

La Economía del Cambio Climático en México 2.0

María Eugenia Ibararán¹, Francisco Estrada² y Tamara Pérez

Introducción

El cambio climático (CC), es un fenómeno ampliamente aceptado en la comunidad científica que implica, entre otras cosas, un aumento en la temperatura promedio de la tierra y cambios en los patrones de precipitación. Esto se espera lleve a eventos hidrometeorológicos extremos que derivan en pérdidas en sectores productivos directa e indirectamente asociados a las condiciones meteorológicas. A su vez estas afectaciones a la temperatura tendrán como consecuencia una mayor demanda de energía y mayores costos, y afectará otros rubros, como los costos, entre ellos, los asociados a la salud.

Desde inicios de los años noventa del siglo pasado se han desarrollado un gran número de estudios cuyo objetivo ha sido estimar los costos que traerá consigo el cambio climático. Los primeros estudios fueron sobre el sector agrícola y a nivel global. Paulatinamente se fueron desarrollando en otros sectores y en diferentes regiones y países del mundo. Este estudio hace una breve revisión de la evolución de los estudios principales a nivel global, para después centrarse en los hallazgos de los estudios realizados para México, tanto agregados, como sectoriales. También se encontraron otros estudios que se hicieron para productos, lugares o circunstancias específicas que también se reportan. Este ejercicio permite identificar la información existente, qué tan comparable es, e identificar los vacíos de información para posteriormente generar esa información como parte de una agenda de investigación futura.

El documento está dividido en cinco secciones. La primera plantea los antecedentes a este estudio de la economía del cambio climático a nivel internacional. La segunda sección menciona cuáles han sido los estudios pioneros para la economía mexicana. La tercera sección plantea la metodología utilizada; la cuarta analiza los resultados de la revisión de artículos académicos que pasaron por un proceso de arbitraje así como alguna información en literatura gris, y se discuten los principales hallazgos. La última parte presenta algunas conclusiones y destaca las áreas donde valdría la pena hacer más estudios en el futuro próximo.

1. Antecedentes de la Economía del Cambio Climático

Desde 1990 investigadores como Adams, Rosenzweig y colaboradores advirtieron sobre la sensibilidad de la producción agrícola al cambio climático por lo que realizaron modelos atmosféricos, con componentes de vegetación y economía aplicada para explorar el impacto esperado de variaciones en los patrones de concentración de gases de efecto invernadero, encontrando que los patrones regionales de la agricultura cambiarán, y que el impacto en la

¹ Investigadora del Instituto de Investigaciones en Medio Ambiente Xabier Gorostiaga SJ, Universidad Iberoamericana Puebla

² Director del Programa de Investigación en Cambio Climático e investigador del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, ambos de la UNAM.

economía dependerá en gran medida del modelo climático que se utilice. Rosenzweig & Parry (1994) también encontraron una relación entre el cambio climático y el suministro de alimentos a nivel mundial, concluyendo que el aumento en los niveles de concentración de dióxido de carbono conducirá a una disminución relativamente baja en la producción agrícola global.

Por su parte, Nordhaus y Yang vislumbraron que el problema del cambio climático abarcaba muchos más factores de los que se consideraban en la época, por eso en 1996 presentaron el modelo Regional Integrado de Clima y Economía (RICE, por sus siglas en inglés), que analiza diferentes estrategias nacionales en materia de políticas de cambio climático, encontrando que las políticas cooperativas muestran niveles mucho más altos de reducción de emisiones que las estrategias no cooperativas. O'Brien y Leichenko (2000) también consideraron que había sinergias entre los impactos del cambio climático y la globalización económica que rara vez se examinaban juntas, por lo que formularon el concepto de “doble exposición” como marco para examinar los impactos simultáneos de estos dos procesos.

Mendelsohn (2000) presentó un modelo básico de evaluación integrada para evaluar los impactos de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la agricultura de los países en desarrollo, encontrando que los sistemas agrícolas de dichos países son vulnerables al cambio climático por lo cual habría una desventaja relativa para los países en desarrollo. Ahn y colaboradores (2000) estudiaron las posibles repercusiones económicas del cambio climático sobre la pesca recreativa de trucha en Carolina del Norte debido a que se prevén reducciones significativas en el hábitat y/o las poblaciones de trucha bajo el calentamiento global.

El parteaguas, en 2006, fue cuando el economista británico Nicholas Stern, que en ese momento encabezaba la Oficina de Servicios Económicos del gobierno de Reino Unido, afirmó que el cambio climático es el resultado de una externalidad asociada con las emisiones de GEI ya que implica costos que no son cubiertos por quienes producen las emisiones, y que además tiene una serie de características que lo distinguen de otras externalidades, como por ejemplo que es global, que sus impactos son duraderos y persistentes, que las incertidumbres y riesgos económicos son omnipresentes, y que existe un grave riesgo de que se produzcan cambios importantes e irreversibles con efectos económicos no marginales (Stern, 2007). Además, aseveró que para mitigar los efectos del cambio climático se necesitaría una inversión equivalente al 1% del PIB mundial, y que de no tomar acciones se expondría a una pérdida permanente de hasta el 20% del PIB (Stern, 2007). Todo esto se conoce como el Informe Stern.

Nordhaus respondió al planteamiento del Informe Stern argumentando que:

“un examen de la revisión radical que hace el Informe de la economía del cambio climático revela que depende decisivamente de los supuestos de una tasa de descuento temporal cercana a cero combinada con una función de utilidad específica. Las conclusiones inequívocas del Informe sobre la necesidad de una acción inmediata extrema no sobrevivirán a la sustitución de supuestos que sean coherentes con los tipos de interés reales y las tasas de ahorro del mercado actual” (Nordhaus, 2007).

Esto, a su vez, y con el financiamiento expreso del gobierno británico, dio pie a que se desarrollaran estudios sobre la economía del cambio climático en diversos países, siendo México uno de ellos.

2. La Economía del Cambio Climático en México

a. Estudio pionero y críticas

Como parte de una petición de las Secretarías de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Galindo coordinó en 2010 un estudio titulado “La Economía del Cambio Climático en México” en el que participaron el Instituto Nacional de Ecología, el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y el Centro Mario Molina, entre otras instituciones. Se contó también con el apoyo técnico del Banco Mundial y de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe de la Organización de las Naciones Unidas (Galindo, 2010). Este estudio pretendía cuantificar por primera vez los impactos del cambio climático en la economía mexicana utilizando diversas herramientas de análisis, como modelos econométricos y modelos de equilibrio general computable. Se basó en contrastar escenarios inerciales o de Business As Usual (BAU) sin cambio climático, con aquellos que incorporan los efectos del cambio climático. El diferencial entre el escenario base y el contrafactual, se concluyó, eran los costos del cambio climático. Es importante mencionar que este estudio es parte de la literatura gris, y que no pasó por dictaminación doble ciego.

A pesar de que resultó un buen primer esfuerzo existen críticas metodológicas. Estrada, Tol y Gay-García (2011) y Estrada, et al (2013) afirman que los resultados obtenidos son cuestionables por varias razones. Primero, la forma en que se escalaron los datos de los impactos en temperatura y precipitación a partir de los modelos de circulación global no es adecuada (Estrada et al, 2011). Segundo, el uso de modelos ARIMA para la proyección de rendimientos de cultivos en horizontes de más de cien años es cuestionable. Tercero, hay críticas al uso de proyecciones socioeconómicas y de crecimiento del PIB en vez del uso de escenarios como los usados por el IPCC. Cuarto, las estimaciones de los costos del cambio climático para México son tan bajas que difícilmente pueden considerarse consistentes con los estudios previos que se han reportado en la literatura a escala regional y global. Por último, se muestra que la principal conclusión del documento no se sustenta en las estimaciones de los costos de los impactos del cambio climático y de las estrategias de mitigación que en él se presentan. Se argumenta que este documento tiene importantes deficiencias que no lo hacen adecuado para apoyar la toma de decisiones en México.

b. Reporte Mexicano de Cambio Climático (2015)

Otro de los esfuerzos por documentar los impactos ambientales, sociales y económicos del cambio climático es el Reporte Mexicano de Cambio Climático realizado por el Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC) y con apoyo del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) en 2015. El Capítulo 11 del Volumen 2, muestra los impactos cualitativos de este fenómeno a través de una revisión de literatura en temas relacionados con las implicaciones del cambio climático en sectores y servicios clave para el desarrollo en México. El tipo de literatura que se consultó se basó principalmente en artículos de revistas académicas internacionales, reportes de

organismos gubernamentales (literatura gris) o multilaterales y libros de editoriales internacionales (PINCC, 2015).

En este documento se discutieron los efectos del cambio climático en sectores clave de la economía, como el energético, hídrico, transporte, agrícola y turismo, entre otros. Se abordaron impactos observados, impactos proyectados y adaptación a partir de la literatura disponible (PINCC, 2015). Sin embargo, no se discutieron los costos económicos de manera sistemática.

c. Organismos multilaterales

Banco Mundial

El Banco Mundial publicó en 2013 un estudio titulado “Las dimensiones sociales del cambio climático en México”, donde se identifican los factores claves que explican las diferencias socio-espaciales, en cuanto a resiliencia y vulnerabilidad, al cambio climático en el país. Si bien no se calculan costos directos, se estima que al menos 84% de los municipios del país experimentarán al menos una disminución marginal en la producción de maíz, mientras que algunos municipios sufrirán disminuciones superiores al 15%. Además, se asocia el fenómeno climático con cambios en la tasa de desnutrición infantil en zonas rurales que podría aumentar hasta casi 5% para el 2030 y se estima que, al considerar el cambio climático, frenaría el ritmo de reducción de la pobreza en 2.4 puntos porcentuales, es decir 2.9 millones de personas permanecerán en situación de pobreza (Banco Mundial, 2013).

BID

En 2008 en el marco del primer préstamo programático basado en políticas (PBL, según sus siglas en inglés), de \$200 millones de dólares, México inició un estudio sobre el impacto económico del cambio climático en su territorio. La investigación proporcionó por primera vez la evidencia de que asumir los costos de mitigación y adaptación al cambio climático en México podrían ser considerablemente menores que el costo de no hacer nada (BID, 2010).

Green Peace

Esta organización publicó en 2020 el estudio “México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación”, basándose en estudios previos. Mostró que México es un país altamente vulnerable al cambio climático por lo que las pérdidas económicas producidas por cambios en el medio ambiente podrían rebasar los 6 puntos del PIB, e incluso señalan que el 71% del PIB será afectado por los impactos de este fenómeno (CICC, 2009). En concreto, estimaron que los impactos en la producción agrícola pueden ser entre \$16 y \$22 miles de millones de pesos. Sin embargo, vale la pena aclarar que muchos de los rangos estimados por Green Peace son muy amplios, haciendo que sus análisis tengan gran incertidumbre.

d. Literatura académica y gris

Además de los estudios mencionados, hay una gran cantidad de reportes de diversas instituciones públicas, como el INECC y la SEMARNAT, que constituyen la literatura gris. Existen también un número importante de artículos publicados en revistas académicas especializadas. En las siguientes

secciones se revisarán ambos tipos de documentos para determinar cuáles son los costos sectoriales y agregados reportados del cambio climático en México.

3. Metodología

Se realizó una revisión sistemática de literatura para conocer los costos económicos del impacto del cambio climático en diferentes sectores siguiendo la metodología de Tranfield et al. (2003), planteándose tres etapas. Primero se hizo un análisis exploratorio de la literatura relacionada con el concepto central de esta investigación para delimitar el tema, se definieron los conceptos clave y se identificaron las palabras clave, que se muestran en la Tabla 1. Todas las búsquedas se hicieron mediante el buscador de Google y Google Académico.

Tabla 1. Enfoques para la conceptualización del tema

Enfoque	Definición
Específico	Estudios que sólo abarcan un tema específico (un sólo cultivo, una sola enfermedad, una sola ciudad, una sólo entidad federativa)
Sectorial	Estudios que abarcan un sector de la economía a nivel nacional
Agregado	Estudios que analizan el impacto sobre varios sectores de la economía de manera simultánea y a nivel nacional

Fuente: Elaboración propia.

En la segunda etapa se llevó a cabo la revisión de palabras clave, que se muestran en la Tabla 2, y términos de búsqueda, así como el establecimiento de los criterios de aceptación de artículos.

Tabla 2. Palabras clave para la búsqueda de literatura

Tema	Palabras clave
Impacto económico	Costos, impacto, precio
Sectores	Actividades económicas, sectores económicos, agricultura, pesca, ganadería, salud, recursos hídricos, agua, energía, transporte, industrias, turismo
Cambio climático	Eventos extremos, temperatura, precipitación, clima

Fuente: Elaboración propia.

Una vez seleccionadas las palabras clave se realizó la revisión de literatura, tanto en español como en inglés, mediante 3 pasos. Primero se realizó una consulta primaria en la base de datos de Google Académico para artículos académicos y en Google para literatura gris donde se seleccionaron textos que tuvieran al menos una de las palabras clave en el título. Después se revisaron resúmenes e introducciones y se seleccionaron los artículos más relevantes teniendo en cuenta que los estudios fueran sobre México o en alguno de sus estados y mencionaran impactos cuantitativos del cambio climático, ya fuera costos o impactos en porcentajes del PIB u otras métricas. Por último, se realizó un análisis del texto completo siguiendo los criterios antes mencionados. También se agregaron

algunos textos recomendados por colegas siguiendo los mismos criterios. La selección de artículos se esquematiza en la Tabla 3.

Tabla 3. Proceso de selección de artículos

Proceso de revisión de literatura	Lista de artículos	Descartados
Etapa 1: Consulta de la base de datos en Google y Google Académico	4400	4290
Etapa 2: Análisis de resúmenes	110	47
Etapa 3: Análisis de texto completo	63	13

Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo la metodología anterior, se obtuvieron **50** estudios relevantes para su análisis en el periodo comprendido entre 2004 y 2023. La tabla con los estudios se encuentra en el Anexo I.

Durante la última etapa se hicieron análisis descriptivos y temáticos de los resultados encontrados presentados de manera esquemática en la Tabla 4. Ahí se vació la información a analizar.

Tabla 4. Ejemplo de tablas sectoriales

SECTOR						
Título	Autores	Año	Lugar	Tipo de publicación	¿Qué obtienen?	Costo/Porcentaje
			<ul style="list-style-type: none"> • Nacional • Estatal 	<ul style="list-style-type: none"> • Literatura académica • Literatura gris 	Tipo de variable	

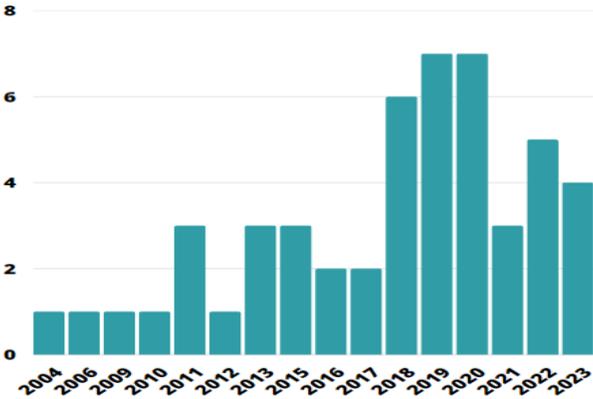
Fuente: Elaboración propia.

Inicialmente se obtuvieron costos, tanto en pesos mexicanos como en dólares, para diversos años. Para poder comparar los costos, los pesos se pasaron a dólares para el año de publicación (a menos que se indicara el año para el que fueron calculados), y tomando el tipo de cambio del 31 de diciembre de ese año (DOF, 2024), se obtuvieron dólares corrientes. Posteriormente los dólares se deflactaron para tener en todos los casos dólares constantes de 2017 (Fred Economic Data, s/f).

Debido a la imposibilidad de comparar todos los costos por la gran cantidad de variables analizadas (por ejemplo, costo por tonelada o por cabeza de ganado, costo por tratamiento de enfermedad, etc.), se hizo una selección de aquellos artículos que tuvieran información comparable y, una vez convertidos a dólares constantes, se obtuvo el costo medio a partir del costo mínimo y máximo del rango para cada sector y el porcentaje con respecto a los costos totales. En lo que resta de esta sección, se analiza la información encontrada en los 50 artículos finalmente seleccionados, para ver qué tipo de estudios hay, en qué sectores y determinar cuáles son los costos que se han estimado para México.

Los estudios con cuantificación de costos del cambio climático en México, si bien no son un tema reciente dado que se han producido ininterrumpidamente desde los años 90, han sido más frecuentes a partir del 2018, como lo muestra la Gráfica 1, aunque se han reducido a partir de 2021, sin observarse una franca recuperación.

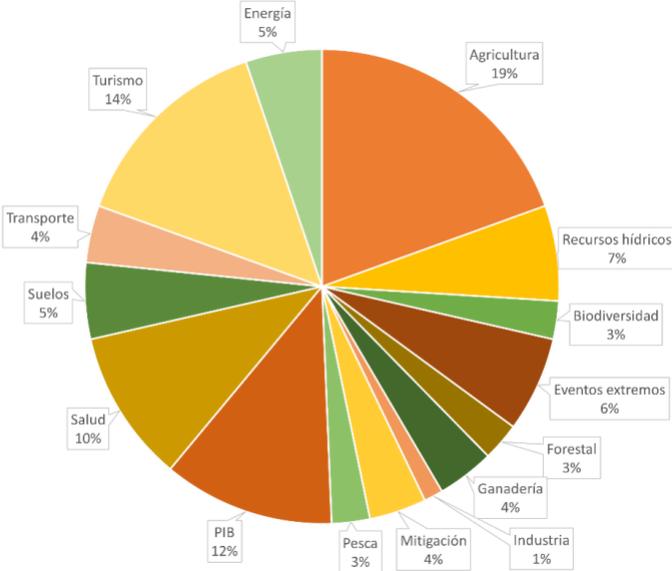
Gráfica 1. Cuantificación de estudios por año



Fuente: Elaboración propia.

En total se encontraron 12 temas diferentes relacionados con los impactos económicos del cambio climático, como muestra la Gráfica 2, siendo los estudios sobre las afectaciones a la agricultura, el turismo, el PIB agregado y en salud los más abundantes.

Gráfica 2. Temas encontrados en la búsqueda



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5 se sintetiza la información de los estudios encontrados por sector o tema de interés; el número de estudios en cada caso; si se trata de literatura académica que ha pasado por un arbitraje doble ciego o de literatura gris; la escala a la que fueron realizados, es decir, nacional o para algún estado en concreto; los años que cubren los estudios y las diferentes variables analizadas.

Tabla 5. Estudios identificados por sector o tema

Tema	Número de estudios	Tipo de estudios	Localización	Año	Variables analizadas
PIB agregado	9	33% Académica 67% Gris	Nacional Baja California	2011- 2022	<ul style="list-style-type: none"> • Costos totales • Crecimientos y pérdidas
Agricultura	23	61% Académica 39% Gris	Nacional CDMX Estado de México Veracruz Tabasco Tlaxcala Sonora	2004- 2023	<ul style="list-style-type: none"> • Valor de la producción • Valor de la tierra • Ingresos netos • Rendimiento de cultivos • Producción e ingresos esperados • Producción perdida • Superficie sembrada • Costos totales respecto PIB
Ganadería	4	75% Académica 25% Gris	Nacional	2010- 2023	<ul style="list-style-type: none"> • Ingresos netos por cabeza • Costos totales del PIB
Pesca	2	100% Académica	Nacional	2011- 2013	<ul style="list-style-type: none"> • Valor de la producción
Biodiversidad	2	100% Literatura gris	Nacional	2011	<ul style="list-style-type: none"> • Costos agregados por pérdida
Forestal	4	50% Académica 50% Gris	Nacional	2011- 2022	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdidas de producción • Costos al PIB
Recursos hídricos	5	40% Académica 60% Gris	Nacional CDMX Baja California Monterrey	2010- 2018	<ul style="list-style-type: none"> • Costos de consumo • Costos de abastecimiento • Costos de adaptación
Energía	6	33% Académica 67% Gris	Nacional CDMX	2011- 2018	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios agregados al PIB • Demanda de electricidad • Consumo eléctrico
Industria	2	50% Académica 50% Gris	Nacional	2011- 2018	<ul style="list-style-type: none"> • Valor de la producción
Transporte	5	40% Académica 60% Gris	Nacional CDMX	2011- 2018	<ul style="list-style-type: none"> • Gastos en mantenimiento • Demanda de combustibles
Salud	7	49% Académica 51% Gris	Nacional	2012- 2023	<ul style="list-style-type: none"> • Costos de enfermedad • Costos de morbilidad • Costos de prevención y vigilancia • Incrementos al PIB
Turismo	11	18% Académica 82% Gris	Nacional CDMX Quintana Roo Nayarit Guanajuato	2011- 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda turística • Impacto en la infraestructura • Riesgo económico anual • Costos al PIB • Pérdidas económicas acumuladas
Eventos extremos	6	28% Académica 72% Gris	Nacional	2018- 2023	<ul style="list-style-type: none"> • Daños esperados • Costos inducidos
Mitigación	3	33% Académica 67% Gris	Nacional	2016- 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Inversiones netas • Beneficios netos • Costo de efectividad de políticas

Fuente: Elaboración propia.

Usando la información de los estudios plasmados en la tabla anterior, se discuten a continuación los costos encontrados para México y, en la medida de lo posible, se comparan entre sí.

4. Resultados

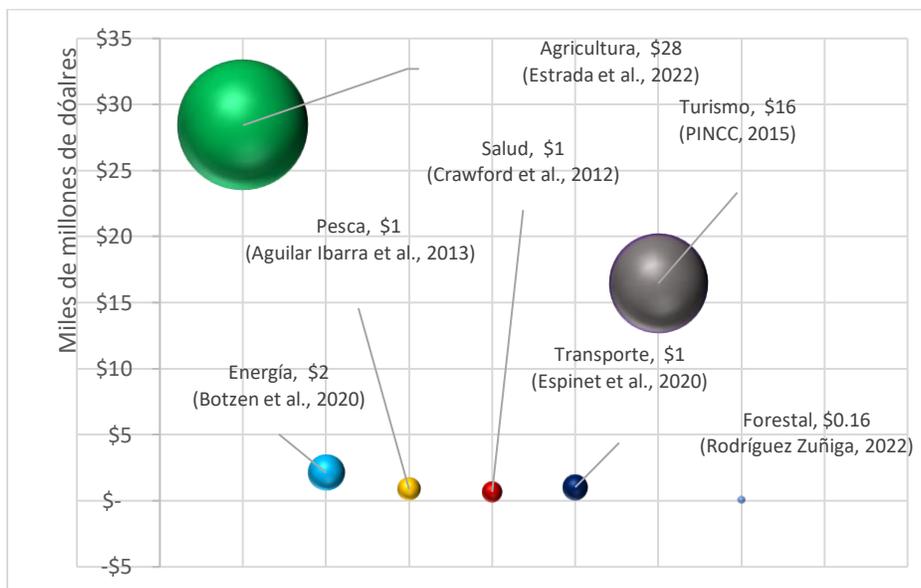
El cambio climático implica afectaciones a la economía a partir del cambio en la producción de diversos sectores, que al sumarse, pueden tener impactos importantes en la producción de toda la economía. En esta sección se reportan primero los resultados agregados y después los sectoriales. En algunos casos se presentan hallazgos para distintas métricas y con diferente desagregación.

Agregados económicos y sectoriales

La afectación a la economía en su conjunto, para 2100, se puede reflejar en una reducción de 1.37 veces el PIB de México en 2010 (Estrada & Botzen, 2021). También hay estimaciones de varios artículos de Boyd e Ibararán que muestran reducciones del PIB del orden del 1% para 2030.

En cuanto al análisis sectorial, el sector que más se verá impactado por los efectos del cambio climático es el agrícola, llegando a los \$28 mil millones de dólares (mdd), seguido del sector turismo y del energético. El sector menos afectado será el forestal, con \$81 millones de dólares (mdd). Estos datos, que se presentan en la Gráfica 3, se obtuvieron sacando el valor medio de los rangos encontrados para cada sector a partir de los estudios citados. Los datos de los sectores de turismo y salud, son costos anuales para 2000 y 2012 respectivamente. Los de pesca y transporte son proyecciones al 2030. Los del sector forestal son proyecciones al 2050, y los de agricultura y energía, proyecciones al 2100. En general se usa una tasa de descuento entre el 1 y el 4%.

Gráfica 3. Costos estimados del cambio climático a los diferentes sectores

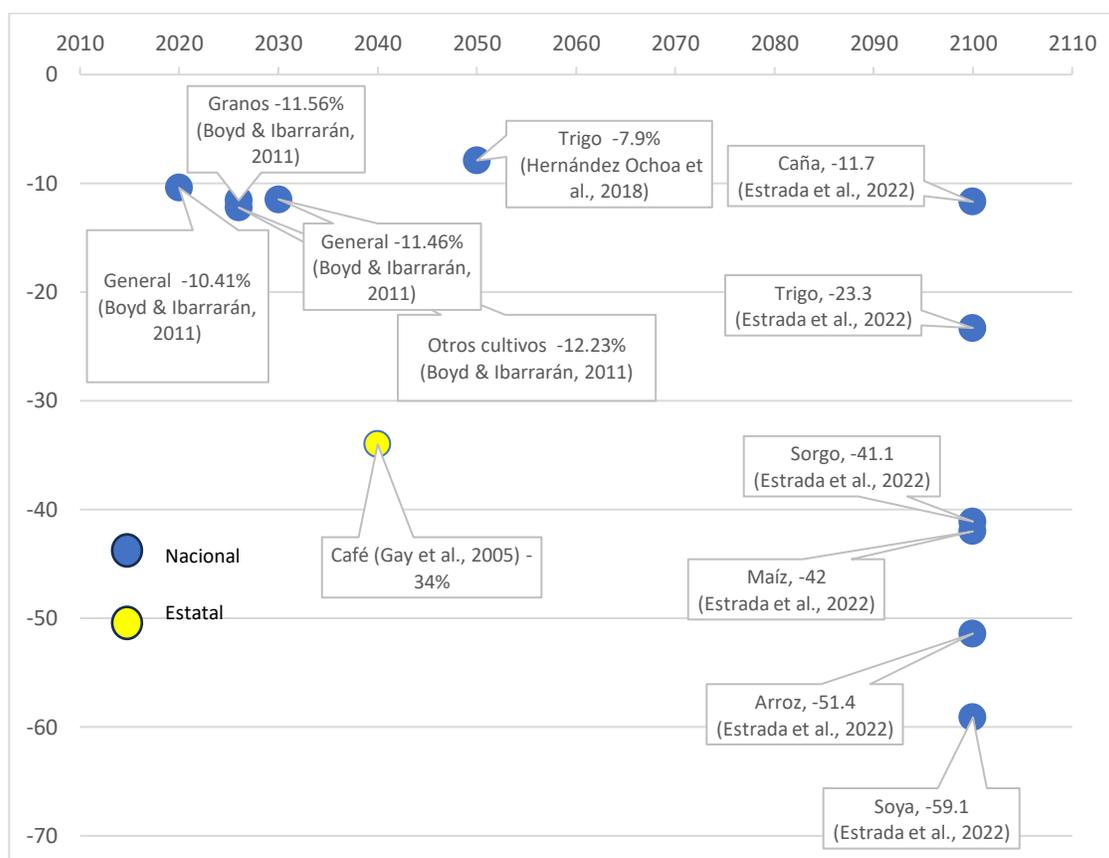


Fuente: Elaboración propia.

Agricultura

Ahora se analizan los costos dentro de cada sector. En el sector agrícola, a partir de varios estudios citados en la Gráfica 4, se compararon los cambios estimados en la producción agrícola de varios cultivos a nivel nacional, entre 2020 y 2100, y en el estado de Veracruz para el café en 2040. Estas variaciones se muestran como cambios porcentuales con respecto a la línea base. La tasa de descuento comunmente utilizada es del 4%.

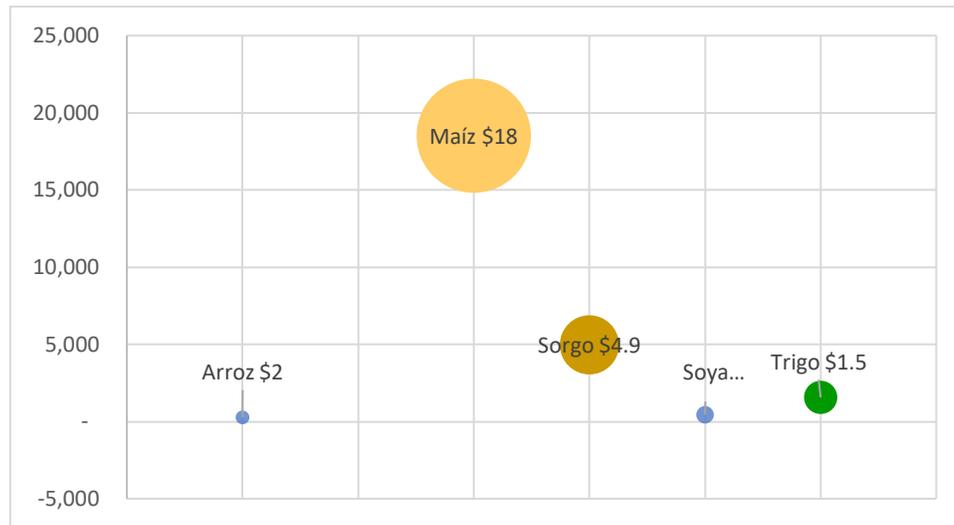
Gráfica 4. Cambios porcentuales en el valor de la producción agrícola



Fuente: Elaboración propia.

Como se comentó anteriormente, los valores en los que se reportaron los cambios en la producción agrícola son muy diversos. Esto explica por qué no se compararon más estudios, sino sólo los que estaban en la mismas unidades. En la Gráfica 5 se presentan cambios en los rendimientos agrícolas para diferentes cultivos. La tasa de descuento para los valores de Estrada et al. (2022) es del 4%. Adicionalmente, se reportan afectaciones monetarias para distintos productos. Tomando el punto medio de los rangos, el costo para los productores de maíz será de \$18 mil millones de dólares, para los de sorgo casi \$5 mil, mientras que los de trigo perderán \$1.5 mdd, soya \$440 millones y arroz \$269. Estos costos representan los costos de casi el 70% del valor de la producción agrícola en México.

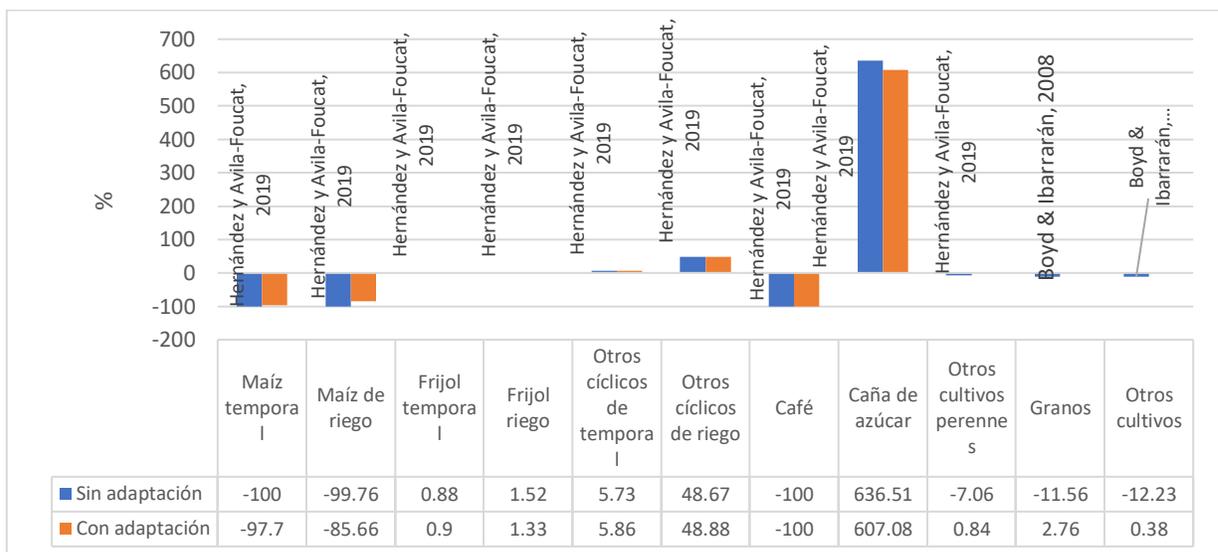
Gráfica 5. Valor actual de los costos del cambio climático en la agricultura



Fuente: Estrada et al. (2022)

Se compararon también cambios en la producción considerando alguna estrategia de adaptación. Se reportan resultados de dos estudios, el de Boyd e Ibararán (2008) para 2030 y el de Hernández y Ávila-Foucat (2019), usan un modelo estático calibrado para 2007. Para categorías agregadas, los daños serán marginales, pero para productos específicos como el café y el maíz, los efectos parecen ser muy fuertes, tanto que su producción casi desaparecerán con el cambio climático. El caso del maíz es particularmente alarmante dado que es la base de la dieta en México. La producción de caña de azúcar parece aumentar por un factor de 6 según Hernández y Ávila-Foucat(2019). Esto se muestra en la Gráfica 6.

Gráfica 6. Cambios porcentuales en la producción considerando adaptación



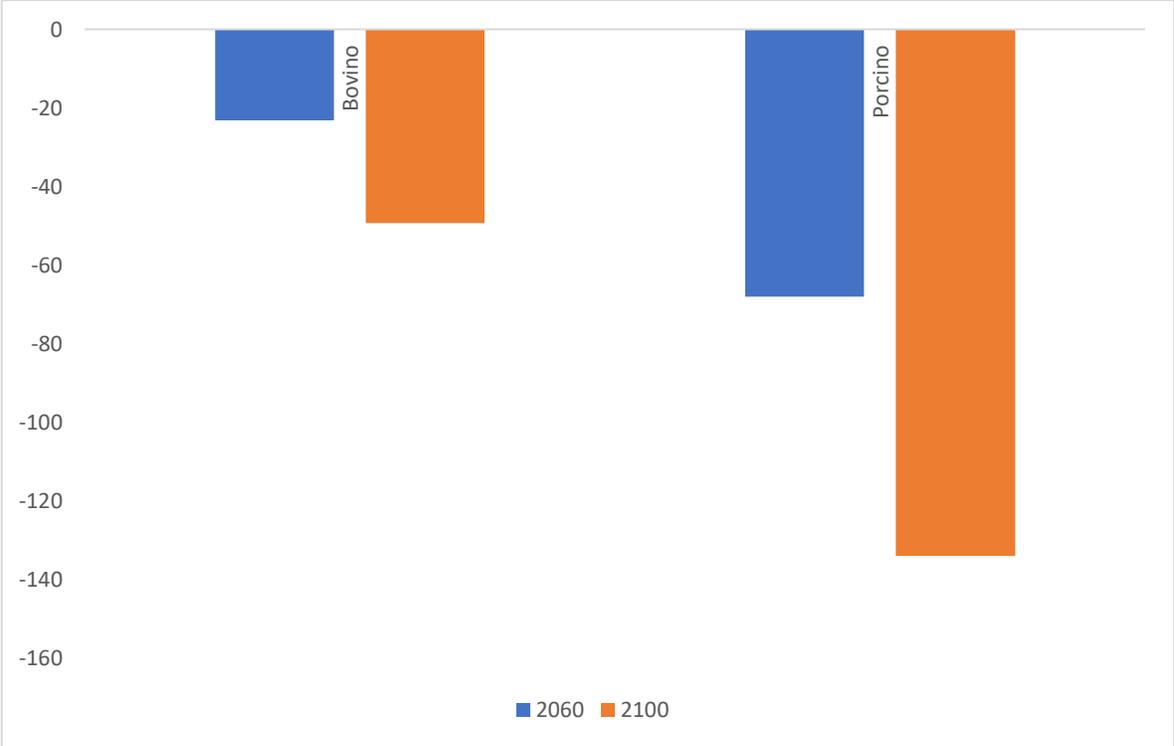
Fuente: Elaboración propia.

La adaptación se entiende como la adopción de estrategias que tienden a reducir los impactos del cambio climático. La mayor parte de los productos, por ende, se ven menos afectados al aplicarse diversas estrategias de adaptación, que siguen el estudio MINK (Rosenberg, 1993) en Boyd e Ibararán (2009), y las propuestas por Rosensweig e Iglesias (2000) en Hernández y Ávila-Foucat (2019). Se compararon cambios en la producción considerando alguna estrategia de adaptación. Se reportan resultados de dos estudios, el de Boyd e Ibararán (2008) para 2030 y el de Hernández y Ávila-Foucat (2019) para 2007 (Gráfica 8). Estos últimos resultados ilustran que no cualquier adaptación es adecuada, y que una maladaptación, por ejemplo en maíz de riego, frijol negro, o en caña de azúcar, puede resultar contraproducente.

Ganadería

Sobre el sector ganadero hay muy pocos estudios. Se compararon dos conceptos, los cambios en el ingreso neto por cabeza de ganado bovino y porcino respectivamente, para 2060 y para 2100 (Basurto et al., 2023) en la Gráfica 7, y el cambio en el valor de la producción sectorial debido al cambio climático con respecto a una línea base (Boyd e Ibararán, 2008), en la Gráfica 8. La Gráfica 7 muestra la caída en el ingreso neto por cabeza de ganado bovino en casi 50% y el de ganado porcino en más del 100% para 2100. Los efectos se van agudizando con el tiempo.

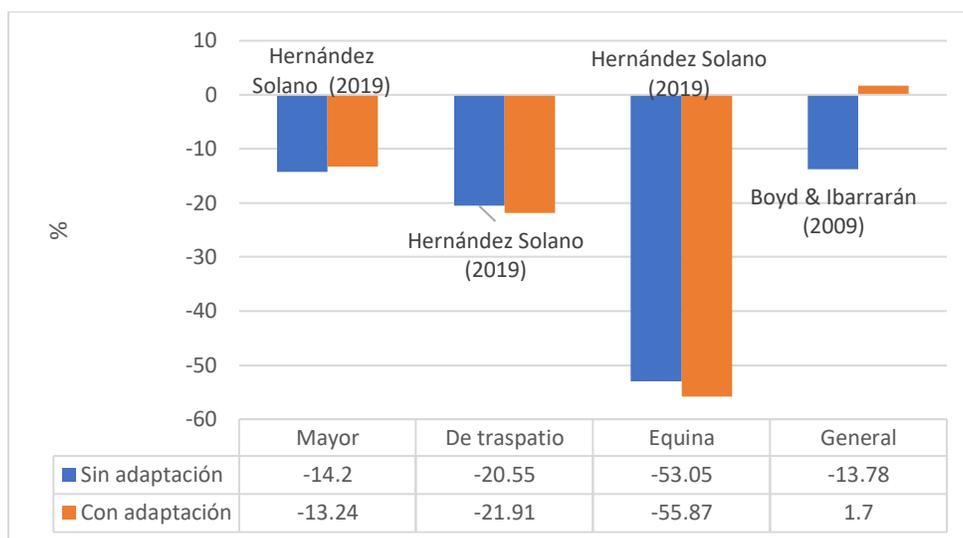
Gráfica 7. Cambio en el ingreso neto por cabeza



Fuente: Basurto et al. (2023).

En la Gráfica 8 se ven los impactos sectoriales para la ganadería mayor, de traspatio y equino, así como en su conjunto. La que más sufre es la equina. La adaptación reduce las pérdidas en todos los casos.

Gráfica 8. Cambios en la producción considerando adaptación



Fuente: Elaboración propia.

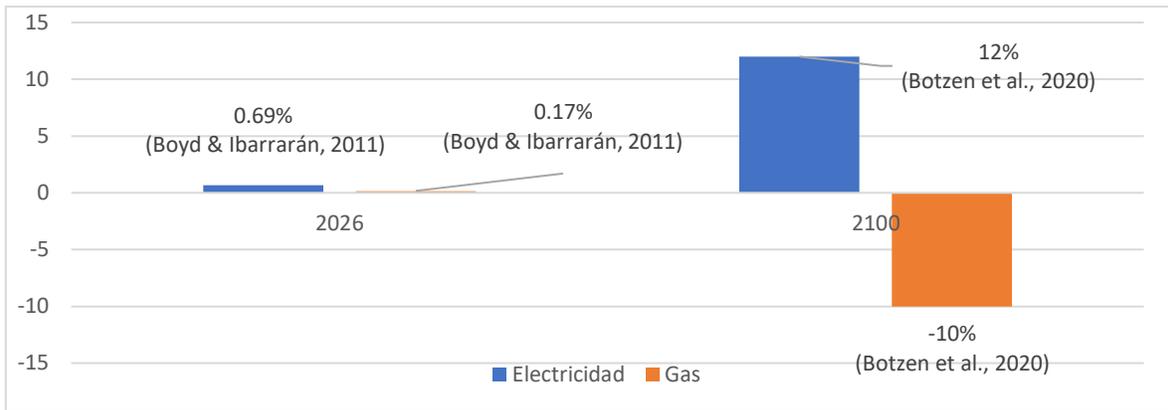
Energía

El sector energético es de particular importancia por varias razones. Primero, es un sector muy integrado al funcionamiento de la economía, de manera que al haber crecimiento económico, generalmente se requiere una mayor oferta de energía para satisfacer la creciente demanda. Por otra parte, temperaturas más extremas tienden a estar asociadas con una mayor demanda de energía para calentar y enfriar espacios. Además, la producción de energía puede estar asociada con la precipitación y la temperatura, dado que a mayor temperatura, mayor evaporación, y a menor precipitación, se reducen los recursos hídricos disponibles para la generación hidroeléctrica.

Sin embargo, no se han encontrado muchos estudios que analicen los impactos del cambio climático sobre este sector. Lo común son estudios del impacto del sector energético, mediante los GEI que genera, sobre el aumento en la temperatura global, pero no al revés. Los estudios del sector energético son pues principalmente de mitigación.

Así, en la Gráfica 9 se pueden apreciar los cambios en el consumo de electricidad y gas reportada por dos estudios. El de Boyd e Ibararán (2011) reporta que en el corto plazo, es decir, en 2026, ambos crecen marginalmente. Según Botzen et al. (2020) para el 2100 el consumo de electricidad aumentará en 12% mientras que el de gas se reducirá en 10%. Esto puede deberse al cambio en la matriz energética que se espera tenga México en el futuro, cuando se fomenten las fuentes renovables de energía como política de estado.

Gráfica 9. Cambios en el consumo de energía



Fuente: Elaboración propia.

Transporte

Al haber más eventos extremos asociados al cambio climático, las condiciones de las carreteras se deteriorarán. La Gráfica 10 muestra el gasto adicional en mantenimiento de carreteras por regiones debido al impacto del cambio climático. La región noreste es la que más se verá afectada en \$423 mdd, ya que es la que más vías posee. Además, estas son las vías que se utilizan con mayor frecuencia para el transporte de bienes a Estados Unidos que se ha intensificado a partir de los tratados comerciales. La Península de Yucatán será la segunda zona con más afectaciones en su infraestructura carretera, por su alta exposición a los eventos extremos. Las demás regiones del país se verán afectados más o menos en la misma medida. Cabe resaltar que estos resultados provienen de un solo estudio, dado que no se hayaron más para el sector.

Gráfica 10. Gasto adicional en mantenimiento de carreteras



Fuente: Elaboración propia a partir de Espinet et al. (2023).

Turismo

Dentro de los destinos turísticos, se espera que los mayormente afectados estén en zonas costeras. Entre ellos, los valores más altos se reportan para la Riviera Maya, de casi \$3 mil millones de dólares en 2060, aunque hay que tener en claro que hay muy pocos destinos analizados en este estudio y que este es el destino con mayor número de estudios; no se encontraron estudios para otras zonas costeras, excepto Riviera Nayarit, como lo muestra la Gráfica 11.

Gráfica 11. Afectaciones a tres destinos turísticos

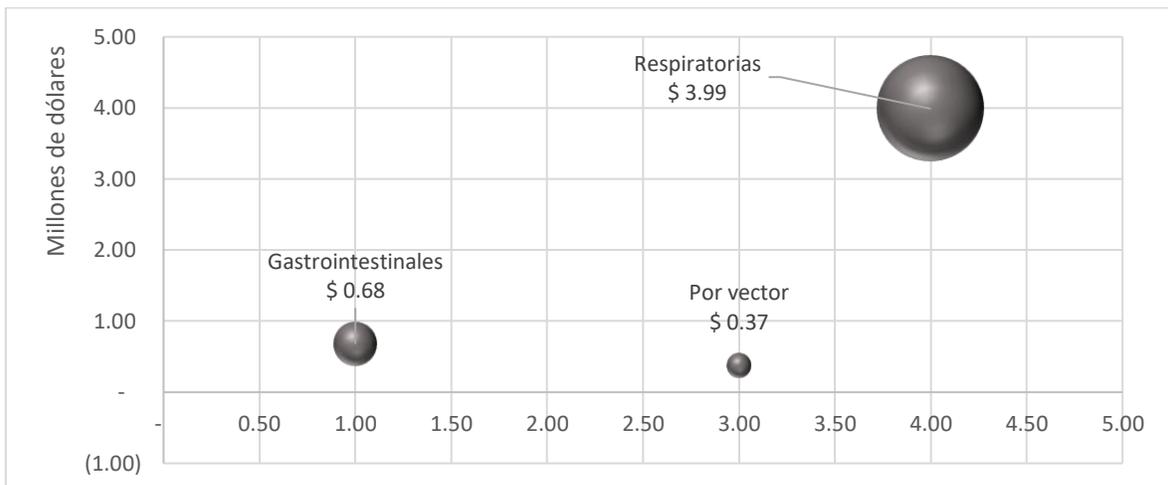


Fuente: SECTUR (2020a,b,c).

Salud

Con respecto a las enfermedades asociadas al cambio climático, las que generarán más costo son las respiratorias con \$4 mil mdd, seguidas de las gastrointestinales con \$680 mdd y las transmitidas por vector con casi \$373 mdd, como muestra la Gráfica 12. Valdría la pena considerar además las enfermedades mentales, asociadas a mayor estrés, aunque no se encontraron estudios para el caso de México.

Gráfica 12. Costos estimados de enfermedades asociadas al cambio climático

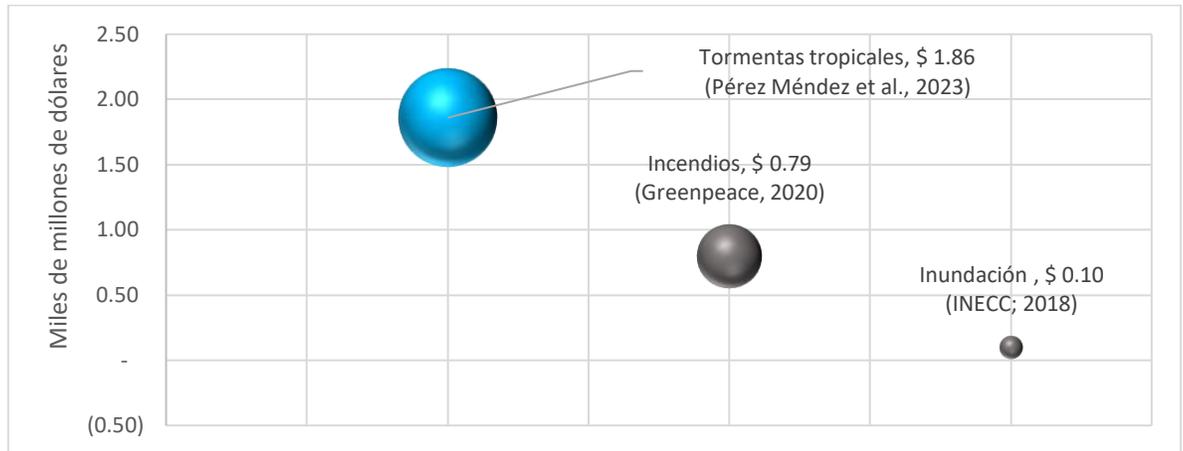


Fuente: PNUD-INECC (2018).

Eventos meteorológicos extremos

Como es bien sabido, uno de los principales efectos del cambio climático es el incremento en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos. Esto se ha observado claramente en los últimos años en México, culminando con el huracán Otis a finales de 2023 (Delgado Ramos, 2023). La Gráfica 13 se muestra que, de los eventos extremos, las tormentas tropicales son las que mayor impacto económico generarán, costando casi \$2 mil millones de dólares.

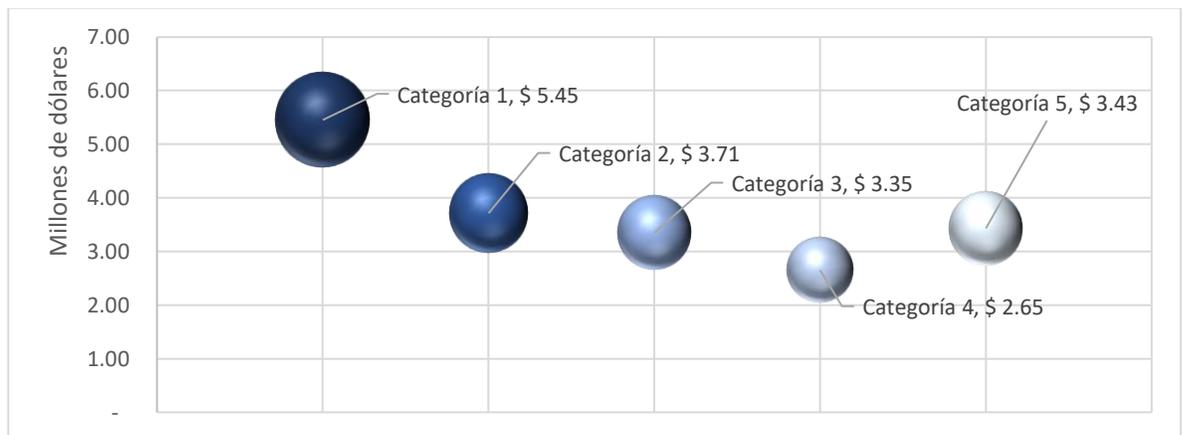
Gráfica 13. Costo económicos de eventos extremos asociados al cambio climático



Fuente: Elaboración propia.

En la Gráfica 14 las tormentas tropicales se desglosan por categoría. Los huracanes categoría 1 son los que mayores costos agregados tendrán, generando cada uno pérdidas relativamente bajas, pero al aumentar su ocurrencia, las pérdidas terminan siendo más altas que para huracanes más intensos.

Gráfica 14. Costo económico de huracanes por categoría



Fuente: Elaboración propia a partir de Pérez Méndez et al. (2023).

Es interesante ver que a pesar de que este tipo de fenómenos afectan a México de manera importante, hay pocos estudios con costos monetarios al respecto.

Discusión de los resultados

Respecto a lo que se pudo analizar con mayor detalle, uno de los temas más importantes es el de las **afectaciones al PIB**, ya sea a su crecimiento o a su composición sectorial. Los costos del cambio climático están en cambios en puntos porcentuales del PIB o en su crecimiento. Se observa que los costos a corto plazo pueden no ser tan altos, del orden del 1% del PIB, pero que en el largo plazo podrían ser de 137% del PIB del 2010 en 2100. Además, estos costos son regresivos para la sociedad, es decir, le afecta en mayor medida a los de ingresos más bajos. Esto debe llamar a la **acción inmediata** si los actuales tomadores de decisiones quieren evitar daños futuros.

Entrando al análisis sectorial de los costos del cambio climático, el **sector agrícola es el más afectado**, seguido por el del turismo. Los demás sectores se ven afectados casi de la misma manera.

Una vez realizado el análisis para los sectores económicos de manera simultánea, se analizaron los resultados dentro de cada sector. Dada la escasa información al interior de los sectores y que los estudios no son necesariamente a nivel nacional sino para algunos productos y algunas localidades, **es imposible agregar las afectaciones sectoriales a partir de los estudios sobre las afectaciones identificadas dentro de cada sector**. Por ejemplo, en el caso de la agricultura, hay estudios a nivel nacional para naranja, maíz, caña de azúcar, sorgo, café, trigo, plátano, arroz, frijol y soya, que representan el 70% de la producción agrícola nacional. Además, hay estudios aislados para café, por ejemplo, en Veracruz. Nuevamente, es imposible partir de los estudios puntuales para ver la afectación a todo el sector o a todo el país.

Una de las causas de las pérdidas en la agricultura, pero también de los grandes temores al cambio climático, son los **eventos meteorológicos extremos** que se espera sean más frecuentes e intensos. Hay varios estudios al respecto, algunos a nivel nacional y otros solamente locales. Generalmente reportan las pérdidas asociadas a distintos eventos meteorológicos. En principio, las tormentas tropicales son las más costosas, más que los incendios y las inundaciones. Dentro de las tormentas tropicales están los huracanes, que son tormentas tropicales de mayor intensidad. Por su frecuencia, los huracanes categoría 1 son los que más afectan, seguidos por los categoría 2, 5, 3 y 4. Si bien las afectaciones son importantes, sus daños son al menos un orden de magnitud menor a los daños a los diferentes sectores y aún al sector agrícola.

Un sector que se espera sea afectado de manera importante es el **sector salud**, debido a que se tendrán que atender enfermedades asociadas al cambio climático, como respiratorias, gastrointestinales y aquellas transmitidas por vector. Habría otras seguramente, como los golpes de calor, pero no parece haber estudios en México al respecto, o sistematización de la información. Por último, podría haber otras enfermedades más costosas sobre las que no hay estudios y por tanto no se reportan.

Los eventos meteorológicos extremos tendrán efectos sobre las vías de comunicación. Es común escuchar que afectan carreteras, pero también vías de ferrocarril y aeropuertos. Para México solamente se encontró un estudio al respecto, y únicamente estima los gastos adicionales en **mantenimiento de carreteras**, por lo que se considera que estos están seguramente **subestimados**. Es crucial hacer más estudios sobre los efectos del cambio climático sobre la infraestructura del país,

no solamente carreteras, sino presas, sistemas de bombeo de agua, plataformas de perforación marinas, etc.

Estos mismos eventos meteorológicos, en particular los huracanes, afectan los **destinos turísticos**. Es de resaltar que solamente se encontraron estudios con estimaciones de los costos para la Riviera Maya, Riviera Nayarit y San Miguel de Allende. Ha habido costos importantes en Acapulco y Veracruz, por ejemplo, pero **no se encontraron estudios** al respecto.

En cuanto a la parte más de **forma de los resultados**, después de una revisión exhaustiva de la literatura tanto académica como gris de la economía del cambio climático en México, se puede concluir que hay **relativamente pocos estudios al respecto** y que **no cubren la totalidad de los costos que se esperan a partir de este fenómeno**. En concreto, se encontraron 50 estudios de 12 temas, y un porcentaje importante fueron de literatura gris, es decir, reportes elaborados por secretarías de estado, asociaciones no gubernamentales o consultores independientes que no pasaron por un arbitraje doble ciego que validara las metodologías y resultados. Algunos de estos estudios, como el Estudio de la Economía del Cambio Climático en México (Galindo, 2010), tiene fuertes deficiencias metodológicas que se han resaltado (Estrada, Gay y Tol, 2011; Estrada et al., 2013). Sin embargo, hay muchos otros estudios, como los de Green Peace (2020), que presentan rangos de costos amplísimos que aportan poco a la discusión y que no han sido revisados por pares de manera rigurosa.

Los estudios identificados corresponden a diferentes sectores, pero **no se encontraron suficientes estudios por sector**. Por ejemplo, un sector que se espera sea muy afectado es el de pesca, y sólo 3% de los estudios son específicos a este sector y de ellos solo uno se centra en los efectos a todo el sector y otro versa sobre los camarones y las sardinas, dejando fuera a las demás especies y a otras partes del país donde se producen. Otro ejemplo es el sector industrial, sobre el que se centran solamente 1% de los estudios, muy poco con respecto a la importancia de este sector como porcentaje del PIB, como empleador o como emisor de gases de efecto invernadero. Así, se puede concluir que se necesitaría hacer un esfuerzo más coordinado para desarrollar estudios para todos los sectores. Un contraejemplo es turismo, donde se concentran el 14% de los estudios encontrados.

Por otra parte, los estudios revisados **no son necesariamente comparables entre sí**. De hecho, algunos cubren determinados sectores, o estados o localidades particulares del país, dejando muchas sin estudios. Además, consideran periodos de tiempo distintos y diferentes tasas de descuento, lo que **imposibilita agregar los resultados para tener el costo total del cambio climático para todo el país en un mismo periodo de tiempo**. Solo los estudios que usan metodología de equilibrio general computable dan resultados para todos los sectores y para toda la economía, pero estos no permiten ver resultados por productos ni por estado.

Otra generalidad es que los estudios **reportan resultados en diversas unidades que no son comparables** entre sí. Por ejemplo, agricultura es el sector que tiene casi una quinta parte de los estudios identificados, 19%. Sin embargo, pocos son comparables dado que los resultados se encuentran en diferentes unidades como cambios en el valor de la producción, valor de la tierra, ingresos netos, rendimientos de cultivos, producción e ingresos esperados, pérdidas en la producción, superficie sembrada, y costos totales respecto al PIB. Esto limita el análisis que se puede hacer. En este mismo sector, unos valores se dan en unidades monetarias y otras en porcentajes. Esto mismo sucede por ejemplo en el sector salud, turismo, y en cuanto a las políticas de mitigación.

En el Anexo II se encuentra una liga a un archivo de excel con todos los valores encontrados en la revisión de literatura que se hizo para este proyecto.

Por último, **estimaciones puntuales de los costos esperados son poco robustas**. Habrá de plantearse una forma distinta de análisis que den resultados que incorporen la incertidumbre asociada a este fenómeno del cambio climático.

5. Hacia una agenda de investigación futura

Este estudio, además de evidenciar las deficiencias de los estudios existentes y las dificultades para su comparación y agregación, también ha dejado en claro los **vacíos de información**. Un sencillo recuento de lo revisado permite identificar la necesidad de estudios detallados a nivel nacional para determinar los requerimientos de financiamiento por las afectaciones esperadas del cambio climático.

Dada la poca literatura validada por revisión de pares y la muy alta proporción de literatura gris, se recomienda hacer un llamado a la **producción de literatura revisada por pares** para documentar y/o validar los faltantes de información o los datos que no están suficientemente justificados.

Se requieren **más estudios por sector**, de manera coordinada, para tener mayor información de los posibles efectos del cambio climático, por ejemplo en los sectores pesca e industrial, donde hay carencia fuerte de información.

Es necesario hacer **estudios cuyos resultados sean comparables** y que estén en unidades agregables, de manera que se puedan ir poco a poco cubriendo sectores y regiones de manera que los resultados puedan sumarse para determinar el impacto final. Esto implicará un **diseño minucioso de los estudios modulares**, a partir de mismos parámetros, de tal forma que se obtengan resultados que se puedan agregar.

Se sugiere se **utilicen escenarios**, como hace el IPCC para generar una **serie de trayectorias con distintos modelos** de manera que se pueda construir un **abanico de costos** tanto agregados como sectoriales y para productos o enfermedades concretas que puedan ser comparables entre sí. Para ello se deberá partir de ciertos parámetros comunes y a modelos relativamente comparables.

Además, dada la vulnerabilidad de los distintos sectores, sería crucial hacer **estudios sobre las medidas necesarias para reducir estas vulnerabilidades y sus costos**. Estudios anteriores tanto a nivel global como nacional han mostrado que es menos costoso prevenir que reconstruir, y por ello sería recomendable fortalecer a los distintos sectores ante los embates del cambio climático. Por otro lado, hacer estudios a nivel subnacional puede ayudar a los estados a prepararse para lo que venga.

ANEXO I. Lista de estudios seleccionados

Tabla I.A. Estudios seleccionados para el análisis

Título	Autor	Año	Fuente
PIB agregado			
El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial	Boyd, R; Ibararán, M.E.	2011	Gaceta de Economía
Extreme climate events and adaptation: and exploratory analysis of drought in Mexico	Boyd & Ibararán	2008	Environment and Development Economics
Impactos socioeconómicos del Cambio Climático en México	De la Fuente Meraz, A.; Olivera Villarroel, S.M.	2018	Editorial Universidad Autónoma Metropolitana
Economía del Cambio Climático en la Ciudad de México	Estrada, F.; Martínez López, B.	2010	Universidad Nacional Autónoma de México
Economic impacts and risks of climate change under failure and success of the Paris Agreement	Estrada, F; Wouter Botzen, W.J.	2020	Annals of the New York Academy of Sciences
La Economía del Cambio Climático en México	Galindo, L.M.	2010	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
La Economía del Cambio Climático	INECC	2018	INECC
Primera comunicación sobre la adaptación de México ante la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	INECC.	2022	INECC-SEMARNAT
Efectos del Cambio Climático en el crecimiento económico de México	Sánchez Vargas, A.	2021	Universidad Nacional Autónoma de México
Agricultura			
Extreme climate events and adaptation: and exploratory analysis of drought in Mexico	Boyd & Ibararán	2008	Environment and Development Economics
El costo del cambio climático en México:	Boyd, R; Ibararán, M.E.	2011	Gaceta de Economía

análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial			
Cambio climático en el centro de México: impacto en la producción de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) en Tlaxcala	Calderón-García, J.O.; Monterroso-Rivas, A.I.; Gómez-Díaz, J.D.	2015	Revista Ra Ximhai
Impactos y costos económicos del Cambio Climático	CDMX	2018	SEDEMA-CDMX
Impactos socioeconómicos del Cambio Climático en México	De la Fuente Meraz, A.; Olivera Villarroel, S.M.	2018	Editorial Universidad Autónoma Metropolitana
Model emulators for the assessment of regional impacts and risks of climate change: A case study of rainfed maize production in Mexico	Estrada, F.; Mendoza, A.; Murray, G.; Calderón-Bustamante, O.; Botzen, W.; De León Escobedo, T.; Velasco, J.A.	2023	Frontiers in Environmental Science
Impacts and economic costs of climate change on Mexican agriculture	Estrada, F.; Mendoza-Ponce, A.; Calderón-Bustamante, O.; Botzen, W.	2022	Regional Environmental Change
La Economía del Cambio Climático en México	Galindo, L.M.	2010	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
La Economía del Cambio Climático en México: algunas reflexiones	Galindo, L.M.; Caballero, K.	2011	Gaceta de Economía
Climate change, irrigation and agricultural activities in Mexico: A Ricardian analysis with panel data	Galindo, L.M.; Reyes, O.; Alatorre, J.E.	2015	Journal of Development and Agricultural Economics
Impactos potenciales del Cambio Climático en la agricultura: escenarios de producción de café para el 2050 en Veracruz (México)	Gay, C.; Estrada, F.; Conde, C.; Eakin, H.	2004	Asociación Española de Climatología
Potential impacts of climate change on agriculture: A case of study of coffee production in Veracruz Mexico	Gay, C.; Estrada, F.; Conde, C.; Eakin, H.; Villers, L.	2006	Climatic Change

México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación.	Greenpeace	2020	Greenpeace
Climate change impact on Mexico's wheat production	Hernandez-Ochoa, I.M.; Asseng, S.; Kassie, B.T.; Xiong, W.; Robertson, R.; Luz Pequeño, D.N.; Sonder, K.; Reynolds, M.; Ali Babar, M.; Molero Milan, A.; Hoogenboom, G.	2018	Agriculture and Forest Meteorology
Adaptación al cambio climático y sus efectos en la economía de los hogares rurales mexicanos productores de alimentos	Hernández-Solano, A.M.; Avila-Foucat, V.S.	2017	Ensayos Revista de Economía
Costos de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de México	INECC	2018	INECC
La Economía del Cambio Climático	INECC	2018	INECC
Impacto económico del Cambio Climático en el cultivo de maíz (Zea Mays L.) en la región Amecameca, Estado de México	Jolalpa Barrera, J.L.	2019	Colegio de Postgraduados
Impacto del Cambio Climático en la Actividad Platanera en Tabasco	Luna Reyes, D.A.	2018	Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
A Ricardian analysis of Mexican farms	Mendelshohn, R.; Arellano-Gonzalez, J.; Christensen, P.	2010	Environment and Development Economics
Impacto económico del Cambio Climático en el cultivo del trigo en regiones productoras de Sonora, México	Moreno Dena, J.M.	2019	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.
La productividad del maíz de temporal en México: repercusiones del cambio climático	Olivera Villarroel, S.M.	Sin Fecha	Naciones Unidas- CEPAL
Reporte mexicano de Cambio Climático	PINCC	2015	Programa de Investigación en Cambio Climático

Impacto Económico Del Cambio Climático en el sector agrícola mexicano	Torres Del Río, J.A.	2020	Revista BInvestigación
Ganadería			
Impactos económicos potenciales del cambio climático en la ganadería: caso de México	Basurto Hernández, S; Galindo Paliza, L.M; Rios Mohar, J.	2022	Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía
Extreme climate events and adaptation: and exploratory analysis of drought in Mexico	Boyd & Ibararán	2008	Environment and Development Economics
El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial	Boyd, R; Ibararán, M.E.	2011	Gaceta de Economía
La Economía del Cambio Climático en México	Galindo, L.M.	2010	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
La Economía del Cambio Climático en México: algunas reflexiones	Galindo, L.M.; Caballero, K.	2011	Gaceta de Economía
Pesca			
Economic Impacts of Climate Change on Two Mexican Coastal Fisheries: Implications for Food Security	Aguilar Ibarra, A.; Sánchez Vargas, A; Martínez López, B.	2013	Economics eJournal
Extreme climate events and adaptation: and exploratory analysis of drought in Mexico	Boyd & Ibararán	2008	Environment and Development Economics
El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial	Boyd, R; Ibararán, M.E.	2011	Gaceta de Economía
Biodiversidad			
La Economía del Cambio Climático en México	Galindo, L.M.	2010	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
La Economía del Cambio Climático en México: algunas reflexiones	Galindo, L.M.; Caballero, K.	2011	Gaceta de Economía
Forestal			

Extreme climate events and adaptation: and exploratory analysis of drought in Mexico	Boyd & Ibararán	2008	Environment and Development Economics
El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial	Boyd, R; Ibararán, M.E.	2011	Gaceta de Economía
Cost Analysis of Seed Conservation of Commercial Pine Species Vulnerable to Climate Change in Mexico	Rodríguez-Zuñiga, J.; Flores-Ortiz, C.M.; González-Guillén, M.J.; Lira-Saade, R.; Rodríguez Arévalo, N.I.; Dávila-Aranda, P.D.; Ulian, T.	2022	Forests
Recursos hídricos			
El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial	Boyd, R; Ibararán, M.E.	2011	Gaceta de Economía
Impactos y costos económicos del Cambio Climático	CDMX	2018	SEDEMA-CDMX
La Economía del Cambio Climático en México	Galindo, L.M.	2010	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
La Economía del Cambio Climático en México: algunas reflexiones	Galindo, L.M.; Caballero, K.	2011	Gaceta de Economía
Evaluación de costos de adaptación al cambio climático en organismos operadores de agua	IMTA	2013	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Energía			
Temperature Effects on Electricity and Gas Consumption: Empirical Evidence from Mexico and Projections under Future Climate Conditions	Botzen, W.J.; Nees, T; Estrada, F.	2020	Sustainability
Extreme climate events and adaptation: and exploratory analysis of drought in Mexico	Boyd & Ibararán	2008	Environment and Development Economics
El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio	Boyd, R; Ibararán, M.E.	2011	Gaceta de Economía

general de la vulnerabilidad intersectorial			
Impactos y costos económicos del Cambio Climático	CDMX	2018	SEDEMA-CDMX
La Economía del Cambio Climático	INECC	2018	INECC
Costos de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de México	INECC	2018	INECC
Reporte mexicano de Cambio Climático	PINCC	2015	Programa de Investigación en Cambio Climático
Industria			
Extreme climate events and adaptation: and exploratory analysis of drought in Mexico	Boyd & Ibararán	2008	Environment and Development Economics
El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial	Boyd, R; Ibararán, M.E.	2011	Gaceta de Economía
Costos de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de México	INECC	2018	INECC
Transporte			
Extreme climate events and adaptation: and exploratory analysis of drought in Mexico	Boyd & Ibararán	2008	Environment and Development Economics
El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial	Boyd, R; Ibararán, M.E.	2011	Gaceta de Economía
Impactos y costos económicos del Cambio Climático	CDMX	2018	SEDEMA-CDMX
Planning resilient roads for the future environment and climate change: Quantifying the vulnerability of the	Espinet, X.; Schweikert, A.; van den Heever, N.; Chinowsky, P.	2016	Transport Policy

primary transport infrastructure system in Mexico			
Costos de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de México	INECC	2018	INECC
Reporte mexicano de Cambio Climático	PINCC	2015	Programa de Investigación en Cambio Climático
Salud			
Impactos y costos económicos del Cambio Climático	CDMX	2018	SEDEMA-CDMX
Ozone and PM related health co-benefits of climate change policies in Mexico	Crawford-Brown, D.; Barker, T.; Anger, A.; Dessens, O.	2012	Environmental Science & Policy
México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación.	Greenpeace	2020	Greenpeace
La Economía del Cambio Climático	INECC	2018	INECC
Evaluación de los efectos económicos del cambio climático en el sector salud en México	PNUD-INECC	2018	PNUD-INECC
Climate Change and Its Impact on Human Health in Mexico	Ramírez-Sánchez, H.U.; Fajardo-Montiel, A.L.; Castellanos-Tadeo C.A.; La Torre-Villaseñor, D.E.	2023	International Journal of Environment and Climate Change
Economic impact of dengue in Mexico considering reported cases for 2012 to 2016	Zubieta-Zavala, A.; López-Cervantes, M.; Salinas-Escudero, G.; Ramírez-Chávez, A.; Ramos Castañeda, J.; Hernández-Gaytán, S.I.; López Yescas, J.G.; Durán-Arenas, L.	2018	PLOS. Neglected Tropical Diseases
Turismo			
Impactos y costos económicos del Cambio Climático	CDMX	2018	SEDEMA-CDMX
La Economía del Cambio Climático en México	Galindo, L.M.	2010	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
La Economía del Cambio Climático en México: algunas reflexiones	Galindo, L.M.; Caballero, K.	2011	Gaceta de Economía

La Economía del Cambio Climático	INECC	2018	INECC
Cambio climático y desarrollo turístico. Efectos de los huracanes en Cozumel, Quintana Roo y San Blas, Nayarit	Palafox Muñoz, A.; Gutiérrez Torres, A.	2013	Investigación y Ciencia
Reporte mexicano de Cambio Climático	PINCC	2015	Programa de Investigación en Cambio Climático
Evaluación de los efectos del Cambio Climático en el sector turismo en México	PNUD-INECC	2017	PNUD-INECC
Vulnerability of Coastal Resort Cities to Mean Sea Level Rise in the Mexican Caribbean	Ruiz-Ramírez, J.D.; Euán-Ávila, J.I.; Rivera-Monroy, V.H.	2019	Coastal Management
Análisis del Riesgo Económico causado por el Cambio Climático en Tres Destinos Turísticos en México. Riviera Maya	SECTUR	2020	SECTUR-SEMARNAT-INECC-CONANP-GIZ
Análisis del Riesgo Económico causado por el Cambio Climático en Tres Destinos Turísticos en México. Riviera Nayarit Jalisco	SECTUR	2020	SECTUR-SEMARNAT-INECC-CONANP-GIZ
Análisis del Riesgo Económico causado por el Cambio Climático en Tres Destinos Turísticos en México. San Miguel de Allende	SECTUR	2020	SECTUR-SEMARNAT-INECC-CONANP-GIZ
Eventos extremos			
México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación.	Greenpeace	2020	Greenpeace
Economic evaluation of climate risk adaptation strategies: Cost-benefit analysis of flood protection in Tabasco, Mexico	Haer, T.; Botzen, W.; Zavala-Hidalgo, J.; Cusell, C.; Ward, P.J.	2017	Atmósfera
Extreme Events in Mexico: Impacts on	Ibarrarán, M.E.; Chavarría, J.; Zúñiga, C.	2019	Springer

Public Health and Development			
La Economía del Cambio Climático	INECC	2018	INECC
Primera comunicación sobre la adaptación de México ante la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	INECC.	2022	INECC-SEMARNAT
Cambio climático y su efecto sobre el impacto económico de los huracanes en México	Pérez Mendez, M.A.; Piña Sandoval, M.A.; Cruz Vargas, D.I.	2023	Equilibrio Económico
Mitigación			
El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial	Boyd, R; Ibararán, M.E.	2011	Gaceta de Economía
Estimación de costos y beneficios asociados a la implementación de acciones de mitigación para el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones comprometidos en el Acuerdo de París	INECC	2021	INECC
Impactos macroeconómicos de las medidas de mitigación del cambio climático en Baja California: un estudio de simulación dinámica	Valadez García, A.	2016	Colegio de la Frontera Norte

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II. Base de datos de estudios revisados y valores encontrados

Archivo: Valores.xls

Referencias

- Adams, R.M., Rosenzweig, C., Peart, R.M., Ritchie, J.T., McCarl, B.A., Glycer, J.D., Curry, R.B., Jones, J. W., Boote, K.J. & Hartwell Allen Jr, L. (1990). Global climate change and US agriculture. *Nature*, 345(6272), 219-224.
- Aguilar Ibarra, A., Vargas, A. S., & López, B. M. (2013). Economic impacts of climate change on two Mexican coastal fisheries: Implications for food security. *Economics*, 7(1), 20130036.
- Ahn, S., De Steiguer, J. E., Palmquist, R. B., & Holmes, T. P. (2000). Economic analysis of the potential impact of climate change on recreational trout fishing in the southern Appalachian Mountains: an application of a nested multinomial logit model. *Climatic Change*, 45, 493-509.
- INECC (2022). Primera comunicación sobre la adaptación de México ante la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. INECC-SEMARNAT. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/2022_adcom_mexico.pdf
- Banco Mundial. (2013). Las dimensiones sociales del Cambio Climático en México. Banco Mundial. <https://www.bancomundial.org/content/dam/Worldbank/document/web%20spa%20mexico.pdf>
- Basurto Hernández, S., Galindo Paliza, L. M., & Ríos Mohar, J. (2023). Impactos económicos potenciales del cambio climático en la ganadería: caso de México. *Problemas del desarrollo*, 54(212), 27-54.
- Botzen, W. W., Nees, T., & Estrada, F. (2020). Temperature effects on electricity and gas consumption: Empirical evidence from Mexico and projections under future climate conditions. *Sustainability*, 13(1), 305.
- Boyd, R., & Ibararán, M. E. (2011). El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial. *Gaceta de economía*, 16, 115-133.
- Boyd, R., & Ibararán, M. E. (2008). Extreme climate events and adaptation: an exploratory analysis of drought in Mexico. *Environment and Development Economics*, 14(3), 371-395.
- Calderón-García, J. O., Monterroso-Rivas, A. I., & Gómez-Díaz, J. D. (2015). Cambio climático en el Centro de México: impacto en la producción de cebada (*Hordeum vulgare*) en Tlaxcala. *Ra Ximhai*, 11(5), 37-46.
- CDMX (2018). *Impactos y costos económicos del cambio climático*. Gobierno de la Ciudad de México. https://data.sedema.cdmx.gob.mx:9000/datos/storage/app/media/docpub/sedema/sedema_costs_cambio_climatico.pdf
- Crawford-Brown, D., Barker, T., Anger, A., & Dessens, O. (2012). Ozone and PM related health co-benefits of climate change policies in Mexico. *Environmental science & policy*, 17, 33-40.
- de la Fuente Meraz, A., & Olivera Villarroel, S. (2018). Impactos socioeconómicos del cambio climático en México.
- Delgado Ramos, G.C., Lucatello, S., Conde, C., Sánchez, R., Ivanova, A. y Romo, L. (2023). El huracán Otis y la crisis climática. Nexos. <https://medioambiente.nexos.com.mx/el-huracan-otis-y-la-crisis-climatica/>

Diario Oficial de la Federación [DOF] (2024). *Tipo de cambio y Tasas*. <https://www.dof.gob.mx/indicadores.php#gsc.tab=0>

Espinete, X., Schweikert, A., van den Heever, N., & Chinowsky, P. (2016). Planning resilient roads for the future environment and climate change: Quantifying the vulnerability of the primary transport infrastructure system in Mexico. *Transport Policy*, 50, 78-86.

Estrada, F., & Botzen, W. W. (2021). Economic impacts and risks of climate change under failure and success of the Paris Agreement. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1504(1), 95-115.

Estrada, F., & Martínez López, B. (2010). Economía del Cambio Climático en la Ciudad de México. Centro virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México.

Estrada, F., Mendoza-Ponce, A., Calderón-Bustamante, O., & Botzen, W. (2022). Impacts and economic costs of climate change on Mexican agriculture. *Regional Environmental Change*, 22(4), 126.

Estrada, F., Mendoza, A., Murray, G., Calderón-Bustamante, O., Botzen, W., De León Escobedo, T., & Velasco, J. A. (2023). Model emulators for the assessment of regional impacts and risks of climate change: A case study of rainfed maize production in Mexico. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 302.

Estrada, F., Tol, R. S., & Gay-García, C. (2011). *A critique of the economics of climate change in Mexico* (No. 408). ESRI Working Paper.

Estrada, F., Papyrakis, E., Tol, R. S., & Gay-García, C. (2013). The economics of climate change in Mexico: implications for national/regional policy. *Climate policy*, 13(6), 738-750.

Fred Economic Data (25 de enero de 2024). *Gross Domestic Product: Implicit Price Deflator*. <https://fred.stlouisfed.org/series/GDPDEF>

Galindo, L.M. (2010). La Economía del Cambio Climático en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, Dirección General Adjunta de Análisis de Política y Financiamiento. ISBN 978-607-7908-06-7

Galindo, L. M., & Caballero, K. (2011). La economía del cambio climático en México: algunas reflexiones. *Gaceta de Economía*, 16, 85-113.

Galindo, L. M., Reyes, O., & Alatorre, J. E. E. (2015). Climate change, irrigation and agricultural activities in Mexico: A Ricardian analysis with panel data. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 7(7), 262-273.

Gay, C., Estrada Porrúa, F., Conde, A. C., & Eakin, H. (2004). Impactos potenciales del cambio climático en la agricultura: escenarios de producción de café para el 2050 en Veracruz (México).

Gay, C., Estrada, F., Conde, C., Eakin, H., & Villers, L. (2006). Potential impacts of climate change on agriculture: a case of study of coffee production in Veracruz, Mexico. *Climatic Change*, 79(3-4), 259-288.

Greenpeace. (2020). *México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación*. Greenpeace. <https://www.greenpeace.org/static/planet4-mexico-stateless/2020/01/173a95d4-vulnerabilidad-mexico-cambio-climatico.pdf>

Haer, T., Botzen, W. W., Zavala-Hidalgo, J., Cusell, C., & Ward, P. J. (2017). Economic evaluation of climate risk adaptation strategies: Cost-benefit analysis of flood protection in Tabasco, Mexico. *Atmósfera*, 30(2), 101-120.

Hernández-Ochoa, I. M., Asseng, S., Kassie, B. T., Xiong, W., Robertson, R., Pequeno, D. N. L., ... & Hoogenboom, G. (2018). Climate change impact on Mexico wheat production. *Agricultural and Forest Meteorology*, 263, 373-387.

Hernández, A. M., & Avila-Foucat, V. S. (2019). Adaptación al cambio climático y sus efectos en la economía de los hogares rurales mexicanos productores de alimentos. *Ensayos. Revista de economía*, 38(1), 61-86.

Ibarrarán, M. E., Chavarría, J., & Zúñiga, C. (2020). Extreme Events in Mexico: Impacts on Public Health and Development. *Extreme Weather Events and Human Health: International Case Studies*, 315-332.

IMTA (2013). *Evaluación de costos de adaptación al cambio climático en organismos operadores de agua*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. <https://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/1611>

INECC. (2018). *La Economía del Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

INECC. (2018). Costos de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de México. Medidas Sectoriales No Condicionadas. Informe Final. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/330857/Costos_de_las_contribuciones_nacionalmente_determinadas_de_Mexico_dobles_pginas.pdf

INECC. (2021). Estimación de costos y beneficios asociados a la implementación de acciones de mitigación para el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones comprometidos en el Acuerdo de París. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/756201/157_2021_Costo_Beneficio_Mitigacion_Acuerdo_Paris.pdf

Jolalpa Barrera, J. L. (2019). Impacto económico del cambio climático en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la región Amecameca, Estado de México.

Luna Reyes, D. A. (2018). *Impacto del cambio climático en la actividad platanera en Tabasco*. Cambio climático y su impacto en el territorio, 37.

Mendelsohn, R. (2000). Measuring the effect of climate change on developing country agriculture. *FAO economic and social development paper*, (145), 1-31.

Mendelsohn, R., Arellano-Gonzalez, J., & Christensen, P. (2010). A Ricardian analysis of Mexican farms. *Environment and Development Economics*, 15(2), 153-171.

Moreno Dena, J.M. (2019). Impacto económico del cambio climático en el cultivo de trigo en regiones productoras de Sonora, México [Tesis Doctoral]. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

Nordhaus, W. D., & Yang, Z. (1996). A regional dynamic general-equilibrium model of alternative climate-change strategies. *The American Economic Review*, 741-765.

Nordhaus, W. D. (2007). A review of the Stern review on the economics of climate change. *Journal of economic literature*, 45(3), 686-702.

O'Brien, K. L., & Leichenko, R. M. (2000). Double exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization. *Global environmental change*, 10(3), 221-232.

Olivera Villarroel, S. M. (S/F). *La Productividad del Maíz de Temporal en México: repercusiones del Cambio Climático*.

Palafox Muñoz, A., & Gutiérrez Torres, A. G. (2013). Cambio climático y desarrollo turístico. Efectos de los huracanes en Cozumel, Quintana Roo y San Blas, Nayarit.

Pérez Méndez, M. A., Piña Sandoval, M. A., & Cruz Vargas, D. I. (2023). Cambio climático y su efecto sobre el impacto económico de los huracanes en México. *Equilibrio Económico*, 19(55), 7-47.

PINCC. (2015). *Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo II: impactos, vulnerabilidad y adaptación*. Programa de Investigación en Cambio Climático. <https://www.pincc.unam.mx/wp-content/uploads/2021/06/reporte-mexicano-cambio-climatico-vol-2.pdf>

PNUD México-INECC. (2017). *Evaluación de los efectos del cambio climático en el sector turismo en México*. Proyecto 86487 "Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México". 85 pp. Alejandro Islas Camargo. México.

PNUD México- INECC. (2018). *Evaluación de los efectos económicos del cambio climático en el sector salud en México*. Proyecto 86487 "Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México". 151 pp. Luis Enrique Nieto Barajas, México.

Ramírez-Sánchez, H.U., Fajardo-Montiel, A. L., Castellanos-Tadeo, C.A., & De la Torre-Villaseñor, D. (2023). Climate Change and Its Impact on Human Health in Mexico. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(6), 219-243.

Rodríguez-Zúñiga, J., Flores-Ortiz, C. M., González-Guillén, M. D. J., Lira-Saade, R., Rodríguez-Arévalo, N. I., Dávila-Aranda, P. D., & Ulián, T. (2022). Cost Analysis of Seed Conservation of Commercial Pine Species Vulnerable to Climate Change in Mexico. *Forests*, 13(4), 539.

Rosenberg, N. J. (Ed.). (1993). *Towards an integrated impact assessment of climate change: the MINK study* (pp. v+173). Kluwer Academic.

Rosenzweig, C., & Iglesias, A. (2000). "Potential Impacts of Climate Change on World Food Supply, v 1 (1995 – 2110)". Palisades, NY: Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Columbia University. Available at <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/crop-climate-potential-impacts-world-food-supply>

Rosenzweig, C., & Parry, M. L. (1994). Potential impact of climate change on world food supply. *Nature*, 367(6459), 133-138.

Ruiz-Ramírez, J. D., Euán-Ávila, J. I., & Rivera-Monroy, V. H. (2019). Vulnerability of coastal resort cities to mean sea level rise in the Mexican Caribbean. *Coastal Management*, 47(1), 23-43.

Sánchez Vargas, A. (2021). *Efectos del cambio climático en el crecimiento económico de México*. UNAM. ISBN: 978-607-30-4246-8

Sánchez Vargas, A. (2012). *El cambio climático y la pobreza en el Distrito Federal*. Informe Final. Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México. <https://www.claraboya.com.mx/storage/app/media/docpub/unam/unam-cambioclimatico-pobreza.pdf>

SECTUR. (2020^a). Análisis del riesgo económico causado por el cambio climático en tres destinos turísticos en México – Reporte para la Riviera Maya. México 2020. Secretaría de Turismo. <http://sistemas.sectur.gob.mx/dgots/10-reporte-riviera-maya.pdf>

SECTUR. (2020^b). Análisis del riesgo económico causado por el cambio climático en tres destinos turísticos en México – Reporte para la Riviera Nayarit. México 2020. Secretaría de Turismo. <http://sistemas.sectur.gob.mx/dgots/10-reporte-riviera-nayarit-jalisco.pdf>

SECTUR. (2020^c). Análisis del riesgo económico causado por el cambio climático en tres destinos turísticos en México – Reporte para San Miguel de Allende. México 2020. Secretaría de Turismo. <http://sistemas.sectur.gob.mx/dgots/10-reporte-san-miguel-allende.pdf>

Stern, N. H. (2007). *The economics of climate change: the Stern review*. Cambridge University Press.

Tranfield, D., Denyer, D., Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*. 14, 207e222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>.

Torres Del Río, J.A: (2020). Impacto Económico del Cambio Climático En El Sector Agrícola Mexicano. *BInvestigación*. Número 2. <https://revistas.uaa.mx/index.php/bi/article/view/3029>

Valadez García, A. (2016). Impactos macroeconómicos de las medidas de mitigación del cambio climático en Baja California: Un estudio de simulación dinámica. [Tesis de maestría]. El Colegio de la Frontera Norte. <https://www.colef.mx/posgrado/tesis/20141164/>

Zubieta-Zavala, A., López-Cervantes, M., Salinas-Escudero, G., Ramírez-Chávez, A., Castañeda, J. R., Hernández-Gaytán, S. I., ... & Durán-Arenas, L. (2018). Economic impact of dengue in Mexico considering reported cases for 2012 to 2016. *PLoS neglected tropical diseases*, 12(12), e0006938.