

Impactos económicos del cambio climático en México

Francisco Estrada¹, Óscar Calderón-Bustamante²

El cambio climático (CC), plantea una situación mucho más compleja que la mayoría de los problemas ambientales actuales, caracterizado por enormes incertidumbres y huecos de conocimiento, impactos sistémicos, agudos y crónicos, y que se extiende en horizontes de tiempo para los que la política, la toma de decisiones y la sociedad en general tienden a padecer miopía (Estrada 2022).

Como se ha documentado en la literatura y en las demás secciones de este reporte, las consecuencias del cambio climático para nuestro país son profundas y multidimensionales, muy heterogéneas tanto en espacio como al interior y entre grupos sociales, sectores y sistemas naturales. Más aún, el cambio climático se caracteriza por tener impactos persistentes e incluso irreversibles, por amplificar y retroalimentar diversos problemas socioambientales concurrentes e inequidades, así como por la existencia de puntos críticos que pueden modificar de forma dramática el comportamiento del mismo sistema climático o de sistemas influenciados por él. La valuación económica de las posibles consecuencias del cambio climático es, por tanto, una tarea compleja y llena de incertidumbre. Aunado a esto, es muy frecuente que los datos necesarios para estimar relaciones entre clima y economía sean escasos y permitan únicamente aproximar los impactos de forma limitada a alguna región, sector, actividad, o elemento de un sistema. Sin embargo, para realmente apreciar la importancia de este fenómeno es necesario poder obtener las estimaciones más completas posibles de los efectos sobre los sistemas naturales y humanos que afecta, para horizontes temporales, corto, mediano y largo. Al igual que en diversos aspectos del estudio del CC, se reconoce que muchas metodologías están en desarrollo y que presentan debilidades y amplias áreas de oportunidad.

¹ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México; Programa de Investigación en Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México.

² Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México.

Principales hallazgos en cuanto a los riesgos e impactos económicos del cambio climático en México

En este texto se resume algunos de los resultados publicados recientemente sobre los impactos y riesgos económicos agregados a nivel país, por estado y para algunos sectores. En particular, en este resumen se abordan los impactos físicos del fenómeno, haciendo énfasis en aquellos denominados como crónicos o graduales y no en aquellos agudos que son producto de, por ejemplo, extremos climáticos o hidrometeorológicos. No se abordan los riesgos de transición que están asociados con cambios en políticas energéticas o de regulación, ni los costos de inversión encaminados a alcanzar un mundo con menores emisiones de contaminantes climáticos. En la siguiente entrega de Estado y Perspectivas del cambio climático en México se presentará un resumen de la literatura disponible en el tema para México, una evaluación completa del estado del conocimiento, así como una propuesta de agenda de investigación y una priorización de temas a abordar.

Una visión agregada sobre los impactos económicos del cambio climático en México bajo un escenario de inacción

El cambio climático plantea riesgos e impactos generalizados para los sistemas humanos y naturales de México durante este siglo. Los impactos del fenómeno podrían comprometer el desarrollo socioeconómico del país

A lo largo de los capítulos que integra este informe se documentan los cambios observados y proyectados en el sistema clima, así como evaluaciones y proyecciones de los correspondientes riesgos e impactos en distintos sectores, actividades y sistemas naturales y humanos. En ellos se advierte de la existencia de sinergias e interacciones entre estos impactos y otros problemas socioambientales existentes que pueden amplificar sus consecuencias y dificultar su manejo, así como limitar la adaptación. El cambio climático plantea importantes retos para el país durante este siglo que podrían comprometer significativamente sus ecosistemas y biodiversidad, así como la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible.

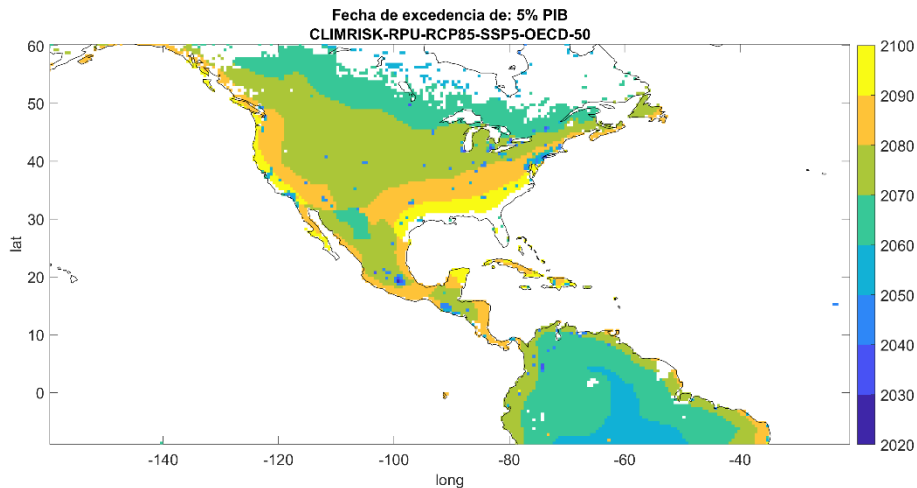
Bajo un escenario de inacción, los costos económicos del cambio climático para México serían enormes.

Bajo un escenario de muy altas emisiones de GEI (SSP585), los costos acumulados durante este siglo serían comparables a perder entre el 85% y hasta 5 veces el PIB actual de México. Estos

resultados fueron obtenidos mediante el modelo de evaluación integrada CLIMRISK desarrollado por la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Libre de Ámsterdam. Las estimaciones incluyen el calentamiento local en ciudades producido por la urbanización y la persistencia de los impactos del cambio climático.

En este escenario de inacción, la mayor parte de México tendría pérdidas iguales o mayores a 5% del PIB local durante este siglo como consecuencia del cambio climático. En los grandes centros urbanos, este umbral podría rebasarse próximamente en el periodo 2030-2040 (véase **Figura 1**).

Figura 1. Fecha estimada en la que los impactos del cambio climático rebasarían el 5% del PIB



Estimaciones obtenidas con el modelo CLIMRISK (Estrada y Botzen, 2021) para el escenario de emisiones SSP585.

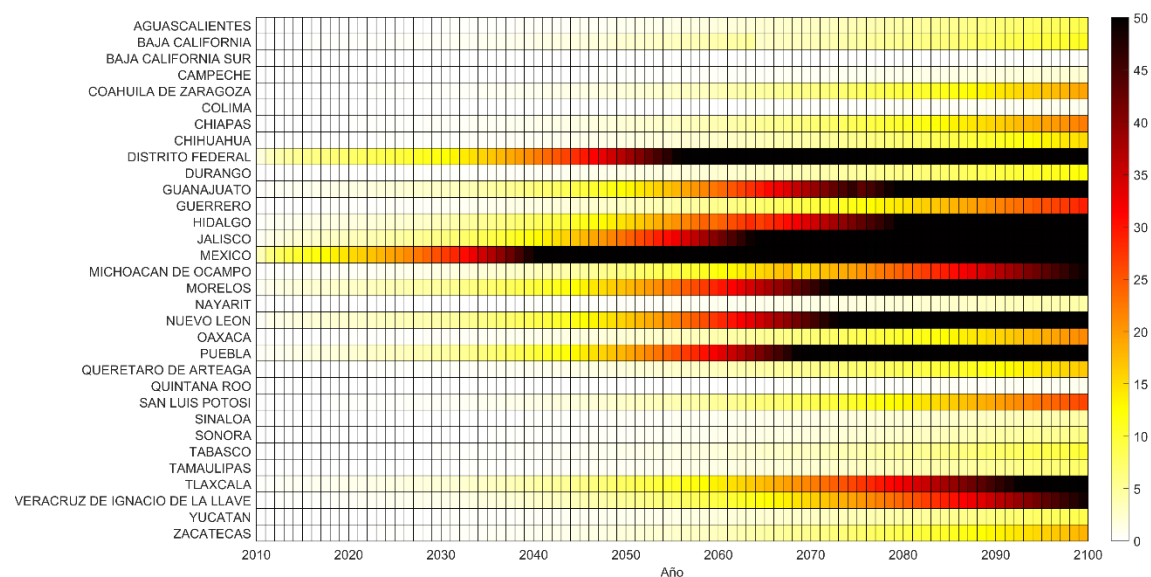
Fuente: Elaboración propia.

La distribución de los impactos económicos de cambio climático será cada vez más desigual entre y al interior de las distintas regiones y estados del país.

Los impactos del cambio climático son el resultado de la interacción de múltiples factores tales como exposición, amenaza y sensibilidad, teniendo cada uno de ellos distribuciones muy heterogéneas a través del territorio. De esta forma, los costos del cambio climático no se distribuyen de manera uniforme geográficamente (países, estados, municipios), ni entre sus distintos grupos sociales, sectores o actividades. Esto hace que dichos impactos muestren una heterogeneidad muy importante.

A nivel estatal, los cinco estados con mayores pérdidas económicas agregadas acumuladas durante el siglo son Estado de México, CDMX, Jalisco, Puebla y Morelos (véase **Figura 2**). Para el 2050, algunos de estos estados podrían representar pérdidas anuales superiores a \$20 mil millones de dólares (México, CDMX, Jalisco, Nuevo León, Puebla, Morelos). Bajo un escenario de altas emisiones de GEI y crecimiento económico (SSP585), el valor presente promedio para los estados de los impactos del cambio climático durante este siglo sería cercano a tres veces su PIB actual. Algunos de estos estados enfrentarían el riesgo de impactos considerablemente mayores, por ejemplo, Tlaxcala, Morelos, Jalisco, Estado de México y Puebla.

Figura 2. Pérdidas económicas anuales por el cambio climático para los estados del país durante el periodo 2010-2100.



Estimaciones obtenidas con el modelo CLIMRISK (Estrada y Botzen, 2021) para el escenario de emisiones SSP585. Unidades en miles de millones de dólares. Fuente: Elaboración propia.

Las grandes ciudades podrían ser particularmente afectadas por cambio climático, debido a la confluencia de problemas ambientales y alta exposición. Un escenario de inacción implica en el futuro cercano grandes pérdidas económicas y altos niveles de riesgo para grandes centros urbanos en el país.

A nivel global, las ciudades producen alrededor del 80% del PIB mundial y en este siglo albergarán a más del 50% de la población mundial. Se espera que esta concentración de

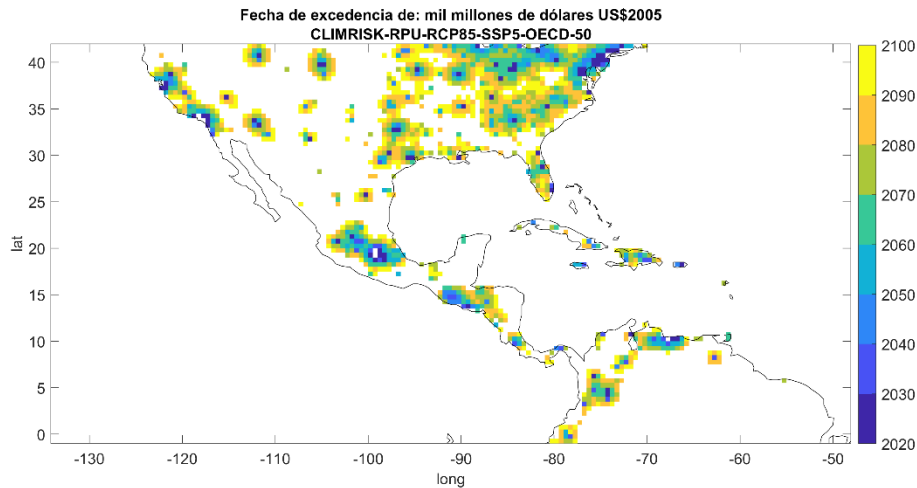
exposición, junto con la confluencia de otros problemas socioambientales, se traduzca que los impactos que en ellas ocurran sean particularmente grandes.

Uno de los problemas socioambientales que más podría amplificar los efectos negativos del cambio climático global en las grandes urbes es el cambio climático local causado por el fenómeno de isla de calor. En estas zonas, los incrementos en la temperatura anual podrían ser de hasta 8 °C para finales del siglo. De esta forma, los impactos económicos en ciudades tendrán un efecto significativo en los costos estimados del cambio climático a nivel nacional, regional y global (Estrada et al. 2017). En el caso de México, los costos por los efectos conjuntos de cambio climático global y local son cerca del doble de aquellos obtenidos al considerar únicamente los efectos del cambio climático global.

Estas áreas experimentarán grandes pérdidas económicas en el futuro cercano o incluso en el presente. En la zona metropolitana de la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, las pérdidas causadas por cambio climático podrían rebasar los mil millones de dólares anuales en la década del 2020. Las áreas que rodean estos grandes centros urbanos podrían rebasar el umbral de pérdidas de al menos mil millones de dólares por año durante las décadas del 2030 y 2040.

A menos de que los acuerdos internacionales de mitigación se complementen con medidas locales para disminuir los efectos de la isla de calor, los esfuerzos internacionales serían menos eficientes para reducir el riesgo y los impactos económicos de este fenómeno. Este resultado subraya la necesidad de combinar estrategias de mitigación a nivel internacional con acciones de adaptación locales (Estrada et al. 2017).

Figura 3. Fecha estimada en la que los impactos del cambio climático rebasarían los mil millones de dólares anualmente en cada punto de malla



Estimaciones obtenidas con el modelo CLIMRISK (Estrada y Botzen, 2021) para el escenario de emisiones SSP585.

Fuente: Elaboración propia.

Muchos de los impactos que se proyectan para la próxima década no son evitables mediante esfuerzos de mitigación únicamente. Para estos impactos, la implementación de estrategias de adaptación y reducción de riesgo constituyen instrumentos de política efectivos.

La inercia de los sistemas climático, social y económico hacen que los cambios que se prevén en el clima en el futuro cercano sean, en gran medida, inevitables. Los esfuerzos de mitigación internacionales por sí solos no lograrán reducir algunos de los riesgos e impactos del cambio climático, independientemente de tan importantes dichos esfuerzos sean. Sin embargo, estos impactos se pueden reducir mediante la implementación de estrategias de adaptación y de reducción de riesgo.

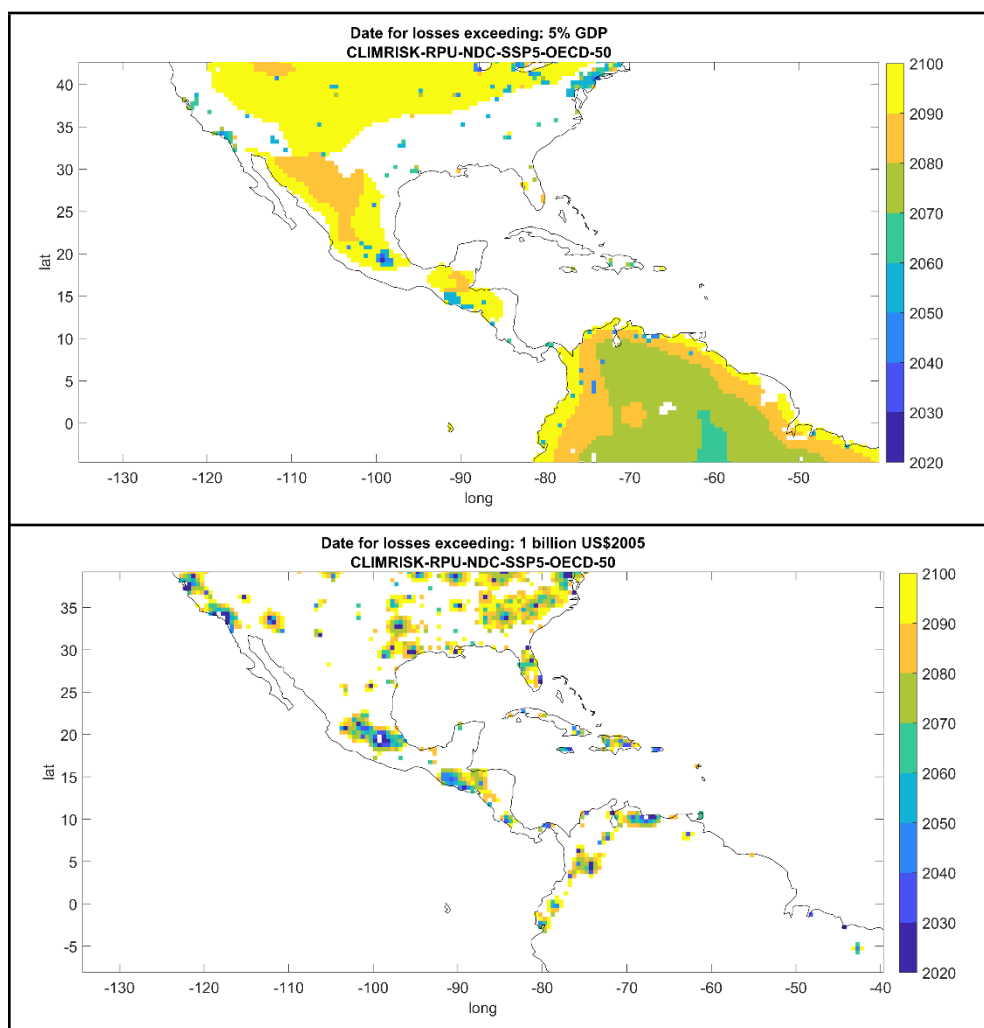
La importancia del cumplimiento de las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional y del Acuerdo de París para México: estimaciones de reducción de riesgo y pérdidas económicas bajo los acuerdos internacionales actuales.

Las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (CDN) de los países miembros de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), son únicamente un primer paso para combatir el cambio climático. Sin embargo, su cumplimiento representaría una reducción de riesgo importante para México. El cumplimiento de las CDN representaría una reducción de alrededor del 20% de las pérdidas económicas para México con respecto al escenario de inacción.

- Los beneficios del escenario CDN se encontrarían entre 28% y 71% del PIB actual.
- Los costos residuales ascenderían entre 68% y cuatro veces el PIB actual.

Para gran parte de México, este escenario lograría retrasar entre 2 y 3 décadas la fecha para rebasar umbrales de riesgo, tales como en pérdidas por cambio climático superiores al 5% del PIB, y en aumentos de 4 °C o más en la temperatura anual. Sin embargo, este esfuerzo de mitigación internacional no tiene un efecto sobre otras medidas de riesgo, tal como la fecha de excedencia de mil millones de dólares anuales (véase **Figura 4**).

Figura 4. Estimaciones de fechas de excedencia de 5% del PIB y de mil millones de dólares anuales bajo el escenario de intervención de las CDN.



El panel superior muestra la fecha estimada en la que los impactos del cambio climático rebasarían el 5% del producto interno bruto en cada punto de malla. El panel inferior muestra la fecha estimada en la que los impactos del cambio climático rebasarían los mil millones de dólares anualmente en cada punto de malla. Estimaciones obtenidas con el modelo CLIMRISK (Estrada y Botzen, 2021) para el escenario de emisiones CDN.

Fuente: Elaboración propia.

El incumplimiento de actores clave en las CDN tendría costos significativos para el país y haría menos eficientes los esfuerzos internacionales de mitigación de GEI.

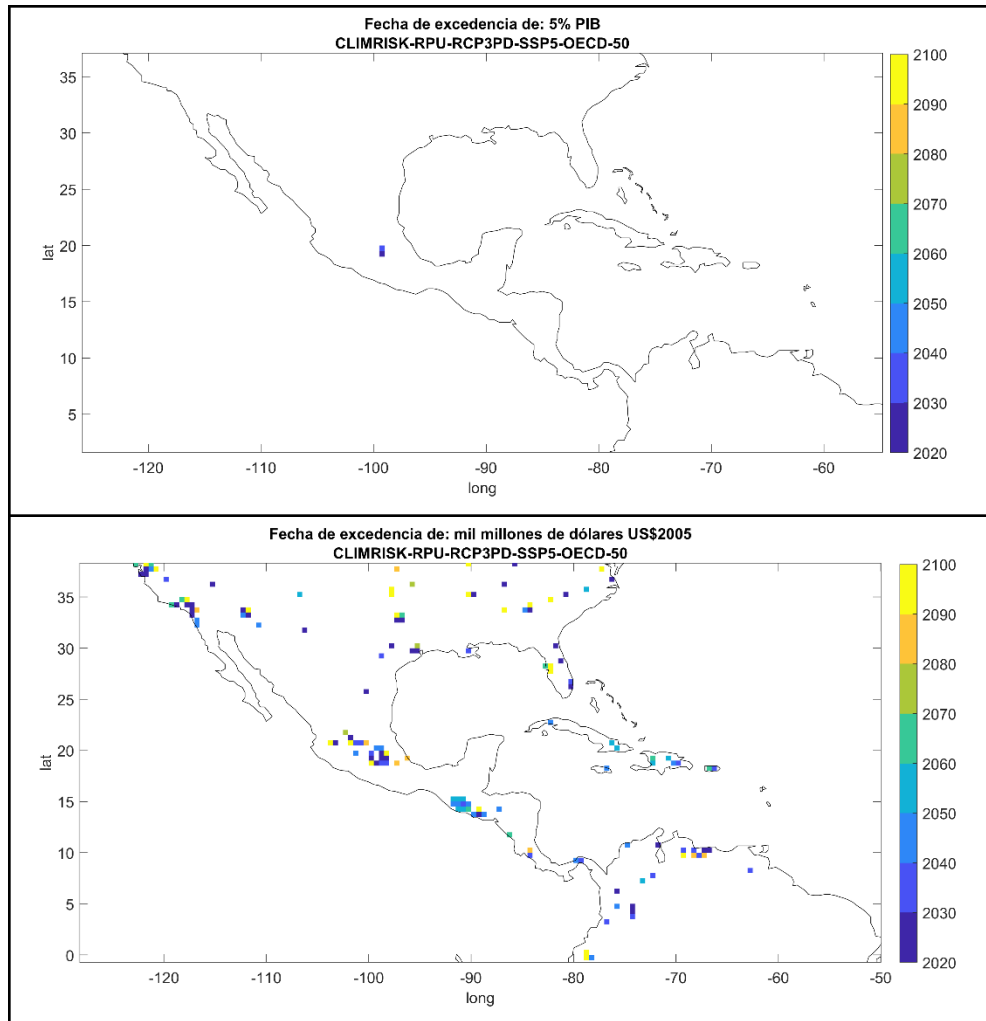
La falta de cumplimiento de actores clave en los acuerdos internacionales de mitigación impondría costos para todos los países. En el caso en el que Estados Unidos decidiera no participar en las CDN, esta decisión impondría un costo para México en el rango de 5% a 28% del PIB actual. El incumplimiento de China impondría costos para México en el rango de 4% a 36% del PIB actual.

Los esfuerzos de mitigación realizados por los demás participantes se volverían menos eficientes, ya que, para un mismo nivel de esfuerzo, los beneficios (pérdidas evitadas) que se logran serían menores.

Un escenario de mitigación profunda que cumpliera con las metas del Acuerdo de París representaría importantes beneficios para México en términos de pérdidas evitadas y reducción de riesgo

Un escenario que limitara el aumento en la temperatura global por debajo de los 2 °C sobre su valor preindustrial, reduciría a la mitad los costos económicos del cambio climático para México. Bajo este escenario de política, muchos de los umbrales climáticos para el país no se alcanzarían durante este siglo (véase **Figura 5**). Sin embargo, aun bajo este escenario de mitigación profunda, los costos residuales son considerables y subrayan la necesidad de complementar las políticas de mitigación con estrategias de adaptación. El valor presente de los costos acumulados durante este siglo para México sería entre 45% y 241% del PIB nacional actual.

Figura 5. Estimaciones de fechas de excedencia de 5% del PIB y de mil millones de dólares anuales bajo el escenario de intervención CDN.



El panel superior muestra la fecha estimada en la que los impactos del cambio climático rebasarían el 5% del producto interno bruto en cada punto de malla. El panel inferior muestra la fecha estimada en la que los impactos del cambio climático rebasarían los mil millones de dólares anualmente en cada punto de malla. Estimaciones obtenidas con el modelo CLIMRISK (Estrada y Botzen, 2021) para el escenario de emisiones RCP3PD. Fuente: Elaboración propia.

Estimaciones de los impactos del cambio climático en sectores y riesgos específicos

Los impactos de cambio climático son muy heterogéneos y pueden representar costos o beneficios al interior de un mismo sector, así como implicar incrementos o reducciones de riesgo. En general, para los sectores analizados, el CC implica grandes costos económicos para la mayor parte de los estados. Aun bajo los escenarios de política más ambiciosos, los impactos residuales podrían ser muy altos.

Agricultura

Bajo un escenario de inacción, el cambio climático puede reducir drásticamente la capacidad de producción agrícola en México y con ello imponer costos socioeconómicos considerables a las generaciones presentes y futuras.

Para cultivos como maíz, caña de azúcar, sorgo, trigo, arroz y soya, un escenario de inacción implica reducciones en rendimientos entre 5% y 20% en las próximas dos décadas y de hasta 80% a finales del siglo para algunos cultivos y estados.

Los estados con mayor aptitud para producción de maíz de temporal actualmente (Jalisco, México, Nayarit, Morelos, Michoacán, Guerrero y Colima) podrían perder, a finales del siglo, entre un 30% y 40% sus rendimientos. Actualmente, 23 estados tienen rendimientos en producción de maíz de temporal por arriba de una tonelada; para finales de siglo, únicamente 11 de ellos continuarán produciendo al menos una tonelada por hectárea.

A nivel nacional, el valor presente de los costos del cambio climático en este siglo en maíz, caña de azúcar, sorgo, trigo, arroz y soya representan \$37,934 millones de dólares (véase **Figura 6**), cerca de dos veces el producto agrícola total nacional en 2012. El 69% de estas pérdidas provienen de cultivos de temporal, mientras que las reducciones en rendimientos de maíz representan el 70% de las pérdidas económicas totales. Veracruz, Sinaloa, Tamaulipas y Jalisco suman aproximadamente la mitad de dichas pérdidas.

Un 16% de las pérdidas económicas totales ocurren en estados como Chiapas, Oaxaca, and Guerrero, que están caracterizados por altos niveles de marginación, pobreza y agricultura de subsistencia. El cambio climático aumentará considerablemente los riesgos que los productores de subsistencia ya enfrentan en el presente.

Figura 6. Valor presente de los costos del cambio climático bajo el escenario RCP8.5

Valor presente de los costos del cambio climático bajo el escenario RCP8.5

Riego y temporal



Unidades: Millones de dólares de 2012; *Temporal únicamente
 Chart: Programa de Investigación en Cambio Climático, UNAM • Source: Estrada et al., 2022 • Created with Datawrapper

Valor presente de los [costos del cambio climático en maíz, arroz, trigo, sorgo, soya y caña de azúcar](#). Incluye temporal y riego, con la excepción de caña de azúcar para la que se reporta riego únicamente. Cifras en millones de dólares.

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

Bajo el cumplimiento del Acuerdo de París, se lograría evitar gran parte de las pérdidas en el sector. Sin embargo, los impactos residuales son considerables y es necesaria la implementación de estrategias de adaptación en el corto plazo.

Un escenario de mitigación profunda consistente con los objetivos del Acuerdo de París lograría limitar de manera significativa las pérdidas en rendimientos y económicas en la mayoría de los cultivos. En el caso de la producción de maíz (temporal y riego), dicho escenario lograría disminuir las pérdidas económicas en un 57% a nivel nacional, mientras que lo haría en un 23% para trigo y un 41% para arroz.

Inundaciones costeras y fluviales

Los riesgos por inundaciones fluviales en México ya son actualmente elevados

Actualmente, el costo total en México por inundaciones fluviales es de aproximadamente \$7 mil millones de dólares por año y el estado promedio tiene un daño anual esperado por inundaciones fluviales de \$200 millones de dólares. Tamaulipas, Veracruz y San Luis Potosí son

los estados con mayores niveles de riesgo con daños anuales esperados entre \$400 y \$800 millones de dólares.

Aun sin cambio climático, el riesgo por inundaciones aumentará sustancialmente debido al aumento en exposición, causado por el crecimiento económico y poblacional.

Debido al crecimiento económico y poblacional proyectado para este siglo, el riesgo por inundaciones fluviales y costeras en áreas susceptibles se incrementará sustancialmente, incluso si las condiciones climáticas se mantuvieran constantes.

Los efectos del cambio climático en el riesgo por inundación fluvial a nivel estatal son diferenciados debido a que los cambios proyectados en precipitación son heterogéneos.

En el caso de las inundaciones fluviales, el mayor aumento en riesgo se da por cambios en las condiciones socioeconómicas. De hecho, dicho riesgo podría disminuir en algunos estados por los cambios proyectados en el clima. Tabasco se encuentra entre los estados para los cuales cambio climático podría implicar una reducción en este riesgo, debido a posibles reducciones en precipitación en el sureste del país durante este siglo. A nivel nacional, para el 2080 y bajo el escenario RCP8.5, el daño anual esperado podría alcanzar los \$112 mil millones de dólares, tanto por cambios en las condiciones socioeconómicas como en el clima.

Los estados con mayores niveles de riesgo por inundación fluvial son Tamaulipas, Veracruz y San Luis Potosí, aun bajo un escenario de mitigación consistente con el Acuerdo de París. Sin embargo, en comparación con condiciones climáticas actuales, el mayor aumento en este riesgo ocurre en los estados del centro del país.

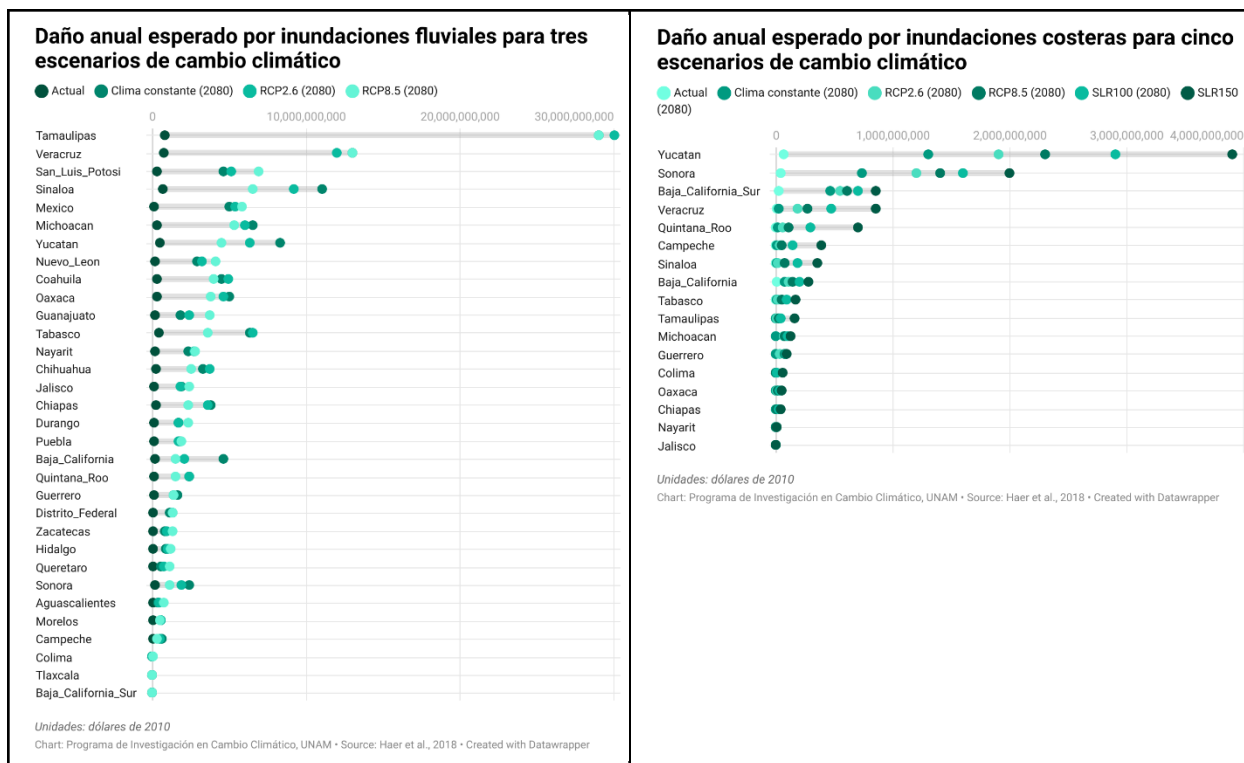
El riesgo por inundaciones costeras en México aumentará de forma considerable durante este siglo debido al incremento esperado en exposición y al aumento en el nivel del mar provocado por el cambio climático.

Actualmente, el daño anual esperado por inundaciones costeras es cercano a \$130 millones de dólares. Para el 2080 se proyecta que, debido a cambios en condiciones socioeconómicas únicamente, el daño anual esperado aumentaría a \$2 mil millones de dólares. El efecto combinado del desarrollo socioeconómico en regiones costeras y el incremento proyectado en el nivel del mar, llevaría a daños esperados de hasta \$10 mil millones de dólares anuales.

El aumento en el nivel del mar incrementará el riesgo por inundación en todos los estados costeros del país. Sin embargo, algunos estados experimentarán impactos mucho mayores.

Yucatán es el estado con mayor riesgo por inundación costera del país: actualmente el daño anual esperado en este estado es de \$67 millones y se proyecta que bajo condiciones de cambio climático esta cifra pueda aumentar hasta 4 mil millones de dólares. Otros estados que enfrentarían importantes aumentos en el riesgo por inundaciones costeras son Campeche, Sonora y Baja California Sur.

Figura 7. Daño anual esperado por inundaciones fluviales y costeras a nivel estatal y para distintos escenarios de cambio climático.



Daño anual esperado por inundaciones [fluviales](#) y [costeras](#) a nivel estatal y para distintos escenarios de cambio climático. Actual: condiciones climáticas en 2010; Clima constante: clima de 2010 con cambios socioeconómicos al año 2080; RCP2.6: escenario con cambios socioeconómicos y en el clima acordes con el escenario de emisiones RCP2.6 en el 2080; RCP8.5: escenario con cambios socioeconómicos y en el clima acordes con el escenario de emisiones RCP8.5 en el 2080; SLR100: escenario con cambios socioeconómicos y aumento en el nivel del mar de 1 metro; SLR150: escenario con cambios socioeconómicos y aumento en el nivel del mar de 1.5 metros. Cifras en dólares de 2010.

Fuente: Elaboración propia con datos de Haer et al., 2018.

Existen pocas evaluaciones de los costos totales de los impactos económicos del cambio climático para México. Las diferencias de resultados e implicaciones ilustran la necesidad de realizar evaluaciones frecuentes de las metodologías y de la información generada para la toma de decisiones, así como de fomentar la investigación en el tema.

Únicamente existen dos documentos oficiales de México que presentan estimaciones de los costos totales del CC para el país. El primero, titulado La Economía del cambio climático en México (SEMARNAT-SHCP, 2009), fue publicado en 2009 y estimó que bajo un escenario de muy altas emisiones (A2), el valor presente de todos los impactos del CC durante el presente siglo equivaldría a aproximadamente 6% del producto interno bruto de 2008. Dicho reporte presentó limitaciones metodológicas importantes y se considera que sus resultados subestiman fuertemente las consecuencias que cambio climático tendría para el país. El segundo documento oficial es la Sexta Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de

Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (SEMARNAT-INECC, 2018), publicado en 2018. Las estimaciones reportadas en ese informe muestran al cambio climático como un fenómeno con costos económicos mucho más graves, siendo casi dos órdenes de magnitud mayores. Una tercera evaluación que actualiza los resultados presentados en la Sexta Comunicación se publicó en 2021 en una revista internacional arbitrada y revisó al alza las estimaciones de costos de este fenómeno para el país. Las estimaciones presentadas aquí sugieren, una vez más, que los costos esperados para México por cambio climático serían mayores que los antes reportados. Esto ilustra la velocidad con la que la información sobre CC puede cambiar y la necesidad de actualizaciones frecuentes, así como de promover grupos de investigación independientes y la revisión de pares.

Referencias

Estrada, F. & Botzen, W. J. W. (2021). *Economic impacts and risks of climate change under failure and success of the Paris Agreement*. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **1504**, 95–115.

Estrada, F. (2022). *Climate Catastrophes as a Sum of Known Risks*. 33–42
doi:10.1007/978-3-030-85322-8_4.

Estrada, F., Calderón-Bustamante, O., Botzen, W., Velasco, J. A. & Tol, R. S. J. (2022). *AIRCC-Clim: A user-friendly tool for generating regional probabilistic climate change scenarios and risk measures*. *Environ. Model. Softw.* **157**, 105528.

Estrada, F., Mendoza-Ponce, A., Calderón-Bustamante, O. & Botzen, W. (2022). *Impacts and economic costs of climate change on Mexican agriculture*. *Reg. Environ. Chang.* **22**, 1–16.

Haer, T. et al. (2018) *Coastal and river flood risk analyses for guiding economically optimal flood adaptation policies: a country-scale study for Mexico*. *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Eng. Sci.* **376**, 20170329.

SEMARNAT-INECC. (2018). *Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio climático*. SEMARNAT.

SEMARNAT-SHCP. (2009) *La Economía del Cambio Climático en México*. (SEMARNAT-SHCP).