



ESTUDIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA

Impactos macroeconómicos del cambio climático en América Latina y el Caribe

Revisión de la literatura,
2010-2021

José Eduardo Alatorre
Ignacio Fernández Sepúlveda



NACIONES UNIDAS

CEPAL



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

Deseo registrarme



NACIONES UNIDAS



www.cepal.org/es/publications



www.instagram.com/publicacionesdelacepal



www.facebook.com/publicacionesdelacepal



www.issuu.com/publicacionescepal/stacks



www.cepal.org/es/publicaciones/apps

Impactos macroeconómicos del cambio climático en América Latina y el Caribe

Revisión de la literatura, 2010-2021

José Eduardo Alatorre
Ignacio Fernández Sepúlveda



Este documento fue preparado por José Eduardo Alatorre e Ignacio Fernández Sepúlveda, de la Unidad de Economía del Cambio Climático de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el marco del apoyo a las actividades de la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC) implementadas entre el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) del Gobierno de España y la CEPAL.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa ni con las de la RIOCC.

Publicación de las Naciones Unidas
LC/TS.2022/182
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2022
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.22-00758

Esta publicación debe citarse como: J.E. Alatorre e I. Fernández Sepúlveda, "Impactos macroeconómicos del cambio climático en América Latina y el Caribe: revisión de la literatura, 2010-2021", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2022/182), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Resumen	7
Introducción	9
I. Canales de transmisión del cambio climático	13
A. Salud	13
B. Oferta laboral y niveles de salario	14
C. Productividad laboral, tasas de crecimiento y niveles de PIB	15
D. Rendimientos agrícolas	15
E. Eventos extremos	16
II. Tipos de modelos	21
A. Metodología de abajo para arriba (<i>bottom-up</i>)	21
B. Modelos de evaluación integrada (IAMs)	22
C. Técnicas econométricas	24
1. Modelos de sección cruzada	24
2. Datos panel	25
3. Enfoque híbrido: diferencias de largo plazo (" <i>long-differences</i> ")	25
III. Algunas estimaciones del impacto global del cambio climático	27
IV. Resultados específicos para América Latina y el Caribe	29
A. Burke, M., Hsiang, S., & Miguel, E., 2015: efectos globales no lineales de la temperatura en la actividad económica	29
B. Kahn, M. et al, 2019. Efectos macroeconómicos del cambio climático: un análisis a nivel país	31
C. Swiss Re Institute, 2021. La economía del cambio climático: sin acción, no hay opción	33
V. Impactos para América Latina y el Caribe: análisis sectorial	35
A. El Caribe	36
1. Impactos económicos	36
2. Impactos en agricultura	38

B.	Centroamérica y México	40
1.	Impactos económicos.....	40
2.	Impactos en agricultura	42
C.	América del Sur	45
1.	Impactos económicos.....	45
2.	Impactos en agricultura	46
VI.	Comentarios finales	51
	Bibliografía	53

Cuadros

Cuadro 1	Literatura impactos cambio climático, 2010-2021	17
Cuadro 2	Resumen Variables de Interés América Latina y el Caribe (LAC)	35

Gráficos

Gráfico 1	Mundo: distribución de la temperatura anual de la superficie terrestre por década.....	10
Gráfico 2	América Latina y el Caribe: distribución de las anomalías de temperatura anual de la superficie terrestre por década	10
Gráfico 3	Relación básica entre niveles de temperatura media (°C) y rendimientos cultivos.....	16
Gráfico 4	Fenómenos naturales y variación anomalías de temperaturas (mundo), 1960-2020.....	17
Gráfico 5	Mundo: impactos del cambio climático en el PIB per cápita (escenario RCP 8.5)	27
Gráfico 6	América Latina y el Caribe, 2030, 2050 y 2100: impactos del cambio climático en el PIB per cápita a nivel país (escenario RCP 8.5).....	30
Gráfico 7	América Latina y el Caribe, 2030, 2050 y 2100: impactos del cambio climático en el PIB per cápita (escenario RCP 8.5)	31
Gráfico 8	América Latina y el Caribe, 2030, 2050 y 2100: pérdidas por cambio climático en el PIB per cápita a nivel país (escenario RCP 8.5).....	32
Gráfico 9	América Latina y el Caribe, 2030, 2050 y 2100: pérdidas por cambio climático en el PIB per cápita (escenario RCP 8.5)	32
Gráfico 10	América Latina y el Caribe, 2030, 2050 y 2100: impactos del cambio climático en el PIB per cápita a nivel país (escenario RCP 8.5 incorporando eventos disruptivos).....	33
Gráfico 11	América Latina y el Caribe, 2030, 2050 y 2100: impactos del cambio climático en el PIB per cápita (escenario RCP 8.5 incorporando eventos disruptivos).....	34
Gráfico 12	Pérdida productividad laboral para el Caribe: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006.....	37
Gráfico 13	Pérdidas anuales asociadas a desborde de ríos para el Caribe: cambios relativos, con respecto al año 2020.....	37
Gráfico 14	Pérdidas anuales asociadas a ciclones tropicales para el Caribe: cambios relativos, con respecto al año 2020.....	38
Gráfico 15	Nivel de humedad del suelo para el Caribe: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006.....	39
Gráfico 16	Pérdida de rendimientos en cultivos de maíz para el Caribe: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006.....	39

Gráfico 17	Pérdida de rendimientos en cultivos de arroz para el Caribe: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006.....	40
Gráfico 18	Pérdida productividad laboral para Centroamérica y México: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006.....	40
Gráfico 19	Pérdidas anuales asociadas a desborde de ríos para Centroamérica y México: cambios relativos, con respecto al año 2020.....	41
Gráfico 20	Pérdidas anuales asociadas a ciclones tropicales para Centroamérica y México: cambios relativos, con respecto al año 2020.....	41
Gráfico 21	Nivel de humedad del suelo para Centroamérica y México: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006.....	42
Gráfico 22	Pérdida de rendimientos en cultivos de maíz para Centroamérica y México: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006.....	43
Gráfico 23	Pérdida de rendimientos en cultivos de trigo para Centroamérica y México: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006.....	43
Gráfico 24	Pérdida de rendimientos en cultivos de arroz para Centroamérica y México: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006.....	44
Gráfico 25	Pérdida de rendimientos en cultivos de soya para Centroamérica y México: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006.....	44
Gráfico 26	Pérdida productividad laboral para América del Sur: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006.....	45
Gráfico 27	Pérdidas anuales asociadas a desborde de ríos para América del Sur: cambios relativos, con respecto al año 2020.....	46
Gráfico 28	Pérdidas anuales asociadas a ciclones tropicales para América del Sur: cambios relativos, con respecto al año 2020.....	46
Gráfico 29	Nivel de humedad del suelo para América del Sur: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006.....	47
Gráfico 30	Pérdida de rendimientos en cultivos de maíz para América del Sur: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006.....	47
Gráfico 31	Pérdida de rendimientos en cultivos de arroz para América del Sur: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006.....	48
Gráfico 32	Pérdida de rendimientos en cultivos de soya para América del Sur: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006.....	48
Gráfico 33	Pérdida de rendimientos en cultivos de trigo para América del Sur: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006.....	49
Recuadro		
Recuadro 1	Estudios de impactos a nivel global.....	28
Diagramas		
Diagrama 1	Impactos sobre el sistema climático para América Latina y el Caribe.....	11
Diagrama 2	Dinámica de impactos sobre el bienestar ante aumentos en el nivel de temperatura.....	14
Diagrama 3	Efectos de aumento en el nivel de temperatura sobre el crecimiento de la economía.....	15

Resumen

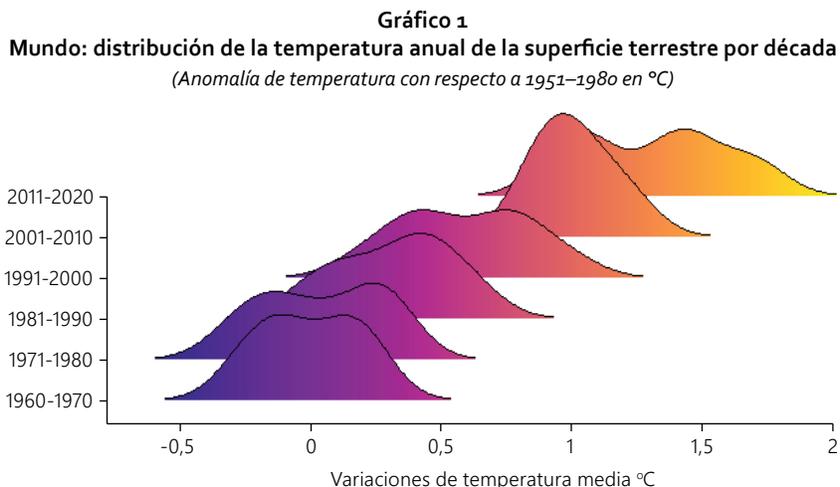
El objetivo de este documento es hacer una revisión sobre la estimación de los impactos económicos del cambio climático para América Latina y el Caribe. Se hace una revisión de la literatura reciente sobre los mecanismos de transmisión del cambio climático en las variables económicas y se realiza una breve descripción de las metodologías más utilizadas para su estimación. El documento presenta tres estimaciones a nivel país y el agregado regional que muestran que los impactos del cambio climático son significativos y, se materializarán, aun cumpliendo las metas climáticas. La revisión también revela escasa evidencia de adaptación ante el aumento de temperatura y la persistencia de sus impactos.

Introducción

Las manifestaciones del cambio climático son cada vez más evidentes, el último reporte del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) no deja dudas sobre el impacto que las actividades humanas están teniendo sobre el sistema climático. Para la década de 2011 a 2020, la temperatura media de la superficie terrestre fue $1,1^{\circ}\text{C}$ superior a la prevaleciente en el periodo 1850–1900, estos aumentos han sido mayores en la superficie continental ($1,6^{\circ}\text{C}$) en relación a la superficie oceánica ($0,9^{\circ}\text{C}$) (IPCC, 2021). Uno de los principales resultados del informe científico de 2021 es que, debido a la inercia del sistema climático, independientemente de las acciones de reducción de emisiones que se realicen en el futuro próximo se espera que la temperatura promedio aumente $1,5^{\circ}\text{C}$ con respecto al periodo preindustrial para mediados de este siglo. De no avanzar de forma acelerada en el proceso de descarbonización profunda, es probable que para mediados de siglo se supere el umbral de 2°C alcanzando hasta los 4°C en 2100 (IPCC, 2021).

El aumento en la temperatura (gráfico 1) trae consigo la mayor frecuencia e intensidad de las temperaturas extremas, olas de calor marinas y precipitaciones intensas, sequías agrícolas y ecológicas en algunas regiones y una mayor proporción de ciclones tropicales intensos, así como la reducción del hielo marino del Ártico, de la capa de nieve y del permafrost.

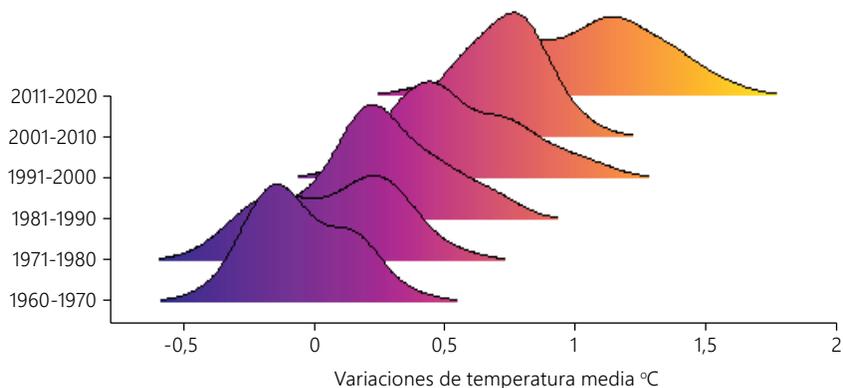
Las distintas manifestaciones del cambio climático afectan y continuarán afectando las actividades humanas impactando en última instancia el bienestar de la población. Conocer los potenciales impactos económicos del cambio climático, además de señalar la urgencia para la acción, ofrece una estimación para la valoración económica de las emisiones de gases de efecto invernadero y ayuda a la identificación de los sectores prioritarios para la adaptación.



Fuente: Elaboración propia en base a FAOSTAT, Climate Change, Climate Indicators, Temperature Change. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/ET>.

En América Latina y el Caribe la temperatura media también ha experimentado un aumento durante las últimas décadas, mostrándose una distribución más dispersa (gráfico 2). Los impactos físicos del cambio climático asociado a los nuevos niveles de temperatura tendrán diversos efectos (diagrama 1), los cuales por supuesto, afectarán tanto el nivel como el crecimiento económico.

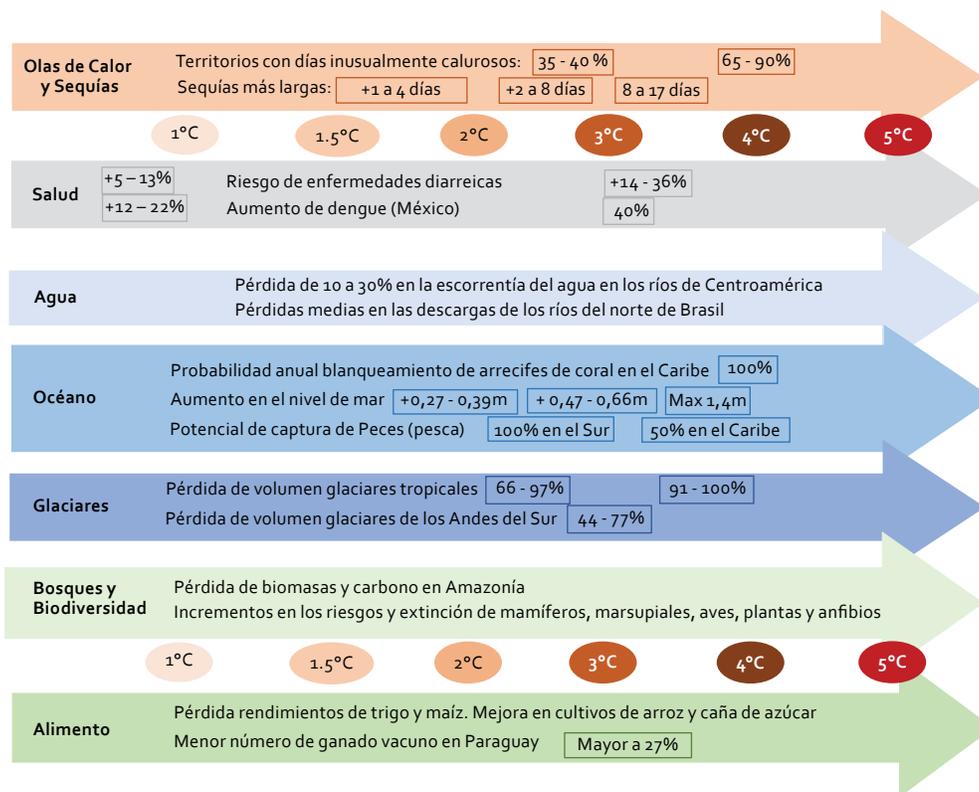
Gráfico 2
América Latina y el Caribe: distribución de las anomalías de temperatura anual de la superficie terrestre por década
(Anomalía de temperatura con respecto a 1951 – 1980 en °C)



Fuente: Elaboración propia en base a FAOSTAT, Climate Change, Climate Indicators, Temperature Change. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/ET>.

Este documento tiene como objetivo hacer una breve revisión de las recientes estimaciones sobre impactos macroeconómicos del cambio climático en América Latina y el Caribe. Se presentan los principales canales de transmisión, las herramientas metodológicas y tipos de modelos utilizados, resaltando sus respectivas fortalezas y debilidades. Este estudio busca contribuir a la discusión de literatura sobre las metodologías y estimaciones de los impactos macroeconómicos del cambio climático en América Latina y el Caribe.

Diagrama 1
Impactos sobre el sistema climático para América Latina y el Caribe



Fuente: Elaboración propia con base en Reyer y otros, 2017.

El documento está estructurado de la siguiente manera. En primer lugar, se discuten los canales de transmisión de las repercusiones del cambio climático hacia la economía, posteriormente se hace una revisión de las principales metodologías para la cuantificación de los impactos económicos del cambio climático. Finalmente, se muestran los resultados para la región.

I. Canales de transmisión del cambio climático

El cambio climático puede afectar a los agentes económicos a través de diferentes canales de transmisión. Ya sea a través del aumento de temperatura o por los cambios que éste genera en el sistema climático. El aumento de temperatura afecta directamente la actividad económica, por ejemplo, a través de sus efectos sobre los rendimientos agrícolas y sobre la productividad y la oferta laboral. Lo cual tendrá repercusiones tanto en el nivel de PIB como en su tasa de crecimiento afectando el potencial de la economía en el largo plazo.

Asimismo, los cambios en el sistema climático tales como el cambio en el patrón de precipitaciones, la pérdida de la cobertura de hielo y glaciares, el alza del nivel del mar, la mayor frecuencia y magnitud de eventos extremos como sequías, incendios, olas de calor, huracanes y tormentas tropicales y la acidificación de los océanos traen consigo los impactos de mayor magnitud sobre la economía y el bienestar de las personas, afectando de forma importante el potencial de desarrollo de los países y regiones.

En este apartado, se hace una revisión de la literatura sobre las consecuencias que el aumento de temperatura y los cambios en precipitación tienen sobre la salud, la oferta y productividad laboral, los rendimientos agrícolas, y sobre la frecuencia de desastres naturales (el cuadro 1 presenta un resumen sobre diferentes estudios). Aunque el efecto de la temperatura sobre las distintas variables será estudiado de manera separada, en la práctica ocurren de forma simultánea impactando negativamente el bienestar de la sociedad. (El diagrama 2 muestra de forma esquemática los distintos canales de transmisión).

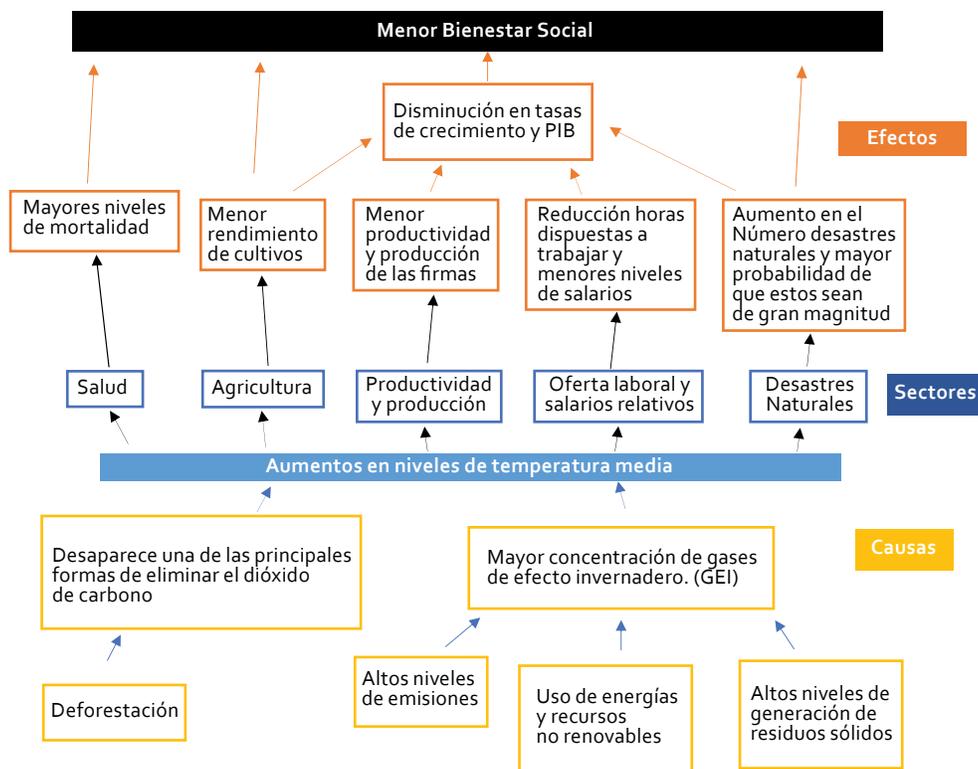
A. Salud

La exposición a altos niveles de temperatura media tiene efectos adversos en términos de salud para la sociedad. Cuando el cuerpo se enfrenta a estas temperaturas, este, utiliza sus reservas de agua y sal para producir sudor. Si las temperaturas elevadas se prolongan por un largo periodo, este mecanismo natural del cuerpo pierde efectividad, teniendo mayor probabilidad de experimentar fiebre, fatiga muscular y en casos extremos consecuencias a nivel cardiovascular, respiratorio y neurovascular (Heal y Park, 2016).

Adicionalmente, existe una relación inversa entre la salud mental y la temperatura, señalando que mayores niveles de temperatura están relacionados con peores niveles de salud mental, aumentando las tasas de suicidios e índices de salud mental auto reportados por los pacientes. (Mullins y White, 2019).

La exposición a niveles altos de temperatura y los cambios en los patrones de precipitación provocan un incremento en las tasas de mortalidad, mayor riesgo de enfermedades diarreicas y de enfermedades causadas por vectores. Deschênes & Greenstone, (2011), estiman que, para Estados Unidos, por cada día adicional al año con temperaturas sobre los 32°C, aumenta 0,11% la tasa anual de mortalidad. Este impacto varía dependiendo de los distintos grupos etarios, siendo los grupos de población más afectados aquellos con edades por debajo de los 5 años y por encima de los 65 (Graff Zivin y Shrader, 2016).

Diagrama 2
Dinámica de impactos sobre el bienestar ante aumentos en el nivel de temperatura



Fuente: Elaboración propia en base a revisión de literatura.

B. Oferta laboral y niveles de salario

La decisión del número de horas de trabajo depende de distintos factores tales como, el tipo de empleo, el tipo de contrato (salario fijo o sujeto al nivel de producción), el nivel de salario, la flexibilidad horaria y la capacidad de adaptación individual. También las condiciones climáticas afectan esta decisión, mayores niveles de temperatura pueden provocar un aumento del salario de reserva (monto mínimo por el cual se está dispuesto a trabajar) de los individuos, por lo cual habría una menor oferta laboral.

Para Estados Unidos existe evidencia de que los días con temperaturas extremas afectan la distribución del tiempo de trabajo de los individuos, en particular, los días con temperaturas alrededor de los 30°C, los trabajadores reducen su oferta laboral en 1 hora, alrededor del 14% de la oferta laboral diaria, siendo la última hora del día laboral la hora en la cual se efectúa la reducción (Graff Zivin y Neidell, 2014). A nivel estatal, también se ha encontrado evidencia de que un aumento de +2°C en la temperatura promedio de un año provoca una reducción de -4,56% en las nóminas de sueldos para los sectores más expuestos, es decir, entre 25-40 millones de trabajadores de los Estados Unidos (Behrer y Park, 2017).

C. Productividad laboral, tasas de crecimiento y niveles de PIB

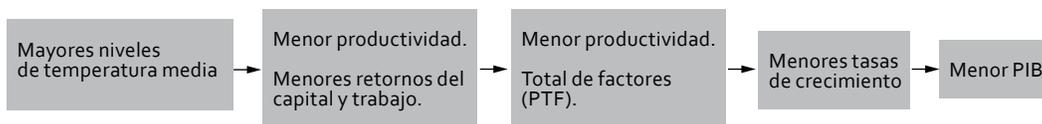
Existe evidencia sobre los efectos del estrés térmico a nivel microeconómico y macroeconómico. Por ejemplo, para el caso de Estados Unidos se estima que en días con temperatura sobre los 25°C la pérdida media de productividad es del orden del 2% por cada grado de temperatura adicional, con comportamientos no lineales (Seppänen, Fisk y Lei-Gomez, 2006). Se ha estimado que el rango de temperatura óptimo para la realización de tareas se encuentra entre los 18°C y 22°C, el cual típicamente es el rango de temperatura de una habitación, desviaciones por sobre o bajo este rango, afectan considerablemente la productividad laboral (Heal y Park, 2016).

Para el caso de la industria automotriz en Estados Unidos, la evidencia sugiere que en una semana con temperaturas sobre los 32°C por más de cinco días, se reduce la producción semanal en un 8% (Cachon, Gallino y Olivares, 2012) Gallino y Olivares, 2012. Para India, por ejemplo, cada grado adicional por sobre los 22°C, reduce 1.8% la productividad laboral en un centro de atención telefónica (Niemelä y otros, 2002).

Estos impactos sobre la productividad a lo largo del tiempo generan un impacto directo en las tasas de crecimiento de las economías y pueden afectarlas negativamente de manera permanente (Cachon, Gallino y Olivares, 2012; Heal y Park, 2016) Gallino y Olivares, 2012; Heal y Park, 2016. Por ejemplo, para el caso de Estados Unidos, para el periodo 1960–2011 las alzas de temperaturas disminuyeron las tasas de crecimiento en un 1,69% (Deryugina & Hsiang 2014). Un estudio a nivel global muestra que los años más calurosos están asociados a menores tasas de crecimiento en los países más pobres (Dell et al., 2012), sin embargo, documentos más recientes muestran que los aumentos de temperatura afectarán negativamente a todos los países, independientemente de su nivel de ingresos (Burke, Hsiang y Miguel, 2015; Kahn y otros, 2019).

El impacto sobre productividad, tasas de crecimiento y PIB, se puede explicar a través de la siguiente lógica:

Diagrama 3
Efectos del aumento en el nivel de temperatura sobre el crecimiento de la economía



Fuente: Elaboración propia en base a revisión de literatura.

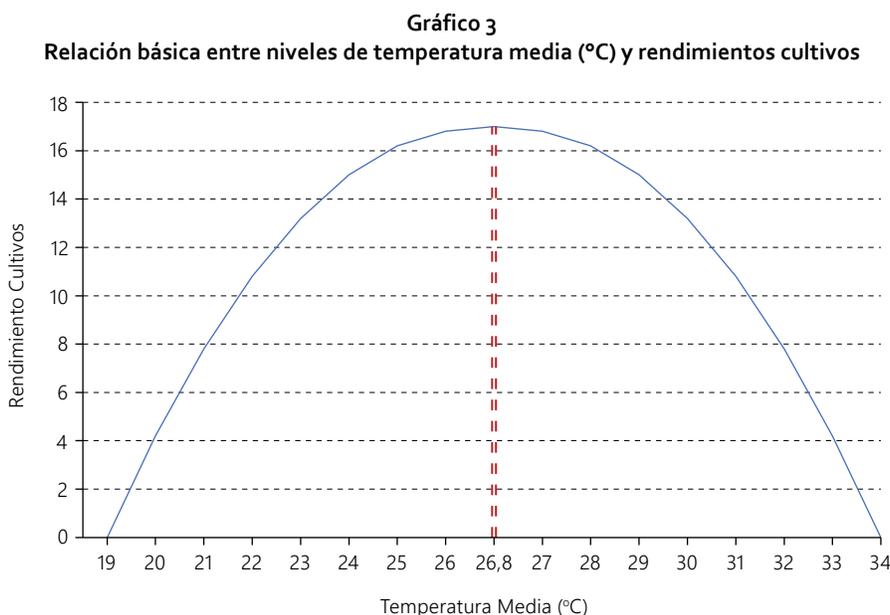
Alzas en niveles de temperaturas medias provocan caídas en productividad, lo cual hace que el retorno tanto del capital como del trabajo sean menores, dado que estos factores son los necesarios para la producción, esta también disminuye. Al ocurrir este fenómeno en distintas industrias de la economía, está a nivel agregado tendrá una menor Productividad Total de Factores (PTF), lo cual provocará menores tasas de crecimiento y por ende menores niveles de PIB.

D. Rendimientos agrícolas

Los impactos climáticos en el sector agropecuario se asocian fundamentalmente a los aumentos de la temperatura, los cambios en los patrones de precipitación y disponibilidad de agua y a la presencia anómala de eventos extremos, así como a la mayor concentración de CO₂ en la atmósfera. La estimación de los impactos debe tener en consideración que la producción o el rendimiento del sector agropecuario también depende de la combinación de la tecnología, el uso de fertilizantes y pesticidas, la irrigación, el suelo, entre otros factores.

Tal como ilustra Stern, (2007b), “La especificación convencional de la identificación de los impactos climáticos sobre la agricultura supone una relación cóncava con los rendimientos, el nivel de producción, o ambos; de este modo, la temperatura o la precipitación estimulan en un inicio el crecimiento de las cosechas para, posteriormente, reducirlo”.

En general para los rendimientos de los cultivos existe un punto de inflexión aproximadamente en los 26.8 °C (ver gráfico 3). Por lo tanto, ante alzas en temperatura, si los países tienen una temperatura media bajo 26.8°C, estos experimentarán mejoras en los rendimientos de algunos cultivos, y viceversa para el caso contrario, países con niveles de temperatura por sobre 26.8°C, experimentarán disminuciones en los rendimientos agrícolas (CEPAL, 2009).



Fuente: Elaboración propia en base a Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2009).

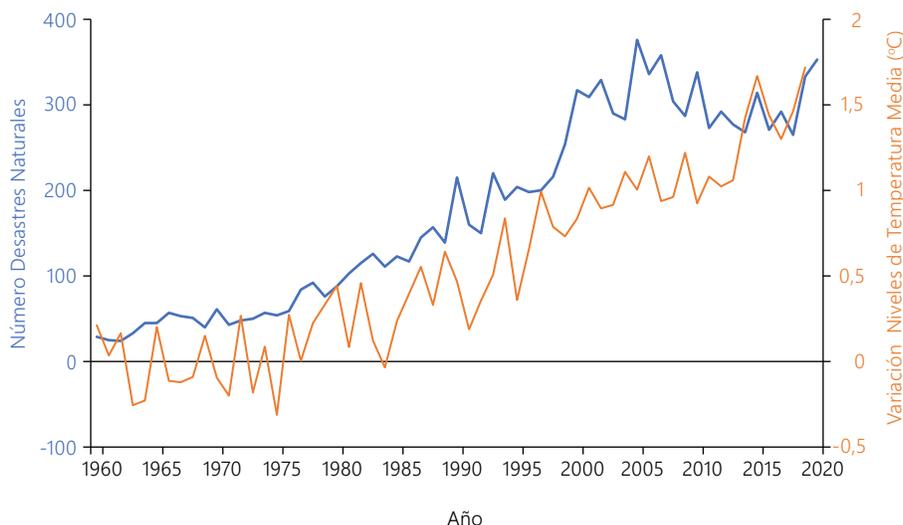
La evidencia señala que variaciones tanto de la precipitación como de la temperatura afectaron negativamente el rendimiento del maíz y al trigo para los EE.UU en un 3,8% y 5,5%, respectivamente, para el periodo de 1980 a 2002 (Lobell, Schlenker y Costa-Roberts, 2011).

También para el caso de India, se asocia una caída del rendimiento de 5,7%, atribuido a las variaciones en temperaturas y de otros factores ambientales (Auffhammer, Ramanathan y Vincent, 2012) thus increasing the risk of drought and flood damage to the country's wet-season (kharif). Para la región de África Subsahariana, se proyecta que para el año 2050 existirá una disminución en los rendimientos de cultivos de maíz en un 22%, y de 17 a 18% al sorgo (cereal), mijo (alimento), yuca y maní (Schlenker y Lobell, 2010). Un resumen de los impactos sobre el sector agrícola puede ser encontrado en López-Feldman (2015).

E. Eventos extremos

Existe evidencia creciente de los cambios observados en fenómenos extremos como olas de calor, fuertes precipitaciones, sequías y ciclones tropicales y su atribución a las actividades humana. Para el futuro se espera un aumento en la frecuencia e intensidad tanto de sequías agrícolas y ecológicas en algunas regiones, como también en la proporción de ciclones tropicales de alta magnitud (IPCC, 2021).

Gráfico 4
Fenómenos naturales y variación anomalías de temperaturas (mundo), 1960-2020



Fuente: Elaboración propia en base a “EM-DAT, The International Disaster Database” y FAOSTAT, Climate Change, Climate Indicators, Temperature Change. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/ET>.

Nota: La base de datos EM-DAT, define como fenómeno natural a un evento que cumpla al menos con uno de los siguientes criterios: 1.- Reporte de 10 o más muertes. 2.- Reporte de 100 o más personas afectadas. 3.- Declaración de estado de emergencia o petición de ayuda internacional. Los fenómenos estudiados en el gráfico contemplan el subgrupo de desastres Hidrológicos y Meteorológicos. Las variaciones de temperaturas corresponden a anomalías de temperatura con respecto a 1951–1980 en °C. Ambas variables son estudiadas para el tramo 1960-2020.

Los eventos extremos generan un impacto inmediato en los habitantes del epicentro del fenómeno, causando muertes y arrasando con viviendas. Lo cual en el mediano plazo puede asociarse a movimientos migratorios.

Ante un evento extremo los países, en general, establecen un plan de ayuda para las familias y negocios afectados. Estas políticas tienen un costo fiscal o privado, por lo cual, dado que los desastres naturales impactan negativamente las tasas medias de crecimiento y niveles de PIB, ello provoca que las economías pequeñas se vean particularmente afectadas.

Son una forma de tener menor probabilidad de sufrir fuertes caídas en las tasas de crecimiento ante eventos de pequeña, mediana y gran intensidad, es poseer planes de acción bien establecidos, tales como alertas tempranas y sistemas de aseguramiento ante eventos extremos. Sumado a mantener bajos niveles de deuda fiscal y estabilidad macroeconómica. (Bayoumi, Quayyum y Das, 2021).

Cuadro 1
Literatura impactos cambio climático, 2010-2021

Autores	Año	Tema	País/Región	Impacto
Acevedo	2016	PIB	América Latina y el Caribe	Escenario RCP ^a (8.5): Impacto de (-22 a -77%) en el PIB al 2100. Escenario RCP (6.0): Impacto de -11-46% en el PIB al 2100.
Ackerman et al	2009	Revisión de limitaciones de Modelos de Evaluación Integrada (IAMs)	-	Revisión de limitaciones Modelos IAMs.
Anttila-Hughes & Hsiang	2012	Salud	Filipinas	Los tifones inducen un aumento de 13% en la ratio de mortalidad infantil.
Auffhammer	2018	Revisión Literatura	-	Revisión Literatura Impactos Cambio Climático.
Auffhammer et al	2012	Agricultura	India	Entre 1966 y 2002, las temperaturas, características lunares y diluvios afectaron en -5,7% el rendimiento de los cultivos de arroz.

Autores	Año	Tema	País/Región	Impacto
Barreca et al	2016	Salud	Estados Unidos	Mayores niveles de inversión en aire acondicionado reduce la mortalidad.
Bayoumi et. al	2021	Desastres Naturales	Mundo	Demuestra que países con planes de acción ante desastres naturales y menor deuda fiscal tienen menores probabilidades de sufrir fuertes caídas en sus niveles de crecimiento ante eventos de pequeña, mediana y gran intensidad.
Behrer y Park	2017	Salarios	Estados Unidos	Un aumento de +2°C en la temperatura promedio de un año provoca una reducción de -4,56% en las nóminas de sueldos para los sectores más expuestos.
Burgess et al.	2014	Salud	India	El aumento de una desviación estándar en la cantidad de días con altas temperaturas implica, un aumento en la tasa de mortalidad de 7,3% para la población de zonas rurales.
Burgess et al	2014	Rendimientos agrícolas	India	El aumento de una desviación estándar en la cantidad de días con altas temperaturas, implican una disminución en el rendimiento de los cultivos de un -12,6%.
Burgess et al	2014	Salarios	India	El aumento de una desviación estándar en la cantidad de días con altas temperaturas, implican una disminución en salarios reales de un -9,8%.
Burke and Emerick	2016	Agricultura	Estados Unidos	Tomando como base con temperaturas promedio equivalentes a 29°C, existe una variación de un -15% en la productividad de las plantaciones del maíz, para el año 2050, equivalente a una pérdida anual de \$6.7 billones.
Burke et. al	2015	Crecimiento	Mundo	Entre 1980 y 2010, las tendencias de T° disminuyeron en 0,002% el crecimiento global. Para el 2100 se prevé una pérdida de 23% del PIB.
Cachon et. al	2012	Nivel de producción	EE. UU.	Semanas con 6 o más días con temperaturas mayores a los 32°C. Reducen la producción semanal en 8%.
Carleton & Hsiang	2010	Crecimiento Económico	Mundo	Los niveles de temperatura pueden disminuir las tasas de crecimiento en -0,28% por año.
Carleton et. al	2021	Mortalidad	Mundo	Las altas temperaturas aumentan los niveles de mortalidad, específicamente de los menores y la población de la tercera edad. El costo del incremento en los niveles de mortalidad generará un costo en de adaptación y mitigación de estos efectos de un (3,2%) del PIB al 2100.
Cevik & Ghazanchyan	2020	Ingresos Industria Turística	Caribe	Para países del Caribe, un aumento de 10% de vulnerabilidad ante el cambio climático, disminuye ingresos de la industria turística un 10 %.
Dell et. al	2012	PIB	Mundo	Disminución en el PIB para países pobres de un -2,04% por cada +1°C sobre la temperatura media.
Dell et. al	2012	Agricultura	Mundo	Disminución de -2,4% en los rendimientos agrícolas por cada +1°C sobre la temperatura media.
Dell et. al	2014	Revisión Literatura	-	Revisión literata sobre canales de impacto de las variaciones en temperaturas en la economía.
Deschênes O.	2014	Revisión Literatura	-	Revisión de literatura.
Deschênes y Greenstone	2011	Salud	Estados Unidos	Un día adicional con temperaturas sobre los 32°C, o menor a los (-6°C) al año, impacta positivamente la mortalidad en 1,1% y 0,75%, respectivamente.

Autores	Año	Tema	País/Región	Impacto
Diffenbaugh & Burke	2019	Crecimiento	Mundo	De la muestra para el (1961-2010), los 18 países que contaminan más de 10 ton CO ₂ per cápita han sufrido impactos económicos de un 27% en promedio. Los 36 países que han emitido entre 10 y 100 ton CO ₂ per cápita han sufrido un impacto en términos económicos de 24%. Y de los 19 países que emiten más de 300 ton de CO ₂ per cápita, 14 han tenido un beneficio de +13%.
Graff, Zivin y Neidell	2014	Oferta Laboral	Estados Unidos	Los días con Temperaturas mayores a 30°C, trabajadores disminuyen su oferta laboral en 1 hora. Representando un 14% de la oferta laboral de aquel día.
Graff, Zivin y Shrader	2016	Salud	Estados Unidos	Mayor mortalidad en personas mayores de 65 años y menores de 5 años.
Heal & Park	2016	Revisión Literatura Impactos Cambio Climático	-	Revisión Literatura Impactos del Estrés Térmico.
Hsiang	2010	Producción no agrícola	América Latina y el Caribe	Veranos con niveles de temperatura promedio por sobre los 29°C, reducen el producto en sectores no agrícolas en (-2,4%/+1°C).
Hsiang	2016	Revisión Herramientas Econométricas para el Cambio Climático	-	Revisión Herramientas Econométricas para el Cambio Climático.
Hsiang y Jina	2014	PIB	Mundo	Ciclones disminuyen en un (-1,27%) la tasa de crecimiento para el tramo [1970-2008].
IMF	2017	PIB	Mundo	Proyección al 2100, escenario RCP (8.5), genera una pérdida de un -9% del PIB para países pobres. Lo cual representa en valor presente del 2017 descontado a una tasa de 1.4%, una pérdida de más de un 100% del nivel del PIB al año 2017.
IMF	2017	PIB	Mundo	Los ciclones afectan negativamente a las Islas y países pequeños en más de un -2%, y al mundo en -1% en pérdidas acumuladas al séptimo año de ocurrido el ciclón.
Jones & Olken	2010	Exportación	Mundo	Niveles de Temperatura sobre la media, reducen las exportaciones en (-2,4%/+1°C).
Kalkuhl & Wenz	2020	PIB	Mundo	Impactos del cambio climático bajo escenario RCP (8.5) afectarán el PIB mundial entre [-7-14%] al 2100.
Kahn et. al	2019	PIB	Mundo	Aumento en niveles de temperaturas anuales de 0.04°C, esto afecta al nivel del pib-per-cápita negativamente en un 7.22 % para el año 2100.
Kolstad & Moore	2020	Revisión Herramientas Econométricas para el Cambio Climático	-	Revisión Herramientas Econométricas para el Cambio Climático
Pindyck	2013	Revisión de limitaciones Modelos IAMs	-	Revisión de limitaciones Modelos IAMs.
Pindyck	2021	Incertidumbres sobre el cambio climático	-	Incertidumbres sobre el cambio climático y como abordar esta situación para elaborar medidas de mitigación.
Roson & Van der Mensbrugge	2012	PIB	Mundo	Pérdida de un -4.6% a nivel global bajo un escenario RCP (8.5) debido a las pérdidas en rendimientos agrícolas.

Autores	Año	Tema	País/Región	Impacto
Schlenker & Lobell	2010	Rendimientos agrícolas	África Sub-Sahariana	Para el año 2050 existirá una disminución en los rendimientos de cultivos de maíz en un 22%, 17% para el sorgo (cereal) y mijo (alimento), 18% para el maní y 17% para la yuca.
Seppänen, Fisk y Lei	2006	Productividad	Estados Unidos	Temperaturas sobre los 25°C, impactan la productividad en (-2%/+1°C).
Sudarshan & Tewari	2014	Productividad	India	En días con temperaturas sobre los 25°C, existe una disminución de productividad de (-2,8%/ +1°C.).
Swiss Re Institute	2021	PIB	Mundo	Se estima que bajo un escenario RCP (8.5) las pérdidas a nivel global serán entre [11-14%]. En el caso del escenario RCP (2.5), las pérdidas serán de un 4% al año 2048.
Zhang et al	2018	Productividad	China	Para la Industria Manufacturera existe una pérdida de un 12% en productividad anual ante mayores niveles de temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

^a Trayectorias de concentración representativas (RCP) (Representative Concentration Pathways (RCPs)): Escenarios que incorporan series temporales de emisiones y concentraciones de la gama completa de gases de efecto invernadero (GEI), aerosoles y gases químicamente activos, así como el uso de la tierra y la cubierta terrestre (Moss y otros, 2008). La palabra representativa significa que cada RCP ofrece uno de los muchos escenarios posibles que conducirían a las características específicas de forzamiento radiativo. El término trayectoria hace hincapié en el hecho de que no solo son de interés los niveles de concentración a largo plazo, sino también el camino seguido a lo largo del tiempo para llegar al resultado en cuestión (Moss y otros, 2010; IPCC, 2018).

Las trayectorias de concentración representativas son cuatro:

RCP 2.6 (Mitigación Agresiva): Emisiones se reducen a la mitad para el 2050. Aumento de temperatura cercano a 2°C al 2100.

RCP 4.5 (Mitigación Fuerte): Emisiones se estabilizan a la mitad de las emisiones de hoy para el 2080. Lo más probable es que para el 2100 haya un aumento de temperatura de aproximadamente 2.4°C.

RCP 6.5 (Algo de mitigación): Emisiones crecen al año 2080 y después caen. Aumento de temperatura cercano a los 3°C al 2100.

RCP 8.5 (Ritmo de crecimiento de emisiones actual): Emisiones continúan incrementándose al nivel de las tasas actuales de crecimiento. Aumento de temperatura por sobre los 3.7°C.

II. Tipos de modelos

En esta sección se presentan las metodologías más utilizadas para la estimación de los impactos del cambio climático. Las tres metodologías más utilizadas son:

- i) Estimaciones de abajo para arriba (*bottom-up*) la cual se basa en estudios de caso de sectores o actividades específicas y agregan los resultados para obtener una visión agregada del impacto sobre la economía.
- ii) Los modelos de evaluación integrada (IAMs por sus siglas en inglés). Esta clase de modelos se utiliza para evaluar los vínculos entre el desarrollo económico, social y tecnológico y la evolución del sistema climático. Además, puede incluir representaciones de los costos asociados a los impactos del cambio climático, pero incluye representaciones menos detalladas de los sistemas económicos. Pueden utilizarse para evaluar los impactos y la mitigación en un marco de costo-beneficio y se han utilizado para estimar el costo social del carbono (IPCC, 2018).
- iii) Modelos de técnicas econométricas. Estima de forma empírica la relación de la variación de la temperatura y precipitación sobre la economía.

Estas tres metodologías no son excluyentes entre sí, de hecho, los estudios de caso pueden aportar información para los IAMs. En siguientes subsecciones se abordarán estas metodologías con el fin de ilustrar sus fortalezas y limitaciones.

A. Metodología de abajo para arriba (*bottom-up*)

En primer lugar, en la aproximación (*bottom-up*), también conocida como aproximación enumerativa (Hsiang, 2016), a través de un proceso inductivo (particular a lo general), define el impacto en la economía dado los factores del cambio climático, como la suma de los efectos en indicadores representativos para los distintos sectores de la economía, es decir, se estima el posible impacto para sectores representativos y la suma de todos ellos nos dice como serán los impactos económicos a nivel agregado.

En este tipo de aproximación la mayor dificultad (desventaja), se encuentra en considerar las covarianzas existentes entre los distintos sectores de la economía para obtener de mejor manera la

distribución de las pérdidas a nivel agregado (Houser y otros, 2015). Ya que hacer estimaciones por sector o actividad tiende a ser costoso, intensivo en datos y, cada sector puede requerir métodos distintos para estimar los impactos, por lo tanto, pueden existir diferencias en el cálculo del impacto agregado.

La mayor ventaja de este enfoque es tener estimaciones sectoriales específicas, tomando en cuenta las diversas variables que determinan las actividades del sector. También permite tener en consideración aquellos sectores no contabilizados en el mercado, tal como la biodiversidad o la salud humana. Este tipo de enfoque fue utilizado en el Informe Stern y los estudios regionales de la economía del cambio climático de la CEPAL (CEPAL, 2009; Stern, 2007a), en los cuales se utilizan diversos métodos cuantitativos para estimar los impactos sectoriales.

B. Modelos de evaluación integrada (IAMs)

Este tipo de modelos fueron los pioneros en explorar la relación entre los efectos del cambio climático y sus impactos económicos. Tienen un rol crucial en el avance de estudios del cambio climático, siendo un gran apoyo para la estimación del precio social del carbono necesarias para la toma de decisiones de políticas de mitigación (Hope, 2020). Hay dos formatos de IAMs: los modelos de evaluación de políticas y los modelos de optimización. Los primeros simulan los efectos físicos, ecológicos o económicos de una política climática propuesta de forma exógena. En la segunda categoría, el modelo busca la política climática óptima de forma endógena a través de la maximización del beneficio o la minimización de los costos (Pearson, 2011).

Los IAMs de optimización tienen un modelo estándar de crecimiento económico acoplado a un modelo de ciclo de carbono y un modelo climático. En primer lugar, el modelo vincula a la economía con el sistema climático y, en segundo lugar, se establecen los impactos de los cambios del sistema climático sobre la economía. Este último vínculo se realiza mediante la construcción de una función de daño (impacto), la cual incorpora una medida del bienestar o nivel de utilidad de la sociedad (ya sea el ingreso o el consumo per cápita) y una función que represente los costos de reducción de emisiones. Utilizando la economía como determinante y simulando diversas medidas de política climática se estiman diversas sendas de emisiones que afectan el nivel de temperatura, el cual afecta el bienestar a través de la función de daño (Swiss Re Institute, 2021).

Siete de los IAMs más conocidos (Gillingham y otros, 2015) y utilizados con mayor frecuencia, son:

- i) El modelo DICE (Dynamic Integrated model of Climate and the Economy) desarrollado por Nordhaus, es un modelo global que considera al mundo como una sola región. Aborda los impactos del cambio climático tomando en cuenta para su función de impacto las alzas en temperatura media, el producto global, los niveles de emisiones, y la concentración de CO₂ permitiendo así estimar los impactos sobre el PIB y el costo social de carbono. (Nordhaus, 2008; Nordhaus y Boyer, 2000).
- ii) El modelo FUND (Climate Framework for Uncertainty, Negotiation, and Distribution), desarrollado por Richard Tol (1997), su versión más actual es la correspondiente a Waldhoff et. al (2014). Este modelo divide al mundo en dieciséis regiones, toma en cuenta para la función de impacto de cada una de ellas, los niveles de población, tecnología, emisiones, desarrollo económico, química atmosférica y nivel del mar. Es un instrumento muy útil para las políticas de mitigación, ya que permite realizar los análisis costo-beneficio y costo-efectividad.
- iii) El modelo PAGE (Policy Analysis of the Greenhouse Effect), desarrollado en su versión más actual por Hope (2011). Desagrega el mundo en ocho regiones, toma en cuenta variables económicas, el nivel del mar, la ocurrencia de desastres naturales y los niveles de concentración de CO₂. Es muy útil para estimar los costos de políticas de mitigación y de adaptación como consecuencias del cambio climático.

- iv) El modelo GCAM (Global Assessment Model), desagrega la economía global en 14 regiones geopolíticas que interactúan entre sí. Toma como principales variables la agricultura, el uso de suelo y los sistemas de energía. Permite proyectar precios de equilibrios en los mercados energéticos y agrícola.
- v) El modelo MERGE (Model for Evaluating Regional and Global Effects of greenhouse gas reduction policies). Es aplicado para el mundo, desagregado en 9 regiones. Está conformado por el nivel de actividad económica local e internacional, los gases de efectos invernadero (GEI) derivados del sector energético y los GEI derivados del sector no energético. Enfatiza en desagregar estas variables según los distintos componentes endógenos que pueden afectarlas, para luego proyectar su comportamiento, lo que permite obtener posibles costos de adaptación al cambio climático. (Gillingham y otros, 2015).
- vi) El modelo WITCH¹ (World Induced and Technical Change Hybrid). La versión más actualizada es desarrollada por Emmerling et al., (2016). Es aplicado a escala global, desagregado para diecisiete regiones. Se centra en analizar la toma de decisiones del nivel óptimo de inversión en niveles de tecnología e innovación, lo cual, al desarrollar nuevos conocimientos, permite desarrollar modelos más sostenibles que interactúan mitigando las emisiones en el tiempo. Supone que cada economía resuelve un problema de maximización de crecimiento de Ramsey, donde se debe resolver el problema de optimización racional de nivel de ahorro en períodos intertemporales. Este modelo permite supervisar las estrategias interactivas de cada región dadas las distintas externalidades generadas por los niveles de inversión de cada una.
- vii) El modelo MAGICC (Model for the Assessment of Greenhouse Gas Induced Climate Change). Su versión más actual es el MAGICC². Puede ser aplicado tanto a nivel global como regional. Este modelo permite proyectar distintos escenarios de respuestas climáticas utilizando como insumos el ciclo del carbono, los niveles de concentraciones de CO₂, y niveles de emisiones, entre otras variables.

Estos siete modelos ilustran, la gran flexibilidad, diversidad de variables, sectores y formas de estimación posibles en los IAMs. Estas características constituyen la principal ventaja de este tipo de modelos (Weyant, 2017).

Los puntos débiles de los IAMs se asocian con los parámetros y funciones que incorporan, y son un determinante fundamental de los resultados (Pindyck, 2013). Los IAMs incorporan al menos tres parámetros: primero, la sensibilidad climática, que explica el aumento de temperatura frente al aumento de las concentraciones de emisiones (en particular, una duplicación de la concentración y el cambio de temperatura en relación al nivel prevaleciente antes de la revolución industrial); la tasa de descuento; y un parámetro que relaciona el cambio de temperatura con los daños en términos monetarios (Pearson, 2011).

Tanto el parámetro de sensibilidad climática como la tasa de descuento involucran altos niveles de incertidumbre. La sensibilidad climática está sujeta a varios canales de retroalimentación que determinan tanto la magnitud como la velocidad de los cambios. En términos de la tasa de descuento, existen dos principales enfoques, el descriptivo y el prescriptivo; el primero toma la tasa marginal de retornos a la inversión del mercado y la segunda establece una tasa de descuento que involucra consideraciones éticas y evidencia conductual (Pearson, 2011). La diferencia entre estos dos enfoques es crucial ya que ofrecen diversas estimaciones del precio social del carbono y, por tanto, diversos niveles de abatimiento óptimos, desde los muy laxos hasta los más taxativos. Desafortunadamente no hay regla objetiva que permita discriminar entre los enfoques. Finalmente, está el tema de la función de daño que especifica la relación entre la economía y el aumento de temperatura: ésta toma la forma presentada en la ecuación (1) o alguna variación de esta.

¹ Más información sobre la construcción y posibles usos, se puede encontrar en el sitio web del modelo WITCH. Disponible aquí: <https://www.witchmodel.org/>.

² Más información sobre la construcción y posibles usos, se puede encontrar en el sitio web del modelo MAGIC. Disponible aquí: <http://www.magicc.org/>.

$$D_t = \frac{1}{a_0 + a_1 T + a_2 T^2} \quad (1)$$

Esta forma funcional se seleccionó de forma arbitraria y no tiene fundamento empírico. Es de esta función al respecto de la cual no existe prácticamente información (Pindyck, 2013).

Otra debilidad de los modelos IAMs es la incorporación de eventos catastróficos, aunque este problema ha sido abordado a través del escalamiento de los daños del modelo (Swiss Re Institute, 2021).

El problema de incertidumbre y falta de evidencia empírica se han abordado mediante la realización de simulaciones Monte Carlo. No obstante, Pindyck (2015) argumenta que estas simulaciones no tienen utilidad, ya que no permiten solucionar el problema de la arbitrariedad de la función de daños. (Si no se conoce cómo A afecta a B, entonces realizar simulaciones de Monte Carlo sobre cómo A afecta a B, no aporta información valiosa).

C. Técnicas econométricas

Frente a las dificultades encontradas tanto en los enfoques *bottom-up* como en los modelos IAMs, los modelos econométricos buscan establecer de forma empírica los efectos causales entre variables climáticas y crecimiento económico. Los estudios pueden categorizarse dependiendo de la estructura de la información en (Auffhammer, 2018; Dell, Jones y Olken, 2014; Hsiang, 2016; Kolstad y Moore, 2020).

- Análisis de sección cruzada, en el cual se tiene información para varios individuos, empresas o países para un momento específico.
- Análisis con datos panel, consiste en observaciones para varios individuos, empresas o países en dos o más momentos en el tiempo (días, meses o años).
- Enfoque híbrido: diferencias de largo plazo ("long-differences"), mide la evolución de las variables para el mismo conjunto de individuos o sectores, con observaciones separadas por largos períodos de tiempo, permitiendo así controlar por factores idiosincráticos, temporales y locales.

1. Modelos de sección cruzada

Los modelos de sección cruzada permiten identificar el efecto de las variables climáticas sobre el crecimiento económico, los rendimientos agrícolas u otra variable de interés, al controlar por las diferencias atribuida a las características observables específicas del individuo, empresa, población o sector tales como; las características geográficas, como por ejemplo el grado de inclinación y rugosidad del terreno; los factores de la producción; y los insumos utilizados.

La forma funcional estándar para este tipo de modelos son (Dell, Jones y Olken, 2009; Dell, Jones y Olken, 2014; Hsiang, 2016):

$$y_i = \alpha + C_i \beta + X_i \gamma + \varepsilon_i \quad (2)$$

Donde y_i es el crecimiento del PIB, los rendimientos agrícolas u otra variable de interés para el individuo i , las observaciones corresponden a un mismo periodo de tiempo; α es la constante; X_i es una matriz de variables de control; γ es un vector coeficientes asociados a las variables observables X_i ; ε_i es el término de error; β son los estimadores de interés, es decir, un vector de coeficientes que describen el efecto marginal de las variables climáticas C_i sobre la variable de interés.

Una aplicación de este enfoque son los modelos ricardianos de sección cruzada, los cuales estiman los impactos de la temperatura y la precipitación sobre el valor de la tierra o los ingresos netos (Mendelsohn, 2009; Mendelsohn, Nordhaus y Shaw, 1994). El modelo ricardiano tiene como hipótesis

básica que el valor de la tierra se puede derivar de su valor de venta el cual se asocia a su contribución a la productividad a perpetuidad, por lo que las rentas de la tierra reflejan su productividad. Así, este modelo determina la productividad neta agrícola como función de variables climáticas, económicas y de calidad del suelo con base en información de series de sección cruzada. En este sentido, aprovecha la variación aleatoria del clima para estimar su impacto en las ganancias de la agricultura.

La aproximación de sección cruzada tiene la desventaja de ser vulnerable a posibles errores por omisión de variables relevantes, así como no contemplar efectos dinámicos.

2. Datos panel

Usar datos panel tiene la ventaja de tener información para diversos agentes en distintos momentos de tiempo. La ecuación a estimar es la siguiente (Hsiang, 2016):

$$y_{it} = \alpha_i + C_{it}\beta_{DP} + X_{it}\gamma + \theta_t + \varepsilon_i \quad (3)$$

Donde y_{it} es el crecimiento del PIB, rendimientos agrícolas u otra variable de interés para el individuo, en el período t ; α_i representa un efecto fijo que absorbe los efectos de todos aquellos factores, que invariantes en el tiempo, difieren entre los individuos o sector geográfico (i); θ_t es un efecto fijo de tiempo (t), que previene cualquier tendencia común que exista en los datos, de esta manera permite que las relaciones de interés sean atribuidas a las diferencias en el vector de variables climáticas C_{it} para los diferentes sectores geográficos (i) (Dell, Jones y Olken, 2014).

La mayor ventaja de esta metodología es que permite controlar por los factores no observables entre unidades poblaciones a comparar, lo cual minimiza la posibilidad de caer en un error de variables omitidas. Cabe destacar que, de todas formas, existe la posibilidad de que haya errores de variables omitidas si existe algún evento específico que altere los datos y correlacione con C_{it} o X_{it} , después de condicionar por θ_t . (Dell, Jones y Olken, 2014).

La principal desventaja de este modelo se encuentra en que puede ser muy eficiente para captar efectos en el corto plazo, pero no así en el largo plazo. A modo de ejemplo, este modelo captura las respuestas de los agricultores al mal tiempo en el corto plazo, como una menor aplicación de fertilizante en un año más seco, pero no para el largo plazo, como la instalación de infraestructura de riego (Auffhammer, 2018).

3. Enfoque híbrido: diferencias de largo plazo ("long-differences")

Este enfoque, toma las diferencias entre el producto, el clima y el vector de observables que afecten el clima, toma la comparación de sección cruzada de los cambios en estas variables a través del tiempo. La cual para los dos periodos de observaciones τ_1 y τ_2 se implementa como una regresión, de la siguiente forma planteada por Hsiang (2016):

$$Y_{i\tau_2} - Y_{i\tau_1} = \alpha_i + (c_{i\tau_2} - c_{i\tau_1})\beta_{EH} + (x_{i\tau_2} - x_{i\tau_1})\gamma + \varepsilon_i \quad (4)$$

Donde α_i representa los cambios seculares en la variable de interés (PIB, rendimientos, productividad) Y_i a través del tiempo; β_{EH} representa el grado en el cual las tendencias del clima están correlacionadas a lo largo del período de tiempo con las tendencias en Y . Regularmente τ_1 y τ_2 , se encuentran separados por un período de tiempo considerable (décadas), para así poder obtener los efectos estadísticos de la variación media de las variables climáticas sobre el promedio de la variable Y_i en el mediano-largo plazo (Kolstad y Moore, 2020).

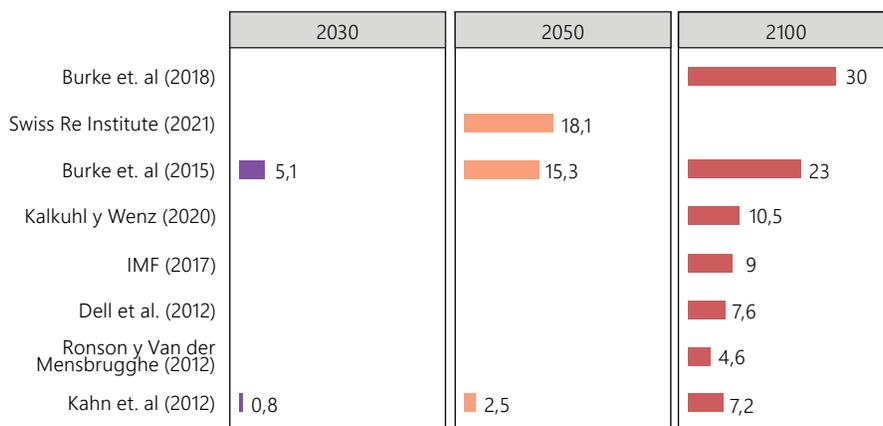
Este tipo de enfoque ha sido utilizado en la literatura para testear los efectos de las variaciones climáticas en los niveles de crecimiento (Dell et al., 2012) y rendimiento de los cultivos (Burke y Emerick, 2016; Moore y Lobell, 2015).

El beneficio de esta estrategia es que permite medir el aumento paulatino de la variable climática c a lo largo de grandes periodos de tiempo. La debilidad, es que se requiere asumir que cumple los supuestos de sección cruzada. (Hsiang, 2016).

III. Algunas estimaciones del impacto global del cambio climático

Existen diversas estimaciones recientes del impacto económico del cambio climático que generalmente hacen uso de las metodologías presentadas en la sección anterior. En este apartado se presentan estimaciones del impacto global del cambio climático para diversos estudios reportados en la literatura (gráfico 5). Los impactos estimados difieren en el horizonte temporal, la mayoría incluye estimaciones a 2100. La evidencia muestra que, en un escenario con altas emisiones, los efectos del cambio climático sobre el PIB per cápita van desde el 4.6% a 30%. Las estimaciones para 2030 ya muestran una pérdida de entre 0.8% y 5% del PIB per cápita. Los detalles de cada estudio se pueden revisar en el recuadro 1.

Gráfico 5
Mundo: impactos del cambio climático en el PIB per cápita (escenario RCP 8.5)
(Porcentaje del PIB per cápita sin cambio climático)



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Burke et. al (2018), Burke et. al (2015), IMF (2017), Dell et al. (2012) y Khan (2019) estiman impactos sobre PIB per cápita; Swiss Re Institute (2021), Ronson & Van der Mensbrugge (2012) y Kalkuhl & Wenz (2020) estiman los impactos sobre el PIB; Para el estudio de Swiss Re Institute (2021), se considera la estimación para el escenario RCP (8.5) x10; Para Kalkuhl & Wenz (2020) se muestra la media del de impacto para el intervalo 7-14%; Para IMF (2017) el impacto considera solo a los países de bajos ingresos.

Recuadro 1 Estudios de impactos a nivel global

Burke et al (2018). Muestra como los efectos económicos e impactos sociales, bajo el escenario de un aumento de 2°C son mucho mayores en relación con un escenario de 1.5°C. Adicionalmente, proyecta para distintos escenarios de aumentos de temperatura los impactos que se tendrán sobre el nivel de PIB per cápita al 2100, considerando variaciones en precipitaciones, temperaturas, posibles tendencias lineales y cuadráticas en las observaciones, efectos fijos por país y shocks globales.

Swiss Re Institute (2021). Realiza una proyección sobre los niveles de PIB per cápita para el año 2048. Se considera la posibilidad de que existan situaciones extraordinarias (incertidumbre) que puedan afectar de manera no-lineal las proyecciones. En el estudio a cada escenario RCP, se le agrega la variable RCP x5 y RCP x10, lo cual hace referencia a posibles shocks o desviaciones en la estimación que puedan afectar al nivel de PIB de manera abrupta

Kalkuhl & Wenz (2020). Analiza la pérdida en el Producto Regional Bruto (PRB) para más de 1500 regiones y 77 países. Utiliza estimaciones del tipo sección cruzada, datos panel y diferencias de largo plazo para estimar como se ven afectados los niveles de productividad y producción.

IMF (2017). Estima que el cambio climático tiene efectos significativos y permanentes en el nivel de producto, pero no así en las tasas de crecimiento. Siendo los países de bajos ingresos, los más afectados.

Dell et al (2012). Encuentran tres principales resultados. El primero, temperaturas altas reducen sustancialmente el crecimiento económico en países pobres. Segundo, temperaturas altas pueden reducir los ratios de crecimiento (destrucción de capital), no solo reducir el nivel al cual se crece. Tercero, temperaturas más altas tienen un amplio rango de efectos. Afectando los niveles de agricultura, sectores industriales y estabilidad política. Para las economías más pobres se estima que un aumento de 1°C al año reduce en un 1.3% el PIB. Para países ricos, no se encuentra un impacto tan grande ni claro.

Burke et al. (2015). Encuentra una relación no lineal en torno a los aumentos de temperatura y sus impactos en la sociedad y en variables macroeconómicas (inclusive en países ricos. Se encuentra que la evidencia es válida sectores agrícolas como no-agrícolas. Se efectúa una proyección en torno a como los aumentos de temperatura disminuyen la productividad y afectan por una serie de canales el crecimiento económico comparado con un escenario sin efectos del cambio climático. Los resultados sugieren, bajo un escenario RCP 8.5, que el calentamiento global afectará a la economía global reduciendo el PIB Agregado en un 23% para el año 2100, aumentando de manera sustancial los niveles de desigualdad.

Ronson & Van der Mensbrugge (2012). En base a un modelo IAM, analizan los efectos de los principales canales de impacto económicos del cambio climático. Considera los rendimientos agrícolas, niveles de salud, costos asociados al aumento del nivel del mar y la pérdida en productividades laborales. Sus resultados, indican una disminución de un 4.6% del PIB al 2100, causado en un 76% por la menor productividad laboral.

Kahn et al (2019). Desarrolla un modelo estocástico de crecimiento. El cual está elaborado para que el factor trabajo este afectado por las desviaciones en temperaturas para cada país. Luego de testear para 174 países en el tramo [1960-2014], encuentran que el nivel de PIB per cápita se ve afectado de forma negativa a por temperaturas mayores o menores que sus niveles históricos.

Fuente: Elaboración propia en base a Burke et al. (2018), Swiss Re Institute (2021), Kalkuhl & Wenz (2020), IMF (2017), Dell et al (2012), Burke et al. (2015), Ronson & Van der Mensbrugge (2012), Kahn et al (2019).

IV. Resultados específicos para América Latina y el Caribe

En esta sección se presentan tres resultados de impactos agregados para la región. La selección de estudios estuvo en función de dos factores: la disponibilidad de los resultados por países de la región y que las estimaciones fueran relativamente recientes (posteriores a 2009). Bajo estas condiciones, los resultados presentados se basan en tres estudios: Burke et al (2015), Kahn et al. (2019) y Swiss Re Institute (2021). Los dos primeros usan datos panel para sus estimaciones y el tercer estudio utiliza los resultados de un IAM aumentado para capturar factores de incertidumbre como interrupción de la cadena de suministro y comercio, migración y biodiversidad.

A. Burke, M., Hsiang, S., & Miguel, E., 2015: efectos globales no lineales de la temperatura en la actividad económica

Este estudio intenta reconciliar la evidencia de impactos micro con los impactos macro. Los autores muestran que en general se encuentra evidencia a nivel micro de efectos no lineales de la temperatura sobre variables como los rendimientos de los cultivos, la oferta laboral y la productividad, donde pasado un punto de temperatura óptimo cualquier aumento de temperatura afecta negativamente la productividad.

El estudio incorpora información de 166 países para el periodo de 1960 a 2010, y la especificación no hace comparación entre países sino busca comparar al mismo país para diversos momentos del tiempo. Los autores encuentran una relación no lineal entre temperatura y crecimiento, donde el crecimiento decrece a partir de temperaturas mayores de 13°C. Esto es independiente de si los países son ricos o no y de si las actividades son agrícolas o no. Los países con menores ingresos presentan mayores impactos debido a que se encuentran en regiones donde la temperatura es, en promedio, más alta que en países con mayores niveles de ingreso.

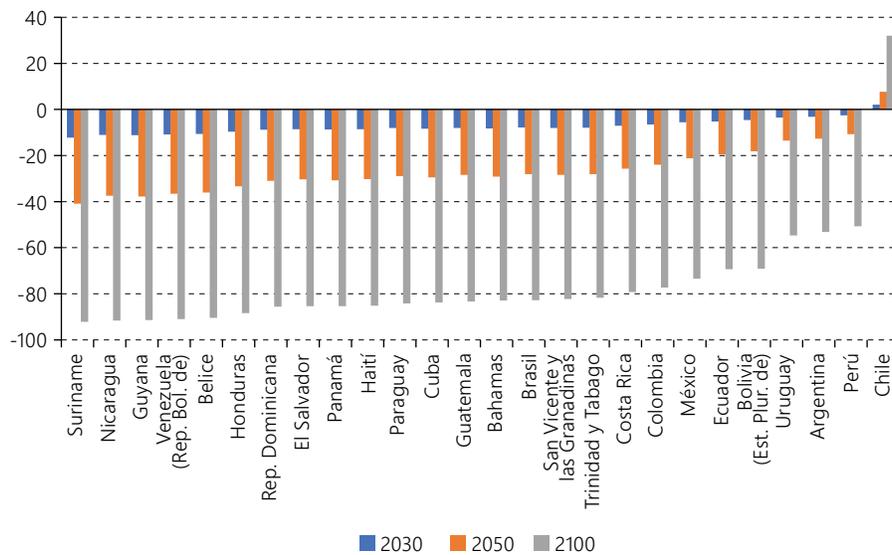
El estudio no encuentra evidencia de que los países que experimentan pérdidas recuperen sus tasas de crecimiento, por lo que no hay evidencia de adaptación significativa desde 1960, esto sugiere que la adaptación al cambio climático puede ser más difícil de lo que se esperaba. Entonces el cambio climático tendrá impactos independientemente de la riqueza, tecnología y experiencia.

A partir de sus estimaciones y tomando un escenario extremo de cambio climático (RCP 8.5), los resultados a nivel global, ponderados por población, muestran una pérdida del 23% del PIB per cápita, a 2100. Los resultados son mayores a estimaciones de estudios previos, y los escenarios muestran que las pérdidas globales exceden el 20% con una probabilidad de entre 0.44 y 0.87. Esto implica que el cambio climático puede afectar la desigualdad global porque los países más pobres, actualmente más cálidos, sufrirían las mayores pérdidas de crecimiento.

A partir de sus resultados, los autores estiman una función de pérdida empírica (véase ecuación 1) y valoran que los costos son entre 2.5 - 100 veces mayores que las estimaciones previas de 2°C.

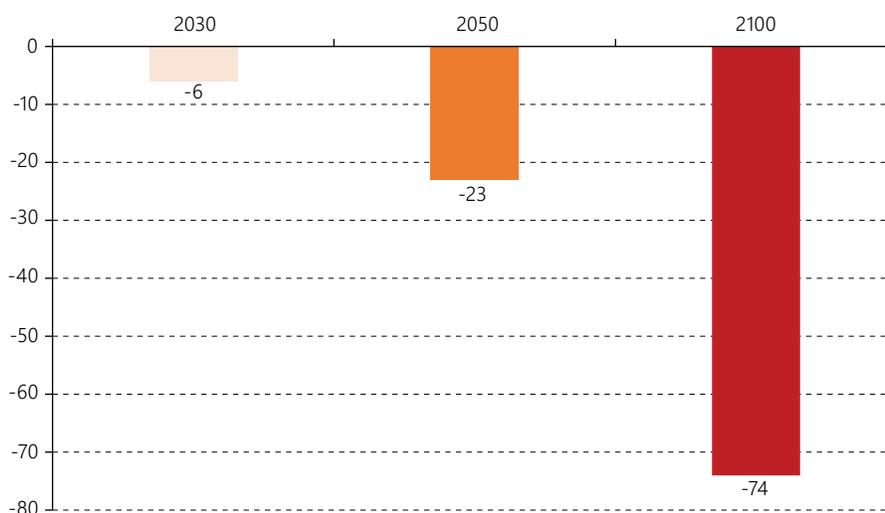
Para el caso de América Latina y el Caribe, el estudio incluye 26 países. Los impactos agregados por población son de 6.3% para 2030, 23% para 2050 y de 74% en 2100 (gráfico 6 y 7). Los impactos son heterogéneos entre países reflejando su distancia con respecto a la temperatura óptima y los escenarios de aumento de temperatura. Los impactos aumentan de forma importante con el aumento de temperatura, pero, sin embargo, ya son significativos para varios países en 2030 alcanzando el 10%.

Gráfico 6
América Latina y el Caribe, 2030, 2050 y 2100: impactos del cambio climático en el PIB per cápita a nivel país (escenario RCP 8.5)
(Porcentaje del PIB per cápita sin cambio climático)



Fuente: Elaboración propia en base a Burke et al. 2015.

Gráfico 7
América Latina y el Caribe, 2030, 2050 y 2100: impactos del cambio climático
en el PIB per cápita (escenario RCP 8.5)
(Porcentaje del PIB per cápita sin cambio climático)



Fuente: Elaboración propia en base a Burke et al. 2015.

B. Kahn, M. et al, 2019. Efectos macroeconómicos del cambio climático: un análisis a nivel país

Este documento intenta mejorar las aportaciones previas sobre el impacto macroeconómico del cambio climático a través de una nueva metodología. Los autores consideran que:

- Los estudios anteriores se basan en especificaciones de sección cruzada en los cuales no hay efectos dinámicos y está sujeto a problemas de endogeneidad (el crecimiento provoca cambio climático y el cambio climático afecta al crecimiento).
- Los efectos fijos en el panel están sesgados a la baja ya que las variables no son estrictamente exógenas (ver punto anterior). El estimador de efectos fijos está sesgado para T pequeños y $N > T$.
- Realizar una regresión de la tasa de crecimiento del PIB y la temperatura y temperatura al cuadrado no es adecuado si la temperatura es integrada de orden uno, $I(1)$ y está sujeto a la crítica de la regresión espuria.
- Finalmente, las estimaciones anteriores no están basadas en un modelo teórico que relacione productividad y clima.

Para corregir este problema los autores sugieren:

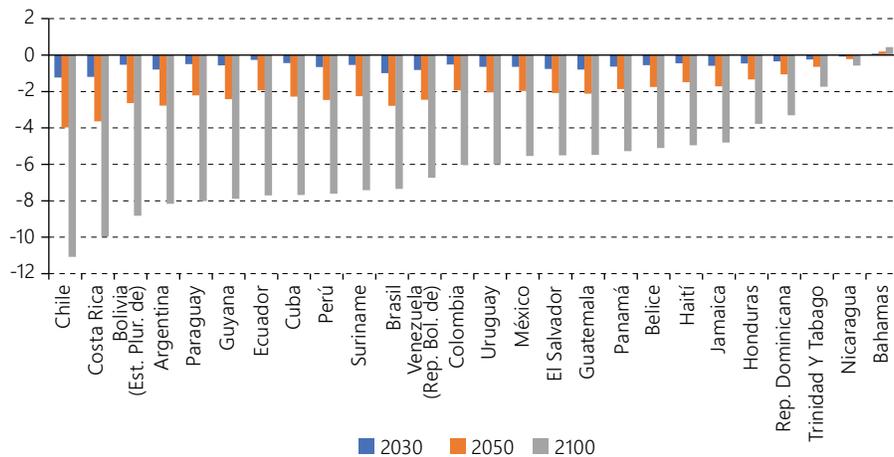
- Desarrollan un modelo estocástico para N países con tecnología similar y distintos climas en el cual las desviaciones de las normas climáticas tengan efectos diferenciados en el crecimiento.
- Establecer una especificación para estimar los efectos de largo plazo.
- Utilizar un estimador *half-panel Jackknife FE* para evitar el sesgo del estimador efecto fijos.

Incorporando información de 174 países para el periodo 1960–2014, los autores encuentran que, aun cumpliendo con el Acuerdo de París (similar al escenario RCP 2.5), el PIB per cápita se reduciría en 1% al 2100 y bajo el escenario RCP 8.5 se reduciría en un 7%. Los impactos son significativos, independientes del nivel de ingreso de los países afectando a todos los países de forma negativa. Así, un aumento persistente

de temperatura de 0.01°C por encima de su promedio histórico, reduce el crecimiento del PIB per cápita en 0.058 puntos porcentuales al año en el largo plazo. Estos resultados difieren por país según la variabilidad de la temperatura con respecto a su promedio histórico, siendo los países que experimentan mayores desviaciones con respecto a la norma climática los más afectados. Un punto importante es que el escenario de referencia es aquel en que la temperatura aumenta a su velocidad tendencial del período 1960–2014.

Para el caso de América Latina y el Caribe, el estudio incorpora 27 países, para los cuáles el impacto del cambio climático sobre su PIB per cápita es del orden de 0.8% en 2030, alcanzando el 6.7% en 2100 (gráfico 8 y 9). A diferencia del estudio de Burke et al. (2015) en este estudio todos los países presentan pérdidas (con excepción de Bahamas donde los autores encuentran efectos no significativos), donde Sudamérica y Centroamérica serían las regiones más afectadas.

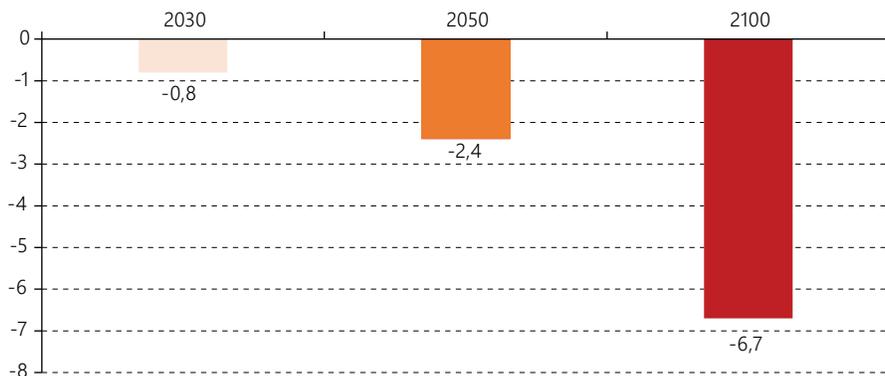
Gráfico 8
América Latina y el Caribe, 2030, 2050 y 2100: pérdidas por cambio climático en el PIB per cápita a nivel país (escenario RCP 8.5)
(Porcentaje del PIB per cápita en el escenario de referencia)



Fuente: Elaboración propia en base a Kahn et al. 2019.

Nota: El escenario de referencia es aquel en que la temperatura aumenta a su velocidad tendencial del periodo 1960–2014.

Gráfico 9
América Latina y el Caribe, 2030, 2050 y 2100: pérdidas por cambio climático en el PIB per cápita (escenario RCP 8.5)
(Porcentaje del PIB per cápita en el escenario de referencia)



Fuente: Elaboración propia en base a Kahn et al. 2019.

Nota: El escenario de referencia es aquel en que la temperatura aumenta a su velocidad tendencial del periodo 1960–2014.

C. Swiss Re Institute, 2021. La economía del cambio climático: sin acción, no hay opción

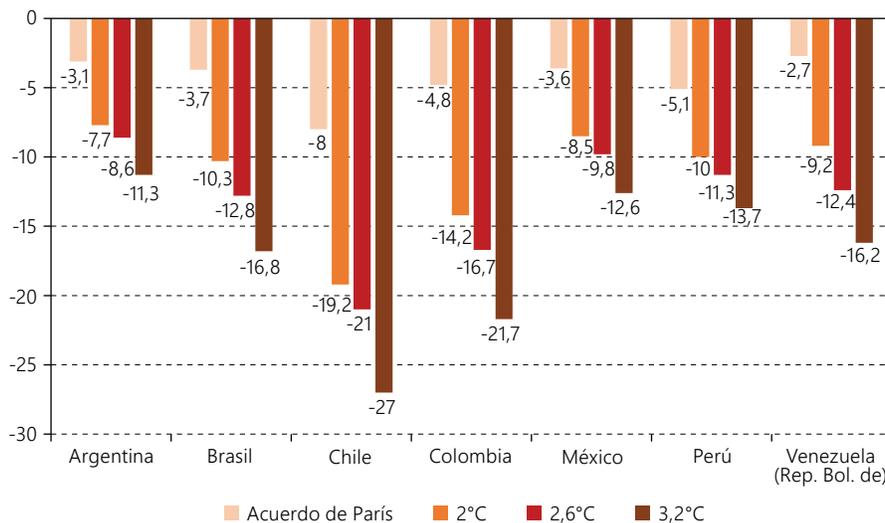
A diferencia de los estudios anteriores que utilizan datos panel para estimar el impacto de la temperatura y la precipitación sobre el crecimiento económico, este estudio utiliza un Modelo integrado de evaluación (IAM por sus siglas en inglés). El documento hace estimaciones de los impactos producto tanto del riesgo físico como del riesgo transicional del cambio climático para mediados de siglo. A través del escalamiento de los impactos estimados por el IAM se toma en cuenta la incertidumbre de eventos disruptivos. De esta manera, el estudio hace un análisis de escenario basado en cambios graduales (o riesgos físicos crónicos asociados al cambio climático) y escalan los impactos para tomar en cuenta impactos tales como sobre la cadena de suministro y la migración. También se evalúa la exposición de los países derivado de su localización geográfica.

El estudio encuentra que si el mundo cumple con el Acuerdo de París experimentará una pérdida de 4%, si cumple con los compromisos de reducción de emisiones expresados en sus Contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC)³, tendrá una pérdida de entre 11% y 13%, finalmente en un escenario de calentamiento extremo perdería 18% a mediados de siglo.

Para estimar el riesgo transicional, se simula la imposición de un impuesto al carbono de \$100 por tonelada de CO₂ a nivel global; las industrias más afectadas son las que proveen energía, gas y agua (utilities) y materiales, que pierden entre 40% y 80% de sus ganancias por acción.

El estudio incluye 7 países de la región: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Venezuela. Para el caso de la región los impactos es una caída de 4% si se cumple el Acuerdo de París, entre 10%-12% si se cumplen los compromisos de las NDC y 17% en el caso extremo.

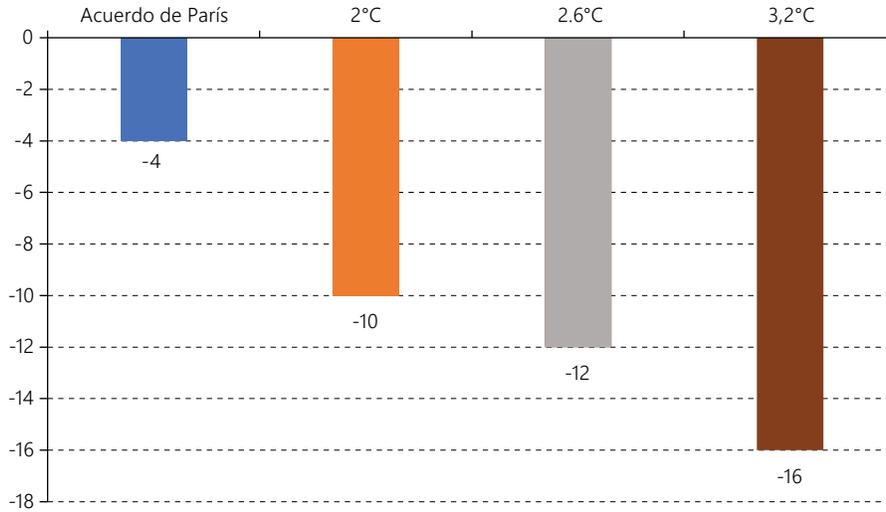
Gráfico 10
América Latina y el Caribe, 2030, 2050 y 2100: impactos del cambio climático en el PIB per cápita a nivel país (escenario RCP 8.5 incorporando eventos disruptivos)
(Porcentaje del PIB sin cambio climático)



Fuente: Elaboración propia en base a Swiss Re Institute 2021.

³ Contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN) (Nationally Determined Contributions (NDCs)) Término utilizado en virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), conforme al cual un país que se ha adherido al Acuerdo de París especifica los planes del país para reducir sus emisiones. En las CDN de algunos países también se aborda la forma en que se adaptarán a los impactos del cambio climático, qué tipo de apoyo necesitan de otros países y qué tipo de apoyo proporcionarán a otros países para adoptar trayectorias de bajas emisiones de carbono y fortalecer la resiliencia al clima. (IPCC, 2018).

Gráfico 11
América Latina y el Caribe, 2030, 2050 y 2100: impactos del cambio climático
en el PIB per cápita (escenario RCP 8.5 incorporando eventos disruptivos)
(Porcentaje del PIB sin cambio climático)



Fuente: Elaboración propia en base a Swiss Re Institute 2021.

V. Impactos para América Latina y el Caribe: análisis sectorial

América Latina y el Caribe es una región particularmente vulnerable a los efectos del cambio climático, esto se debe principalmente a sus condiciones geográficas y socio económicas. El cuadro 2 resume la información sobre las principales variables para LAC.

Cuadro 2
Resumen Variables de Interés América Latina y el Caribe (LAC)

Variable	Promedio 1990-2019/20
Emisiones a nivel agregado	LAC representa un 10,18% del total de emisiones del mundo.
PIB (<i>en dólares a precios 2015</i>)	LAC representa un 7,16% del PIB global.
Número de desastres naturales	Hubo 1.394 desastres naturales, equivalente a un 16,4% del número de desastres naturales del mundo.
Costos de daños asociados a desastres naturales (<i>en dólares del 2000</i>)	Representa un 5,45% de los costos totales asociados a desastres naturales a nivel global.

Fuente: Elaboración propia. Emisiones a nivel agregado en base a Climate watch; PIB en base a "The World Bank, World Development Indicators"; Número de desastres naturales y costos asociados desastres naturales en base a "EM-DAT, The International Disaster Database". Nota: Emisiones a nivel agregado, se calcula como la suma total de emisiones (incluyendo cambio de uso de suelo y forestación), de la región respecto al total de emisiones global para el periodo de 1990-2019. PIB, se calcula como la relación de la región y el mundo, considerando la suma total del periodo 1990-2019. Número de desastres naturales, se calcula como la suma total de desastres naturales del periodo 1990-2020, bajo las consideraciones establecida por "EM-DAT, The International Disaster Database". Costos de daños asociados a desastres naturales, se calculan como la suma total, respecto al monto global, para el período 1990-2020.

Del cuadro 2 se pueden desprender dos características claves de la región: 1.- Es relativamente limpia en términos de emisiones y 2.- Se ve impactada de gran manera por desastres naturales, los cuales implican un gasto considerable.

Hsiang (2010), muestra, para 28 países de América Latina y el Caribe, que una variación en +1°C aumenta los niveles de energía liberada por los ciclones, los cuales tienen un impacto negativo en el sector turístico, persistiendo por 4 períodos posteriores a la fecha en que ocurrió el fenómeno.

Acevedo (2016), construye un modelo de estimación de la elasticidad viento-impacto (en términos de PIB) para los ciclones en América Latina y el Caribe. Combinando bases de datos de distintas fuentes, muestra que históricamente se han subestimado los costos e impactos de los ciclones en Latinoamérica y el Caribe. Sus resultados sugieren que bajo un escenario RCP (6.0) los impactos de los ciclones en el PIB varían desde un -11% hasta un -4,6%. Siendo equivalentes a una disminución de un 1,6% PIB anual.

En este apartado revisaremos las proyecciones, disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics⁴, sobre los impactos del cambio climático en variables económicas y agrícolas para los países del Caribe, Centroamérica y América del Sur.

Tan solo se trabajará con el valor esperado de las variables proyectadas para los años 2030, 2050 y 2100, bajo el escenario "Current Policies" de la "Network for Greening the Financial System" (NGFS), donde se mantienen las políticas vigentes en cuanto a mitigación del cambio climático, llegando a un aumento de temperatura por sobre los 3°C al 2100 (escenario similar al RCP 6.0).

Las variables económicas⁵ estudiadas son: 1) Pérdida de productividad laboral; 2) Costos asociados a desbordes de ríos; y 3) Costos asociados a ciclones.

Las variables agrícolas⁶ de estudio son: 1) Variación de la humedad del suelo; 2) Variación rendimientos producción de maíz; 3) Variación rendimientos producción de arroz; 4) Variación rendimientos producción de trigo; y 5) Variación rendimientos producción de soya.

A. El Caribe

Los países del Caribe se caracterizan por ser economías pequeñas, altamente dependientes del turismo, y por tener altos niveles de temperaturas medias. Lo cual, dadas las no linealidades del estrés térmico, vuelve más intensos los impactos por cada +1°C adicional.

Estas características, más una serie de factores, como la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos, la pequeñez de los territorios y la estrechez de la situación fiscal, convierten al Caribe, en un sector de la región particularmente vulnerable a los impactos del cambio climático (A. Bárcena y otros, 2020).

1. Impactos económicos

Ante las alzas en temperatura media, los países del Caribe se verán afectados por una pérdida de productividad laboral de manera transversal, la cual varía desde -2,4% hasta -15,9% (gráfico 12).

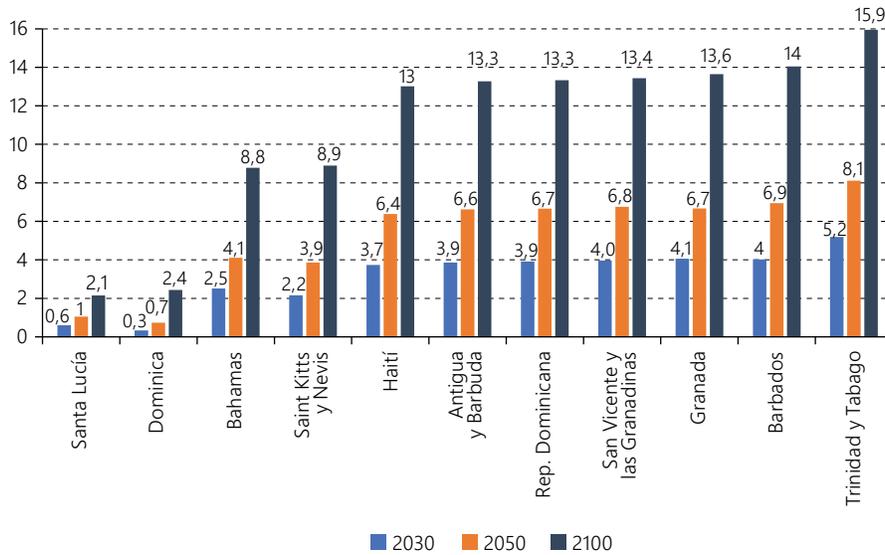
Debido a la alta vulnerabilidad del Caribe ante desastres naturales, la pérdida de productividad laboral vendrá acompañada con un aumento en los costos anuales asociados tanto a desbordes de ríos como a ciclones.

⁴ La metodología utilizada por el Climate Impact Explorer y sus limitaciones como instrumento de proyecciones se encuentran disponibles aquí: Microsoft Word - 20210603_Draft_Tec_Doc_CIE_final_version.docx (climateanalytics.org).

⁵ La pérdida de productividad laboral es representada como cambios relativos, tomando como base de comparación, los niveles promedio del tramo de años 1986-2006. Las variables de Costos asociados a desbordes de ríos; y Costos asociados a ciclones. Son representadas como cambios relativos en porcentaje, sobre el nivel del 2020.

⁶ Todas variables agrícolas son representadas como cambios relativos, tomando como base de comparación, los niveles promedio del tramo de años 1986-2006.

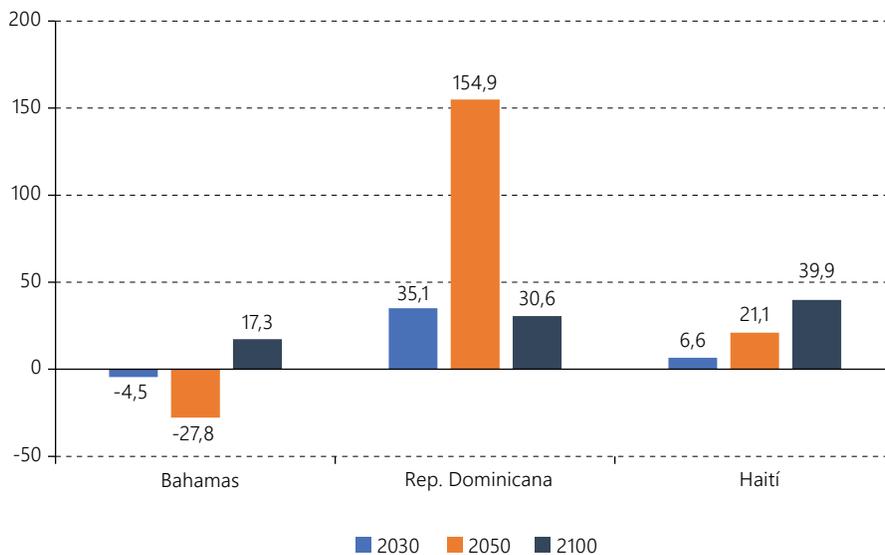
Gráfico 12
Pérdida productividad laboral para el Caribe: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006
(Variación porcentual)



Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

Por un lado, Bahamas, Haití y República Dominicana. Se verán impactados por una mayor frecuencia e intensidad de los desbordamientos de ríos, generando un alza porcentual en el costo anual al año 2100 por sobre los costos del 2020, de 17,3, 39,9 y 30,6 puntos porcentuales, respectivamente (gráfico 13).

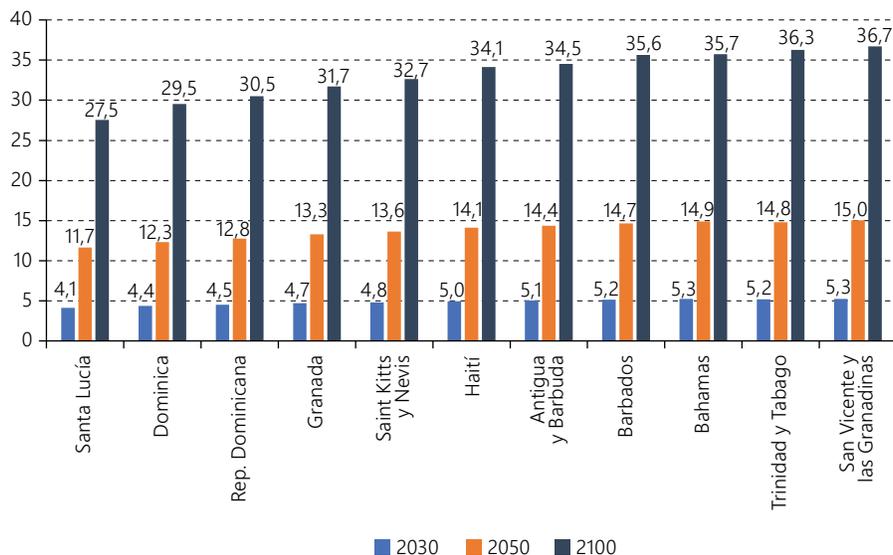
Gráfico 13
Pérdidas anuales asociadas a desborde de ríos para el Caribe: cambios relativos, con respecto al año 2020
(Variación porcentual)



Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

Por otro lado, los daños anuales, en términos monetarios, atribuibles a ciclones, aumentan de manera sostenida a lo largo del tiempo, representando año 2100 incrementos entre 27.5% y 36.7%, por sobre los costos del 2020 (gráfico 14).

Gráfico 14
Pérdidas anuales asociadas a ciclones tropicales para el Caribe: cambios relativos, con respecto al año 2020
(Variación porcentual)



Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

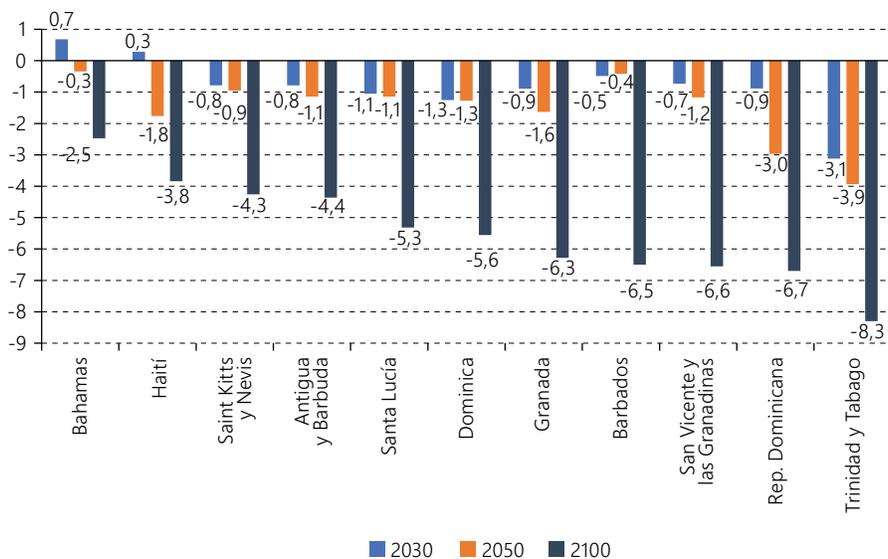
2. Impactos en agricultura

Mayores temperaturas provocan principalmente dos grandes impactos en el sector agropecuario. El primer impacto es la variación en los niveles de humedad del suelo y el segundo corresponde al impacto en los rendimientos de los cultivos.

En cuanto al primer impacto, los niveles de humedad del suelo disminuirán, desde un -2,5% hasta -8,3% al año 2100 (gráfico 15). Esto sumado a otros factores generan impactos negativos para los rendimientos de los cultivos de maíz, y tenues impactos positivos para los cultivos de arroz.

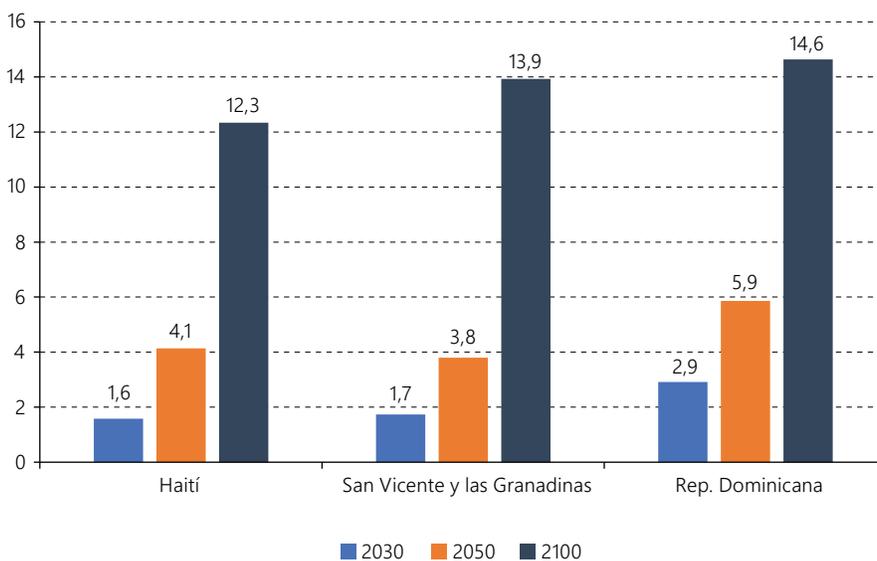
El gráfico 16, muestra el porcentaje de pérdidas en la productividad de los cultivos de maíz. Cayendo en 13,9 en San Vicente y las Granadinas, 12,3 en el caso de Haití, y 14,6% para la República Dominicana al año 2100. En cuanto a los cultivos de arroz, estos experimentan leves mejoras tanto para Haití como para la República Dominicana (gráfico 17).

Gráfico 15
Nivel de humedad del suelo para el Caribe: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006
(Variación porcentual)



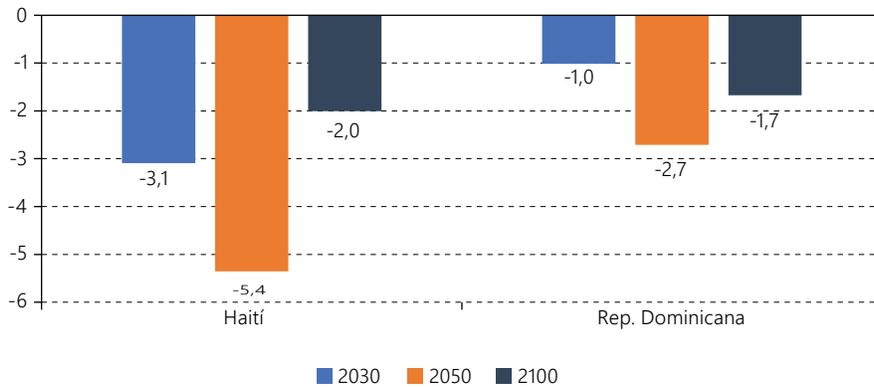
Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

Gráfico 16
Pérdida de rendimientos en cultivos de maíz para el Caribe: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006
(Variación porcentual)



Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

Gráfico 17
Pérdida de rendimientos en cultivos de arroz para el Caribe: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006
(Variación porcentual)



Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

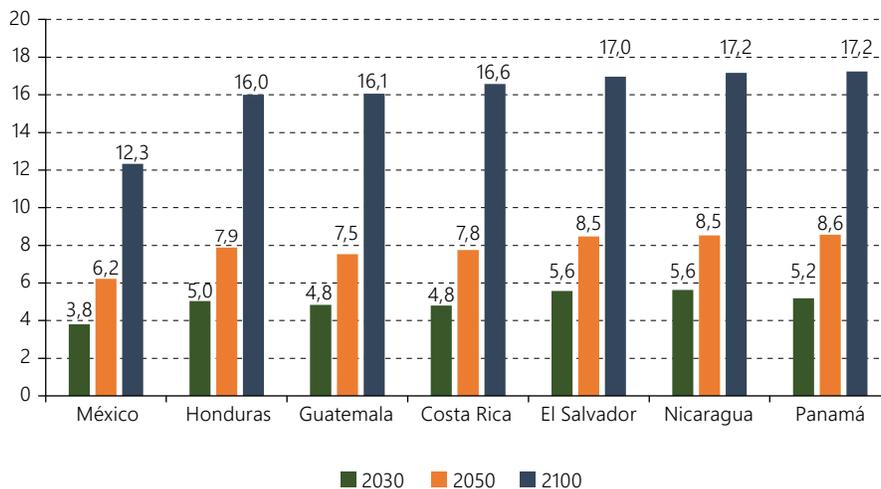
B. Centroamérica y México

Centroamérica y México, es un gran punto de actividad económica para la región. Posee una gran producción agrícola y concentra una gran diversidad de ecosistemas. Al mismo tiempo es frecuentemente golpeada por fenómenos extremos como sequías y ciclones. Los cuáles aumentan su intensidad con el cambio climático.

1. Impactos económicos

Las alzas en temperaturas disminuirán de manera transversal la productividad laboral. Al año 2100 los impactos varían, desde un -12,3% hasta un -17,2% (gráfico 18), situación que sin duda ahondará las vulnerabilidades sociales y económicas de la región.

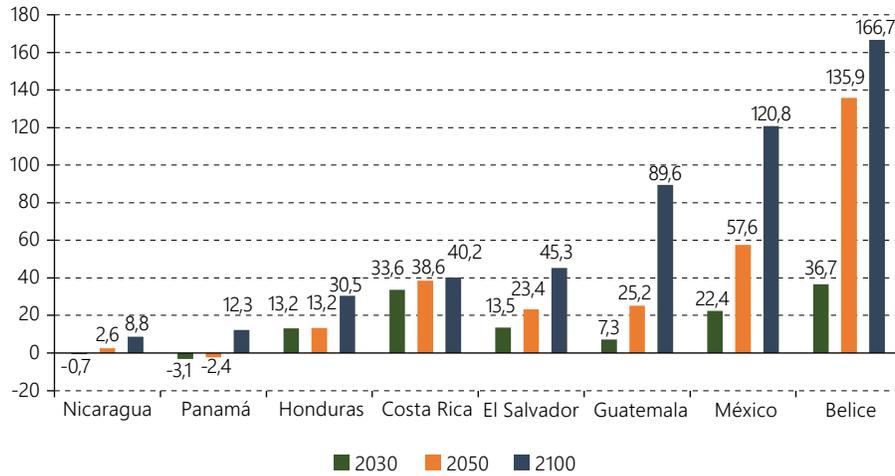
Gráfico 18
Pérdida productividad laboral para Centroamérica y México: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006
(Variación porcentual)



Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

Adicionalmente, los costos (pérdidas) asociados a los desbordes de ríos, con relación al año 2020, aumentan considerablemente (gráfico 19). Resaltando especialmente los impactos para México y Belice, de 120,8% y 166,7%, respectivamente.

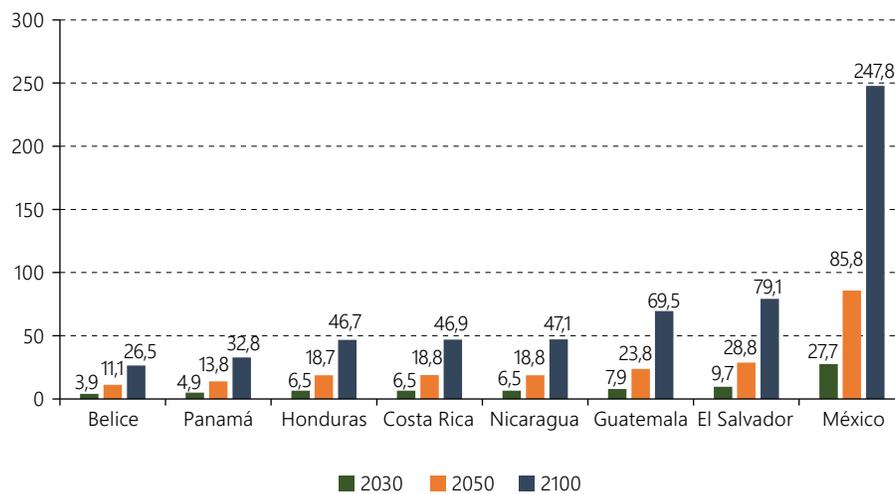
Gráfico 19
Pérdidas anuales asociadas a desborde de ríos para Centroamérica y México:
cambios relativos, con respecto al año 2020
(Variación porcentual)



Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

En cuanto a las pérdidas asociadas a los ciclones, éstas también aumentan de manera considerable. El valor esperado del costo anual de los ciclones al año 2100 en relación con el 2020, va desde un 26,5% hasta un 247,8% (gráfico 20), siendo México el país más afectado.

Gráfico 20
Pérdidas anuales asociadas a ciclones tropicales para Centroamérica y México:
cambios relativos, con respecto al año 2020
(Variación porcentual)

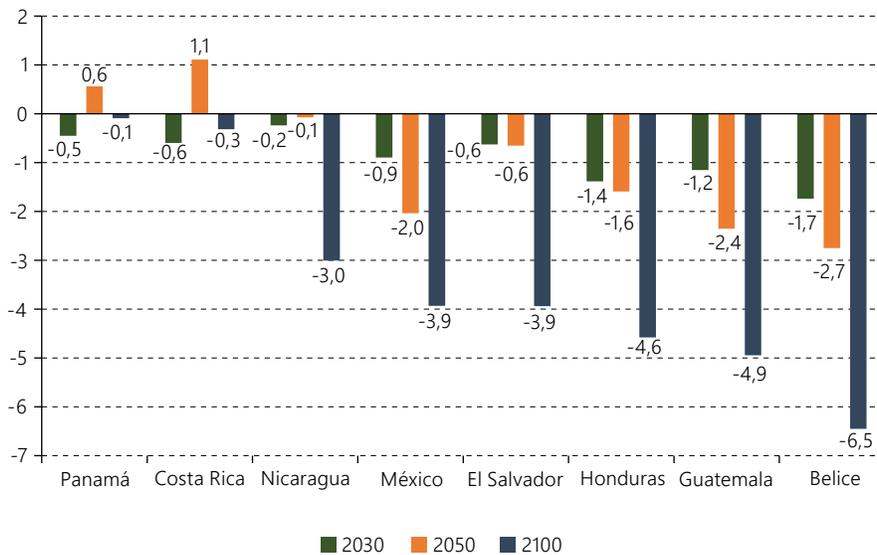


Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

2. Impactos en agricultura

El sector agropecuario de Centroamérica y México es fundamental para la seguridad alimentaria, en él se genera el 9% del PIB regional, se emplea al 30% de la población ocupada y se producen insumos claves para las actividades agroindustriales (A. Bárcena y otros, 2020). Por esta razón, los impactos del cambio climático en el sector de la agricultura tienen una gran repercusión para los países de la región, tanto a nivel individual como colectivo. Se espera que los niveles de humedad del suelo, en relación con el período 1990-2014, disminuya por sobre un 3% para la mayoría de los países del sector (gráfico 21). Lo que, sumado a los impactos económicos de las variaciones en temperaturas, generan un escenario alarmante, ya que disminuyen los ingresos provenientes del sector agrícola, y aumentan costos asociados a desastres naturales como ciclones y desbordes de ríos.

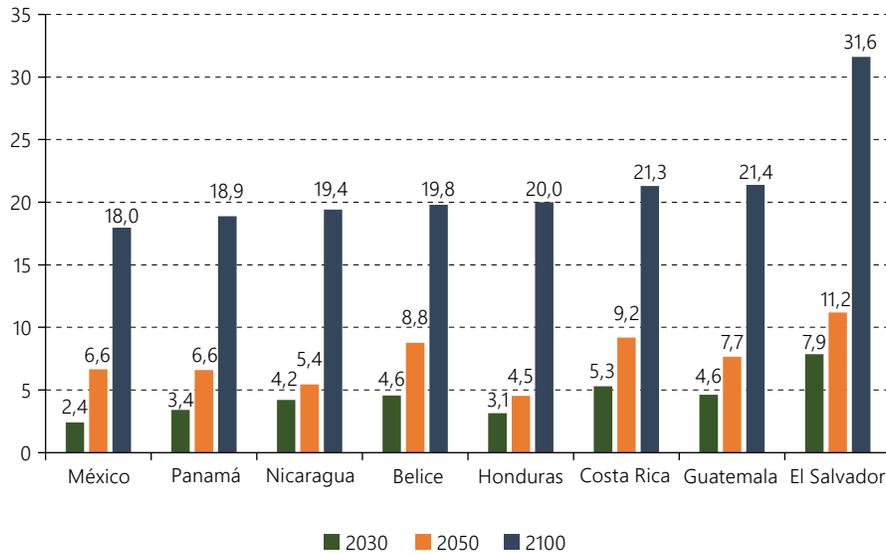
Gráfico 21
Nivel de humedad del suelo para Centroamérica y México: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006
(Variación porcentual)



Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

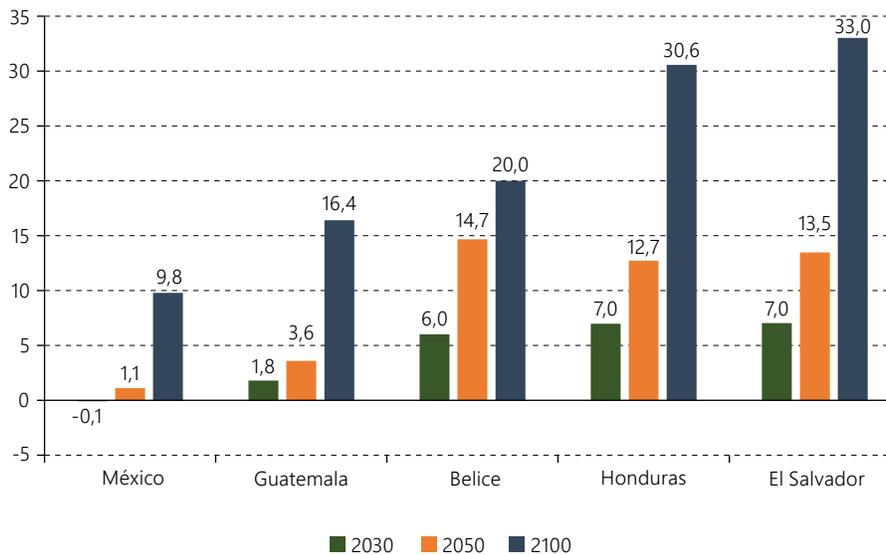
Los menores niveles de humedad del suelo impactan los rendimientos de los diversos cultivos en distintas magnitudes. En primer lugar, los cultivos del trigo y maíz son los sectores más afectados, reduciendo su productividad en más de un 18% y 9%, respectivamente. (ver gráficos 22 y 23). En segundo lugar, los impactos en los cultivos de arroz y de soja, se ven afectados de manera más heterogénea, siendo negativo su efecto a nivel general (ver gráficos 24 y 25). Particularmente, Belice es el país que experimentará la mayor pérdida en ambos cultivos al año 2100, con una pérdida de 19.6% y 12.8%, respectivamente.

Gráfico 22
Pérdida de rendimientos en cultivos de maíz para Centroamérica y México:
cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006
(Variación porcentual)



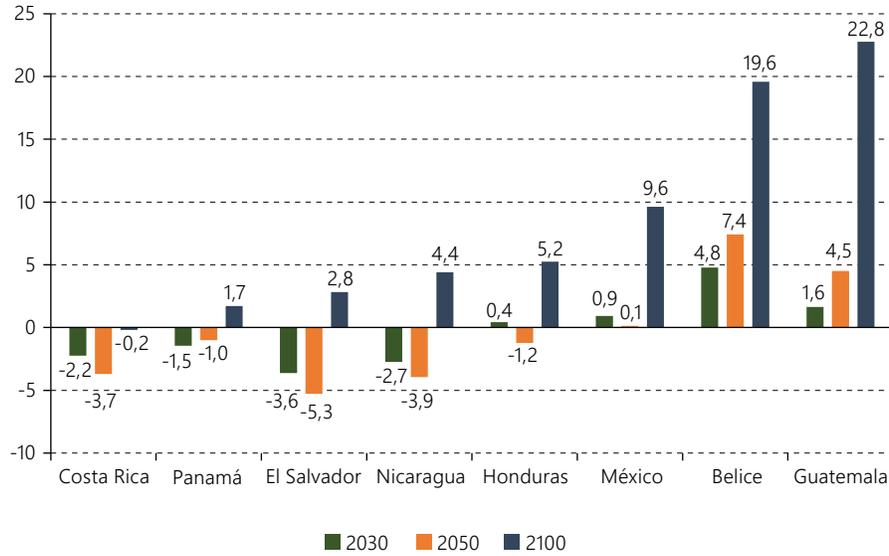
Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

Gráfico 23
Pérdida de rendimientos en cultivos de trigo para Centroamérica y México:
cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006
(Variación porcentual)



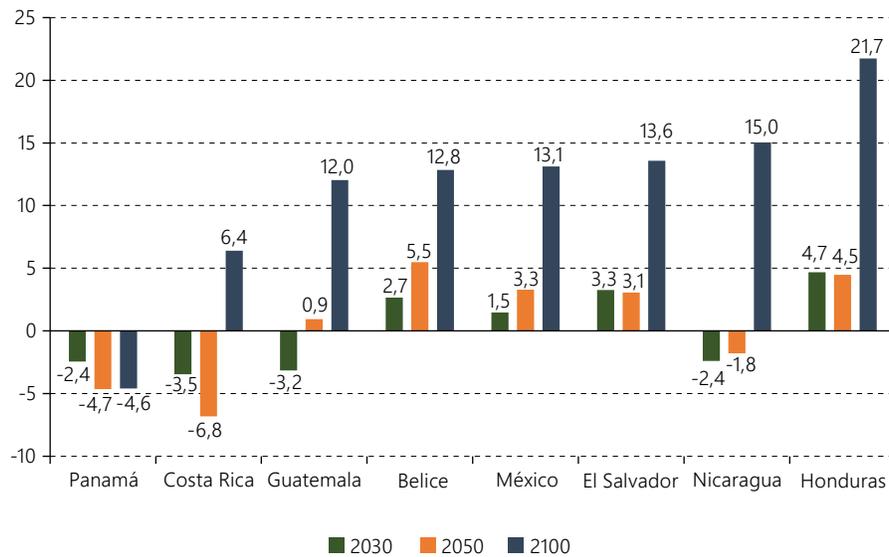
Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

Gráfico 24
Pérdida de rendimientos en cultivos de arroz para Centroamérica y México:
cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006
(Variación porcentual)



Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

Gráfico 25
Pérdida de rendimientos en cultivos de soya para Centroamérica y México:
cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006
(Variación porcentual)



Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

C. América del Sur

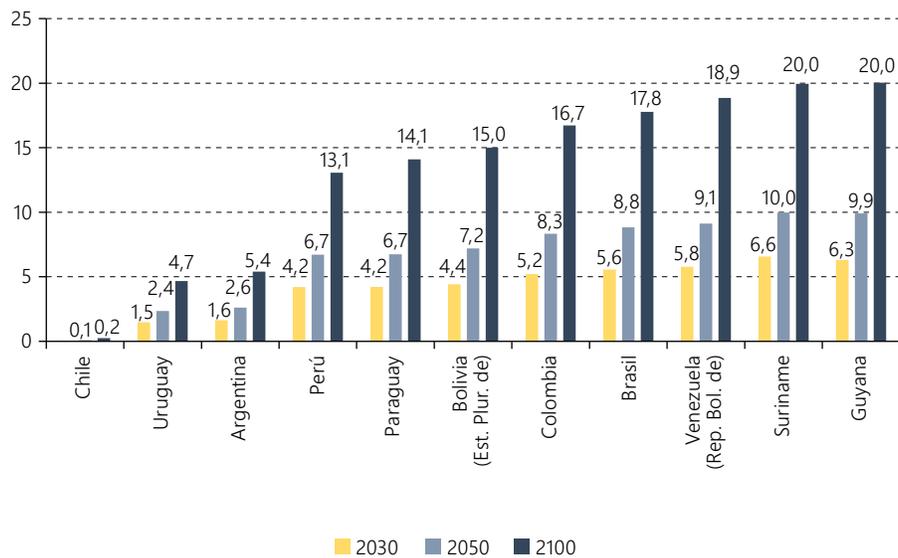
Sudamérica es el sector geográfico más grande de la región. Concentra la mayor parte de la actividad económica, representando el 64% del PIB de América Latina y el Caribe. También posee una gran biodiversidad, la cual es vital para el planeta. Evidencia de ello, es la gran Amazonia, la cual con 7,4 millones de km², representa el 4,9% del área continental mundial, cubriendo extensiones de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela. La cuenca del río Amazonas es la más grande del mundo con un flujo promedio de 230.000 de agua por segundo, que corresponde aproximadamente al 20% del agua dulce en superficie terrestre mundial (CEPAL y Patrimonio Natural, 2013).

Debido a estas razones visualizar los impactos económicos y agrícolas, que existirán por causa del cambio climático para América del Sur, es de suma importancia.

1. Impactos económicos

A raíz del alza en temperatura por sobre los 3°C al año 2100, existirán pérdidas en la productividad laboral por sobre el 13% para la mayor parte de los países sudamericanos, lo cual reduce de gran manera los niveles de producción de las firmas y por ende la competitividad y el PIB de la región (gráfico 26).

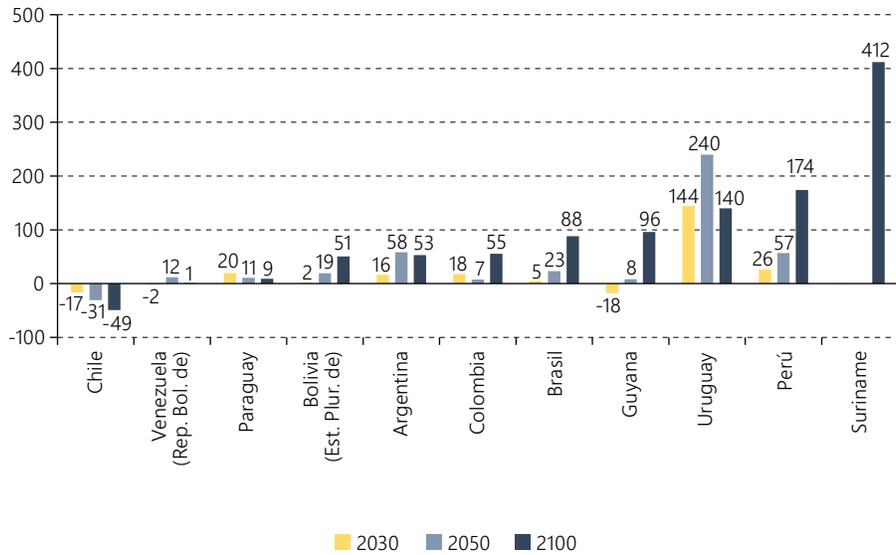
Gráfico 26
Pérdida productividad laboral para América del Sur: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006
(Variación porcentual)



Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

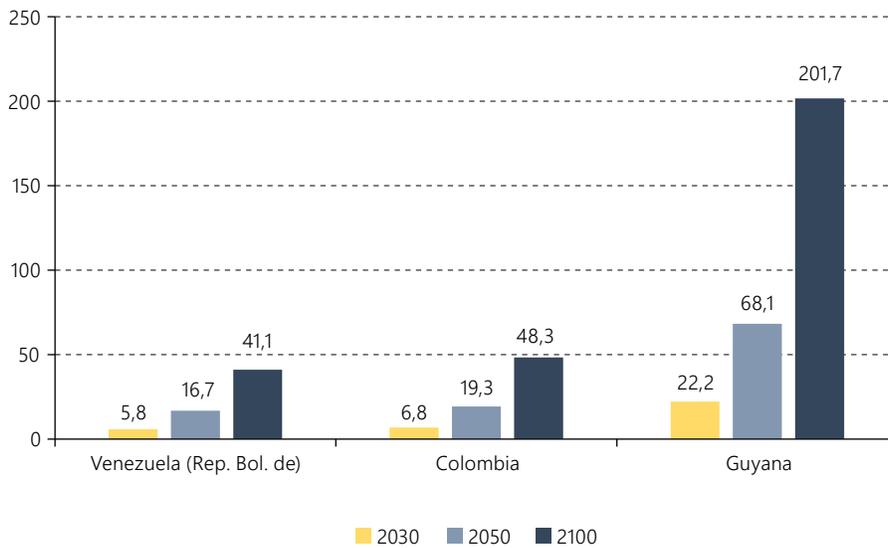
Adicional, a los menores niveles de productividad, existirá un alza en los costos anuales asociados a eventos de desbordes de ríos, siendo un 50% mayor al gasto del 2020 (gráfico 27). En cuanto a las pérdidas atribuidas a ciclones, Venezuela, Colombia, y Guyana, se verán afectados por un aumento en los costos anuales de 41,1%, 48,3% y 201,7%, respectivamente (gráfico 28).

Gráfico 27
Pérdidas anuales asociadas a desborde de ríos para América del Sur: cambios relativos, con respecto al año 2020
(Variación porcentual)



Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

Gráfico 28
Pérdidas anuales asociadas a ciclones tropicales para América del Sur: cambios relativos, con respecto al año 2020
(Variación porcentual)

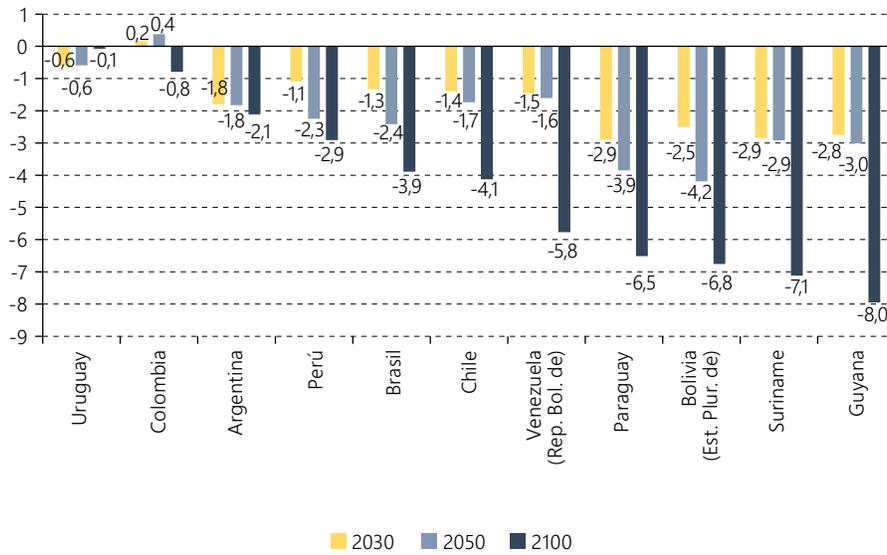


Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

2. Impactos en agricultura

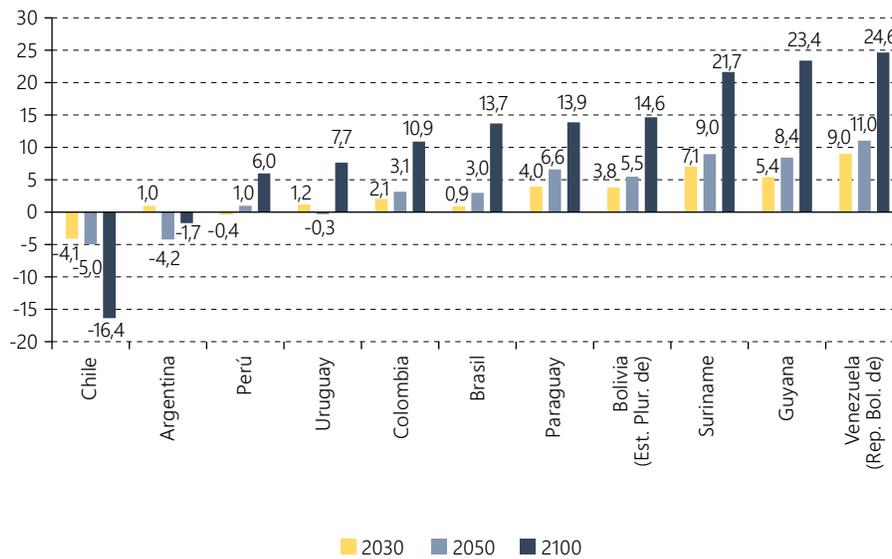
Para gran parte de los países de América del Sur el sector agrícola representa una fuente de ingresos considerable, especialmente en las zonas rurales. Esta situación vuelve particularmente vulnerable a los países ante los distintos impactos del cambio climático al sector agrícola, como la disminución en el nivel de humedad del suelo (gráfico 29), lo cual contribuye a un menor rendimiento para los cultivos maíz (gráfico 30).

Gráfico 29
Nivel de humedad del suelo para América del Sur: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006
(Variación porcentual)



Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

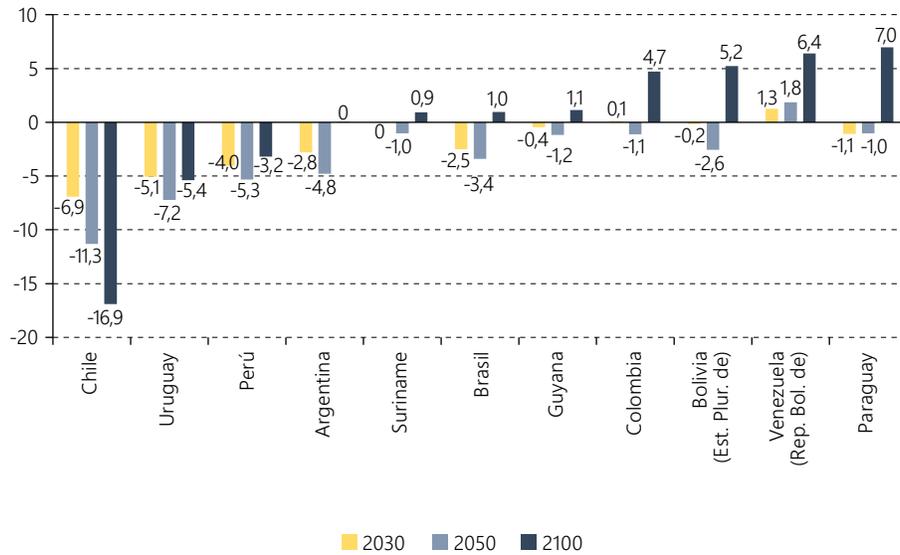
Gráfico 30
Pérdida de rendimientos en cultivos de maíz para América del Sur: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006
(Variación porcentual)



Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

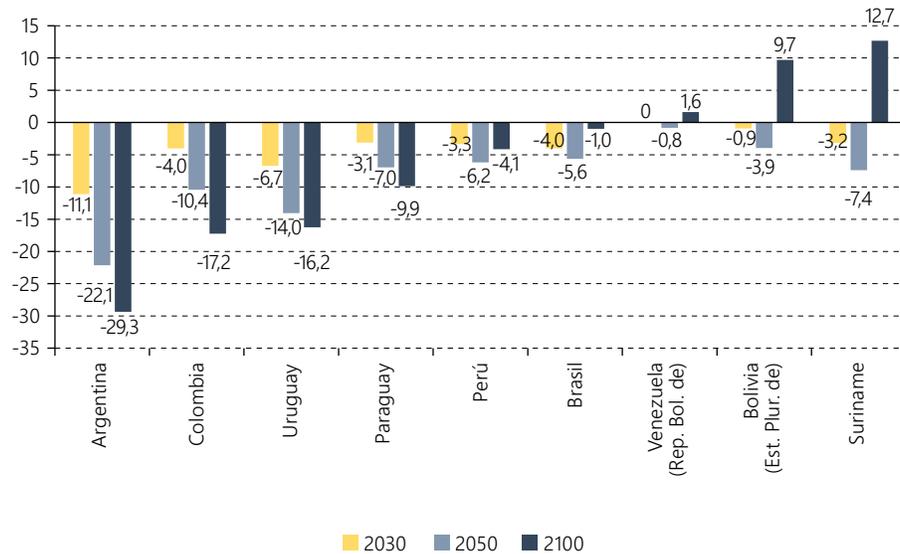
Para los otros tipos de cultivos como arroz, trigo y soya el impacto es más heterogéneo a lo largo de los distintos países, esto se debe a distintos niveles de temperaturas medias, por lo cual los rendimientos, reaccionan de diversas maneras dependiendo del nivel de temperatura media de cada país (gráficos 31, 32 y 33).

Gráfico 31
Pérdida de rendimientos en cultivos de arroz para América del Sur: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006
(Variación porcentual)



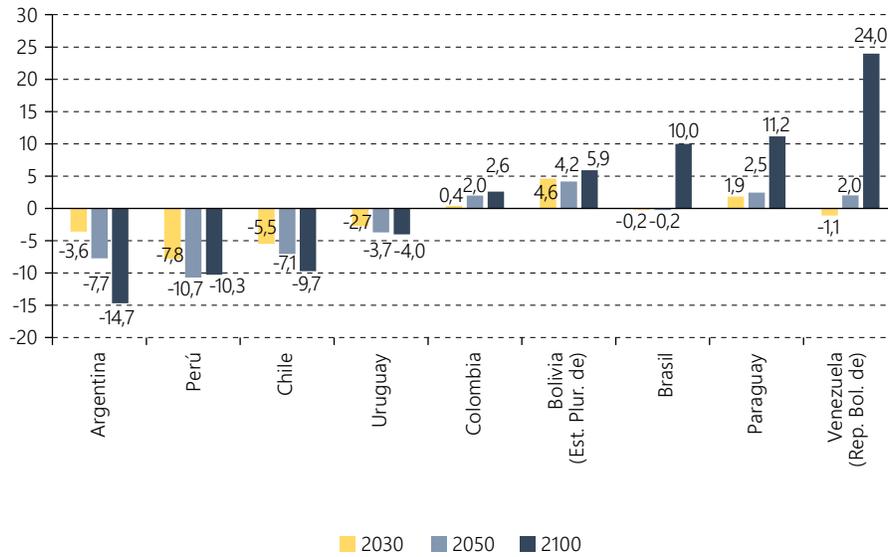
Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

Gráfico 32
Pérdida de rendimientos en cultivos de soja para América del Sur: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006
(Variación porcentual)



Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

Gráfico 33
Pérdida de rendimientos en cultivos de trigo para América del Sur: cambios relativos, con respecto al tramo 1986-2006
(Variación porcentual)



Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones disponibles en el Climate Impact Explorer, elaborado por Climate Analytics. Bajo el escenario "Current Policies" de la NGFS.

VI. Comentarios finales

Este documento provee una revisión no exhaustiva de las estimaciones de los impactos del cambio climático con un foco en la región de América Latina y el Caribe. Las estimaciones muestran que este fenómeno tendrá efectos sustanciales, afectando tanto el nivel como la tasa de crecimiento del PIB. La revisión de la literatura revela escasa evidencia de adaptación ante los cambios en el clima y, por tanto, la baja probabilidad de una recuperación ante futuros impactos. Este hecho subraya la posibilidad de que los procesos de adaptación al fenómeno climático sean más complicados de lo que se esperaba (Burke y otros, 2015). Por otro lado, los impactos suelen afectar de forma desproporcionada a las poblaciones con menos capacidad de respuesta, por lo cual es muy probable que haya importantes efectos sobre la desigualdad (Diffenbaugh y Burke, 2019).

A partir de esta revisión, se pone de manifiesto la necesidad de estudiar con mayor detalle los determinantes de los procesos de adaptación y sus obstáculos. También, al conocer los potenciales impactos futuros sobre el producto, investigaciones futuras se pueden centrar en los impactos sobre variables relevantes para el bienestar social, tales como el empleo, la reducción de la pobreza y la esperanza de vida. A estos impactos crónicos del cambio climático, deben añadirse la cuantificación de los impactos provenientes de otras manifestaciones del cambio climático como son la mayor frecuencia de eventos climáticos extremos, la reducción de la disponibilidad de recursos hídricos, los efectos en la salud humana y la pérdida de biodiversidad.

La evidencia resumida en este documento destaca los riesgos que supone mantener el modelo de desarrollo actual, alto en carbono, con elevada degradación ambiental y generador de desigualdad. El tránsito hacia un estilo de desarrollo más sostenible a nivel global no solamente atenuará los efectos negativos sino también, para el caso de la región, ofrece una alternativa que permite aumentar el bienestar de las personas y dinamizar la economía a la vez que se reduce la huella ambiental (CEPAL, 2020).

Bibliografía

- Acevedo, S. (2016), "Gone with the Wind: Estimating Hurricane and Climate Change Costs in the Caribbean", *IMF*, [en línea] <<https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2016/12/31/Gone-with-the-Wind-Estimating-Hurricane-and-Climate-Change-Costs-in-the-Caribbean-44333>> [fecha de consulta: 2 de septiembre de 2021].
- Ackerman, F. y otros (2009), "Limitations of integrated assessment models of climate change", *Climatic Change*, vol. 95, No. 3, 1 de agosto.
- Anttila-Hughes, J. & Hsiang, S. (2013), "Destruction, Disinvestment, and Death: Economic and Human Losses Following Environmental Disaster", No. ID 2220501, Rochester, NY, Social Science Research Network, febrero.
- Auffhammer, M. (2018), "Quantifying Economic Damages from Climate Change", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 32, No. 4, noviembre.
- Auffhammer, M., Ramanathan, V. & Vincent, J. R. (2012), "Climate change, the monsoon, and rice yield in India", *Climatic Change*, vol. 111, No. 2, 1 de marzo.
- Bárcena, A. y otros (2020), *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?* (journalAbbreviation: La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción? Last Modified: 2020-07-07T12:30-04:00), CEPAL, junio.
- _____. (2016), "Adapting to Climate Change: The Remarkable Decline in the US Temperature-Mortality Relationship over the Twentieth Century", *Journal of Political Economy*, vol. 124, No. 1, The University of Chicago Press, 1 de febrero.
- Bayoumi, T., Quayyum, S. N. & Das, S. (2021), "Growth at Risk from Natural Disasters", *IMF*, [en línea] <<https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2021/09/17/Growth-at-Risk-from-Natural-Disasters-465825>> (fecha de consulta: 28 de septiembre de 2021).
- Behrer, A. P. & Park, J. (2017), "Will We Adapt? Temperature, Labor and Adaptation to Climate Change".
- Burgess, R. y otros (2014), "The Unequal Effects of Weather and Climate Change: Evidence from Mortality in India".
- Burke, M. & Emerick, K. (2016), "Adaptation to Climate Change: Evidence from US Agriculture", *American Economic Journal: Economic Policy*, vol. 8, No. 3.
- Burke, M., Hsiang, S. M. & Miguel, E. (2015), "Global non-linear effect of temperature on economic production", *Nature*, vol. 527, No. 7577, noviembre.
- Cachon, G. P., Gallino, S. & Olivares, M. (2012), "Severe Weather and Automobile Assembly Productivity", No. ID 2099798, Rochester, NY, Social Science Research Network, diciembre.

- Carleton, T. A. & Hsiang, S. M. (2010), "Social and economic impacts of climate", *Social sciences*.
- CEPAL, C. E. para A. L. y el C. (2020), *Construir un nuevo futuro: una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad* (Accepted: 2020-10-27T00:45:41Z), CEPAL, octubre.
- _____(2009), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009* (LC/G.2425), noviembre.
- CEPAL & Patrimonio Natural (eds.) (2013), *Amazonia posible y sostenible*, Amazonia posible y sostenible. Bogotá: Cepal y Patrimonio Natural.
- Cevik, S. & Ghazanchyan, M. (2020), "Perfect Storm: Climate Change and Tourism", *IMF*, (en línea) <<https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2020/11/13/Perfect-Storm-Climate-Change-and-Tourism-49828>> (fecha de consulta: 29 de septiembre de 2021).
- Dell, Melissa, Jones, B. F. & Olken, B. A. (2014), "What Do We Learn from the Weather? The New Climate-Economy Literature", *Journal of Economic Literature*, vol. 52, No. 3, septiembre.
- Dell, M., Jones, B. F. & Olken, B. A. (2012), "Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century", *American Economic Journal: Macroeconomics*, vol. 4, No. 3, 1 de julio.
- _____(2009), "Temperature and Income: Reconciling New Cross-Sectional and Panel Estimates", *American Economic Review*, vol. 99, No. 2, mayo.
- Dell, M., Jones, B. & Olken, B. (2014), "What Do We Learn from the Weather? The New Climate-Economy Literature", *Journal of Economic Literature*.
- Deryugina, T. & Hsiang, S. M. (2014), "Does the Environment Still Matter? Daily Temperature and Income in the United States", *Working Paper Series*, No. 20750, National Bureau of Economic Research, diciembre.
- Deschênes, O. & Greenstone, M. (2011), "Climate Change, Mortality, and Adaptation: Evidence from Annual Fluctuations in Weather in the US", *American Economic Journal: Applied Economics*, vol. 3, No. 4, octubre.
- Diffenbaugh, N. S. & Burke, M. (2019), "Global warming has increased global economic inequality", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 116, No. 20, National Academy of Sciences, 14 de mayo.
- Emmerling, J. y otros (2016), "The WITCH 2016 Model - Documentation and Implementation of the Shared Socioeconomic Pathways", No. ID 2800970, Rochester, NY, Social Science Research Network, junio.
- Gillingham, K. y otros (2015), "Modeling Uncertainty in Climate Change: A Multi-Model Comparison", *Working Paper Series*, No. 21637, National Bureau of Economic Research, octubre.
- Graff Zivin, J. & Neidell, M. (2014), "Temperature and the Allocation of Time: Implications for Climate Change", *Journal of Labor Economics*, vol. 32, No. 1, (The University of Chicago Press, Society of Labor Economists, NORC at the University of Chicago).
- Graff Zivin, J. & Shrader, J. (2016), "Temperature Extremes, Health, and Human Capital", *The Future of Children*, vol. 26, No. 1.
- Heal, G. & Park, J. (2016), "Reflections—Temperature Stress and the Direct Impact of Climate Change: A Review of an Emerging Literature", *Review of Environmental Economics and Policy*, vol. 10, No. 2, 1 de julio.
- Hope, C. (2020), "Integrated Assessment Models of climate change", *Chapters*, Edward Elgar Publishing, págs. 114-126.
- _____(2011), "The Social Cost of Co2 from the Page09 Model", No. ID 1973863, Rochester, NY, Social Science Research Network.
- Houser, T. y otros (2015), *Economic Risks of Climate Change*, Columbia University Press, agosto.
- Hsiang, S. (2016a), "Climate Econometrics", *Annual Review of Resource Economics*, vol. 8, No. 1.
- _____(2016b), "Climate Econometrics", *Annual Review of Resource Economics*, vol. 8, No. 1.
- Hsiang, S. M. (2010), "Temperatures and cyclones strongly associated with economic production in the Caribbean and Central America", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 107, No. 35, 31 de agosto.
- IMF (2017), "The Effects of Weather Shocks on Economic Activity: How Can Low-Income Countries Cope? Chapter 3".
- IPCC, I. P. on C. C. (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".
- _____(2018), "Global Warming of 1.5 °C", Intergovernmental Panel on Climate Change, octubre.
- Jones, B. F. & Olken, B. A. (2010), "Climate Shocks and Exports", *Working Paper Series*, No. 15711, National Bureau of Economic Research, enero.

- Kahn, M. E. y otros (2019), "Long-Term Macroeconomic Effects of Climate Change: A Cross-Country Analysis", *NBER Working Papers*, No. 26167, National Bureau of Economic Research, Inc, agosto.
- Kalkuhl, M. & Wenz, L. (2020), "The impact of climate conditions on economic production. Evidence from a global panel of regions", *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 103, No. C, Elsevier.
- Kolstad & Moore (2020), "Estimating the Economic Impacts of Climate Change Using Weather Observations".
- Lobell, D. B., Schlenker, W. & Costa-Roberts, J. (2011), "Climate Trends and Global Crop Production Since 1980", *Science*, vol. 333, No. 6042, American Association for the Advancement of Science, 29 de julio.
- López-Feldman, A. (2015), "Cambio climático y actividades agropecuarias en América Latina", diciembre.
- Mendelsohn, R. (2009), *Climate Change and Agriculture: An Economic Analysis of Global Impacts, Adaptation and Distributional Effects*, Cheltenham; Northampton, MA, Edward Elgar Pub, octubre.
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W. D. & Shaw, D. (1994), "The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis", *The American Economic Review*, vol. 84, No. 4 (ArticleType: research-article / Full publication date: Sep., 1994 / Copyright © 1994 American Economic Association), 1 de septiembre. Publicación de las Naciones Unidas, No. de venta: 84.
- Moore, F. C. & Lobell, D. B. (2015), "The fingerprint of climate trends on European crop yields", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112, No. 9, National Academy of Sciences, 3 de marzo.
- Mullins, J. T. & White, C. (2019), "Temperature and mental health: Evidence from the spectrum of mental health outcomes", *Journal of Health Economics*, vol. 68, 1 de diciembre.
- Niemelä, R. y otros (2002), "The effect of air temperature on labour productivity in call centres—a case study", *Energy and Buildings*, REHVA Scientific, vol. 34, No. 8, 1 de septiembre.
- Nordhaus, W. D. (2008), *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*, Yale University Press, junio.
- Nordhaus, W. D. & Boyer, J. (2000), *Warming the World: Economic Models of Global Warming*, The MIT Press, agosto.
- Pearson, C. S. (2011), *Economics and the Challenge of Global Warming*, Cambridge University Press, septiembre.
- Pindyck, R. S. (2015), "The Use and Misuse of Models for Climate Policy", *Working Paper Series*, No. 21097, National Bureau of Economic Research, abril.
- _____ (2013), "Climate Change Policy: What Do the Models Tell Us?", *Journal of Economic Literature*, vol. 51, No. 3.
- Reyer, C. P. O. y otros (2017), "Climate change impacts in Latin America and the Caribbean and their implications for development", *Regional Environmental Change*, vol. 17, No. 6, 1 de agosto.
- Roson, R. & van der Mensbrugge, D. (2012), "Climate change and economic growth: impacts and interactions", *International Journal of Sustainable Economy*, vol. 4, No. 3, Inderscience Publishers, 1 de enero.
- Schlenker, W. & Lobell, D. B. (2010), "Robust negative impacts of climate change on African agriculture", vol. 5, No. 1, IOP Publishing, enero.
- Seppänen, O., Fisk, W. & Lei-Gomez, Q. (2006), "Effect of temperature on task performance in office environment".
- Stern, N. (2007a), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press, enero.
- _____ (2007b), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Sudarshan, A. & Tewari, M. (2014), "The economic impacts of temperature on industrial productivity: Evidence from Indian manufacturing", No. 278, Working Paper.
- Swiss Re Institute (2021), "The economics of climate change: no action not an option", Swiss Re Institute.
- Tol, R. S. J. (1997), "On the optimal control of carbon dioxide emissions: an application of FUND", *Environmental Modeling & Assessment*, vol. 2, No. 3, 1 de octubre.
- Waldhoff, S. y otros (2014), "The Marginal Damage Costs of Different Greenhouse Gases: An Application of FUND", *Economics*, vol. 8, No. 1, De Gruyter Open Access, 1 de diciembre.
- Weyant, J. (2017), "Some Contributions of Integrated Assessment Models of Global Climate Change", *Review of Environmental Economics and Policy*, vol. 11, 1 de enero.
- Zhang, P. y otros (2018), "Temperature effects on productivity and factor reallocation: Evidence from a half million chinese manufacturing plants", *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 88, 1 de marzo.

En este documento se hace una revisión de la literatura reciente (2010-2021) sobre los mecanismos de transmisión del cambio climático a las variables económicas de América Latina y el Caribe. Se realiza una breve descripción de las metodologías más utilizadas para su estimación y se presentan tres estimaciones a nivel de países, además del agregado regional, que muestran que los impactos del cambio climático son significativos y se materializarán aun cumpliendo las metas climáticas. La revisión también muestra una escasa evidencia de adaptación ante el aumento de la temperatura global y la persistencia de sus impactos.