8 Evaluación de un amplio espectro de objetivos y acciones gubernamentales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de acuerdo con el límite de temperatura del Acuerdo de París.	144

Figura 5.3-1 Estado de los objetivos de emisiones netas de las NDC de los países que conforman ALC. 149

Índice de tablas

Tabla 2.1-1. Balance de carbono sobre el suelo estimado por Alaniz et al., (2022).	31
Tabla 2.1-2. Métricas asociadas al recurso hídrico para subregiones de ALC.	48
Tabla 3.2-1 Balance de carbono de los bosques en los países de ALC	65
Tabla 3.2-2 Productividad primaria y stocks de carbono sobre y bajo el suelo.	70
Tabla 3.3-1 Indicadores en base al PIB, Población y emisiones para países de ALC.	80
Tabla 4.1-1. Detalle de las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP) definidas en AR6.	84
Tabla 4.1-2: Número de modelos CMIP6 por escenario de emisión de GEI analizados.	89
Tabla 4.1-3: Tipo de clima según índice de aridez (IA).	96
Tabla 4.1-4: Porcentaje de la superficie total del país con transición hacia la aridificación*.	113
Tabla 4.2-1: Macrogrupos de ecosistemas y su categoría de conservación.	126
Tabla 4.2-2. Pobreza en 2025 ante cambio climático (Con fertilización del carbono): Escenarios simulados.	133
Tabla 5.1-1. Registro de NDC de los países de ALC.	135
Tabla 5.3-1. Objetivos relacionados a la reducción de emisiones de GEI y estado de ellos.	146

Glosario de abreviaturas

ALC:	América Latina y el Caribe.
AP:	Acuerdo de París.
CAF:	Banco de Desarrollo de América Latina.
CCG-UC:	Centro de Cambio Global de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
CMNUCC:	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
CMIP:	Proyecto de Inter Comparación de Modelos Acoplados.
CNP:	Contribuciones de la Naturaleza a las Personas.
COP:	Conferencia de las Partes.
ECLP:	Estrategia Climática a Largo Plazo.
ERNC:	Energías Renovables no Convencionales.
GEI:	Gases de Efecto Invernadero.
GCM:	Modelos de clima global.
INGEI:	Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero.
IPBES:	Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas.
IPCC:	Panel Intergubernamental de Expertos del Cambio Climático.
IUCN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
MTR:	Marco de Transparencia Reforzado.
MRV:	Monitoreo, Reporte y Verificación.
M&E:	Monitoreo y Evaluación.
NDC:	Contribuciones Determinadas a nivel Nacional.
ODS:	Objetivos de Desarrollo Sostenible.
PIB:	Producto Interno Bruto.
RED:	Reporte de Economía y Desarrollo.
RCP:	Trayectoria de Concentración Representativa.
SSP:	Trayectoria Socioeconómica Compartida.

1. Introducción

Este documento de trabajo se centra en las bases de la ciencia física del cambio climático y hace hincapié en indicadores que describan la naturaleza del cambio climático en la región, sus principales efectos en la actividad económica y en los asentamientos humanos, y la contribución de la región a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Este documento se organiza como sigue, en la sección 2 se presenta la ciencia del cambio climático y sus interacciones con la biodiversidad y economía en América Latina y el Caribe (ALC), describiendo características de biodiversidad, actividad económica y socioeconómicas de la región. En la sección 3 se muestra la contribución de ALC al cambio climático, analizando sus emisiones por sector y capturas. En la sección 4 se muestran efectos del cambio climático en ALC, poniendo especial énfasis el desarrollo de escenarios climáticos para la región. La sección 5 muestra un análisis de los compromisos climáticos de ALC. Finalmente, la sección 6 describe los hallazgos principales de este documento.

2. Ciencia del cambio climático e interrelaciones con biodiversidad y economía en ALC

2.1. ¿Qué es el cambio climático?

De acuerdo con el glosario del último informe del IPCC (IPCC, 2022b), el cambio climático se refiere a un cambio en el estado del clima que puede identificarse (por ejemplo, mediante el uso de pruebas estadísticas) por cambios en la media y/o la variabilidad de sus propiedades y que persiste durante un período prolongado, generalmente décadas o más. El cambio climático puede atribuirse a procesos internos naturales o forzamientos externos, como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas y cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra. Estos últimos generan lo que se conoce como cambio climático antropogénico, el cual está asociado a las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de las actividades humanas, que comienzan a partir del periodo de industrialización desde 1850, con la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y gas natural, la pérdida de bosques, cambios en el uso de la tierra y patrones de consumo lineales insostenibles que tienen como principal fuente de emisiones a las industrias energética y manufacturera, el transporte, la edificación y la agricultura (Organización de las Naciones Unidas, 2022). Es importante tener en cuenta que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como: “un cambio de clima que se atribuye directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC, por lo tanto, hace una distinción entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

El sistema climático de nuestro planeta siempre ha sido dinámico y en constante cambio. A lo largo de las eras han ocurrido periodos de calentamiento y enfriamiento que han formado parte de los procesos naturales del sistema climático planetario. Sin embargo, el calentamiento que estamos experimentando actualmente, se está dando mucho más acelerado y los diferentes biomas y ecosistemas no tienen la capacidad suficiente para adaptarse.

El cambio climático antropogénico ya está afectando todo el mundo a través de cambios extremos en el clima y de fenómenos meteorológicos como sequías extremas, fuertes precipitaciones, ciclones tropicales y olas de calor. Actualmente existe alta confianza de que el cambio climático antropogénico es uno de los principales motores de estos cambios mostrando extremos cálidos más frecuentes e intensos y extremos fríos menos frecuentes y severos en diversas regiones del planeta desde 1950 (IPCC, 2020). Además, el cambio climático es considerado uno de los mayores desafíos sociales y ecológicos del siglo XXI (Dietz, et al., 2020).

Con el aumento del calentamiento global, se prevé que cada región experimente cada vez más problemas simultáneos y de efectos múltiples a pesar de que ocurran dentro de un mismo continente. Cambios de 2 °C en el promedio de temperaturas puede afectar el clima local (IPCC, 2021). Es en este contexto en el que se encuentran los denominados *puntos de inflexión climáticos*, conocidos como aquel umbral que, de ser traspasado, conlleva a cambios significativos e incluso irreversibles en el sistema climático de la tierra (o algún entorno de este). En ese sentido, el superar los 2°C (1,5°C como meta principal) fijados en el Acuerdo de París produciría impactos en la biosfera que no tendrían retorno, como extinciones masivas, áreas en inundación permanente, pérdida de viabilidad de cultivos, entre otras calamidades.

Uno de los efectos más notorios respecto del traspaso de estos puntos de inflexión, tiene que ver con la pérdida de biodiversidad en bosques y selvas (boreales y Amazónicas) como consecuencia de las intervenciones antrópicas y las emisiones vinculadas al cambio de uso de la tierra. Pérdidas de hielo y permafrost en los distintos polos también se vinculan con el sobrepaso de los umbrales que llevan a los mencionados puntos de inflexión.

Debido a la complejidad del sistema climático, estos puntos de inflexión no son únicos o asociados a una sola variable, y en muchos casos no son independientes (como el aumento de temperaturas producto del aumento sostenido en las emisiones de GEI). En cuanto a la cantidad de estos puntos de inflexión, existe consenso en considerar nueve de ellos como aquellos más sensibles, cuya expresión implica un punto de no retorno en el sistema correspondiente:

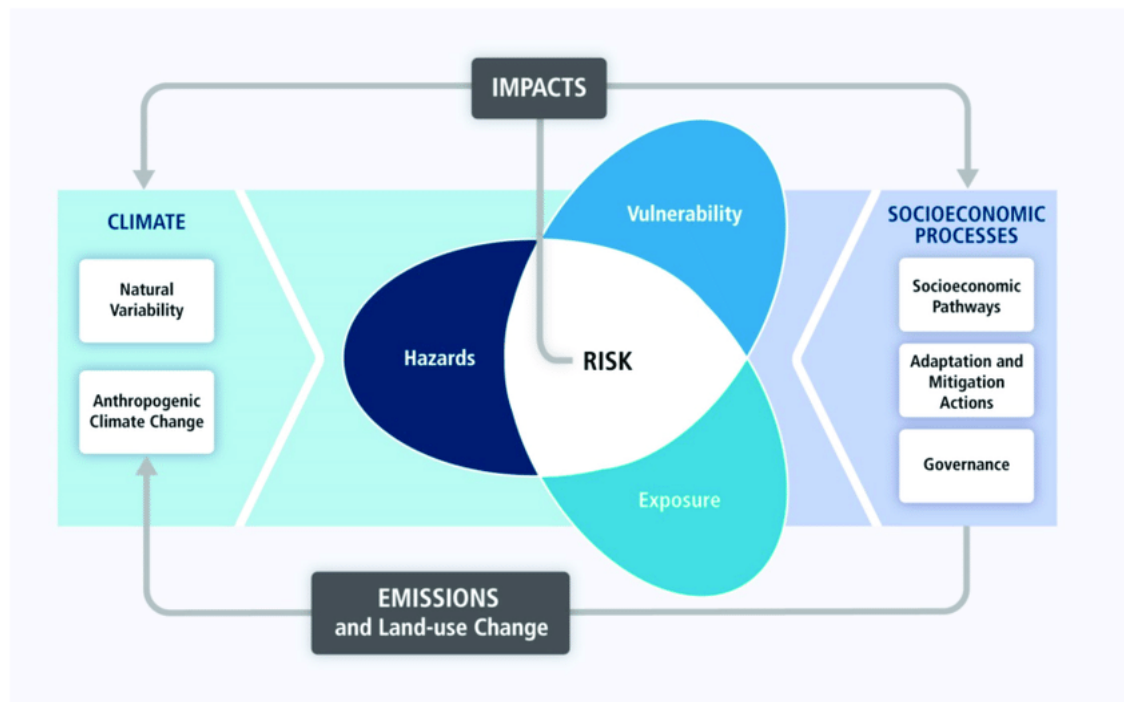
1. Derretimiento del hielo ártico marino.
2. Derretimiento del hielo en Groenlandia.
3. Pérdida de los bosques boreales.
4. Pérdida de la selva amazónica.
5. Pérdida de permafrost.
6. Debilitamiento de la circulación de vuelco meridional del Antártico.
7. Pérdida de corales de agua caliente.
8. Pérdida de la capa de hielo antártico occidental.
9. Pérdida de la capa de hielo en partes del antártico oriental.

Estos procesos ya están ocurriendo a escala global, no obstante, existen diferencias en los efectos esperados en distintas regiones del planeta. En el capítulo 4 de este documento se entregan escenarios específicos para la región de ALC.

Para poder entender las distintas alternativas que tenemos para hacer frente a los riesgos del cambio climático se pueden utilizar los conceptos generados en el Informe Especial sobre Cambio Climático y Eventos Extremos (SREX) y el quinto informe del IPCC (Murray y Ebi; IPCC, 2014). Este marco conceptual se presenta en la Figura 2.1-1.

De acuerdo con este marco conceptual, la ocurrencia de un impacto (potencialmente podría ser positivo pero la literatura normalmente se refiere a estas relaciones en forma negativa) ocurre cuando se dan tres factores: 1) una amenaza climática, entendida como la posibilidad de que ciertos fenómenos climáticos (como las sequías), afecten por un tiempo significativo zonas específicas, produciendo pérdidas en cultivos, falta de agua, desempleo, y otros factores negativos; 2) un sistema natural o humano que es expuesto, que considera el grado en que cierto sistema en su territorio se encuentra predispuesto a ser afectado por las amenazas potenciales; y 3) la vulnerabilidad a las amenazas dado el grado de exposición, vale decir, existe una vulnerabilidad dependiendo de que tan expuesto se esté a la amenaza. Si no se dan estos tres factores, no existe el riesgo, ni su manifestación, que corresponde al desastre. Con respecto a las amenazas climáticas, podemos distinguir un componente que corresponde a la variabilidad natural intrínseca al sistema climático. Esto puede verse exacerbado o disminuido como resultado del cambio climático antropogénico. La **mitigación** de las emisiones de gases de efecto invernadero (y captura de los gases ya presentes en la atmósfera) puede, a largo plazo, reducir la magnitud de este cambio en la amenaza. Por otro lado, la magnitud del desastre puede minimizarse a través de una reducción en la exposición y/o vulnerabilidad de los grupos amenazados. El desarrollo sostenible contribuye a ambos efectos en particular a través del desarrollo de políticas y/o medidas de **adaptación y gestión de desastres**. Si bien el objetivo de ambas estrategias es el mismo, la adaptación al cambio climático puede reconocerse como un complemento a la gestión de desastres diseñada para amenazas que se manifiestan a largo plazo.

Figura 2.1-1. Relaciones entre la adaptación y la mitigación para la reducción de riesgos del cambio climático.

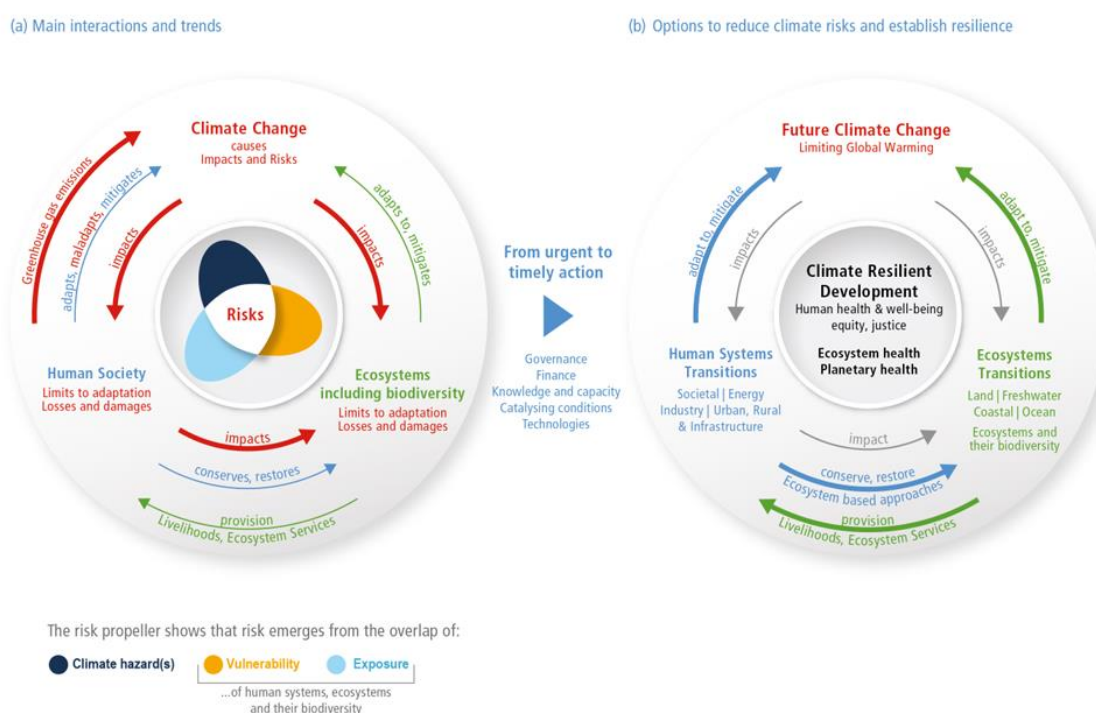


Fuente: IPCC (2014).

2.2. Interrelaciones entre biodiversidad, actividad económica y cambio climático

En esta sección se presenta el marco conceptual que permite relacionar la biodiversidad y los ecosistemas, la actividad económica (sociedad humana) y el cambio climático. Además, se presenta evidencia con respecto a esas relaciones. El marco conceptual presentado en la sección anterior se extiende en el reporte del Grupo II del Sexto Informe de Evaluación (AR6) del cambio climático (IPCC, 2022b), reconociendo la interdependencia del clima, los ecosistemas y la biodiversidad y la sociedad humana. Este marco conceptual extendido se presenta en la Figura 2.2-1.

Figura 2.2-1: Interrelaciones entre el clima, los ecosistemas y la biodiversidad y las sociedades humanas



Fuente: IPCC (2022b).

Estas interacciones son la base de los riesgos emergentes del cambio climático, la degradación de los ecosistemas y la pérdida de biodiversidad. En la parte (a) de la figura, la sociedad humana causa el cambio climático (líneas azules). El cambio climático, a través de amenazas, exposición y vulnerabilidad genera impactos y riesgos (líneas rojas) que pueden sobrepasar los límites de adaptación y resultar en pérdidas y daños. La sociedad humana puede adaptarse, adaptarse mal y/o mitigar el cambio climático, los ecosistemas y la biodiversidad pueden adaptarse y mitigar dentro de ciertos límites (líneas verdes). Los ecosistemas y su biodiversidad proporcionan medios de subsistencia y servicios ecosistémicos que pueden verse afectados por los impactos que genera la sociedad humana, la cual a su vez puede restaurarlos y conservarlos para asegurar el flujo de contribuciones de los ecosistemas a las personas o servicios ecosistémicos y potenciar la mitigación y adaptación ante el cambio climático que poseen los ecosistemas y la biodiversidad en general. Al mismo tiempo, estas interrelaciones ofrecen

oportunidades para el futuro. En la parte (b) de la figura se establecen las interrelaciones que permiten cumplir los objetivos del desarrollo resiliente al clima, apoyando el bienestar de los ecosistemas y del planeta, así como el bienestar humano, a través de una transición de la sociedad y los ecosistemas hacia un estado más resiliente. La adopción de medidas está habilitada por la gobernanza, las finanzas, el conocimiento y la creación de capacidad, la tecnología y las condiciones catalizadoras.

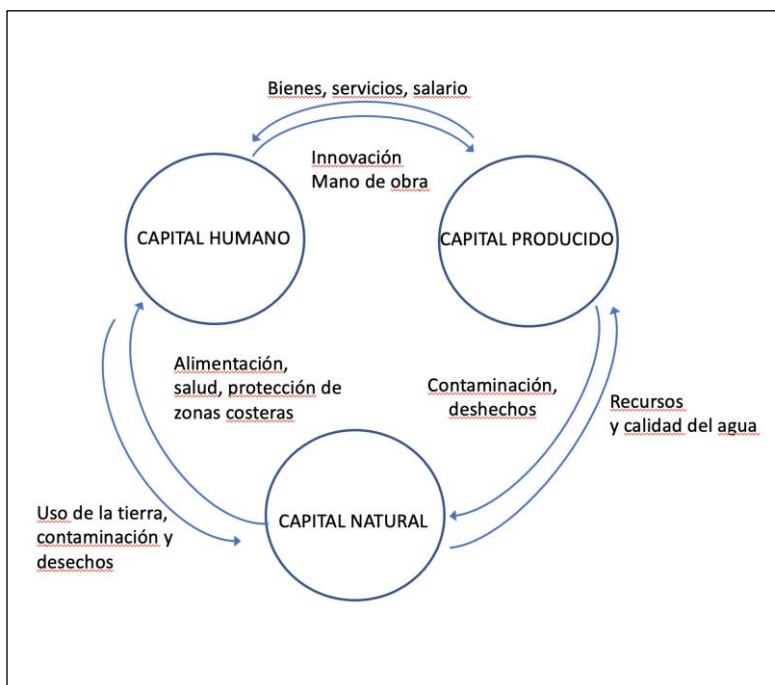
La acumulación de CO₂ en la atmósfera se entiende como una modificación en el ciclo del carbono como consecuencia de la actividad humana asociada a procesos económicos que son intensos en el uso de combustibles fósiles, como por ejemplo los procesos asociados al transporte, generación eléctrica, industria y actividades agrícolas. El ciclo del carbono está controlado en gran medida por la biodiversidad. Los combustibles fósiles, por ejemplo, son producto de la biodiversidad que a través de procesos de descomposición de la materia orgánica que contienen animales y plantas dan origen al carbón, petróleo y gas natural. La acción humana modifica la concentración del carbono desde la corteza terrestre hacia la atmósfera generando un calentamiento a nivel global. La biodiversidad, por otro lado, es capaz de fijar y secuestrar el carbono presente en la atmósfera a través de la fotosíntesis llevada a cabo por las plantas y microorganismos. Los ecosistemas forestales y turberas capturan y secuestran grandes cantidades de carbono, lo mismo sucede en los ecosistemas marinos a través de los microorganismos fotosintetizadores que fijan carbono y los exportan al fondo marino a través de la bomba biológica del carbono.

En este contexto, las actividades económicas que perturban estos ecosistemas, a través de cambios en el uso de la tierra, desde ecosistemas que fijan carbono a ecosistemas que emiten carbono, son de particular relevancia. Entre estas actividades sobresalen la agricultura y ganadería y las pesquerías y sobre todo la pesca de arrastre, la destrucción de manglares y sobreexplotación de los pastos marinos y macroalgas. Entre estas actividades la agricultura y la ganadería son de gran importancia en los trópicos pues conllevan la transformación de bosques tropicales que fijan y almacenan carbono en la biomasa vegetal y en los suelos, a praderas y zonas agrícolas que por lo general son emisores netos de carbono y otros gases de efecto invernadero como el óxido nitroso y el metano. Por otro lado, esta transformación se asocia generalmente a la tala o quema del bosque y trae efectos negativos sobre la biodiversidad y el clima.

Otra manera simple de conceptualizar la interacción entre los sistemas económicos, la biodiversidad y sus interacciones con el cambio climático, es analizando como los distintos tipos de bienes capitales interactúan (ver Figura 2.2-2). Los bienes capitales son el capital humano, que se refiere a la riqueza productiva embebida en el trabajo, las habilidades y los conocimientos. El capital producido se refiere a bienes de capital incorporados en las estructuras y bienes producidos por los seres humanos, como carreteras, edificios, máquinas y equipos. Finalmente, tenemos el capital natural que corresponde al conjunto de activos naturales renovables y no renovables que producen un flujo de beneficios para las personas (es decir, los servicios de los ecosistemas o contribuciones de la naturaleza a las personas, CNP, Díaz et al., 2018). Un desarrollo económico donde el capital humano y el capital producido se incrementan a costas del capital natural no es sustentable (e.g. Dasgupta, 2021). Desgraciadamente, en general esta es la situación a nivel global, con un decrecimiento de un 40% del capital natural per cápita entre 1992 y 2014 (Managi y Kumar, 2018). En este contexto, las actividades económicas son el principal promotor del cambio climático y ambos factores afectan negativamente la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, lo cual a su vez implica una menor capacidad para mitigar y adaptarse a los impactos del cambio climático. Alinear la actividad económica de una manera que permita abatir la crisis climática y de

biodiversidad es uno de los grandes desafíos que enfrenta el planeta y especialmente los países de la región.

Figura 2.2-2. Relaciones entre los distintos tipos de capital



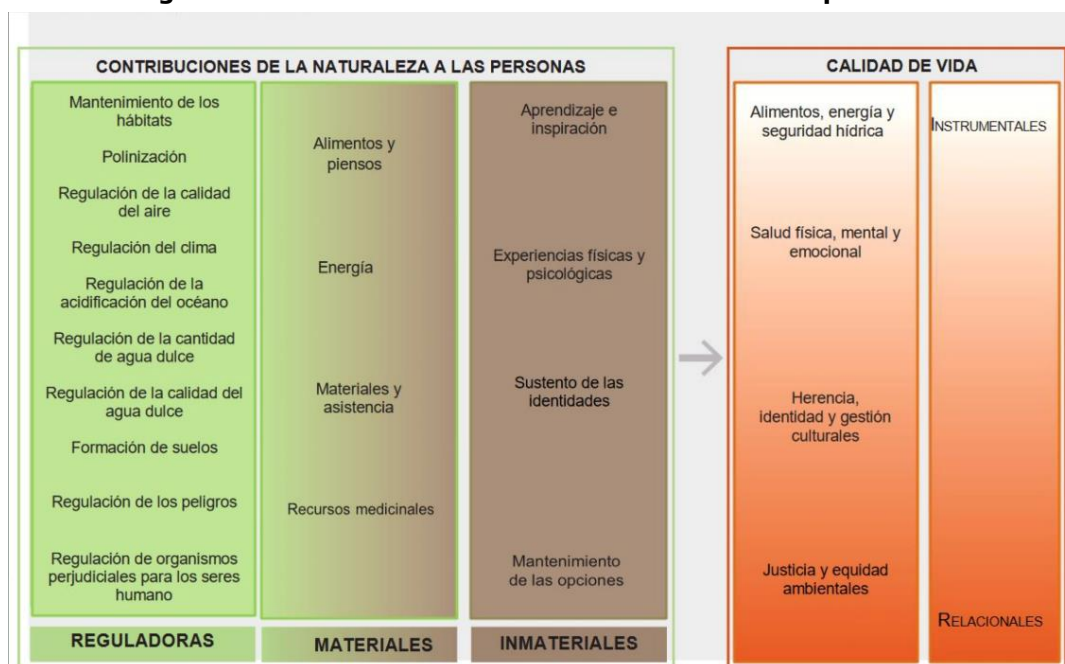
Fuente: (modificado de Dasgupta 2021).

Clima y biodiversidad están inextricablemente ligados el uno a la otra y al futuro de la humanidad (Pörtner et al., 2021) por ello no es de extrañar que estemos atravesando por una crisis climática que también es una crisis en la biodiversidad y en la sociedad. Las complejas y múltiples conexiones entre el clima, biodiversidad y actividad económica se reflejan por lo general en sinergias y compromisos. Un ejemplo de sinergia es una acción de protección de la biodiversidad, que al mismo tiempo contribuya a mitigar el cambio climático y genere actividades económicas, como por ejemplo se postula en las soluciones basadas en la naturaleza o soluciones naturales al clima (Cohen-Shacham, 2016; Griscom, 2017; Seddon, 2017); o una actividad económica que aumente la capacidad de especies o ecosistemas para adaptarse y/o mitigar los cambios climáticos.

El crecimiento económico y el comercio pueden afectar positiva o negativamente la biodiversidad y las contribuciones de la naturaleza a las personas. En la actualidad, este impacto sobre la biodiversidad y las contribuciones de la naturaleza a las personas es negativo (IPBES 2018). El producto interno bruto (PIB) de la región se ha multiplicado por seis desde 1960 lo que ha ido aparejado con un incremento de la calidad de vida de muchas personas, no obstante que América Latina sigue manteniendo un alto nivel de desigualdad (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2018), lo que se manifiesta en una población con una riqueza creciente y una mayor demanda de alimentos, agua y energía. Sin embargo, satisfacer estas demandas ha aumentado la presión sobre los recursos naturales, con consecuencias negativas para la biodiversidad, las CNP y la calidad de vida de muchas personas.

La biodiversidad y CNP, o las contribuciones de la naturaleza mediadas por diversidad de organismos, ecosistemas y sus procesos ecológicos y evolutivos asociados a la calidad de vida de las personas (ver Figura 2.2-3), están disminuyendo en general en la región de ALC. Un informe reciente acerca del estado de la biodiversidad en las Américas (IPBES, 2018) señala que el 65% de las CNP están disminuyendo, de las cuales el 21% está disminuyendo fuertemente. Los humedales han sido altamente transformados en grandes extensiones de las Américas, sobre todo por la expansión de la agricultura, la ganadería y la urbanización. La biodiversidad marina, especialmente asociada a hábitats específicos como los arrecifes de coral y los manglares, ha sufrido grandes pérdidas en las últimas décadas, lo que ha provocado una disminución en la provisión de alimentos, los medios de vida y la "continuidad cultural" de las poblaciones costeras. Las especies exóticas, incluidas las especies exóticas invasoras, abundan en todas las zonas de las Américas, aunque sus impactos en la biodiversidad, las culturas y las economías difieren entre las subregiones. Otro de los resultados importantes del informe IPBES (2018) tiene que ver con el grado de amenaza de la biodiversidad en la región, señalando que cerca de una cuarta parte de las 14.000 especies en los grupos taxonómicos evaluados exhaustivamente en América por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) están clasificadas como con alto riesgo de extinción. Y este riesgo está aumentando en los hábitats terrestres, marino costeros y de agua dulce. De los grupos de especies endémicas que se han evaluado por su riesgo de extinción, más de la mitad de las especies del Caribe, más del 40% en Mesoamérica y casi una cuarta parte en América del Norte y América del Sur se encuentran en alto riesgo. La pérdida de poblaciones o especies puede reducir las contribuciones de la naturaleza a la seguridad hídrica, energética y alimentaria, a los medios de subsistencia y las economías.

Figura 2.2-3. Contribuciones de la naturaleza a las personas.



Fuente: Fischer, M., Rounsevell, M. Rando, A. T'M. et al., (2018).

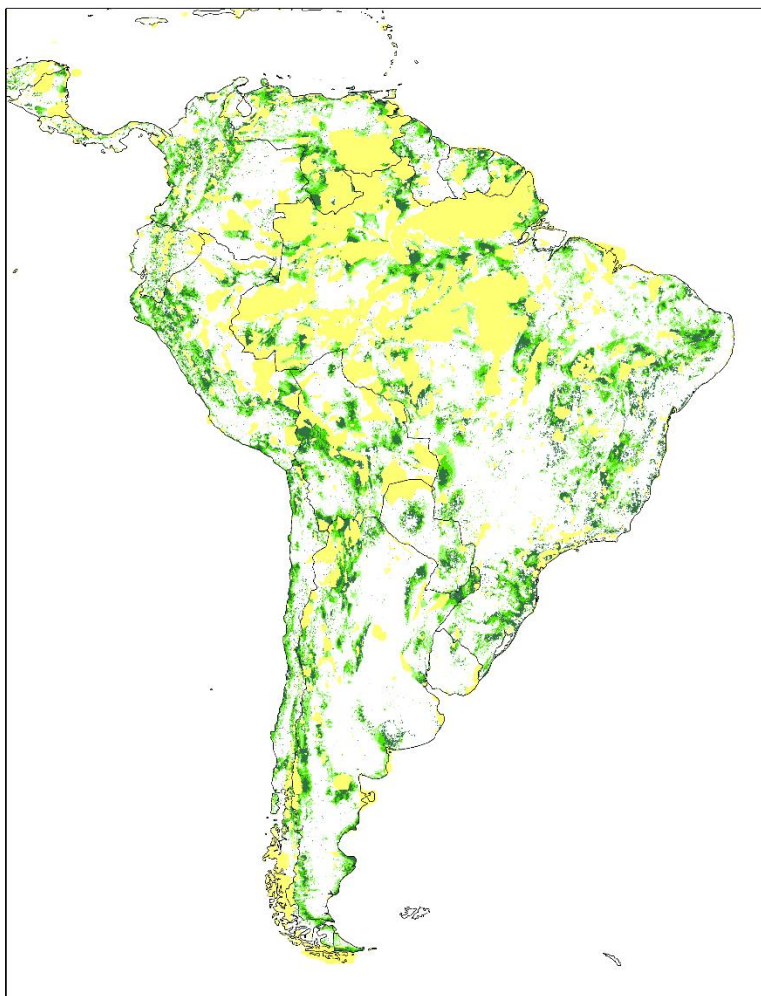
En los biomas de la región, los motores de cambio más importantes asociados con la pérdida de biodiversidad y las CNP, son la conversión del hábitat, la fragmentación y la

sobreexplotación (IPBES 2018). La degradación del hábitat debida a la conversión de la tierra e intensificación de la agricultura; el drenaje y la conversión; la urbanización y otras nuevas infraestructuras y la extracción de recursos son las mayores amenazas directas. El cambio climático, por otro lado, se está convirtiendo en un motor de cambio cada vez más importante, amplificando el impacto de otros impulsores (por ejemplo, la degradación del hábitat, contaminación, especies invasoras, enfermedades emergentes y sobreexplotación) a través de cambios en la temperatura, las precipitaciones y fenómenos extremos (e.g., Pounds et al., 2006; Feeley et al., 2010; Moura-Campos et al., 2021). Los cambios regionales en temperatura de la atmósfera y del océano estarán acompañados de cambios en 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, han tenido impactos adversos en la biodiversidad y en las CNP. La mayoría de los ecosistemas de las Américas ya han experimentado un aumento de las temperaturas medias y extremas y, en algunos lugares, en las precipitaciones, lo que ha provocado un incremento en incidencia de incendios, particularmente en la Amazonia (Lima et al., 2017) además de cambios en las distribuciones e interacciones entre especies y en los límites de los ecosistemas (e.g., Parmesan, 2006; Pacheco et al., 2010; Trisos et al., 2020). La respuesta de las especies puede variar dependiendo de las tolerancias a cambios en las condiciones abióticas. Cuando las tolerancias son estrechas, la respuesta involucra el movimiento de dispersión siguiendo las condiciones más favorables para la persistencia (e.g., Travis et al., 2013, Ashraf et al., 2017). Por ejemplo, Morueta-Holme et al., (2015) analizaron la distribución de las actividades humanas y la biodiversidad de plantas en el monte Chimborazo (Ecuador), precisamente 210 años después de que la expedición de Humboldt dejara un registro detallado de su ocurrencia. Esta revisita les permite documentar cambios ascendentes en la distribución de las zonas de vegetación, así como aumentos en los límites de elevación máxima de especies de plantas de >500 m en promedio. Estos cambios de distribución son consistentes con el aumento de las temperaturas y el retroceso de los glaciares en el Chimborazo desde el estudio de Humboldt. Este estudio es contundente en señalar que el calentamiento global está remodelando fuertemente las distribuciones de las plantas tropicales (e.g., Feeley et al., 2013) y probablemente el de muchas otras especies, tal como lo sugieren la evidencia teórica (e.g., Huey et al., 2009). En este contexto, el cambio climático emerge como un importante modificador de la idoneidad del hábitat para muchas especies, y en particular para ectotermos (y se predice que su impacto en elevar las tasa de extinción será fuerte sobre América Latina (e.g., Urban, 2015) y particularmente para el caso de ectotermos en áreas montañosas tropicales (Deutsch et al., 2008) como es el caso de las ranas del género *Atelopus* donde más de 80 especies han desaparecido recientemente debido al cambio en el clima y su interacción con brotes de hongos patógeno (Ron et al., 2003, Pounds et al, 2006). Las subidas en temperatura proyectadas por el IPCC pueden tener efectos devastadores en las especies de montaña que por lo general poseen una distribución reducida, como las salamandras y ranas de los bosques nublados y de las cimas de las montañas de América Central y del Sur. Tal como lo señalan Wake y Vrendenburg (2008) las extinciones de anfibios aumentan en las montañas.

De hecho el reciente calentamiento constituye una "escalera mecánica hacia la extinción" en las zonas andinas donde el movimiento en altura tiene límites impuestos por la topografía ya que eventualmente no existe área donde habitar, tal como lo comprueban las aves de una montaña peruana donde las especies de gran altitud han disminuido tanto en tamaño como en abundancia, y varios residentes de la cima de la montaña que antes eran comunes han desaparecido de la comunidad local.(Freeman et al., 2018).

En las partes con elevadas tasas de extinción, como resultado del efecto sinérgico del cambio de cobertura del suelo y el cambio climático, se verifica que las especies no pueden migrar o dispersarse en respuesta al cambio climático ya que dichas rutas de movimiento usualmente están colonizadas por coberturas humanas (Robillard et al., 2015). La extinción de especies repercute directamente sobre el bienestar humano, ya que están asociadas a servicios ecosistémicos, que van desde la regulación climática e hídrica, hasta la polinización y control biológico de especies y plagas para la agricultura (Weiskopf et al., 2020) por lo que conservar y restaurar ecosistemas debería ser una prioridad. En un estudio reciente, se han identificado áreas en América Latina que permitirían el movimiento de las especies en respuesta al cambio climático y se señala que, de incrementar la actual red de áreas protegidas hasta un 30%, se disminuiría la tasa de extinción producto del cambio climático en un 50% (Hannah et al., 2020; Figura 2.2-4).

Figura 2.2-4. Prioridades de las acciones de conservación para maximizar la protección de las especies bajo el cambio climático en América Latina.



Nota: Las áreas en verde representan los lugares más eficaces para la conservación de especies de plantas y vertebrados tanto en el clima actual como en las proyecciones climáticas futuras (RCP8.5 2060-2080), ya que su identificación contempla que las áreas permitan su movimiento en respuesta al cambio climático, si se añaden a la cartera de conservación existente. Las áreas con mayor intensidad de color son las más importantes.

Fuente: Datos elaborados por el Proyecto SPARC financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial. <https://www.sparc-website.org> (para mayores detalles ver Hannah et al., 2020)

Se puede afirmar que 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). Usualmente la pérdida de hábitat está relacionada al reemplazo de coberturas naturales por coberturas antropogénicas, destinadas a la expansión agrícola, la urbanización, minería, entre otras (Butchart et al., 2010; Curtis et al., 2018). El reemplazo de las coberturas naturales conlleva una reducción en la cantidad de recursos de los cuales disponen las especies, lo cual afecta la viabilidad de las poblaciones que sobreviven al cambio directo del uso del suelo (Carvajal et al., 2018). En primer lugar, se genera un empaquetamiento de individuos en los parches remanentes de hábitat natural lo cual conlleva a un aumento inicial de la abundancia, sin embargo, después de un tiempo las poblaciones comienzan a decrecer y a eventualmente extinguirse debido a procesos denso-dependientes, que

por lo general actúan con cierto retraso, esto se conoce como deuda de extinción (Tilman et al., 1994; Halley et al., 2016). Entre los efectos que conlleva la pérdida de hábitat esta la reducción en los tamaños poblacionales efectivos, reducción en la variabilidad genética de las poblaciones y el aumento en la depresión por endogamia, lo que determina una reducción en la adecuación, y por ende en la tasa de crecimiento poblacional afectando la viabilidad de dichas poblaciones (González et al., 2020). Este tipo de fenómenos pueden ser también intensificados por otros procesos como el cambio climático, el cual tiene efectos sinérgicos con distintos motores de cambio global, incluidos el cambio de uso del suelo (e.g., Sala et al., 2000; Mclaughlin et al., 2002; Higgins, 2007) altera significativamente el funcionamiento de los ecosistemas.

Los estudios disponibles señalan que el aumento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones han sido responsables por el aumento en la degradación de los boques a escala global (Gatti et al., 2021; Grantham et al., 2020). Este fenómeno se vincula con el estrés de las plantas producido por la escasez hídrica, lo cual inhibe su función fotosintética y la obliga a realizar respiración pudiendo, en el caso de sequías prolongadas, llegar a una situación de inanición por carbono asociada al agotamiento de los carbohidratos no estructurales (NSC) en respuesta al cierre estomático, a la reducción de la asimilación de carbono y a la dependencia sostenida del almacenamiento de carbono y eventualmente a una falla hidráulica (Senf et al., 2018, Hartmann 2015) que lleva a la muerte de la planta por desecamiento tal como ha sucedido en el contexto de la sequía más prolongada e intensa experimentada en el centro y sur de Chile desde 2010 (Garreaud et al., 2017; Miranda et al., 2020). Este incremento en la mortalidad de árboles a escala global conlleva la liberación de una gran cantidad de carbono contenido en estos ecosistemas (Mitchard, 2018).

América latina y el caribe concentran una diversidad de ecosistemas y especies muy elevada sobre todo en las zonas tropicales (Raven et al., 2022). En particular, los bosques tropicales poseen niveles muy elevados de diversidad de especies, mientras que en los bosques del sur de Sudamérica destacan ecosistemas con altos niveles de endemismo (e.g., Armesto et al., 1998; Alaniz, 2019). La biodiversidad de la región entrega servicios ecosistémicos fundamentales a escala planetaria, contribuyendo con la regulación del clima regional y la captura de gases de efecto invernadero (Hubau et al., 2020). Esta biodiversidad ha sido ampliamente afectada por las actividades económicas de la región y el cambio climático, las cuales en conjunto han generado una degradación significativa de los ecosistemas (Curtis et al., 2018). En América Central los procesos de pérdida y fragmentación de hábitat ocurridos durante los 80 para la habilitación de terrenos para el cultivo han reducido las superficies naturales casi exclusivamente a las áreas protegidas (Heckadon-Moreno, 1997). Por otro lado, en Sudamérica la expansión de la soja ha producido una acelerada pérdida de superficies de bosque tropical en la Amazonía brasilera y en el chaco paraguayo (Curtis et al., 2018). El mismo proceso es evidenciado en Chile centro sur donde el principal impulsor de cambios en las coberturas naturales ha sido la industria forestal, la cual ha reemplazado más del 65% de los bosques en algunas zonas (Altamirano et al., 2020; Echeverría et al., 2006). Otro foco de degradación es la minería ilegal en las vertientes orientales de los Andes peruanos y bolivianos, lo cual genera además una degradación importante de los sistemas hidrológicos, en los cuales se vierten metales pesados y contaminantes (Rorato et al., 2021). Finalmente, se ha identificado que los incendios forestales en el sur de la Amazonía y la zona mediterránea de Chile son importantes fuentes de degradación de los ecosistemas relevantes (Brando et al., 2022). Estos incendios son en su mayoría originados por fuentes antropogénicas, siendo vinculados con la habilitación de terrenos para la agricultura y la industria forestal (Brando et al., 2022; Curtis et al., 2018).

Entre los efectos de este tipo de dinámicas se tiene la alteración de las funciones ecosistémicas y su capacidad para proveer servicios. Por ejemplo, estudios han señalado que la Amazonía estaría sometida a niveles de estrés muy elevados, los cuales la están forzando a pasar a ser una fuente neta de carbono (Baccini et al., 2017; Gatti et al., 2021). Esto significa que podría comenzar a emitir una cantidad enorme de gases de efecto invernadero a la atmósfera, por este motivo se hace importante asegurar el mantenimiento de los bosques y reducir su degradación (Mitchard, 2018). Otro efecto se vincula con el agotamiento y degradación de la calidad de los recursos hídricos en la región debido al uso excesivo de fertilizantes para la agricultura, así como a la contaminación por metales pesados debido a la industria de la minería (Pahalvi et al., 2021). Por último, la alteración de las características fisicoquímicas del océano en términos de salinidad y temperatura amenaza importantes ecosistemas en el Caribe y la desembocadura de ríos como el Amazona y el Orinoco (Hoegh-guldberg et al., 2017).

2.3. Características en ALC relevantes en la interrelación con cambio climático

En esta sección se presentan algunas de las características en ALC que permiten entender mejor las vulnerabilidades de los países de la región. Se describen evoluciones recientes de ecosistemas y biodiversidad, además de mostrar variables económicas y sociales relevantes para caracterizar a los países de la región.

2.3.1. Ecosistemas y biodiversidad

Sin duda, el Amazonas es uno de los ecosistemas más importantes en la región. La Amazonia es la selva tropical más extensa del mundo, posee un alto nivel de biodiversidad y desempeña un papel esencial en las interacciones globales entre la biosfera y la atmósfera. La dinámica de los ecosistemas amazónicos ejerce una influencia considerable en los ciclos biogeoquímicos, el transporte de la humedad y tienen una influencia sustancial en los climas regionales y globales (Badger & Dirmeyer, 2016; Nobre et al., 1991, McClain et al., 2001). Por lo tanto, su eliminación mediante la deforestación puede ser en sí misma un motor del cambio climático. Las sequías extremas en la Amazonia parecen haberse vuelto más frecuentes desde 1995 (Marengo & Espinoza, 2016), y la magnitud de la sequía se ha asociado positivamente con el número de incendios activos (Aragão et al., 2007), que liberan cantidades significativas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y aerosoles a la atmósfera. Las sequías excepcionales de 2005 y 2010, por ejemplo, afectaron profundamente a la economía brasileña y provocaron una intensificación de los incendios forestales y los impactos asociados (Phillips et al., 2009). Estos bosques almacenan 120 ± 30 Pg C en carbono de la biomasa, de los cuales $0,5$ Pg C año⁻¹ ($0,3$ a $1,1$) fueron liberados por la deforestación en la década de 1990 (Malhi et al., 2006, Ramankutty et al., 2007). Puede haber cantidades similares o mayores de carbono en el suelo. Además, los estudios de parcelas forestales sugieren que los bosques intactos son un sumidero de carbono ($\sim 0,6$ Pg C año⁻¹) (Baker et al., 2004), especialmente en la Amazonia occidental más fértil.

Los ecosistemas costeros incluyen manglares, marismas y arrecifes de coral. Los niveles más altos de biodiversidad entre estos ecosistemas se encuentran en los arrecifes de coral, situados en el Caribe, el Océano Atlántico y el Océano Pacífico oriental. Los manglares de ALC representan aproximadamente una cuarta parte de todos los ecosistemas de manglares del mundo y cubren más de 37.000 km². Alrededor del 60% se encuentra a lo largo de las costas tropicales de Brasil, Venezuela, Colombia, Surinam, Ecuador y Perú; el resto se encuentra en el Pacífico centroamericano y en el Caribe, principalmente en la Península de Yucatán, Cuba y las Bahamas. Los manglares proporcionan un hábitat para las crías de muchos peces costeros y pelágicos, moluscos

crustáceos, equinodermos y anélidos. Las marismas se encuentran generalmente en los estuarios marinos y en las costas bajas. En ellas predomina la hierba marina, que alberga una enorme diversidad de animales acuáticos, al igual que los manglares, gracias al bajo oleaje. Ambos ecosistemas son importantes filtros de aguas residuales y ayudan a retener los sedimentos terrestres.

La fauna y los paisajes de estos ecosistemas son un recurso esencial para muchas economías costeras del Caribe, donde la pesca y el turismo son las principales actividades económicas. También funcionan como infraestructura natural, contribuyendo a la amortiguación de las olas y los efectos climáticos extremos (huracanes, tormentas y tsunamis). Sin embargo, los ecosistemas costeros también se encuentran entre los más degradados y amenazados de la región. En 1980, cerca del 40% de la superficie de manglares y en el año 2000 se calculaba que se habían perdido otras 21.000 hectáreas más cada año (0,6%). Además, más del 75% de los arrecifes de coral del Caribe están clasificados como amenazados. Los hábitats costeros, como los manglares, son ecosistemas muy productivos que representan el 14% de la captación de carbono en el océano mundial. Las macroalgas, principalmente el kelp (algas pardas) y el Sargassum, son tan importantes como los manglares y los pastos marinos en el almacenamiento de carbono en el fondo del mar. Sin embargo, los bosques de algas se han pasado por alto en las evaluaciones del "carbono azul" (Filbee-Dexter y Wernberg, 2020) que se han limitado a las marismas, los manglares y las praderas marinas (por ejemplo, Siikamäki et al., 2013). Los ecosistemas dominados por kelps son los hábitats costeros con vegetación más extensos y productivos en el océano costero mundial, se estima que cubren unos 3,4 millones de km² y que soportan una producción primaria neta global de alrededor de 1,5 Pg C al año (Krause-Jensen et al., 2018). Dado que la mayoría de las macroalgas crecen en costas rocosas donde no se produce la acumulación de sedimentos, la contribución de las macroalgas al secuestro de C se produce en gran medida fuera de sus hábitats. Una fracción significativa de la producción de macroalgas se exporta y se almacena en los sedimentos de la plataforma y en las profundidades del océano. El C potencialmente secuestrado en los sedimentos y las aguas profundas se ha estimado en 173 Tg de C al año, lo que supone alrededor del 11% de la producción neta de C de las macroalgas (Krause-Jensen et al., 2018, 2018). Cabe destacar que Chile alberga uno de los bosques de algas más productivos del planeta (Thiel et al., 2007) y, por lo tanto, un gran potencial, aún no evaluado para el secuestro de C.

América latina y el Caribe (ALC) alberga el 31% del agua dulce del planeta, almacenada en glaciares, campos de nieve, humedales, acuíferos y ríos (UNEP, 2010). En general, la región tiene una alta pluviosidad y hay una importante escorrentía superficial. Sin embargo, la distribución no es uniforme: el Caribe y algunas zonas de los Andes, la costa del Pacífico de Perú, y Chile y la Patagonia sufren una considerable escasez de agua, con grandes extensiones de sistemas semiáridos y desérticos. Las cuencas transfronterizas, como las del Amazonas, el Orinoco y el Plata proporcionan los mayores volúmenes de agua dulce. Entre éstas, la cuenca del Amazonas es la mayor del mundo tanto en extensión (7,05 millones de km²) como en volumen de agua y el río Amazonas es uno de los ríos más largos (7 062 km). Entre los humedales más importantes están el Pantanal el Amazonas y las turberas templadas del sur. Los lagos más importantes son el Titicaca, el Nicaragua, el Managua, el Maracaibo y Chapala. Entre los 64 acuíferos de la región, los más extensos son los acuíferos Guaraní, Chaco y Puelche, y los en el Valle de México. El acuífero Guaraní es el mayor acuífero transfronterizo conocido. Se encuentra bajo la superficie de Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay, tiene una superficie de aproximadamente 1,2 millones de km² y un volumen de unos 45.000 km³. Los Andes albergan el 90% de los glaciares tropicales del planeta y producen el 10% del agua dulce del mundo. Los mayores glaciares se encuentran en los Andes patagónicos.

El Campo de Hielo Patagónico Sur (16.800 km²) es el tercero más grande del mundo, después de la Antártida y Groenlandia.

Estos entornos son vitales para el ser humano, ya que proporcionan agua para el consumo, las actividades productivas y la generación de energía. También desempeñan un papel fundamental en la regulación del agua y del clima, proporcionan rutas para el transporte de productos a centros urbanos y puertos y atraen el turismo. Tal como señala el informe de la UNESCO (Schoolmester et al., 2018) el ritmo de retroceso y desaparición de determinados glaciares es especialmente rápido en los Andes tropicales. En Venezuela solo queda un glaciar, y se espera que desaparezca prontamente. En Colombia se ha registrado un retroceso rápido, que se aceleró en los últimos decenios. Es probable que, para mediados del presente siglo, solo permanezcan los glaciares más grandes en los picos más altos. Los glaciares del Ecuador están circunscritos a los picos más altos del país y a dos cordilleras, pero en los últimos 50 o 60 años la reducción glaciar ha sido enorme. El Perú alberga el mayor número de glaciares tropicales del continente. Los glaciares de la Cordillera Blanca, uno de los dos sistemas glaciares nacionales más importantes, han experimentado un retroceso rápido en los últimos decenios, aunque se han registrado algunos períodos de crecimiento breves. Los glaciares de Bolivia también han ido retrocediendo con rapidez desde la década de los ochenta, y algunos de ellos han perdido dos tercios de su masa o más. Muchos de los glaciares con superficie inferior a 0,5 km² son tan pequeños que son aún más vulnerables al retroceso. En Chile y Argentina, la mayoría de los glaciares están retrocediendo, y el ritmo de retroceso ha aumentado en los últimos decenios. Los grandes glaciares de agua dulce y marinos, de baja altitud de la Patagonia y Tierra de Fuego han experimentado un retroceso rápido. Este fenómeno también se observa en los glaciares de mayor altitud, aunque a un ritmo menor.

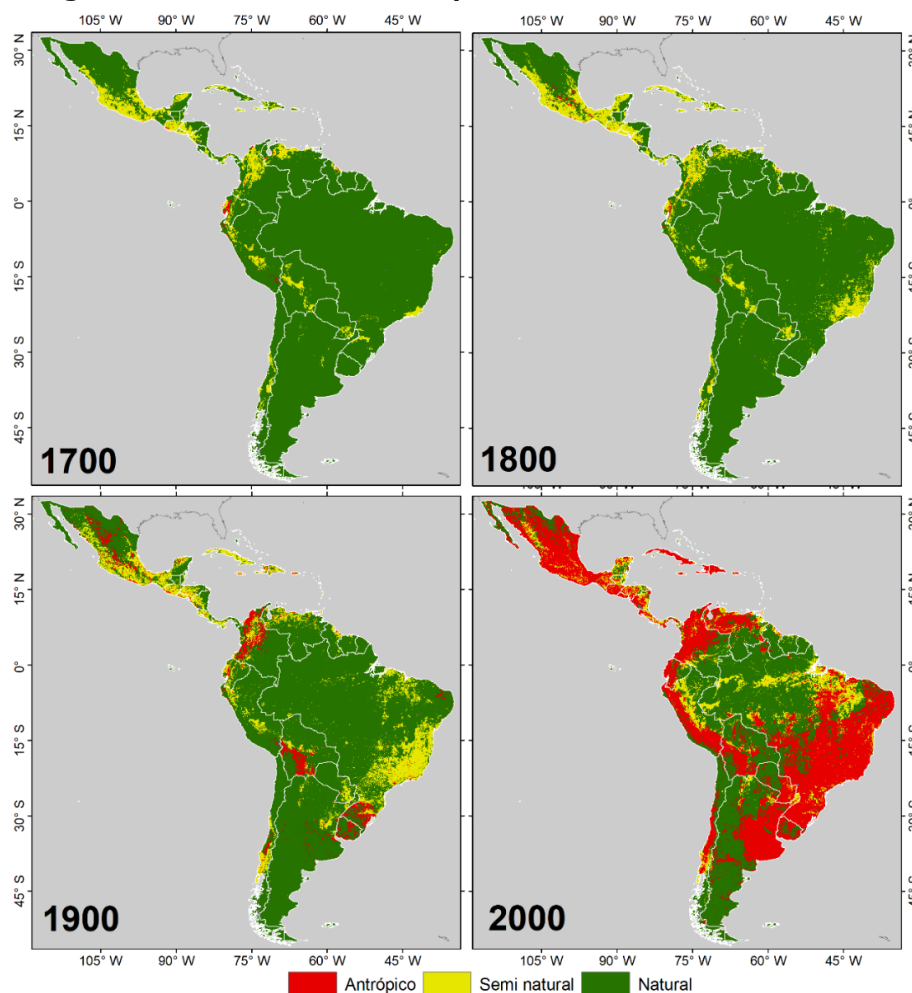
ALC cuenta con 11 ecorregiones de agua dulce, consideradas en su conjunto como excepcionales en términos de biodiversidad. De hecho, esta región alberga a casi una cuarta parte de las especies de peces de agua dulce conocidas en el mundo, muchas de las cuales se explotan para el consumo y las economías locales. Sin embargo, 7 de estas ecorregiones están clasificadas como vulnerables en peligro o en peligro crítico por la UICN: las ecorregiones del río Colorado; los ríos del Alto Paraná; los ríos y arroyos del escudo amazónico brasileño; las Antillas Mayores; los de las Antillas Mayores; los lagos altoandinos; y los lagos de alta montaña de México y los sistemas de Chihuahua (Olson y Dinerstein, 2002).

Los ecosistemas terrestres en ALC han experimentado una fuerte reducción de sus superficies naturales debido a procesos asociados a la actividad económica, entre los cuales destaca el cambio de uso y cobertura de suelo. Este tipo de dinámicas genera un aumento de los gases de efecto invernadero debido a la liberación de carbono contenido en las masas forestales y el suelo. Se identifica que al año 2000 solo el 45,8% de la superficie de ALC estaba constituida por coberturas naturales, mientras que 43,1% y 11,2% correspondían a coberturas antropogénicas y semi naturales (mosaicos antrópico-naturales), respectivamente. Estos porcentajes contrastan ampliamente con las áreas de cobertura natural que existían al año 1900, las cuales alcanzaban 80,2%, mientras que la cobertura antrópica y seminatural llegaban a 1,9% y 14,9%, respectivamente. Esto demuestra que la transformación de estas superficies fue experimentada durante el último siglo, lo cual difiere de continentes como Europa o Asia, los cuales poseen una data de modificaciones de largo plazo.

La pérdida de coberturas naturales se ha concentrado mayoritariamente en Centroamérica y el Caribe, así como en las costas del Atlántico de Brasil, Uruguay y Argentina. Otras zonas que han sido altamente modificadas son las costas de mar Caribe

de Colombia y Venezuela, así como las zonas costeras del Pacífico de Ecuador, Perú y Chile central. En cuanto a las zonas que han permanecido naturales destaca la Amazonía, el desierto de Atacama y la Patagonia Argentina Figura 2.3-1.

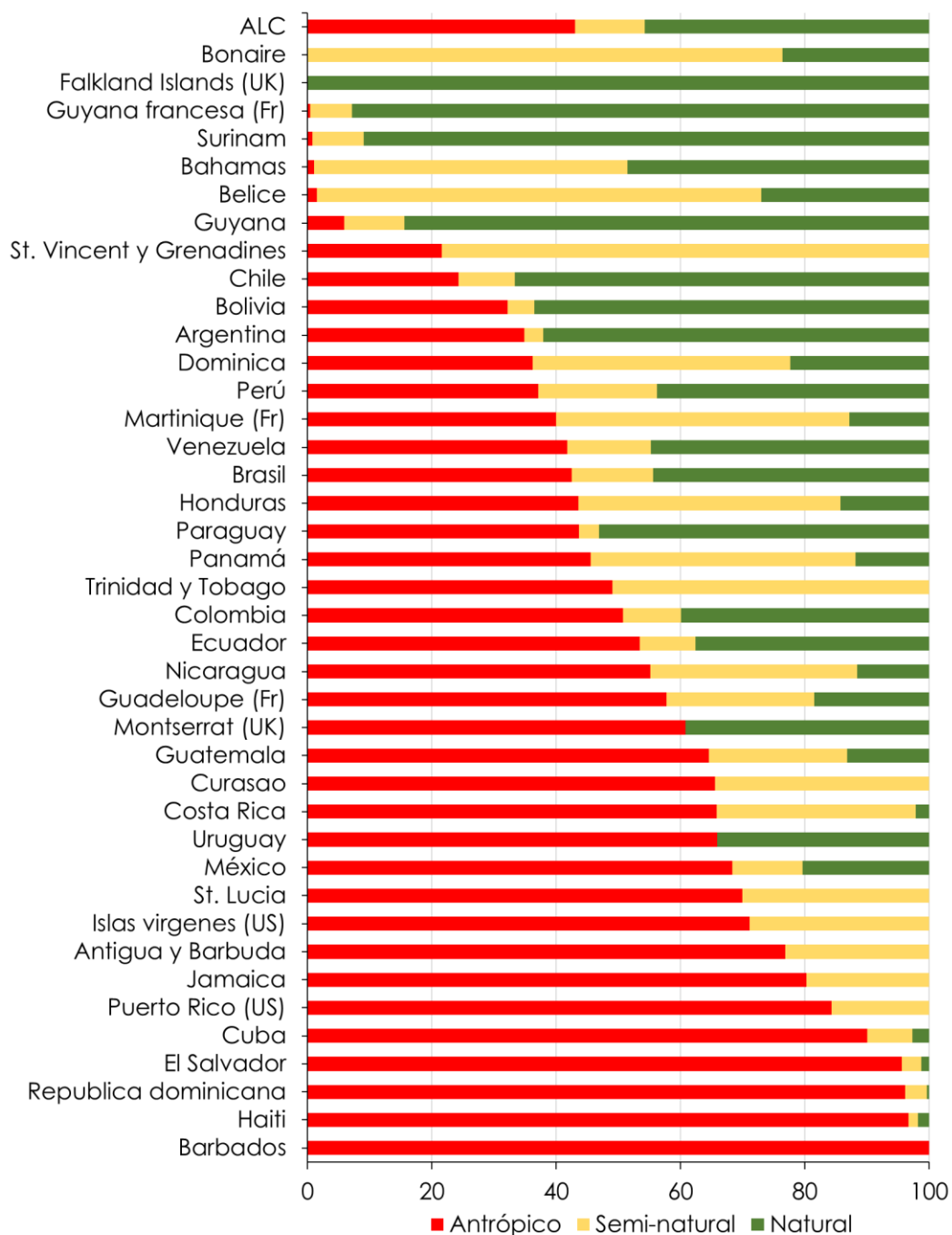
Figura 2.3-1. Cambios en los tipos de cobertura de suelo en ALC



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ellis et al., (2010).

En Centroamérica se concentran los mayores porcentajes de cobertura antropogénica con 11 países con más del 60%. Por otro lado, en Sudamérica los países con mayor modificación corresponden a Uruguay, Ecuador y Colombia con 66%, 53% y 51%, respectivamente (Figura 2.3-1 y Figura 2.3-2).

Figura 2.3-2. Porcentaje de usos de suelo antrópicos, seminaturales y naturales al año 2000

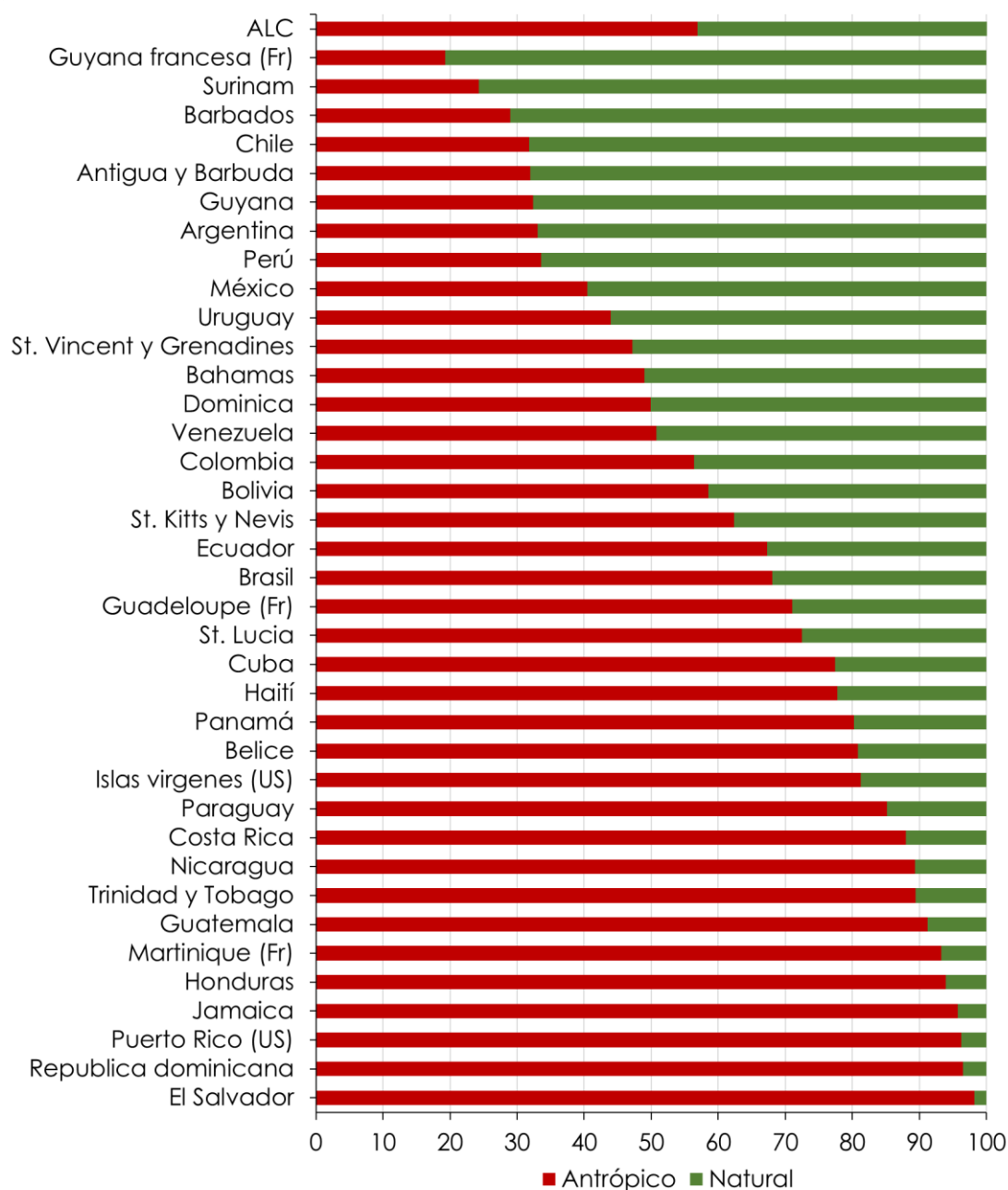


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ellis et al., (2010).

Por otro lado, también existe una fuerte modificación reciente de las masas de bosques, las cuales están siendo afectadas por múltiples dinámicas tales como los incendios forestales, las plantaciones forestales exóticas y la agricultura. De esta forma se identifica que entre los años 2000 y 2016 un 56,9% de las superficies de bosques han

sido alterados, en donde 24 países de ALC poseen más de un 50% de sus áreas de bosque alteradas (Figura 2.3-3).

Figura 2.3-3. Modificación de las superficies de bosque en ALC entre el 2000 y 2016.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Curtis et al., (2018)

Estos altos niveles de modificación de los ecosistemas naturales traen consigo una serie de efectos directos sobre la biodiversidad y sobre los stocks de carbono que ellos contienen. En términos generales se ha identificado que la mayoría de los ecosistemas en ALC están altamente modificados. Se ha determinado que ~79,5% de todos los bosques tropicales y templados del América están en algún estado de amenaza, en

donde el 9,8% de estos se encuentra críticamente amenazado (Ferrer-Paris et al., 2019). Los bosques representan los sistemas más amenazados en la región, los cuales poseen una importancia significativa tanto para la biodiversidad como para el balance de carbono (Ferrer-Paris et al., 2019; Alaniz et al., 2022). Los bosques tropicales húmedos y secos de la Amazonía, poseen una importancia a nivel mundial en cuanto a la captura de carbono capturando una cuarta parte del total de la captura de los bosques del mundo (Brienen et al., 2015). Sin embargo, múltiples estudios han identificado que este sumidero ha tendido a reducirse durante los últimos años producto de la presión constante del cambio de cobertura de suelo y el clima (Baccini et al., 2017; Gatti et al., 2021).

En relación con la captura y emisión de carbono de los ecosistemas terrestres en ALC, los datos propuestos por Alaniz et al., (2022), identifican los cambios en los stocks de carbono entre 2000 y 2019. En base a estos datos es posible determinar que, de 100 ecosistemas analizados en la región, 57 se habrían comportado como sumideros netos de carbono, mientras que 43 tuvieron un comportamiento de fuente. Los ecosistemas que más carbono capturaron fueron el Chaco seco (Argentina, Paraguay, Bolivia), Bosques húmedos de Uatuma-Trombetas (Brasil, Guyana), Bosques húmedos del suroeste amazónico (Brasil, Perú, Bolivia) con $-91,8 \pm 1,56$ Tg C, $-62,8 \pm 1,91$ Tg C y $-68,8 \pm 2,20$ Tg C, respectivamente. Por otro lado, los ecosistemas que más emisión tuvieron durante el periodo fueron los Bosques húmedos Madeira-Tapajós (Brasil, Bolivia), los Bosques húmedos Xingu-Tocantins-Araguaia (Brasil) y los Bosques estacionales de Mato Grosso (Brasil), con $100,67 \pm 1,62$ Tg C, $69,0 \pm 1,28$ Tg C y $62,7 \pm 1,28$ Tg C, respectivamente. Según este estudio estos ecosistemas que presentan una preponderancia de emisiones por sobre captura estarían principalmente influidos por deforestación, incendios forestales y degradación. Esta última dinámica ha sido asociada al cambio climático, donde el incremento de la temperatura y la reducción de las precipitaciones tiende a aumentar las condiciones de estrés de la vegetación (Baccini et al., 2017; Gatti et al., 2021). Estos resultados también han sido evidenciados mediante datos de flujos de carbono medidos de forma empírica por Gatti et al. (2021).

Cuando se analizan las capturas y emisiones por hectárea es posible identificar que los ecosistemas con una mayor captura fueron los Humedales del Orinoco (Venezuela), los Bosques húmedos del occidente ecuatoriano (Ecuador, Colombia) y Manglares del pacífico sudamericano (Colombia, Ecuador, Panamá), con $-2,73 \pm 1,51$ Mg C /ha /año, $-2,40 \pm 1,25$ Mg C /ha /año, $-2,15 \pm 1,41$ Mg C /ha /año, respectivamente. Por otro lado, los que mayor emisión registraron corresponden a los Bosques húmedos del occidente ecuatoriano (Ecuador, Colombia), los Manglares del pacífico sudamericano (Colombia, Ecuador, Panamá), los Bosques húmedos del Chocó-Darién (Colombia, Panamá), con $2,97 \pm 1,02$ Mg C /ha /año, $2,70 \pm 1,12$ Mg C /ha /año, y $2,53 \pm 1,15$ Mg C /ha /año, respectivamente. La lista completa de ecosistemas se destaca en la Tabla 2.3-1

Tabla 2.3-1. Balance de carbono sobre el suelo estimado por Alaniz et al., (2022).

Se presentan los valores acumulados totales para el periodo 2000-2019 en Tg C y los valores promedio por hectárea por año para cada ecosistema (Olson et al., 2001). También se presenta el área de cada ecosistema.

Ecosistema	País	Balance de carbono total (Tg C)			Balance de carbono anual por área (Mg C/ha/ año)		Área (km ²)
		Captura	Emisión	Neto	Captura	Emisión	
Yungas Andinas del Sur	Argentina, Bolivia	-8.22 ± 0.62	4.91 ± 0.57	-3.3 ± 0.84	-1.29 ± 1.17	0.66 ± 0.85	64,472
Chaco Húmedo	Argentina, Brasil, Paraguay	-3.70 ± 0.43	11.5 ± 0.62	7.84 ± 0.76	-0.68 ± 0.67	0.79 ± 0.51	83,375
Chaco seco	Argentina, Paraguay, Bolivia	-91.8 ± 1.56	52.6 ± 1.20	-39. ± 1.97	-1.44 ± 0.73	0.90 ± 0.47	574,798
Bosques de pinos de Belice	Belice	-0.25 ± 0.11	0.24 ± 0.09	-0.0 ± 0.15	-1.05 ± 1.05	0.97 ± 0.74	2,047
Bosques secos montanos bolivianos	Bolivia	-5.18 ± 0.45	1.12 ± 0.29	-4.0 ± 0.54	-1.42 ± 1.10	0.62 ± 0.93	86,378
Yungas Bolivianas	Bolivia	-4.35 ± 0.65	5.42 ± 0.63	1.07 ± 0.91	-0.44 ± 0.82	0.54 ± 0.76	21,882
Bosques secos chiquitanos	Bolivia, Brasil	-10.4 ± 0.79	29.9 ± 0.93	19.4 ± 1.22	-0.72 ± 0.83	1.15 ± 0.64	183,105
Bosques húmedos de araucaria	Brasil	-31.5 ± 1.14	6.54 ± 0.66	-25. ± 1.32	-1.32 ± 1.04	0.61 ± 0.80	309,725
Bosques costeros de Bahía	Brasil	-9.16 ± 0.59	4.06 ± 0.46	-5.1 ± 0.75	-1.36 ± 1.03	0.79 ± 0.80	296,596
Bosques húmedos de Caquetá	Brasil	-21.4 ± 1.12	9.53 ± 0.54	-11. ± 1.25	-0.73 ± 0.82	1.06 ± 0.63	252,370
Cerrado	Brasil	-35.8 ± 1.21	42.5 ± 1.21	6.74 ± 1.71	-1.30 ± 1.04	1.16 ± 0.77	235,511
Gurupa varzeá	Brasil	-1.30 ± 0.20	1.11 ± 0.18	-0.1 ± 0.27	-2.11 ± 1.38	1.59 ± 0.98	214,175
Bosques húmedos Juruá-Purus	Brasil	-17.1 ± 1.24	5.32 ± 0.80	-11. ± 1.47	-0.47 ± 0.81	0.30 ± 0.70	177,354
Marajó varzeá	Brasil	-9.45 ± 0.64	6.34 ± 0.60	-3.1 ± 0.88	-1.51 ± 1.34	1.01 ± 1.14	169,564
Maranhão Babaçu forests	Brasil	-1.41 ± 0.34	14.8 ± 0.70	13.4 ± 0.78	-0.58 ± 0.92	1.19 ± 0.76	153,589
Bosques estacionales de Mato Grosso	Brasil	-17.8 ± 0.97	62.7 ± 1.28	44.8 ± 1.60	-0.90 ± 0.91	1.34 ± 0.66	127,541
Monte Alegre varzeá	Brasil	-5.44 ± 0.60	6.11 ± 0.53	0.66 ± 0.81	-0.73 ± 0.94	0.94 ± 0.84	81,933
Bosques húmedos Purus-Madeira	Brasil	-11.2 ± 1.00	13.0 ± 0.75	1.78 ± 1.25	-0.47 ± 0.81	0.85 ± 0.70	62,232
Bosques costeros de la Serra do Mar	Brasil	-15.1 ± 0.78	1.83 ± 0.45	-13. ± 0.90	-1.20 ± 0.94	0.33 ± 0.71	57,509
Manglares del Atlántico sur	Brasil	-0.45 ± 0.14	0.34 ± 0.15	-0.1 ± 0.21	-1.06 ± 0.97	0.65 ± 0.84	49,236

Ecosistema	País	Balance de carbono total (Tg C)			Balance de carbono anual por área (Mg C/ha/ año)		Área (km ²)
		Captura	Emisión	Neto	Captura	Emisión	
Bosques húmedos Tapajós-Xingu	Brasil	-22.1 ± 1.24	50.9 ± 1.36	28.7 ± 1.84	-0.79 ± 1.06	1.16 ± 0.81	46,342
Bosques húmedos de Tocantins/Pindare	Brasil	-9.85 ± 0.66	39.8 ± 1.02	30.0 ± 1.22	-1.30 ± 1.16	1.77 ± 0.90	4,995
Bosques húmedos Xingu-Tocantins-Araguaia	Brasil	-11.7 ± 0.83	69.0 ± 1.28	57.2 ± 1.53	-0.98 ± 1.11	1.91 ± 0.87	4,043
Bosques húmedos Madeira-Tapajós	Brasil, Bolivia	-42.4 ± 1.75	100. ± 1.62	58.2 ± 2.39	-0.58 ± 0.80	1.30 ± 0.65	658,276
Pantanal	Brasil, Bolivia, Paraguay	-5.02 ± 0.52	7.30 ± 0.57	2.28 ± 0.77	-0.88 ± 0.91	0.81 ± 0.69	61,654
Purus varzeá	Brasil, Colombia, Perú	-14.9 ± 1.04	9.97 ± 0.77	-4.9 ± 1.30	-0.61 ± 0.85	0.64 ± 0.74	170,414
Bosques húmedos de Japurá-Solimoes-Negro	Brasil, Colombia, Venezuela	-22.4 ± 1.28	7.17 ± 0.70	-15. ± 1.46	-0.52 ± 0.72	0.51 ± 0.66	258,961
Bosques húmedos de Uatuma-Trombetas	Brasil, Guyana	-62.8 ± 1.91	25.1 ± 1.19	-37. ± 2.25	-0.97 ± 1.08	0.85 ± 0.93	404,830
Bosques húmedos de las tierras altas de Guayana	Brasil, Guyana, Venezuela y otros	-13.3 ± 0.93	8.23 ± 0.70	-5.1 ± 1.17	-0.75 ± 0.95	0.72 ± 0.83	122,439
Bosque Atlantico de Alto Paraná	Brasil, Paraguay, Argentina	-17.7 ± 0.85	11.9 ± 0.67	-5.7 ± 1.09	-1.14 ± 0.90	0.81 ± 0.58	131,295
Iquitos varzeá	Brasil, Perú	-15.4 ± 0.89	8.94 ± 0.60	-6.5 ± 1.07	-0.94 ± 0.92	0.99 ± 0.76	110,340
Bosques húmedos del suroeste amazónico	Brasil, Perú, Bolivia	-68.8 ± 2.20	41.6 ± 1.44	-27. ± 2.63	-0.64 ± 0.86	0.75 ± 0.72	729,874
Río Negro campinarana	Brasil, Venezuela, Colombia	-8.50 ± 0.76	6.01 ± 0.56	-2.4 ± 0.95	-0.68 ± 0.90	0.71 ± 0.73	88,573
Manglares de Amazonas-Orinoco-Caribe Sur	Brasil, Venezuela, Surinam	-3.36 ± 0.38	3.25 ± 0.37	-0.1 ± 0.53	-1.42 ± 1.23	1.11 ± 0.94	20,796
Bosques subpolares de Magallanes	Chile, Argentina	-13.4 ± 0.70	15.0 ± 0.71	1.54 ± 1.00	-1.94 ± 1.69	1.95 ± 1.70	257,733
Bosques templados valdivianos	Chile, Argentina	-36.6 ± 1.28	36.1 ± 1.45	-0.4 ± 1.94	-1.82 ± 1.71	1.29 ± 1.53	83,424
Manglares del pacífico sudamericano	Colombia, Ecuador, Panamá	-0.73 ± 0.14	1.58 ± 0.17	0.85 ± 0.22	-2.15 ± 1.41	2.70 ± 1.12	3,456
Bosques secos del Valle del Cauca	Colombia	-0.29 ± 0.13	0.23 ± 0.12	-0.0 ± 0.17	-0.89 ± 1.01	0.67 ± 0.82	53,736
Bosques montanos del Valle del Cauca	Colombia	-2.86 ± 0.33	2.15 ± 0.28	-0.7 ± 0.43	-1.59 ± 1.23	1.15 ± 0.91	28,891
Bosques secos del Valle del Magdalena	Colombia	-0.36 ± 0.14	0.81 ± 0.18	0.45 ± 0.23	-0.80 ± 0.95	0.93 ± 0.76	13,843
Bosques montanos del Valle del Magdalena	Colombia	-7.83 ± 0.63	9.00 ± 0.58	1.17 ± 0.86	-1.20 ± 1.19	1.28 ± 0.96	7,478
Bosques húmedos Magdalena-Urabá	Colombia	-3.82 ± 0.41	4.51 ± 0.41	0.69 ± 0.58	-1.15 ± 1.02	1.08 ± 0.79	4,931

Ecosistema	País	Balance de carbono total (Tg C)			Balance de carbono anual por área (Mg C/ha/ año)		Área (km ²)
		Captura	Emisión	Neto	Captura	Emisión	
Bosques montanos de Santa Marta	Colombia	-0.17 ± 0.14	0.27 ± 0.16	0.10 ± 0.21	-0.42 ± 0.95	0.50 ± 0.93	3,894
Bosques secos del Valle del Sinú	Colombia	-0.36 ± 0.16	0.95 ± 0.21	0.59 ± 0.27	-0.58 ± 0.86	0.75 ± 0.69	2,489
Bosques montanos andinos del noroeste.	Colombia, Ecuador	-4.32 ± 0.41	10.2 ± 0.49	5.92 ± 0.64	-1.58 ± 1.29	2.10 ± 1.01	29,576
Bosques húmedos del Chocó-Darién	Colombia, Panamá	-5.74 ± 0.45	11.3 ± 0.50	5.63 ± 0.67	-1.81 ± 1.35	2.53 ± 1.15	30,396
Bosques montanos del este de Panamá	Colombia, Panamá	-0.26 ± 0.10	0.64 ± 0.10	0.38 ± 0.15	-1.25 ± 1.07	2.45 ± 0.83	1,976
Bosques húmedos de Solimões-Japurá	Colombia, Perú, Brasil	-17.2 ± 1.06	4.65 ± 0.63	-12. ± 1.24	-0.67 ± 0.84	0.40 ± 0.67	162,184
Bosques montanos de la Cordillera Oriental	Colombia, Venezuela	-3.62 ± 0.47	9.01 ± 0.50	5.38 ± 0.69	-0.83 ± 0.98	1.36 ± 0.75	44,623
Bosques húmedos Negro-Branco	Colombia, Venezuela, Brasil	-15.8 ± 1.07	6.24 ± 0.64	-9.5 ± 1.25	-0.50 ± 0.70	0.49 ± 0.63	192,997
Bosques húmedos estacionales de Costa Rica	Costa Rica	-0.71 ± 0.19	0.38 ± 0.14	-0.3 ± 0.23	-0.89 ± 0.89	0.80 ± 0.81	4,931
Bosques montanos de Talamanca	Costa Rica, Panamá	-1.19 ± 0.26	1.95 ± 0.24	0.76 ± 0.36	-0.95 ± 1.05	1.40 ± 0.88	10,699
Bosques húmedos cubanos	Cuba	-1.53 ± 0.31	0.43 ± 0.19	-1.0 ± 0.37	-0.81 ± 1.02	0.58 ± 0.96	11,528
Bosques de pinos cubanos	Cuba	-0.38 ± 0.13	0.20 ± 0.11	-0.1 ± 0.17	-1.09 ± 1.03	0.75 ± 0.92	2,637
Bosques húmedos de las Islas de Barlovento	Dominica, Martiniqués, Granada	-0.14 ± 0.09	0.20 ± 0.07	0.05 ± 0.12	-0.82 ± 0.96	1.34 ± 0.73	1,342
Bosques húmedos del occidente ecuatoriano	Ecuador, Colombia	-2.39 ± 0.24	5.55 ± 0.30	3.15 ± 0.39	-2.40 ± 1.25	2.97 ± 1.02	10,607
Bosques húmedos de Guayana	Guyana, Surinam, Brasil y otros	-52.8 ± 1.70	42.1 ± 1.52	-10. ± 2.28	-1.16 ± 1.28	1.03 ± 1.12	348,612
Bosques montanos centroamericanos	Honduras, Guatemala, Nicaragua	-0.54 ± 0.21	0.70 ± 0.22	0.16 ± 0.31	-0.50 ± 0.85	0.53 ± 0.74	9,954
Bosques húmedos del Atlántico centroamericano	Honduras, Guatemala, Nicaragua	-5.75 ± 0.54	13.7 ± 0.62	7.96 ± 0.83	-0.94 ± 0.95	1.43 ± 0.78	68,251
Bosques de pino-encino centroamericanos	Honduras, Guatemala, Nicaragua	-2.99 ± 0.46	4.72 ± 0.49	1.73 ± 0.67	-0.60 ± 0.83	0.70 ± 0.69	47,655
Bosques húmedos de Jamaica	Jamaica	-0.92 ± 0.22	0.36 ± 0.16	-0.5 ± 0.28	-0.98 ± 1.07	0.62 ± 0.86	6,530

Ecosistema	País	Balance de carbono total (Tg C)			Balance de carbono anual por área (Mg C/ha/año)		Área (km²)
		Captura	Emisión	Neto	Captura	Emisión	
Bosques montanos de Chimalapas	México	-0.12 ± 0.09	0.06 ± 0.07	-0.0 ± 0.11	-0.56 ± 0.73	0.37 ± 0.64	9,365
Bosques secos jaliscienses	México	-2.27 ± 0.26	0.16 ± 0.12	-2.1 ± 0.28	-1.26 ± 0.73	0.35 ± 0.58	6,761
Bosques montanos oaxaqueños	México	-0.74 ± 0.21	0.16 ± 0.13	-0.5 ± 0.25	-0.73 ± 0.86	0.35 ± 0.73	1,638
Bosques de pino-encino de la Sierra Madre de Oaxaca	México	-0.70 ± 0.20	0.57 ± 0.21	-0.1 ± 0.29	-0.72 ± 0.84	0.52 ± 0.77	70,130
Bosques de pino-encino de la Sierra Madre del Sur	México	-3.07 ± 0.43	0.78 ± 0.28	-2.2 ± 0.51	-0.67 ± 0.78	0.36 ± 0.72	61,264
Bosques de pino-encino de la Sierra Madre Occidental	México	-7.00 ± 0.56	0.73 ± 0.25	-6.2 ± 0.62	-0.60 ± 0.63	0.20 ± 0.56	38,697
Bosques de pino-encino de la Sierra Madre Oriental	México	-1.81 ± 0.31	0.97 ± 0.27	-0.8 ± 0.41	-0.76 ± 0.83	0.40 ± 0.66	30,286
Bosques secos sinaloenses	México	-5.14 ± 0.41	0.45 ± 0.19	-4.6 ± 0.45	-1.07 ± 0.68	0.35 ± 0.53	27,321
Bosques secos del Pacífico Sur	México	-3.27 ± 0.30	0.18 ± 0.12	-3.0 ± 0.32	-1.40 ± 0.73	0.35 ± 0.55	25,006
Bosques de pino-encino del Cinturón Volcánico Transmexicano	México	-4.17 ± 0.46	1.06 ± 0.29	-3.1 ± 0.55	-0.81 ± 0.79	0.44 ± 0.70	19,743
Bosques montanos de Veracruz	México	-0.21 ± 0.13	0.31 ± 0.16	0.09 ± 0.21	-0.54 ± 0.90	0.49 ± 0.83	11,281
Bosques secos de Yucatán	México	-5.62 ± 0.48	0.96 ± 0.24	-4.6 ± 0.54	-0.85 ± 0.68	0.48 ± 0.57	8,916
Bosques húmedos de Yucatán	México	-5.40 ± 0.58	4.78 ± 0.50	-0.6 ± 0.77	-0.65 ± 0.78	0.64 ± 0.65	4,479
Bosques montanos de Chiapas	México, Guatemala	-0.27 ± 0.14	0.56 ± 0.17	0.28 ± 0.22	-0.62 ± 0.89	0.69 ± 0.70	5,625
Bosques húmedos de la Sierra Madre de Chiapas	México, Guatemala	-0.38 ± 0.18	0.28 ± 0.15	-0.1 ± 0.23	-0.42 ± 0.69	0.40 ± 0.62	6,742
Bosques húmedos de Petén-Veracruz	México, Guatemala, Belice	-4.63 ± 0.58	16.9 ± 0.73	12.3 ± 0.94	-0.60 ± 0.84	1.07 ± 0.65	103,645
Manglares mesoamericanos del Golfo y el Caribe	México, Nicaragua, Belice y otros	-0.96 ± 0.23	1.00 ± 0.21	0.04 ± 0.31	-0.85 ± 0.92	0.77 ± 0.69	9,787
Bosques de pinos miskitos	Nicaragua, Honduras	-2.99 ± 0.31	0.61 ± 0.16	-2.3 ± 0.35	-2.05 ± 1.32	1.17 ± 1.02	8,191
Bosques húmedos del Istmo-Pacífico	Panamá, Costa rica	-1.38 ± 0.25	0.81 ± 0.21	-0.5 ± 0.32	-1.23 ± 1.09	0.84 ± 0.92	7,979

Ecosistema	País	Balance de carbono total (Tg C)			Balance de carbono anual por área (Mg C/ha/año)		Área (km²)
		Captura	Emisión	Neto	Captura	Emisión	
Bosques húmedos ístmico-atlánticos	Panamá, Costa rica, Nicaragua	-4.91 ± 0.42	6.31 ± 0.40	1.39 ± 0.59	-1.51 ± 1.13	1.71 ± 0.91	27,328
Yungas peruanas	Perú	-8.15 ± 0.65	6.36 ± 0.63	-1.7 ± 0.91	-1.01 ± 1.06	0.77 ± 0.95	95,419
Bosques húmedos de Ucayali	Perú	-9.96 ± 0.78	9.11 ± 0.65	-0.8 ± 1.02	-0.83 ± 1.00	0.87 ± 0.79	65,553
Bosques montanos reales de la Cordillera Oriental	Perú, Ecuador, Colombia	-7.51 ± 0.59	7.57 ± 0.49	0.05 ± 0.77	-1.25 ± 1.13	1.45 ± 0.93	43,848
Bosques húmedos de Napo	Perú, Ecuador, Colombia	-27.7 ± 1.30	9.05 ± 0.74	-18. ± 1.50	-0.71 ± 0.83	0.59 ± 0.69	239,894
Bosques húmedos puertorriqueños	Puerto Rico	-1.09 ± 0.22	0.10 ± 0.09	-0.9 ± 0.24	-1.35 ± 1.15	0.53 ± 0.90	4,375
Bosques húmedos de la Hispaniola	República Dominicana, Haití	-1.75 ± 0.30	0.83 ± 0.23	-0.9 ± 0.38	-0.94 ± 0.94	0.59 ± 0.77	13,447
Bosques de pino de la española	República Dominicana, Haití	-0.31 ± 0.17	0.23 ± 0.16	-0.0 ± 0.23	-0.57 ± 1.01	0.44 ± 0.95	4,391
Bosques pantanosos de agua dulce de Guayana	Surinam	-0.87 ± 0.21	0.71 ± 0.18	-0.1 ± 0.28	-1.05 ± 1.13	0.90 ± 0.84	6,611
Bosques húmedos de Trinidad y Tobago	Trinidad y Tobago	-0.17 ± 0.11	0.41 ± 0.14	0.24 ± 0.18	-0.62 ± 0.92	0.84 ± 0.85	3,182
Bosques secos Apure-Villavicencio	Venezuela, Colombia	-2.07 ± 0.34	2.35 ± 0.33	0.27 ± 0.48	-0.84 ± 0.92	0.84 ± 0.78	19,806
Bosques húmedos del Catatumbo	Venezuela, Colombia	-2.15 ± 0.28	1.89 ± 0.28	-0.2 ± 0.40	-1.39 ± 1.04	1.06 ± 0.85	13,658
Matorral xérico de Araya y Paria	Venezuela	-0.16 ± 0.09	0.51 ± 0.14	0.35 ± 0.17	-0.90 ± 1.06	1.03 ± 0.84	13,509
Bosques montanos de la cordillera de la costa	Venezuela	-0.83 ± 0.22	0.98 ± 0.23	0.15 ± 0.32	-0.81 ± 0.94	0.72 ± 0.76	9,942
Bosques secos Lara-Falcón	Venezuela	-0.41 ± 0.15	1.20 ± 0.21	0.78 ± 0.26	-0.98 ± 1.04	1.08 ± 0.80	6,187
Humedales del Orinoco	Venezuela	-1.81 ± 0.21	0.29 ± 0.12	-1.5 ± 0.25	-2.73 ± 1.51	1.01 ± 1.09	3,800
Bosques montanos de los Andes venezolanos	Venezuela	-1.98 ± 0.29	2.02 ± 0.28	0.04 ± 0.41	-1.24 ± 1.12	1.08 ± 0.87	2,828
Piedemonte guayanés y bosques húmedos de tierras bajas	Venezuela, Brasil	-22.5 ± 1.14	14.5 ± 0.86	-8.0 ± 1.43	-0.79 ± 0.87	0.70 ± 0.69	208,808
Pantepui	Venezuela, Brasil	-3.65 ± 0.47	4.74 ± 0.46	1.08 ± 0.66	-0.79 ± 0.96	0.97 ± 0.86	40,221
Bosques pantanosos del Delta del Orinoco	Venezuela, Guyana	-4.73 ± 0.44	2.16 ± 0.34	-2.5 ± 0.56	-1.68 ± 1.42	1.04 ± 1.13	19,641

2.3.2. Actividad económica

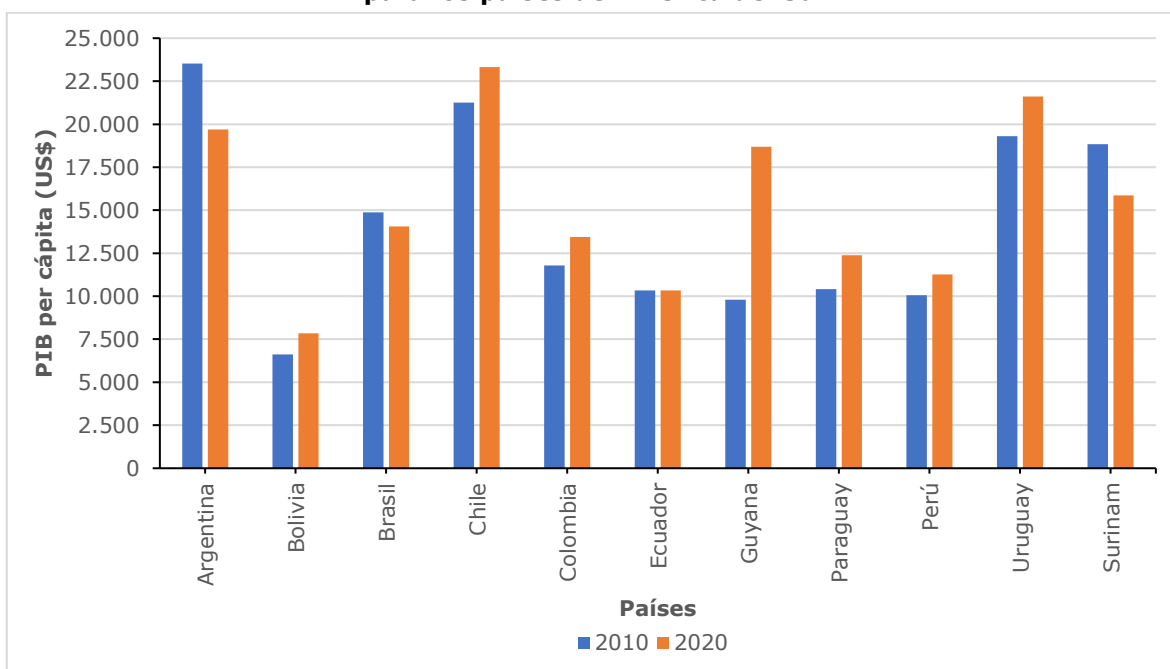
En esta sección se presenta una breve caracterización económica de los países de ALC. Se distingue entre países de América del Sur, América Central y del Caribe, y se presenta información sobre el PIB per cápita, el crecimiento del PIB y el aporte de distintos sectores de las economías de cada país. Además, se presentan datos de fuentes de generación eléctrica y acceso a agua en la región, componentes claves para entender las características de emisión de GEI y vulnerabilidad a los impactos del cambio climático.

En los siguientes tres gráficos se muestra el PIB per cápita PPA (USD a precios internacionales constantes de 2011)¹ de los países de ALC para los años 2010 y 2020.² En estos gráficos, se puede observar que los países de la región no muestran una tendencia clara en cuanto a la evolución de sus PIB per cápita. Resalta el hecho que en algunos países de la región el PIB per cápita disminuyó en el periodo. Algo que en muchos casos puede ser atribuible a los efectos de la pandemia del COVID-19. En Sudamérica, disminuyeron su PIB per cápita, Argentina, Brasil y Surinam; en Centro América sólo Belice, en cambio en el Caribe diez países presentaron una disminución.

¹ PIB por paridad del poder adquisitivo (PPA) es el producto interno bruto convertido a dólares internacionales utilizando las tasas de paridad del poder adquisitivo. Un dólar internacional tiene el mismo poder adquisitivo sobre el PIB que el que posee el dólar de los Estados Unidos en ese país. El PIB a precio de comprador es la suma del valor agregado bruto de todos los productores residentes en la economía más todo impuesto a los productos, menos todo subsidio no incluido en el valor de los productos. Se calcula sin hacer deducciones por depreciación de bienes manufacturados o por agotamiento y degradación de recursos naturales. Los datos se expresan en dólares internacionales a precios constantes de 2011 (Banco Mundial, 2022a).

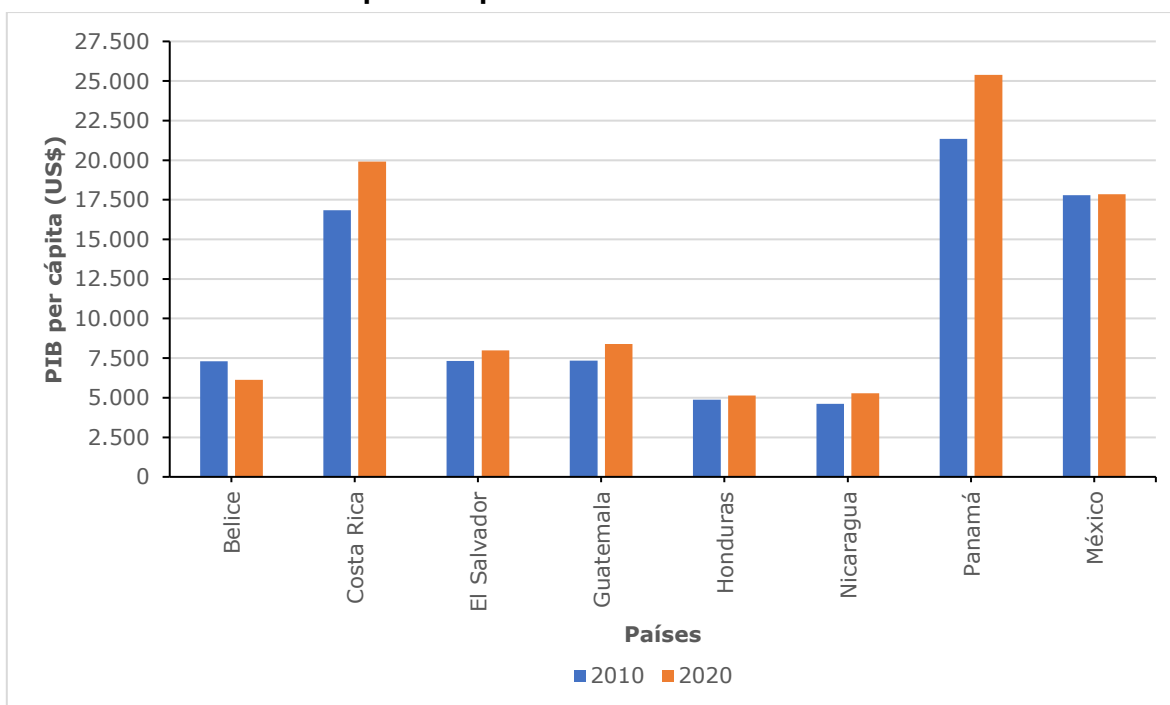
² Los datos más actualizados corresponden al año 2020, excepto para Venezuela (S/I), Aruba (2017), Cuba (S/I), Islas Vírgenes (EEUU) (S/I). Como año de comparación, se utiliza 2010, excepto para Venezuela (S/I), Cuba (S/I), Islas Turcas y Caicos (2011) e Islas Vírgenes (EEUU) (S/I).

Figura 2.3-4. PIB per cápita, PPA (USD a precios internacionales constantes de 2011) para los países de América del Sur



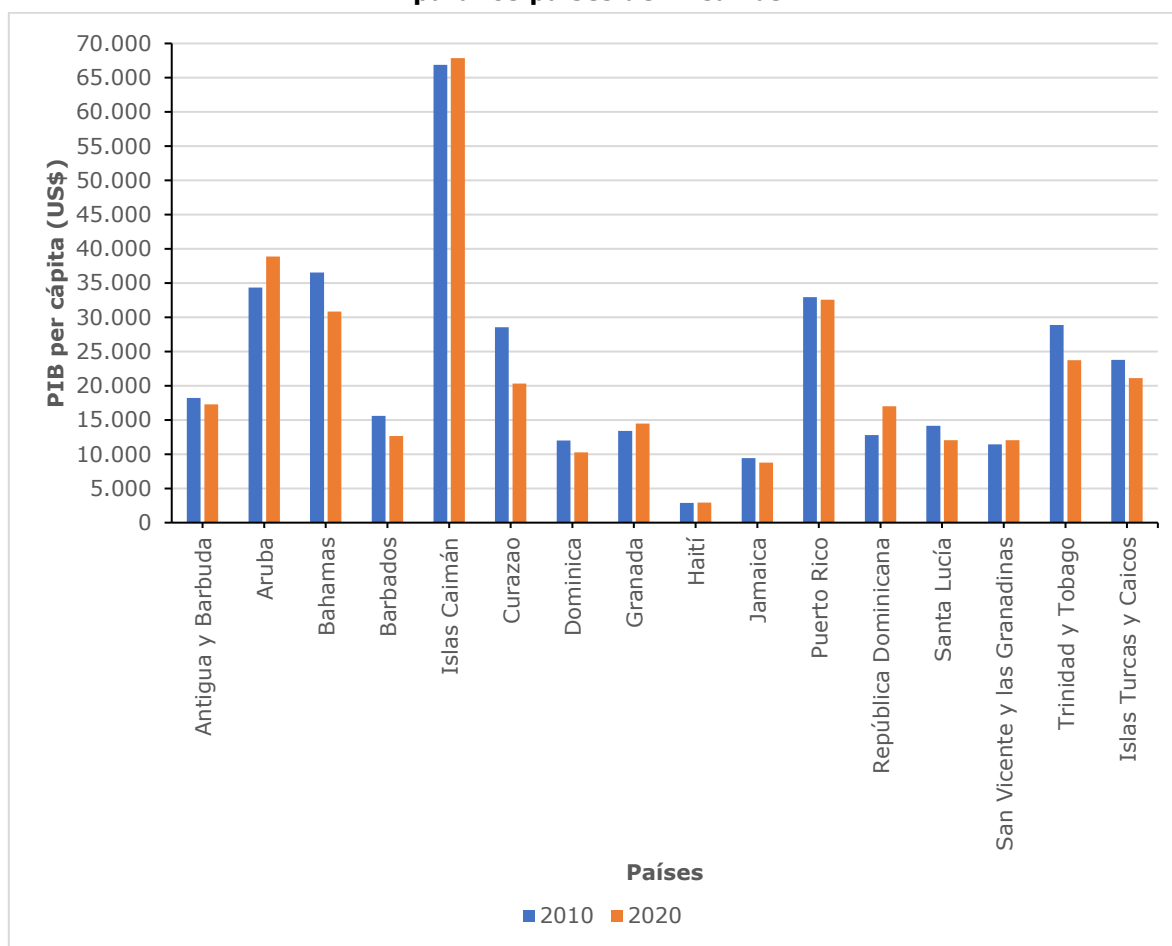
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022a).

Figura 2.3-5. PIB per cápita, PPA (USD a precios internacionales constantes de 2011) para los países de América Central



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022a).

Figura 2.3-6. PIB per cápita, PPA (USD a precios internacionales constantes de 2011) para los países de El Caribe



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022a).

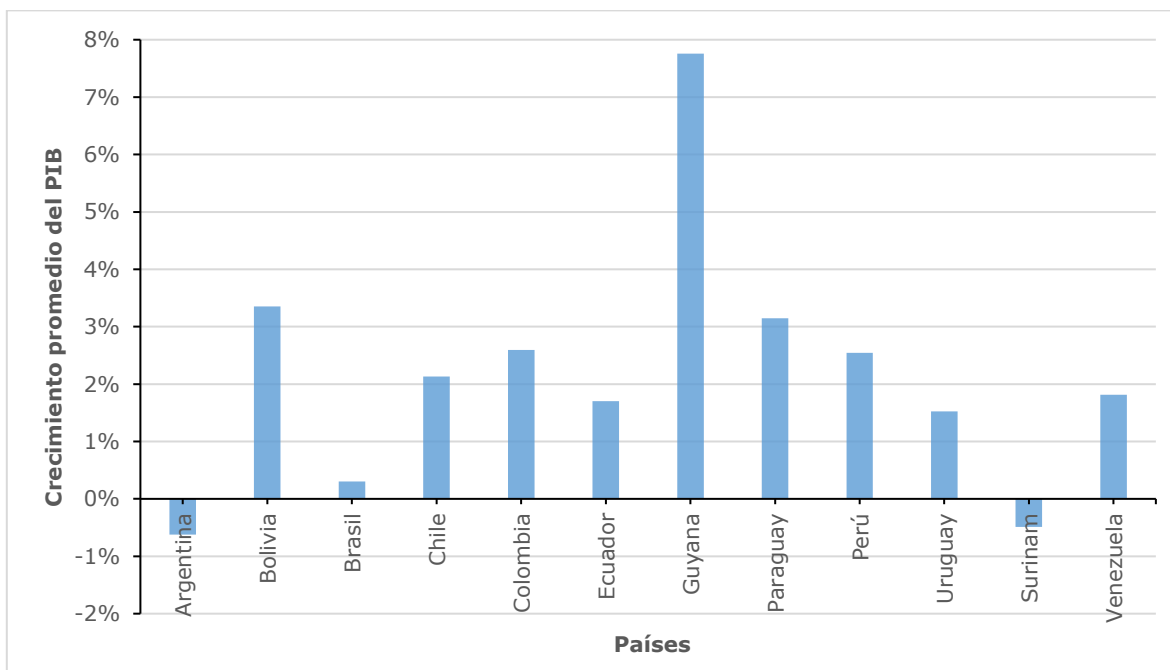
En las siguientes figuras se muestran el promedio de las tasas de crecimiento anual del PIB³ en el periodo 2011-2020 en los países de la región, separados en tres gráficos para América del Sur, Centroamérica (incluido México), y el Caribe⁴. En ellas se puede observar que en general los países de la región han tenido tasas promedio de crecimiento positivas en los últimos diez años, a pesar de las caídas en actividad del año 2020 a causa del impacto del COVID-19. Destaca el alto crecimiento de Guyana, explicado principalmente por el descubrimiento de yacimientos petroleros, y los crecimientos de

³ Tasa de crecimiento anual porcentual del PIB a precios de mercado en moneda local, a precios constantes. Los agregados están expresados en dólares de los Estados Unidos a precios constantes del año 2010. El PIB es la suma del valor agregado bruto de todos los productores residentes en la economía más todo impuesto a los productos, menos todo subsidio no incluido en el valor de los productos. Se calcula sin hacer deducciones por depreciación de bienes manufacturados o por agotamiento y degradación de recursos naturales (Banco Mundial, 2022b).

⁴ Algunos países no presentan el valor del crecimiento del PIB para la totalidad de los años del periodo comprendido entre 2011-2020, por lo cual para el promedio se consideran solo los años donde se reportan datos (Venezuela (2011-2014), Aruba (2011-2017), Islas Vírgenes (2010-2019), Islas Turcas y Caicos (2012-2020)).

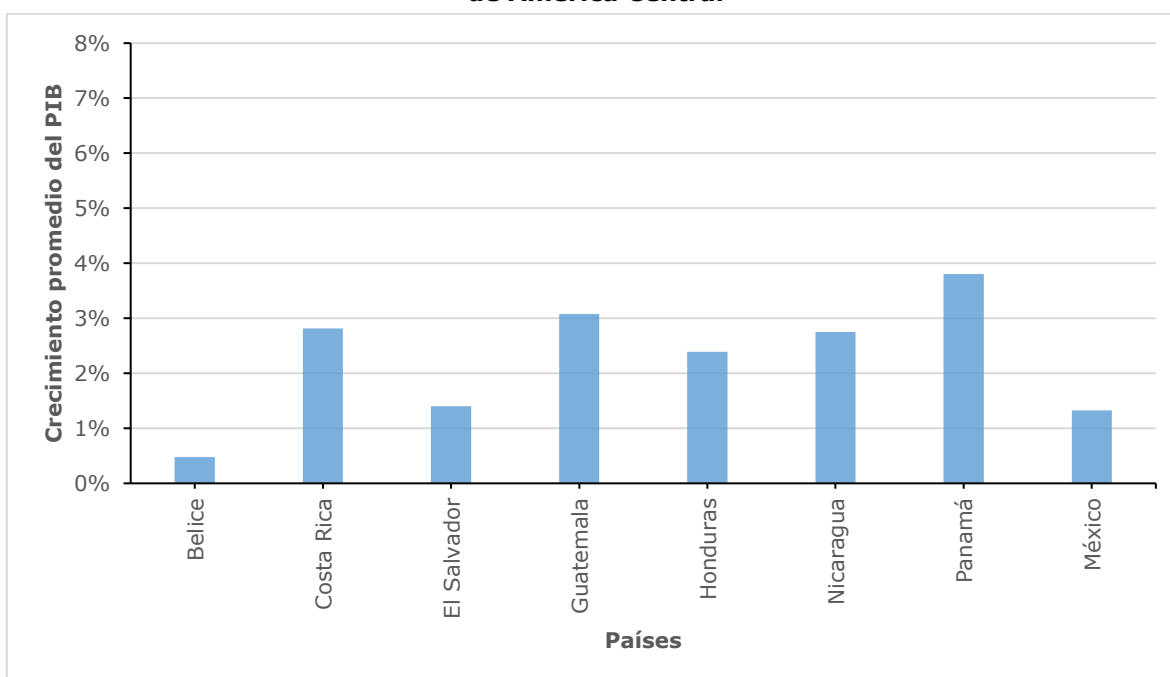
Panamá y República Dominicana. Por el lado más negativo, destaca el decrecimiento de la economía de Argentina en la última década.

Figura 2.3-7. Promedio del crecimiento del PIB, en porcentaje anual, para el periodo 2011-2020 (a precios de mercado en moneda local, a precios constantes) en los países de América del Sur



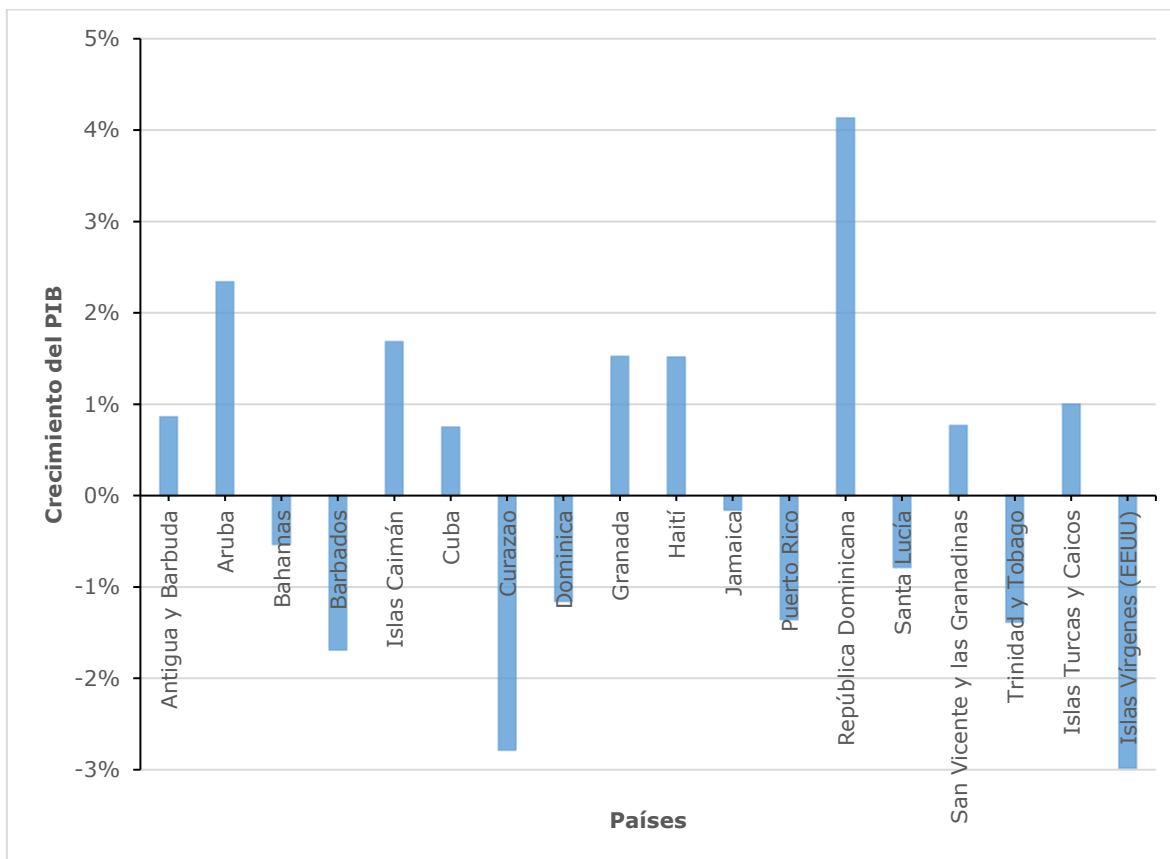
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022b).

Figura 2.3-8. Promedio del crecimiento del PIB, en porcentaje anual, para el periodo 2011-2020 (a precios de mercado en moneda local, a precios constantes) en los países de América Central



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022b).

Figura 2.3-9. Promedio del crecimiento del PIB, en porcentaje anual, para el periodo 2011-2020 (a precios de mercado en moneda local, a precios constantes) en los países de El Caribe



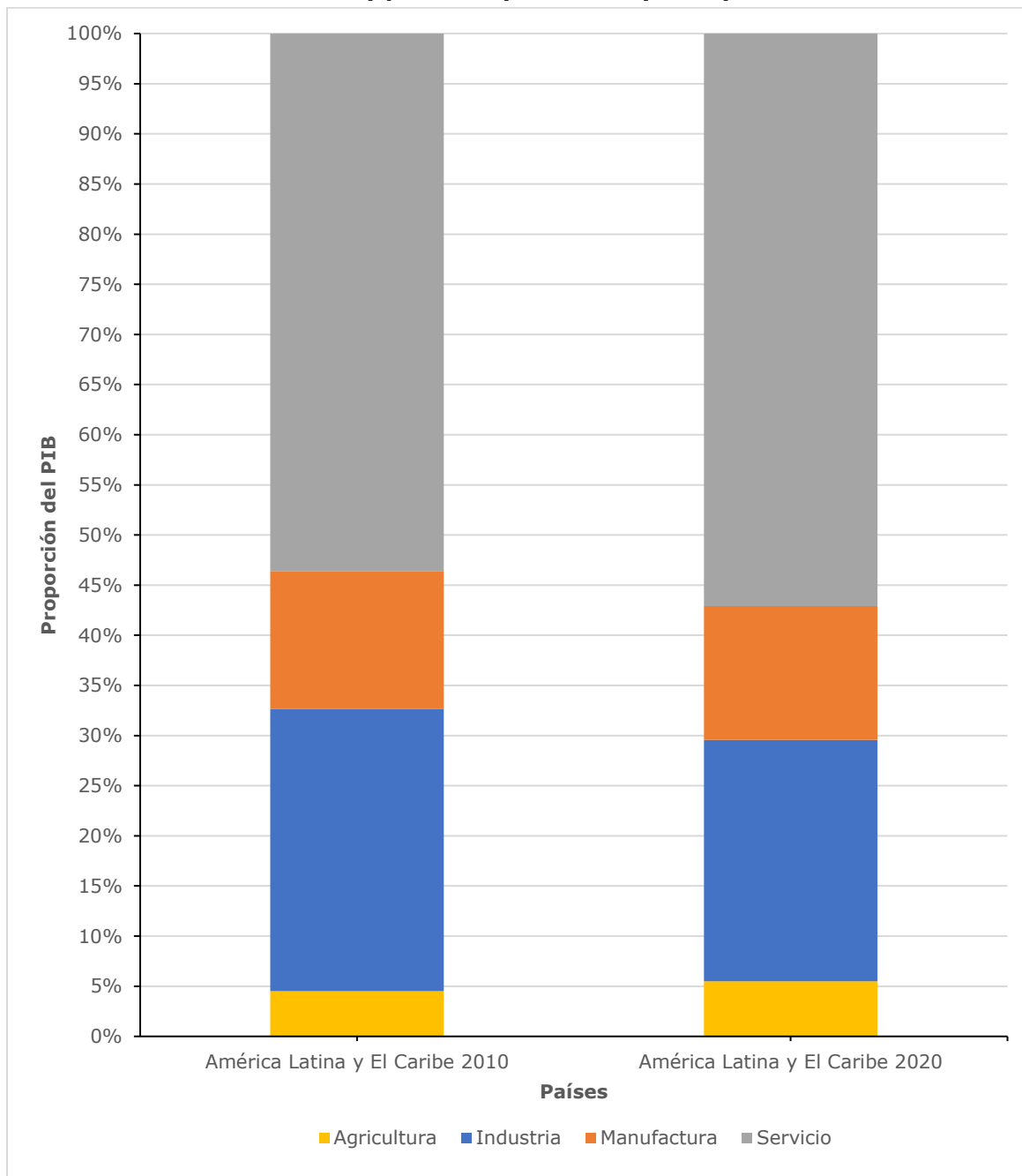
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022b).

En las siguientes figuras se presenta la composición del PIB de los países de ALC, por sector económico: agricultura, industria, manufactura y servicios, para los años 2010 y 2020⁵⁶. En los gráficos siguientes, se puede apreciar que en general el sector servicios aumentó su importancia como porcentaje de la economía en los últimos diez años, mientras que la industria mostró una caída en su importancia relativa. Esto se puede ver de manera agregada en el gráfico siguiente que muestra que los servicios pasaron de representar el 53,6% en 2010 al 57,1% en 2020 del PIB de ALC. Además, la agricultura aumentó su participación desde un 4,5% a un 5,5%.

⁵ Para la construcción de el gráfico se utilizó los datos entregados por el Banco Mundial (2022c) del PIB en miles de millones de dólares, junto a los porcentajes de cada sector. Para ello, se normalizaron los valores de los porcentajes del PIB por sector, ya que sumaban más del 100%.

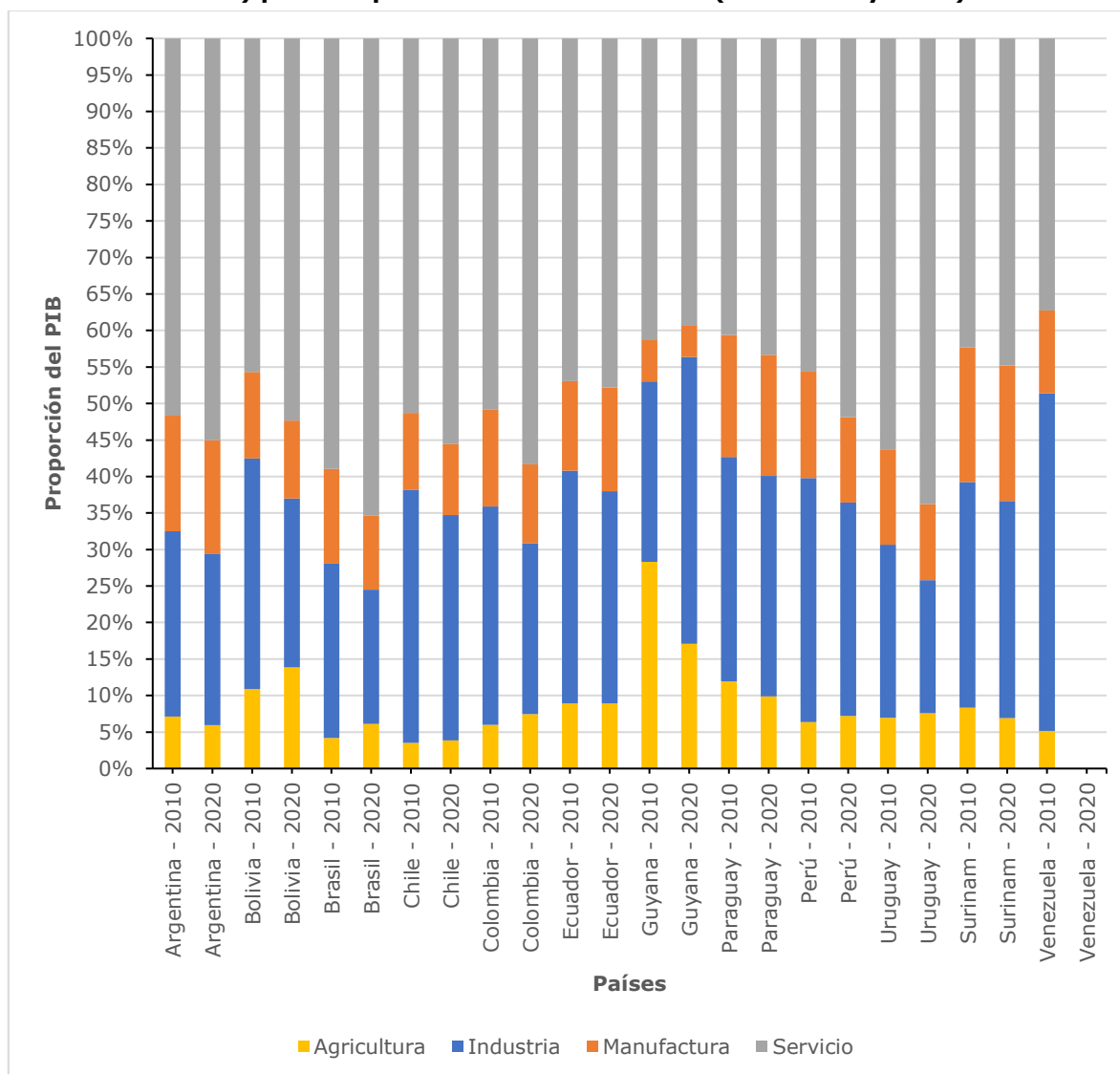
⁶ Agricultura incluye Silvicultura y Pesca, Industria incluye Construcción. Estos porcentajes por sector se obtienen del PIB que está en valor agregado (USD constantes de 2015) (Banco Mundial, 2022c).

Figura 2.3-10. Proporción del PIB por sector económico (USD a precios constantes de 2015) para ALC (años 2010 y 2020)



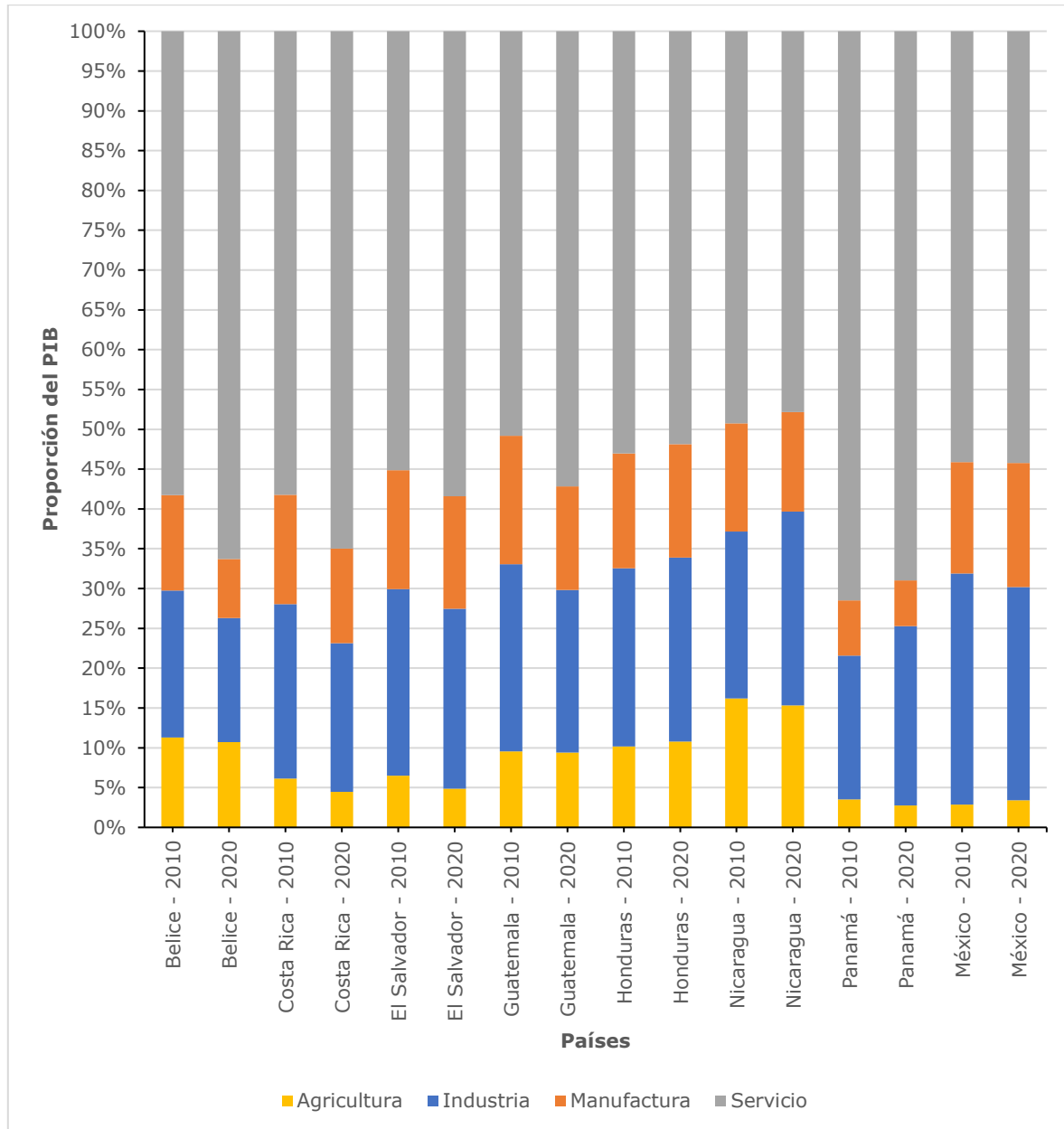
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022c).

Figura 2.3-11. Proporción del PIB por sector económico (USD a precios constantes de 2015) para los países de América del Sur (años 2010 y 2020)



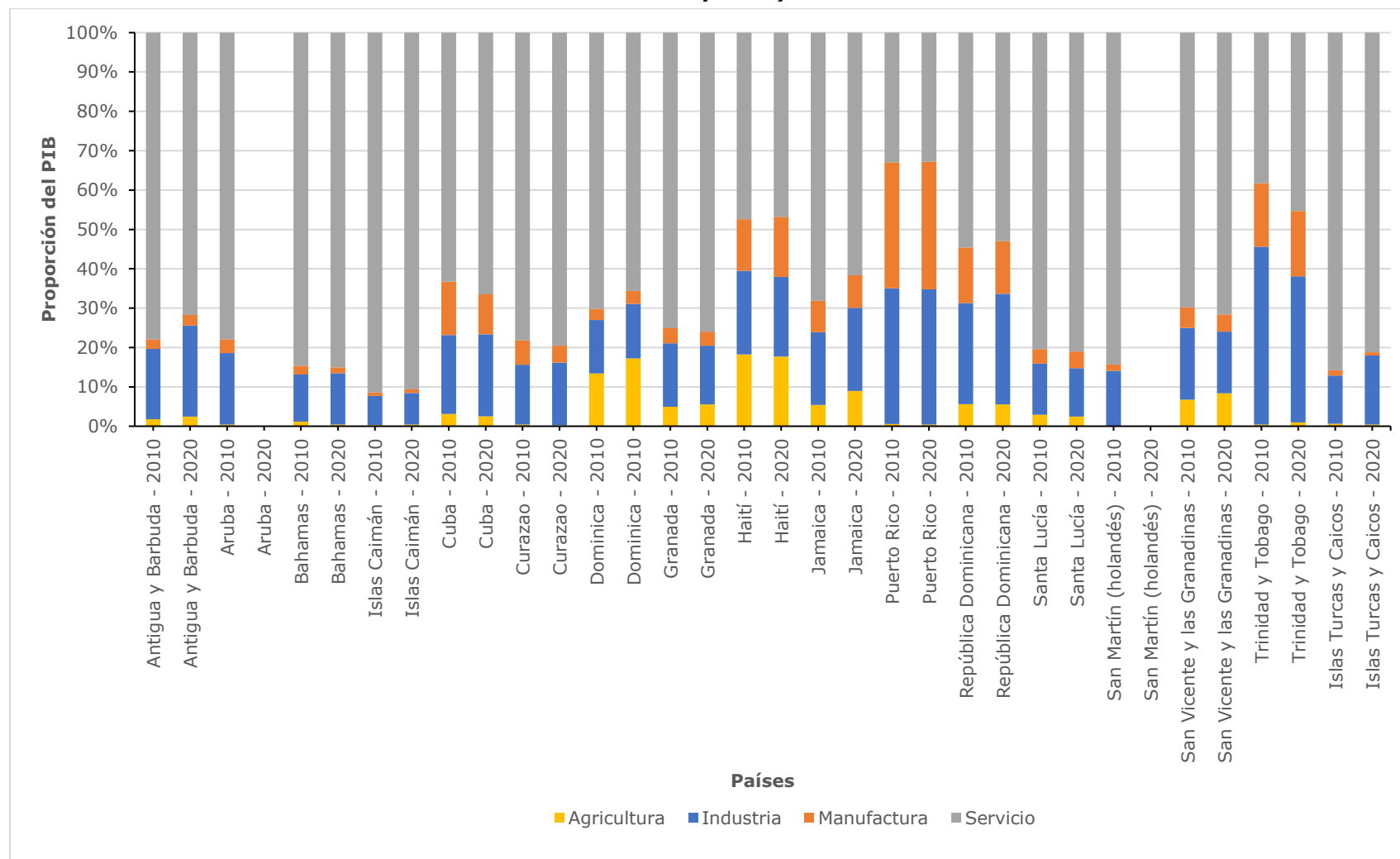
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022c).

Figura 2.3-12. Proporción del PIB por sector económico (USD a precios constantes de 2015) para los países de América Central (años 2010 y 2020)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022c).

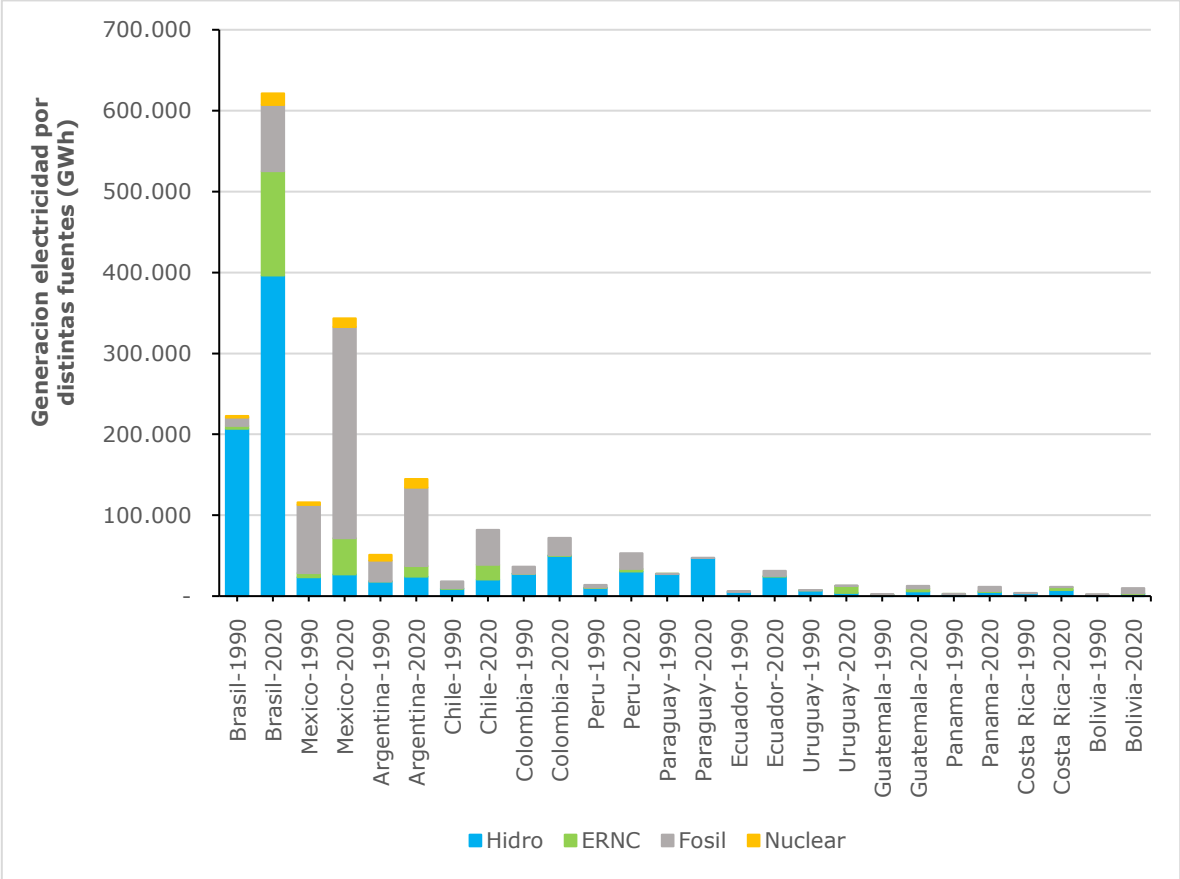
Figura 2.3-13 Proporción del PIB por sector económico (USD a precios constantes de 2015) para los países de El Caribe (años 2010 y 2020)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022c).

Complementando la información anterior respecto de características económicas generales en ALC, se presenta a continuación información relativa a fuentes de generación eléctrica y acceso a recursos hídricos en la región. En la Figura 2.3-14 se muestra la distribución de la generación eléctrica para distintos países de ALC, según fuente (International Energy Agency, 2022).

Figura 2.3-14 Distribución de la generación eléctrica (GWh) en países de ALC por fuente, comparativo entre el año 1990 y 2020.

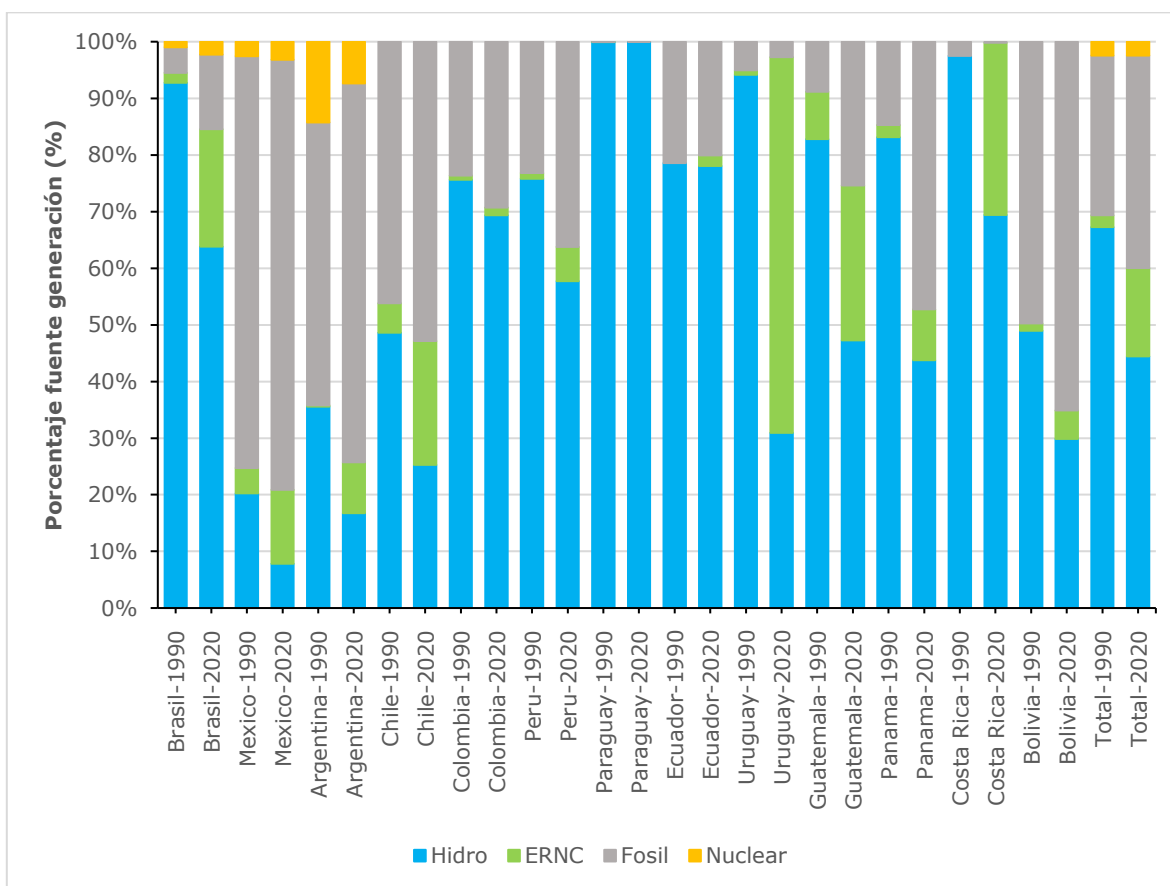


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Internacional [Energy Agency \(2022\)](#).

Nota: Cada país presenta dos barras, correspondientes a los periodos 1990 y 2020.

Tres países, Brasil, México y Argentina concentran en 2020 el 76% de la generación eléctrica, todos ellos han aumentado tanto su generación eléctrica en comparación con 1990, y también su generación mediante combustibles fósiles y de Energías Renovables no Convencionales (ERNC) de manera significativa en los últimos 30 años. En la Figura 2.3-15 se muestra la misma información de manera porcentual.

Figura 2.3-15 Proporción (%) de la generación eléctrica en países de ALC por fuente, comparativo entre el año 1990 y 2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Internacional Energy Agency (2022).

En 30 años casi se ha triplicado la generación eléctrica en ALC (509.801 GWh en 1990 comparado con 1.452.812 GWh en 2020) (International Energy Agency, 2022). Pese a que la generación hidroeléctrica sigue siendo una fuente relevante (45% en comparación con un 20% a nivel global) ha disminuido su participación en desmedro de generación en base a combustibles fósiles y ERNC. En la Figura 2.3-15 se observa como en el último periodo ha irrumpido fuertemente la ERNC.

La penetración de ERNC se destaca en algunos países como Uruguay, Costa Rica y Chile.

La energía nuclear no muestra una participación relevante en la región, sin embargo, mantiene una pequeña participación cuya relevancia va disminuyendo en el tiempo, con excepción de México, en donde ha aumentado levemente.

En la Tabla 2.3-2 se muestran las métricas para las subregiones de ALC asociadas al recurso hídrico, estas son: disponibilidad del recurso hídrico per cápita, extracciones totales usadas en agricultura, industria y agua potable, población con acceso a agua potable segura y extracciones de agua dulce como porcentaje de disponibilidad de recursos renovables (FAO, 2022)

Tabla 2.3-2. Métricas asociadas al recurso hídrico para subregiones de ALC.

Métrica		Año	Valor entre países	América del Sur	América Central y México	Caribe
Disponibilidad de recursos hídricos per cápita (m³/hab/año)		2014	Promedio	45417	16167	2790
			Mínimo	20181 (Argentina)	3637 (México)	2232 (R. Dom.)
			Máximo	59916 (Perú)	35454 (Panamá)	3347 (Cuba)
Extracciones como porcentaje de extracciones totales (%)	Agricultura	Año más tardío	Promedio	77	64	72
			Máximo	92 (Bolivia)	77 (Nicaragua)	80 (R. Dom.)
	Industria	Año más tardío	Promedio	8	9	9
			Máximo	19 (Colombia)	18 (Guatemala)	11 (Cuba)
	Agua potable	Año más tardío	Promedio	15	27	18
			Máximo	27 (Colombia)	56 (Panamá)	24 (Cuba)
Población con acceso a agua potable segura (%)	Total	1992	Promedio	83	80	44
		2015		94	93	90
	Rural	1992		58	65	38
		2015		84	86	86
	Urbana	1992		93	94	63
		2015		97	98	91
Extracción de agua como porcentaje de disponibilidad de recursos renovables (%)		Año más tardío	Promedio	1,7	5	21,7
			Mínimo	0,4 (Bolivia)	0,7 (Panamá)	13 (Cuba)
			Máximo	4,3 (Argentina)	18,6 (México)	30,4 (R. Dom.)

Fuente: Modificado de Vicuña et al., 2020.

En la tabla anterior se puedan destacar algunas métricas. En disponibilidad del recurso hídrico per cápita, destaca la alta disponibilidad promedio en América del Sur respecto a América Central y México, y el Caribe. En las extracciones, destaca la diferencia de composición en el caso de América Central y México, utilizando relativamente una menor proporción en agricultura y una mayor proporción en agua potable comparado con las otras subregiones. Respecto a la población con acceso a agua potable segura, en 1992 destacaban las menores tasas de acceso en el Caribe, mientras que en los datos de 2015 no se observan diferencias entre las tres subregiones. Finalmente, en el Caribe las extracciones de agua dulce como porcentaje de disponibilidad de recursos renovables son más altas que América del Sur y América Central y México (Vicuña et al., 2020).

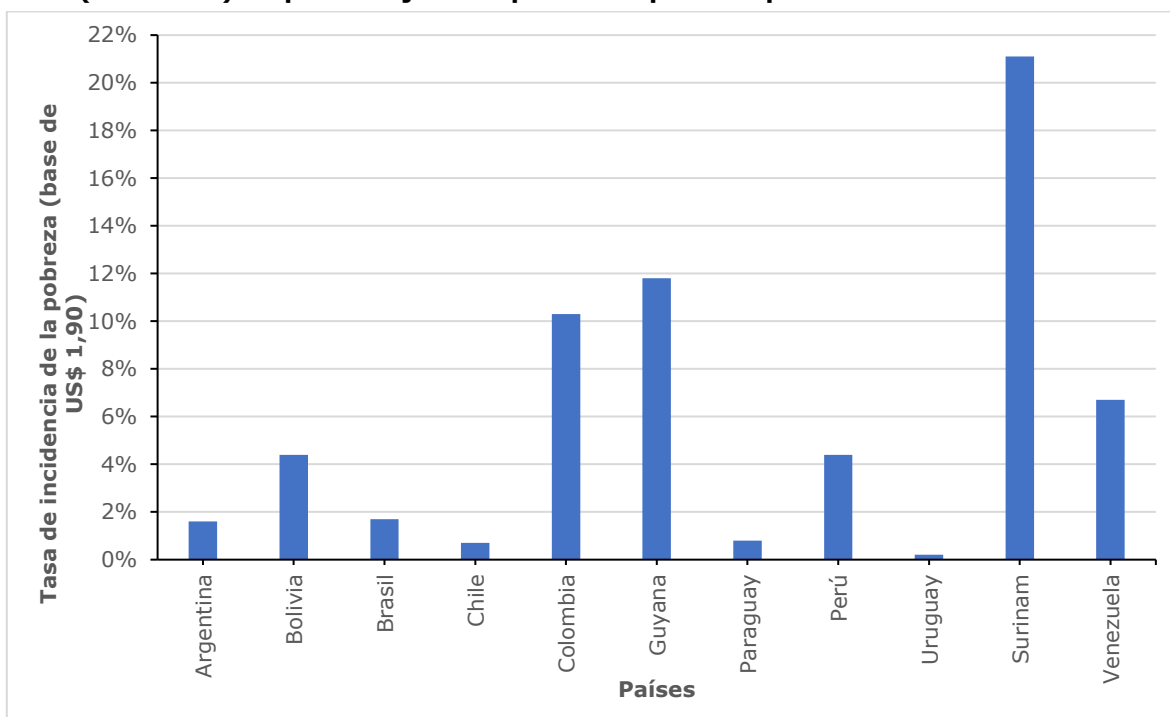
2.3.3. Características socioeconómicas

En la presente sección se describen los niveles de pobreza y desempleo de los países de la región. En los siguientes gráficos se muestra la tasa de incidencia de la pobreza, sobre la base de USD1,90 por día (2011 PPA)⁷ en términos del porcentaje de la población para los países de la región.⁸ En los gráficos a continuación se pueden observar diferencias entre los países de la región. En Sudamérica destaca la alta tasa de pobreza en Surinam, seguido por Guyana y Colombia. En América Central, Belice, Honduras y Guatemala muestran las tasas más altas, mientras que en Caribe destaca la tasa de casi 25% de Haití, que es el país con la tasa de pobreza más alta de ALC.

⁷La tasa de recuento de la pobreza a USD1,90 por día es el porcentaje de la población que vive con menos de USD 1,90 por día a precios internacionales de 2011. Como resultado de las revisiones de los tipos de cambio PPA, las tasas de pobreza de países individuales no pueden compararse con las tasas de pobreza informadas en ediciones anteriores (Banco Mundial, 2022d).

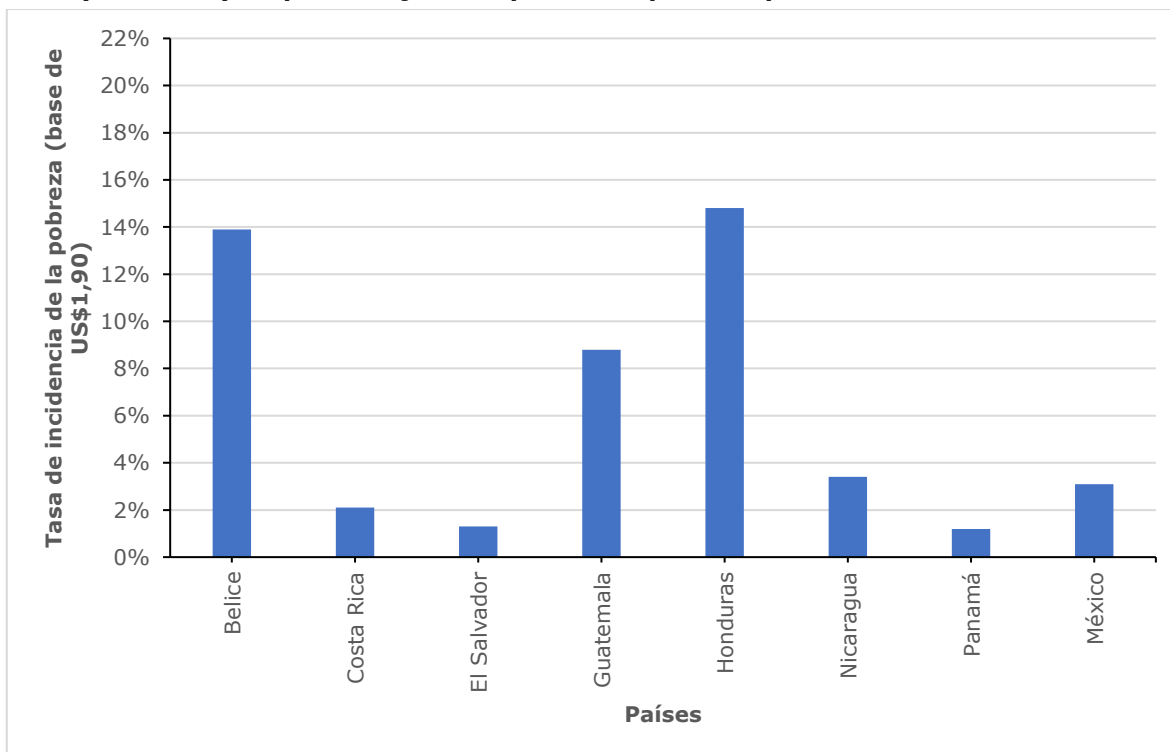
⁸ Es importante señalar que estos indicadores se presentan para diferentes años, la mayoría son datos del año 2020, excepto para Guyana (1998), Surinam (1999), Venezuela (2006), Belice (1999), El Salvador (2019), Guatemala (2014), Honduras (2019), Nicaragua (2014), Panamá (2019), Antigua y Barbuda (S/I), Aruba (S/I), Bahamas (S/I), Barbados (S/I), Islas Caimán (S/I), Cuba (S/I), curazao (S/I), Dominica (S/I), Granada (S/I), Haití (2012), Jamaica (2004), Puerto Rico (S/I), Santa Lucía (2016), San Vicente y las Granadinas (S/I), Trinidad y Tobago (1992), Islas Turcas y Caicos (S/I) e Islas Vírgenes (EEUU) (S/I).

Figura 2.3-16 Tasa de incidencia de la pobreza, sobre la base de USD1,90 por día (2011 PPA) en porcentaje de la población para los países de América del Sur



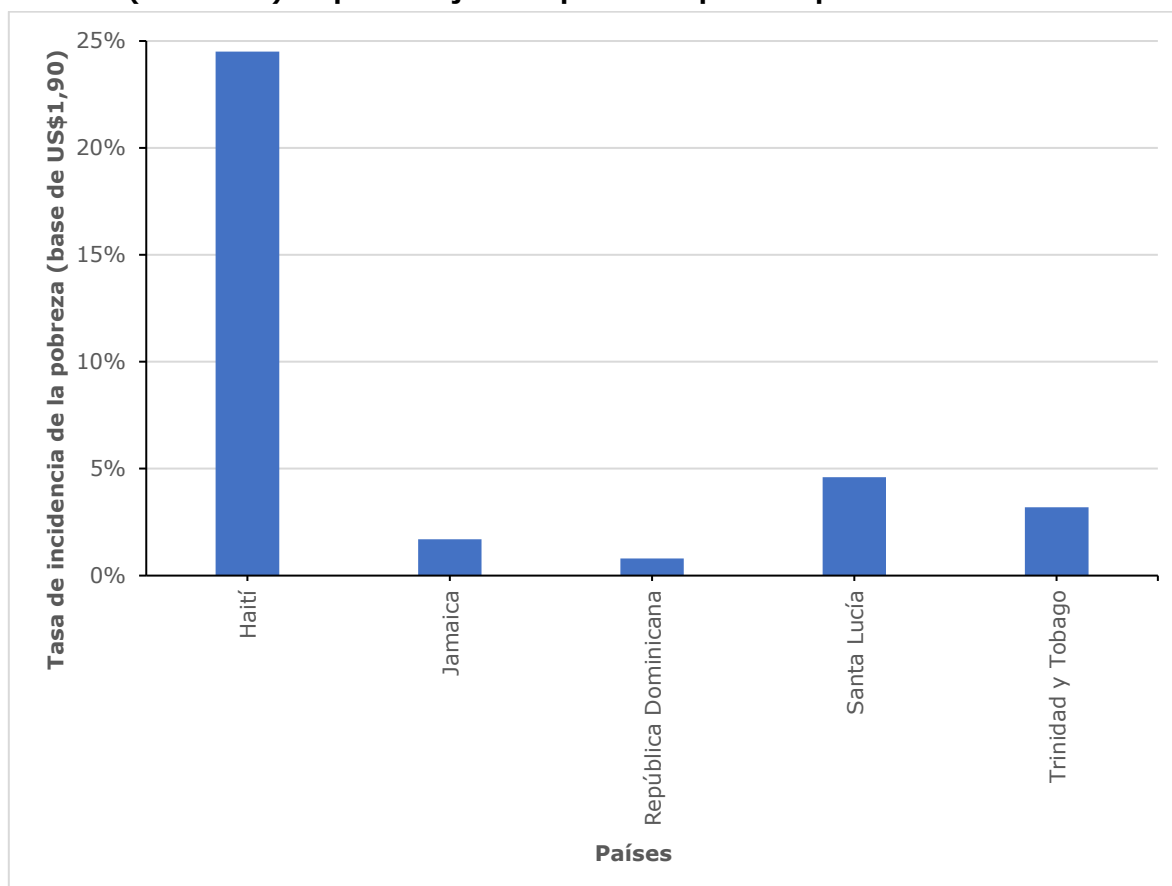
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022d).

Figura 2.3-17 Tasa de incidencia de la pobreza, sobre la base de USD1,90 por día (2011 PPA) en porcentaje de la población para los países de América Central



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022d).

Figura 2.3-18 Tasa de incidencia de la pobreza, sobre la base de USD1,90 por día (2011 PPA) en porcentaje de la población para los países de El Caribe

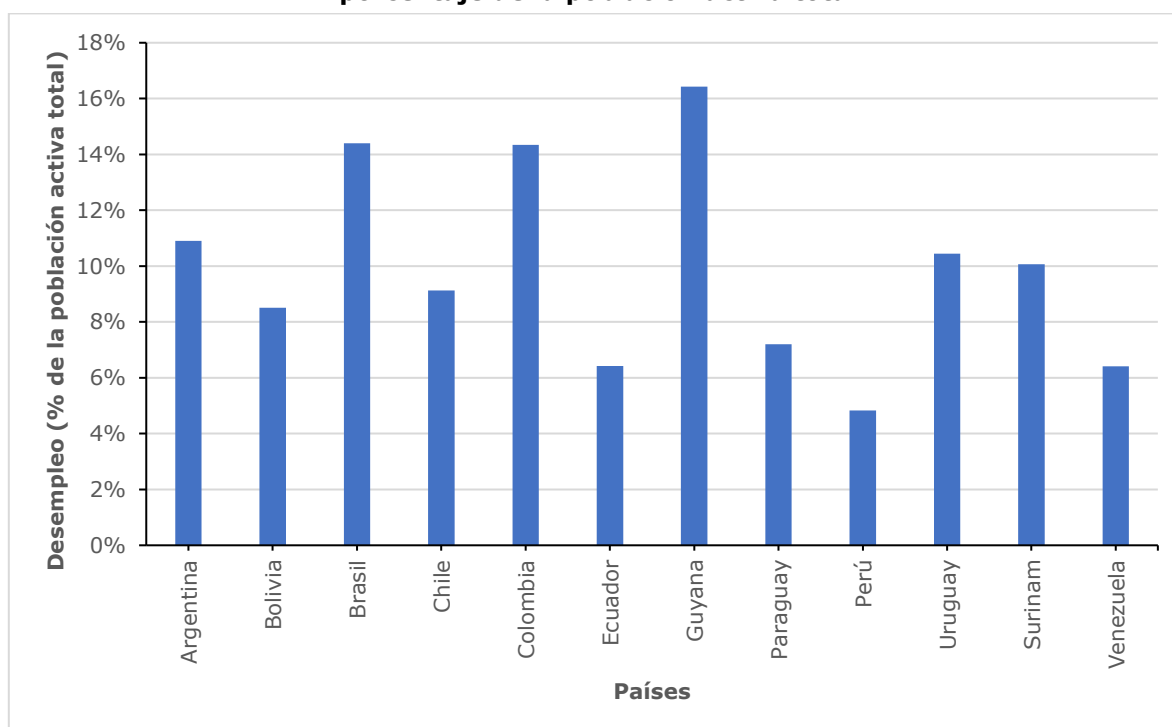


Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022d).

En las figuras a continuación, se muestra el desempleo como porcentaje de la población activa total⁹ en los países de la región. En ellas destacan los mayores niveles de desempleo en los países del Caribe. En Centroamérica, destacan las altas tasas de desempleo de Costa Rica y Panamá, mientras que en América del Sur las mayores tasas de desempleo son de Brasil, Colombia y Guyana.

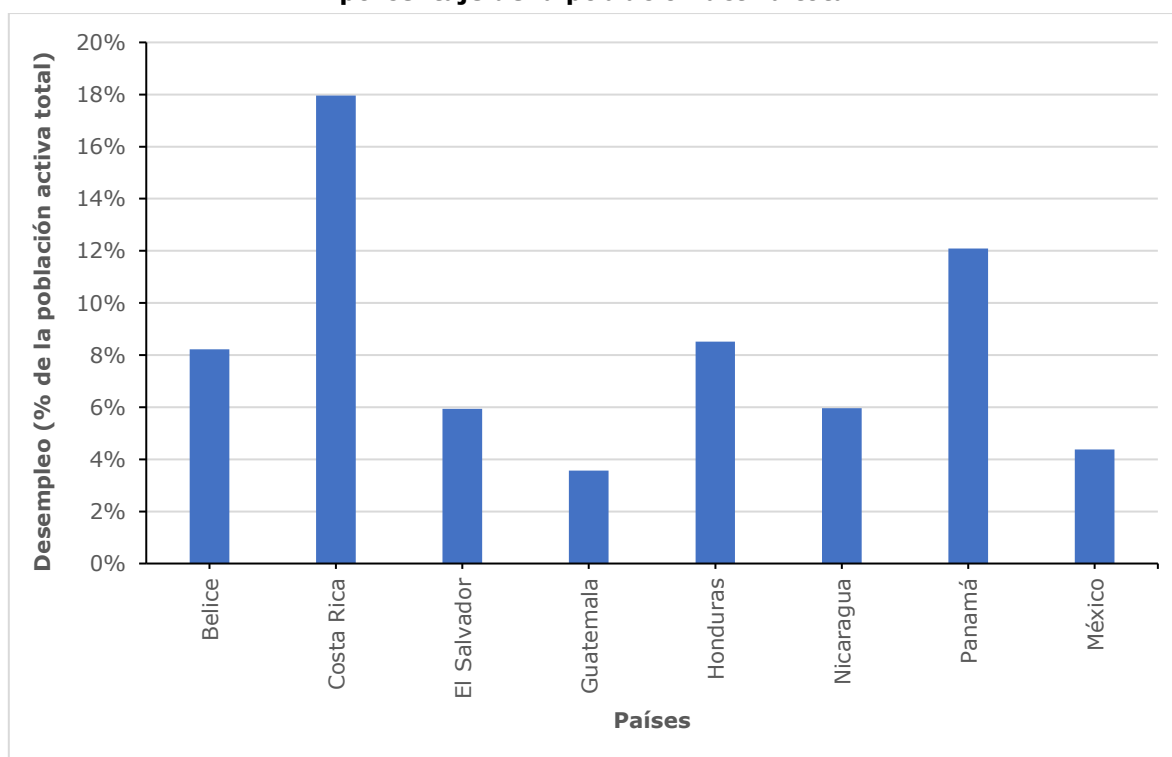
⁹ El desempleo es la proporción de la población activa que no tiene trabajo pero que busca trabajo y está disponible para realizarlo. Las definiciones de población activa y desempleo difieren según el país (Banco Mundial, 2022e).

Figura 2.3-19 Desempleo total para los países de América del Sur en el año 2021, en porcentaje de la población activa total



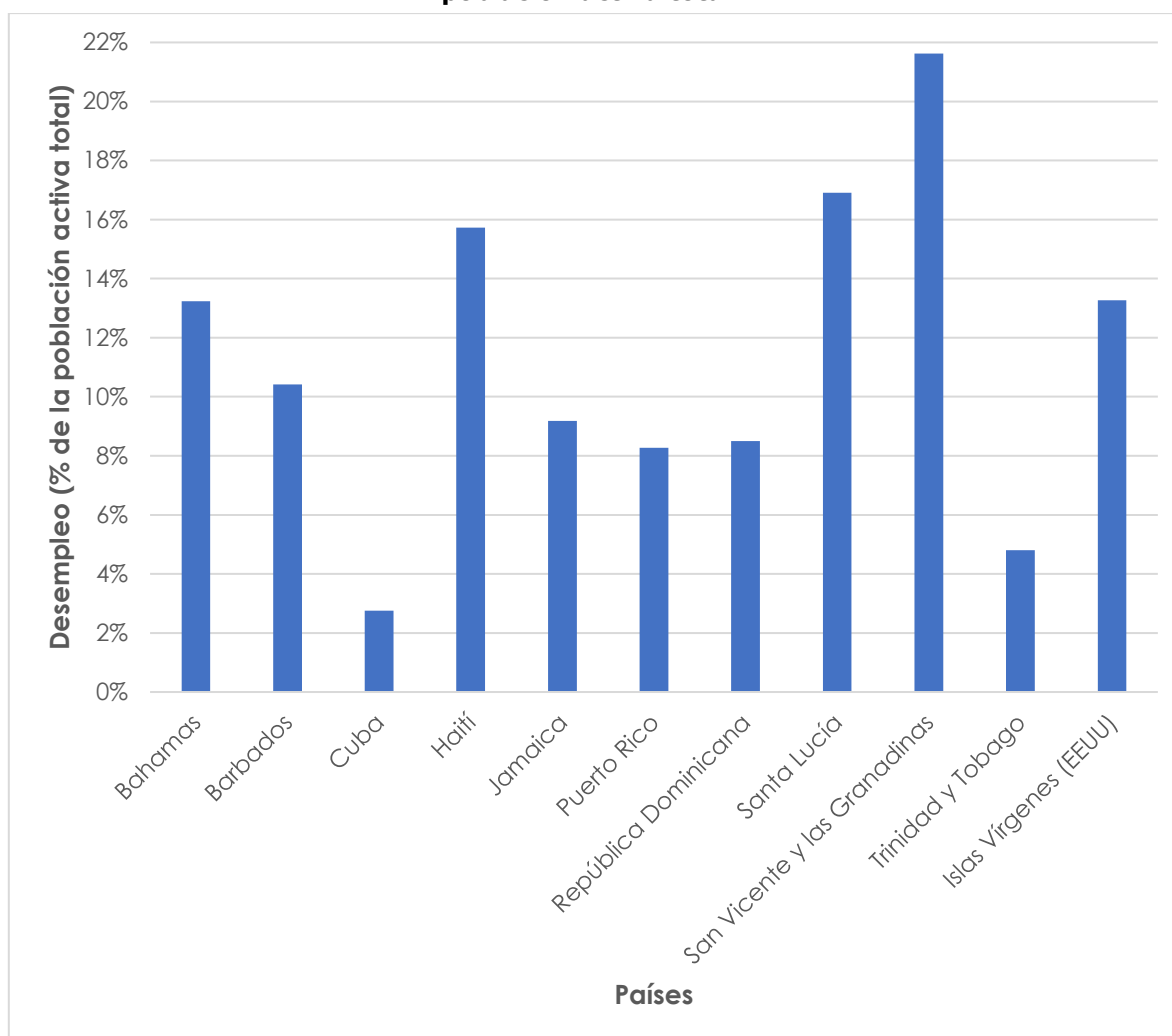
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022e).

Figura 2.3-20 Desempleo total para los países de América Central en el año 2021, en porcentaje de la población activa total



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022e).

Figura 2.321 Desempleo total para los países de El Caribe, en porcentaje de la población activa total¹⁰



2.3-22Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022e).

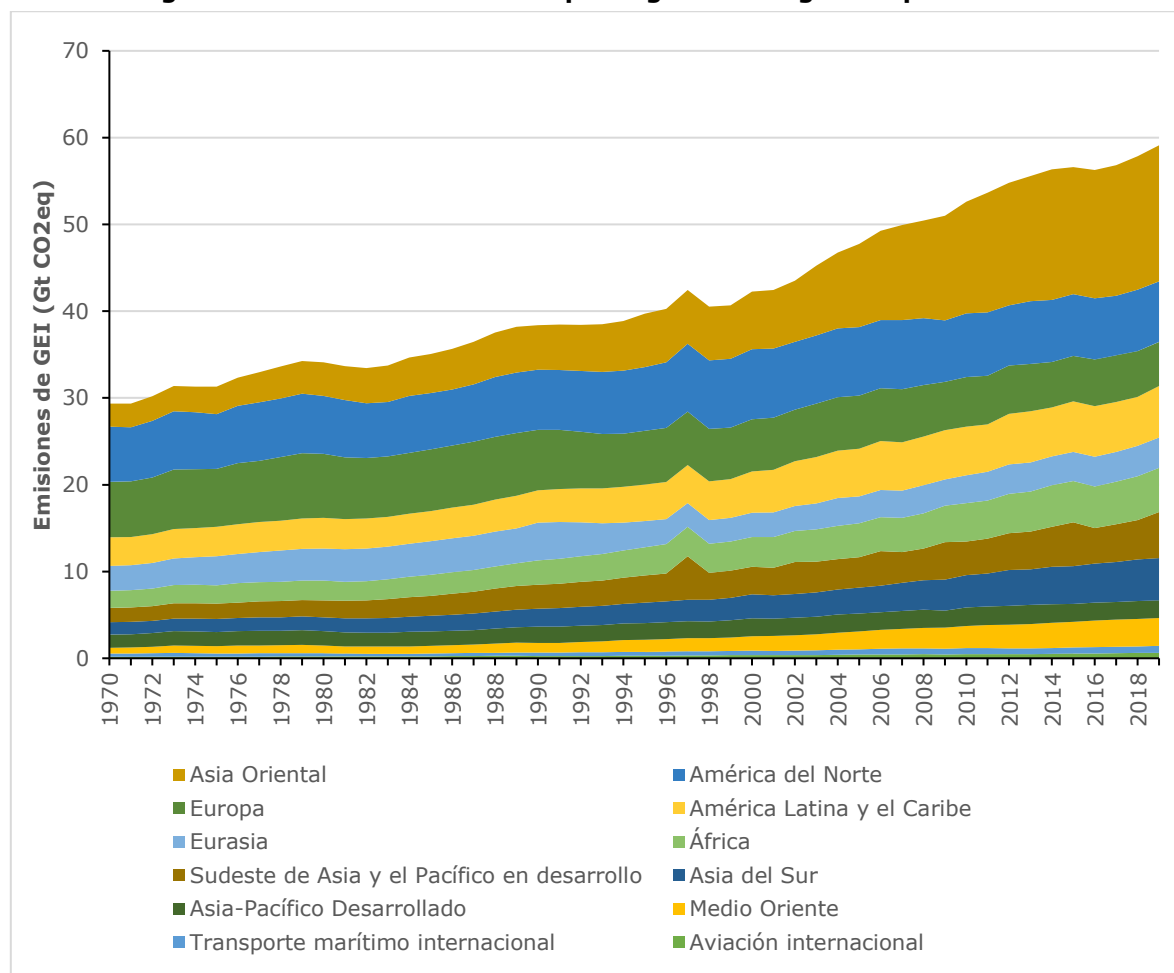
¹⁰ La mayoría de los registros se presentan para el año 2021, excepto para Antigua y Barbuda (S/I), Aruba (S/I), Islas Caimán (S/I), Curazao (S/I), Dominica (S/I), Granada (S/I) e Islas Turcas y Caicos (S/I).

3. Contribución de ALC al cambio climático

3.1. Análisis de contribuciones de ALC a emisiones globales

En base a la información obtenida de las bases de datos del Reporte del IPCC WGIII, capítulo 2 (IPCC, 2022) en la Figura 3.1-1 se muestran las emisiones a nivel global, separada por regiones.

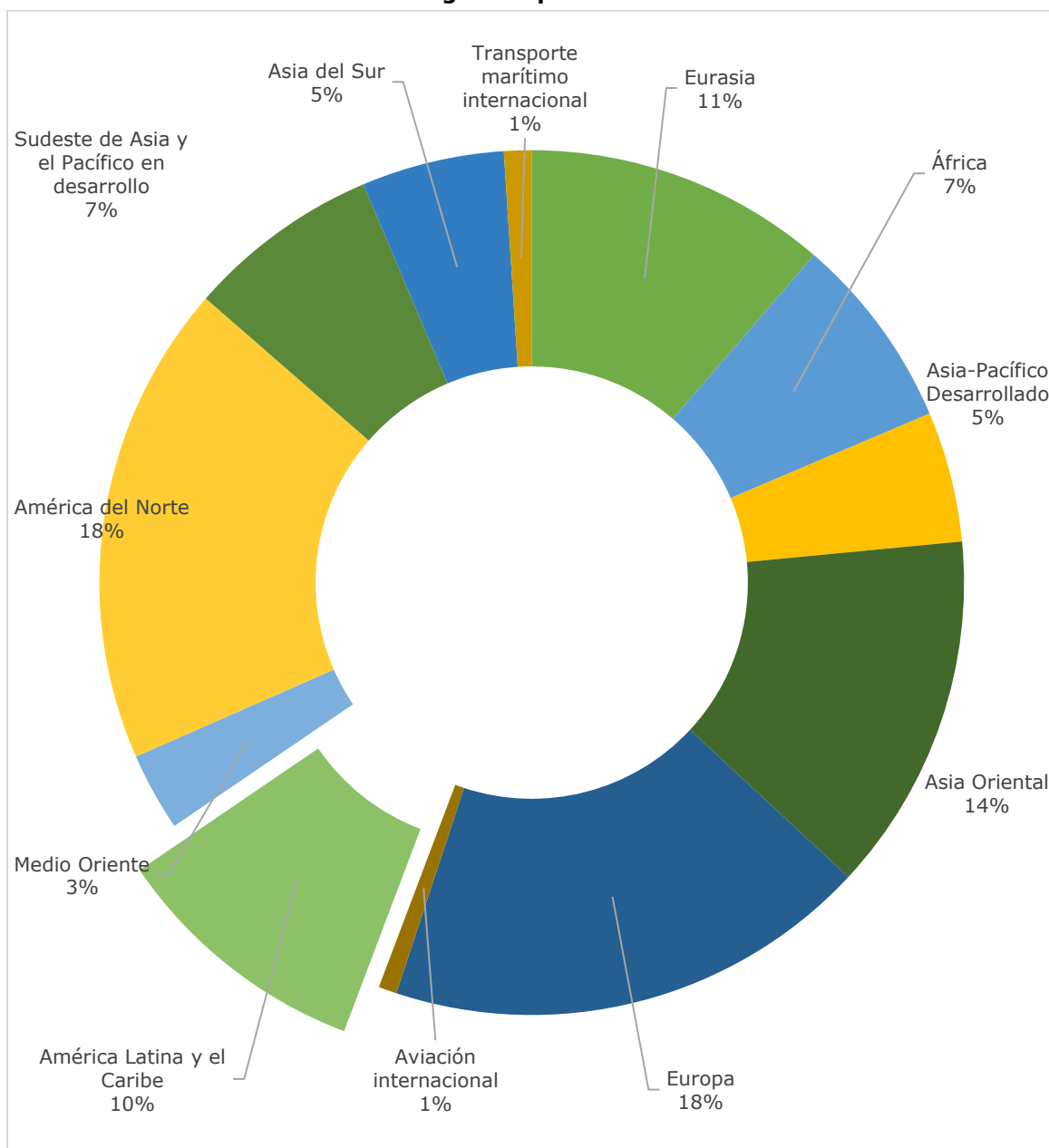
Figura 3.1-1. Emisiones totales por regiones designadas por el IPCC.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

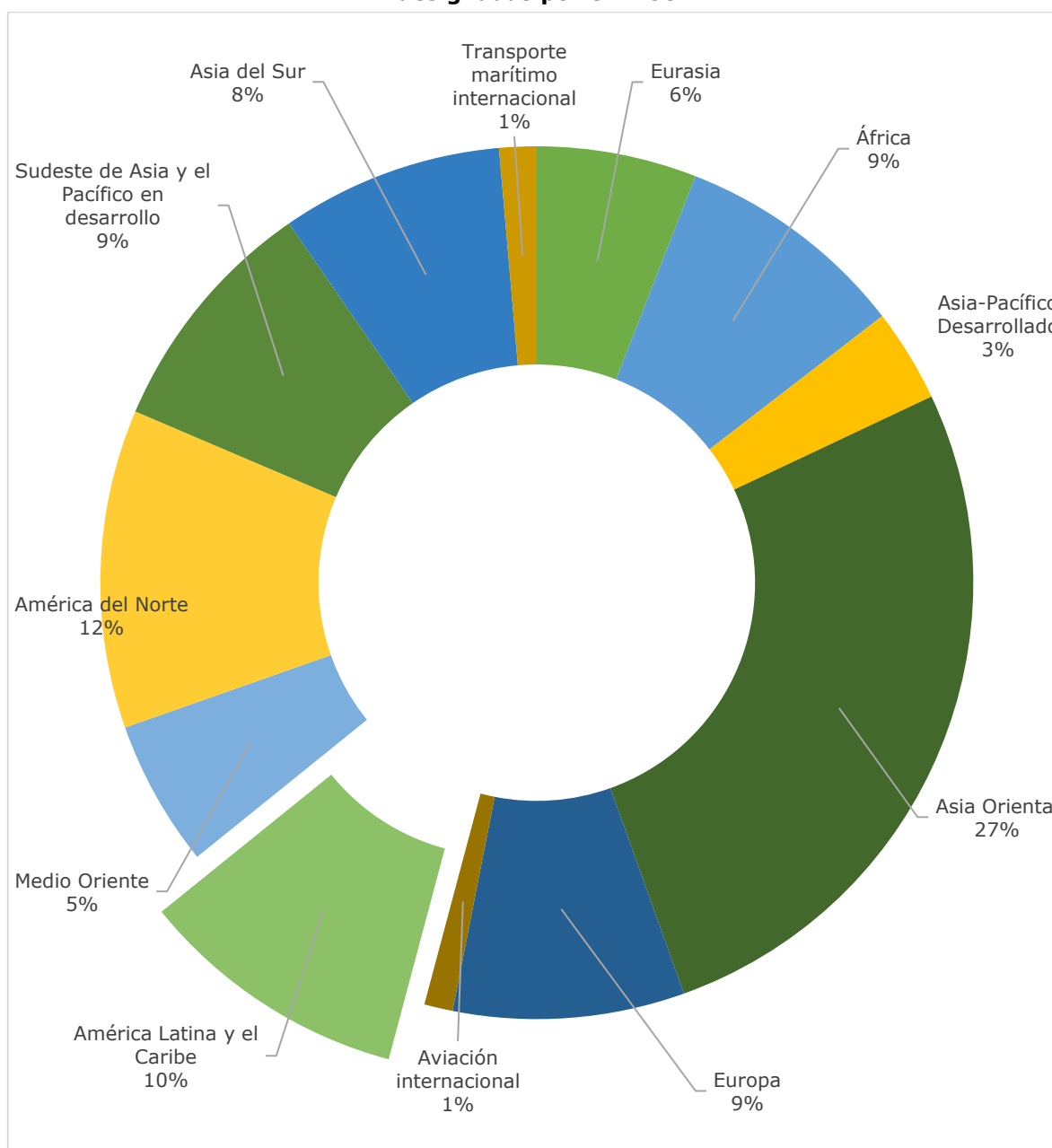
Como se logra apreciar en la figura anterior, las emisiones globales de GEI tienden al alza, con un fuerte crecimiento de estas principalmente en la región Asia Oriental. Otras regiones, incluyendo América Latina y el Caribe, mantienen el aumento comparado con la década de 1990. La Figura 3.1-2 y Figura 3.1-3 muestran la participación porcentual de las emisiones en los periodos 1990 y 2019 respectivamente.

Figura 3.1-2 Porcentaje de emisiones totales de GEI en el año 1990, por regiones designadas por el IPCC



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

Figura 3.1-3 Porcentaje de emisiones totales de GEI en el año 2019, por regiones designadas por el IPCC



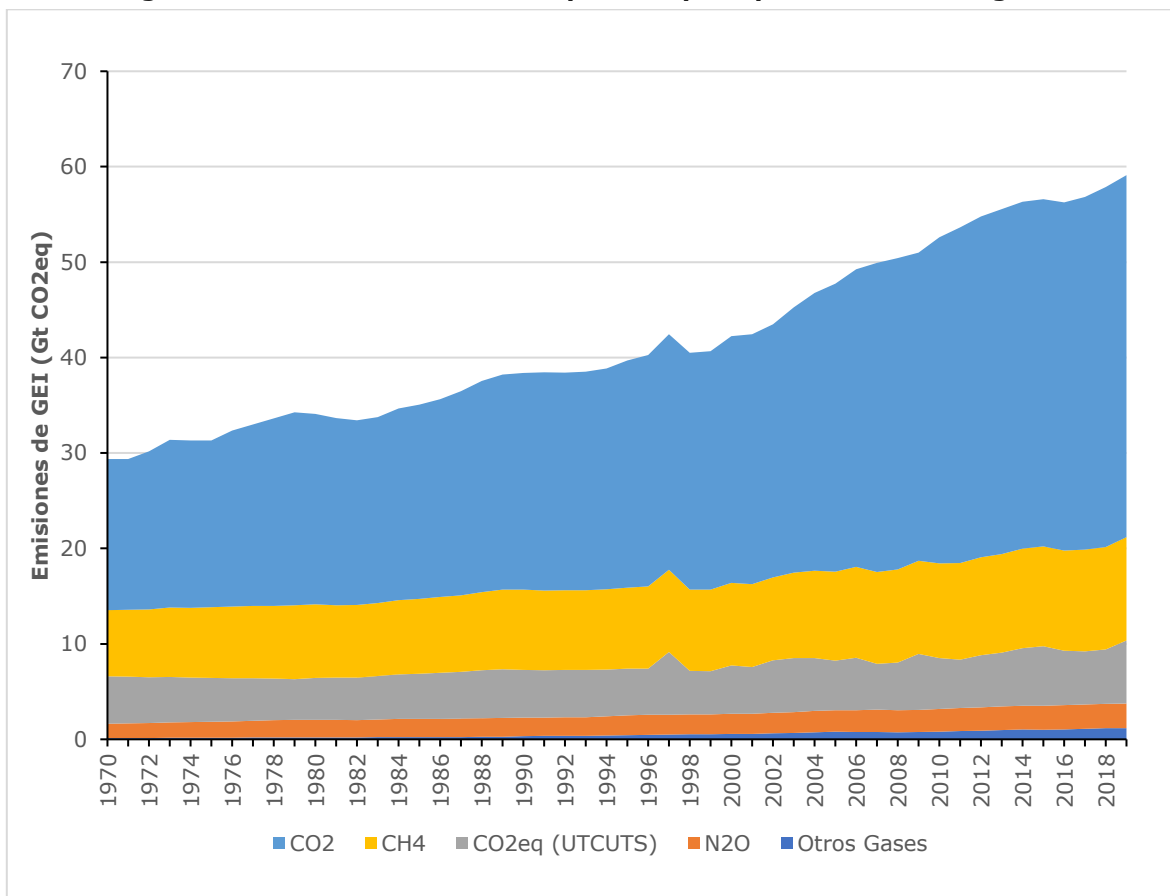
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

La comparativa porcentual en décadas distintas muestra la evolución de la participación de emisiones principalmente de Asia Oriental, que pasó de un 14% de las emisiones globales, a un 27%. ALC es responsable de un 10% de las emisiones globales, el tercer emisor por debajo de América del Norte (12% al 2019) y Así Oriental.

En la Figura 3.1-4 se muestra la división por gases de las emisiones a nivel global, el CO₂ del sector UTCUTS (LULUCF por sus siglas en inglés), se encuentra separado como CO₂eq ya que la base de datos del IPCC (2022) no muestra la separación por gas de

este sector (el cual emite C (Carbono), CH₄ y NO₂ entre otros). Esta figura muestra que el CO₂ es el gas más emitido a nivel global, seguido del CH₄.

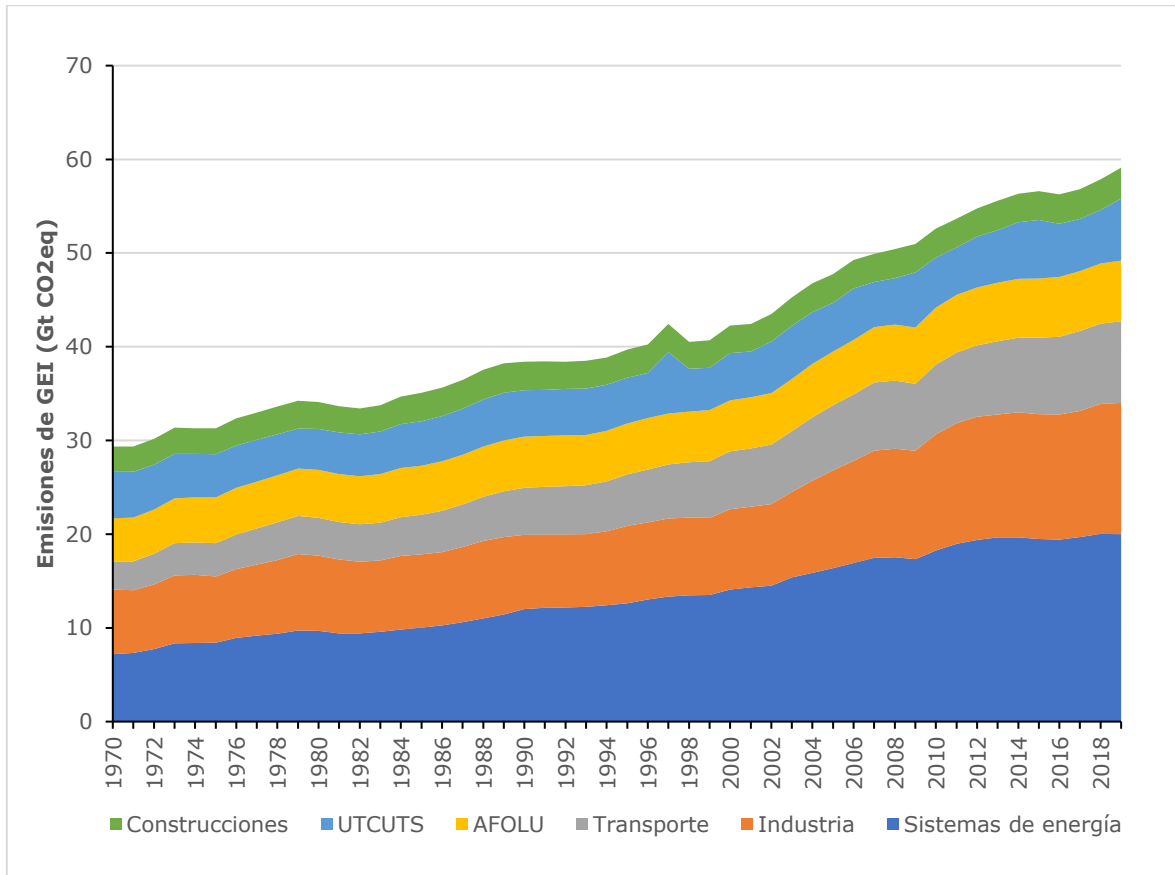
Figura 3.1-4 Emisiones totales separadas por tipo de GEI a nivel global



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

En la Figura 3.1-5 se presentan las emisiones globales separadas por sector, incluyendo UTCUTS.

Figura 3.1-5 Emisiones totales por sector a nivel global.

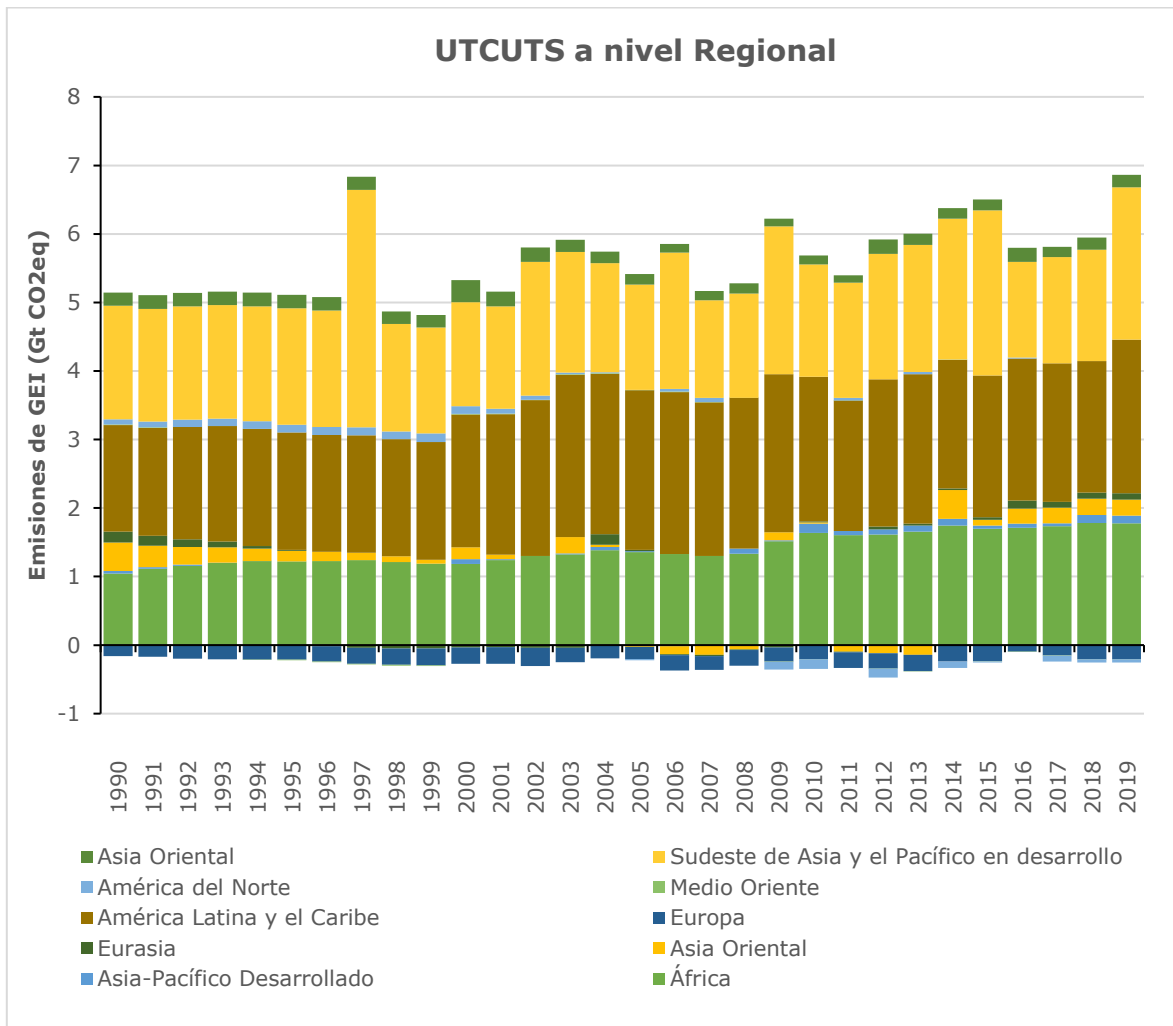


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de [IPCC \(2022\)](#).

A nivel global, la mayor fuente de emisiones viene del sector de energía, seguido de industrias y transporte. Las emisiones del sector UTCUTS, aunque es el penúltimo sector en términos de emisiones, resulta de gran importancia ya que es el único sector con la capacidad de capturar carbono.

En la Figura 3.1-6 se muestran las emisiones del sector UTCUTS por región, siendo Europa la única que consistentemente captura emisiones, y ALC, el Sudeste de Asia y el Pacífico en desarrollo, y África los más grandes emisores.

Figura 3.1-6 Emisiones del sector UTCUTS por regiones designadas por el IPCC

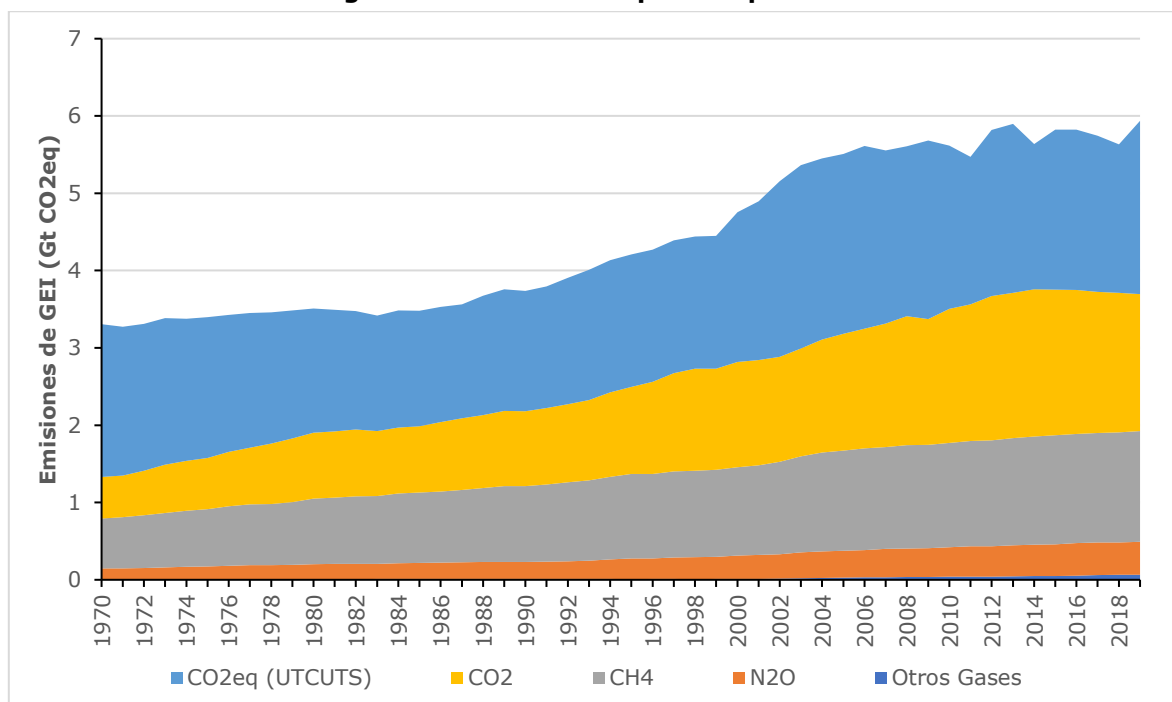


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022)

3.2. Análisis de emisiones y capturas por sector

En esta sección se muestran las emisiones de GEI de ALC según sectores definidos por el IPCC. Las emisiones de ALC (mostradas en la Figura) alcanzan 5,94 Gt CO₂eq en 2019, siendo el sector UTCUTS el que más GEI aporta, (como se muestra en la Figura 3.2-1, donde el CO₂ está separado ya que las bases de datos del IPCC (2022) no muestran la separación por gas de este sector) seguido del CO₂ y del CH₄.

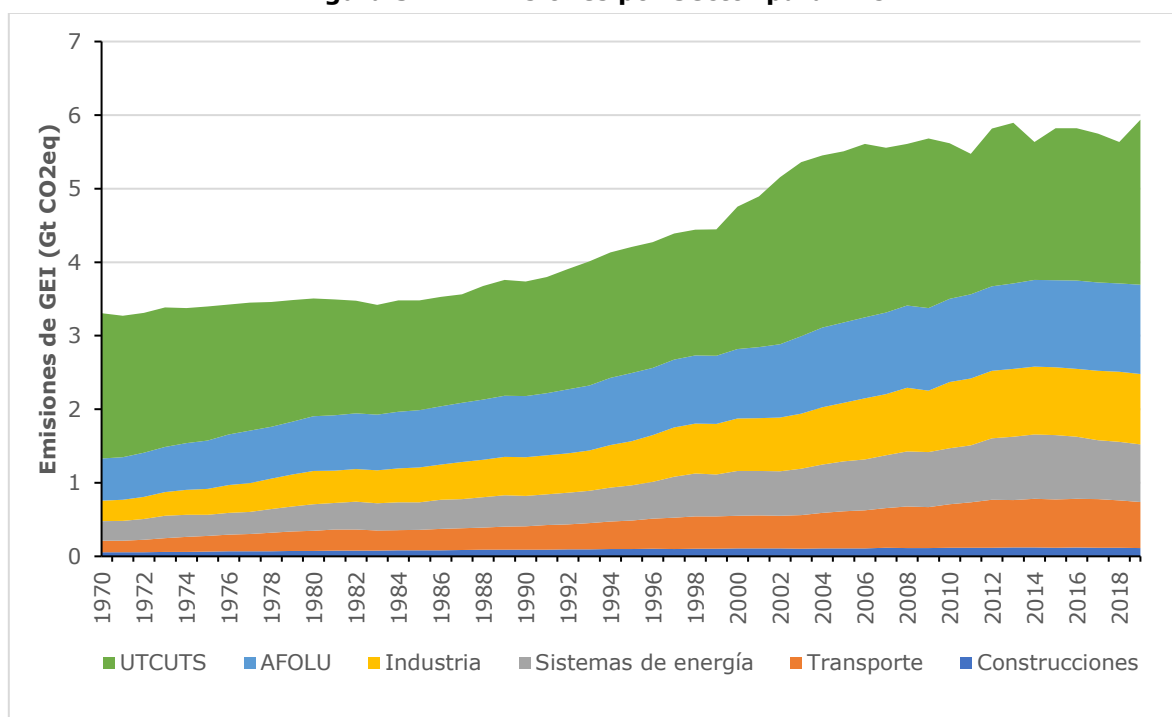
Figura 3.2-1 Emisiones por GEI para ALC.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

Después del sector UTCUTS, como se muestra en la Figura 3.2-2, los sectores más importantes en términos de emisiones de ALC son el sector AFOLU (que solo representa los ítems referentes a Agricultura y Ganadería) y el sector Industria.

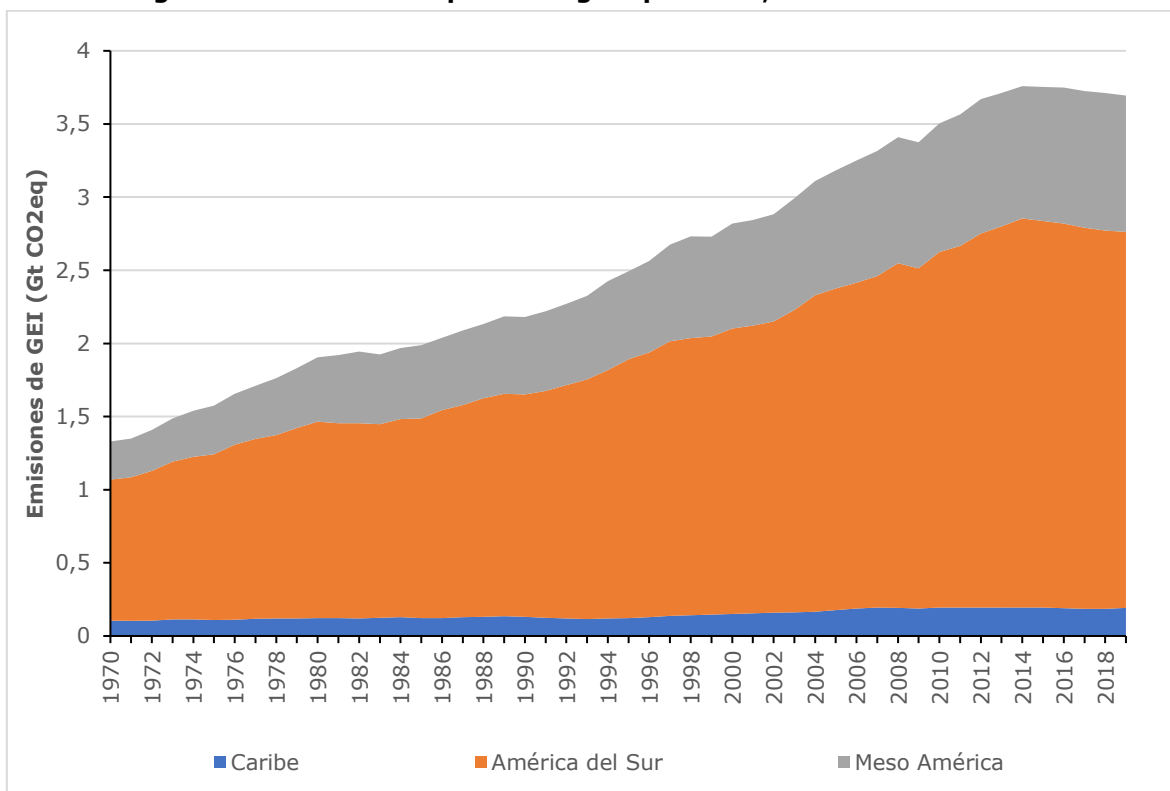
Figura 3.2-2 Emisiones por Sector para ALC.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

En la Figura 3.2-3 se muestra la separación de las emisiones de ALC por subregión. Estos resultados no consideran el sector UTCUTS ya que los datos de ese sector solo están disponibles al nivel de región.

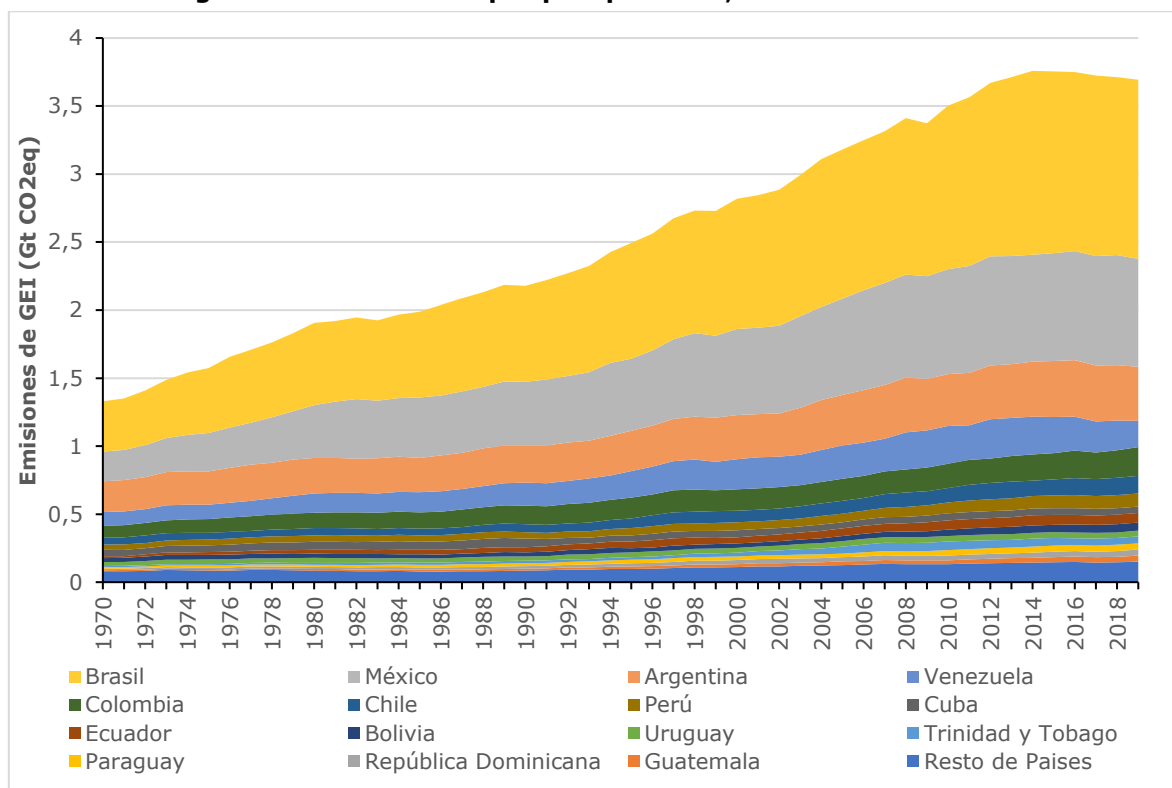
Figura 3.2-3 Emisiones por subregión para ALC, sin datos de LULUCF.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

Porcentualmente, América del Sur es responsable del 70% de las emisiones de la región, Meso América del 25% y el Caribe del 5%. A nivel país, mostrado en la Figura 3.2-4, el mayor emisor de GEI de ALC es Brasil, responsable del 36% del total de las emisiones de la región, seguido de México con 21%, Argentina con 11%, Colombia con 6%, Venezuela con 5% y Chile con 4%.

Figura 3.2-4 Emisiones por país para ALC, sin datos de LULUCF.



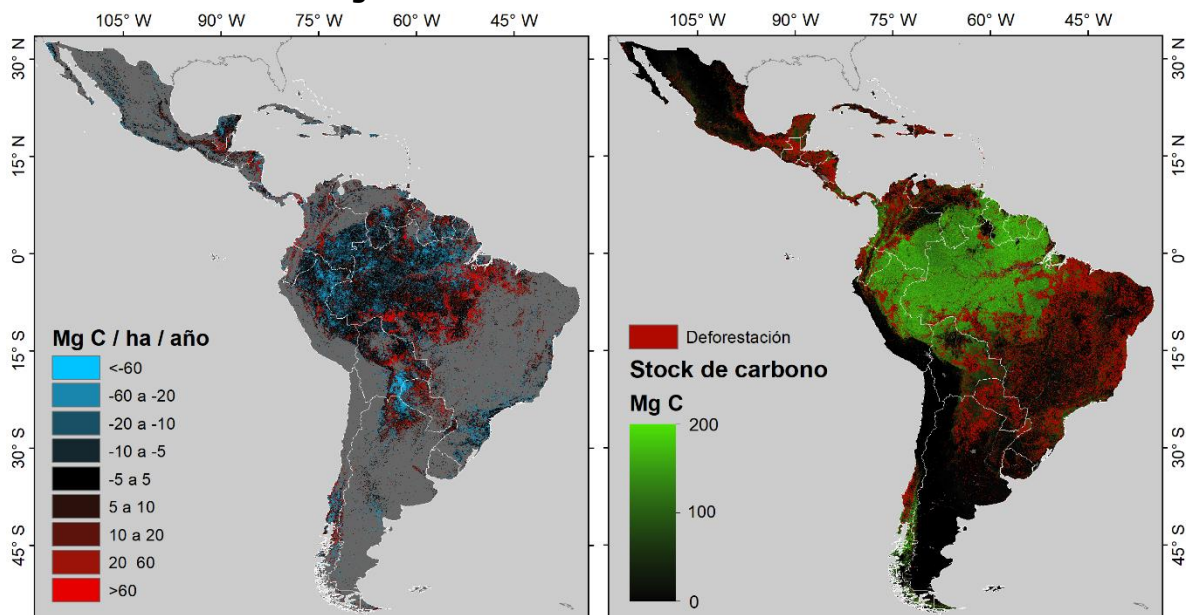
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

A nivel porcentual, dos países (Brasil y México) emiten el 57% de los GEI de la región, 5 países (los dos anteriores, más Argentina, Colombia y Venezuela) emiten el 79% de los GEI, y el top 10 emisores (los anteriores, más Chile, Perú, Ecuador, Bolivia, y Trinidad y Tobago) contribuyen con el 90% de las emisiones de GEI de todo ALC.

3.2.1. Balance de carbono de los ecosistemas en ALC

Los bosques son uno de los controladores principales de los intercambios de gases de efecto invernadero, guardando una proporción importante de carbono. Por otro lado, este tipo de ecosistemas es responsable por la captura de carbono, los cuales en conjunto con los océanos realizan la captura del carbono que se emite a la atmósfera. Se ha identificado que en los últimos 20 años los ecosistemas de bosque en ALC se han mantenido con una tendencia carbono neutral, sin embargo, existen extensas porciones de área que se han degradado. Se identifica que la Amazonia sur se ha comportado como una fuente neta de carbono, perdiendo hasta 60 Mg de C por ha, lo cual también es identificado en Centroamérica y el Chaco paraguayo. Por otro lado, la Amazonia peruana ha mostrado un comportamiento neto de sumidero de carbono, al igual que ciertas zonas de Paraguay, el sur de Brasil y Chile central, sin embargo, es importante destacar que estas coberturas en su mayoría corresponden a monocultivos (Figura 3.2-5). Una amplia proporción del sur este de Brasil está ampliamente afectado por la deforestación, lo cual también ocurre en Chile central y gran proporción de Centroamérica. De hecho, se aprecia que en los últimos 20 años 8 países de ALC han tenido un comportamiento anual neto de fuente de carbono, en donde destacan Brasil con 5.06 Tg/ C/ año, seguido por Paraguay y Nicaragua con 0.34 y 0.24 Tg/ C/ año, respectivamente. Por otro lado, México y Perú fueron los mayores sumideros de carbono con -1.60 y -2.19 Tg/ C/ año.

Figura 3.2-5 Balance de carbono en ALC

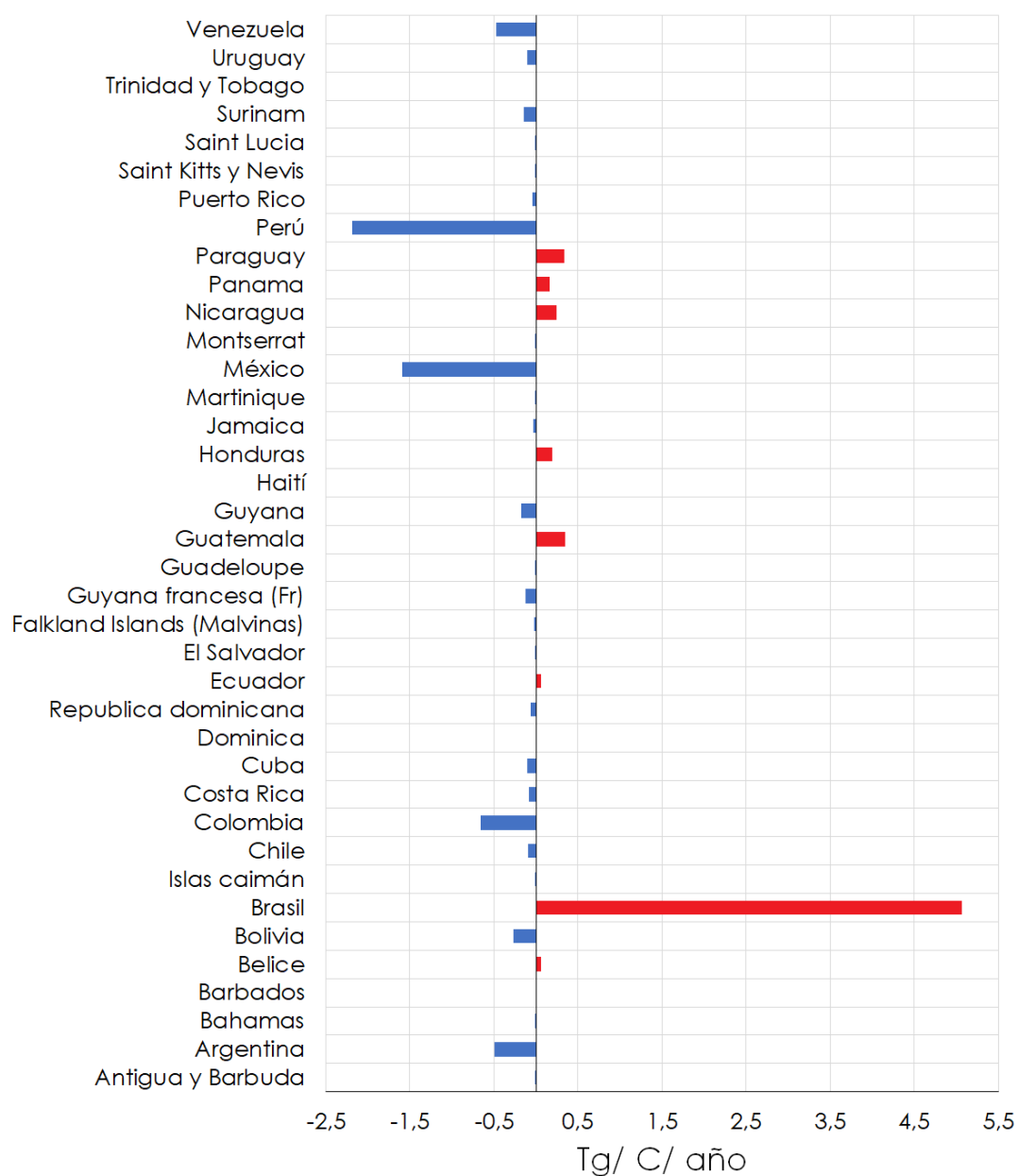


Nota: El panel de la izquierda muestra el balance de carbono neto entre los años 2000 y 2019, mientras que el panel de la derecha muestra la deforestación detectada por Hansen et al., (2013) en color rojo y las estimaciones de stock de carbono aéreo de Spawn et al., (2020).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Alaniz et al., (2022)

Se emitieron 242.48 Tg/ C/ año por deforestación en LAC entre 2000 y 2019, lo cual corresponde a una emisión total acumulada de 4.12 Pg C. Los países que emitieron más cantidad de carbono por año debido a la deforestación en este periodo de tiempo fueron Brasil, Bolivia y Paraguay, con 131.22, 16.70 y 13.24 Tg/ C/ año. En particular, Brasil concentró el 54.11% de todas las emisiones promedio anual en ALC, lo cual destaca su gran importancia para el ciclo del carbono y el cambio climático a escala global (Tabla). Un dato particularmente alarmante se socia a la tendencia sostenida de incremento que han tenido 11 países de la región respecto a las emisiones por deforestación (Figura 3.2-6).

Figura 3.2-6 Balance anual neto de carbono por país para el periodo 2000 a 2019.



Nota: Las barras azules indican comportamiento de sumidero de carbono, mientras que las barras rojas corresponden a fuentes.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Alaniz et al., (2022)

Tabla 3.2-1 Balance de carbono de los bosques en los países de ALC

País	Anuales			Total			Pérdida deforestación			Incendios forestales		
	Ganancia (Tg C yr)	Pérdida (Tg C yr)	Neto (Tg C yr)	Ganancia total (Tg C)	Pérdida total (Tg C)	Balance (Tg C)	Anual (Tg C yr)	Total (Tg C)	Tendencia anual (Tg C yr)	Anual (Tg C yr)	Total (Tg C)	Tendencia anual (Tg C yr)
Antigua y Barbuda	-0,01	0,01	0,00	-0,13	0,10	-0,02	0,00	0,03		0,00	0,00	
Argentina	-35,12	34,63	-0,49	-667,27	657,94	-9,33	12,62	214,55		2,67	42,68	-0,26
Bahamas	-0,25	0,23	-0,02	-4,78	4,46	-0,32	0,12	2,08		0,00	0,04	
Barbados	-0,02	0,02	0,00	-0,32	0,35	0,03	0,00	0,04		0,00	0,00	
Belice	-1,17	1,23	0,06	-22,25	23,43	1,17	0,87	14,77		0,04	0,58	
Bolivia	-41,65	41,38	-0,27	-791,29	786,15	-5,14	16,70	283,94	0,8	3,85	61,63	
Brasil	-246,54	251,61	5,06	-4.684,30	4.780,53	96,23	131,22	2.230,8	0,74	38,98	623,71	-1,94
Islas caimán	-0,06	0,06	0,00	-1,14	1,11	-0,03	0,01	0,23		0,00	0,00	
Chile	-30,24	30,14	-0,10	-574,56	572,72	-1,84	11,56	196,53	0,58	0,93	14,90	0,09
Colombia	-48,39	47,74	-0,66	-919,49	906,99	-12,50	12,45	211,71	0,21	0,68	10,93	
Costa Rica	-2,60	2,51	-0,08	-49,36	47,76	-1,60	0,89	15,09		0,06	0,98	
Cuba	-1,28	1,18	-0,10	-24,31	22,38	-1,93	1,17	19,81		0,01	0,12	
Dominica	-0,07	0,07	0,00	-1,28	1,32	0,04	0,20	3,45		0,00	0,00	
República Dominicana	-0,93	0,87	-0,06	-17,59	16,47	-1,12	0,53	8,98		0,01	0,14	
Ecuador	-13,74	13,80	0,06	-260,97	262,14	1,17	3,84	65,35		0,03	0,48	
El Salvador	-0,16	0,16	0,00	-3,10	3,06	-0,03	0,06	0,99		0,00	0,08	
Falkland Islands (Malvinas)	-0,17	0,16	-0,02	-3,32	2,98	-0,34	0,02	0,31		0,00	0,04	

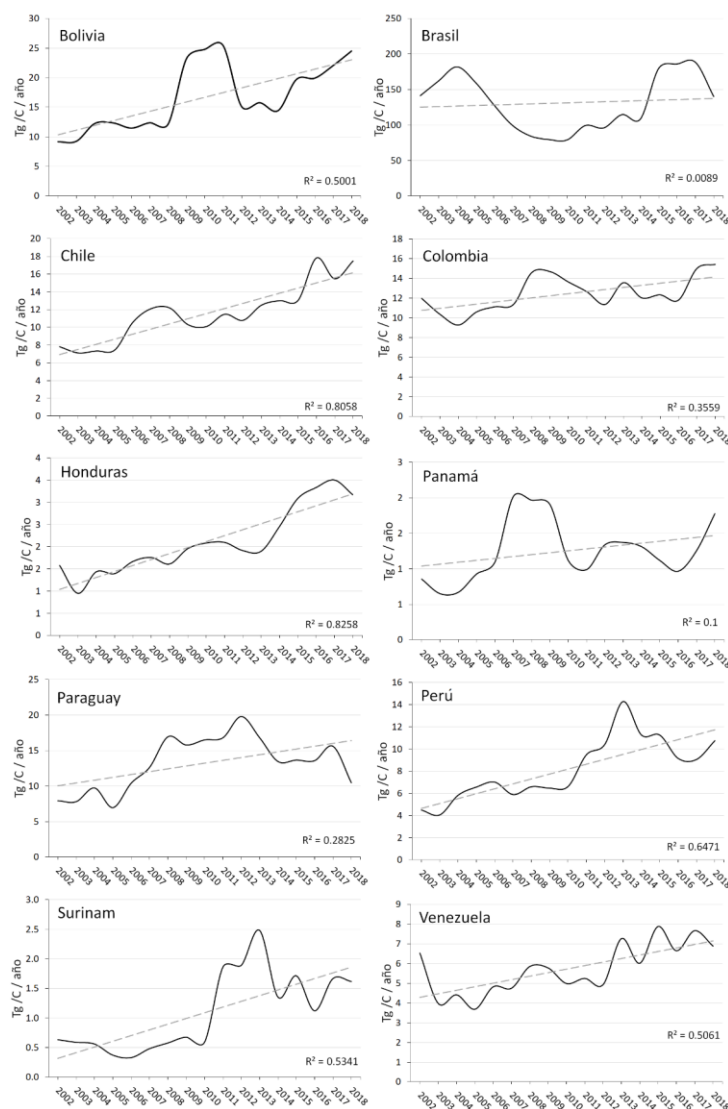
Guyana francesa	-5,17	5,04	-0,13	-98,14	95,68	-2,46	0,36	6,06		0,03	0,44
Guadalupe	-0,05	0,05	0,00	-0,94	0,90	-0,03	0,02	0,28		0,01	0,12
Guatemala	-3,57	3,91	0,34	-67,84	74,38	6,53	3,51	59,74		0,80	12,80
Guyana	-14,87	14,69	-0,18	-282,46	279,07	-3,39	1,13	19,21	0,05	0,05	0,87
Haití	-0,18	0,18	0,00	-3,41	3,49	0,08	0,14	2,30		0,00	0,03
Honduras	-3,30	3,49	0,19	-62,76	66,35	3,59	2,11	35,94	0,13	0,15	2,41
Jamaica	-0,53	0,50	-0,03	-9,98	9,45	-0,52	0,27	4,57		0,00	0,07
Martinique	-0,05	0,05	0,00	-1,02	0,98	-0,04	0,01	0,23		0,00	0,00
México	-24,29	22,70	-1,60	-461,53	431,21	-30,32	7,46	126,83		0,79	12,58
Montserrat	-0,02	0,02	0,00	-0,34	0,33	-0,01	0,00	0,08		0,00	0,05
Nicaragua	-5,21	5,45	0,24	-98,98	103,58	4,60	3,64	61,91		0,02	0,34
Panamá	-4,12	4,28	0,17	-78,23	81,38	3,16	1,25	21,33	0,4	0,05	0,86
Paraguay	-16,20	16,54	0,34	-307,81	314,26	6,44	13,24	225,06	0,09	0,98	15,68
Perú	-41,01	38,82	-2,19	-779,25	737,65	-41,59	8,20	139,42	0,44	0,20	3,22
Puerto Rico	-0,33	0,28	-0,04	-6,21	5,41	-0,81	0,45	7,61		0,00	0,01
Saint Kitts y Nevis	-0,01	0,01	0,00	-0,24	0,24	0,00	0,00	0,07		0,00	0,01
Saint Lucia	-0,04	0,04	0,00	-0,83	0,79	-0,04	0,01	0,17		0,00	0,01
Surinam	-9,93	9,78	-0,14	-188,63	185,90	-2,73	1,09	18,52	0,1	0,04	0,63
Trinidad y Tobago	-0,24	0,25	0,01	-4,52	4,73	0,21	0,08	1,41		0,00	0,03
Uruguay	-1,24	1,13	-0,11	-23,49	21,44	-2,04	1,51	25,62		0,02	0,30
Venezuela	-35,38	34,91	-0,47	-672,30	663,30	-9,00	5,72	97,28	0,18	0,53	8,45
Total	-588,12	587,92	-0,21	11.174,3 7	11.170,4	-3,95	242,48	4.122,2		50,95	815,23

Nota: Presentando las A) ganancias, pérdidas y montos netos de carbono (anuales y totales acumulados), B) pérdidas de carbono por deforestación (anuales y totales acumuladas) y su respectiva tendencia anual, y C) las pérdidas de carbono asociadas a incendios forestales (anuales y totales acumuladas) y su respectiva tendencia anual. En las tendencias solo se muestran aquellos países con tendencias significativas en base a un modelo lineal generalizado.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Alaniz et al., (2022)

En relación con los incendios forestales se evidenció una emisión anual de 50,95 Tg/ C/ año en el periodo, lo cual corresponde a 815,23 Tg C. Esto quiere decir que de las emisiones generadas por deforestación (en donde se incluyen los incendios), solo un 19,77% correspondió a incendios forestales. Entre los países más afectados por este tema se encuentra Brasil, Bolivia y Argentina, con emisiones de 38,98, 3,85 y 2,67 Tg/ C/ año, respectivamente (Tabla). Por otro lado, solo Chile y Venezuela manifestaron tendencias significativas de incremento en la emisión por incendios forestales en los últimos 20 años, mientras que, en Argentina, Brasil y Paraguay, estos tendieron a reducirse (Figura 3.2-7).

Figura 3.2-7 Emisiones anuales de carbono por deforestación



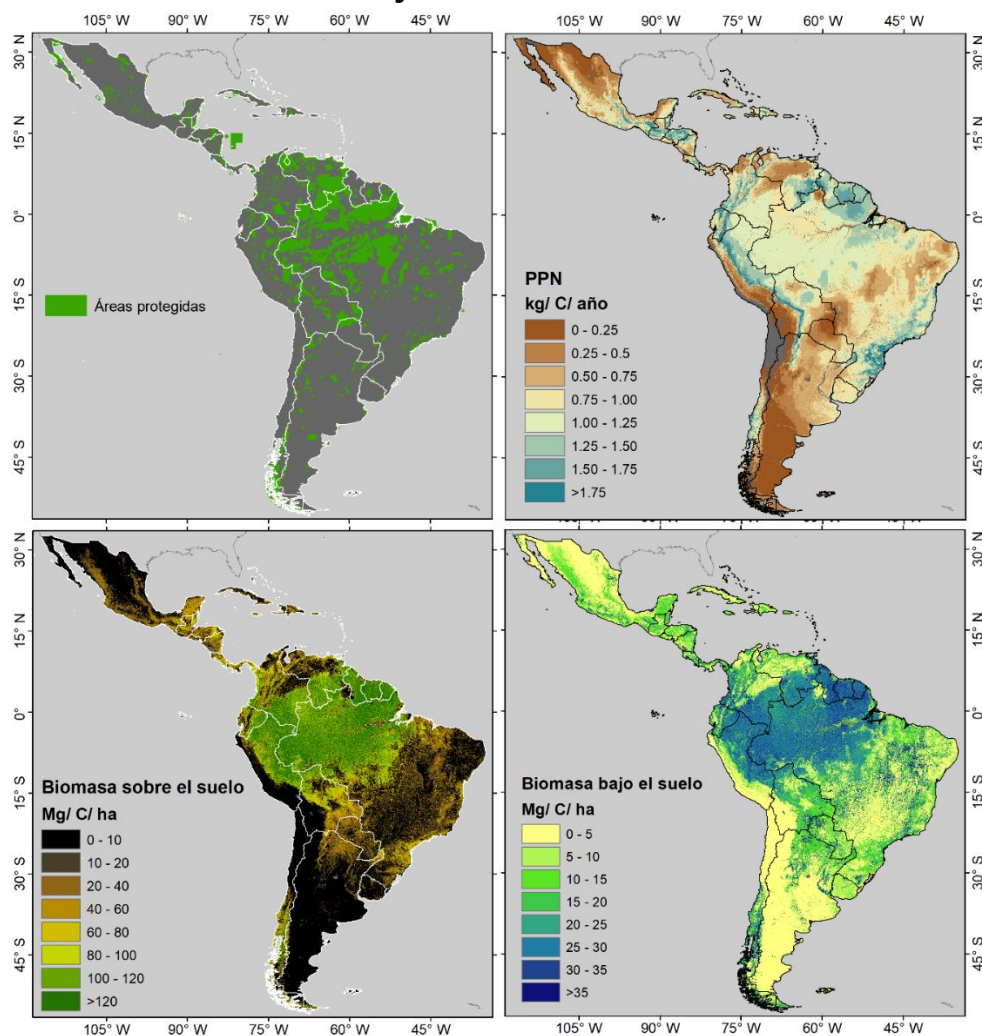
Nota: Se muestra la tendencia lineal para el periodo en los países que presentaron tendencias significativas.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Alaniz et al., (2022)

3.2.2. Áreas protegidas y su contribución a la captura y stock de carbono

En ALC existe una superficie protegida de alrededor de 3,7 millones de km², lo cual representa alrededor del 17% de su superficie total (Figura 3.2-8). Esta gran superficie de áreas protegidas, además de permitir la viabilidad de una enorme cantidad de especies, es responsable por la mantención de múltiples servicios ecosistémicos entre los que se cuenta, provisión de alimentos y agua, regulación del clima, fijación de carbono, entre otros. En este sentido, la productividad primaria neta (crecimiento de las plantas en un año) al interior de estas áreas de ALC contribuye a la captura anual de 484 Tg/ C/ año. Los mayores montos de captura se localizan en las selvas de la vertiente este de la Cordillera de los Andes, Chile centro sur, Guyana, Surinam y el Sur de Brasil, con montos mayores a 1,75 kg/ C/ año. En este sentido, los países con mayor captura en sus áreas protegidas son Brasil, Venezuela y Bolivia, con 283,6, 55,22 y 28,84 Tg / C/ año. Por otro lado, las áreas protegidas contienen un total de 48,32 Pg C, lo cual corresponde aproximadamente al 38,6% del carbono total contenido en ALC (Figura 3.2-9).

Figura 3.2-8 Áreas protegidas, productividad primaria neta, biomasa sobre el suelo y bajo el suelo en ALC



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del satélite MODIS y Spawn et al., (2020).

Los países con mayor cantidad de carbono en áreas protegidas corresponden a Brasil, Venezuela y Perú con 30,4, 5,1 y 3,1 Pg C, respectivamente (Tabla). Se identifica por otro lado que países como Brasil, Belice, Panamá y Venezuela poseen más del 50% de sus stocks de carbono al interior de áreas protegidas.

Tabla 3.2-2 Productividad primaria y stocks de carbono sobre y bajo el suelo

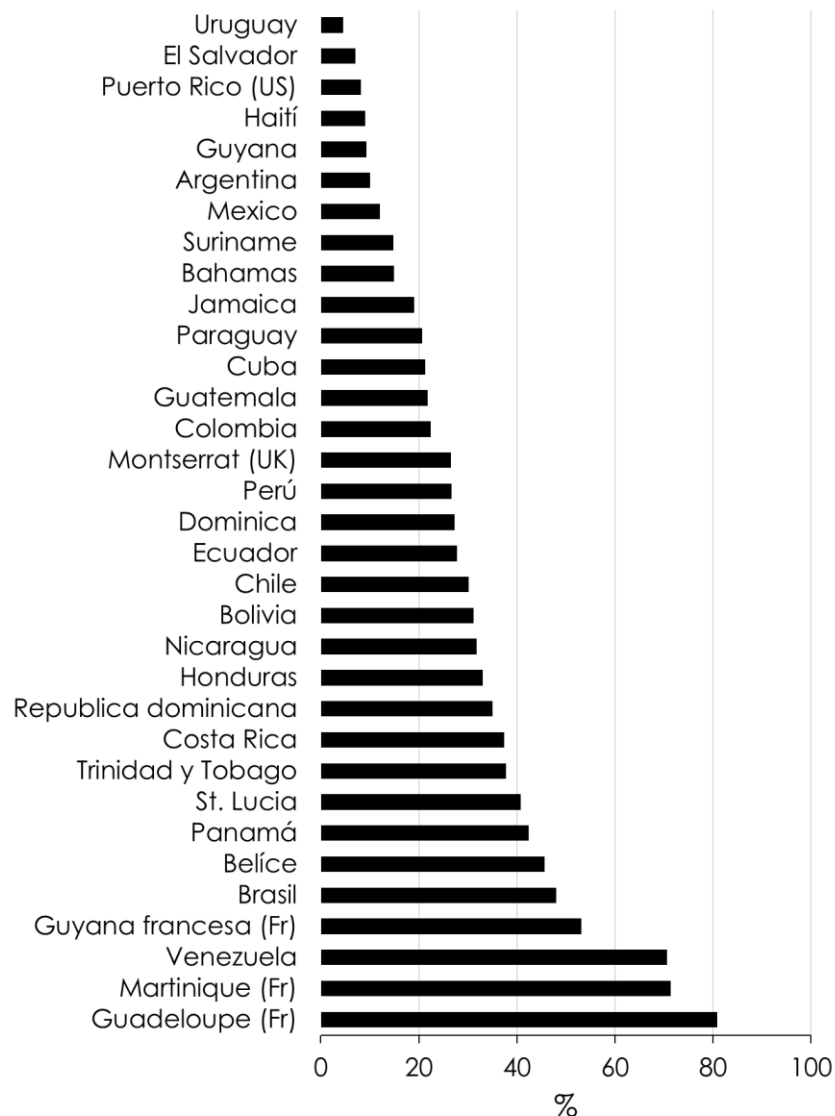
País	Productividad primaria neta (Tg C año)	Biomasa sobre el suelo		Biomasa bajo el suelo		Biomasa total	
		Tg C	%	Tg C	%	Tg C	%
Aruba (Netherlands)	0,00	0,01	31,3	0,02	30,1	0,03	30,4
Antigua y Barbuda	0,01	0,28	25,6	0,10	26,5	0,38	25,8
Argentina	8,69	288,98	11,8	161,09	8,0	450,07	10,1
Anguilla (UK)	0,00	0,00	2,3	0,00	1,2	0,00	1,9
Barbados	0,00	0,01	2,4	0,00	1,9	0,02	2,2
Bahamas	0,18	2,43	13,9	1,08	17,8	3,50	14,9
Belice	1,12	52,71	46,0	13,04	44,6	65,75	45,7
Bolivia	25,40	1.569,04	31,6	451,04	29,5	2.020,08	31,1
Brasil	283,60	24.340,27	50,1	6.100,17	41,4	30.440,44	48,1
Chile	7,12	837,12	31,0	266,49	27,9	1.103,61	30,2
Islas caimán (UK)	0,00	0,02	6,5	0,01	6,1	0,03	6,4
Colombia	21,36	1.844,26	22,6	469,86	21,7	2.314,12	22,4
Costa Rica	1,70	98,71	37,5	25,10	36,9	123,81	37,4
Cuba	1,62	45,59	21,3	13,28	21,5	58,87	21,3
Dominica	0,03	1,48	27,3	0,36	27,2	1,84	27,3
República Dominicana	1,57	46,68	35,2	14,07	34,8	60,75	35,1
Ecuador	7,11	519,72	28,2	137,63	26,5	657,35	27,8
El Salvador	0,15	3,51	7,1	1,07	7,0	4,58	7,1
Guyana francesa (Fr)	6,34	552,25	53,2	128,86	53,2	681,11	53,2
Falkland Islands (UK)	0,00	0,00	0,1	0,02	0,2	0,02	0,2
Granada	0,01	0,62	23,5	0,15	23,6	0,77	23,5
Guadalupe (France)	0,16	5,58	81,6	1,47	77,9	7,05	80,8
Guatemala	2,36	95,44	22,2	24,66	20,3	120,11	21,8
Guyana	2,37	222,32	9,4	52,29	9,2	274,60	9,3
Haití	0,17	4,23	9,1	1,77	9,1	6,00	9,1
Honduras	3,89	153,51	33,5	39,14	31,2	192,64	33,0
Jamaica	0,24	8,47	19,1	2,27	18,8	10,74	19,0

País	Productividad primaria neta (Tg C año)	Biomasa sobre el suelo		Biomasa bajo el suelo		Biomasa total	
		Tg C	%	Tg C	%	Tg C	%
Martinique (Fr)	0,09	3,68	71,7	0,98	70,1	4,66	71,3
Montserrat (UK)	0,00	0,11	27,2	0,02	24,2	0,13	26,6
México	12,51	340,89	12,6	161,65	11,2	502,54	12,1
Surinam	3,47	267,10	14,8	62,96	15,0	330,06	14,8
Nicaragua	3,01	158,06	32,1	39,99	30,7	198,05	31,8
Paraguay	2,48	216,21	21,4	119,26	19,6	335,47	20,7
Perú	28,84	2.454,60	27,0	590,87	25,3	3.045,47	26,7
Panamá	2,33	172,49	42,6	43,89	41,8	216,38	42,4
Puerto Rico (US)	0,08	2,94	8,3	0,77	7,7	3,71	8,1
St, Kitts y Nevis	0,01	0,34	55,9	0,09	50,4	0,42	54,7
St, Lucia	0,04	1,69	41,0	0,41	40,1	2,10	40,8
Trinidad and Tobago	0,19	15,15	38,0	3,56	37,1	18,71	37,8
Islas Turks y Caicos (UK)	0,01	0,10	26,5	0,04	28,3	0,14	27,0
Uruguay	0,60	9,33	5,6	5,40	3,4	14,73	4,5
St, Vincent y Grenadines	0,02	1,18	48,0	0,30	47,6	1,48	48,0
Venezuela	55,22	4.051,40	71,3	1.002,11	68,1	5.053,50	70,6
Islas Vírgenes (UK)	0,00	0,03	6,5	0,01	6,2	0,03	6,4
Islas Vírgenes (US)	0,00	0,00	0,3	0,00	0,3	0,00	0,3
Curasao (Netherlands)	0,00	0,14	23,6	0,05	17,2	0,19	21,6
Bonaire (Netherlands)	0,00	0,06	30,8	0,03	20,6	0,09	26,9
LAC	484,10	38.388,71	40,3	9937,42	33,2	48.326,13	38,6

Nota: Se muestra también la biomasa total (biomasa bajo el suelo + biomasa sobre el suelo). Los porcentajes se calculan en relación con los stocks totales de carbono por país.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Spawn et al., (2020).

Figura 3.2-9 Porcentaje de carbono al interior de áreas protegidas en comparación con el total de carbono por país



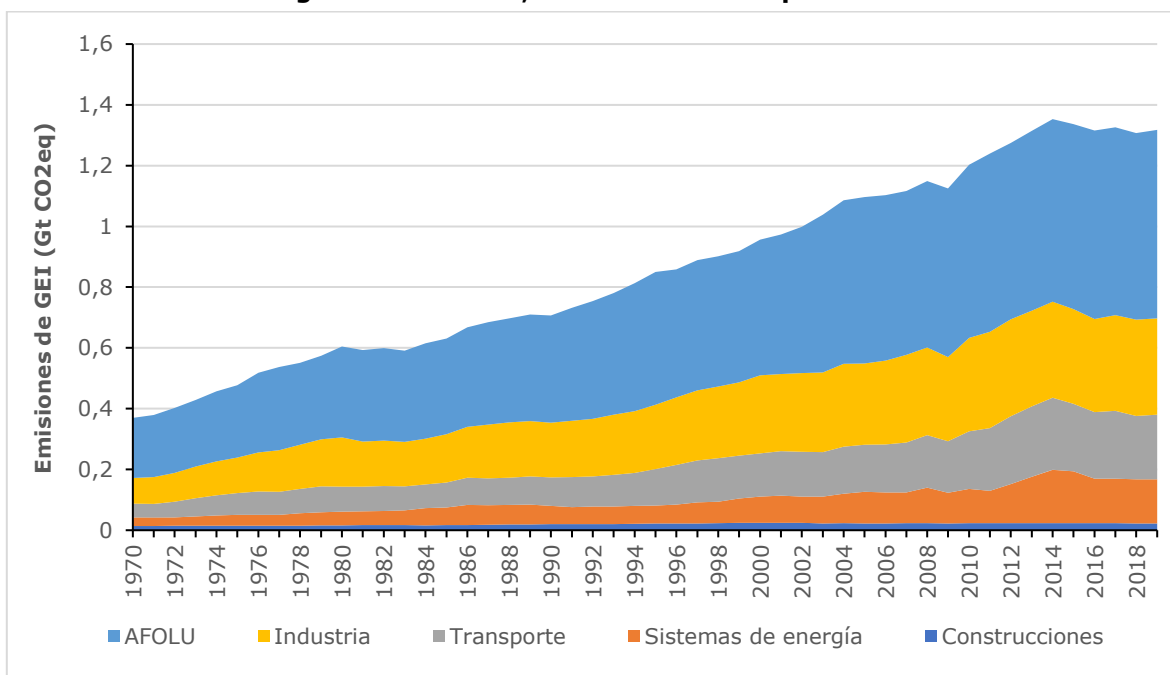
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del satélite MODIS y Spawn et al., (2020).

3.3. Categorización de países de ALC según tipología de emisión

Los datos mostrados a continuación solo tienen información de los sectores AFOLU (solo referente a emisiones asociadas a la agricultura y ganadería), Construcciones, Industria, Sistemas de energía y Transporte, información obtenida de las bases de datos del Reporte del IPCC WGIII, capítulo 2 (IPCC, 2022). La información del sector UTCUTS entregada por el IPCC viene solo con información de los gases expresados en CO₂ equivalente y a nivel de región, por lo que no es posible mostrarla al detalle por país.

Brasil es el mayor emisor de GEI de ALC, responsable del 36% de las emisiones totales de la región. El sector que más gases emite es AFOLU (solo ítems relacionados a agricultura y ganadería de las directrices del IPCC (2006), seguido de industria y transporte. Las emisiones por sector para Brasil se encuentran en la Figura 3.3-1.

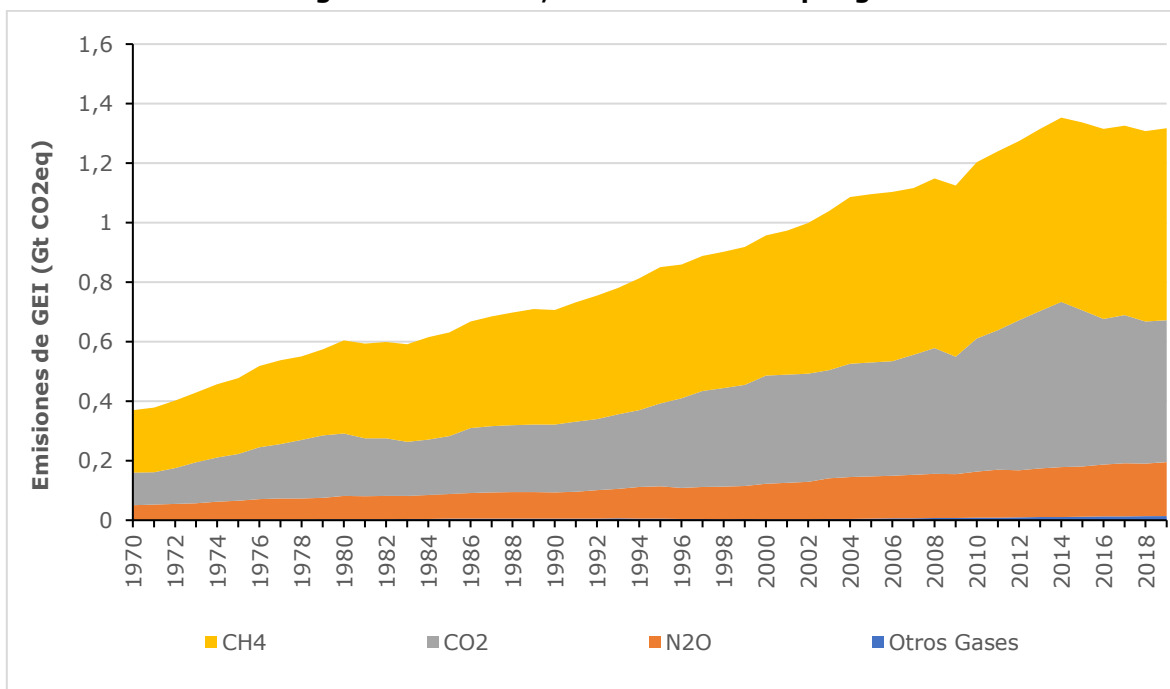
Figura 3.3-1 Brasil, emisiones de GEI por Sector



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

Debido a la relevancia del sector AFOLU en las emisiones de Brasil, sus emisiones de CH₄ son el 50% de las emisiones de GEI equivalentes, seguidas del CO₂. Esto puede verse en la Figura 3.3-2.

Figura 3.3-2 Brasil, emisiones de GEI por gas

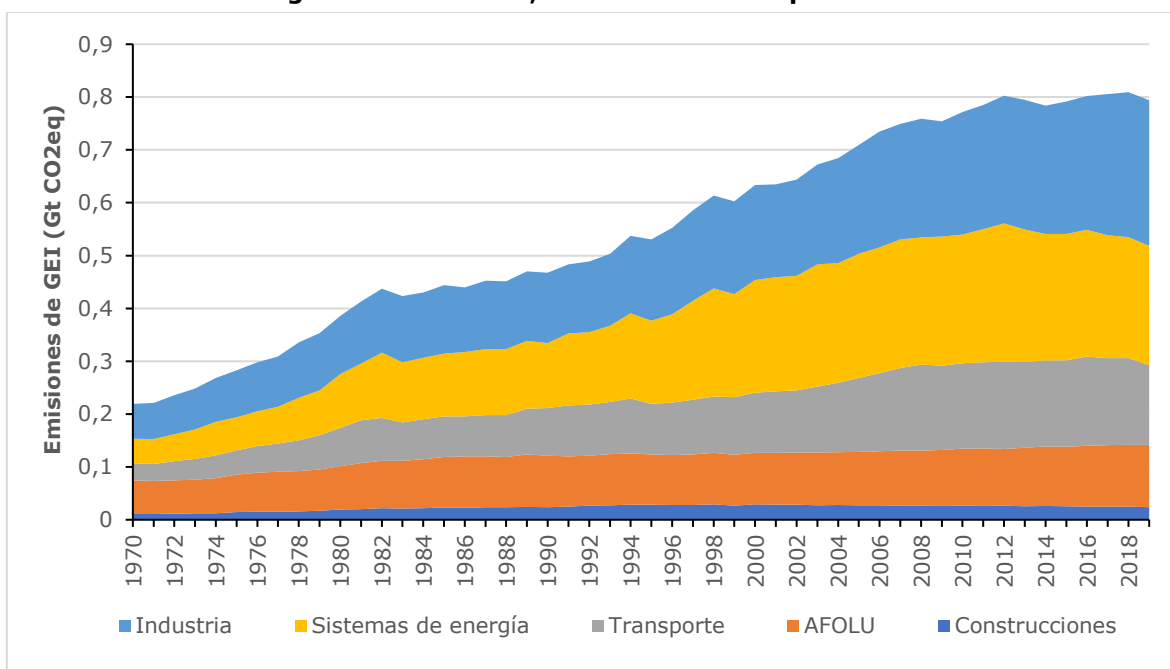


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

México, el segundo mayor emisor de ALC, contribuye con el 21% de las emisiones de GEI de la región, en donde el sector Industrial y de Sistemas de Energía contribuyen con

más del 50% de las emisiones totales. Las emisiones por sector se muestran en la Figura 3.3-3.

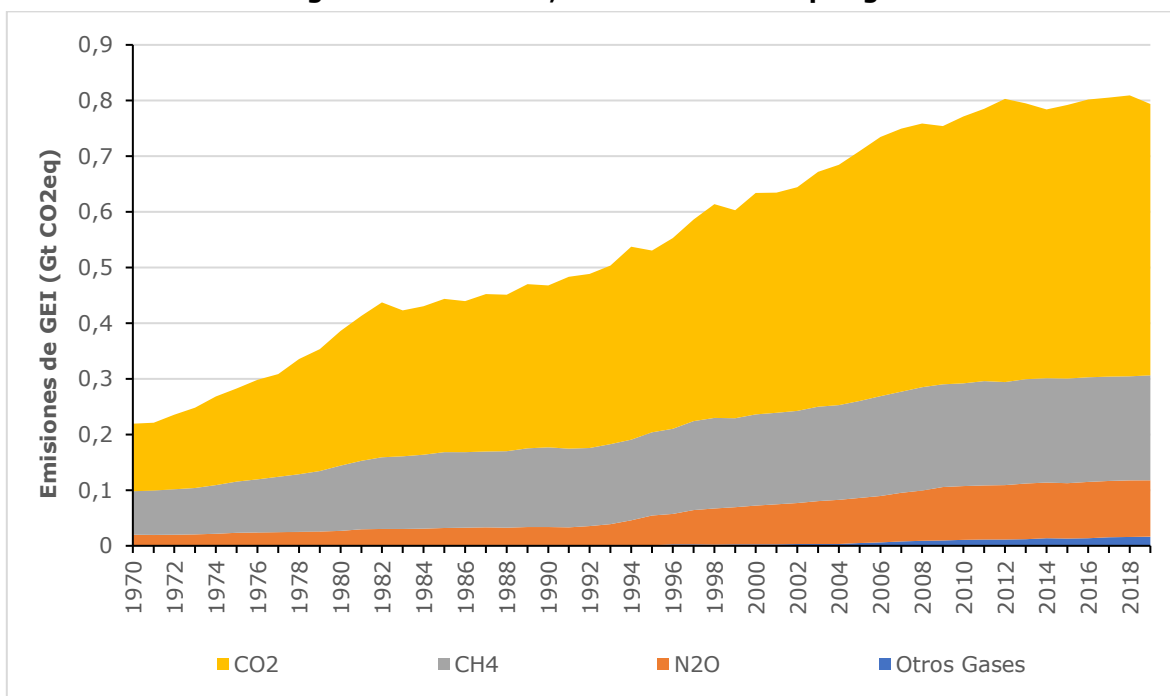
Figura 3.3-3 México, emisiones de GEI por Sector



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

A diferencia de Brasil, el gas predominante en las emisiones de México es el CO₂, siendo el 60% del total de las emisiones, seguido del CH₄ con un 27%, trayectorias visibles en la Figura 3.3-4.

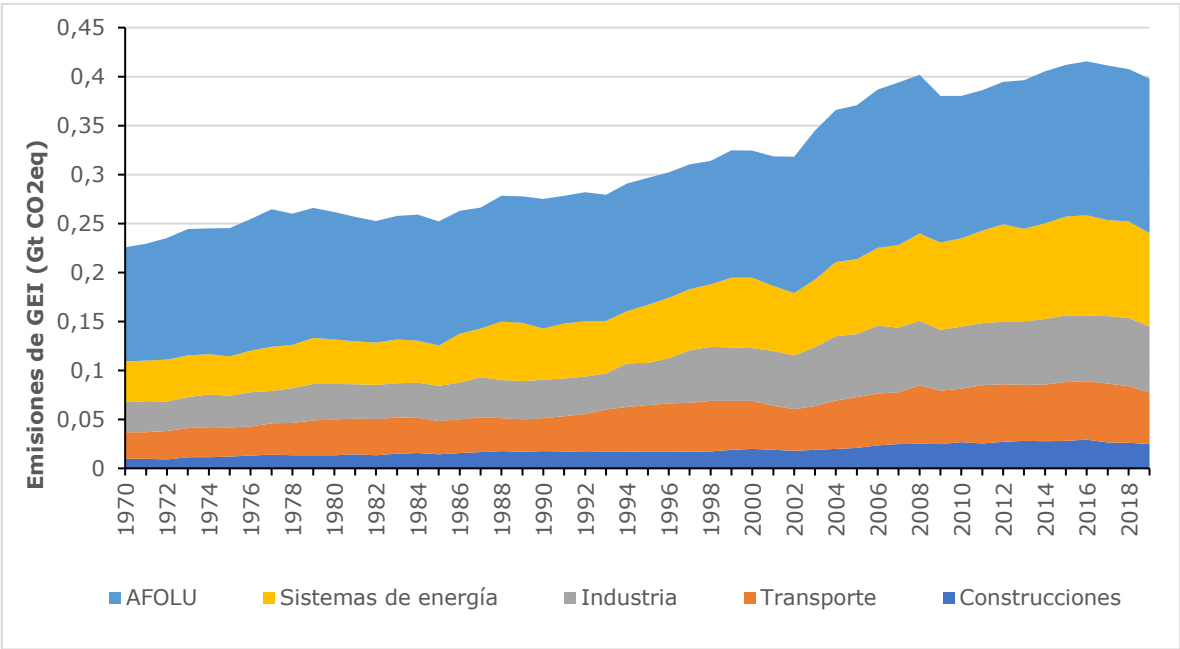
Figura 3.3-4 México, emisiones de GEI por gas



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

Argentina emite un 11% de los GEI de ALC. AFOLU y Sistemas de energía son los sectores relevantes, siendo estos sectores los responsables del 65% de las emisiones del país.

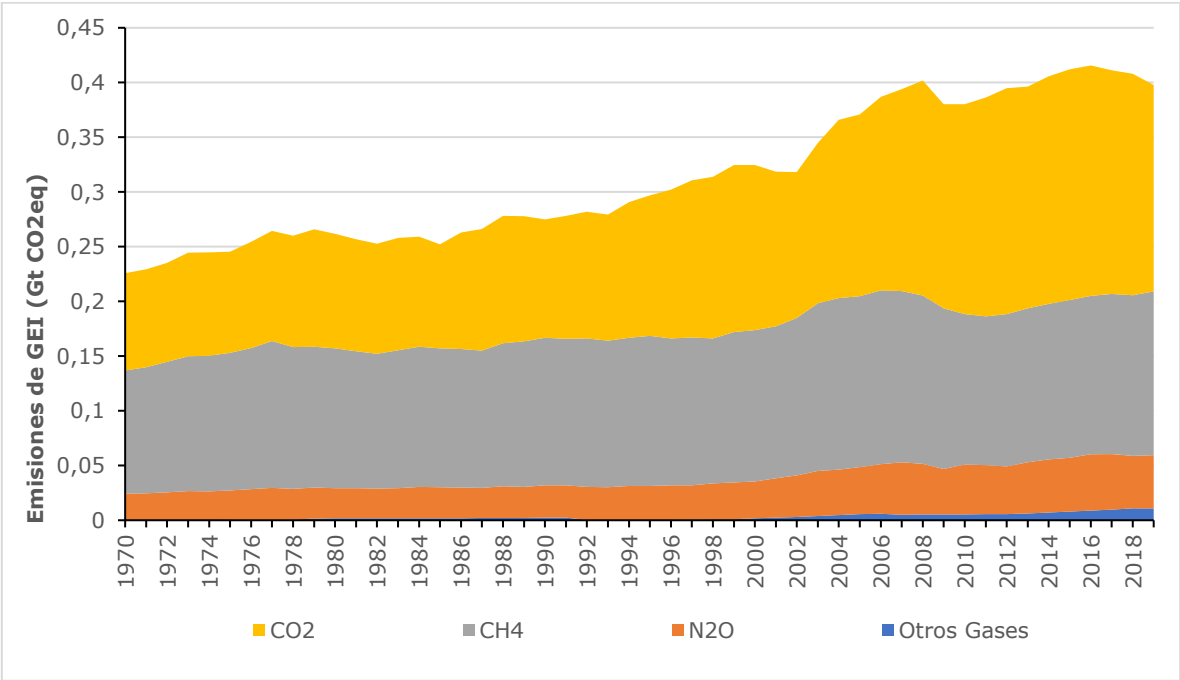
Figura 3.3-5 Argentina, emisiones de GEI por Sector



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

Los gases relevantes en las emisiones de Argentina, presentados en la Figura 3.3-6, son primeramente el CO₂, siendo el 47% de las emisiones, seguido del CH₄ con un 37%.

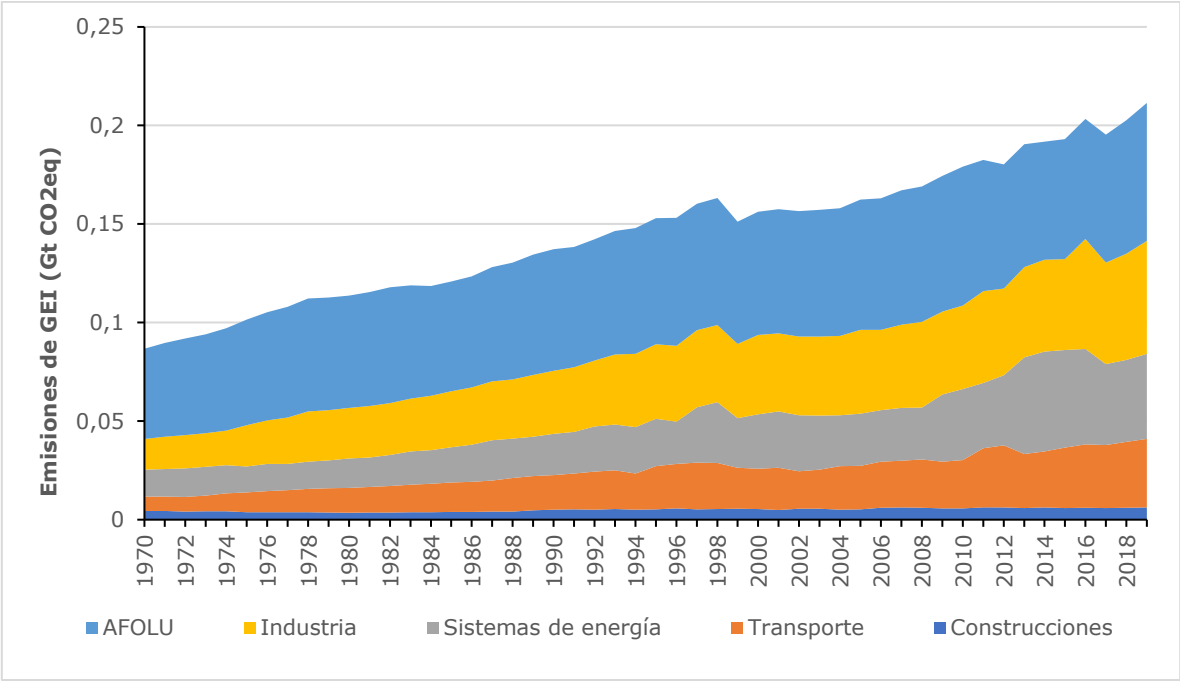
Figura 3.3-6 Argentina, emisiones de GEI por gas



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

Colombia, actualmente el cuarto emisor más grande de ALC, es responsable del 6% de las emisiones de GEI de ALC. Las emisiones de Colombia, como se presenta en la Figura 3.3-7, son bastante homogéneas entre sus sectores, predominando AFOLU (33% de las emisiones), seguido muy de cerca por Industria (27%) y Sistemas de Energía (20%).

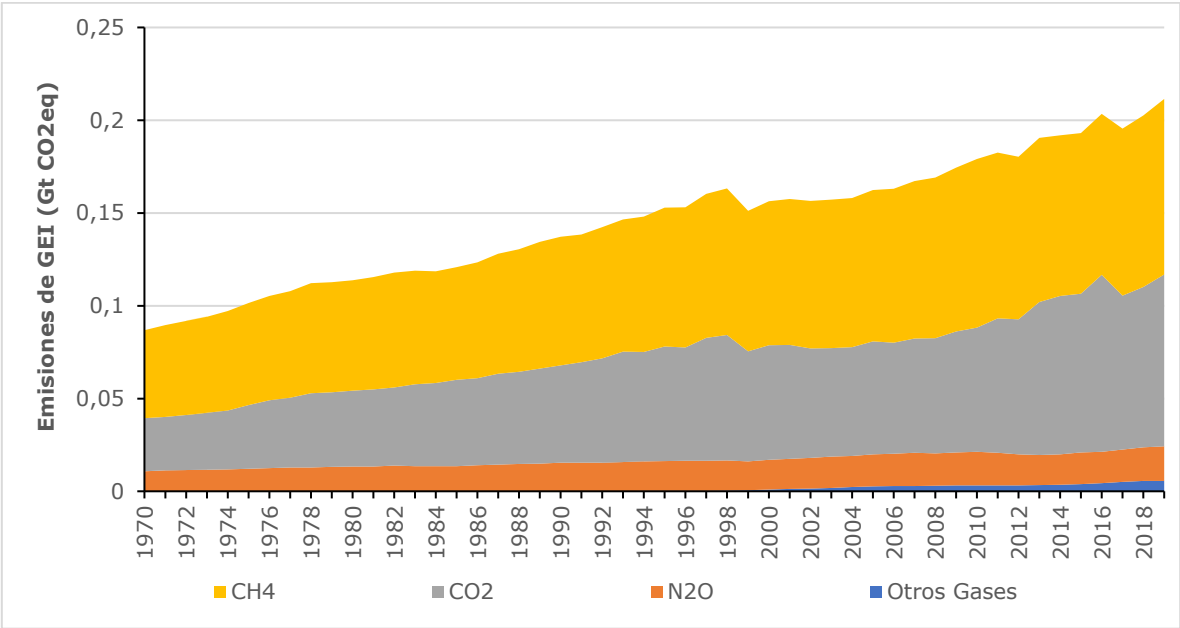
Figura 3.3-7 Colombia, emisiones de GEI por Sector



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

La Figura muestra que casi el 90% de las emisiones se reparten en dos gases donde predomina, al igual que en Brasil, el CH₄ con un 45%, seguido del CO₂ con un 44%.

Figura 3.3-8 Colombia, emisiones de GEI por gas

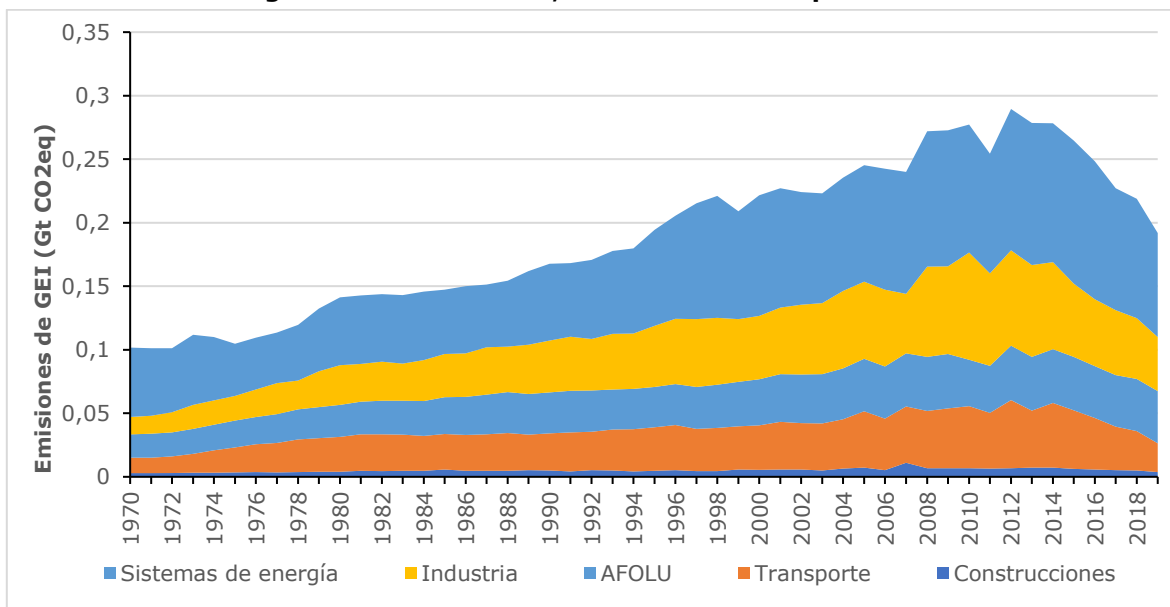


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

Cabe destacar que Colombia en el año 1990 era el quinto emisor más grande de ALC, habiendo superado levemente a Venezuela en los últimos años.

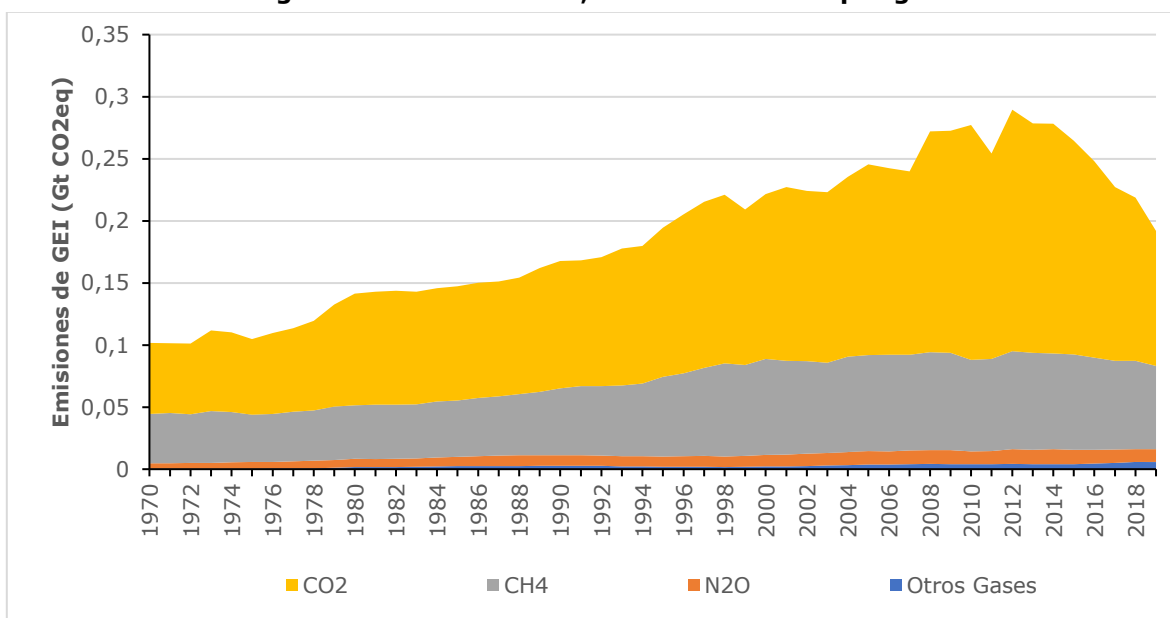
Las emisiones de Venezuela presentadas en la Figura 3.3-9, presentan similitudes en composición a las de México, ya que están fuertemente influenciadas por los sectores Sistemas de energía e Industria, siendo el 64% de las emisiones del país provenientes de esos dos sectores. A su vez, el 57% de las emisiones son de CO₂ tal y como se muestra en la Figura 3.3-10.

Figura 3.3-9 Venezuela, emisiones de GEI por Sector



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

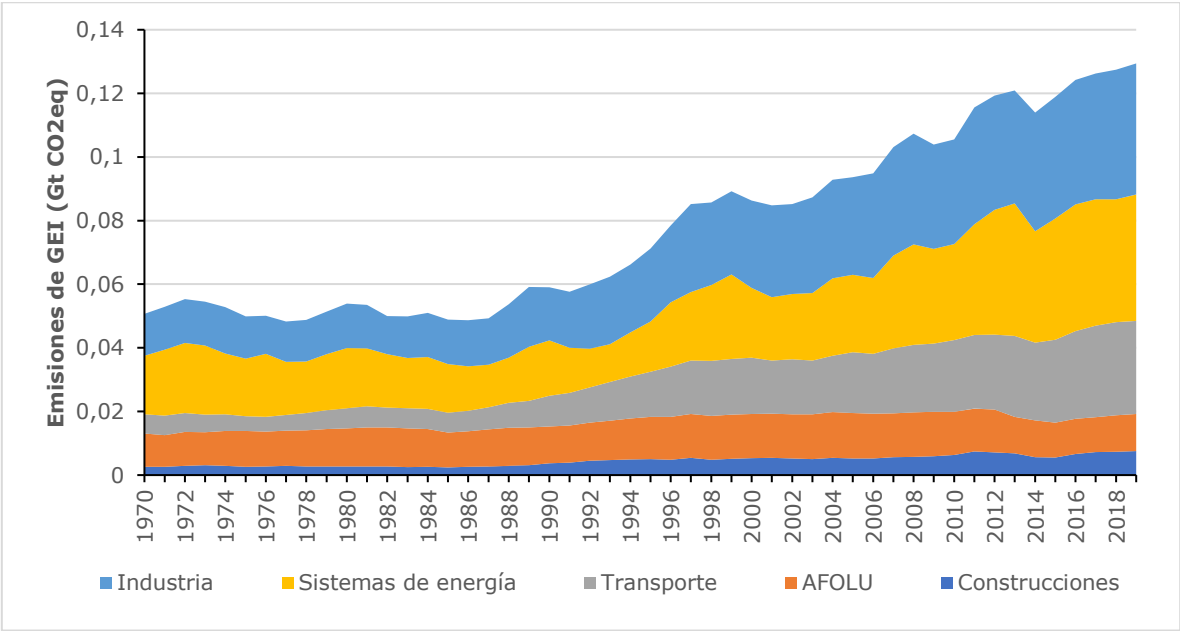
Figura 3.3-10 Venezuela, emisiones de GEI por gas



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

Aunque Chile es el sexto emisor más grande de ALC, siendo responsable del 4% de las emisiones totales de la región muestra un acelerado aumento de emisiones en los últimos 30 años. Sus principales sectores emisores de GEI son Industria y Sistemas de energía, siendo la suma de estos el 62% del total de emisiones.

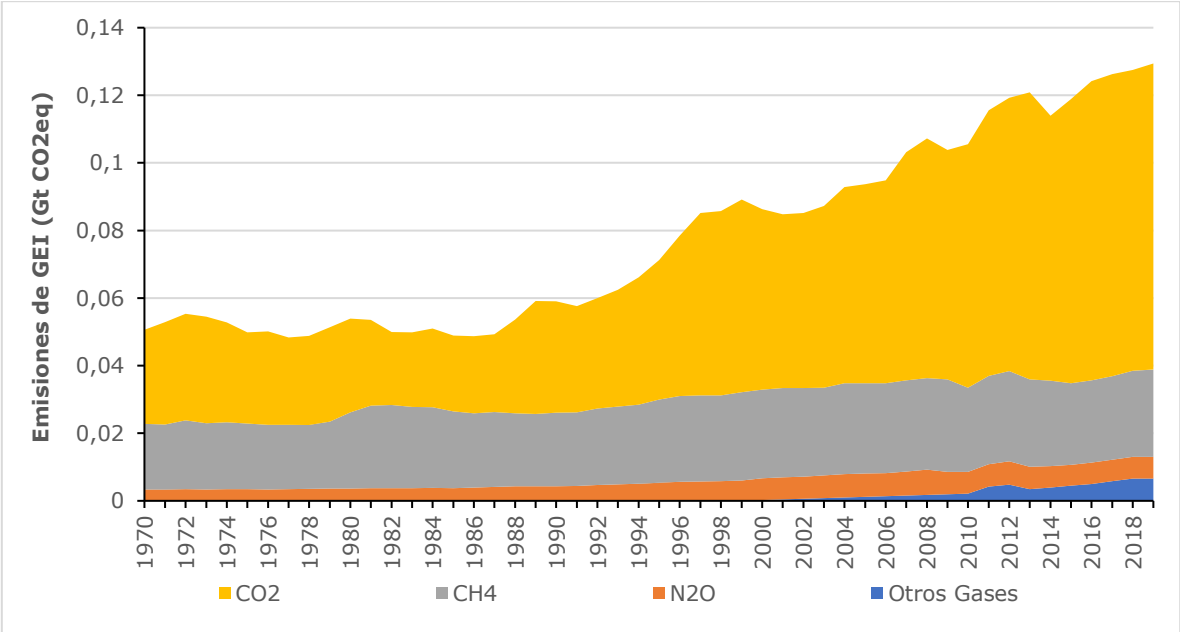
Figura 3.3-11 Chile, emisiones de GEI por Sector



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

Las emisiones de Chile son mayoritariamente CO₂, seguidos muy por detrás por CH₄. La suma de ambos representa el 90% de las emisiones del país.

Figura 3.3-12 Chile, emisiones de GEI por gas



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC (2022).

Análisis de emisiones per cápita y por PIB, y sus trayectorias.

En base a información del año 2021 por país publicada por Banco Mundial (Banco Mundial, 2022f, 2022g) de PIB actual (en \$US) y población, en conjunto con las emisiones de GEI en tCO₂eq entregadas por el IPCC (2022) se construyeron dos indicadores, presentados en las siguientes formulas:

$$Ep = \frac{\text{Emisiones GEI (tCO}_2\text{eq)}}{\text{Población (cant. personas)}}$$

$$E_{\$US} = \frac{\text{Emisiones GEI (tCO}_2\text{eq)}}{\text{PIB (\$US)}}$$

Siendo Ep, emisiones por persona medido en tCO₂eq/persona; y E_{\$US}, Emisiones por dólar de PIB medido en tCO₂eq/\$US.

Los datos usados y los resultados de los indicadores se encuentran en Tabla . Cabe destacar que no se logró conseguir la información detallada para todos los países que pertenecen a ALC.

Tabla 3.3-1 Indicadores en base al PIB, población y emisiones para países de ALC

País	Emisiones de GEI (Gt Co2e)	PIB actual (miles millones \$US)	Población (Millones de personas)	Emisiones por persona (t CO2e/persona)	Emisiones por dólar de PIB (tCO2e/\$US)
Trinidad y Tobago	0,05	21,39	1,40	36,62	0,0024
Bolivia	0,06	40,41	11,83	5,02	0,0015
Nicaragua	0,02	14,01	6,70	2,98	0,0014
Paraguay	0,05	38,99	7,22	6,24	0,0012
Surinam	0,00	2,86	0,59	5,25	0,0011
Argentina	0,41	491,49	45,81	8,98	0,0008
Brasil	1,33	1.608,98	213,99	6,20	0,0008
Honduras	0,02	28,49	10,06	2,26	0,0008
Uruguay	0,04	59,32	3,49	11,92	0,0007
Guyana	0,01	7,41	0,79	6,56	0,0007
Haití	0,01	20,94	11,54	1,24	0,0007
Jamaica	0,01	13,64	2,97	3,02	0,0007
Ecuador	0,07	106,17	17,89	3,88	0,0007
México	0,81	1.293,04	130,26	6,18	0,0006
Colombia	0,20	314,32	51,27	3,81	0,0006
Belice	0,00	1,79	0,40	2,66	0,0006
Dominica	0,00	0,55	0,07	3,60	0,0005
Guatemala	0,04	85,99	17,11	2,31	0,0005
Cuba*	0,05	107,35	11,32	4,23	0,0004
Antigua y Barbuda	0,00	1,47	0,10	6,53	0,0004
República Dominicana	0,04	94,24	10,95	3,65	0,0004
Perú	0,09	223,25	33,36	2,82	0,0004
El Salvador	0,01	28,74	6,52	1,85	0,0004
Chile	0,13	317,06	19,21	6,57	0,0004
Barbados	0,00	4,90	0,29	5,60	0,0003
St, Lucia	0,00	1,76	0,18	2,79	0,0003
Bahamas	0,00	9,70	0,39	6,86	0,0003
Panamá	0,02	63,61	4,38	3,85	0,0003
Granada	0,00	1,12	0,11	2,60	0,0003
Costa Rica	0,02	64,28	5,14	3,06	0,0002
San Vicente y las Granadinas	0,00	0,89	0,11	1,86	0,0002
St, Kitts y Nevis	0,00	0,98	0,05	4,07	0,0002

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Banco Mundial (2022f, 2022g) e IPCC (2022).

*Nota: datos de PIB de Cuba son del año 2020.

4. Efectos del cambio climático en ALC

4.1. Escenarios climáticos en ALC

En agosto de 2021 se publicó el sexto Informe de Evaluación del Cambio Climático del Grupo de Trabajo I del IPCC (AR6). Las principales conclusiones de este informe dan cuenta que (IPCC, 2021):

- Es inequívoco que la influencia de la actividad humana ha provocado un calentamiento de la atmósfera, el océano y la tierra. Se han observado cambios rápidos y generalizados en las principales variables de la atmósfera, el océano, la criósfera y la biósfera.
- La escala de los cambios recientes en todo el sistema climático y el estado actual de las variables climáticas no tienen precedentes en los últimos siglos o miles de años.
- La temperatura global de la superficie seguirá aumentando hasta al menos mediados de siglo en todos los escenarios de emisiones considerados. El nivel de calentamiento global considerado aceptable entre 1,5 °C y 2 °C se superará durante el siglo XXI a menos que las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases de efecto invernadero (GEI) se reduzcan en forma importante en las próximas décadas.
- Muchos aspectos en el sistema climático se amplificarán en respuesta directa al calentamiento global. Estos incluyen incrementos en la frecuencia e intensidad de los eventos extremos, olas de calor marinas y precipitaciones de mayor intensidad, sequías agrícolas y ecológicas en algunas regiones y la tasa de ocurrencia de ciclones tropicales intensos, así como reducciones en el hielo del Ártico, la cobertura de la capa de nieve y el permafrost.

Basados en el contexto de este nuevo informe del IPCC, se analizan en esta sección los escenarios de cambio climático específicos para América Latina y el Caribe. El análisis se ha realizado tomando en cuenta los nuevos escenarios publicados, representados a través de Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP por sus siglas en inglés). El análisis de estos escenarios incluye los cambios esperados en las variables de temperatura, precipitación y evapotranspiración potencial (este último estimado a partir de la temperatura). Los análisis muestran resultados para un periodo de futuro cercano (2021-2040), uno intermedio (2041-2060) y uno lejano (2081-2100).

También, se cuantifica la incertidumbre asociada a los distintos modelos que finalmente contribuyen a la construcción de un escenario climático. Adicionalmente, se utiliza el indicador de índice de Aridez (Middleton & Thomas, 1997) para analizar las posibles transiciones hacia la desertificación en ALC en un contexto de cambio en los patrones hidrometeorológicos. Por último, se incluye una sección que describe información relativa a escenarios relacionados con océanos y zonas costeras (ej. alza del nivel del mar u ocurrencia de marejadas o cambios en oleaje).

La metodología utilizada replica lo realizado por (Centro de Cambio Global UC (CCG-UC), 2022) para el análisis de escenarios climáticos en el caso de Chile. A continuación, se presenta una explicación del procedimiento utilizado para la construcción de escenarios de cambio climático, y las distintas fuentes de incertidumbre que se consideran. Luego, se describe la metodología utilizada para realizar los análisis. Los resultados se presentan en distintos formatos para explicar tanto el contexto regional de cada uno de los países de ALC, así como representaciones específicas para distintas regiones de referencia en el área estudiada definidas por el IPCC (Iturbide et al., 2020). Finalmente, se discuten y presentan las principales conclusiones del análisis.

4.1.1. Escenarios de cambio climático

La construcción de escenarios de clima futuro es una pieza fundamental del conocimiento y la acción relacionada con el cambio climático. Estos escenarios se desarrollan para hacer reconstrucciones del clima del pasado, apoyar el entendimiento del funcionamiento del sistema climático y describir las condiciones ambientales que generan posibles climas del futuro. La herramienta de base que se utiliza para obtener estos escenarios corresponde a los modelos de clima global (GCM por sus siglas en inglés), los cuales son modelos de simulación que toman como base las ecuaciones fundamentales que explican la circulación de la atmósfera y océanos junto con la transferencia de masa y calor, con el propósito de representar el clima del planeta y sus variaciones espaciales y temporales (Castilla Z. et al., 2019).

Es importante mencionar que los escenarios de clima futuro solo corresponden a una gama de posibles rutas dadas ciertas condiciones que predisponen a un escenario u otro, y no funcionan como predicciones. En ese sentido, los escenarios contemplan una gran variedad de factores que se modelan dentro del sistema climático y que buscan representar las características físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas, y su interacción con la topografía y la atmósfera. Además, incorporan el efecto de factores futuros sociológicos, demográficos, tecnológicos y económicos que condicionan las emisiones de gases de efecto invernadero (Vicuña et al., 2019).

La capacidad de estos GCM de representar el clima a escala global, así como las trayectorias que puede seguir la evolución de concentración de GEI y otros forzantes climáticos, son algunas de las incertidumbres asociadas a la construcción de escenarios de cambio climático. En la Figura 4.1-1 se presenta lo que se conoce como la cascada de incertidumbre en la construcción de escenarios climáticos. En ella se destacan además de los componentes ya mencionados, la composición de la atmósfera, la conexión entre el clima a escala global y a escala local y la bajada finalmente al análisis de los impactos específicos.

Figura 4.1-1: Fuentes de incertidumbre asociadas a la modelación climática



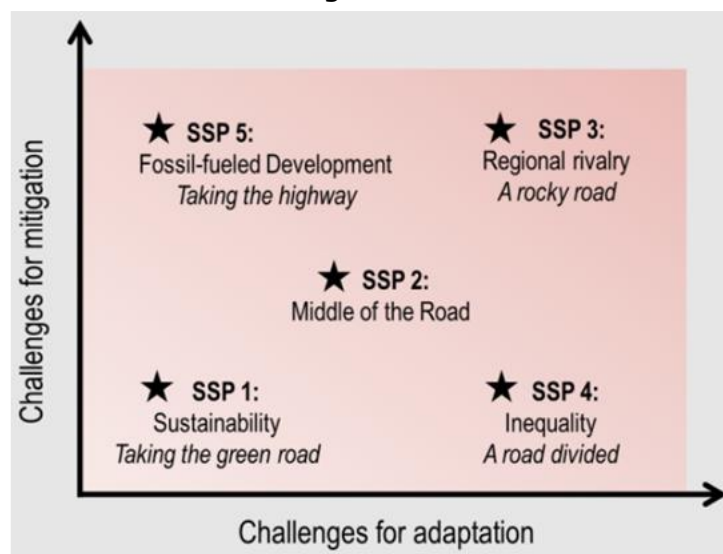
Fuente: Bambach et al., (2019) adaptado de Giorgi, (2005).

Para el presente, se utilizaron aquellos GCM publicados por el Proyecto de Intercomparación de modelos acoplados (CMIP por sus siglas en inglés) en su fase 6 (CMIP6) (Eyring et al., 2016), el cual corresponde a un marco comparativo para mejorar la comprensión sobre las dinámicas del Cambio Climático.

Para la obtención de esta información, se consultó el repositorio web de la Federación de Redes del Sistema Terrestre (ESGF), una entidad colaborativa que desarrolla, despliega y mantiene infraestructura de software para el manejo, disseminación y análisis de modelos climáticos y datos observacionales¹¹. Además, para aquellos modelos cuyos datos no estaban disponibles en el repositorio mencionado, se recurrió a la biblioteca digital del Centro de Análisis de Datos Ambientales (CEDA)¹². Los modelos fueron descargados (En el Anexo I se presentan sus detalles) para seis escenarios (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP4-6.0 y SSP5-8.5) para un periodo comprendido entre 1950 y 2100, a escala mensual.

La selección de los escenarios a utilizar se basó en IPCC (2021), el cual describe, entre otras variables y para los distintos escenarios mencionados, las trayectorias de emisiones de GEI, los cambios en temperaturas y precipitaciones y los aumentos en nivel del mar. Estos escenarios CMIP6 se basan en las denominadas SSP (Meinshausen et al., 2020), las cuales no solo toman en cuenta los aspectos que inciden en las variaciones de la atmósfera, sino que además consideran componentes socioeconómicos con base en aspectos como: cambios en la economía, migraciones, niveles de desigualdad, crecimiento demográfico, entre otros. Todos estos componentes inciden sobre las emisiones de GEI y por consiguiente poseen efecto sobre el sistema climático. En el AR6, se han definido cinco escenarios con las siguientes características (Figura 4.1-2 y Tabla 4.1-1):

Figura 4.1-2: Escenarios de emisión de gases de efecto invernadero utilizados del AR6



Fuente: (IPCC, 2016).

¹¹ <https://esgf-node.llnl.gov/search/cmip5/>; <https://esgf-node.llnl.gov/search/cmip6/>

¹² <https://data.ceda.ac.uk/badc>

Tabla 4.1-1. Detalle de las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP) definidas en AR6

Escenario	Tipo	Descripción	Población	Niveles de emisión CO ₂	Características clave
SSP1	Sostenibilidad	Este es un escenario con un alto crecimiento económico, pero bajo crecimiento poblacional, una sociedad globalizada y altos niveles de educación y gobernabilidad, además de cooperación internacional, desarrollo tecnológico y conciencia ambiental.	8,5 billones hacia 2050 y 6,9 billones hacia 2100 ¹³ .	469,3 ppm hacia 2050 y 445,6 ppm hacia 2100 en escenario SSP1-2.6. ¹⁴¹⁵	-Educación: Logra altos niveles de educación en las personas. -Comercio internacional: Existe un balance entre instituciones globalizadas y un énfasis en comunidades locales. -Desarrollo tecnológico: Énfasis en concepto de bienestar más allá de un enfoque absoluto en crecimiento económico. -Cambio de uso de suelo: Desarrollo inclusivo que respecta los límites ambientales induce regulaciones estrictas al cambio de uso de suelo, reduciéndose las tasas de deforestación.

¹³ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378014001095#tbl0005>

¹⁴ <https://gmd.copernicus.org/articles/13/3571/2020/>

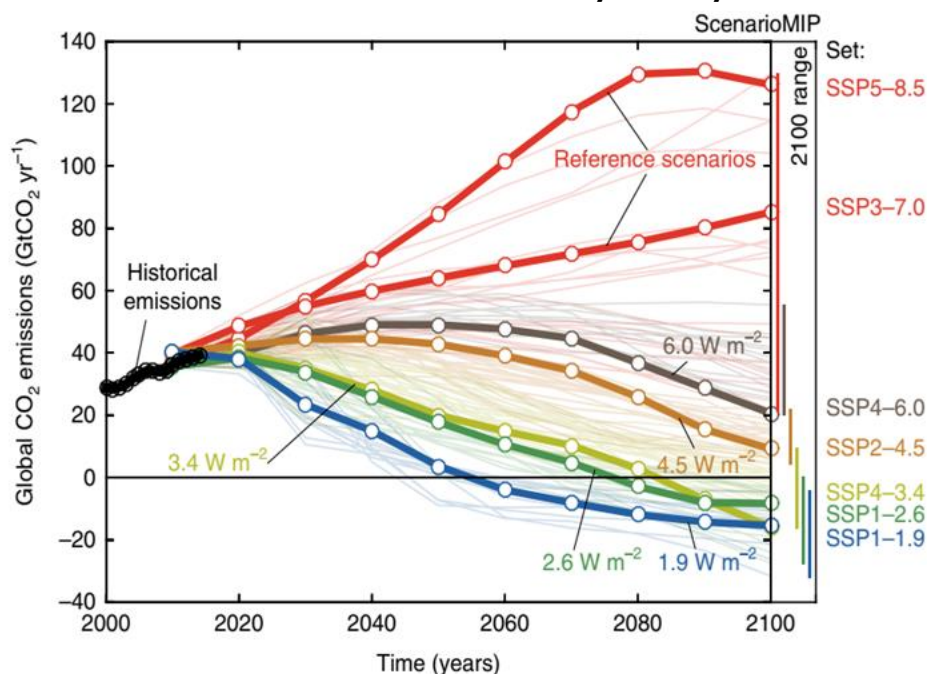
¹⁵ Considerar también que existen emisiones de otros gases de efecto invernadero como Metano (CH₄) y Óxido Nitroso (N₂O)

Escenario	Tipo	Descripción	Población	Niveles de emisión CO ₂	Características clave
SSP2	A medio camino	El mundo sigue un camino en el que las tendencias sociales, económicas y tecnológicas no se desvían marcadamente de los patrones históricos. Este es un escenario intermedio entre SSP1 y SSP3.	9,2 billones hacia 2050 y 9,0 billones hacia 2100.	506,9 ppm hacia 2050 y 602,8 ppm hacia 2100 en escenario SSP2-4.5.	-Educación: No hay una alta ganancia educativa pero tampoco pérdidas. -Comercio internacional: Un nivel intermedio de globalización. -Desarrollo tecnológico: Desarrollo, en un nivel intermedio, ocurre debido a diferentes niveles de progreso tecnológico. -Cambio de uso de suelo: No existe un patrón distinto al histórico, además de no incorporarse demasiada legislación al respecto.
SSP3	Fragmentación / Rivalidad regional	En este escenario existe alto crecimiento poblacional y bajo desarrollo económico, una sociedad regionalizada y con niveles inferiores de educación, y con baja conciencia ambiental.	9,9 billones hacia 2050 y 12,6 billones hacia 2100.	540,6 ppm hacia 2050 y 867,2 ppm hacia 2100 en escenario SSP3-7.0.	-Educación: Avances en educación permanecen bajos. -Comercio internacional: Rivalidad regional es una barrera para la globalización. -Desarrollo tecnológico: El aislamiento regional limita el progreso tecnológico. -Cambio de uso de suelo: Existe, de forma generalizada, una pobre protección de los bosques.

Escenario	Tipo	Descripción	Población	Niveles de emisión CO ₂	Características clave
SSP4	Desigualdad	En este escenario existe un alto nivel de desarrollo tecnológico en países desarrollados, no obstante, los beneficios de este progreso no llegan a toda la población, de modo que existe un desafío en adaptación importante.	9,1 billones hacia 2050 y 9,3 billones hacia 2100.	515,6 ppm hacia 2050 y 668,4 ppm hacia 2100 en escenario SSP4-6.0.	-Educación: Existe distribución desigual de los logros educativos entre regiones ricas y pobres -Comercio internacional: Sociedades fragmentadas con una élite globalizada y fuerzas de trabajo locales desconectadas. -Desarrollo tecnológico: Desarrollo tecnológico intermedio. -Cambio de uso de suelo: Solo existe regulación en países con mayor nivel de desarrollo.
SSP5	Dependencia de combustibles fósiles	Este es un escenario en donde aún existe una dependencia muy grande en combustibles fósiles, lo que lleva a un alto desarrollo económico, pero con elevadas emisiones y desafíos respecto de mitigación.	8,6 billones hacia 2050 y 7,4 billones hacia 2100.	562,8 ppm hacia 2050 y 1135,2 ppm hacia 2100 en escenario SSP4-6.0.	-Educación: Existe alto nivel educativo, con proyecciones de población menores que SSP3. -Comercio internacional: Este escenario es el que posee el mayor grado de globalización. -Desarrollo tecnológico: Existe el más alto crecimiento económico debido a desarrollo tecnológico y crecimiento humano acelerado, los mercados globalizados y un énfasis en producción y consumo. -Cambio de uso de suelo: No existen cambios mayores respecto de las regulaciones, vale decir la disminución de bosques es progresiva.

Por último, para conformar los datos de entrada de cada GCM, estos escenarios de trayectorias socioeconómicas se combinan con aquellos forzamientos radiativos¹⁶ que tienen mayor verosimilitud y concordancia para generar escenarios de proyección climática conjuntos que incluyen tanto el efecto de los componentes asociados a mitigación y adaptación, junto con los efectos de las modulaciones tierra-atmósfera-oceano. A modo de ejemplificación, la Figura 4.1-3 muestra las trayectorias de las emisiones globales de CO₂ hacia 2100 de 7 escenarios conjugados considerados en AR6, para modelos CMIP6, y las respuestas individuales de cada modelo que la componen (en líneas angostas).

Figura 4.1-3: Escenarios de emisiones del AR6 y sus trayectorias hacia 2100



Fuente: (Rogelj et al., 2018)

4.1.2. Metodología de análisis de escenarios de cambio climático

Caracterización de la base de datos

Con el propósito de reportar los cambios esperados en temperaturas, precipitaciones y evapotranspiración potencial en ALC se ha aplicado la metodología presentada en CCG (2022). El análisis considera tres periodos de tiempo futuro: 2021-2040 (periodo cercano, en donde poco se puede hacer en mitigación y existe un enfoque reactivo en adaptación), 2041-2060 (periodo intermedio, en donde se verían los eventos de las medidas de mitigación y adaptación actuales) y 2081-2100 (periodo lejano, en el cual se apreciaría el efecto real de las metas de mitigación, aunque en menor medida en adaptación debido a la incertidumbre inherente).

El área estudiada se delimitó en un polígono rectangular que comprende entre los 25°N y 60°S de latitud y los 30°O y 120°O de longitud (Figura 4.1-4), de modo de integrar a

¹⁶ Variación (W/m²) del flujo radiativo en la parte superior de la atmósfera, debida a la variación de los GEI o de la radiación solar. A los efectos de los informes del IPCC, el forzamiento radiativo se define específicamente como el cambio respecto de 1750 y denota un promedio global anual incremental hacia 2100.

todos los países de América Latina y el Caribe. Los datos de temperatura y precipitación reportados fueron extraídos directamente desde cada GCM, mientras que la evapotranspiración potencial (ETP) fue calculada a partir del modelo de Thornthwaite (Thornthwaite, 1948), el cual solo requiere de las temperaturas extremas para la obtención de la ETP.

Se calculó para cada escenario SSP y período de tiempo, en cada modelo, el cambio en temperatura (calculado como diferencia simple en °C) y el cambio de precipitaciones y evapotranspiración potencial (calculado en ambos casos como variación porcentual (%)), respecto del periodo de referencia definido en 1985-2014.

Al existir discrepancias en la resolución espacial de los modelos climáticos (Anexo I y II), se ha utilizado el algoritmo del vecino más cercano (IDW) (Schulzweida et al., 2006) para interpolar los datos de los modelos y sus escenarios a una grilla regular con una resolución común de $0,8^{\circ} \times 0,8^{\circ 17}$. Esta resolución espacial corresponde a la media entre la mínima resolución espacial de todos los modelos y la resolución promedio de estos, truncada a un decimal.

Los mapas resultantes, corresponden a la media de todos los modelos interpolados por escenario y periodo para cada punto de grilla incluyendo un análisis de incertidumbre que da cuenta la consistencia entre modelos de los resultados expuestos (Anexo III). La Tabla 4.1-2 muestra el número de modelos CMIP6 utilizados para cada escenario y periodo. Dado el menor número de modelos que poseen, los resultados en el cuerpo del presente reporte no consideran los escenarios SSP1-1.9 ni SSP4-6.0, aunque si se encuentran los resultados publicados en los Anexos correspondientes. En Anexo I se detalla el nombre de los modelos, junto con la institución que los elabora, y los escenarios para los cuales reportan información.

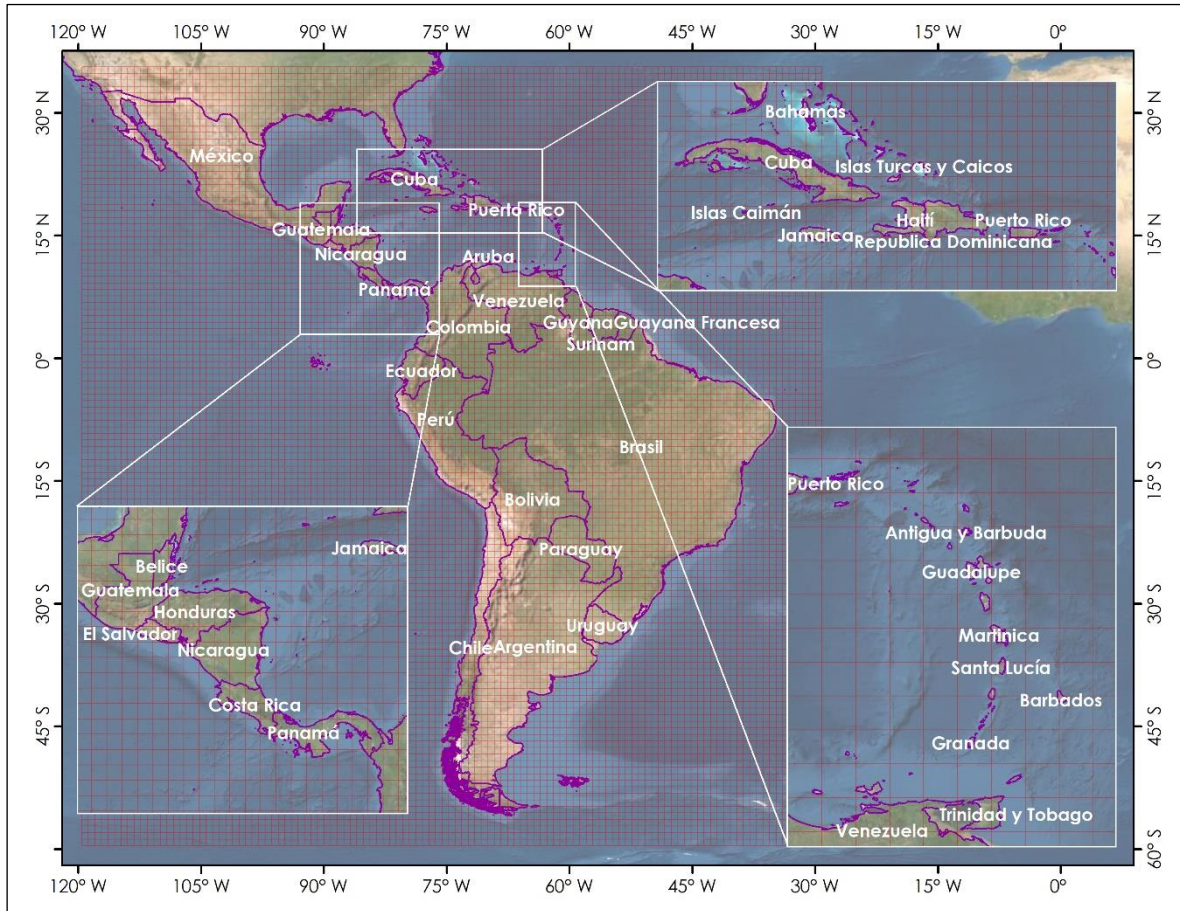
Tabla 4.1-2: Número de modelos CMIP6 por escenario de emisión de GEI analizados

Escenario AR6	Nº modelos
SSP1-1.9	11
SSP1-2.6	33
SSP2-4.5	32
SSP3-7.0	29
SSP4-6.0	8
SSP5-8.5	34

Fuente: Elaboración propia.

¹⁷ Dada la circunferencia de la tierra, en la latitud más al norte del área estudiada (25°N) la celda de grilla tiene lados en Kilómetros de 72,5 x 88,9, mientras en la celda más austral (60°S), los lados de la celda son de 45,2 x 88,9 Km.

Figura 4.1-4: Países de América Latina y el Caribe junto con la grilla espacial (líneas en rojo) generada para el reporte de los resultados cartográficos



Fuente: Elaboración propia.

De modo de realizar las comparaciones entre las proyecciones en la grilla, en cada celda de grilla interpolada se extraen series de tiempo mensuales entre 1985 y 2100, para las variables de cada modelo (incluyendo la variable derivada de ETP). Estas series luego son agregadas a escala anual (como suma en precipitaciones y ETP y promedio en el caso de las temperaturas) para luego obtener un promedio consolidado tanto en el periodo de referencia (1985-2014) como en los tres períodos futuros. Finalmente, se obtienen los cambios esperados como la diferencia absoluta (para el caso de temperatura) y porcentual (para el caso de la precipitación y la ETP) entre cada periodo futuro y el periodo de referencia para cada combinación de periodo de análisis y escenario de emisiones.

Dado que por construcción cada uno de los modelos hace proyecciones independientes de las variables analizadas, estas pueden divergir o alejarse de un valor esperado específico. Por ejemplo, para una zona particular un modelo puede proyectar aumentos de precipitaciones mientras que otro, en la misma zona, prevé disminución de estas. O en el caso de las temperaturas, pueden existir en algunos modelos incrementos de más de 1°C hacia el futuro mientras que otros prevén aumentos inferiores a ese valor. Esta incertidumbre es cuantificada para los cambios de precipitación y temperatura en sus distintos escenarios a través de una prueba estadística. Esta corresponde a un test de proporciones (Newcombe, 1998), la cual corresponde a una prueba de Chi-cuadrada de Pearson (Bland, 2015), que determina si el valor de una razón observada se aleja significativamente del valor esperado. Así, en el caso de las precipitaciones, esta prueba cuantifica la probabilidad de que un porcentaje mayor al 50% (valor esperado) de los modelos indique una reducción futura en las precipitaciones. Por su parte, en el caso de las temperaturas se obtiene la probabilidad de que un porcentaje mayor al 50% de los modelos indique un aumento de estas mayor a 1,5°C (temperatura límite comprometida de acuerdo con el Acuerdo de París). Con este análisis se puede evidenciar el patrón espacial del comportamiento de los cambios esperados, de modo de identificar las zonas en donde los modelos poseen mayor concordancia respecto de los cambios esperados. El Anexo II explica el método estadístico de este análisis de forma detallada.

Agregación espacial de resultados

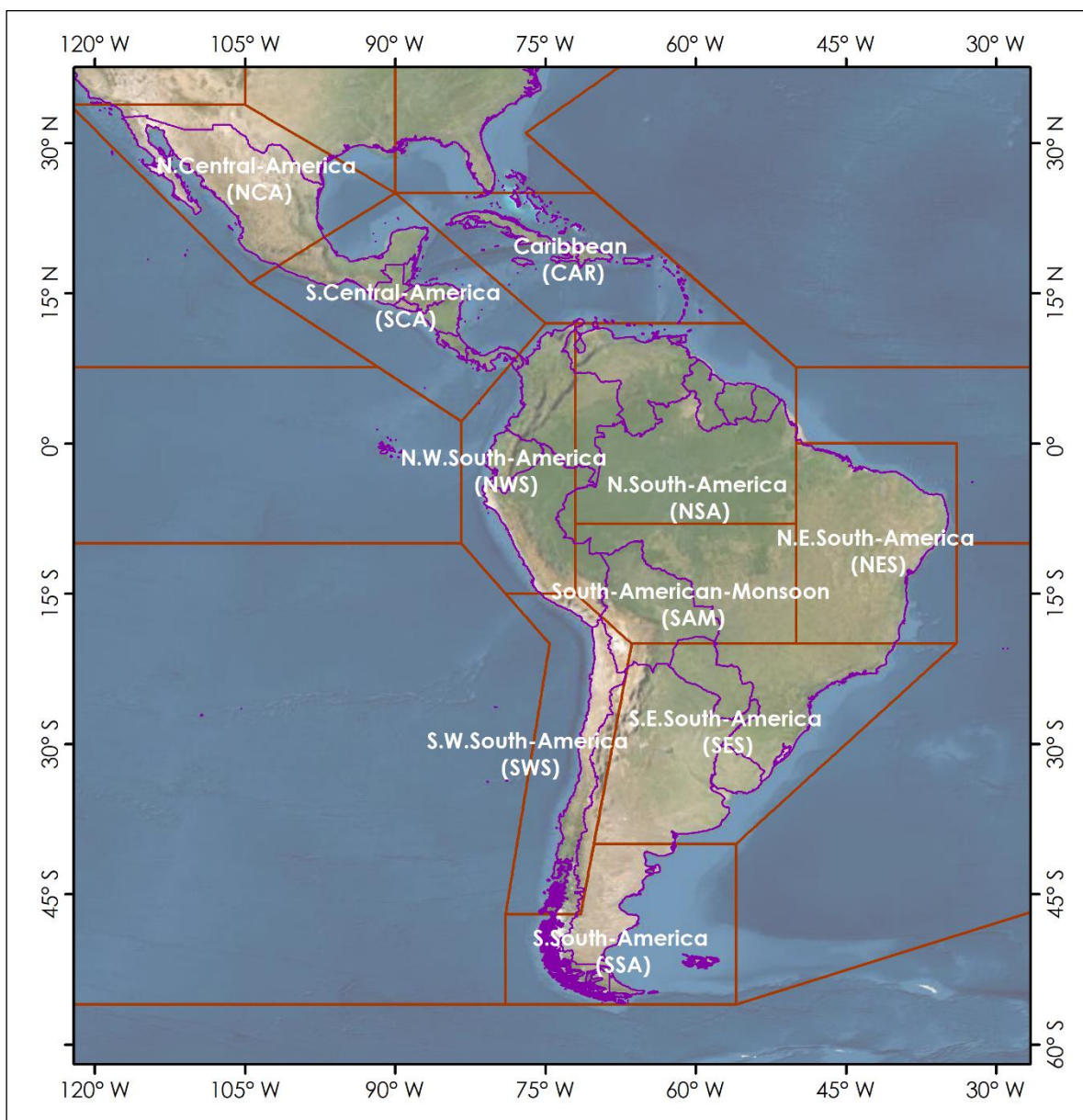
Con el propósito de evaluar las diferencias en las proyecciones a nivel latitudinal, longitudinal y altitudinal sobre los distintos escenarios, adicionalmente a la separación política por países, se han utilizado las regiones IPCC definidas por Iturbide (2020), las cuales corresponden a una actualización de aquellas regiones definidas en AR5. Estas zonas, 58 a escala mundial, comprenden características comunes que las representan basadas en dos principios: (1) consistencia climática y (2) representatividad espacial de los resultados de los modelos.

Para el presente reporte, solo serán consideradas aquellas regiones del IPCC que comprenden a los países de América Latina y el Caribe (Figura 4.1-5). El detalle de las 10 zonas seleccionadas y aquellos países que se hallan en ellas en al menos una porción de su territorio corresponde a:

- **Northern Central-America (Norte de Centroamérica, NCA):** Incluye parte de México.
- **Caribbean (Caribe, CAR):** Incluye todos los países del Caribe más ciertas áreas del norte de Venezuela y Colombia.
- **Southern Central-America (Sur de América Central, SCA):** Incluye a Belice, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y parte del sur de México.

- **Northern South-American (Norte de Sudamérica, NSA):** Incluye a Granada, Trinidad y Tobago, Guyana, Guayana Francesa, Surinam y partes de Brasil, Colombia, Perú y Venezuela.
- **Northwestern South-America (Noroeste de Sudamérica, NWS):** Incluye a Ecuador (sin considerar Galápagos) y partes de Brasil, Colombia, Panamá, Perú y Venezuela.
- **Northeastern South-America (Noreste de Sudamérica, NES):** Incluye la parte más al este de Brasil.
- **South-American-Monsoon (Zona de Monzones de Sudamérica, SAM):** Incluye partes de Brasil, Bolivia, Paraguay y Perú.
- **Southwestern South-America (Sudoeste de América del Sur, SWS):** Incluye partes de Argentina, Chile, Bolivia y Perú.
- **Southeastern South-America (Sureste de América del Sur, SES):** Incluye a Uruguay, casi la totalidad de Paraguay y partes de Argentina, Bolivia y Brasil.
- **Southern South-America (Sur de América del Sur, SSA):** Incluye a las zonas patagónicas de Chile, Argentina y a las Islas Malvinas.

Figura 4.1-5: Regiones IPCC utilizadas en el presente reporte y los países de América Latina y el Caribe incluidos en ellas

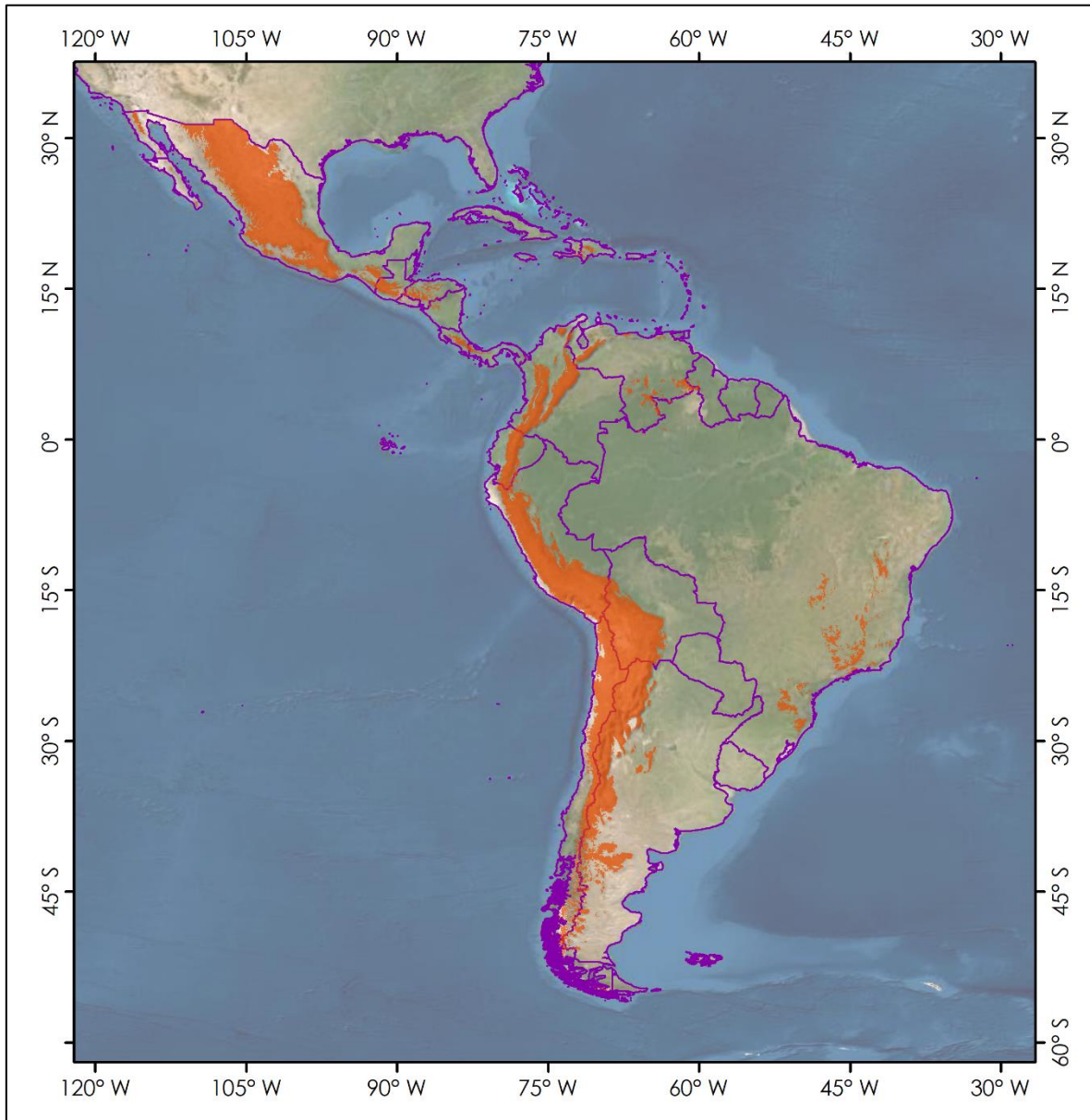


Fuente: Elaboración propia.

De modo de evaluar patrones en los cambios de temperatura, precipitación y ETP que puedan depender de la elevación, se ha definido una cota umbral de 1.000 m.s.n.m. sobre la cual se reportan los resultados para cada país y región IPCC (Figura 4.1-6). Estos análisis se presentan a través de diagramas de caja. Estos diagramas buscan representar la dispersión entre modelos de los cambios esperados en cada zona de análisis, y se construyen considerando distintos estadígrafos. Los estadígrafos calculados en cada una de los países y regiones IPCC corresponden al valor mínimo, máximo, y los percentiles (P) 5, 25, 50, 75 y 95. En cada diagrama, se identifican los percentiles P5 y P95 en los extremos de los *whiskers*, el límite superior e inferior de la caja corresponden a los percentiles 25 y 75, mientras que el punto dentro de ella representa el P50 o mediana. La obtención de estos estadígrafos representativos para cada área requiere de considerar la fracción de la superficie de cada píxel que se encuentra dentro de la zona de análisis, de modo que aquellas naciones con superficies pequeñas relativas a otros países utilizarán menos celdas de la grilla y por consiguiente habrá una menor variabilidad en la obtención de los percentiles, no obstante, independiente de aquello siempre se utiliza la misma cantidad de modelos dependiendo del escenario. Los Anexos IV, V y VI detallan los estadígrafos mencionados para todos los países y regiones del IPCC, junto con sus medias, mínimos y máximos y dispersión.

Cabe destacar que, dadas sus condiciones geográficas, no todos los países y regiones IPCC poseen zonas sobre los 1.000 m.s.n.m. No obstante, todos ellos presentan al menos una parte de su territorio bajo esta cota.

Figura 4.1-6: Zonas con elevación sobre los 1.000 m.s.n.m. (marcadas en naranja) en ALC



Fuente: Elaboración propia.

Índice adicional integrador (Índice de Aridez)

Con base en los resultados de cambios esperados en temperatura, evapotranspiración y precipitación se realiza un análisis integrador mediante el cálculo del Índice de Aridez (IA). Este indicador permite incluir los efectos combinados de cambios en dos variables meteorológicas que dan cuenta del estado hidrológico de una zona en particular: la precipitación y la evapotranspiración potencial. De acuerdo con la definición de Middleton y Thomas (1997) el IA se calcula de la siguiente forma:

$$IA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i}{ETP_i} \right)$$

Donde P_i representa la precipitación anual en cada año i (de un total de n años), ETP_i corresponde a la evapotranspiración potencial anual del año i . A partir del valor de este IA se clasifica el tipo de clima, según lo indicado en la Tabla 4.1-3.

Tabla 4.1-3: Tipo de clima según índice de aridez (IA).

Tipo de clima	Índice de Aridez
Hiperárido	$\leq 0,05$
Árido	$[0,05 - 0,2)$
Semiárido	$[0,2 - 0,5)$
Subhúmedo Seco	$[0,5 - 0,65)$
Húmedo	$\geq 0,65$
Frío	$ETP < 400 \text{ mm}$

Fuente: Middleton y Thomas, (1997).

El análisis consiste en estimar los posibles cambios en categoría de IA que ocurrirían con los cambios proyectados en precipitación y temperatura que modulan la ETP. El análisis se realiza para toda la región de ALC haciendo distinción luego por país respecto de las condiciones de cambios en el indicador del punto de vista de su dirección, siendo negativo en caso de aridificación y positivo en el otro caso. Se indican también las transiciones, es decir, cuantas categorías del indicador se retrocede o avanza. Para cada uno de los modelos considerados se estima el cambio en la superficie que cae en las distintas categorías del IA bajo el escenario de referencia y bajo los distintos escenarios futuros. El resultado de este análisis indica el porcentaje de superficie de cada país que cambia en alguna categoría del IA (ej. paso de semiárido a árido, o de húmedo a subhúmedo seco).

4.1.3. Resultados del análisis de escenarios de cambio climático en ALC

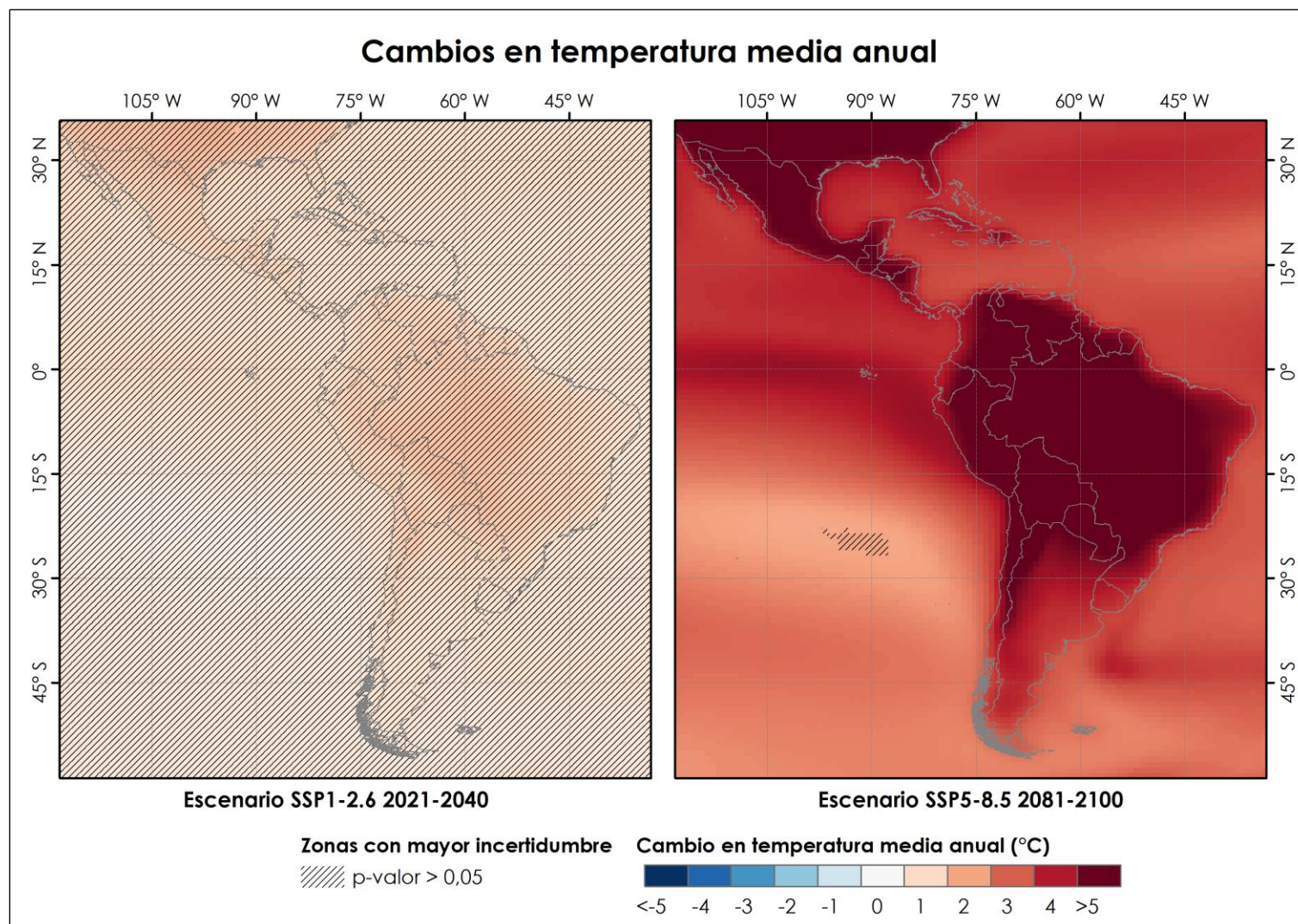
A continuación, se presentan los principales resultados del análisis de escenarios climáticos en ALC. Los resultados completos se pueden encontrar en los Anexos IV, V y VI. En esta sección se presentan solo algunos resultados representativos. Como se indica en la sección anterior los resultados en cambios en temperatura, precipitación y evapotranspiración potencial se presentan en formato de mapas para mostrar cambios relativos para la condición promedio de proyecciones para distintos GCM y en formato de diagrama de caja para mostrar la incertidumbre entre proyecciones de GCM. Adicionalmente en formato de mapas se presentan los cambios en las categorías de Índices de Aridez.

A modo de síntesis se presentan proyecciones contrastantes en cuanto a periodo de tiempo y escenario de emisión de GEI. En este sentido se comparan los cambios de lo que sería el escenario más favorable (periodo de tiempo cercano y escenario SSP1-2.6) con el más desfavorable (periodo de tiempo lejano y escenario SSP5-8.5).

Las Figuras más adelantemuestran el cambio esperado (promedio de los GCM) para estos dos casos contrastantes para el caso de temperatura, precipitación y evapotranspiración potencial. De los resultados presentados se pueden desprender las siguientes conclusiones generales:

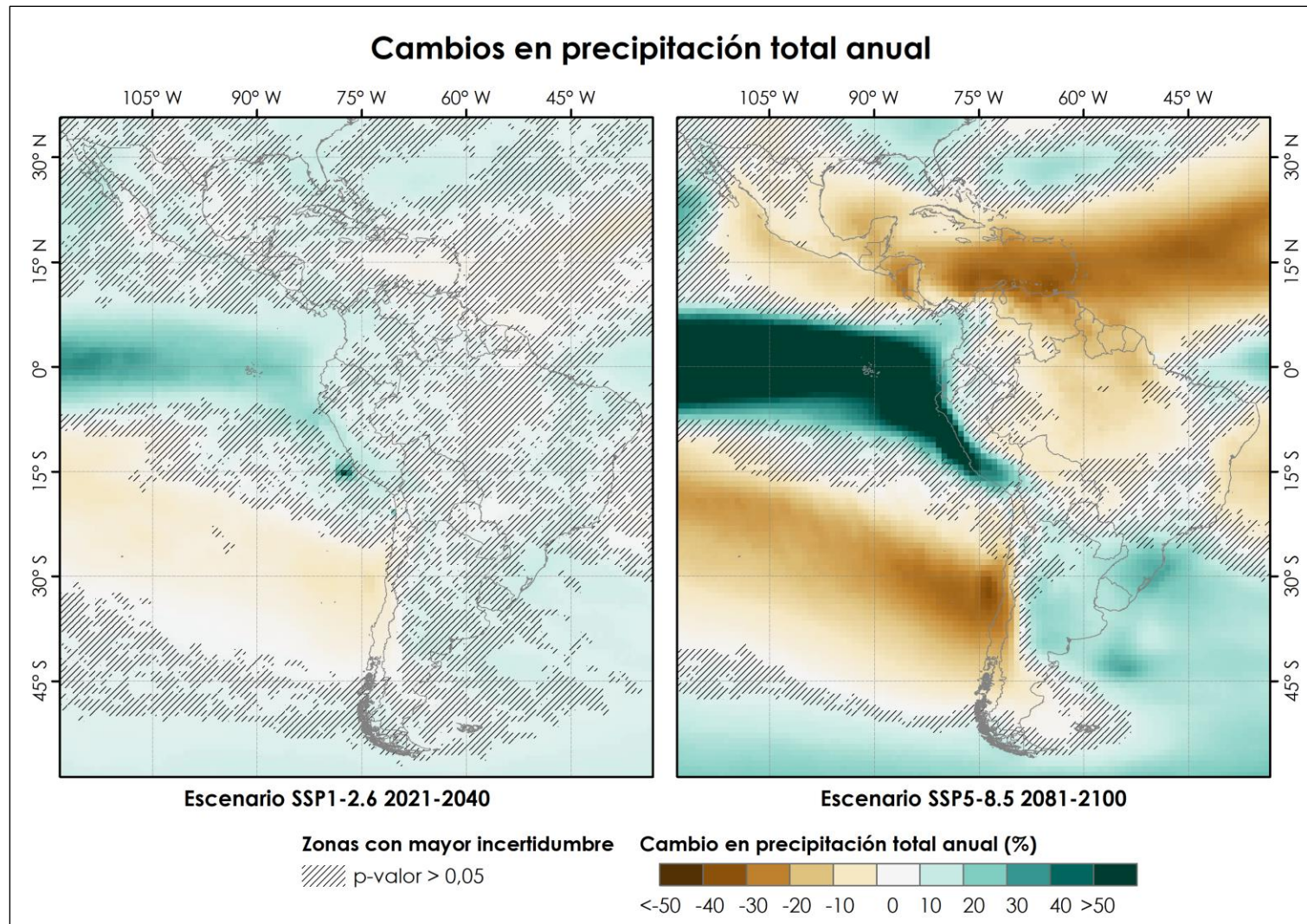
- En todos los casos el cambio en las variables climatológicas es mayor en la medida que aumenta la concentración de GEI (escenarios con mayor emisión o duración en el tiempo).
- Respecto al cambio en temperatura se espera en todos los casos un aumento que es mayor en aquellas partes de la región más alejadas de la influencia del efecto modulador de los océanos (evidente en la medida que se sube en altura o se adentra el interior de masas de tierra).
- En el caso del cambio en precipitación se pueden apreciar regiones donde la precipitación tiende a aumentar como es el caso de la costa norponiente de América del Sur (costa de Perú y Ecuador), y parte de la cuenca del Río de La Plata y el noreste de Argentina. Se aprecian también regiones donde la precipitación tiende a disminuir como es el caso del norte de América del Sur, prácticamente todo el Caribe, Centroamérica, parte del Amazonas, el noreste de Brasil, y el centro sur de Chile y Argentina. Existen regiones con alto nivel de incertidumbre en cambios en precipitación como es el caso del sur de Bolivia, el Norte de Chile y gran parte de Perú, Ecuador y Colombia.
- En el caso del cambio en evapotranspiración potencial se aprecian aumentos en todas las regiones de análisis que en parte comparten los patrones de cambio en temperatura con algunas atenuaciones asociadas al cambio en precipitación como por ejemplo ocurre en la costa de Perú.

Figura 4.1-7: Cambios esperados en temperatura media anual (en °C) para los escenarios más y menos favorable



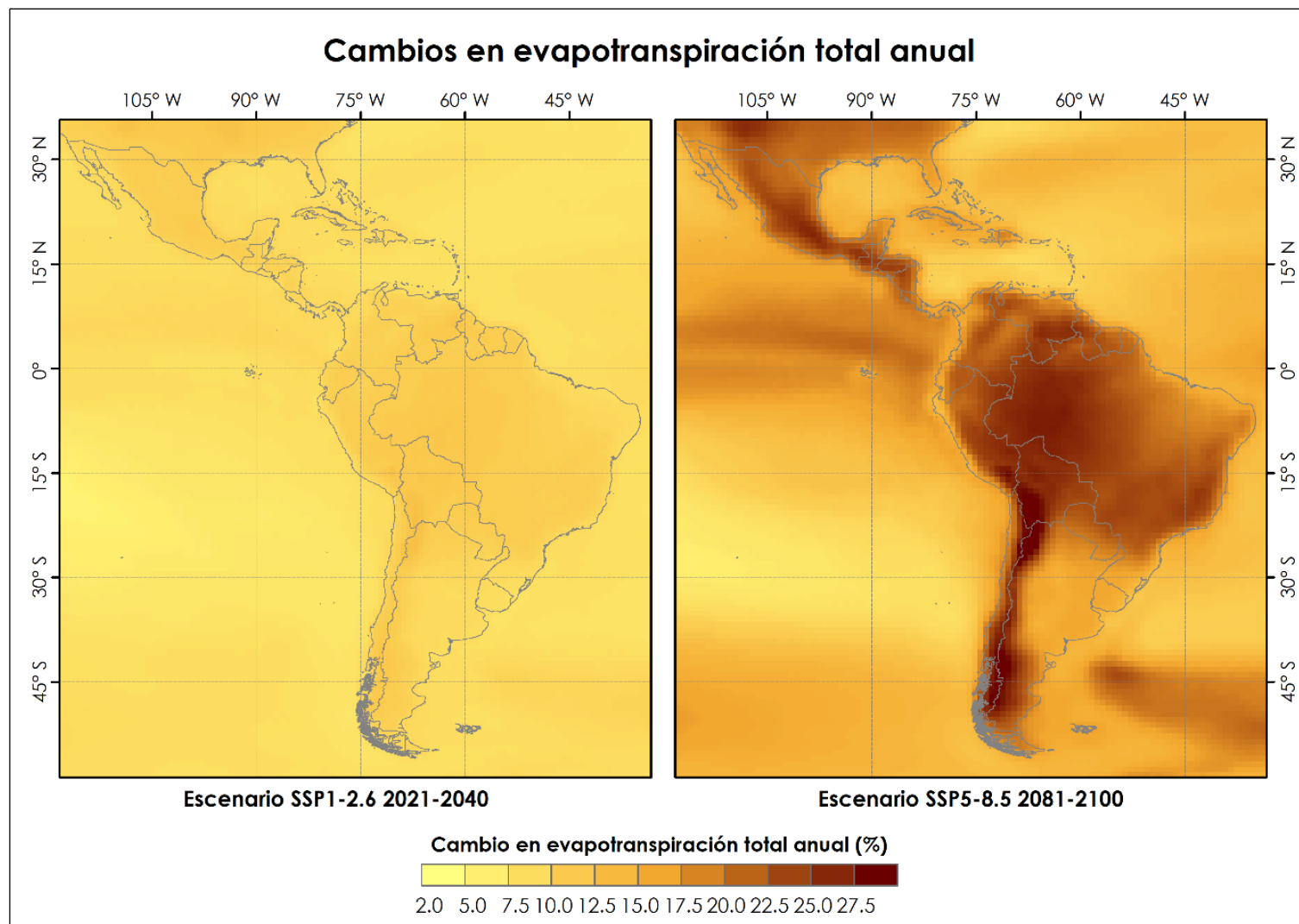
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1-8: Cambios esperados en precipitación total anual (en %) para los escenarios más y menos favorable



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1-9: Cambios esperados en evapotranspiración potencial anual (en %) para los escenarios más y menos favorable



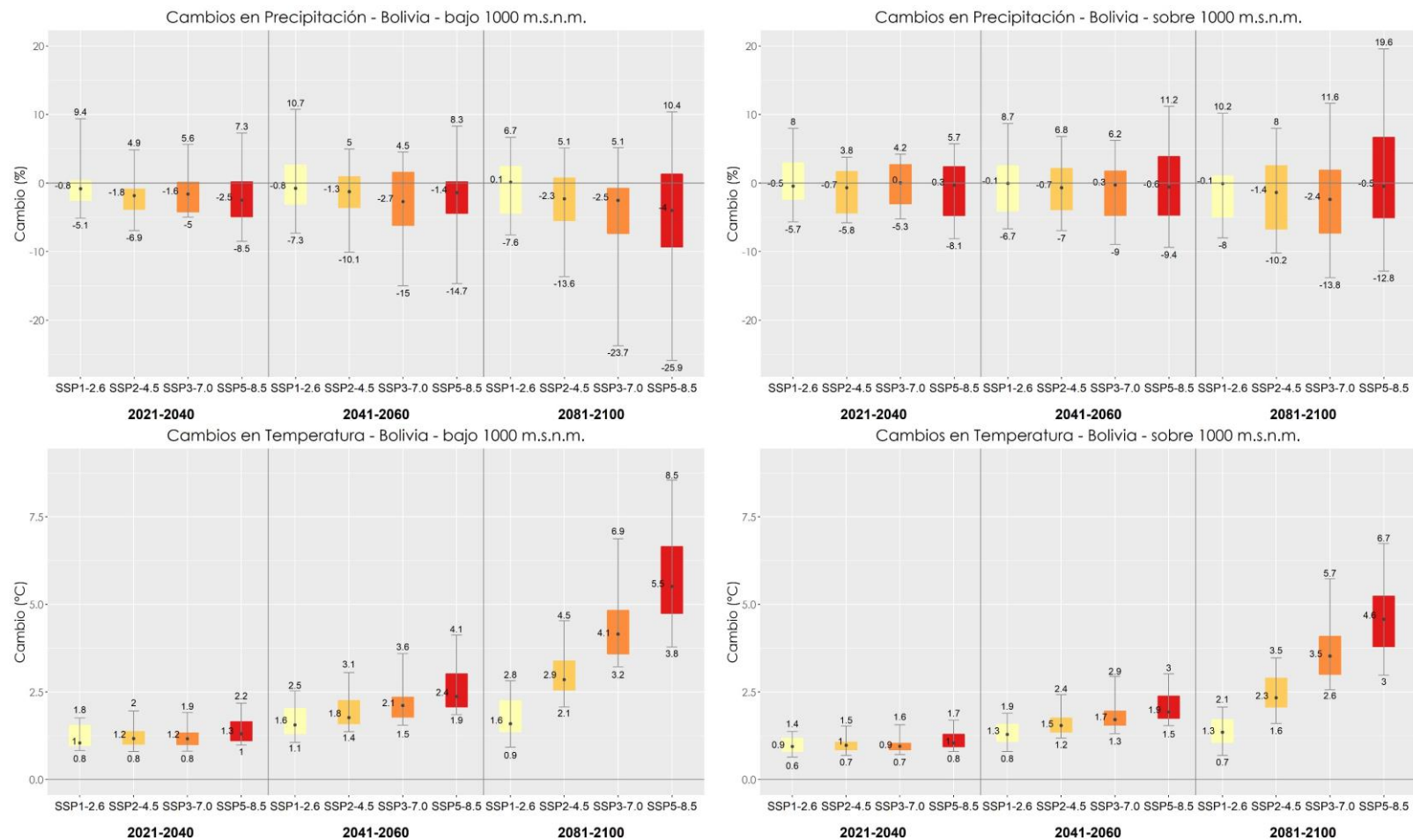
Fuente: Elaboración propia.

Las Figuras 4.1-10 a 4.1-15 muestran a través de diagramas de caja la incertidumbre de los cambios proyectados en variables climáticas para tres países a modo de ejemplo: Bolivia, Ecuador y México (los resultados para todos los países se presentan en Anexo V). En cada caso se muestran los cambios asociados a dos periodos de tiempo y múltiples escenarios de emisión separando el análisis en dos bandas de elevación. Para cada combinación de distribución espacial, escenario de emisión y periodo de tiempo se muestra la incertidumbre entre los GCM mostrando 5 cuartiles en la distribución de proyecciones. De los resultados presentados se pueden desprender las siguientes conclusiones generales:

En todos los casos se aprecia el aumento de temperatura especialmente asociado al escenario de mayor nivel de concentración de GEI. Algo parecido ocurre con evapotranspiración potencial, pero en ese caso la incertidumbre es mayor.

Se puede apreciar los distintos niveles de incertidumbre asociados a cambios en precipitación. Por ejemplo, en el caso de Bolivia (especialmente sobre los 1000 m) se aprecia que una cantidad similar de GCM proyectan aumentos o disminuciones en precipitación. En cambio, en el caso de México tanto bajo como sobre los 1000 m se aprecia que gran parte de los GCM proyecta una disminución en las precipitaciones. Y finalmente en el caso de Ecuador se aprecia que bajo los 1000 m (zonas costeras) gran parte de los GCM proyecta un aumento en la precipitación, situación que se hace más incierta en altura.

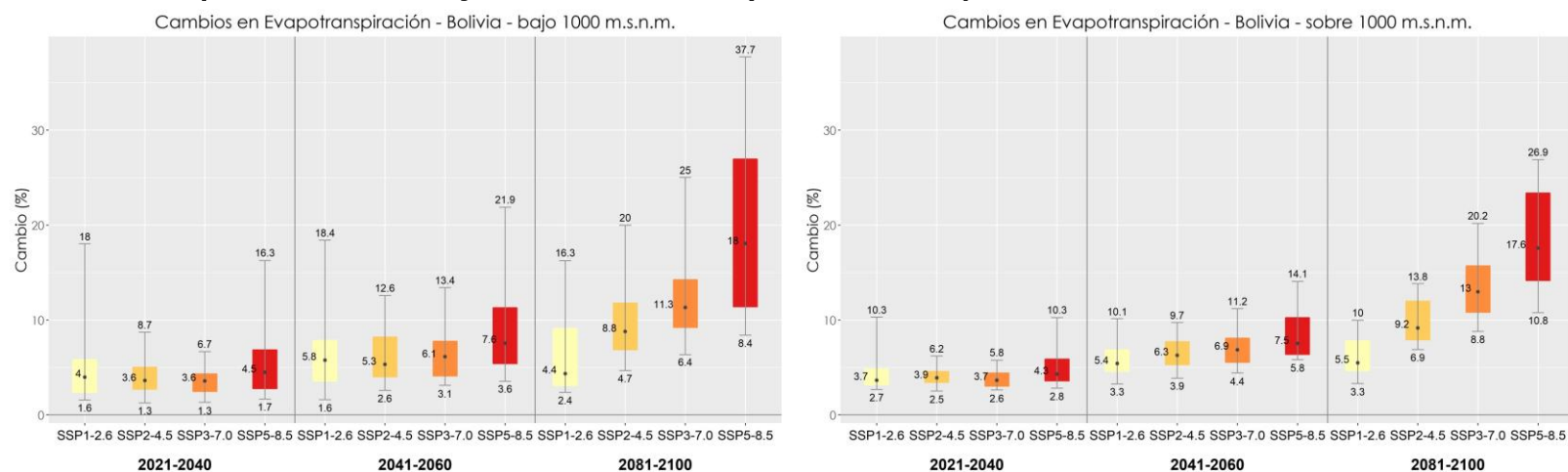
Figura 4.1-10: Cambios esperados en precipitación y temperatura para cuatro escenarios en tres periodos para Bolivia. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal



Nota: Los rectángulos muestran el P25 y P75, las barras el P5 y P95 y el círculo el P50.

Fuente: Elaboración propia.

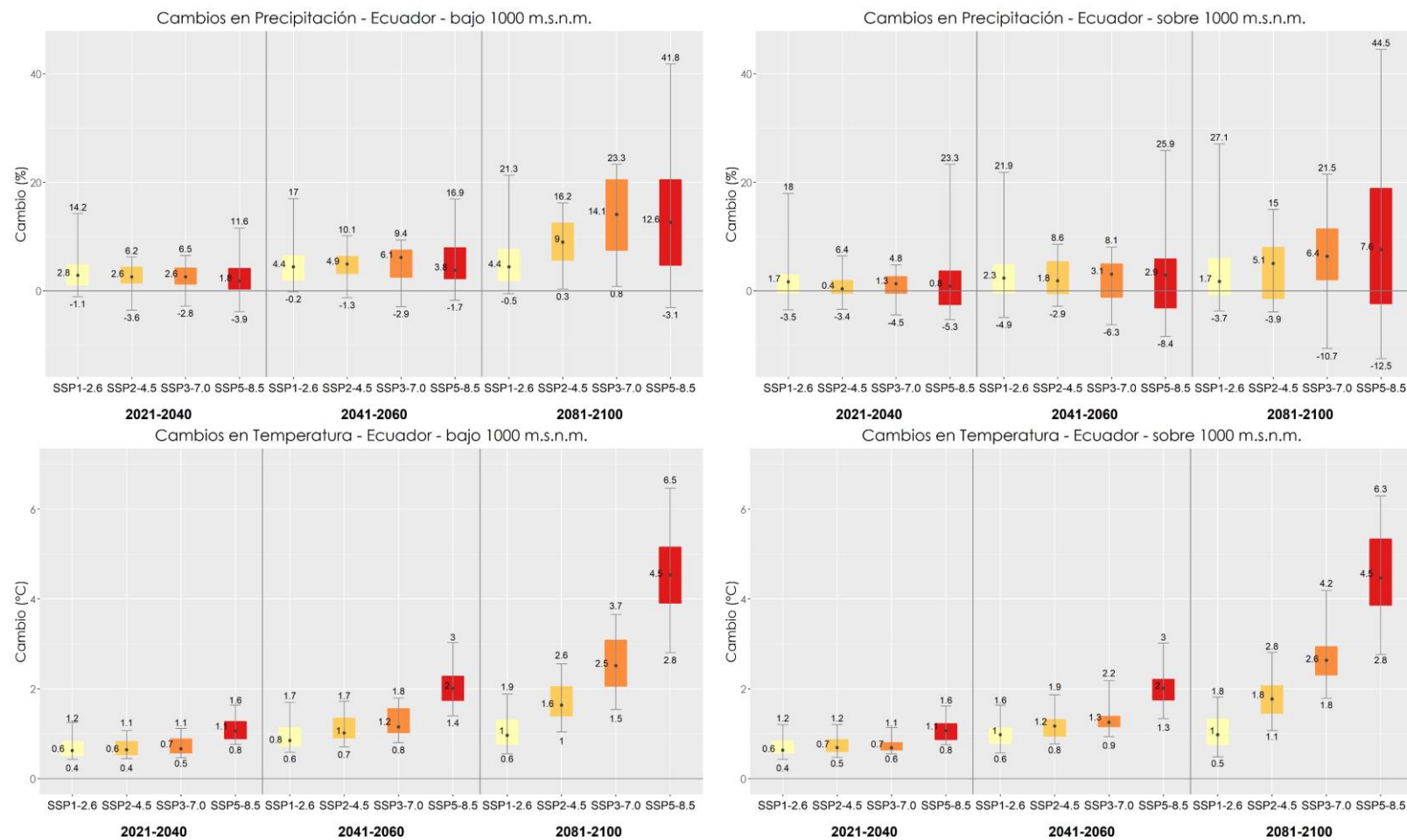
Figura 4.1-11: Cambios esperados en evapotranspiración potencial a para cuatro escenarios en tres periodos para Bolivia. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal



Nota: Los rectángulos muestran el P25 y P75, las barras el P5 y P95 y el círculo el P50.

Fuente: Elaboración propia.

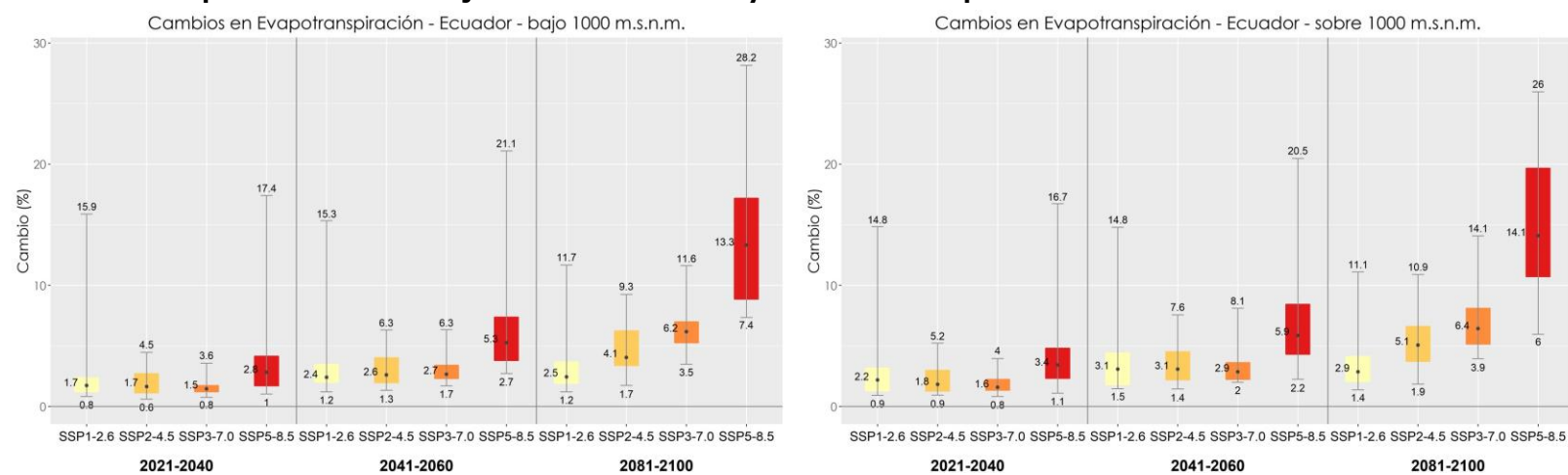
Figura 4.1-12: Cambios esperados en precipitación y temperatura para cuatro escenarios en tres periodos para Ecuador. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal



Nota: Los rectángulos muestran el P25 y P75, las barras el P5 y P95 y el círculo el P50.

Fuente: Elaboración propia

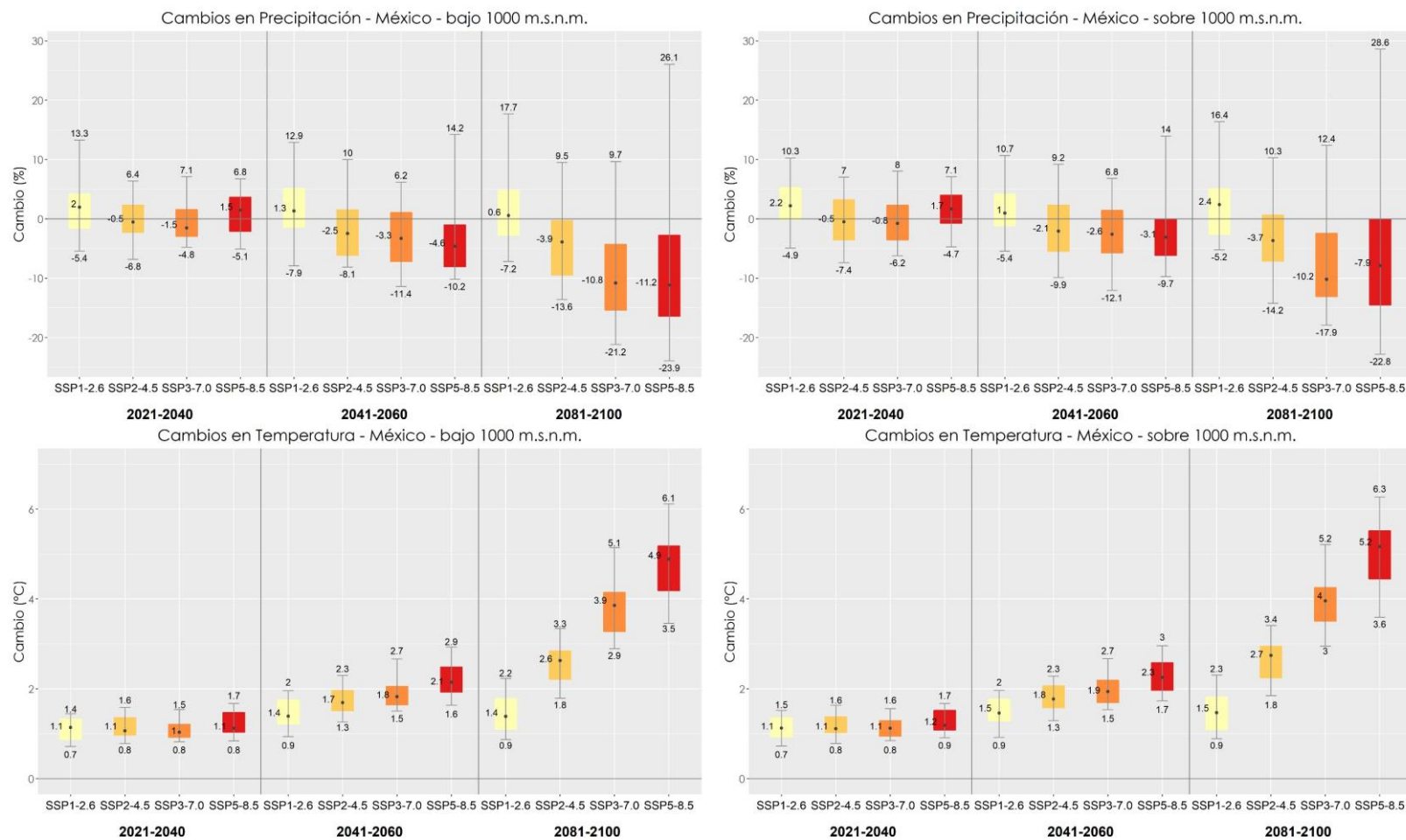
Figura 4.1-13: Cambios esperados en evapotranspiración potencial a para cuatro escenarios en tres periodos para Ecuador. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal



Nota: Los rectángulos muestran el P25 y P75, las barras el P5 y P95 y el círculo el P50.

Fuente: Elaboración propia.

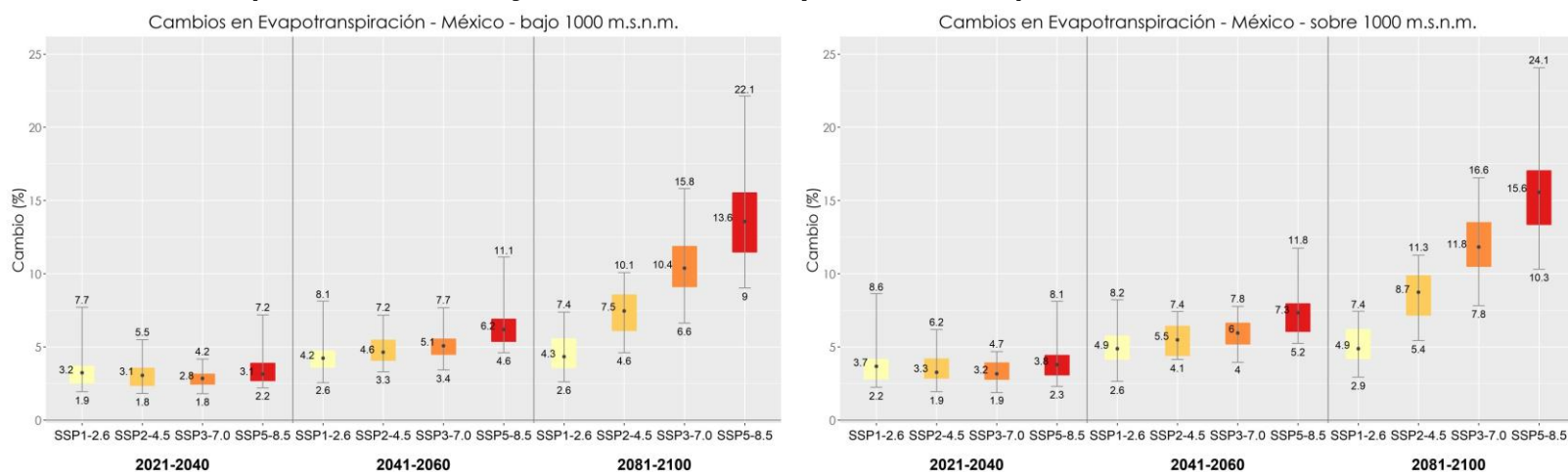
Figura 4.1-14: Cambios esperados en precipitación y temperatura para cuatro escenarios en tres periodos para México. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal



Nota: Los rectángulos muestran el P25 y P75, las barras el P5 y P95 y el círculo el P50.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1-15: Cambios esperados en evapotranspiración potencial a para cuatro escenarios en tres periodos para México. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal



Nota: Los rectángulos muestran el P25 y P75, las barras el P5 y P95 y el círculo el P50.

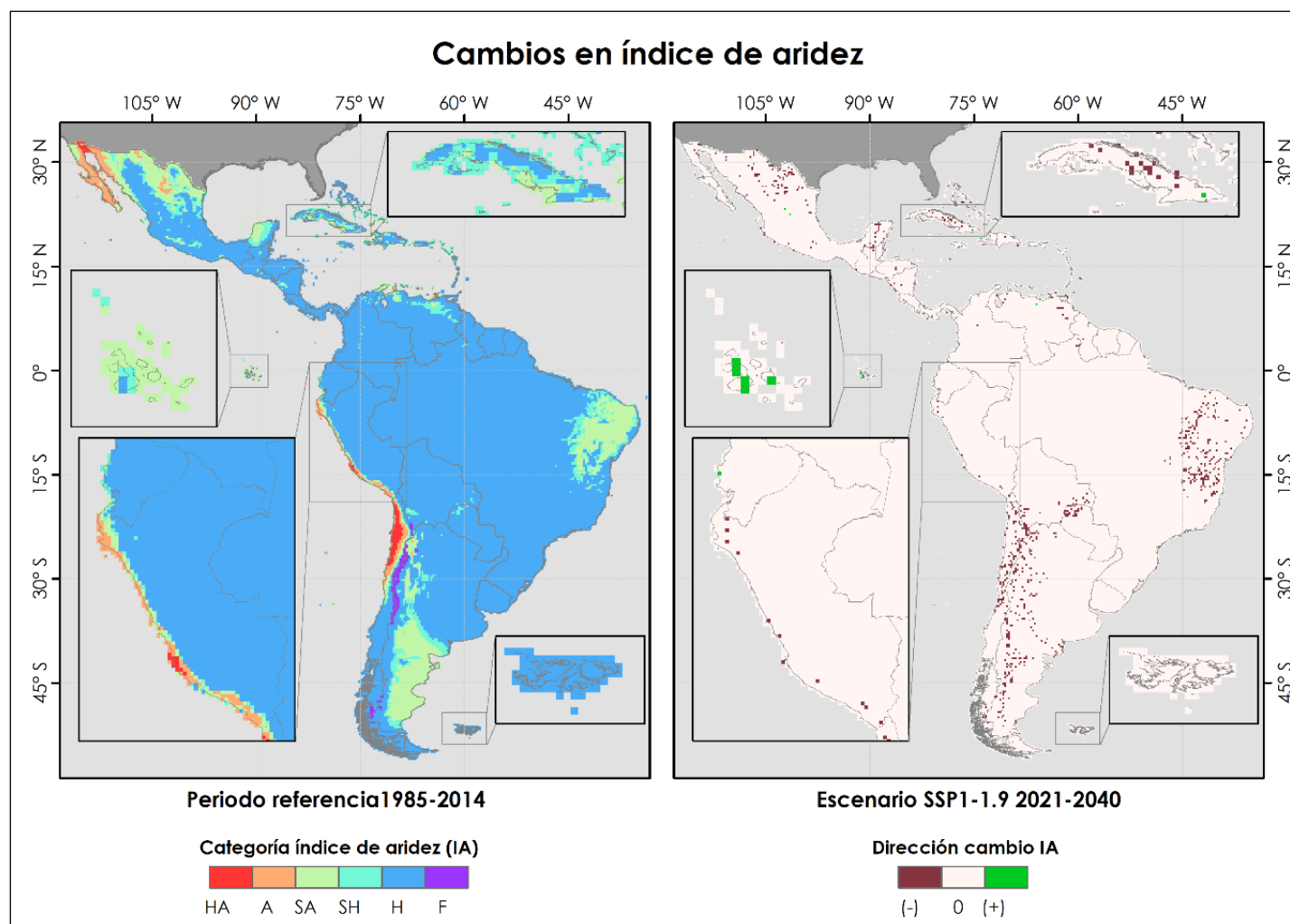
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, las Figuras 4.1-16 a 4.1-19 muestran los cambios en el Índice de Aridez. El análisis se presenta en dos formatos distintos. En cada caso se presenta la situación actual en el mapa a la izquierda y a la derecha el cambio esperado para los dos escenarios contrastantes escogidos con anterioridad (SSP1-2.6 2021-2040 vs SSP5-8.5 2081-2100). En el primer formato se presenta la superficie que cambia en categoría de aridez. En el segundo formato se presenta el número de categorías de aridez en que cambia una cierta ubicación. En la Tabla 4.1-4 se presenta a nivel país el cambio esperado en porcentaje de superficie que disminuye (se desertifica) o aumenta se índice de aridez.

Al apreciar la situación de base queda en evidencia que la región ALC en su conjunto es una región relativamente húmeda con zonas acotadas de clima semiárido (ej. norte México, península de Yucatán, islas del Caribe, norte de Colombia y Venezuela, noreste de Brasil, centro norte de Chile y sur de Argentina) y árido-hiperárido (península de Baja California, costa de Perú y norte de Chile).

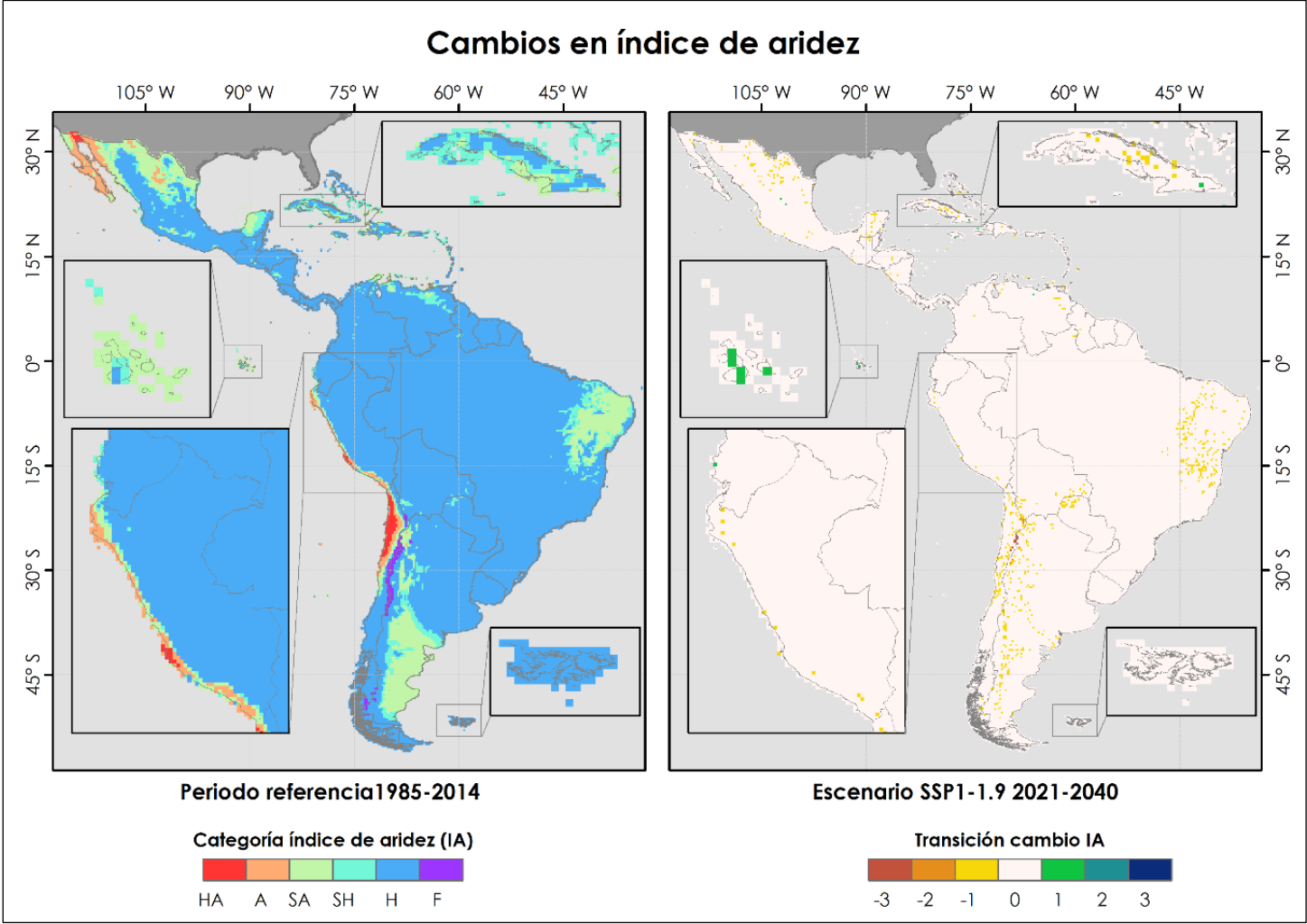
En torno a estas áreas semiáridas y áridas es donde se concentran los principales cambios asociados a los escenarios de cambio climático. En general los cambios indican una mayor aridificación (típicamente un paso de categoría húmeda a semi árido o de semi árido a árido), siendo la zona de la costa de Perú y Ecuador (incluyendo las islas Galápagos) las únicas zonas que disminuiría su nivel de aridez. Los cambios más notorios (en ambos casos) se dan en el escenario más desfavorables con valores de superficie que se aridifica que pueden llegar a ser superiores al 70% en países del Caribe para el escenario más desfavorable.

Figura 4.1-16: Cambio en sentido de índice de aridez (positivo o negativo) para el promedio de las proyecciones bajo escenario SSP1-1.9 en periodo 2021-2040



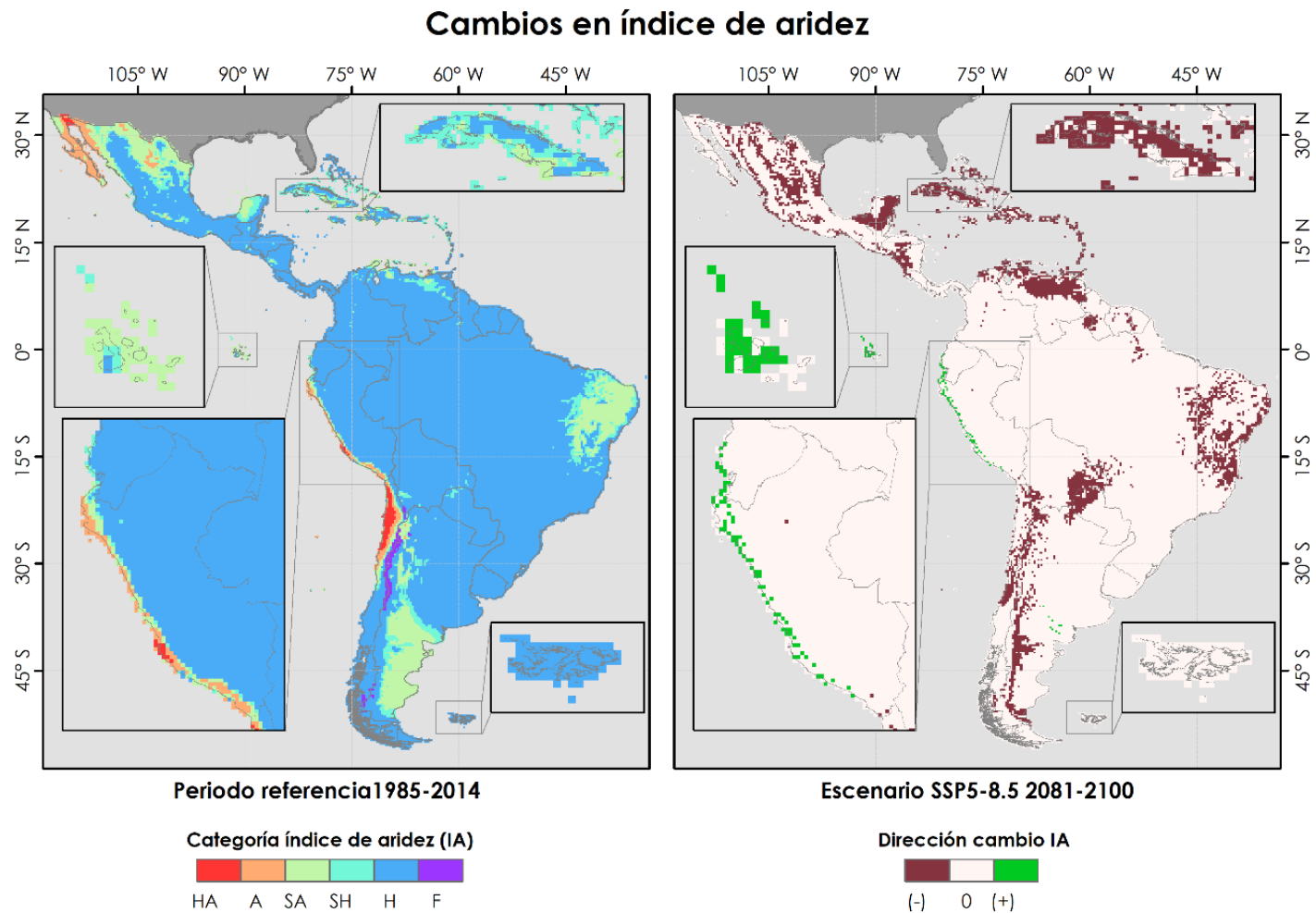
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1-17: Número de transiciones en categoría de índice de aridez para el promedio de las proyecciones bajo escenario SSP1-1.9 en periodo 2021-2040



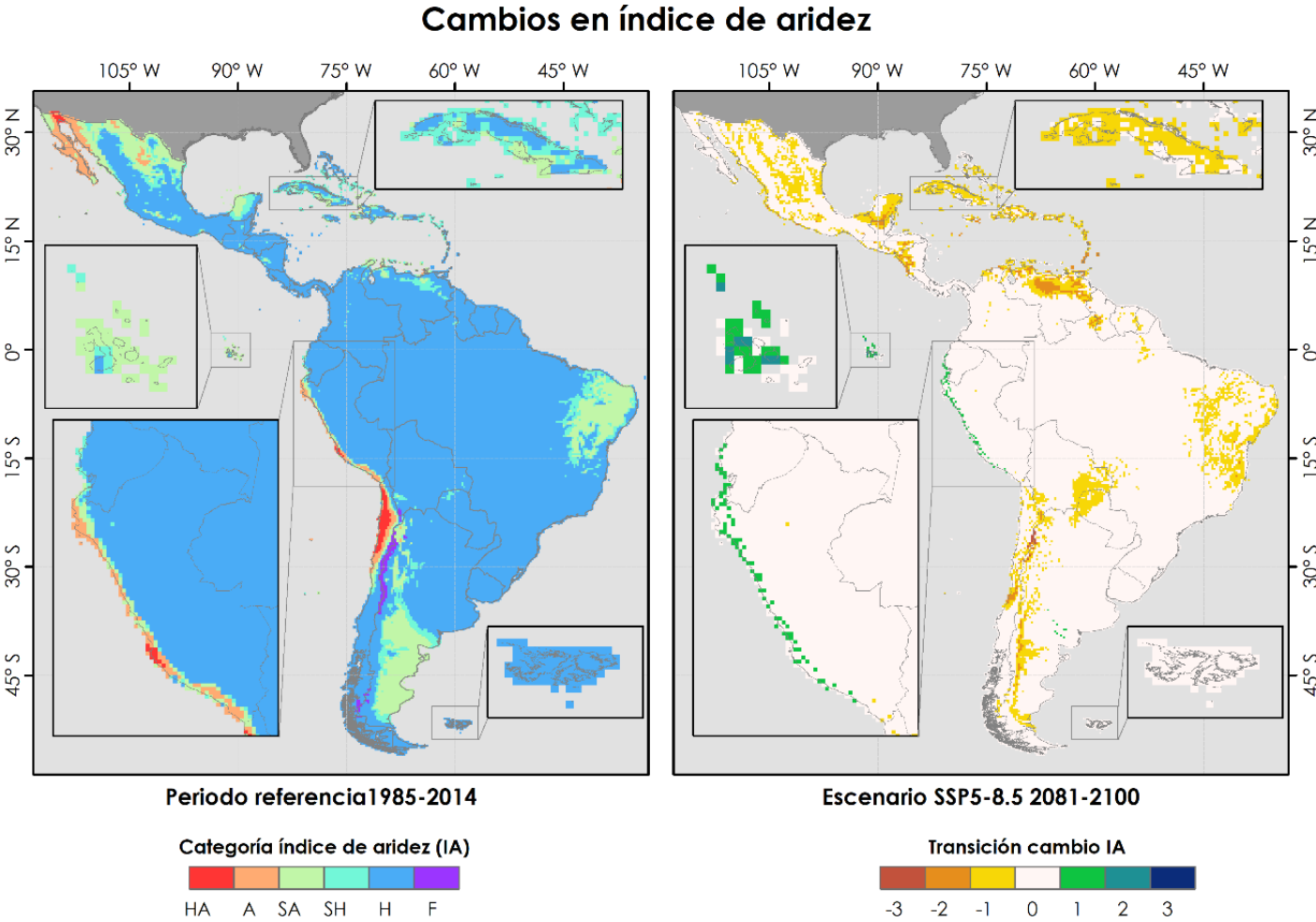
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1-18: Cambio en sentido de índice de aridez (positivo o negativo) para el promedio de las proyecciones bajo escenario SSP5-8.5 en periodo 2081-2100



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1-19: Número de transiciones en categoría de índice de aridez para el promedio de las proyecciones bajo escenario SSP5-8.5 en periodo 2081-2100



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.1-4: Porcentaje de la superficie total del país con transición hacia la aridificación*

País	SSP1-2.6 2021-2041		SSP5-8.5 2081-2100	
	Cambio (-) IA	Cambio (+) IA	Cambio (-) IA	Cambio (+) IA
Trinidad y Tobago	0,0%	0,0%	85,7%	0,0%
Puerto Rico	10,0%	0,0%	80,0%	0,0%
Cuba	4,0%	0,0%	71,5%	0,0%
República Dominicana	4,7%	0,0%	59,4%	0,0%
Haití	2,7%	0,0%	56,8%	0,0%
Jamaica	5,6%	0,0%	50,0%	0,0%
Venezuela	3,5%	0,0%	34,6%	0,0%
Nicaragua	0,6%	0,0%	33,9%	0,0%
El Salvador	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%
Guatemala	3,5%	0,0%	24,5%	0,0%
México	5,4%	0,1%	24,4%	0,0%
Honduras	0,7%	0,0%	20,4%	0,0%
Paraguay	11,2%	0,0%	13,1%	0,0%
Bolivia	3,2%	0,0%	12,8%	0,0%
Chile	7,0%	0,0%	11,1%	0,0%
Surinam	0,0%	0,0%	8,2%	0,0%
Argentina	4,5%	0,0%	7,9%	0,5%
Costa Rica	0,0%	0,0%	7,2%	0,0%
Brasil	1,2%	0,0%	6,5%	0,0%
Colombia	0,1%	0,0%	3,3%	0,0%
Perú	0,2%	0,2%	0,1%	2,3%
Ecuador	0,0%	1,2%	0,0%	3,0%
Panamá	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Uruguay	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Notas*: siendo aridificación (-), o en sentido inverso (+), tanto para el escenario favorable en el periodo más cercano, como para el escenario más desfavorable en el periodo más lejano. Los países se encuentran ordenados de forma decreciente a partir del cambio (-) en IA para el caso severo.

Fuente: Elaboración propia.

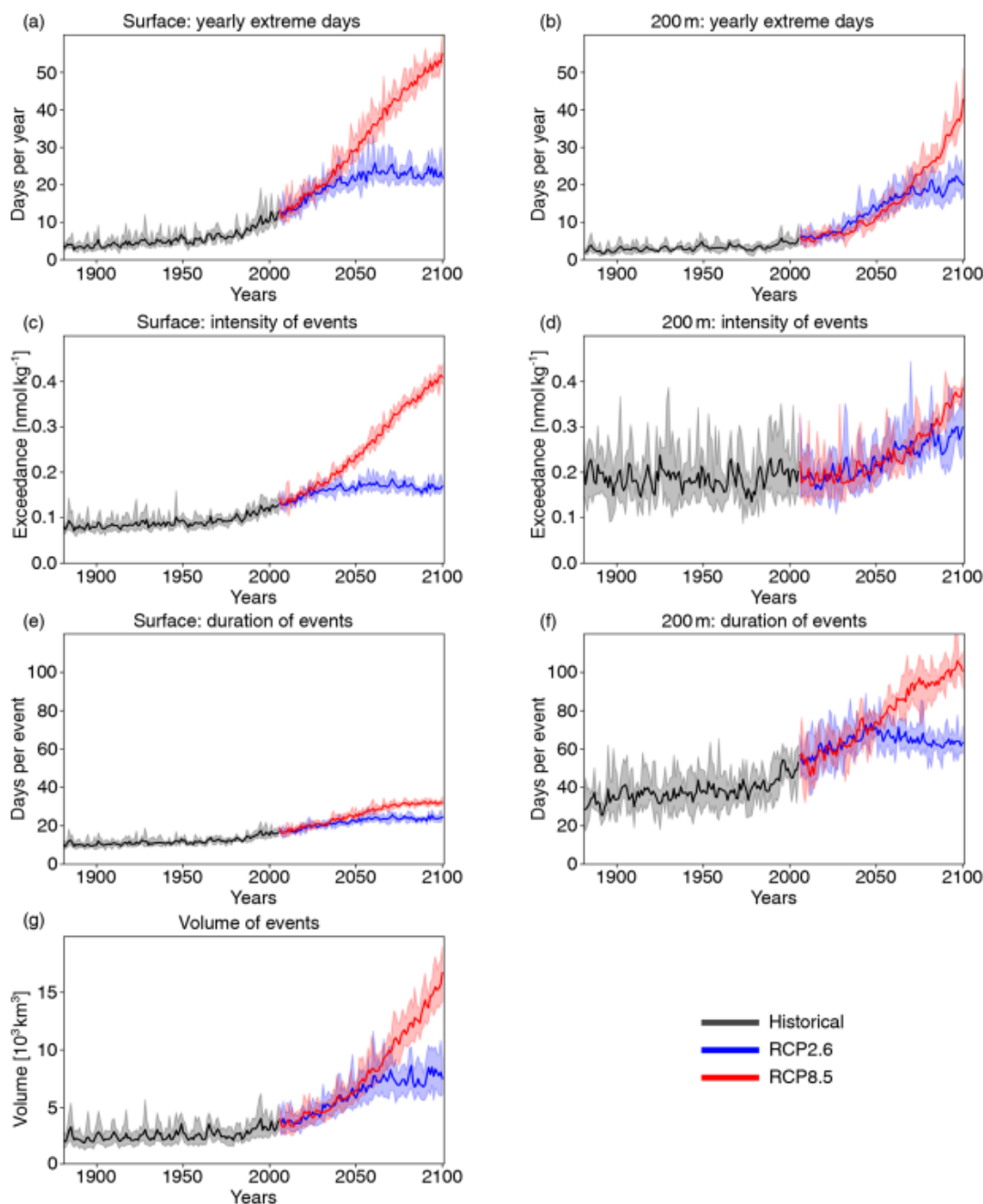
4.1.4. Escenarios de cambio climático a nivel oceánico

Algunos impactos negativos en los océanos corresponden a la acidificación, la erosión costera, las olas de calor marina, la elevación del nivel del mar y el aumento de la temperatura de los océanos. El proceso de acidificación de los océanos se refiere a eventos extremos de acidez oceánica a corto plazo donde se encuentran concentraciones relativamente altas de Hidrógeno elemental $[H^+]$. Esto es causado por la absorción del océano de las emisiones antropogénicas de CO_2 que reacciona con los compuestos disueltos en el agua provocando cambios en la variabilidad de las concentraciones de $[H^+]$ a corto, mediano y largo plazo, además de mayor frecuencia e intensidad de eventos de acidez oceánica (Burger et al., 2020). El aumento de la concentración de CO_2 en la atmósfera ya ha disminuido el pH de la superficie del océano en 0.1 unidades de pH, con respecto a los valores preindustriales y se proyecta que disminuya en 0.3 unidades de pH más para finales del siglo XXI (Wingenter et al., 2007).

En el período pasado reciente de 1980-2005, se ha observado que el número de días de eventos extremos de acidez es de 4,3 días anuales y una duración de 46 días, siendo estos últimos 18% y 21%, respectivamente, más que en el período preindustrial. Sin embargo, para fines del siglo, bajo un escenario pesimista de cambio climático (RCP8.5 de AR5), se proyecta un aumento a 32 días por año de días extremos de acidez oceánica y una duración de los eventos extremos a 99 días. Además, se proyecta que estos eventos extremos de acidez sean ligeramente intensos en la superficie que, a 200 m de profundidad, aunque se mostraron más intensos en tiempos preindustriales en profundidad. Por otro lado, el escenario RCP2.6 hacia finales del siglo muestra cambios promedio globales muy inferiores que para el escenario RCP8.5. A 200 m de profundidad, las diferencias entre el comportamiento del escenario RCP 2.6 y RCP 8.5 son poco pronunciadas y se hacen notables hasta mediados del siglo XXI. En la profundidad, se proyecta que la cantidad de días extremos de acidez por año, el volumen (km^3) de agua y la intensidad máxima de estos aumentará significativamente en el escenario RCP2.6 aunque las concentraciones atmosféricas de CO_2 se estabilicen a mediados del siglo (Burger et al., 2020).

Los cambios promedio globales de eventos extremos de acidez oceánica (Figura 4.1-20) muestran escenarios históricos de 1980 a 2020 (líneas negras) y escenario futuro RCP8.5 (rojo) y escenario RCP2.6 (azul). Se observan los días extremos anuales (a), la intensidad máxima de los eventos (b) y la duración de los eventos en la superficie del océano (e); y para 200 m (b), (d) y (f), respectivamente. Los promedios son mostrados por las líneas gruesas y los rangos máximos y mínimos por las áreas sombreadas.

Figura 4.1-20: Cambios simulados sobre promedios globales de eventos extremos de acidez oceánica para el periodo 1800-2100

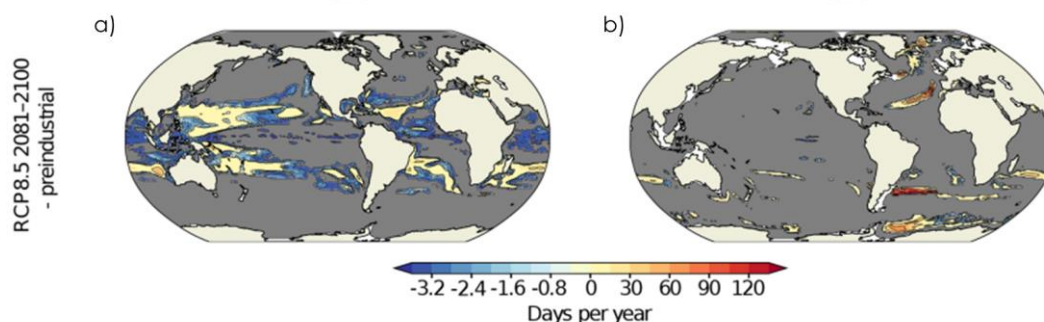


Fuente: (Burger et al., 2020).

La acidificación de los océanos tiene un efecto negativo en la diversidad oceánica. Por el contrario, los eventos extremos de acidez oceánica en el siglo XXI incrementarán, mientras que las proyecciones para los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 demuestran una disminución del carbonato de calcio en forma de aragonito, mineral que compone la mayoría de los moluscos, crustáceos y corales, afectando los ciclos biológicos de estos organismos y a toda la cadena trófica marina que de ellos depende. Los cambios

simulados en la superficie son más drásticos que a 200 m de profundidad, siendo más severo para el escenario RCP8.5 (Figura 4.1-21). Investigadores han encontrado que los crustáceos llamados Krill, quienes se alimentan de fitoplancton, han disminuido en 80% en los últimos 30 años (Prakash, 2021) y se han observado cambios fisiológicos en algunos fitopláctones ante los aumentos de la concentración de CO₂ en la atmósfera sobre los océanos (Wingenter et al., 2007).

Figura 4.1-21: Cambios regionales simulados en días extremos anuales de presencia de aragonito desde el período preindustrial hasta 2081-2100 bajo el escenario RCP8.5 en la superficie (a) y a 200 m (b)



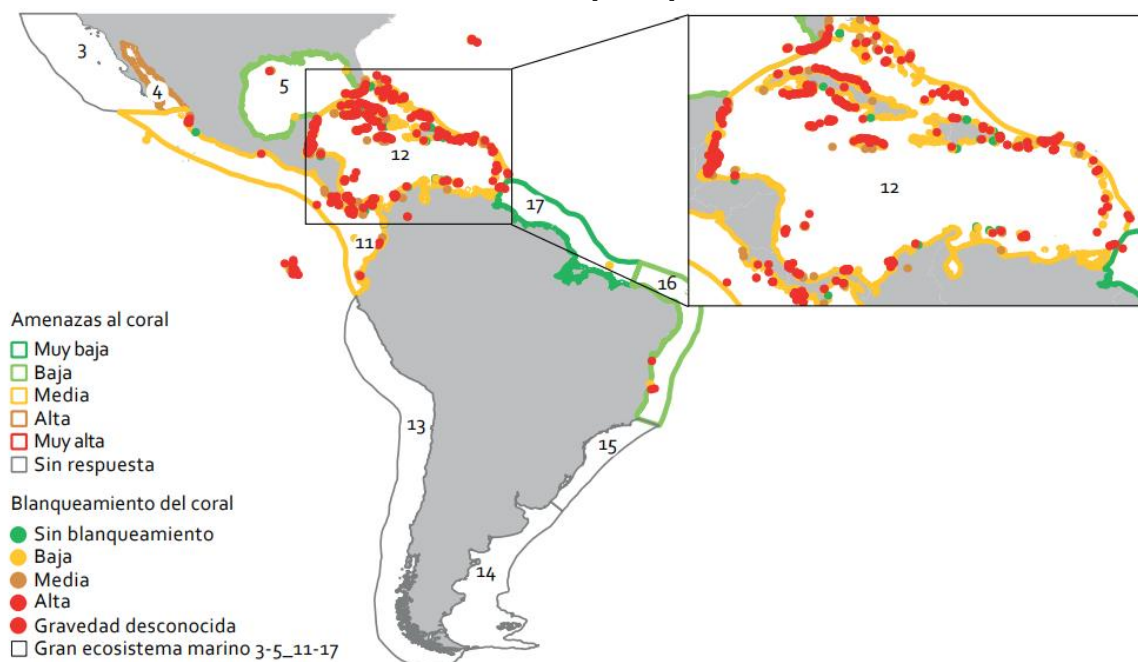
Fuente: (Burger et al., 2020).

Las costas de México y Centroamérica en el Pacífico y las costas de Ecuador en el Atlántico presentan en la superficie del mar los valores de pH más bajos del mundo. Así, los modelos climáticos actualmente muestran que los arrecifes de coral de América Latina y el Caribe ya muestran indicios observables de acidificación del océano, los cuales han avanzado rápidamente hacia el límite mínimo de aragonito¹⁸. Esta región contiene el segundo arrecife de coral más grande del mundo, Arrecife Coralino Mesoamericano, el cual se ha erosionado en un 37% por la acidificación. Según proyecciones de acidez oceánica, para la década de 2040, el crecimiento de algas tropicales coralinas se mermará, y actualmente, el crecimiento de la mayoría de los corales de la región tiene tasas muy bajas (Tambutti & Gómez, 2022).

En las costas de Centroamérica en el Pacífico, los arrecifes ya han alcanzado los límites ambientales para su desarrollo, por lo tanto, se prevé que se incrementen los efectos no sólo en el ecosistema marino, si no, en las poblaciones humanas que depende de los corales para su sobrevivencia, a través de alimento, medio económico de trabajo y protección contra eventos extremos como huracanes tropicales en la zona. En la Figura 4.1-22 se puede observar que los diversos ecosistemas marinos de la región presentan diferentes niveles de amenaza ante el blanqueamiento de corales. En esta figura se muestran las categorías de blanqueamiento coralino en la región ALC basado en el programa Coral Reef Watch (CRW) de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) para el período pasado entre 1963 y 2018 (Tambutti & Gómez, 2022).

¹⁸ Corresponde a una de las formas cristalinas del carbonato de calcio.

Figura 4.1-22: Blanqueamiento de los arrecifes coralinos según las categorías de la NOAA (1963 a 2018) y situación de las amenazas locales a los corales de ALC según el PNUMA (2016)



Fuente: (Tambutti & Gómez, 2022)

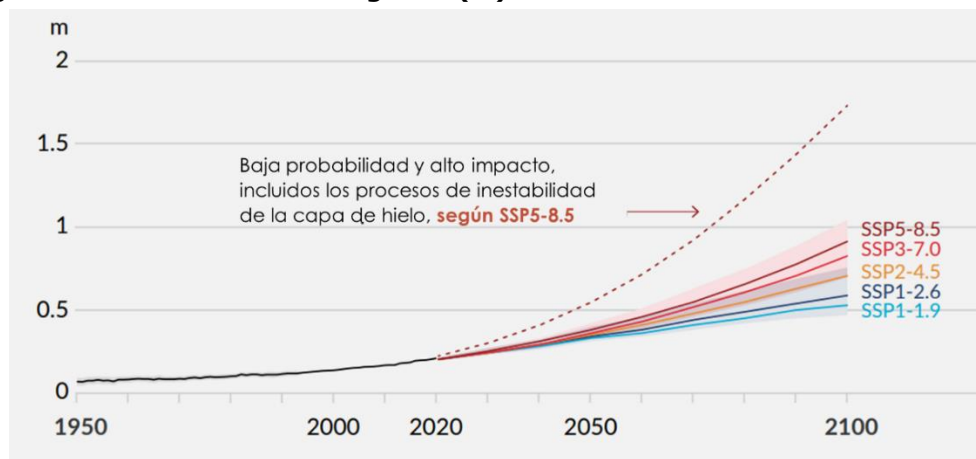
Las emisiones antropogénicas también han cambiado la dinámica del flujo de nutrientes, principalmente del nitrógeno, aumentando su transporte y deposición en los océanos, además, en la atmósfera sobre los océanos ha alterado las precipitaciones y la disposición de agua en las nubes. De esta manera, la acidez de la atmósfera cambia la composición de los ecosistemas marinos, su productividad y se prevé que estos impactos negativos aumenten si incrementan las emisiones en el futuro (Baker et al., 2021).

Por otro lado, el aumento del nivel del mar es un efecto del cambio climático de avance lento pero constante que es considerado una amenaza para los ecosistemas costeros y la subsistencia y forma de vida de millones de personas en todo el planeta (Martyr-Koller et al., 2021). Según proyecciones, se prevé que el nivel medio global del mar aumente de 0,43 a 0,84 m para finales del siglo con respecto al período histórico 1986-2005, con variaciones a escala local y regional (IPCC, 2007). El aumento del nivel del mar tiene algunos impactos subyacentes como la inmersión y pérdida de costa, inundaciones, salinización como resultado de la erosión hídrica, pérdida de servicios ecosistémicos costeros y marinos, y el incremento del efecto de las mareas astronómicas y marejadas ciclónicas (Oppenheimer et al., 2019).

Los cambios históricos del cambio medio global del nivel del mar en metros se observan con relación a las mediciones de mareógrafos y altímetros de 1900 (**Figura 4.1-23**) donde se muestran rangos probables para los escenarios de cambio climático SSP1-2.6 y SSP3-7.0; y el impacto potencial está indicada por la curva discontinua. Estos cambios históricos se calcularon sumando un factor de corrección de 0,158m, correspondiente al aumento del nivel medio global del mar (m) de 1900 hasta el período observado de 1995-2014. Las proyecciones del escenario SSP5-8.5 incluyen procesos de alto impacto y baja probabilidad para disminución de capa de hielo que no se pueden descartar, sin

embargo, esta curva tiene baja confiabilidad y no es parte del rango probable (IPCC, 2021).

Figura 4.1-23: Cambio medio global (m) del nivel del mar en relación con 1900

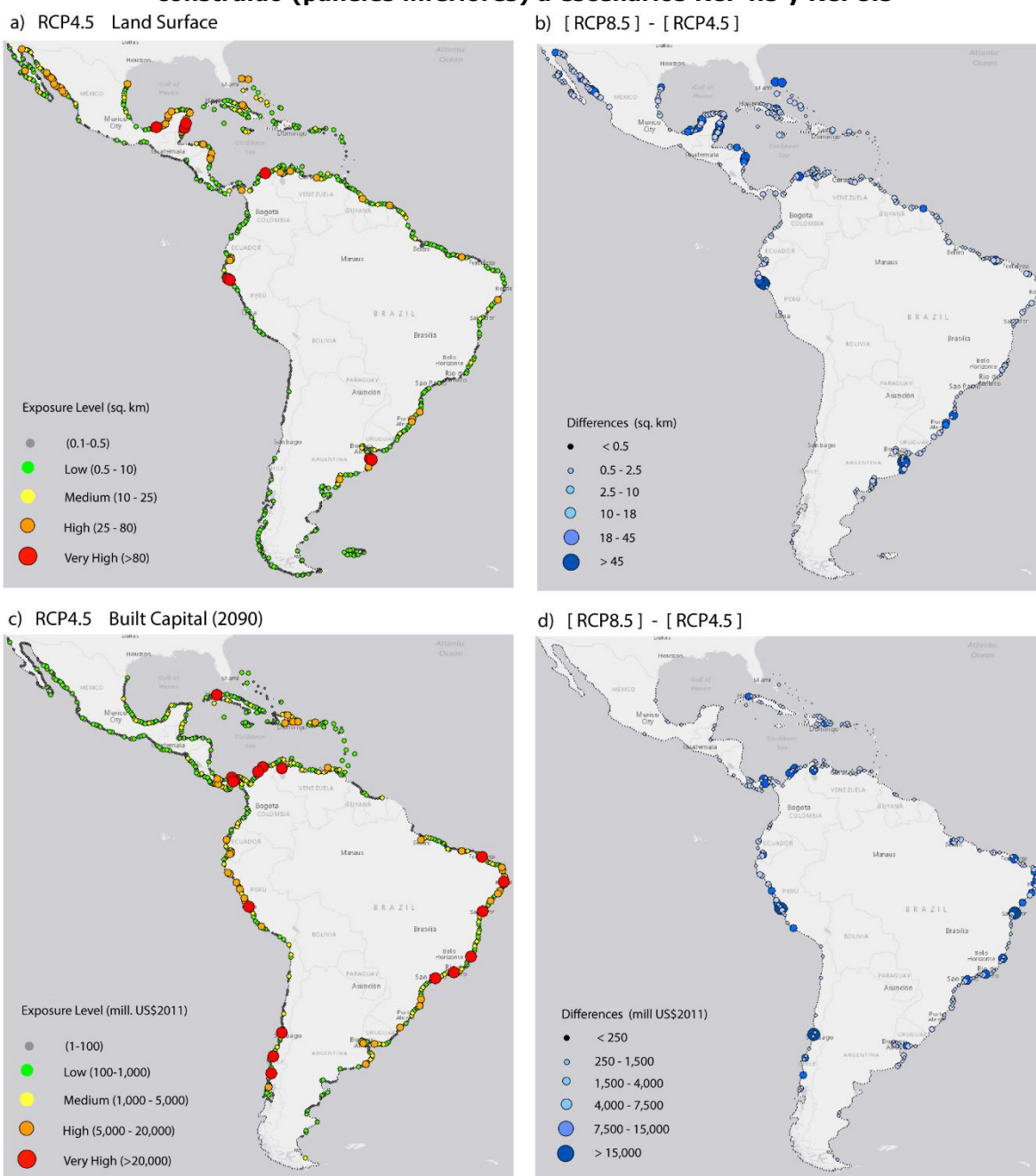


Fuente: Simulaciones del modelo CMIP6 de AR6.

El análisis de diversos investigadores demuestra que los componentes del nivel del mar afectan de manera diversa cada área de la región de América Latina (Losada et al., 2013). En América Latina y el Caribe, las poblaciones costeras se encuentran en aumento caracterizadas por altos niveles pobreza. Aproximadamente entre 29 y 32 millones de personas viven en los primeros 10 metros de elevación, sin embargo, con el incremento poblacional, más de 6 millones de personas vivirán en la planicie de inundación para finales del siglo. Los eventos de El Niño ya han incrementado la amenaza en varios países en el Pacífico de la región. En 1998, El Niño en las costas del Pacífico Tropical (sur de México hasta el norte de Perú) expuso a la región a un aumento del nivel del mar comparable a los efectos del escenario RCP4.5 a finales del siglo, sin embargo, los efectos fueron variables y van desde inundaciones, lluvias irregulares, incremento de la temperatura del océano e incremento de la temperatura del aire (Reguero et al., 2015). En el área del Río de la Plata entre Argentina y Uruguay un estrés clave son los cambios en los niveles de marejadas ciclónicas, mientras que en la región tropical se observa un aumento en los niveles totales extremos del mar (Losada et al., 2013). A la incertidumbre del aumento del nivel del mar se le suma el aumento de la población mundial en zonas costeras, lo cual asciende la exposición a más de 9 millones de personas para cualquier escenario RCP valorado (Reguero et al., 2015).

Las áreas más críticas en Latinoamérica con respecto a pérdida de tierras son: península de Yucatán, sur del Caribe, centro de Cuba, pequeñas islas en el norte del Caribe, pequeñas áreas en latitudes intermedias en la costa atlántica (por ejemplo, Paraíba en Brasil), Mar del Plata y Bahía Blanca (Argentina), noroeste de México, norte de Perú y Ecuador en el lado del Pacífico (Figura 4.1-24).

Figura 4.1-24: Exposición de la superficie terrestre (paneles superiores) y el capital construido (paneles inferiores) a escenarios RCP4.5 y RCP8.5



Fuente: (Reguero et al., 2015).

La disminución de la diversidad de fauna costera también es un efecto del cambio climático, a través del aumento del nivel del mar, la acidificación de los océanos y los cambios en la temperatura media de los océanos. Este último, puede afectar la fisiología y metabolismo de la fauna acuática impactando en su crecimiento, alimentación, distribución, abundancia y migración (Prakash, 2021). Los arrecifes de coral son alimento y refugio para diversas especies marinas y han tenido grandes cambios en los últimos 20 años dando apertura al blanqueamiento o muerte de corales produciendo

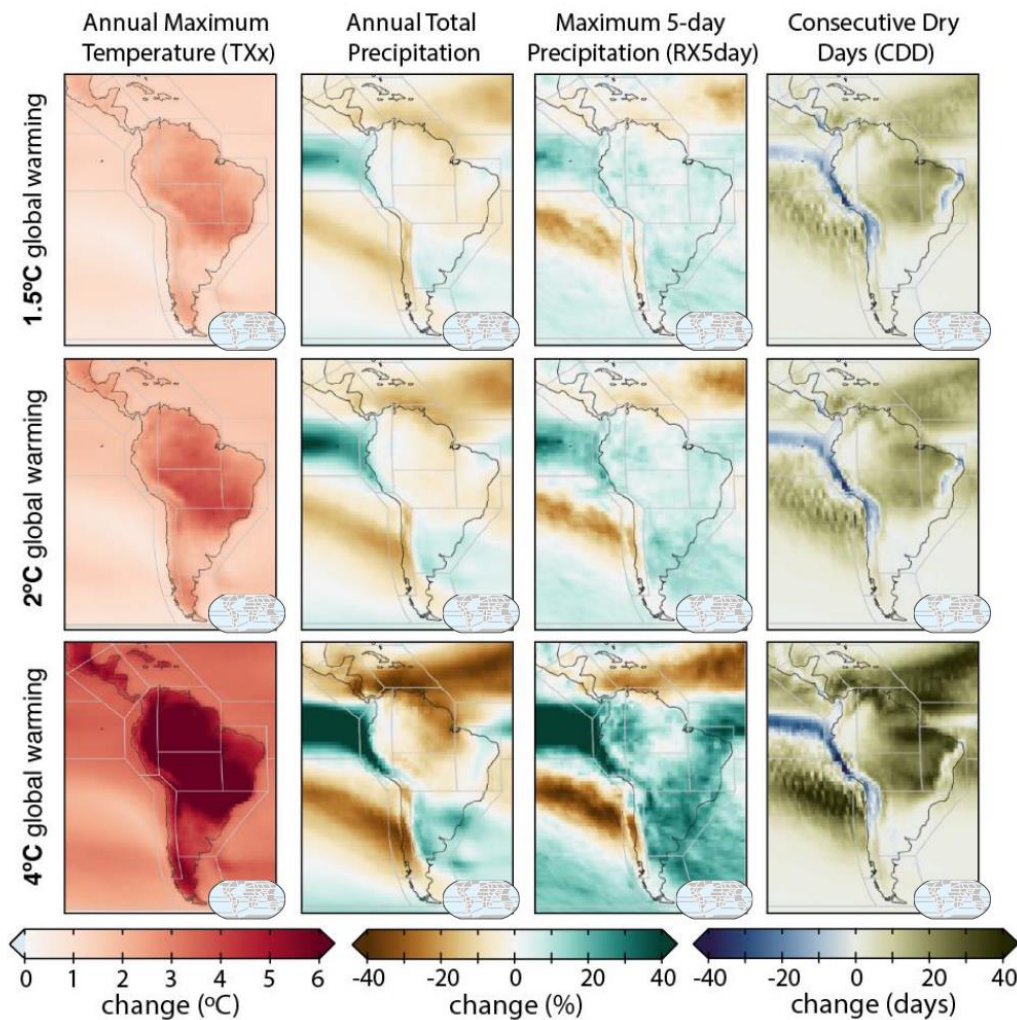
perdidas de colonias (Prakash, 2021). Así mismo, el efecto del cambio climático en los océanos impacta las poblaciones humanas costeras que dependen de los servicios ecosistémicos que este les brinda.

4.1.5. Síntesis de escenarios de cambio climático en ALC

En base a los resultados expuestos en el presente reporte y a las conclusiones del sexto informe del IPCC para América Latina y el Caribe (Revisar Anexo IV, V y VI para detalle específico sobre señales en distintos periodos escenarios para las regiones IPCC), se desprende:

- 1) En términos generales (Figura 4.1-25):
Existe certeza de un aumento real de las temperaturas en la región, y que estas seguirán incrementándose a tasas mayores que el promedio global.
Se proyectan cambios en la precipitación media. Se esperan incrementos en la región NWS (Noroeste de Sudamérica) y SES (Sureste de América del Sur) con alto nivel de confianza, y disminuciones en región NES (Noreste de Sudamérica) y SWS (Sudoeste de América del Sur), con algunas discrepancias entre modelos. Durante las últimas tres décadas, el nivel relativo del mar ha aumentado a un ritmo mayor que el nivel medio de este tanto en el Atlántico Sur como en el Atlántico norte subtropical, pero a una tasa más baja en el Pacífico Oeste.
Es altamente probable que el aumento relativo en el nivel del mar continúe en los océanos que rodean a América Central y Sur, intensificando inundaciones en zonas bajas y disminuyendo el área de playas.

Figura 4.1-25: cambios proyectados en temperatura media anual, precipitación total, precipitación de 5 días, y días secos consecutivos para distintos escenarios de incremento de temperaturas (aumentos de 1,5, 2 y 4°C), relativos al periodo 1850-1900. Resultados basados en 32 modelos de escenario SSP5-8.5 para ALC



Fuente: Arias et al., (2021)

2) Sobre Regiones IPCC:

- **Sur de América Central, SCA:** Certeza en términos medios del aumento en sequías ecológicas e incendios.
- **Noroeste de Sudamérica, NWS:** Se proyecta con alta confianza aumentos en inundaciones por desbordes de ríos, junto con las disminuciones de superficies de hielo y nieve. Además, se prevén pérdidas de volumen de glaciares y permafrost, que pueden llevar a pérdidas de caudal e inundaciones.
- **Norte de Sudamérica, NSA:** Es esperada incremento de la frecuencia e intensidad de precipitaciones e inundaciones derivadas, junto con un aumento en las condiciones de sequía y su duración. Ambas con un alto nivel de certeza.
- **Noreste de Sudamérica, NES:** Ídem que NSA.
- **Sudoeste de América del Sur, SWS:** Alta confianza en aumento en la frecuencia e intensidad de sequías y los riesgos de incendios, con efectos en agricultura, silvicultura, salud y ecosistemas. Se esperan pérdidas de volumen en glaciares y permafrost, que puede traer inundaciones.

- **Sureste de América del Sur, SES:** Incrementos en precipitación media y extrema (alta certeza), con las consecuentes inundaciones que pueda aparejar.
- **Sur de América del Sur, SSA:** Aumento de la intensidad y frecuencia de precipitaciones extremas (mediana confianza), y proyección de incrementos de eventos de sequía agrícola y ecológica.
- **Zona de Monzones de Sudamérica, SAM:** Incremento de eventos de sequía agrícola y ecológica hacia mitad de siglo. aumento en la frecuencia e intensidad de sequías y los riesgos de incendios, con efectos en agricultura, silvicultura, salud y ecosistemas (alta confianza). Mediana confianza en el aumento de precipitaciones extremas e inundaciones producto de ellas. Se espera que aumente el número de días en que la temperatura excede los 35°C en el Amazonas, independiente del escenario.

4.2. Efectos del cambio climático sobre ALC

En esta sección se describen los principales efectos del cambio climático sobre la región, obtenidos de distintas fuentes. Cabe mencionar que estos efectos no están contruidos sobre los escenarios climáticos para ALC desarrollados en la sección anterior.

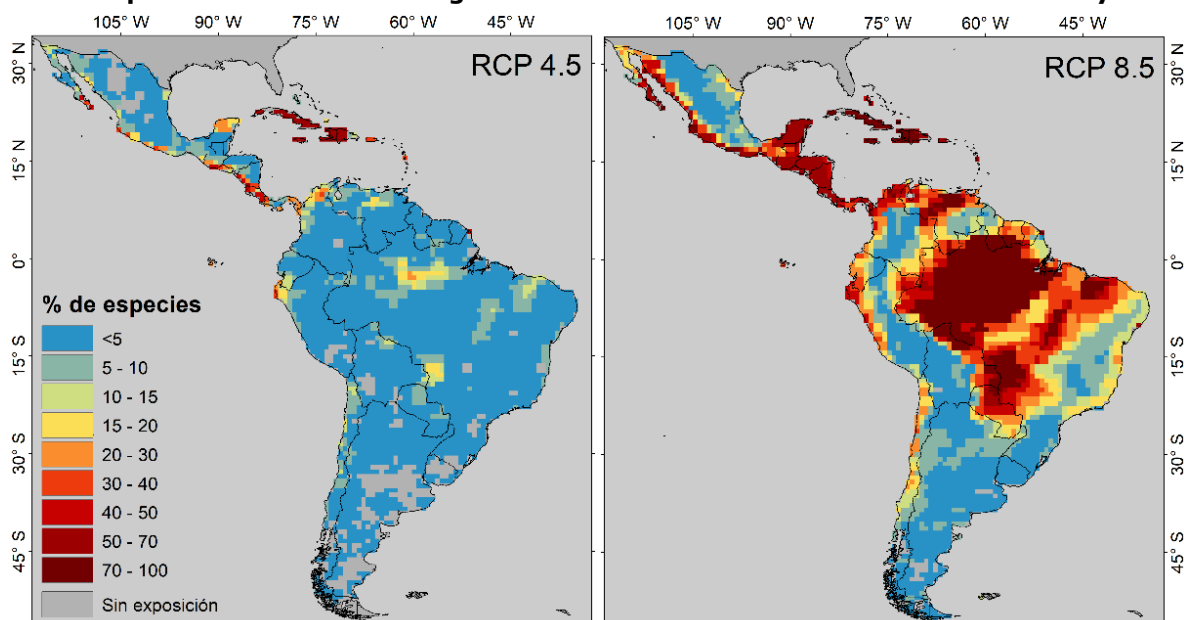
4.2.1. Efectos sobre la biodiversidad

El cambio climático afectará seriamente a las especies de la región, asociado al incremento en la temperatura y cambios en la precipitación. En relación con la temperatura, se espera alcanzar incrementos sin precedentes hacia final de siglo lo cual podría poner en serio riesgo a una gran cantidad de especies. Los resultados del estudio de Trisos et al. (2020) indican que el caribe será fuertemente afectado, en donde más de un 70% de las especies estaría expuesta a condiciones de temperatura sin precedentes bajo el escenario RCP 4.5. Por otro lado, cuando se analiza el escenario más pesimista (RCP 8.5) es posible apreciar un incremento significativo de la exposición de las especies a temperaturas sin precedentes. América central y la costa pacífica de México presentan una gran proporción de especies expuestas al año 2100, mientras que la mayor parte de la Amazonía también experimentará una gran exposición. Se espera una alta exposición de las especies en Venezuela, la zona costera de Ecuador, Perú y Chile (Figura 4.2-1).

Se aprecian grandes diferencias entre los escenarios RCP 4.5 y 8.5, las cuales son más evidentes en América del Sur y central, mientras que el Caribe tiende a ser el más afectado en ambos escenarios. Se aprecia que bajo el escenario RCP 4.5 solo 3 países poseen más del 50% de sus especies expuestas al cambio climático, mientras que esa cantidad aumenta a 12 países bajo el escenario RCP 8.5. Los países más afectados de la región son Haití, Jamaica, Cuba y Republica Dominicana, todos con más del 70% de sus especies expuestas a condiciones sin precedentes para el año 2100. En América central todos los países poseen más de un 45% de sus especies expuestas, mientras que América del sur existe mayor variabilidad. En este sentido, los países más afectados en América del sur son Brasil, Surinam y Guyana, con 46.9, 45.9 y 30.3% de sus especies expuestas a temperaturas sin precedentes al año 2100.

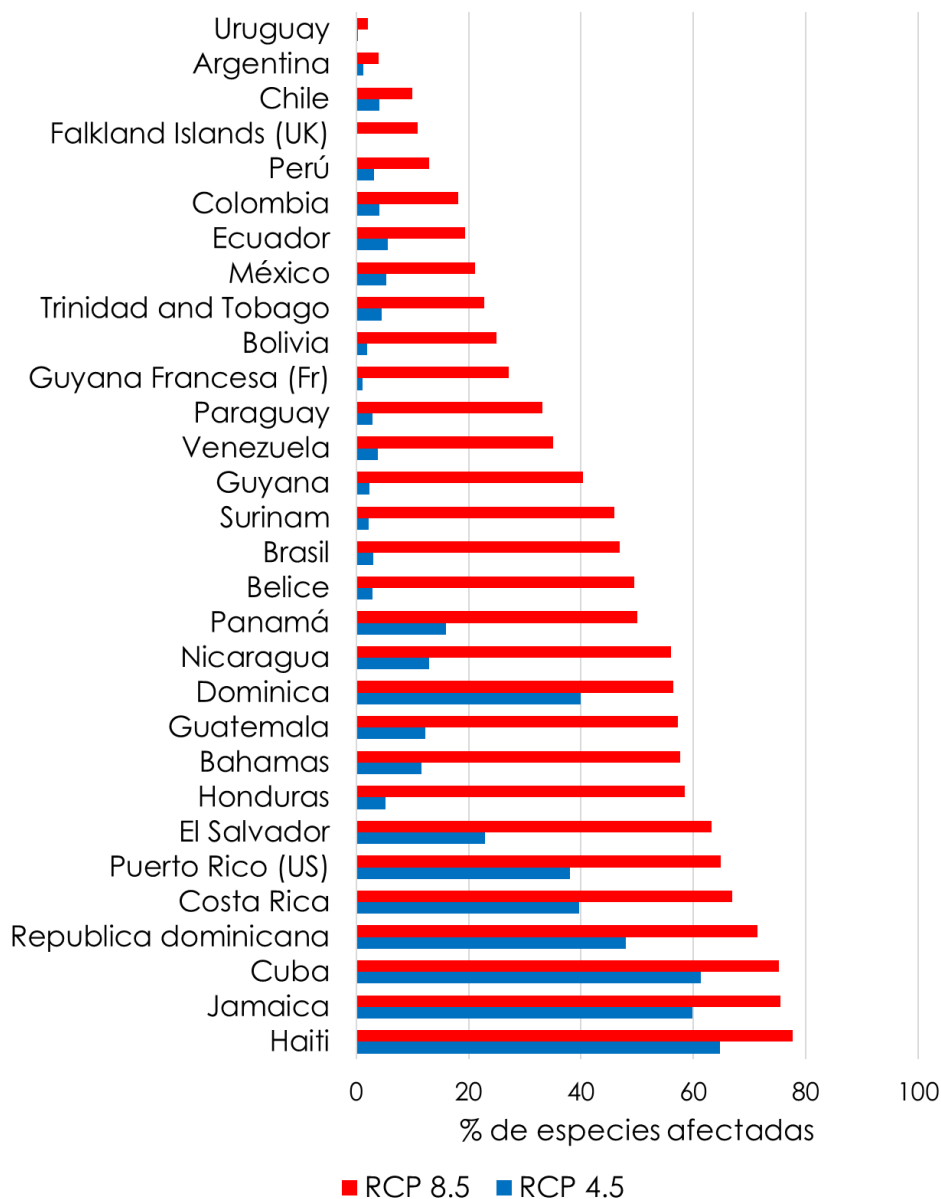
Estos resultados permiten dimensionar la magnitud de los efectos del cambio climático sobre la zona, lo cual debe ser un eje fundamental en las estrategias nacionales y regionales de mitigación y adaptación.

Figura 4.2-1 Mapa de porcentaje de especies expuestas a condiciones sin precedentes de temperatura al año 2100 según los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y 8.5



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Trisos et al., (2020).

Figura 4.2-2 Porcentaje de especies expuesta a condiciones sin precedentes de temperatura al año 2100 según los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y 8.5



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Trisos et al., (2020).

Para el caso de los ecosistemas, el estudio de Ferrer-Paris et al. (2019) plantea que de 26 macrogrupos de ecosistemas (en base a la clasificación de NatureServe) analizados bajo la metodología de lista roja de ecosistemas, 8 se encuentran en algún estado de amenaza producto del cambio climático. El estudio evaluó el cambio en la idoneidad climática de los ecosistemas al año 2050 en América utilizando métodos de clasificación basados en aprendizaje de máquinas. A partir de ellos se determina que 6 macrogrupos de ecosistemas están en categoría vulnerable incluyendo I) el bosque húmedo de Guayana oriental, II) el bosque húmedo de las tierras bajas del Amazonas occidental, III) el bosque húmedo de las tierras bajas del suroeste de la Amazonía, IV) el bosque húmedo montano bajo de los Andes del norte, V) el bosque Húmedo Montano Atlántico

brasileño y VI) el bosque de la llanura aluvial del norte del Amazonas. Por otro lado, se identificó que el bosque húmedo Sub andino del sudoeste Amazónico y bosque húmedo montano de Guayana Central están en categoría de vulnerable debido al cambio climático (**Tabla 4.2-1**)

Tabla 4.2-1: Macrogrupos de ecosistemas y su categoría de conservación

Formación	División	Macrogrupo	Estado
Bosque seco tropical y arbolado	Bosque Seco Colombo-venezolano	Bosque Seco Estacional Guajiro	NT
		Bosque Seco Estacional Atlántico Brasileño	NT
	Bosque Seco Brasileño-Paraná	Bosque Seco Estacional del Cerrado	LC
		Caatinga Bosque Seco Estacional	LC
Bosque húmedo tropical de tierras bajas	Bosque Húmedo de Tierras Bajas Colombo-venezolano	Bosque Húmedo Chocó-Darién	NT
	Bosque húmedo de las tierras bajas de Guayana	Bosque Húmedo de Guayana Oriental	VU
	Bosque Húmedo de Tierras Bajas Amazónicas	Bosque Húmedo de las Tierras Bajas del Amazonas Occidental	VU
		Bosque húmedo de las tierras bajas del suroeste de la Amazonía	VU
		Bosque Húmedo Subandino del Sudoeste Amazónico	EN
		Bosque Húmedo Amazónico Norte	NT
		Bosque Húmedo Amazónico Central	NT
	Bosque Húmedo de Tierras Bajas Brasileñas-Paranaenses	Bosque Húmedo Atlántico Brasileño	LC
		Bosque Húmedo del Cerrado	NT
Bosque Húmedo Montano Tropical	Bosque Húmedo Montano Guayanés	Bosque húmedo montano de Guayana Central	EN
	Bosque Húmedo Montano Andino Tropical	Bosque Húmedo Montano Norte Andino y Alto Montano	NT
		Bosque Húmedo Montano Bajo de los Andes del Norte	VU
	Bosque Húmedo Montano Brasileño-Paraná	Bosque Húmedo Montano Atlántico Brasileño	VU
Bosque tropical inundado y pantanoso	Pantano Guayanés y Bosque Inundado	Bosque pantanoso del delta del Orinoco	NT
		Bosque pantanoso del Amazonas occidental	NT
	El Pantano Amazónico y Bosque Inundado	Bosque de la llanura aluvial del suroeste del Amazonas	NT
		Bosque de la llanura aluvial del norte del Amazonas	VU
		Bosque de la llanura aluvial del Amazonas central	NT
	Pantano Brasileño-Paraná y Bosque Inundado	Pantano de la llanura costera del Atlántico brasileño	LC
	Ciénaga del Chaco y Bosque Inundado	Bosque y arbolado de la planicie aluvial del norte del Chaco	LC
		Matorrales y bosques ribereños del norte del Chaco	LC

Formación	División	Macrogrupo	Estado
Mangle	Manglares del Atlántico, el Caribe y el Pacífico Oriental	Manglar del Atlántico occidental y el Caribe	LC

Fuente: Ferrer-Paris et al., (2019)

4.2.2. Efectos sobre actividades económicas

El cambio climático representa múltiples desafíos para la región de ALC, la cual es altamente diversa tanto en aspectos climáticos como socioeconómicos (ver sección 2.3), lo que genera que cada uno de los países tengan diferentes necesidades ante los efectos del cambio climático (FMI, 2021). Varios países de la región han experimentado un crecimiento económico sostenido en las últimas décadas, logrando importantes avances en términos de reducción de la pobreza en la zona. Sin embargo, es una región de gran desigualdad social, incluyendo la más alta desigualdad en la tenencia de la tierra. Además, en algunos países un gran porcentaje de la población aún se encuentra bajo la línea de pobreza, la cual está desigualmente distribuida entre áreas rurales y urbanas y en aspectos como género y raza; estos grupos son altamente vulnerables al cambio climático y a los eventos naturales extremos que afectan con frecuencia a la región (IPCC, 2021b).

Dentro del Capítulo 12 del sexto Informe de Evaluación del Cambio Climático del Grupo de Trabajo II del IPCC (2021b), se definen impactos y riesgos claves dentro de la región. Los riesgos claves pueden referirse a condiciones presentes o futuras, con un enfoque en el siglo XXI. Tanto la mitigación como la adaptación al cambio climático pueden moderar el alcance o la gravedad de los riesgos. La identificación y evaluación de los riesgos implica valores socioculturales, que pueden variar entre individuos, comunidades y culturas. Los criterios para identificar los riesgos claves consideran: i) la magnitud de las consecuencias, (e.g. el número de personas potencialmente afectadas); ii) la gravedad de los efectos negativos del riesgo (e.g., vidas amenazadas, efecto negativo importante en los medios de subsistencia, el bienestar o la economía); iii) la importancia del sistema afectado (e.g., servicios ecosistémicos vitales); iv) la irreversibilidad del proceso que conduce al riesgo o de las consecuencias; y v) el potencial para reducir el riesgo. Los riesgos claves identificados incluyen:

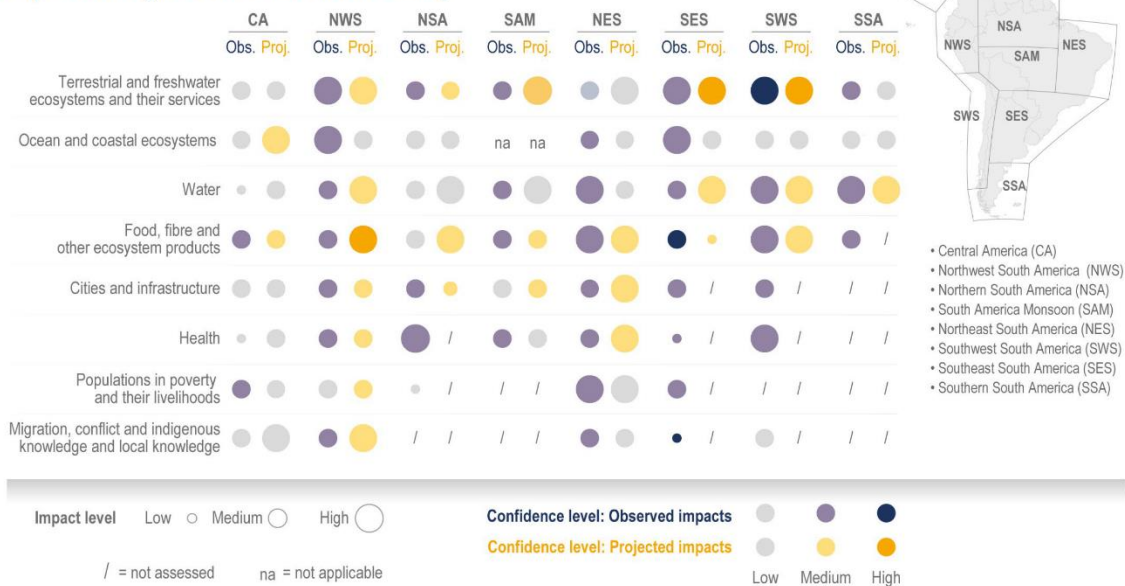
1. Riesgo de inseguridad alimentaria debido a la alta frecuencia de sequías y/o sequías extremas.
2. Riesgo para la vida e infraestructuras debido a inundaciones y deslizamientos de tierra.
3. Riesgo de inseguridad hídrica.
4. Riesgo de efectos graves para la salud debido al aumento de epidemias (en especial enfermedades transmitidas por vectores).
5. Riesgos sistémicos de sobrepasar los sistemas de infraestructura y servicios públicos.
6. Riesgo de cambios a gran escala y cambios de bioma en la Amazonía.
7. Riesgo para los ecosistemas de arrecifes de coral debido al blanqueamiento de los corales.
8. Riesgos para los sistemas socioecológicos costeros debido al aumento del nivel del mar, marejadas ciclónicas y erosión costera.

La Figura 4.2-3 muestra el resumen de los diferentes niveles de impactos observados y futuros por subregión para diferentes sectores, con base en una evaluación detallada de los impactos del cambio climático en varios sistemas y componentes para cada sector respectivo.

Figura 4.2-3 Síntesis de impactos observados y proyectados, según sectores y subregiones de América del Sur y Central

Synthesis of observed and projected impacts to main sectors in Central and South America

Projections averaged across scenarios and 21st century



Fuente: IPCC (2021b).

En la Figura 4.2-3, los impactos observados se refieren a un período de tiempo de las últimas décadas. Los impactos proyectados representan una síntesis a través de varios escenarios de emisiones y calentamiento, indicativos de un período de tiempo de mediados a finales del siglo XXI. Para cada sector (por ejemplo, salud) se distingue si el impacto del cambio climático es bajo, medio o alto (IPCC, 2021b).

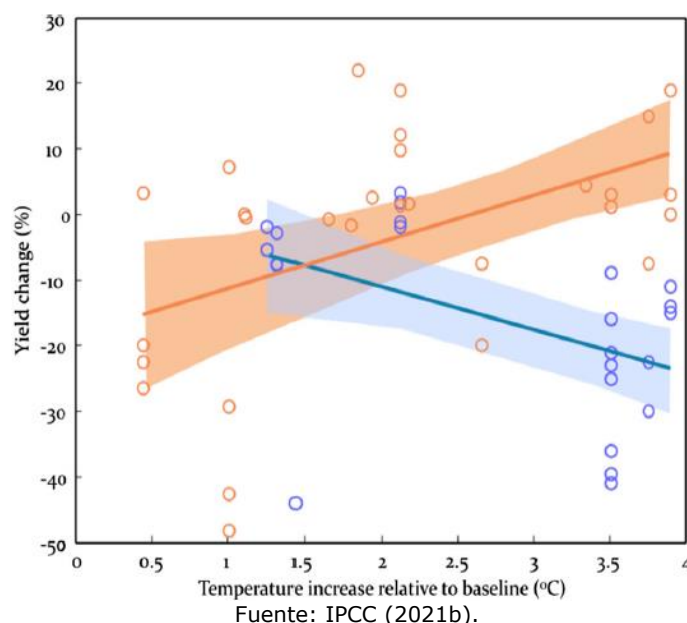
Del IPCC (2021b) se concluye que, en la mayoría de las subregiones, los cultivos, la ganadería, la pesca y los sistemas alimentarios en general muestran impactos medios a altos del cambio climático durante el período observado y de manera similar para el futuro del siglo XXI. Para algunas subregiones, la literatura disponible no permite la evaluación de los impactos en varios sistemas humanos, incluidas las ciudades y la infraestructura, la salud, la pobreza, los medios de subsistencia, la migración, los conflictos, el conocimiento indígena y el conocimiento local, especialmente para períodos de tiempo futuros. Esto apunta a importantes lagunas de conocimiento sobre los impactos del cambio climático en los sistemas humanos. La indicación de altos impactos para varios sistemas humanos y subregiones apunta a la necesidad de cerrar estas brechas de conocimiento. Por otro lado, los riesgos sistémicos donde la infraestructura crítica y las capacidades del sistema de servicio público se superan debido a tormentas, inundaciones y epidemias, con impactos en cascada a través de sistemas, poblaciones y sectores económicos vulnerables, tienen el potencial de afectar a una gran parte de la población y, por lo tanto, son de gran preocupación (IPCC, 2021b).

En general, la mayoría de los riesgos clave, su gravedad y alcance están fuertemente impulsados y determinados por la exposición, la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación del sistema. En particular, la alta vulnerabilidad de las grandes poblaciones, la infraestructura y los sistemas de servicios, como la producción y el suministro de salud, alimentos y energía, son factores importantes, junto con las grandes desigualdades y la mala gobernanza, para crear y aumentar los riesgos claves. Los

predominantes bajos niveles de información y comprensión disponibles exacerban las incertidumbres que rodean los riesgos claves y plantean limitaciones a la adaptación (IPCC, 2021b).

El estudio realizado por Reyer et al. (2015) señala respecto a los rendimientos agrícolas en ALC que, los impactos del cambio climático en el rendimiento de los cultivos varían según el tipo de cultivo y la ubicación, pero la mayoría de las proyecciones muestran impactos negativos del cambio climático. Se prevén disminuciones de rendimiento para el trigo, la soja y el maíz en varios países. El cultivo de café podría tener que migrar a zonas con mayores altitudes u otras regiones de cultivo para mantener los rendimientos actuales. Las proyecciones de rendimiento para el arroz y la caña de azúcar aumentan en su mayoría. En varios estudios se señala que incluir la fertilización con CO₂ aumenta los rendimientos o solo conduce a pequeños cambios negativos en el rendimiento de las plantas C₃, pero no de las plantas C₄. Por otro lado, un metaanálisis de los impactos del cambio climático en el rendimiento de los cultivos para ALC no revela una influencia significativa del aumento de la temperatura en el rendimiento de los cultivos en todos los estudios disponibles, pero sí una relación positiva significativa entre el cambio en el rendimiento de los cultivos y la temperatura cuando se considera la fertilización con CO₂. Sin embargo, los efectos favorables de la fertilización con CO₂ son inciertos (ver Figura) (Reyer et al., 2015).

Figura 4.2-4 Metaanálisis de las reducciones en el rendimiento de los cultivos¹⁹



El sector ganadero es de alta importancia económica en ALC, especialmente en países como Brasil y Argentina, pese a lo cual existen escasos estudios de impacto del climático. El cambio climático puede afectar la cantidad y la calidad del alimento para el ganado, mientras que el estrés por calor afecta directamente la productividad del ganado. Se sabe que el estrés por calor reduce la ingesta de alimentos y la producción de leche del

¹⁹ Línea de mejor ajuste para los estudios de ALC que no consideran los efectos de las medidas de adaptación o los de la fertilización con CO₂ (línea azul) y para los estudios que consideran los efectos de la fertilización con CO₂ (pero sin adaptación, naranja) y sus intervalos de confianza del 95% de las regresiones consistentes con los datos basados en 500 muestras de arranque (parches).

ganado y también afecta las tasas de reproducción, crecimiento y mortalidad. En un mundo 1–2 °C más cálido, se prevé que la elección de especies de ganado disminuya en su mayoría o aumente marginalmente en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Uruguay y Venezuela, para ganado bovino, ganado lechero, aves y cerdos. Se prevé que la adopción de ovejas aumente hasta en un 20%, dado que estas se adaptan de mejor manera a condiciones más cálidas y secas (Reyer et al., 2015).

Debido a los cambios en temperatura, salinidad, concentración de oxígeno y niveles de pH en los océanos, los pescadores a pequeña escala, las personas que dependen de la pesca a gran escala y las industrias de ALC pueden verse particularmente afectados por el cambio climático si no pueden diversificar sus medios de vida. En particular, Perú y Colombia se encuentran entre los países cuyas pesqueras son más vulnerables ante los efectos del cambio climático. Para ALC se espera que el potencial de captura aumente hasta un 100% más allá de la costa de la parte sur de América Latina y disminuya entre un 15% y un 50% a lo largo de las costas del Caribe, entre un 5% y un 50% en aguas del Caribe y partes de la costa atlántica de América Central, en más del 50% frente al estuario del Amazonas y el Río de la Plata y hasta en un 30% a lo largo de las costas de Perú y Chile (con incrementos hacia el sur). Sin embargo, estas proyecciones son inciertas porque no se tienen en cuenta las disminuciones esperadas en el pH del océano (acidificación del océano), las presiones humanas directas y los procesos locales, que escapan a la resolución aproximada de los modelos globales. La disminución del pH del océano y la reducción de la disponibilidad de oxígeno generan que los potenciales de captura sean entre un 20% y un 30% más bajos en relación con las simulaciones que no consideran estos factores en el Atlántico nororiental. Para el Sistema de la Corriente de Humboldt, se proyecta una disminución del 35% en la densidad de fitoplancton y zooplancton, y cambios de similar magnitud en la biomasa total de peces bajo un escenario global de calentamiento de 2°C para 2050 (Reyer et al., 2015).

Se espera que para 2050 las inundaciones costeras podrían generar aproximadamente USD940 millones en pérdidas anuales en promedio en las 22 ciudades costeras más grandes de ALC con un aumento del nivel del mar de 20 cm, mientras que con un aumento de 40 cm estas pérdidas podrían alcanzar alrededor de USD 1.200 millones. Se proyecta que el daño a la infraestructura costera asociado a ciclones tropicales que tocan tierra también cambie. En escenarios de un aumento de 4°C a nivel global y con un aumento del nivel del mar de 0,89 a 1,4 m, solo en el Caribe los ciclones tropicales podrían generar pérdidas adicionales de USD 1.000 millones en daños por tormentas, daños en la infraestructura y en el turismo para el 2050, y USD 46 millones para el 2100, en comparación con escenarios de aumento de la temperatura de 2°C. Además, el aumento potencial en la intensidad de los ciclones tropicales puede aumentar el tiempo de inactividad de los puertos, lo que implica un aumento en los costos de envíos. También tendrán consecuencias indirectas en las economías locales, ya que la interrupción de importaciones genera un aumento en los precios de los bienes importados, mientras que si se interrumpen las exportaciones disminuyen los ingresos monetarios. Por último, el turismo desarrollado en las playas está expuesto a varios factores del cambio climático, incluido el aumento del nivel del mar, cambio en los patrones de las tormentas tropicales y el aumento de las marejadas ciclónicas (Reyer et al., 2015).

Si bien los países de ALC presentan una matriz energética diversa (ver Figura 2.3-15), con los cambios proyectados en la disponibilidad de agua, los sistemas de enfriamiento de las plantas termoeléctricas pueden volverse menos eficientes, además de los efectos negativos en las plantas hidroeléctricas. De hecho, en Perú se estima que una reducción del 50% en la escorrentía de los glaciares daría como resultado una disminución aproximada de un 10% en la producción de energía anual, de 1.540 a 1.250 GWh. Un

aumento en la frecuencia de flujos bajos en escenarios de aumento de temperatura de 2°C y 3°C implica una disminución proporcional en la capacidad hidroeléctrica de los dos principales grandes embalses de generación hidroeléctrica en El Salvador, reduciendo el retorno económico de las instalaciones existentes y amenazando el retorno de las inversiones en futuras infraestructuras hidroeléctricas. En Brasil se proyecta que los flujos fluviales anuales promedio disminuirán en un 10,8% con un incremento de la temperatura global de 2,9 °C, y en un 8,6% con un incremento de 3,5 °C, para 2071–2100 (Reyer et al., 2015).

Por último, para relacionar los efectos del cambio climático sobre la agricultura y la pobreza, el estudio de CEPAL (2017) presenta un escenario que considera el efecto de fertilización del carbono, obteniendo que el impacto promedio sobre la agricultura en la región al 2025 sería de 3,4%. Esto implica que un 4,3% de personas menos saldrían de la indigencia en relación con el escenario inercial, lo que generaría que 2,8 millones de personas se mantendrían en la indigencia como consecuencia del cambio climático (ver Tabla 4.2-2).

Tabla 4.2-2. Pobreza en 2025 ante cambio climático (con fertilización del carbono): escenarios simulados

	BAU	Con cambio climático				Diferencias	
País	Impacto sobre la agricultura 2025 (Con fertilización del carbono)	Población por debajo de la línea de indigencia (en millones)	Población por debajo de la línea de pobreza (en millones)	Población por debajo de la línea de indigencia (en millones)	Población por debajo de la línea de pobreza (en millones)	Población por debajo de la línea de indigencia (en porcentajes)	Población por debajo de la línea de pobreza (en porcentajes)
Bolivia	-7,0	2,4	4,8	2,6	4,8	8,3	0,0
Brasil	-0,9	10,6	39,4	10,7	39,4	1,1	0,0
Chile	-2,7	0,3	1,4	0,3	1,4	3,2	0,0
Colombia	-2,4	4,1	15,2	4,2	15,2	2,8	0,0
Costa Rica	-2,5	0,3	0,8	0,3	0,8	3,0	0,0
República Dominicana	-6,1	1,3	3,4	1,4	3,4	7,3	0,0
Ecuador	-3,7	1,9	5,3	2,0	5,3	4,4	0,0
Guatemala	-2,5	5,3	10,3	5,5	10,3	3,0	0,0
Honduras	-2,5	3,5	6,0	3,7	6,0	3,0	0,0
México	-5,2	14,6	42,2	15,5	42,2	6,2	0,0
Nicaragua	-2,5	2,1	4,2	2,2	4,2	3,0	0,0
Panamá	-2,5	0,3	0,8	0,3	0,8	3,0	0,0
Perú	-4,1	1,6	8,1	1,7	8,1	4,9	0,0
Paraguay	-7,0	2,0	3,7	2,2	3,7	8,3	0,0
El Salvador	-2,5	0,9	2,8	0,9	2,8	3,0	0,0
Uruguay	0,4	0,03	0,18	0,0	0,18	-0,5	0,0
Venezuela	-4,5	4,2	10,5	4,4	10,5	5,3	0,0
América Latina y El Caribe	5,9	55,5	159,1	57,9	159,1	4,3	0,0

Fuente: CEPAL (2017).

En este sentido, en el futuro, las actividades agrícolas tendrán un papel relevante para alcanzar un desarrollo más equilibrado con menor pobreza, que garantice la seguridad alimentaria y, de manera creciente, la seguridad energética, incorporando un mayor valor agregado a sus actividades y atendiendo a los patrones esperados de consumo mundial de alimentos. Por ello resulta fundamental identificar estrategias de adaptación en el sector agrícola que permitan amortiguar los impactos del cambio climático y, al mismo tiempo, reducir sus efectos sobre la evolución de la pobreza (CEPAL, 2017).

5. Análisis de compromisos climáticos de ALC

5.1. Compromisos climáticos de ALC, contenidos en sus NDC

Según datos de UNFCCC (2022), 33 países de ALC han presentado sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDCs) y la gran mayoría de ellos también ha presentado actualizaciones. Estas NDCs se encuentran actualmente activas. La más antigua corresponde al año 2016 (Guyana), mientras que la más actual al año 2022 (Dominica). La Tabla muestra estos datos para todos los países de ALC que han presentado sus documentos a UNFCCC.

Tabla 5.1-1. Registro de NDC de los países de ALC.

País	Título	Versión	Estado	Fecha de presentación
Antigua y Barbuda	Antigua and Barbuda First NDC (Updated submission)	2	Activa	02-09-2021
Argentina	Argentina Second NDC (Updated submission)	3	Activa	02-11-2021
Bahamas	Bahamas First NDC	1	Activa	31-10-2016
Barbados	Barbados First NDC (Updated submission)	2	Activa	30-07-2021
Belice	Belize First NDC (Updated submission)	2	Activa	01-09-2021
Bolivia	Contribución Nacionalmente Determinada del Estado Plurinacional de Bolivia 2021-2030	2	Activa	15-04-2022
Brasil	Brazil First NDC - Second update	3	Activa	07-04-2022
Chile	Chile First NDC (Updated submission)	2	Activa	09-04-2020
Colombia	Colombia First NDC (Updated submission)	2	Activa	30-12-2020
Costa Rica	Costa Rica First NDC (Updated submission)	3	Activa	29-12-2020
Cuba	Cuba First NDC (Updated submission)	2	Activa	17-09-2020
Dominica	The Commonwealth of Dominica Updated National Determined Contribution	2	Activa	04-07-2022
República Dominicana	Dominican Republic First NDC (Updated submission)	2	Activa	29-12-2020
Ecuador	Ecuador First NDC	1	Activa	29-03-2019
El Salvador	El Salvador First NDC (Updated submission)	3	Activa	04-01-2022
Granada	Grenada Second NDC	2	Activa	01-12-2020

País	Título	Versión	Estado	Fecha de presentación
Guatemala	Contribución Nacionalmente Determinada de Guatemala (Updated submission)	3	Activa	23-05-2022
Guyana	Guyana First NDC	1	Activa	20-05-2016
Haití	NDC revised(Updated submission)	2	Activa	01-06-2022
Honduras	Honduras First NDC (Updated submission)	2	Activa	19-05-2021
Jamaica	Jamaica First NDC (Updated submission)	2	Activa	01-07-2020
México	Mexico First NDC (Updated submission)	2	Activa	30-12-2020
Nicaragua	Nicaragua First NDC (Updated submission)	2	Activa	24-12-2020
Panamá	Panama First NDC (Updated submission)	2	Activa	28-12-2020
Paraguay	Paraguay First NDC (Updated submission)	2	Activa	16-07-2021
Perú	Peru First NDC (Updated submission)	2	Activa	18-12-2020
Saint Kitts y Nevis	Saint Kitts and Nevis First NDC (Updated submission)	2	Activa	25-10-2021
Saint Lucia	Saint Lucia First NDC (Updated submission)	2	Activa	27-01-2021
San Vicente y las Granadinas	Saint Vincent and the Grenadines First NDC	1	Activa	29-06-2016
Surinam	Suriname Second NDC	2	Activa	09-12-2019
Trinidad y Tobago	Trinidad and Tobago First NDC	1	Activa	22-02-2018
Uruguay	Uruguay First NDC	1	Activa	10-11-2017
Venezuela, República Bolivariana de	Venezuela (Bolivarian Republic of) First NDC (Updated submission)	2	Activa	09-11-2021

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de UNFCCC (2022).

A continuación, se analizarán las 5 NDCs de los países que más contribuyen con GEI en ALC: Brasil, México, Argentina, Colombia, y Chile. De este análisis se excluye a Venezuela, el cuarto mayor emisor de ALC debido a la falta de información disponible.

Brasil ha presentado una CDN actualizada que debilita sus ya insuficientes objetivos de acción climática para 2025 y 2030. Los objetivos de Brasil de reducir las emisiones en un 37% y un 43% con respecto a los niveles de 2005 para 2025 y 2030, respectivamente, no cambian entre las NDCs presentadas, sin embargo, el cambio del año base del cual se calcula la reducción permite que Brasil pueda seguir aumentando sus emisiones sin incumplir los objetivos comprometidos. Esto conduce a un aumento de las emisiones, en lugar de a una disminución, objetivos incompatibles con el límite de temperatura de 1,5 °C del Acuerdo de París (Climate Action Tracker, 2022b).

Las tasas de deforestación han aumentado rápidamente en Brasil en los últimos años (Climate Action Tracker, 2022b). El aumento de la deforestación ilegal está relacionado con un desmantelamiento sistemático de los marcos institucionales y legales de Brasil para la protección de los bosques, y lleva a Brasil en la dirección opuesta a sus compromisos de deforestación.

Como parte de su presentación de la NDC actualizada en diciembre de 2020, Brasil estableció un objetivo indicativo de alcanzar el Net-Zero para 2060, condicionado a la recepción de transferencias financieras. En abril de 2021, el presidente Bolsonaro anunció el objetivo de Brasil de alcanzar el Net-Zero para 2050 como parte de la Cumbre de Líderes del Clima de 2021. Brasil no proporcionó información específica en su NDC después del anuncio en la Cumbre (Reuters et al., 2021).

Para 2030, México reducirá sus emisiones totales de gases de efecto invernadero en un 22% y reducirá sus emisiones de carbono negro en un 51% en comparación con la línea de base del año 2000 (SEMARNAT, 2020).

México presentó una NDC actualizada en 2020, la cual fue revocada en octubre de 2021 después de que la sociedad civil ganara un juicio de amparo bajo el argumento de que el compromiso climático actualizado de México era menos ambicioso que su predecesor de 2016, contrario al Acuerdo de París y a la legislación mexicana. A pesar de repetir el mismo porcentaje de reducción que la NDC de 2016, el objetivo climático actualizado era menos transparente, eliminaba el pico de emisiones del año 2026 y proporcionaba una línea de base de emisiones más alta.

Durante el Foro de las Principales Economías sobre Energía y Clima, México mencionó su intención de presentar un objetivo mejorado de la NDC para 2030 en línea con el objetivo de temperatura de París antes de la COP27 (Greenpeace, 2021).

El objetivo incondicional de la NDC de México para 2030 de reducir todas las emisiones de gases de efecto invernadero en un 22% bajo un escenario de continuidad en 2030 es considerado por Climate Action Tracker (2022f) como "Críticamente insuficiente". Esto indica que el objetivo de participación justa de México en 2030 refleja una acción mínima o nula y no es en absoluto coherente con el límite de temperatura de 1,5°C del Acuerdo de París.

El gobierno de Argentina presentó su segunda NDC en diciembre de 2020. Esta establece el objetivo absoluto, para toda la economía e incondicional, de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero a 359 MtCO₂e en 2030, incluyendo UTCUTS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

Este nuevo objetivo representa un aumento de las emisiones del 35% con respecto a los niveles de 1990 y una disminución del 2% con respecto a los niveles de 2010 (excluido

el sector UTCUTS), abarca las emisiones de todos los sectores y cubre el CO₂, el CH₄, el N₂O, HFC y los PFC. La anterior NDC del país también cubría el hexafluoruro de azufre (SF₆) (Climate Action Tracker, 2022g).

Colombia presentó una NDC actualizada en diciembre de 2020. Como parte de la actualización, Colombia aumentó su ambición de mitigación a un límite de emisiones de 165 Mt de CO₂e, incluido el UTCUTS, para 2030, equivalente a una reducción del 51% de las emisiones. La actualización es más ambiciosa que la NDC inicial de Colombia, que prometía una reducción incondicional de las emisiones del 20% y una reducción condicional del 30% (Gobierno de Colombia, 2020).

Las emisiones alcanzarán su punto máximo entre el 2027 y 2030. La reducción de la deforestación y la restauración de los bosques del país son las dos medidas de mitigación enumeradas en la NDC referente al sector UTCUTS, y son las que presentan el mayor potencial de reducción de emisiones. Las medidas de UTCUTS representan, por sí solas, alrededor del 70% del potencial de mitigación en la NDC y permitirían que el sector UTCUTS de Colombia pasara de ser una fuente de emisiones a un sumidero de carbono (Climate Action Tracker, 2022d; Gobierno de Colombia, 2020).

No obstante, es probable que las emisiones de Colombia en 2030 se sitúen entre 204 - 211 Mt de CO₂e, lo que está muy por encima de su contribución justa para una trayectoria coherente de 1,5°C (Climate Action Tracker, 2022d).

Chile presentó su NDC actualizada para 2020 a la UNFCCC en abril de 2020, que incluye dos objetivos de reducción de emisiones para 2030 (Gobierno de Chile, 2020):

Este objetivo incluye tres componentes incondicionales:

1. Objetivo absoluto de 95 MtCO₂e en 2030, excluyendo las emisiones o absorciones del sector UTCUTS.
2. Presupuesto de emisiones de GEI de 1.100 MtCO₂e entre 2020 y 2030.
3. El año máximo de emisiones de GEI es 2025.

Tres objetivos para el sector UTCUTS:

1. Gestión sostenible y recuperación de 200.000 hectáreas de bosque autóctono, lo que equivale a una captura de emisiones de GEI de entre 0,9 y 1,2 MtCO₂e/año para 2030.
2. Reforestación de 200.000 hectáreas de bosque, de las cuales al menos la mitad corresponden a cobertura forestal permanente, de las cuales al menos 70.000 hectáreas deben ser de especies nativas. Esto equivale a una captura de emisiones de GEI de entre 3 y 3,4 MtCO₂e/año para 2030.
3. Reducir las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de la tierra de bosque nativo en un 25% para 2030 en comparación con el promedio de emisiones entre 2001-2013.

La NDC de 2020 vincula el objetivo de 2030 con el objetivo a largo plazo de neutralidad de GEI para 2050 (Gobierno de Chile, 2020).

Chile es el primer país latinoamericano en presentar su Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP) ante la UNFCCC en la COP26. El documento fue redactado en un proceso participativo con más de 700 observaciones y 20 talleres (MMA, 2021).

Estos objetivos son ahora legalmente vinculantes en la actual Ley Marco de Cambio Climático de Chile. La ley tiene el objetivo de fortalecer las bases legales e institucionales para implementar los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático y avanzar hacia una economía de bajas emisiones, además de establecer la meta que el país sea carbono neutral y resiliente al clima a más tardar al 2050 (Gobierno de Chile, 2022).

Climate Action Tracker (2022c) califica las políticas y acciones climáticas de Chile como "Insuficientes" en 2030 en comparación con las trayectorias nacionales. Las políticas y acciones de Chile en 2030 conducen a emisiones estables, en lugar de disminuir, y no son consistentes con el límite de temperatura de 1,5°C del Acuerdo de París.

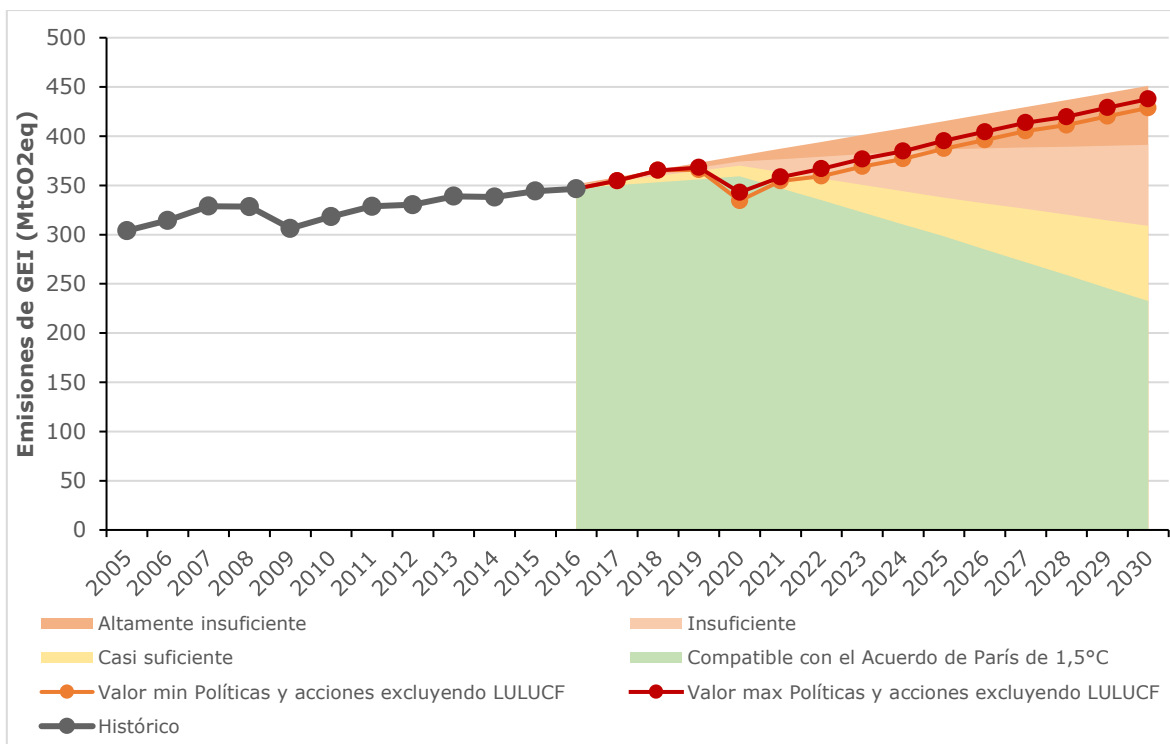
Climate Action Tracker (2022c) declara que, con la aplicación de las políticas previstas, Chile podría cumplir o incluso superar sus objetivos climáticos para 2030. Si la ECLP y la Ley marco se cumplen, su calificación de Climate Action Tracker disminuiría a "Casi suficiente". Sin embargo, Chile seguiría necesitando medidas adicionales para estar en línea con una trayectoria compatible con París de 1,5°C cuando se compara con las trayectorias nacionales modeladas y con medidas aún más fuertes cuando se evalúa en relación con la contribución justa. Esto también es presentado por Benavides et. al (2021) que concluye que las transformaciones sectoriales indicadas en la NDC pueden permitir alcanzar la carbono-neutralidad en 2050, pero podrían no alcanzar los objetivos de reducción de emisiones para 2030, esto debido a la incertidumbre del sector Energía y el sector UTCUTS, que, cumpliendo con en los escenarios más positivos, permiten llegar a emisiones netas o ligeramente negativas en el largo plazo, sin embargo en el mediano plazo las emisiones del sector eléctrico no disminuyen de manera suficiente como para compensar los incrementos de otros sectores.

5.2. Concordancia de compromisos con escenarios de 1.5°C o 2°C

Los siguientes gráficos muestran las emisiones históricas (sin considerar UTCUTS) de 7 países de ALC, que representan el 80% del total de las emisiones de la región, junto a sus emisiones proyectadas en función de los objetivos y políticas de sus NDCs al 2030. Todos los gráficos presentan áreas de colores pastel, las cuales representan las vías o *pathways* analizadas por Climate Action Tracker que determinan si las políticas y acciones de los países están en concordancia con el límite de temperatura de 1,5°C del Acuerdo de París. Si las NDCs cumplen con este límite, las emisiones proyectadas quedan dentro del área verde. El área amarilla está en línea con el límite de temperatura cercano a los 2°C, no siendo su NDC coherente con el límite de temperatura de 1,5°C, pero podría serlo con mejoras moderadas, por lo que se clasifica según Climate Action Tracker como "Casi suficiente". El área de color naranja pastel, denominada "Insuficiente", apunta a temperaturas cercanas a los 3°C, necesitando mejoras sustanciales para ser coherentes con el límite de temperatura del Acuerdo de París. La clasificación "Altamente insuficiente", en rojo pastel, apunta a temperaturas cercanas a 4°C que reflejan una acción mínima o nula y no son en absoluto coherentes con el Acuerdo de París. Las líneas de emisiones modeladas reflejan los mínimos y máximos de emisiones de GEI alcanzables por las políticas públicas impuestas en las NDCs de los países analizados. Las vías domésticas modeladas reflejan una perspectiva de eficiencia económica global con *pathways* para diferentes rangos de temperatura las cuales son derivadas de modelos globales de coste mínimo (*least-cost*).

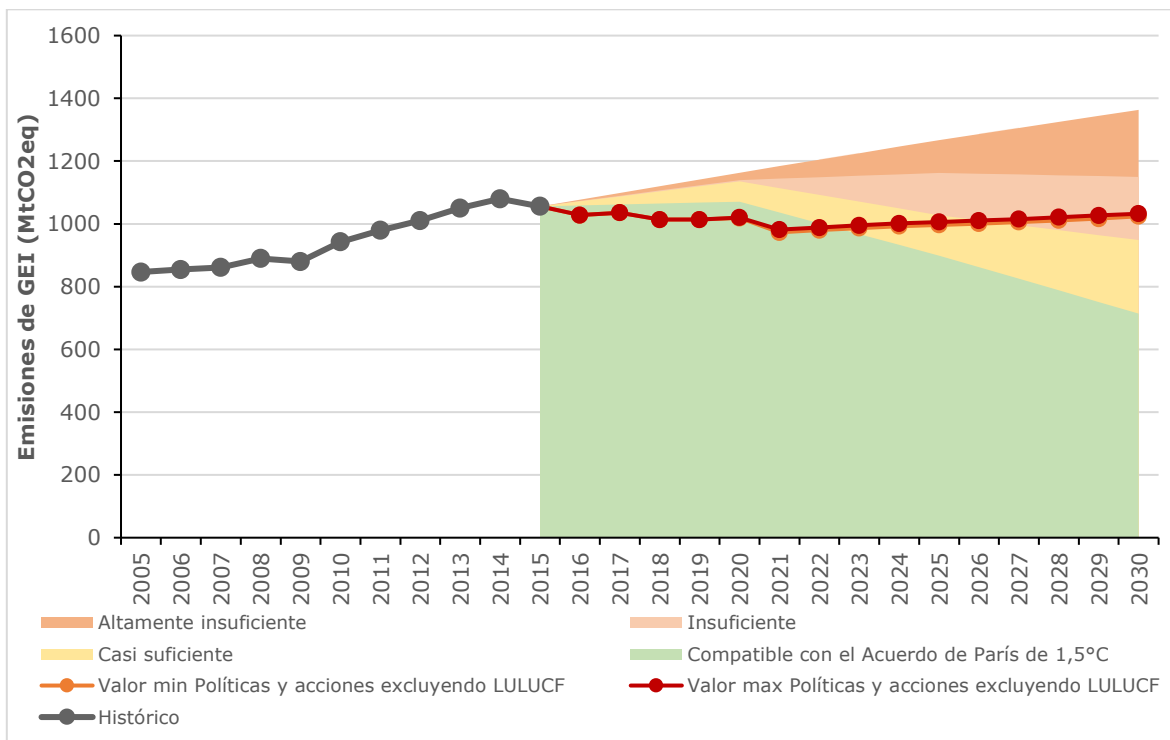
Esta información fue obtenida de las bases de datos descargables para los distintos países de Climate Action Tracker (2022a, 2022b, 2022c, 2022d, 2022e, 2022f, 2022g). Cabe destacar que Chile es el único de los países analizados que presenta medidas relacionadas con el sector UTCUTS, por lo que en su figura se presentan 4 líneas de emisiones modeladas al 2030.

Figura 5.2-1. Argentina: Trayectorias domésticas modeladas, políticas y acciones "Altamente insuficientes"



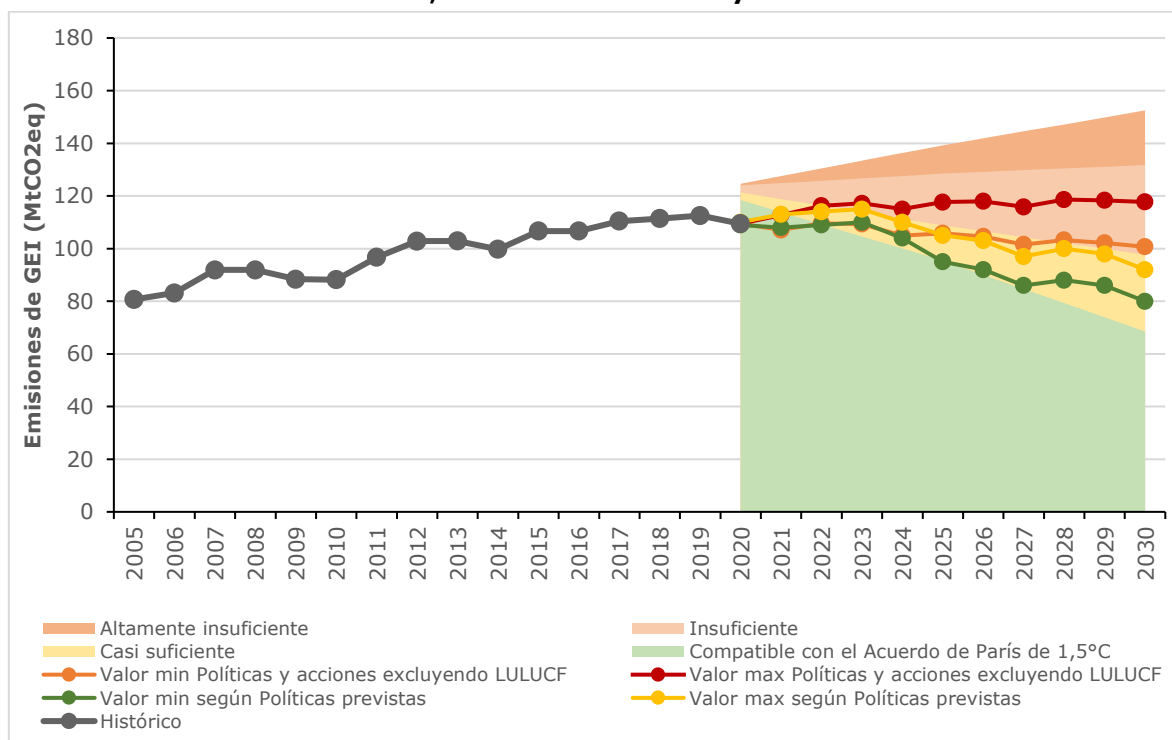
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Climate Action Tracker (2022a).

Figura 5.2-2. Brasil: Trayectorias domésticas modeladas, políticas y acciones “Insuficientes”



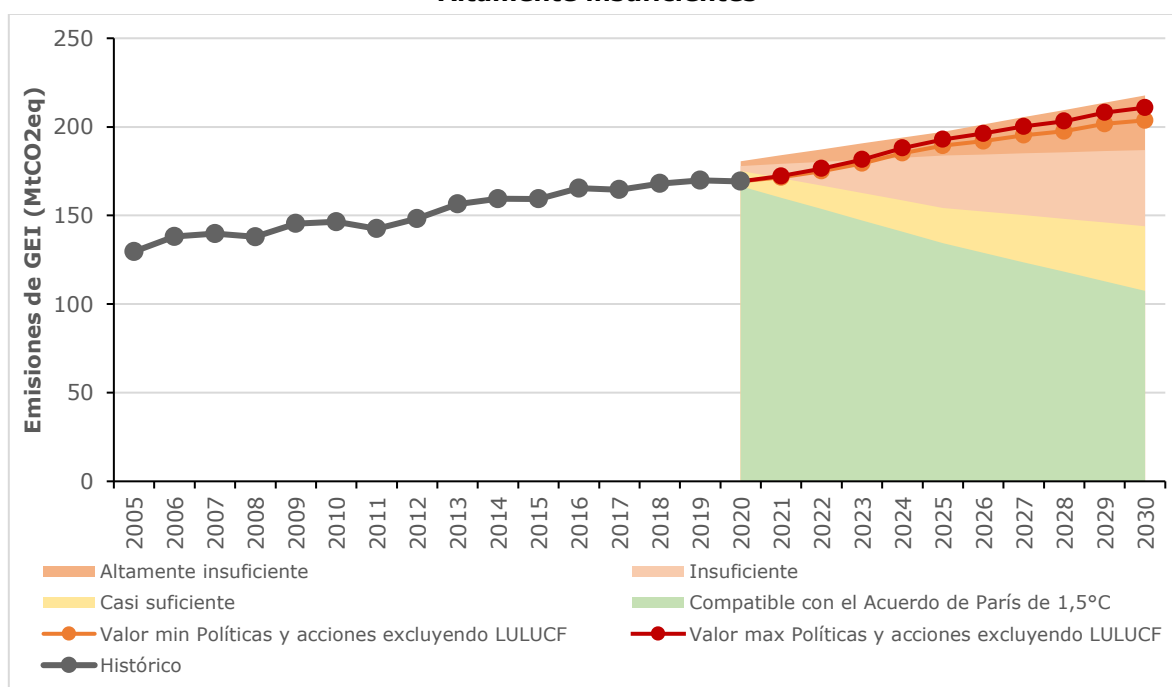
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Climate Action Tracker (2022b).

Figura 5.2-3. Chile: Trayectorias domésticas modeladas, políticas y acciones “Casi suficientes”; “Insuficientes” excluyendo UTCUTS



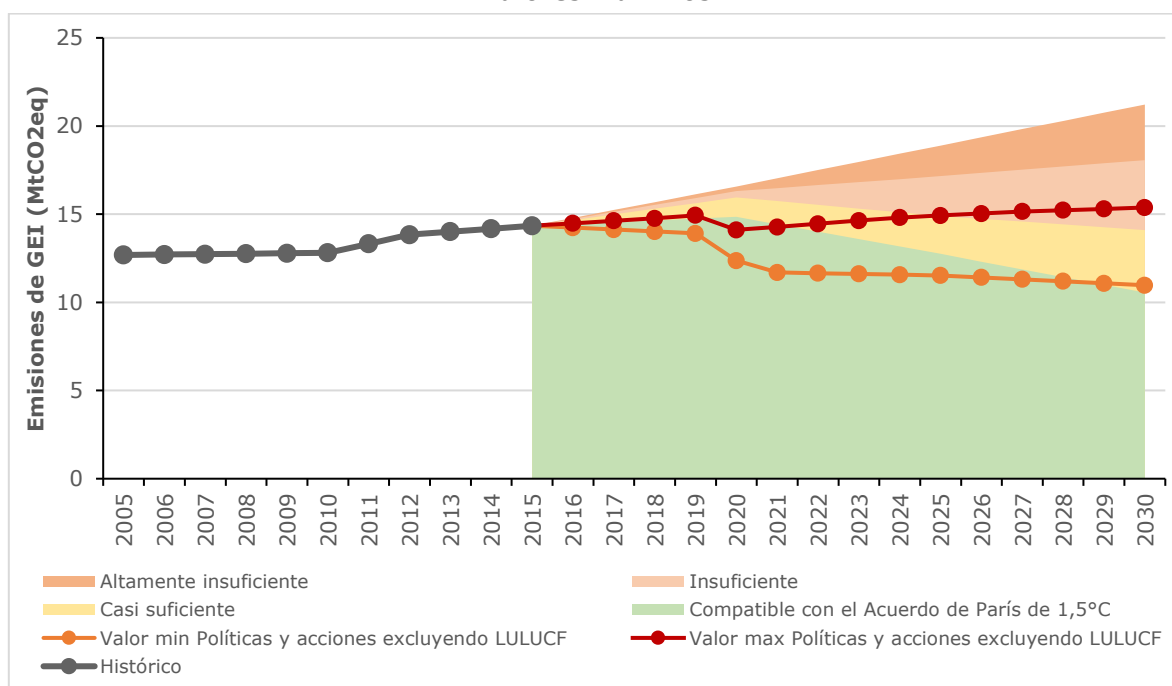
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Climate Action Tracker (2022c).

Figura 5.2-4. Colombia: Trayectorias domésticas modeladas, políticas y acciones “Altamente insuficientes”



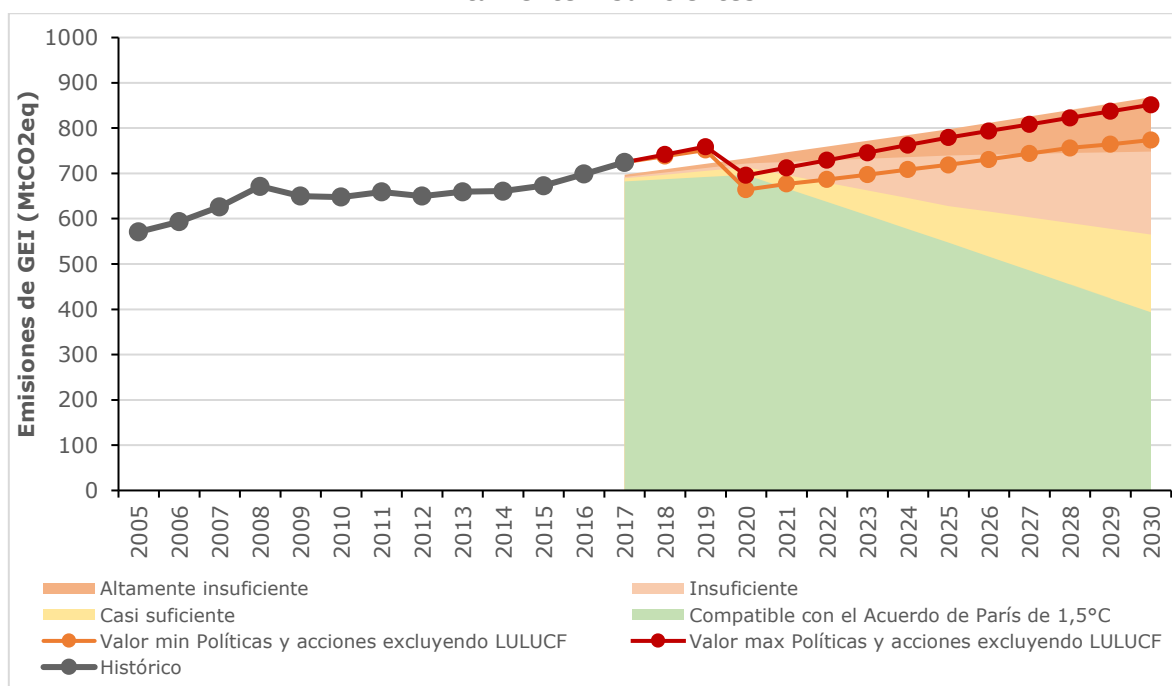
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Climate Action Tracker (2022d).

Figura 5.2-5. Costa Rica: Trayectorias domésticas modeladas, políticas y acciones “Casi suficientes” en el caso de los valores mínimos, e “Insuficientes” en caso de los valores máximos



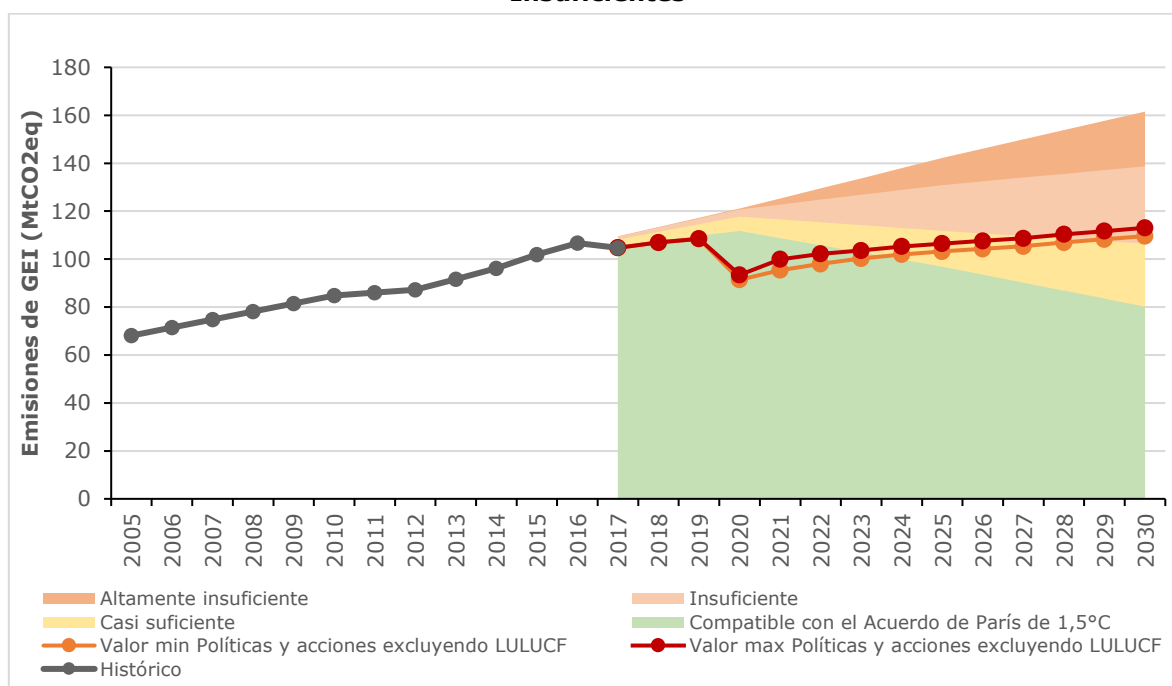
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Climate Action Tracker (2022e).

Figura 5.2-6. México: Trayectorias domésticas modeladas, políticas y acciones “Altamente insuficientes”



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Climate Action Tracker (2022f).

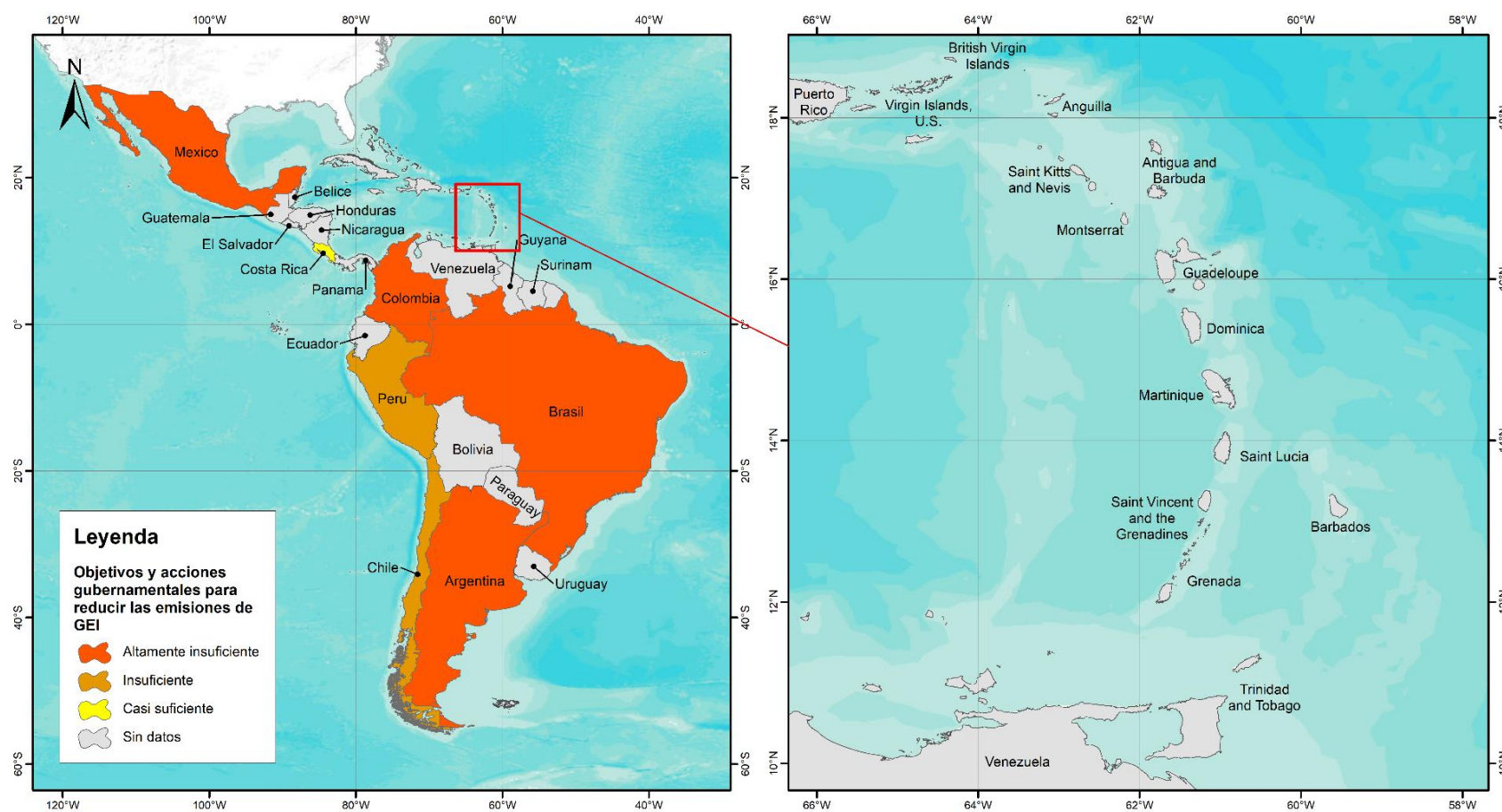
Figura 5.2-7. México: Trayectorias domésticas modeladas, políticas y acciones “Insuficientes”



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Climate Action Tracker (2022g).

Finalmente, a modo de resumen, en la Figura 5.2-8 se muestra un mapa con la distribución de los objetivos y acciones gubernamentales para reducir las emisiones de GEI en ALC en función de las clasificaciones de Climate Action Tracker.

Figura 5.2-8 Evaluación de un amplio espectro de objetivos y acciones gubernamentales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de acuerdo con el límite de temperatura del Acuerdo de París



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Climate Action Tracker (2022)

Considerando el protagonismo de ALC en las emisiones mundiales (cerca de un 10%), y la distribución de esas emisiones en los 7 países presentados, se concluye que las acciones y políticas de los países más relevantes quedan al deber, sobre todo destacando a Brasil, México y Argentina. Los casos de Chile y Costa Rica deben ser tomados como ejemplos en la región dado que muestran una senda de aumento de ambición, proyecciones y políticas claras que los acercan al cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París, pese a que no sean suficientes para llegar a la meta de los 1,5°C.

Otro punto relevante a destacar de Brasil y Argentina, es que no poseen acciones claras en sus NDCs para el sector UTCUTS, siendo ambos emisores, destacándose el caso de Brasil que en los años 2003 y 2004 sus emisiones del sector triplicaron las del resto (Climate Action Tracker, 2022a, 2022b).

5.3. Avance en compromisos

En base a la información disponible, en la Tabla se presentan los objetivos de las NDC de los países de ALC, el año fijado para el cumplimiento de los objetivos y el estado actual de avance.

Tabla 5.3-1. Objetivos relacionados a la reducción de emisiones de GEI y estado de ellos.

Nombre del País	Subregión	Objetivo Final	Año del objetivo	Estado del objetivo final	Gases que cubre
Antigua y Barbuda	Caribe	Emisiones netas de carbono cero	2040	En documentos políticos/normativos	Sin especificar
Argentina	América del sur	Emisiones netas de carbono cero	2050	Declaración / promesa	Dióxido de carbono y otros GEI
Bahamas	Caribe	Emisiones netas de carbono cero	2050	Propuesta / en discusión	Sin especificar
Barbados	Caribe	Objetivo de 1.5°C	2030	En documentos políticos/normativos	Dióxido de carbono y otros GEI
Belice	Mesoamérica	Emisiones netas de carbono cero	2050	En documentos políticos/normativos	Dióxido de carbono y otros GEI
Bolivia	América del sur	Sin objetivo			
Brasil	América del sur	Carbono Neutralidad	2050	Declaración / promesa	Dióxido de carbono y otros GEI
Cayman Islands	Caribe	Sin objetivo			
Chile	América del sur	Carbono Neutralidad	2050	Ley	Sin especificar
Colombia	América del sur	Carbono Neutralidad	2050	Declaración / promesa	Dióxido de carbono solamente
Cuba	Caribe	Otros	2030	En documentos políticos/normativos	Dióxido de carbono y otros GEI
Dominica	Caribe	Objetivo de reducción de emisiones	2030	En documentos políticos/normativos	Dióxido de carbono y otros GEI
Ecuador	América del sur	Cero carbón	2050	En documentos políticos/normativos	Dióxido de carbono y otros GEI
El Salvador	Mesoamérica	Otros	2030		Dióxido de carbono y otros GEI

Nombre del País	Subregión	Objetivo Final	Año del objetivo	Estado del objetivo final	Gases que cubre
Granada	Caribe	Emisiones netas de carbono cero	2050	Propuesta / en discusión	Dióxido de carbono y otros GEI
Guatemala	Mesoamérica		2030	Ley	Dióxido de carbono y otros GEI
Guyana	América del sur	Emisiones netas de carbono cero	2019	Logrado (declaración propia)	Dióxido de carbono solamente
Haití	Caribe	Emisiones netas de carbono cero	2050	Propuesta / en discusión	Dióxido de carbono y otros GEI
Honduras	Mesoamérica	Reducción v. BAU	2030		Dióxido de carbono y otros GEI
Jamaica	Caribe	Emisiones netas de carbono cero	2050	Propuesta / en discusión	Dióxido de carbono y otros GEI
México	Mesoamérica	Carbono Neutralidad	2050	Propuesta / en discusión	Dióxido de carbono y otros GEI
Nicaragua	Mesoamérica	Emisiones netas de carbono cero	2050	Propuesta / en discusión	Dióxido de carbono y otros GEI
Panamá	Mesoamérica	Emisiones netas de carbono cero	2050	En documentos políticos/normativos	Dióxido de carbono y otros GEI
Paraguay	América del sur	Reducción v. BAU	2030	En documentos políticos/normativos	Dióxido de carbono y otros GEI
Perú	América del sur	Emisiones netas de carbono cero	2050	Propuesta / en discusión	Sin especificar
República Dominicana	Caribe	Emisiones netas de carbono cero	2050	Propuesta / en discusión	Dióxido de carbono y otros GEI
Saint Kitts y Nevis	Caribe	Climáticamente neutros	2050	En documentos políticos/normativos	Dióxido de carbono solamente
Saint Lucia	Caribe	Reducción v. BAU	2030	En documentos políticos/normativos	Dióxido de carbono y otros GEI
San Vicente y las Granadinas	Caribe	Emisiones netas de carbono cero	2050	Propuesta / en discusión	Dióxido de carbono y otros GEI

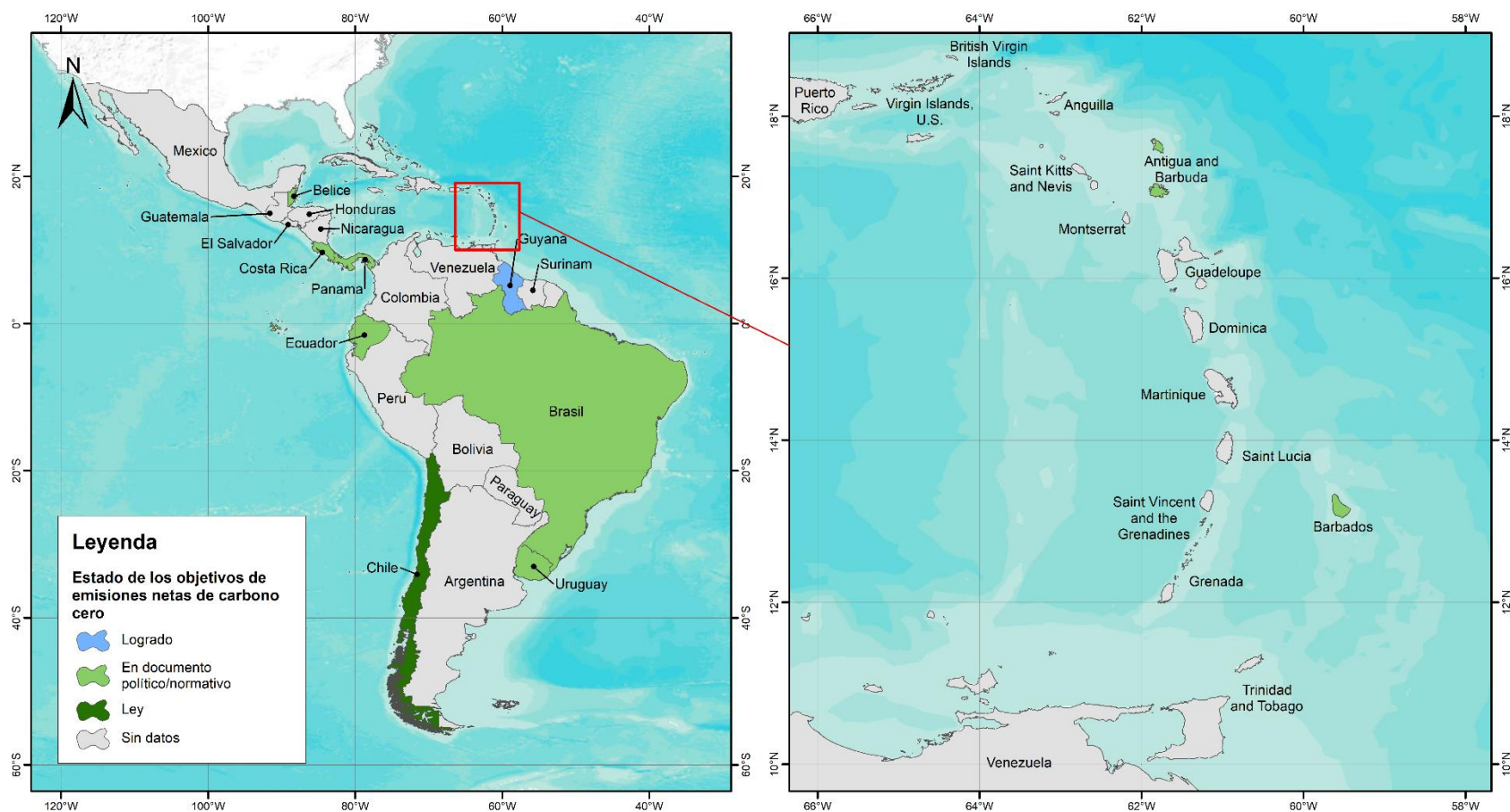
Nombre del País	Subregión	Objetivo Final	Año del objetivo	Estado del objetivo final	Gases que cubre
Surinam	América del sur	Emisiones netas de carbono cero	-	Logrado (declaración propia)	Dióxido de carbono y otros GEI
Trinidad y Tobago	Caribe	Emisiones netas de carbono cero	2050	Propuesta / en discusión	Dióxido de carbono y otros GEI
Uruguay	América del sur	Emisiones netas de carbono cero	2050	En documentos políticos/normativos	Sin especificar
Venezuela, República Bolivariana de	América del sur	Objetivo de reducción de emisiones	2030	En documentos políticos/normativos	Dióxido de carbono y otros GEI

Fuente: [Elaboración propia a partir de datos de Net Zero Tracker \(2022\)](#) actualizada con información de [Gobierno de Chile \(2022\)](#).

De los resultados mostrados en la tabla anterior, se destacan 4 países: Guyana y Surinam que declaran haber cumplido sus objetivos de sus NDC y Chile y Guatemala que presentan leyes vinculantes (Gobierno de Chile, 2022; Net Zero Tracker, 2022).

La Figura 5.3-1 muestra la distribución de los estados de los objetivos por país según Ritchie et al., (2020), actualizado en función de la información entregada por el Gobierno de Chile (2022).

Figura 5.3-1 Estado de los objetivos de emisiones netas de las NDC de los países que conforman ALC.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ritchie et al., (2020) actualizada con información entregada por el Gobierno de Chile (2022).

6. Conclusiones

De los distintas secciones de este documento, se pueden mencionar algunos hallazgos. La interacción entre los sistemas económicos, la biodiversidad y el cambio climático, se puede entender analizando como los distintos tipos de capitales interactúan: el capital humano, el capital producido, y el capital natural. Las actividades económicas son el principal promotor del cambio climático y afectan negativamente la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Los ecosistemas en ALC han experimentado una fuerte reducción de sus superficies naturales debido a procesos asociados a la actividad económica, entre los cuales se destaca el cambio de uso y cobertura de suelo. El año 2000, solo el 45,8% de la superficie de ALC estaba constituida por coberturas naturales, en comparación con el 80,2% en 1900. Este tipo de dinámicas genera un aumento de los gases de efecto invernadero debido a la liberación de carbono contenido en las masas forestales y el suelo.

En cuanto a condiciones socio económicas de ALC, los países de la región no muestran una tendencia clara en cuanto a la evolución de sus PIB per cápita. En algunos países, el PIB per cápita disminuyó los últimos diez años, situación que se vio exacerbada por los efectos de la pandemia del Covid-19 en el año 2020. En América del Sur, disminuyeron su PIB per cápita Argentina, Brasil y Surinam; en Centroamérica sólo Belice; mientras que en el Caribe diez países presentaron una disminución. Respecto a la composición del PIB en los países de ALC, se puede mencionar que en general los sectores servicios y agricultura aumentaron su importancia en la economía en los últimos diez años, mientras que la industria mostró una caída en su importancia relativa. En los datos de pobreza se observan diferencias entre los países de la región, lo que ayuda a entender distintas condiciones de vulnerabilidad. En América del Sur destaca la elevada tasa de pobreza en Surinam, seguido por Guyana y Colombia. En América Central, Belice, Honduras y Guatemala muestran las tasas más altas, mientras que en el Caribe destaca la tasa de casi 25% de Haití, que es el país con la tasa de pobreza más alta de ALC.

Analizando las emisiones de GEI, en el capítulo 3 se muestra que ALC es responsable de un 10% de las emisiones globales, participación que se ha mantenido constante en los últimos 30 años. Dentro de ALC, el sector UTCUTS el que más contribuye a las emisiones de GEI totales. América del Sur es responsable del 70% de las emisiones de la región, Mesoamérica del 25% y el Caribe del 5%. A nivel país, el mayor emisor de GEI de ALC es Brasil, responsable del 36% del total de emisiones de la región, seguido de México con 21%, Argentina con 11% , Colombia con 6%, Venezuela con 5% y Chile con 4%. Por el lado del balance de carbono en los ecosistemas, en los últimos 20 años los ecosistemas de bosque en ALC se han mantenido con una tendencia carbono neutral; sin embargo, existen extensas porciones de área que se han degradado. Además, se destaca que en ALC las áreas protegidas representan alrededor del 17% de su superficie total. Esta gran superficie de áreas protegidas, además de permitir la viabilidad de una enorme cantidad de especies, es responsable por la mantención de múltiples servicios ecosistémicos entre los que se destacan la, provisión de alimentos y agua, la regulación del clima, la captura y fijación de carbono, entre otros.

La construcción de escenarios de clima futuro es una pieza fundamental del conocimiento y la acción relacionada con el cambio climático. Con el propósito de reportar los cambios esperados en temperaturas, precipitaciones y evapotranspiración potencial en ALC, se desarrolla en el documento una aplicación de la metodología presentada en trabajos previos del Centro de Cambio Global UC. Los resultados muestran que: (i) existe certeza de un aumento real de las temperaturas en la región, y que estas seguirán incrementándose a tasas mayores que el promedio global; (ii) se proyectan cambios en

la precipitación media. Se esperan incrementos en la región NWS (Noroeste de Sudamérica) y SES (Sureste de América del Sur) con alto nivel de confianza, y disminuciones en región NES (Noreste de Sudamérica) y SWS (Sudoeste de América del Sur), con algunas discrepancias entre modelos; (iii) durante las últimas tres décadas, el nivel relativo del mar ha aumentado a un ritmo mayor que el nivel medio de este tanto en el Atlántico Sur como en el Atlántico norte subtropical, pero a una tasa más baja en el Pacífico Oeste; (iv) es altamente probable que el aumento relativo en el nivel del mar continúe en los océanos que rodean a América Central y Sur, intensificando inundaciones en zonas bajas y disminuyendo el área de playas.

En cuanto a los impactos del cambio climático en actividades económicas, se observa que en la mayoría de las subregiones de ALC, los cultivos, la ganadería, la pesca y los sistemas alimentarios en general muestran impactos medios a altos del cambio climático durante el período observado, y de manera similar para el futuro del siglo XXI. Los riesgos sistémicos donde la infraestructura crítica y las capacidades del sistema de servicio público se superan debido a tormentas, inundaciones y epidemias, con impactos en cascada a través de sistemas, poblaciones y sectores económicos vulnerables, tienen el potencial de afectar a una gran parte de la población.

Respecto al análisis de compromisos climáticos de ALC, destaca que las acciones y políticas de los países más relevantes en términos de emisiones muestran metas poco ambiciosas, destacándose los casos de Brasil, México y Argentina. Por su parte, los casos de Chile y Costa Rica deben ser tomados como ejemplos en la región dado que aunque no sean suficientes para llegar a la meta de los 1,5°C, muestran una senda de aumento de ambición, proyecciones y políticas claras que los acercan al cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París.

7. Referencias

- Alan Pounds, J., Bustamante, M. R., Coloma, L. A., Consuegra, J. A., Fogden, M. P., Foster, P. N., ... & Young, B. E. (2006). Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature*, 439(7073), 161-167.
- Alaniz, A. J. (2019). Chilean Forests: Recent Trends and Perspectives. (A. J. Alaniz, Ed.), Chile Environmental History, Perspectives and Challenges (1st Editio). New York, United States: Nova Science Publishers.
- Alaniz, A. J., Carvajal, M. A., Marquet, P. A., Vergara, P. M., Meneses, L., & Moreira-Arce, D. (2022). Analyzing the spatio-temporal patterns of forests carbon sink and sources between 2000 to 2019. *Earth's Future*, (Aceptado).
- Altamirano, A., Miranda, A., Aplin, P., Carrasco, J., Catalán, G., Cayuela, L., et al., (2020). Natural forests loss and tree plantations: large-scale tree cover loss differentiation in a threatened biodiversity hotspot. *Environmental Research Letters*, 15(12), 124055. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abca64>
- Aragão, L. E. O. C., & Shimabukuro, Y. E. (2010). The incidence of fire in Amazonian forests with implications for REDD. *Science*, 328(5983), 1275–1278.
- Arias, P.A., N. Bellouin, E. Coppola, R.G. Jones, G. Krinner, J. Marotzke, V. Naik, M.D. Palmer, G.-K. Plattner, J. Rogelj, M. Rojas, J. Sillmann, T. Storelvmo, P.W. Thorne, B. Trewin, K. Achuta Rao, B. Adhikary, R.P. Allan, K. Armour, G. Bala, R. Barimalala, S. Berger, J.G. Canadell, C. Cassou, A. Cherchi, W. Collins, W.D. Collins, S.L. Connors, S. Corti, F. Cruz, F.J. Dentener, C. Dereczynski, A. Di Luca, A. Diongue Niang, F.J. Doblas-Reyes, A. Dosio, H. Douville, F. Engelbrecht, V. Eyring, E. Fischer, P. Forster, B. Fox-Kemper, J.S. Fuglestedt, J.C. Fyfe, N.P. Gillett, L. Goldfarb, I. Gorodetskaya, J.M. Gutierrez, R. Hamdi, E. Hawkins, H.T. Hewitt, P. Hope, A.S. Islam, C. Jones, D.S. Kaufman, R.E. Kopp, Y. Kosaka, J. Kossin, S. Krakovska, J.-Y. Lee, J. Li, T. Mauritsen, T.K. Maycock, M. Meinshausen, S.-K. Min, P.M.S. Monteiro, T. Ngo-Duc, F. Otto, I. Pinto, A. Pirani, K. Raghavan, R. Ranasinghe, A.C. Ruane, L. Ruiz, J.-B. Sallée, B.H. Samset, S. Sathyendranath, S.I. Seneviratne, A.A. Sörensson, S. Szopa, I. Takayabu, A.-M. Tréguier, B. van den Hurk, R. Vautard, K. von Schuckmann, S. Zaehle, X. Zhang, and K. Zickfeld. (2021). Technical Summary. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 33–144. doi:10.1017/9781009157896.002
- Armesto, J. J., Rozzi, R., Smith-Ramirez, C., & Arroyo, M. T. (1998). Conservation targets in South American temperate forests. *Science*, 282(5392), 1271-1272.
- Ashraf, U., Peterson, A. T., Chaudhry, M. N., Ashraf, I., Saqib, Z., Rashid Ahmad, S., & Ali, H. (2017). Ecological niche model comparison under different climate scenarios: a case study of *Olea* spp. in Asia. *Ecosphere*, 8(5), e01825-n/a. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1825>
- Baccini, A., Walker, W., Carvalho, L., Farina, M., Sulla-Menashe, D., & Houghton, R. A. (2017). Tropical forests are a net carbon source based on aboveground

- measurements of gain and loss. *Science*, 358(6360), 230–234. <https://doi.org/10.1126/science.aam5962>
- Badger, A. M., & Dirmeyer, P. A. (2016). Remote tropical and sub-tropical responses to Amazon deforestation. *Climate Dynamics*, 46(9), 3057–3066. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2752-5>
- Baker, A. R., Kanakidou, M., Nenes, A., Myriokefalitakis, S., Croot, P. L., Duce, R. A., Gao, Y., Guieu, C., Ito, A., Jickells, T. D., Mahowald, N. M., Middel, R., Perron, M. M. G., Sarin, M. M., Shelley, R., & Turner, D. R. (2021). Changing atmospheric acidity as a modulator of nutrient deposition and ocean biogeochemistry. *Science Advances*, 7(28), eabd8800. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abd8800>
- Baker, T. R., Phillips, O. L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., ... & Vasquez Martinez, R. (2004). Increasing biomass in Amazonian forest plots. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 359(1443), 353–365.
- Banco Mundial. (2022a). PIB per cápita, PPA (\$ a precios internacionales constantes de 2011). [En línea] Disponible en: <https://api.worldbank.org/v2/es/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.KD?downloadformat=excel> [Último acceso: 25 de mayo 2022]
- Banco Mundial. (2022b). Crecimiento del PIB (% anual). [En línea] Disponible en: <https://api.worldbank.org/v2/es/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?downloadformat=excel> [Último acceso: 25 de mayo 2022]
- Banco Mundial. (2022c). 4.2 World Development Indicators: Structure of value added. [En línea] Disponible en: <http://wdi.worldbank.org/table/4.2#> [Último acceso: 25 de mayo 2022]
- Banco Mundial. (2022e). Desempleo, total (% de la población activa total) (estimación modelado OIT). [En línea] Disponible en: <https://api.worldbank.org/v2/es/indicator/SL.UEM.TOTL.ZS?downloadformat=excel> [Último acceso: 25 de mayo 2022].
- Banco Mundial. (2022f). GDP (current USD) [Database]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>
- Banco Mundial. (2022g). Population, total [Database]. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL> [Último acceso: 25 de Junio 2022].
- Benavides, C., Cifuentes, L., Díaz, M., Gilabert, H., Gonzales, L., González, D., Groves, D., Jaramillo, M., Marinkovic, C., Menares, L., Meza, F., Molina-Perez, E., Montedónico, M., Palma-Behnke, R., Pica-Téllez, A., Salas, C., Syme, J., Torres, R., Vicuña, S., ... Vogt-Schilb, A. (2021). Opciones para lograr la neutralidad en carbono para 2050 en Chile: Una evaluación en condiciones de incertidumbre. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Brando, P. M., Soares-Filho, B., Rodrigues, L., Assunção, A., Morton, D., Tuchsneider, D., et al., (2022). The gathering firestorm in southern Amazonia. *Science Advances*, 6(2), eaay1632. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aay1632>
- Brienen, R.J.W., Phillips, O.L., Feldpausch, T.R., Gloor, E., Baker, T.R., Lloyd, J., Lopez-Gonzalez, G., Monteagudo-Mendoza, A., Malhi, Y., Lewis, S.L., Vásquez Martinez, R., Alexiades, M., Álvarez Dávila, E., Alvarez-Loayza, P., Andrade, A., Aragão, L.E.O.C., Araujo-Murakami, A., Arets, E.J.M.M., Arroyo, L., Aymard C., G.A., Bánki, O.S., Baraloto, C., Barroso, J., Bonal, D., Boot, R.G.A., Camargo, J.L.C.,

- Castilho, C. V., Chama, V., Chao, K.J., Chave, J., Comiskey, J.A., Cornejo Valverde, F., da Costa, L., de Oliveira, E.A., Di Fiore, A., Erwin, T.L., Fauset, S., Forsthofer, M., Galbraith, D.R., Grahame, E.S., Groot, N., Hérault, B., Higuchi, N., Honorio Coronado, E.N., Keeling, H., Killeen, T.J., Laurance, W.F., Laurance, S., Licona, J., Magnussen, W.E., Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Mendoza, C., Neill, D.A., Nogueira, E.M., Núñez, P., Pallqui Camacho, N.C., Parada, A., Pardo-Molina, G., Peacock, J., Peña-Claros, M., Pickavance, G.C., Pitman, N.C.A., Poorter, L., Prieto, A., Quesada, C.A., Ramírez, F., Ramírez-Angulo, H., Restrepo, Z., Roopsind, A., Rudas, A., Salomão, R.P., Schwarz, M., Silva, N., Silva-Espejo, J.E., Silveira, M., Stropp, J., Talbot, J., ter Steege, H., Teran-Aguilar, J., Terborgh, J., Thomas-Caesar, R., Toledo, M., Torello-Raventos, M., Umetsu, R.K., van der Heijden, G.M.F., van der Hout, P., Guimarães Vieira, I.C., Vieira, S.A., Vilanova, E., Vos, V.A., Zagt, R.J., 2015. Long-term decline of the Amazon carbon sink. *Nature* 519, 344.
- Burger, F. A., John, J. G., & Frölicher, T. L. (2020). Increase in ocean acidity variability and extremes under increasing atmospheric CO₂. *Biogeosciences*, 17(18), 4633–4662. <https://doi.org/10.5194/bg-17-4633-2020>
- Butchart, S. H. M., Walpole, M., Collen, B., van Strien, A., Scharlemann, J. P. W., Almond, R. E. A., et al., (2010). Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines. *Science*, 328(5982), 1164 LP – 1168. Retrieved from <http://science.sciencemag.org/content/328/5982/1164.abstract>
- Carvajal, M. A., Alaniz, A. J., Smith-Ramírez, C., & Sieving, K. E. (2018). Assessing habitat loss and fragmentation and their effects on population viability of forest specialist birds: Linking biogeographical and population approaches. *Diversity and Distributions*, 24(6), 820–830. <https://doi.org/10.1111/ddi.12730>
- Castilla J., F. Meza, S. Vicuña, P. A. Marquet, & J. P. Montero. (2019). Cambio Climático en Chile: ciencia, mitigación y adaptación (pp. 57-70). Ediciones UC. ISBN 978-956-14-2422-7.
- Centro de Cambio Global UC (CCG-UC). (2022). Escenarios climáticos para Chile: evidencia desde el Sexto Informe del IPCC. Preparado por Sebastián Vicuña, David Morales-Moraga, Francisco Meza, Jorge Gironás, Luis Cifuentes, Pablo Marquet, Diego González, Rosario Chubretovic, J. Pablo Herane, Oscar Melo.
- Climate Action Tracker. (2022a). Argentina, Country summary. <https://climateactiontracker.org/countries/argentina/>
- Climate Action Tracker. (2022b). Brazil, Country summary. <https://climateactiontracker.org/countries/brazil/>
- Climate Action Tracker. (2022c). Chile, Country summary. <https://climateactiontracker.org/countries/chile/>
- Climate Action Tracker. (2022d). Colombia, Country summary. <https://climateactiontracker.org/countries/colombia/>
- Climate Action Tracker. (2022e). Costa Rica, Country summary. <https://climateactiontracker.org/countries/costa-rica/>
- Climate Action Tracker. (2022f). Mexico, Country summary. <https://climateactiontracker.org/countries/mexico/>
- Climate Action Tracker. (2022g). Peru, Country summary. <https://climateactiontracker.org/countries/peru/>

- Cohen-Shacham, E., G. Walters, C. Janzen, and S. Maginnis. (2016). "Nature-Based Solutions to Address Global Societal Challenges." Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2017). El cambio climático, la agricultura y la pobreza en América Latina. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/sintesis_pp_cc_cambio_climatico_agricultura_y_pobreza_en_al.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), La ineficiencia de la desigualdad. Síntesis (LC/SES.37/4), Santiago, 2018.
- Curtis, P. G., Slay, C. M., Harris, N. L., Tyukavina, A., & Hansen, M. C. (2018). Classifying drivers of global forest loss. *Science*, 361(6407), 1108 LP – 1111. <https://doi.org/10.1126/science.aau3445>
- Dasgupta, P. (2021). The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. Abridged Version. (London: HM Treasury).
- Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Huey, R. B., Sheldon, K. S., Ghalambor, C. K., Haak, D. C., & Martin, P. R. (2008). Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(18), 6668-6672
- Díaz, S., U.Pascual, M. Stenseke, B. Martín-López, R. T. Watson, Z. Molnár, R. Hill, et al., (2018). Assessing Nature's Contributions to People. *Science* 359: 270–72. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>.
- Dietz, T. (2020). Political events and public views on climate change. *Climatic Change*, 161(1), 1-8.
- Echeverria, C., Coomes, D., Salas, J., Rey-Benayas, J. M., Lara, A., & Newton, A. (2006). Rapid deforestation and fragmentation of Chilean Temperate Forests. *Biological Conservation*, 130(4), 481–494. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.01.017>
- Ellis, E. C., Klein Goldewijk, K., Siebert, S., Lightman, D., & Ramankutty, N. (2010). Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. *Global Ecology and Biogeography*, 19(5), 589–606. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00540.x>
- Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., & Taylor, K. E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geoscientific Model Development*, 9(5), 1937-1958. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016>
- FAO. (2022). AQUASTAT database. <https://www.fao.org/aquastat/statistics/query/index.html>
- Feeley, K.J., M.R. Silman (2010). Land-use and climate change effects on population size and extinction risk of Andean plants. *Glob Change Biol* 16, 3215–3222.
- Feeley, K.J., J. Hurtado, S. Saatchi, M.R. Silman, D.B. Clark. (2013) Compositional shifts in Costa Rican forests due to climate-driven species migrations. *Glob Change Biol* 19, 3472–3480.
- Ferrer-Paris, J.R., Zager, I., Keith, D.A., Oliveira-Miranda, M.A., Rodríguez, J.P., Josse, C., González-Gil, M., Miller, R.M., Zambrana-Torrel, C., Barrow, E., 2019. An ecosystem risk assessment of temperate and tropical forests of the Americas with an outlook on future conservation strategies. *Conserv. Lett.* 12, e12623. <https://doi.org/10.1111/conl.12623>

- Filbee-Dexter, K., & Wernberg, T. (2020). Substantial blue carbon in overlooked Australian kelp
- Fischer, M., Rounsevell, M. Rando, A. T.M. et al., (2018) Resumen para los responsables de formular políticas del informe de la evaluación regional de la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas de Europa y Asia Central de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas. IPBES/6/15/Add.4forests. Scientific Reports, 10(1):1-6.
- Fondo Monetario Internacional. (2021). Climate Change Challenges in Latin America and the Caribbean. Disponible en: <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/REO/WHI/2021/English/CH3.ashx>
- Freeman, B. G., Scholer, M. N., Ruiz-Gutierrez, V., & Fitzpatrick, J. W. (2018). Climate change causes upslope shifts and mountaintop extirpations in a tropical bird community. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(47), 11982-11987.
- Gatti, L. V, Basso, L. S., Miller, J. B., Gloor, M., Gatti Domingues, L., Cassol, H. L. G., et al., (2021). Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature*, 595(7867), 388–393. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>
- Girardin, M. P., Isabel, N., Guo, X. J., Lamothe, M., Duchesne, I., & Lenz, P. (2021). Annual aboveground carbon uptake enhancements from assisted gene flow in boreal black spruce forests are not long-lasting. *Nature Communications*, 12(1), 1169. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21222-3>
- Gobierno de Chile. (2020). Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC) de Chile, Actualización 2020. https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/NDC_Chile_2020_español.pdf
- Gobierno de Chile. (2022). Un Hito En La Historia Medioambiental De Chile: A Partir De Hoy Contamos Con Nuestra Primera Ley Marco De Cambio Climático. Gobierno de Chile. <https://www.gob.cl/noticias/un-hito-en-la-historia-medioambiental-de-chile-partir-de-hoy-contamos-con-nuestra-primera-ley-marco-de-cambio-climatico/>
- Gobierno de Colombia. (2020). Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC). <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/NDC%20actualizada%20de%20Colombia.pdf>
- González, A. V, Gómez-Silva, V., Ramírez, M. J., & Fontúrbel, F. E. (2020). Meta-analysis of the differential effects of habitat fragmentation and degradation on plant genetic diversity. *Conservation Biology*, 34(3), 711–720. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/cobi.13422>
- Grantham, H. S., Duncan, A., Evans, T. D., Jones, K. R., Beyer, H. L., Schuster, R., et al., (2020). Anthropogenic modification of forests means only 40% of remaining forests have high ecosystem integrity. *Nature Communications*, 11(1), 5978. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19493-3>
- Greenpeace. (2021). NDC DE MÉXICO DEBEN SER MÁS AMBICIOSOS Y PROGRESIVOS. Greenpeace México. <https://www.greenpeace.org/mexico/noticia/49232/ndc-de-mexico-deben-ser-mas-ambiciosos-y-progresivos>
- Griscom, B. W., J. Adams, P.W. Ellis, R.A. Houghton, G. Lomax, D.A. Miteva, W. H. Schlesinger, et al., (2017). Natural Climate Solutions. *Proceedings of the National*

- Academy of Sciences 114, no. 44 (October 31, 2017): 11645–50. <https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114>.
- Halley, J. M., Monokrousos, N., Mazaris, A. D., Newmark, W. D., & Vokou, D. (2016). Dynamics of extinction debt across five taxonomic groups. *Nature Communications*, 7(1), 12283. <https://doi.org/10.1038/ncomms12283>
- Hansen, M. C., Potapov, P. V, Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., et al., (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Hartmann, H. (2015). Carbon starvation during drought-induced tree mortality—are we chasing a myth?. *Journal of Plant Hydraulics*, 2, e005.
- Heckadon-Moreno, S. (1997). Spanish rule, independence, and the modern colonization frontiers. In *Central America: a natural and cultural history* (ed. A. Coates), pp. 177-214. New Haven: Yale University Press.
- Higgins, P. A. (2007). Biodiversity loss under existing land use and climate change: an illustration using northern South America. *Global Ecology and Biogeography*, 16(2), 197-204.
- Hoegh-guldberg, O., Poloczanska, E. S., Skirving, W., & Dove, S. (2017). Coral Reef Ecosystems under Climate Change and Ocean Acidification. *Frontiers in Marine Science* (Vol. 4). <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00158>
- Hubau, W., Lewis, S. L., Phillips, O. L., Affum-Baffoe, K., Beeckman, H., Cuní-Sanchez, A., et al., (2020). Asynchronous carbon sink saturation in African and Amazonian tropical forests. *Nature*, 579(7797), 80–87. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2035-0>
- Huey, R. B., Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Vitt, L. J., Hertz, P. E., Álvarez Pérez, H. J., & Garland Jr, T. (2009). Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1664), 1939-1948.
- International Energy Agency. (2022). Electricity—Fuels & Technologies, Electricity generation by source [Database by country]. IEA. <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/electricity>
- IPBES. (2018). The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas. Rice, J., Seixas, C. S., Zaccagnini, M. E., Bedoya-Gait.n, M., and Valderrama N. (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 656 pages.
- IPCC. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 4, Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>
- IPCC. (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4_wg1_full_report-1.pdf
- IPCC. (2014) Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

- IPCC. (2016). Meeting Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Expert Meeting on Scenarios [Riahi, K., J.C. Minx, V. Barros, M. Bustamente, T. Carter, O. Edenhofer, C. Field, E. Kriegler, 42].
- IPCC. (2021). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.
- IPCC. (2021b). WGII Sixth Assessment Report. Chapter 12: Central and South America. [].
- IPCC. (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [P.R. Shukla, J. Skeea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926
- IPCC, 2022b: Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- Iturbide, M., Gutiérrez, J. M., Alves, L. M., Bedia, J., Cerezo-Mota, R., Gimadevilla, E., Cofiño, A. S., Di Luca, A., Faria, S. H., Gorodetskaya, I. V., Hauser, M., Herrera, S., Hennessy, K., Hewitt, H. T., Jones, R. G., Krakovska, S., Manzanar, R., Martínez-Castro, D., Narisma, G. T., ... Vera, C. S. (2020). An update of IPCC climate reference regions for subcontinental analysis of climate model data: Definition and aggregated datasets. *Earth System Science Data*, 12(4), 2959–2970. <https://doi.org/10.5194/essd-12-2959-2020>
- Krause-Jensen, D., Lavery P., Serrano O., Marba N., Masque P., Duarte C.M. (2018). Sequestration of macroalgal carbon: the elephant in the Blue Carbon room. *Biol. Lett.* 14: 0180236. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2018.0236>
- Lima, C. H., AghaKouchak, A., & Randerson, J. T. (2018). Unraveling the role of temperature and rainfall on active fires in the Brazilian Amazon using a nonlinear Poisson model. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 123(1), 117–128.
- Losada, I. J., Reguero, B. G., Méndez, F. J., Castanedo, S., Abascal, A. J., & Mínguez, R. (2013). Long-term changes in sea-level components in Latin America and the Caribbean. *Global and Planetary Change*, 104, 34–50. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2013.02.006>
- Malhi, Y., Wood, D., Baker, T. R., Wright, J., Phillips, O. L., Cochrane, T., ... & Vinceti, B. (2006). The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. *Global Change Biology*, 12(7), 1107–1138.

- Managi, S., and P. Kumar. (2018). Inclusive Wealth Report 2018: Measuring Progress Towards Sustainability (New York, NY: Routledge).
- Marengo, J. A., & Espinoza, J. C. (2016). Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: Causes, trends and impacts. *International Journal of Climatology*, 36, 1033–1050.
- Martyr-Koller, R., Thomas, A., Schleussner, C.-F., Nauels, A., & Lissner, T. (2021). Loss and damage implications of sea-level rise on Small Island Developing States. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 50, 245–259. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.05.001>
- McClain, M. E., Victoria, R., & Richey, J. E. (2001). The biogeochemistry of the Amazon Basin (384 pp.). Oxford, UK: Oxford University Press.
- McLaughlin, J., Hellmann, J., Boggs, C. & Ehrlich, P. (2002) Climate change hastens population extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 99, 6070–6074.
- Meinshausen, M., Nicholls, Z. R. J., Lewis, J., Gidden, M. J., Vogel, E., Freund, M., Beyerle, U., Gessner, C., Nauels, A., Bauer, N., Canadell, J. G., Daniel, J. S., John, A., Krummel, P. B., Luderer, G., Meinshausen, N., Montzka, S. A., Rayner, P. J., Reimann, S., ... Wang, R. H. J. (2020). The shared socio-economic pathway (SSP) greenhouse gas concentrations and their extensions to 2500. *Geoscientific Model Development*, 13(8), 3571–3605. <https://doi.org/10.5194/gmd-13-3571-2020>
- Middleton, N., & Thomas, D. (1997). World atlas of desertification. ed. 2. Arnold, Hodder Headline, PLC. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB1997034137>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional de la República Argentina. Argentina.gov.ar. <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Argentina>
- Miranda, A., Lara, A., Altamirano, A., Di Bella, C., González, M. E., & Camarero, J. J. (2020). Forest browning trends in response to drought in a highly threatened mediterranean landscape of South America. *Ecological Indicators*, 115, 106401.
- Mitchard, E. T. A. (2018). The tropical forest carbon cycle and climate change. *Nature*, 559(7715), 527–534. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0300-2>
- MMA. (2021). Con gran participación ciudadana finaliza la consulta pública de la Estrategia Climática de Largo Plazo – Cambio Climático. <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/con-gran-participacion-ciudadana-finaliza-la-consulta-publica-de-la-estrategia-climatica-de-largo-plazo/>
- Moura-Campos, D., Greenspan, S. E., DiRenzo, G. V., Neely, W. J., Toledo, L. F., & Becker, C. G. (2021). Fungal disease cluster in tropical terrestrial frogs predicted by low rainfall. *Biological Conservation*, 261, 109246.
- Murray, V., & Ebi, K. L. (2012). IPCC special report on managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation (SREX). *J Epidemiol Community Health*, 66(9), 759–760.
- Net Zero Tracker. (2022). Net Zero Tracker [Base de datos]. <https://zerotracker.net/>
- Nobre, C. A., Sellers, P. J., & Shukla, J. (1991). Amazonian deforestation and regional climate change. *Journal of Climate*, 4(10), 957–988.

- Olson D.M. and E. Dinerstein. (2002). The Global 200: Priority Ecoregions for Global Conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89, pp. 199-224.
- Olson, D.M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E.D., Burgess, N.D., Powell, G.V.N., Underwood, E.C., Amico, J.A.D., Itoua, I., Strand, H.E., Morrison, J.C., Loucks, J., Allnutt, T.F., Ricketts, T.H., Kura, Y., Lamoreux, J.F., Wesley, W., Hedao, P., Kassem, K.R., 2001. Terrestrial Ecoregions of the World : A New Map of Life on Earth. *Bioscience* 51, 933-938.
- Oppenheimer, M., Glavovic, B. C., Hinkel, J., van de Wal, R., Magnan, A. K., Abd-Elgawad, A., Caj, R., Cifuentes-Jara, M., DeConto, R. M., Ghosh, T., Hay, J., Isla, F., Marzeion, B., Meyssignac, B., & Sebesvari, Z. (2019). Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/08_SROCC_Ch04_FIN_AL.pdf
- Oppenheimer, M., Glavovic, B., Hinkel, J., van de Wal, R., Magnan, A. K., Abd-Elgawad, A., & Sebesvari, Z. (2019). Sea level rise and implications for low lying islands, coasts and communities. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/08_SROCC_Ch04_FIN_AL.pdf
- Pacheco, S., Malizia, L. R., & Cayuela, L. (2010). Effects of climate change on subtropical forests of South America. *Tropical Conservation Science*, 3(4), 423-437.
- Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 637-669.
- Pahalvi, H. N., Rafiya, L., Rashid, S., Nisar, B., & Kamili, A. N. (2021). Chemical Fertilizers and Their Impact on Soil Health BT - Microbiota and Biofertilizers, Vol 2: Ecofriendly Tools for Reclamation of Degraded Soil Environs. In G. H. Dar, R. A. Bhat, M. A. Mehmood, & K. R. Hakeem (Eds.) (pp. 1-20). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61010-4_1
- Pimm, S. L., Jenkins, C. N., Abell, R., Brooks, T. M., Gittleman, J. L., Joppa, L. N., et al., (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science*, Phillips, O. L., Aragão, L. E. O. C., Lewis, S. L., Fisher, J. B., Lloyd, J., López-González, G., & Torres-Lezama, A. (2009). Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science*, 323(5919), 1344-1347. <https://doi.org/10.1126>
- Pörtner, H.O., Scholes, R.J., Agard, J., Archer, E., Arneeth, A., Bai, X., Barnes, D., Burrows, M., Chan, L., Cheung, W.L., Diamond, S., Donatti, C., Duarte, C., Eisenhauer, N., Foden, W., Gasalla, M. A., Handa, C. (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science*, 344(6187). <https://doi.org/10.1126/science.1246752>
- Prakash, S. (2021). Impact of climate change on aquatic ecosystem and its biodiversity: An overview. *International Journal Biological Innovations*, 03(02). <https://doi.org/10.46505/ijbi.2021.3210>
- R. Garreaud, C. Alvarez-Garretón, J. Barichivich, J.P. Boisier, D.A. Christie, M. Galleguillos, C. LeQuesne, J. McPhee, M. Zambrano-Bigiarini. The 2010-2015 mega drought in Central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 2017 (2017)
- Raven, P. H., Gereau, R. E., Phillipson, P. B., Chatelain, C., Jenkins, C. N., & Ulloa Ulloa, C. (2022). The distribution of biodiversity richness in the tropics. *Science Advances*, 6(37), eabc6228. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abc6228>

- Reguero, B. G., Losada, I. J., Díaz-Simal, P., Méndez, F. J., & Beck, M. W. (2015). Effects of climate change on exposure to coastal flooding in Latin America and the Caribbean. *PLoS One*, 10(7), e0133409. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133409>
- Reuters, Spring, J., & Paraguassu, L. (2021). Brazil's Bolsonaro, under U.S. pressure, vows climate neutrality by 2050. Reuters. <https://www.reuters.com/business/environment/bolsonaro-says-brazil-will-reach-climate-neutrality-by-2050-2021-04-22/>
- Reyer, C., Adams, S., Albrecht, T., Baarsch, F., Boit, A., Canales Trujillo, N., Carlsburg, M., Coumou, D., Eden, A., Fernandes, E., Langerwisch, F., Marcus, R., Mengel, M., Mira-Salama, D., Perette, M., Perezniето, P., Rammig, A., Reinhardt, J., Robinson, A., Rocha, M., Sakschewski, B., Schaeffer, M., Schleussner, C., Serdeczny, O. y Thonicke, K. (2015). Climate change impacts in Latin America and the Caribbean and their implications for development. *Reg Environ Change*. DOI 10.1007/s10113-015-0854-6
- Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P. (2020). CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>
- Robillard, C. M., Coristine, L. E., Soares, R. N., & Kerr, J. T. (2015). Facilitating climate-change-induced range shifts across continental land-use barriers. *Conservation Biology*, 29(6), 1586–1595. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/cobi.12556>
- Rogelj, J., Popp, A., Calvin, K. V., Luderer, G., Emmerling, J., Gernaat, D., Fujimori, S., Strefler, J., Hasegawa, T., Marangoni, G., Krey, V., Kriegler, E., Riahi, K., van Vuuren, D. P., Doelman, J., Drouet, L., Edmonds, J., Fricko, O., Harmsen, M., ... Tavoni, M. (2018). Scenarios towards limiting global mean temperature increase below 1.5 °C. *Nature Climate Change*, 8(4), 325–332. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0091-3>
- Ron, S. R., Duellman, W. E., Coloma, L. A., & Bustamante, M. R. (2003). Population decline of the Jambato toad *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Ecuador. *Journal of Herpetology*, 116–126.
- Rorato, A. C., Picoli, M. C. A., Verstegen, J. A., Camara, G., Silva Bezerra, F. G., & Escada, M. I. S. (2021). Environmental Threats over Amazonian Indigenous Lands. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land10030267>
- Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M. & Wall, D.H. (2000) Biodiversity — global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287, 1770–1774.
- SEMARNAT. (2020). Nationally Determined Contributions, 2020 Update. <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/NDC-Esp-30Dic.pdf>
- Senf, C., Pflugmacher, D., Zhiqiang, Y., Sebal, J., Knorn, J., Neumann, M., et al., (2018). Canopy mortality has doubled in Europe's temperate forests over the last three decades. *Nature Communications*, 9(1), 4978. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07539-6>
- Spawn, S. A., Sullivan, C. C., Lark, T. J., & Gibbs, H. K. (2020). Harmonized global maps of above and belowground biomass carbon density in the year 2010. *Scientific Data*, 7(1), 112. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0444-4>

- Tambutti y Gómez. (2022). "Panorama de los océanos, los mares y los recursos marinos en América Latina y el Caribe: conservación, desarrollo sostenible y mitigación del cambio climático", Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/167/Rev.1), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/47737>
- Thorntwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38, 55-98. <https://doi.org/10.2307/2107309>
- Travis, J.M., Delgado, M., Bocedi, G., Baguette, M., Bartoń, K., Bonte, D., Boulangeat, I., Hodgson, J.A., Kubisch, A., Penteriani, V. and Saastamoinen, M., 2013. Dispersal and species' responses to climate change. *Oikos*, 122(11), pp.1532-1540.
- Tilman, D., May, R. M., Lehman, C. L., & Nowak, M. A. (1994). Habitat destruction and the extinction debt. *Nature*, 371(6492), 65-66.
- Trisos, C. H., Merow, C., & Pigot, A. L. (2020). The projected timing of abrupt ecological disruption from climate change. *Nature*, 580(7804), 496-501. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2189-9>
- UNFCCC. (2022). Nationally Determined Contributions Registry. <https://unfccc.int/NDCREG>
- Urban, M. C. (2015). Accelerating extinction risk from climate change. *Science*, 348(6234), 571-573.
- Vicuña, S., L.M. Barranco, C. Berroeta, J.A. Marengo, P. Pacheco, J. Pérez-Fernández, F. Picado, M. Pulido-Velazquez, C.A. Scott, R. Scribano y J. Tomasella. (2020). Recursos Hídricos. En: Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 199-236, ISBN: 9788448621643).
- Weiskopf, S. R., Rubenstein, M. A., Crozier, L. G., Gaichas, S., Griffis, R., Halofsky, J. E., et al., (2020). Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. *Science of The Total Environment*, 733, 137782. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137782>
- Wingenter, O. W., Haase, K. B., Zeigler, M., Blake, D. R., Rowland, F. S., Sive, B. C., Paulino, A., Thyrraug, R., Larsen, A., Schulz, K., Meyerhöfer, M., & Riebesell, U. (2007). Unexpected consequences of increasing CO₂ and ocean acidity on marine production of DMS and CH₂ClI: Potential climate impacts: IMPACT OF OCEAN ACIDITY ON DMS AND CH₂ClI. *Geophysical Research Letters*, 34(5). <https://doi.org/10.1029/2006gl028139>



caf.com
@AgendaCAF
