FAO mediabase

# PROPUESTA DE CONTABILIDAD DE COSTOS POR PÉRDIDAS Y DAÑOS RELACIONADOS CON LAS REPERCUSIONES OBSERVADAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SISTEMA DE CUENTAS NACIONALES PARA MÉXICO

MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INECC
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

# DIRECTORIO

**Dra. María Amparo Martínez Arroyo**
Directora General del INECC

**Dra. Margarita Caso Chávez**
Coordinadora General de Adaptación al Cambio Climático y Ecología

# Elaboración de informe:

El Colegio de la Frontera Norte, A. C
**Dra. Patricia Rivera Castañeda**
Profesora-Investigadora. El Colegio de la Frontera Norte
**Dr. Roberto Alejandro Sánchez Rodríguez**
Profesor-Investigador. El Colegio de la Frontera Norte
**Dra. Dalia Marcela Muñoz**
Investigadora posdoctoral. El Colegio de la Frontera Norte
**Dra. Ena del Carmen Gámez Balmaceda**
Consultora independiente
**Mtra. Elis Gómez Garibay**
Candidata a Dra. El Colegio de México.

# COORDINADO POR

**Mtra. María del Pilar Salazar Vargas**
Directora de Economía Ambiental y de Recursos Naturales

**Mtra. Janet Meléndez Campillo**
Subdirección de Riesgos por Cambio Climático

# AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Estadística y Geografía, el Centro Nacional de Prevención de Desastres, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Dr. Juan Manuel Torres Rojo y el Mtro. Daniel Iura González por sus valiosas aportaciones en las entrevistas implementadas. Agrademos a los representantes de INEGI, CENAPRED, SEMARNAT, SENER, CONANP. CONAFOR, CONABIO, WRI, PNUD, IDOM Environment, GIZ, ADAPTUR, IMTA, INECC, SIAP, SECTUR, SHCP, y representantes del sector académico que participaron en el taller impartido como parte de la elaboración de este informe.

**Citar este reporte como:**

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2021. Propuesta de contabilidad de costos por pérdidas y daños relacionados con las repercusiones observadas del cambio climático en el Sistema de Cuentas Nacionales para México. pp,

D. R. © Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Octubre 2021.
Boulevard Adolfo Ruíz Cortines No. 4209 Col. Jardines en la Montaña, Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México C.P. 14210. https://www.gob.mx/inecc

# ÍNDICE


1. RESUMEN EJECUTIVO 11

2. INTRODUCCIÓN 12

3. ANTECEDENTES 14

4. OBJETIVOS 19

5. METODOLOGÍA 19

6. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE SOBRE EXPERIENCIAS EN LA INCLUSIÓN DE PÉRDIDAS Y DAÑOS RELACIONADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO 23

6.1 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE COSTOS POR REPERCUSIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL PIB 31

6.2 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE COSTOS POR REPERCUSIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL SECTORIAL 40

7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MÉTODOS QUE EVALÚAN DAÑOS Y PÉRDIDAS 50

8. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE LAS METODOLOGÍAS PARA MÉXICO 58

8.1 CRITERIOS DE DECISION E IDENTIFICACION DE INDICADORES 58

8.2 ANALISIS DE ELEMENTOS FACTIBLES A PARTIR DE ENTREVISTAS A ACTORES CLAVE 69

8.3 SÍNTESIS PARA LA PROPUESTA DE LAS PRIMERAS BASES DE LA METODOLOGÍA EN DESARROLLO 71

9. PASOS A SEGUIR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA METODOLOGÍA 76

10. ANEXOS 83

10.1 PLAN DE TRABAJO 83

10.2 TALLER DE PRESENTACIÓN E INTERCAMBIO DE IDEAS SOBRE LA PROPUESTA METODOLOGICA 89

**11. REFERENCIAS** 100

# ACRÓNIMOS

| | |
|---|---|
| AgMIP | Agricultural Model Intercomparison and Improvement |
| ADED | Project |
| ANP | Agricultural Direct Economic Damage |
| ANVCC | Áreas Naturales Protegidas |
| | Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático |
| ARIO | Adaptive Regional Input-Output model |
| ASTER | Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection |
| CATsim | Radiometer |
| CENAPRED | Catastrophe Simulation Model |
| | Centro Nacional de Prevención de Desastres |
| CEPAL | Comisión Económica para América Latina y el Caribe |
| ClimaCrop | Statistical model of Climate Change on crops |
| $CO_2$ | Dióxido de carbono |
| COLEF | El Colegio de la Frontera Norte A. C. |
| CONABIO | Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la |
| CONAFOR | Biodiversidad |
| CONANP | Comisión Nacional Forestal |
| | Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas |
| CONAPO | Consejo Nacional de Población |
| DaLa | Damage and Loss Assessment |
| DALYs | Disability Adjusted Life Years |
| DD | Difence in Difernce Model |
| Diva-GIS | Data Interpolating Variational Analysis |
| DRR | Disaster Risk Reduction |
| DICE | Dynamic Integrated model of Climate and the Economy |
| ECE | Economic Cascading Effect |
| EMA | Emergency Management Australia |
| FEMA | Federal Emergency Management (gobierno EUA) |
| FMCN | Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C |
| GCF | Green Climate Fund |
| GEI | Gases de Efecto de Invernadero |
| GEMINI-E3 | General Equilibrium Model of International-National |
| GCM | General Circulation Model |
| GIZ | Sociedad Alemana de Cooperación Internacional |
| GTAP | Global Trade Analysis Project model |
| HAZUS | Hazards United States (FEMA) |
| IIASA | International Institute for Applied System Analysis |
| IMTA | Instituto Mexicano de Tecnología del Agua |
| INECC | Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático |
| INEGI | Instituto Nacional de Estadística y Geografía |
| IPCC | Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio |
| MCG | Climático |
| | Modelos de Circulación General |
| MOSAICC | Modelling System for Agricultural Impacts of Climate Change |

| | |
|---|---|
| NASA | National Aeronautics and Space Administration |
| NCAVES | Natural Capital Accounting and Valuation of Ecosystem Services |
| NEX | NASA Earth Exchange |
| PLASIM-ENTS | Planet-Simulator-Efficient-Numerical Terrestrial Scheme |
| PNUD | Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo |
| QALYs | Quality Adjusted Life Years |
| RCP | Representative Concentration Pathway |
| RICE | Regional Integrated model of Climate and the Economy |
| SEAGLAS | Spatial Empirical Adaptive Global-to-Local Assessment System |
| SEEA EA | System of Economic and Environmental Accounts Ecosystem |
| SCN | Sistema de Cuentas Nacionales |
| SCEEM | Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México |
| SIAP | Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera |
| SNIEG | Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica |
| SSP | Shared Socioeconomic Pathway |
| Tai CCAT | Taiwan Integrated Research Program on Climate Change Adaptation Technology |
| TIAM-WORLD | Times Integrated Assessment Model |
| UNFCC | United Nations Framework Convention on Climate Change |
| VAB | Valor Agregado Bruto |
| VSL | Value of Statiscal Life |
| VPN | Valor Presente Neto |
| WMO | World Meteorological Organization |
| WPP | UN World Population Prospect |
| WRI | World Resources Institute |

# GLOSARIO

**Acuerdo de París:** Convenio adoptado mediante la decisión 1/CP.21 durante el vigésimo primer período de sesiones de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (LGCC, DOF-2020).

**Cambio climático:** Variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables (LGCC, DOF-2020). Desde el ámbito económico se asume como la consecuencia de una externalidad negativa global que es consustancial al actual modelo de desarrollo y que pone en riesgo un bien público global como es el clima (Sánchez, 2018).

**Pérdidas y daños asociados al cambio climático:** la Comisión Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático las define como los costos residuales que no se evitan mediante la adaptación y mitigación (UNFCCC, 2013), y hace referencia a los efectos negativos del cambio climático a los que la sociedad no ha logrado hacer frente o adaptarse. Se refieren tanto a los impactos provocados por fenómenos extremos, como huracanes y olas de calor, como fenómenos que se manifiestan de forma gradual, como el aumento del nivel del mar y la desertificación. Éstos suelen considerarse a nivel micro, en su mayoría se estiman en el nivel geográfico en el que ocurren. Por ejemplo, los daños locales pueden ser evaluados con modelos de desastres. Pueden ser modelos de características o daños proyectados, especialmente en los análisis de amplia escala. Como la mayor parte de los modelos, una de las limitantes identificadas son las imprecisiones en la estimación de su valor. Los daños también pueden estimarse con análisis empíricos, por ejemplo, las destrucciones de bienes de hogar y daños físicos agregados (Botze *et al.*, 2019). Las evaluaciones de daños y pérdidas también se expresan en términos monetarios con el propósito de su incorporación en estrategias y políticas financieras para la reducción del riesgo de desastres (Van y Schindler, 2017).

**Daños (*damages*):** Relaciona la valoración o costo de reparación o reconstrucción del sistema afectado por el desastre, los daños señalan que lo impacto por un evento adverso del cambio climático puede ser recuperado, por ejemplo, la salud de las personas, los sectores productivos o la infraestructura de la ciudad (Schäfer y Sönke, 2014, FAO, 2021).

**Degradación:** Reducción del contenido de carbono en la vegetación natural, ecosistemas o suelos, debido a la intervención humana. Para determinarla se compara con la misma vegetación, ecosistemas o suelos, sin la existencia de dicha intervención (LGCC, DOF-2020).

Desastre (*disaster*): Alteración grave del funcionamiento normal de una comunidad o una sociedad debido a los fenómenos físicos peligrosos que interactúan con las condiciones sociales vulnerables, dando lugar a efectos humanos, materiales, económicos o ambientales adversos generalizados que requieren una respuesta inmediata a la emergencia para satisfacer las necesidades humanas esenciales, y que puede requerir apoyo externo para la recuperación (IPCC, 2019).

Eventos extremos: Alteraciones en las variables climáticas con valores que se ubican por encima de umbrales en los extremos inferior o superior de un rango de mediciones históricas. Se considera extremo cuando se desvía de la media en más de dos desviaciones estándar. Niveles de temperatura y precipitación que se encuentren en los extremos de la distribución se consideran eventos atípicos. Por abajo del 1. 5 o 10 percentil o por arriba del 90, 95 o 99 percentiles, generalmente en series de tiempo por días, meses, estaciones o por año (IPCC,2012). Estos eventos pueden conducir a altas temperaturas o sequías.

Eventos de evolución lenta: Procesos o cambios que se desarrollan gradualmente con el tiempo (Van der Geest y Van den Berg, 2021). Incluyen incrementos en la temperatura, desertificación, degradación de los bosques, pérdida de biodiversidad, incremento del nivel del mar, acidificación de los océanos y salinización. Las sequías, aunque se consideran eventos extremos están cerca de este conjunto.

Exposición (*exposure*): La presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos medioambientales, infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente (IPCC, 2019).

Peligro (*Hazard*): Ocurrencia potencial de una tendencia o suceso físico de origen natural o humano que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, provisión de servicios, ecosistemas y recursos ambientales (IPCC, 2019).

Pérdidas (*loss*): Se entiende como los daños imposibles de reparar y que tienen un impacto económico directo en relación con el Producto Interno Bruto como consecuencia del desastre. Para calcular las pérdidas primero se evalúa el daño (Schäfer y Sönke, 2014, FAO, 2021).

Producto interno bruto (PIB) (Gross Domestic Product (GDP): Suma del valor añadido bruto, a precios de compra, aportado por todos los productores residentes y no residentes de la economía, más los impuestos y menos las subvenciones no

incluidas en el valor de los productos en un país o región geográfica durante un periodo determinado, normalmente un año. El PIB se calcula sin deducir la depreciación de los bienes fabricados ni el agotamiento o la degradación de los recursos naturales (IPCC, 2019).

**Riesgo (risk):** En el marco de la evaluación de los impactos del clima, el término riesgo suele utilizarse para hacer referencia al potencial de consecuencias adversas de un peligro relacionado con el clima, o de las respuestas de adaptación o mitigación a dicho peligro, en la vida, los medios de subsistencia, la salud y el bienestar, los ecosistemas y las especies, los bienes económicos, sociales y culturales, los servicios (incluidos los servicios ecosistémicos), y la infraestructura. Los riesgos se derivan de la interacción de la vulnerabilidad (del sistema afectado), la exposición a lo largo del tiempo (al peligro), así como el peligro (relacionado con el clima) y la probabilidad de que ocurra (IPCC, 2019).

**Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México (SCEEM):** Es una cuenta satélite especializada en el medio ambiente, se elabora como una extensión del Sistema de Contabilidad Nacional para integrar las estadísticas económicas y ambientales. Su objetivo es compilar y generar estadísticas e indicadores que den cuenta del estado y los cambios en los recursos naturales y que puedan ser valuados monetariamente para incorporar la dimensión ambiental a la contabilidad nacional (Rivera y Foladori, 2006).

**Sistema de Cuentas Nacionales (SCN):** Refleja la situación y evolución económica del país, mediante la contabilización a nivel macroeconómico de las actividades, operaciones y flujos de la economía nacional, referentes a la producción, distribución, consumo, ahorro, inversión y sector externo (INEGI, 2018). En este sistema se producen indicadores mensuales, trimestrales, regionales y cuentas satélite, con el propósito de dar mayor fortaleza al sistema.

**Temperatura media global en superficie (global mean surface temperatura (GMST)**: Promedio global estimado de las temperaturas del aire cerca de la superficie sobre la tierra y el hielo marino, y las temperaturas superficiales del mar sobre regiones oceánicas libres de hielo, con cambios que normalmente se expresan como desviaciones respecto de un valor durante un período de referencia determinado (IPCC, 2019).

**Vulnerabilidad:** Nivel al que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar los efectos adversos del Cambio Climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación (LGCC - DOF,2020).

# 1. RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta el planteamiento de las primeras bases para la construcción de una propuesta metodológica, que permita cuantificar los costos de pérdidas y daños causados por eventos extremos y de evolución lenta asociados al cambio climático en los sectores económico, ambiental y social, con la finalidad de incorporarla al Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México, en el marco del Sistema de Cuentas Nacionales de México.

El desarrollo de este proyecto se realizó en tres etapas principales. La primera etapa consistió en el análisis del contexto actual de México ante el cambio climático, a través de la revisión de información relacionada con los esfuerzos de adaptación de cambio climático y de reducción del riesgo de desastres, realizados por diferentes instituciones de gobierno y académicas, como resultado se identificaron los eventos de cambio climático más relevantes en México y los principales sectores económicos afectados. La segunda etapa consistió en una búsqueda exhaustiva y selección de metodologías, tanto a nivel nacional como internacional, para la evaluación de costos por pérdidas y daños ante estos eventos, con el impacto cuantificado directamente en el PIB; como resultado se identificaron los elementos que necesarios para evaluar de manera integral el impacto económico a través de los diferentes sectores y para cada evento de cambio climático, éstos incluyen factores como la identificación de actores involucrados como proveedores de datos y usuarios de los resultados, información necesaria y técnicas de recolección de acuerdo con el análisis de su calidad y disponibilidad, establecimiento de fronteras temporales y geográficas, entre otros. La tercera etapa consistió en el análisis de factibilidad de metodologías para plantear las primeras bases para México. Este análisis fue conducido a través de criterios de decisión y de entrevistas realizadas a actores clave encargados de la generación, recopilación, procesamiento, análisis y valoración económica. Los resultados muestran los elementos que pueden abonar al desarrollo de metodología, como indicadores identificados e instituciones relevantes para llevar a cabo un trabajo colectivo y transversal que robustezcan las primeras bases planteadas, así como la propuesta de una línea de trabajo interinstitucional que vincule la participación de cada actor clave en este proceso.

Es fundamental dar continuidad a las bases presentadas, ya que esta propuesta contable permitirá tener evidencia de los sectores económicos, regiones y grupos de población más vulnerables y afectados en su bienestar y desarrollo. Además, crea conciencia entre estos actores y tomadores de decisiones basadas en el conocimiento de las repercusiones que ha experimentado el país cuya evidencia

sirve como soporte y guía para el planteamiento de estrategias de adaptación y mitigación, y desarrollo de políticas públicas ambientales.

# 2. INTRODUCCIÓN

México es un país particularmente vulnerable a los impactos del cambio climático debido a su ubicación geográfica, su topografía y sus características socioeconómicas (INECC-SEMARNAT, 2018), mismas que afectan de manera diferencial a grupos de población humana, así como a actividades productivas y a los sistemas naturales como es el caso de la disminución en la disponibilidad de agua, pérdida de rendimientos agrícolas, presencia de enfermedades transmitidas por vectores, afectaciones a asentamientos humanos e infraestructura como consecuencia de inundaciones, pérdida de biodiversidad y de servicios ecosistémicos, por mencionar algunos (DOF, 2014). Ante dicho panorama, resulta relevante promover la adaptación al cambio climático como una vía para atender dichos impactos y disminuir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y socioambientales.

Con el objetivo de poder medir la transición de México hacia un crecimiento verde surge la necesidad de incluir las pérdidas y costos provocados por el cambio climático que aporten información sobre su impacto en la producción de bienes y servicios en el país. Esta cuantificación debe ser incluida y relacionada con la degradación de los recursos naturales, la producción de bienes y servicios ambientales, o cualquier actividad encaminada al desarrollo de la economía del país.

La importancia de la contabilidad respecto a los impactos del cambio climático para la toma de decisiones es ampliamente reconocida a nivel global, ya que permite tener evidencia de los sectores económicos, regiones y grupos de población más vulnerables y afectados en su bienestar y desarrollo. Así mismo, esta información contribuye en el planteamiento de estrategias de adaptación y mitigación acorde a las repercusiones que ha experimentado el país. Además, favorece a la toma de conciencia por parte de la sociedad en general. Sin embargo, al tratarse de una problemática de gran complejidad por todos los sistemas involucrados y sus interrelaciones existen retos metodológicos para cuantificar dichos costos de una manera integral, sistemática y medible en el mediano y largo plazo.

En la actualidad, no existe un indicador o índice macroeconómico que represente el impacto económico por daños y pérdidas asociado al cambio climático a través de los diferentes sectores económicos, sociales y ambientales. Para la dimensión económica, en México se cuenta con el Sistema de Cuentas Económicas y

Ecológicas (SCEEM) el cual está integrado al Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) a partir de la cuenta satélite ambiental, sin modificar el cuadro económico estructural vigente, es decir, este sistema incorpora los costos por agotamiento y degradación tomando en cuenta la clasificación de sectores, actividades económicas e indicadores de oferta y demanda global. El SCEEM permite conocer variaciones en el stock de recursos naturales y asignar un valor monetario para evaluar el impacto económico dentro de variables macroeconómicas, como, el Producto Interno Bruto (PIB) que al incluir el agotamiento y degradación se transforma en Producto Interno Neto Ecológico (PINE).

Entre las variables que forman parte del SCEEM se encuentran los costos por agotamiento asociados a los hidrocarburos, recursos forestales y agua subterránea, y costos por degradación que incluyen la degradación del suelo, los residuos sólidos urbanos, la contaminación del agua y contaminación atmosférica, que de acuerdo con las estimaciones más recientes ascienden a 3.9% del PIB por costos de degradación y 0.6% por agotamiento (INEGI, 2020).

Sin embargo, esta medición se caracteriza por tener una base analítica desde el enfoque ecológico que no considera la dimensión social (Rivera y Foladori, 2006), ni los efectos del cambio climático. De esta manera cobra relevancia repensar la medición del impacto en los procesos productivos de una forma integral a través de los daños y pérdidas ligados a los impactos por eventos extremos y de evolución lenta asociados al cambio climático. Es decir, estos aspectos constituyen una necesidad imperante de incorporación a este sistema, donde además se consideren afectaciones en servicios ecosistémicos y afectaciones a la población humana de activos que no poseen un valor en el mercado.

Derivado de esta necesidad, se plantea desarrollar una propuesta metodológica y/o procedimiento estándar que permita incluir los impactos del cambio climático en la pérdida o degradación en el capital físico, natural e infraestructura, que a su vez sea congruente con los sectores económicos y el marco estructural que integra el SCN y que adicionalmente esté alineado con los principios del System of Economic and Environmental Accounts Ecosystem Accounting (SEEA EA) para la implementación de estadísticas nacionales.

Para cuantificar los costos por pérdidas y daños ligados al cambio climático, es necesario identificar los eventos climáticos extremos y los fenómenos de evolución lenta, que se manifiestan por el cambio de la temperatura media superficial global, como indicadores de cambio climático. Los eventos climáticos extremos hacen referencia a aquellos eventos que ocurren de forma no habitual en un lugar y época del año en particular, entre ellos huracanes, inundaciones, sequías, marejadas, ondas de calor y los fenómenos de evolución lenta representan aquellos que se desarrollan de forma gradual y cuyos impactos suelen asociarse a la confluencia de varios eventos, tales como, los incrementos en las temperaturas, incremento en el nivel del mar, acidificación del mar, salinización, deterioro de glaciares, desertificación y degradación de bosques y suelos (UNFCCC, 2021).

La incidencia de los eventos extremos y de evolución lenta puede ser medida en términos económicos a través de los diferentes sectores productivos (primario, secundario y terciario) que integran la economía de un país, así como las pérdidas no económicas, como las vidas, calidad de vida y el patrimonio cultural. Una forma de evaluarlos ha sido por métodos de daños y pérdidas, ambas definiciones se expresan en términos monetarios (Van y Schindler, 2017). Los costos estimados a través de los diferentes sectores permiten ser trasladados a los sistemas de cuentas nacionales, así como los flujos de entrada y salida en las cadenas de suministro y transacciones en los mercados nacionales e internacionales. Sin embargo, la mayoría de los métodos se enfocan en las pérdidas por eventos extremos, aún permanecen brechas sobre los impactos asociados a procesos de evolución lenta, o pérdidas que solo pueden ser estimadas en periodos de tiempo largos como son los daños ambientales, lo cual ha dificultado una representación adecuada de estos costos a través de los diferentes eventos, sectores económicos y escalas.

Con el objetivo de realizar una propuesta metodológica que direccione los costos por pérdidas y daños asociados al cambio climático en la economía nacional, este estudio presenta una revisión de literatura nacional e internacional de estudios teóricos y aplicados publicados entre 2004 y 2021 que abordan metodologías de estimación de costos de pérdidas y daños, enfatizando los métodos para recopilar información, modelos para estimar los daños físicos y naturales y los modelos para estimar los costos asociados a las pérdidas y daños.

En las siguientes secciones, se presentan antecedentes, objetivos, plan de actividades, metodología empleada para la revisión del estado del arte, seguido de los resultados obtenidos de la exploración y selección de metodologías viables, así como una selección de metodologías y modelos con énfasis en ventajas y desventajas como base para la elaboración de la propuesta metodológica. Finalmente, se describen los pasos a seguir para la elaboración de una propuesta metodológica que permita integrar estos costos ambientales en el Sistema de Cuentas Nacionales de México.

# 3. ANTECEDENTES

El informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), que analiza las bases físicas del cambio climático, señala que el calentamiento global causado por actividades humanas desde 1850-1900 hasta 2010–2019 es de 0.8°C a 1.3°C (IPCC, 2021), por encima de los niveles preindustriales, éste tiene un rango probable de 1.0°C a 2°C de calentamiento asociado a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). En estas proyecciones también se considera probable que el calentamiento global sea superado de 1.5 °C y 2°C durante el siglo XXI, a menos que a nivel mundial se logre conjuntamente la reducción de emisiones.

Los impactos de los eventos del cambio climático y la evidencia presentada por el IPCC ha llevado a que la comunidad internacional fije diferentes mecanismos para direccionar las pérdidas y daños que no son posibles de evitar y dentro de estos, el Mecanismo de Varsovia de Pérdidas y Daños está enfocado a eventos extremos y de evolución lenta en países en desarrollo con mayor vulnerabilidad a los efectos adversos promoviendo un mayor entendimiento y aproximaciones para la gestión del riesgo, fortalecimiento del dialogo, el compromiso, apoyo financiero y tecnológico (UNFCCC, 2021). Adicionalmente, dentro del enfoque de gestión de riesgo un referente importante es el Marco de Sendai para la Reducción de Desastres 2015-2030[1], este acuerdo no vinculante incluye indicadores cuantitativos para medir el progreso en relación de las pérdidas debida a los desastres (Wilkins et al., 2021).

Con énfasis en la cuantificación de estas pérdidas asociadas al cambio climático la Comisión Económica de Naciones Unidas para Europa en la fuerza de trabajo sobre indicadores clave relacionados con el cambio climático que puedan ser incluidos en marcos centrales estadísticos como lo es el Sistema de Cuentas Ambientales y Económicas, incluye entre el grupo de indicadores aquellos relacionados con los impactos a nivel social, económico, y ambiental, como pérdidas económicas directas atribuidas a los eventos extremos, pérdidas en el sector agrícola, mortalidad asociada a estos eventos y ondas de calor, asentamientos destruidos, incidencia de enfermedades de trasmisión por vector, degradación de la tierra, captura de carbono (UNECE, 2021).

Además del trabajo de estas agencias a nivel internacional, en el país se ha buscado evaluar el impacto de cambio climático por medio de las variables observadas y proyectadas, principalmente en temperatura y precipitación, sobre los distintos sectores productivos. Ibarrarán (2007) presentó un estudio sobre economía del cambio climático en México como una primera aproximación al tema en donde se discute la importancia de la valoración económica de estos impactos en términos económicos, sociales y de ecosistemas e incluye primeros ejercicios prácticos sobre la valoración del impacto en el sector agrícola, cobertura forestal y en el sector salud. En relación con sector agrícola el estudio contempló el método de costos inducidos para determinar los costos asociados al cambio climático medido a través de cambios en la precipitación y temperatura sobre el rendimiento de seis cultivos clave (maíz, frijol, café, trigo, caña de azúcar, naranja), durante el periodo de

[1] Los acuerdos no vinculantes son aquellos que poseen el respaldo de normas, compromisos, directrices, sin embargo, no contemplan de manera explícita obligaciones legales por las partes participantes. El Marco de Sendai forma parte de los acuerdos no vinculantes en relación con la reducción de riesgos de desastres para mejorar la respuesta a los desastres de origen natural y antropogénico y medir el avance en resiliencia. Este marco está alineado con los ODS particularmente en relación a seguridad alimentaria, urbanización y cambio climático a través de cuatro líneas: ampliar el entendimiento del riesgo de desastres, fortalecer la gobernanza en riesgos de desastres, inversiones para reducir el riesgo de desastres a través de resiliencia y fomentar la preparación ante los desastres a través del conocimiento y acciones como son los sistemas de alerta temprana, plantes de contingencia (Hofmann, 2021), cada país establece los objetivos y avance en ellos de acuerdo con sus capacidades.

1996 a 2006. Respecto a la cobertura forestal el estudio plantea la estimación de costos por el impacto económico de los incendios forestales a través de pérdidas directas en madera, leña, costos de reforestación, costos de atención a estos eventos y por emisiones de CO2 para el año 2004. En el sector salud la estimación de costos fue realizada a través de cambios en la incidencia de paludismo, dengue y enfermedades infecciosas gastrointestinales asociadas a incrementos en la temperatura, tomando como referencia información sobre compensaciones salariales por riesgos laborales para el 2002.

En esta misma línea, Galindo (2010) en el estudio "La economía del cambio climático en México (ECCM)" plantea una propuesta más amplia para evaluar el impacto en otros sectores como la agricultura, el turismo, los recursos hídricos y el sector salud. Los resultados de este estudio destacan al sector primario como el más afectado y vulnerable a sufrir impactos del cambio climático, al igual que los recursos hídricos, los cuales tienen incidencia importante en todos los sectores económicos. Sin embargo, los impactos pueden ser más amplios, Estrada et al., (2013), coinciden en que los pronósticos del impacto económico acumulado del cambio climático sobre el PIB a 2100 reportados en la ECCM pueden estar subestimados, 6.22% el costo total acumulado del PIB (escenario promedio, con una tasa de descuesto del 4%), además de la subestimación en términos económicos por sectores por ejemplo, en cuanto a las pérdidas reportadas bajo un escenario A2 SRES el estudio estima pérdidas del 45% del PIB mientras sus costos equivalen solo al 0.06% del PIB (valores reportados en el estudio, como acumulados sobre el siglo a partir de proyecciones del PIB generadas con base enseries de tiempo de tasas de crecimiento del PIB de 1960 a 2007) que los autores asocian a que solo se monetiza una fracción de todos los impactos reportados a nivel global.

Adicionalmente, a nivel institucional el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) en conjunto con SEMARNAT, publicaron en la Sexta Comunicación (2018) los avances sobre la situación económica de México sobre el cambio climático y el crecimiento verde, donde se identificaron como sectores prioritarios la agricultura, salud y turismo seguido de transporte y energía. Así mismo, se muestra a las instituciones vinculadas en el crecimiento verde y las políticas nacionales en materia de cambio climático, entre ellas: la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT), Secretaría de Turismo (SECTUR), Secretaría de Energía (SENER), Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaría de Desarrollo Agraria, Territorial y Urbano (SEDATU), Secretaría de Hacienda y Crédito Público, INEGI y organismos públicos descentralizados como el INECC, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), CONAFOR (Comisión Nacional Forestal), CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) e IMTA (Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua). Finalmente, los estudios "Perfil del Riesgo Macroeconómico de México" (INECC, 2021a), y "Evaluación de la Vulnerabilidad Climática para México" (INECC, 2021b) han aportado bases en la identificación de eventos, sectores prioritarios y enfoques metodológicos para incluir aspectos distributivos por regiones climáticas y condiciones socioeconómicas, donde incorporan los criterios de cambio climático

de la sexta comunicación y determinan nuevas variables a tomarse en cuenta en los sectores económicos, tales como: demanda de enfriamiento, índice de estrés de extracción de agua subterránea no renovable, rendimientos en la producción de los principales cultivos de México (maíz, caña de azúcar, sorgo, trigo, arroz, soya), ingresos generados por la entrada de turistas y costos de inversión y mantenimiento de infraestructura por riesgos de inundaciones.

Por otro lado, además de los trabajos mencionados respecto a la incorporación de costos por el impacto del cambio climático, como parte de los procesos de adaptación y mitigación, se encuentran estudios previos sobre costos por pérdidas y daños en México por eventos hidrometeorológicos extremos, los cuales forman parte de la estrategia de gestión del riesgo de desastres. Estos estudios fueron conducidos por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) con evaluaciones del impacto socioeconómico de los principales desastres naturales en México desde 1980 a la actualidad, incluyendo reportes completos y resúmenes ejecutivos. En el reporte publicado en 2021 se presenta una evaluación de pérdidas y daños causadas por desastres de origen antrópico y natural sobre la vivienda, infraestructura pública, servicios, comercio, agricultura, pesca, gastos por atención a personas lesionadas y cambios en la cobertura vegetal, cuyo impacto económico fue estimado en 31862 millones de pesos y representa el 0.14% del PIB para 2020 (CENAPRED, 2020), dichas estimaciones constituyen un cimiento importante a considerar en la estimación de las afectaciones causadas por el cambio climático.

En los PEACC (2011 – 2018) y el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC) se ha observado que todos los sectores económicos han sido afectados de manera directa o indirecta, pero no han desarrollado evaluaciones de manera integral sobre las pérdidas económicas y no económicas que representan para el país; como resultado se tiene una subestimación de los costos generados en cada sector, principalmente en torno al daño ambiental y los servicios ecosistémicos, así como en el impacto social. En los PEACC se utilizaron los primeros escenarios de cambio climático publicados en la Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidos sobre el Cambio Climático (2012). Sin embargo, en el capítulo 4 de la Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (2018), se presentan nuevos escenarios de cambio climático donde se incluyen más variables climáticas y diferencias históricas del crecimiento económico observadas en las distintas regiones del país, las cuales han sido utilizadas en los estudios “Perfil del Riesgo Macroeconómico de México” (INECC, 2021b), y “Evaluación de la Vulnerabilidad Climática para México” (INECC, 2021c).

Además de los trabajos realizados respecto al impacto del cambio climático en México, se encuentran otros estudios que se relacionan con estos impactos para evaluar los daños y pérdidas observadas, ocasionadas por todas las amenazas de origen antrópico y natural, incluyendo los eventos hidrometeorológicos extremos. Estos trabajos se han publicado como resúmenes ejecutivos del “Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres” implementados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), en los años 2018, 2019 y 2020

(CENAPRED, 2021a, 2021b, 2020). Los resultados reportan los daños en vivienda, salud, educación, pérdidas humanas, el total de las pérdidas monetarias por los daños, la disminución en porcentaje del PIB y la evolución de los daños por los desastres en la última década. En la Tabla 1 se presenta un resumen de los eventos contemplados durante los tres últimos años con las pérdidas económicas totales asociadas a cada uno. Los daños y pérdidas observados en estos informes constituyen un insumo importante para la implementación de la presente propuesta metodológica.

**Tabla 1.** Pérdidas y daños (millones de pesos, año base el correspondiente al periodo de estimación) asociadas a los principales desastres de origen natural por tipo de evento y estado.

| Año | Eventos | Estado | Pérdidas y daños (millones de pesos) |
|---|---|---|---|
| 2020 | Hidrometeorológicos (frentes fríos y lluvias intensas) | Tabasco | 13508.6 |
| | Hidrometeorológicos (lluvias intensas e inundaciones) | Chiapas | 4006.0 |
| | Geológico (sismo magnitud 7.4) | Oaxaca | 2227.8 |
| | Geológico (Deslaves) | Chiapas | 1814.1 |
| | Hidrometeorológico (lluvias severas e inundación fluvial y pluvial) | Veracruz | 840.9 |
| 2019 | Hidrometeorológico (sequía) | San Luis Potosí | 1134.38 |
| | Hidrometeorológico (tormenta tropical) | Jalisco | 1006.4 |
| | Hidrometerolológico (Ciclón tropical) | Nuevo León | 851.50 |
| | Hidrometeorológico (Ciclón tropical) | Jalisco | 229.49 |
| | Hidrometeorológico (lluvias intensas) | Jalisco | 187.27 |
| 2018 | Hidrometeorológico (Ciclón tropical) | Nayarit | 3627.4 |
| | Hidrometeorológico (Ciclón tropical) | Sinaloa | 3183.7 |
| | Geológico (sismo de magnitud 7.2) | Oaxaca | 1299.6 |
| | Hidrometerológico (lluvias intensas) | Quintana Roo | 1245.5 |
| | Hidrometerológico (lluvias intensas) | Sonora | 1034.6 |
| | Hidrometerológico (lluvias intensas e inundación pluvial y fluvial) | Chiapas | 993.3 |

**Fuente:** Elaboración propia con base en los resúmenes ejecutivos de Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres en México (CENAPRED 2021a, 2021b, 2020).

|

# 4. OBJETIVOS

## Objetivo general

Generar una propuesta metodológica para la estimación de los costos de las pérdidas y daños relacionados con las repercusiones observadas del cambio climático con la finalidad de incorporarla al diseño del Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México, en el marco del Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM) considerando la información disponible a nivel nacional, los avances internacionales, la factibilidad de su implementación y su sostenibilidad a lo largo del tiempo.

## Objetivos específicos

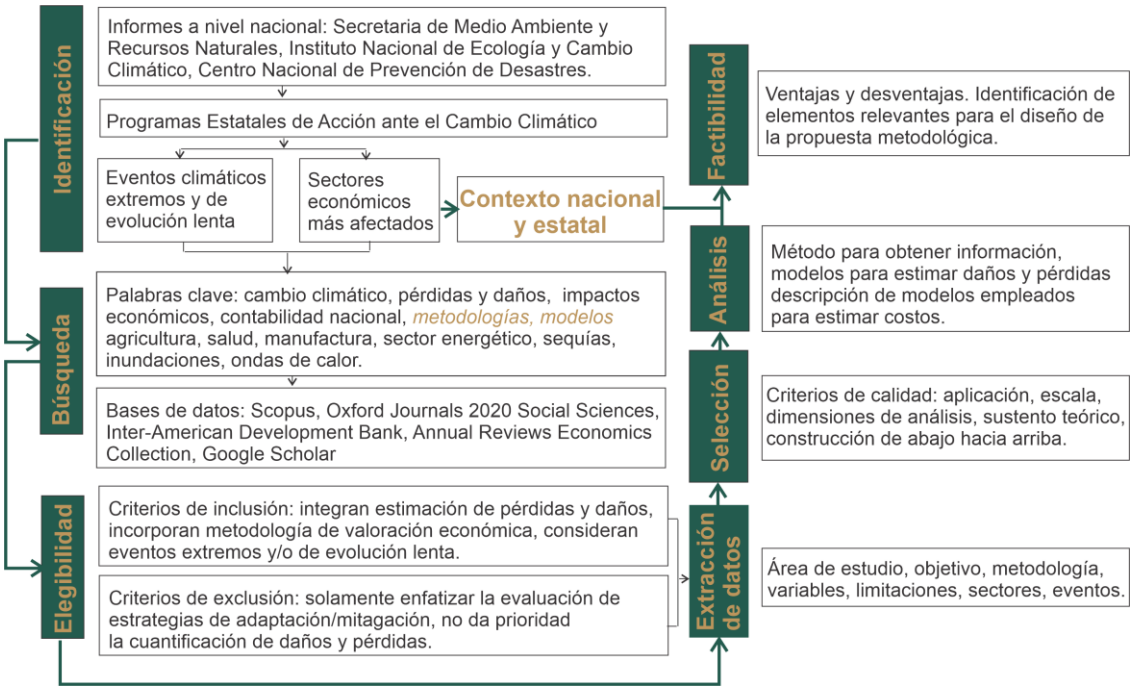
- Revisar el estado del arte sobre experiencias internacionales en la inclusión de las pérdidas y daños relacionados con las repercusiones observadas del cambio climático en sus sistemas de cuentas nacionales.
- Describir detalladamente la metodología y variables consideradas en la inclusión de pérdidas y daños relacionados con los efectos adversos del cambio climático en la contabilidad nacional de las experiencias analizadas.
- Analizar la factibilidad del uso de metodologías y variables identificadas con base en la disponibilidad de información en México.
- Generar una propuesta metodológica para la inclusión de las pérdidas y daños relacionados con los efectos adversos observados del cambio climático en el SCN.

# 5. METODOLOGÍA

Este informe presenta una revisión del alcance de estudios y reportes en inglés y español publicados entre el 2002 y 2021, con el objetivo de identificar metodologías robustas, nuevas aproximaciones, limitaciones observadas en previas metodologías y su sustento teórico que abonen al propósito de este estudio. En la Figura 1 se presentan las etapas implementadas para la búsqueda y revisión de los estudios identificados.

En primera instancia se revisaron los informes que a nivel nacional describen el panorama actual en relación al cambio climático, así como los escenarios futuros. En particular el Capítulo 5 de la Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (SEMARNAT-INECC, 2018), donde se identifican los fenómenos extremos y de evolución lenta que afectan y afectarán el territorio, y se aborda la sensibilidad de sectores sociales, económicos y biológicos a sufrir los impactos, dicho informe también integra el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (INECC, 2019). Adicionalmente, se revisaron la Evaluación de Vulnerabilidad Climática para México (INECC, 2021a), el Perfil de Riesgos a nivel Macroeconómico (INECC, 2021b) y el reporte del impacto socioeconómico generado por los principales desastres ocurridos en México en donde se incluyen los fenómenos hidrometeorológicos (CENAPRED, 2021a). Estos estudios permiten identificar sectores clave en riesgo y documentan la vulnerabilidad territorial a los impactos del cambio climático, tomando en cuenta la exposición, climatología base, planteamiento de escenarios e información documental recabada por fuentes como la Dirección General para la Gestión Integral del Riesgo (DGGR) adscrita de la Secretaría de Gobernación.

**Figura 1.** Diagrama de etapas de la revisión del estado del arte.




Fuente: Elaboración propia con base en el diagrama de flujo PRISMA (Page, *et al.*, 2020) para revisiones de literatura de alcance.

A nivel estatal el INECC cuenta con un repositorio de instrumentos de política climática, entre los que se encuentran disponibles los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC). Se revisaron los PEACC de estados representativos de las diferentes regiones climáticas del país (Puebla, Tamaulipas, Sonora, Chiapas, Chihuahua. Coahuila, Ciudad de México, Yucatán, Baja California, Baja California Sur, Campeche, Oaxaca, Estado de México, Morelos, Guanajuato, Jalisco, San Luis Potosí), el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático y la base de datos de impactos socioeconómicos de daños y pérdidas asociados a desastres por fenómenos hidrometeorológicos de CENAPRED (CENAPRED, 2019). De estos programas y atlas se extrajeron datos sobre los eventos climáticos extremos y de evolución lenta, sectores productivos afectados e impactos ambientales. Los eventos más frecuentes y los sectores económicos estimados con mayores afectaciones asociadas al cambio climático tanto a nivel nacional como a nivel estatal fueron considerados para priorizar el tipo de estudio a incluir en la fase de búsqueda.

Posteriormente, la búsqueda se condujó en las bases de datos *SCOPUS, Oxford Journals 2020 Social Sciences, Inter-American Development Bank y Annual Reviews Economics Collection*. Así mismo, fue utilizado Google Scholar para identificar reportes oficiales de organizaciones internacionales relevantes, entre ellas se consideraron reportes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), y los documentos relacionados a la contabilidad económica y ecológica de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Para ello, se emplearon palabras clave priorizando cambio climático, daños y pérdidas, contabilidad nacional, metodologías, impacto económico. Se realizaron combinaciones entre los términos de búsqueda incluyendo eventos climáticos extremos y de evolución lenta y sectores identificados como relevante[2].

Una primera selección de los estudios fue a partir de la lectura del resumen del artículo, títulos y palabras clave. Tomando como referencia las definiciones mostradas en el glosario. Posteriormente se aplicaron los siguientes criterios:

A) Criterios de inclusión: estudios focalizados en evaluar pérdidas y daños, inclusión de metodología de valoración económica, considerar algún fenómeno meteorológico extremo o de evolución lenta.

2 Para una búsqueda general, se usaron las siguientes palabras clave: “cambio climático”, “cuentas nacionales”, “impactos económicos”, contabilidad, “sectores económicos”, “climate change”, “loss and damages”, “national accounting”, “economic impacts”, “extreme events”, “methodologies”, “disaster risk” y posteriormente una búsqueda especifica por sector y evento en la que se incluyeron combinaciones con operadores booleanos: (“loss and damage” AND “climate change” AND “agricultura”); (climate change on crops); (Damages AND “climate change” and infraestructure);(“climate change” AND agricultura AND “economic impacts); (“climate change” AND loss AND (“health impacts” OR “health costs”)); (“climate change” AND “loss and damage” AND “economic impacts” AND (energy sector OR energy demand)). Estos términos posteriormente fueron usados en combinación con los otros términos clave flooding, “costs of flooding”, (“drought AND “economic assessment”) y “heat waves costs”.

B) Criterios de exclusión: se excluyeron estudios que no incluyeran variables asociadas al cambio climático como parte de su metodología y aquellos focalizados en estrategias de mitigación y adaptación sin el planteamiento de metodologías para la estimación de pérdidas y daños.

De los estudios seleccionados tras aplicar los criterios de inclusión/exclusión se sistematizó la información a través de la extracción de los siguientes datos: referencia, año, país/ciudad, objetivo del estudio, evento climático considerado, sector económico, descripción de la metodología (métodos para considerar las variables climáticas, modelos para estimar las perdidas físicas/materiales, ambientales), los modelos para estimar los costos, los indicadores o variables considerados, los costos estimados (para los estudios que lo presentaron), las limitaciones, el tipo de estudio, palabras claves y un ranking de calidad del estudio. La información detallada resultado de esta clasificación se encuentra en información complementaria.

Finalmente, la calidad de los estudios fue categorizada utilizando los criterios presentados en la Tabla 2, donde se muestra que el mayor valor de calidad de los estudios está asociado a trabajar con datos consistentes de alta calidad, es decir, con suficientes registros históricos, y con un mayor grado de granularidad lo que indica que se construyen los datos desde el nivel local y/o municipal, lo que permite que los datos estatales o nacionales tengan una base sólida conformada de abajo hacia arriba y que a su vez, incluyan las tres dimensiones de análisis (social, ambiental y económica), asimismo, que esas dimensiones tengan un sustento teórico que las determine y finalmente, que los impactos se identifiquen directamente a nivel sectorial. Los estudios de menor calidad o menos útiles para el análisis son los no aplicados, los cuales se enfocan de manera global o regional, ya que uno de los objetivos de la búsqueda es su aplicabilidad a nivel nacional, los estudios que no consideran efectos distributivos en términos de riqueza y territoriales y finalmente aquellos que solo hacen referencia al PIB.

**Tabla 2.** Definición de los criterios de calidad para la selección de estudios

| Descripción de criterios de calidad | Valores | | |
|---|---|---|---|
| | 3 | 2 | 1 |
| Aplicabilidad | Datos consistentes y series de tiempo amplias | Combinación de escalas temporales | No aplicado |
| Nivel de granularidad | Municipio y localidad | Estados/Nacional | Regiones del mundo/ Global |
| Inclusión de dimensiones (social, ambiental/geográfica y económica) | Tres dimensiones | Dos dimensiones | No considera efectos distributivos |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sustento teórico que explica las tres dimensiones | Explica marco teórico, ventajas de los modelos que integran la metodología | No presenta marco teórico solo factores para seleccionar los modelos | No integra descripción de la selección de los modelos usados en la metodología |
| Enfoque top-down o bottom-up | Impactos directos para diferentes sectores o eventos | Impactos en un sector en particular | Solo PIB |

**Fuente:** Elaboración propia con base en el tipo de estudios y estrategias deseables en la propuesta metodológica presentada.

# 6. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE SOBRE EXPERIENCIAS EN LA INCLUSIÓN DE PÉRDIDAS Y DAÑOS RELACIONADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO

En la información recabada a nivel nacional destaca la relevancia de la localización geográfica del país entre los océanos Pacífico y Atlántico, así como su topografía accidentada como factores relevantes de la vulnerabilidad del país a los eventos climáticos extremos y de evolución lenta (Cavazos, 2015). Los reportes generados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el INECC al respecto señalan incrementos en la temperatura en la mayor parte del territorio, con un patrón menos claro para la precipitación, y destacan una alta frecuencia en la presencia de huracanes y ciclones en las zonas costeras de ambos litorales, que incluso ante incrementos en la intensidad de lluvias puede ocasionar inundaciones y deslaves con afectaciones en centro del país, (INECC-PNUD, 2016; SEMARNAT-INECC, 2018; INECC, 2019; INECC, 2021a, INECC, 2021b). Además de estos eventos, la sequía es frecuentemente identificada como un evento prioritario de atender, debido a que las zonas áridas y semiáridas conforman gran parte del territorio y es donde se ha registrado una mayor incidencia de eventos climáticos extremos (INECC-PNUD, 2017), principalmente en la región Norte del país (SEMARNAT-INECC, 2018).

Respecto a estos eventos el CENAPRED señala que los eventos hidrometeorológicos extremos generaron las mayores pérdidas económicas de

todos los desastres, particularmente en 2017, por las lluvias intensas y las inundaciones se emitió el mayor número de declaratorias de emergencia y de desastres. En 2020 esto no fue una excepción, casi 83.4% del valor de las afectaciones totales fue generada por este tipo de desastres (CENAPRED, 2021). En línea con las pérdidas económicas, en el territorio nacional se identifica a la agricultura con un impacto potencial muy alto en el norte y sur del país, impactos en la infraestructura de transporte y de generación y distribución de energía y agua como las principales problemáticas para la economía nacional (SEMARNAT-INECC, 2018). Se identifica el impacto en el sector energético asociado a ondas de calor y veranos más cálidos afectaran gran parte del territorio, regiones centrales y regiones del Bajío con implicaciones económicas. También se mencionan a los sectores turismo y salud con impactos potenciales altos asociados a los eventos climáticos extremos (INECC 2021a, INECC 2021b).

Esta información es congruente con la información extraída de los PEACC. Los PEACC revisados (17) fueron publicados entre 2011 y 2018 e incluyeron estados ubicados en las regiones del Noroeste, Noreste, Centro-oeste, Centro y Sureste, según la clasificación de la Secretaría de Comunicación y Transporte (INECC, 2021a), en estos programas también se encontró un consenso respecto a la relevancia de evaluar los impactos en el sector agrícola como uno de los más afectados, seguido del sector manufacturero y de generación y distribución de energía, infraestructura de transporte, hidráulica y el sector servicios ligados al sector salud y de turismo. Respecto a la presencia de eventos extremos dentro de los mismos estados existen diferencias respecto a cambios en los niveles de precipitación, sin embargo, en la mayoría de los estados del norte se evidencia una disminución en la frecuencia de lluvias y aumento en la intensidad, sequías y aceleración de procesos de desertificación; en las regiones costeras del Noroeste y Sureste inundaciones, extensión de la temporada de huracanes e incremento en la frecuencia de ondas de calor. La Tabla 3 presenta la identificación de estos sectores y eventos a nivel estatal a partir de los PEACC revisados.

Tabla 3. Revisión de PEACC para la identificación de sectores afectados y eventos meteorológicos.

| PEACC | Eventos extremos | Sectores productivos afectados | Impactos ambientales | Regiones del país |
|---|---|---|---|---|
| Baja California | Sequías, ondas de calor, inundaciones pluviales y costeras por aumento del nivel del mar, temperaturas extremas | Agricultura, pesca, ganadería, sistemas energéticos geotermoelétricas, turismo | Aumento de evapotranspiración, disminución de caudales en fuentes de agua, riesgo a especies endémicas, afectación en humedales, aumento de plagas y enfermedades | Noroeste |
| Baja California Sur | Ciclones tropicales, inundaciones, aridez, desertificación | Turismo, servicios derivados del turismo, pesca, agricultura, ganadería (presión ante la falta de forraje como consecuencia del estrés hídrico) | Impactos negativos en la biodiversidad y poblaciones naturales marinas y terrestres por la disminución de nutrientes | Noroeste |
| Sonora | No se mencionan en el programa de manera específica, solo estrategias para enfrentar las afectaciones | Agricultura, ganadería, forestal, minería, industria del cemento, amoníaco y producción de carbón negro, producción de ácido nítrico, | Degradación del suelo y bosques, pérdida de biodiversidad | Noroeste |
| Chihuahua | Sequías y heladas atípicas | Industria manufacturera, comercio y servicios, generación de energía, transporte, producción de combustibles fósiles y exploración, sector industrial, agricultura, producción de cemento, hierro y acero | Reducción de toneladas de dióxido de carbono equivalente, afectaciones en el estado de salud y productividad de las comunidades vegetales nativas | Noreste |
| Coahuila | Se centra en el análisis microeconómico de políticas y resultados, identifica eventos como | Sector agrícola, sector salud, infraestructura urbana, producción de cemento, | Pérdida de la cobertura vegetal. | Noreste |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | sequías, inundaciones, temperaturas extremas altas y bajas, ondas de calor, heladas | industria de hierro, acero y metalmecánica. | | |
| Tamaulipas | Sequía y lluvias extremas | Extracción de gas y petróleo, industria petroquímica, sector energético y agricultura extensiva, infraestructura portuaria | Pérdida de cobertura vegetal por cambio en el uso de suelo, estrés hídrico, desplazamiento de especies, afectación en los humedales costeros | Noreste |
| Jalisco | Lluvias intensas por eventos extraordinarios de CC, heladas, ondas de calor, huracanes, sequías y aumento del nivel del mar | Agropecuario, forestal, biodiversidad costera y terrestre | Suelos, recursos hídricos, áreas naturales protegidas y suelos | Centro - Oeste |
| Guanajuato | Sequía, inundaciones y heladas | Agrícola, forestal, salud, social y desarrollo urbano | Recursos hídricos y biodiversidad | Centro - Oeste |
| San Luis Potosí | Sequías, heladas, granizadas, inundaciones fluviales y pluviales, nevadas | Agrícola y salud | Recursos hídricos, ecosistemas, servicios ecológicos y agroecosistemas | Centro - Oeste |
| Morelos | Inundaciones, sequía, desertificación, temperaturas extremas, tormentas, granizadas, heladas y nevadas | Agrícola y salud | Recursos hídricos y biodiversidad | Centro |
| Estado de México | Inundaciones, remoción de masa, sequías, heladas, granizadas, aumento de temperatura, variación en la precipitación | Agrícola, forestal, pecuario, industria, comercio y de servicios, ambiente, social y salud | Recursos hídricos y conservación del ambiente | Centro |
| Ciudad de México | Inundaciones, remoción de masa, sequías prolongadas, heladas y granizadas; e incremento de temperatura | Primario, secundario y terciario | Desertificación, reducción de cobertura vegetal en los ecosistemas, disminución de acuíferos | Centro |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Puebla | Cambios en la precipitación, inundaciones, deslaves, desbordamientos de ríos, incremento en la temperatura, tendencia al aumento en la oscilación térmica, temperaturas más extremas | Agropecuario, turismo, sector forestal y manufactura | Deslaves, aumento de la temperatura, déficit hídrico, pérdida de superficie forestal, dispersión de plagas, pérdida de biodiversidad y cambios en la distribución de las especies | Sureste |
| Oaxaca | Sequía, ciclones, inundaciones, deslizamiento de laderas, heladas, precipitaciones pluviales intensas, temperaturas extremas | Salud, carretero, agrícola, pecuario, forestal, biodiversidad, hídrico | Escasez de agua, estrés hídrico de flora y fauna, incendios forestales, incremento de plagas y vectores | Sureste |
| Chiapas | Huracanes, tormentas tropicales, inundaciones, ondas de calor, sequías (en verano), aumento de temperatura en diferentes regiones | Agropecuario y forestal | Cambios en la superficie de bosque a usos agrícolas o pastizales, tasas de degradación altas, pérdida de bosques conservados, pérdidas en bosques secundarios | Sureste |
| Campeche | Ciclones tropicales, huracanes, sequías, olas de calor, temperaturas extremas, disminución de precipitaciones, balance hídrico negativo (estrés hídrico en costas) | Agricultura, ganadería, forestal, industria, turismo y pesca | Desecación de cuerpos perenes de agua, pérdida de cobertura vegetal, salinización, pérdida de biodiversidad, eutrofización[3] por reducción en las precipitaciones | Sureste |

[3] La eutrofización es un proceso natural de acumulación de fitoplancton inducido por el enriquecimiento de nutrientes, aunque es un proceso lento se ha acelerado por actividades antropogénicas. El cambio climático ha estimulado este proceso debido a que las temperaturas más altas favorecen el crecimiento de algas (Zhang, et al., 2020). Los cambios en los patrones de precipitación alteran los flujos de agua fresca y a niveles de precipitaciones extremas o inundaciones se presentan alteraciones en el hábitat costero creando condiciones propicias para el crecimiento de algas nocivas a través de las escorrentías asocias a un mayor suministro de nutrientes (Glibert, 2020).

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Yucatán | Ciclones tropicales, desastres naturales en el sector agropecuario y pesquero (huracanes, inundaciones y sequías) | Turismo, pesca, industria, portuario, agrícola y ganadero | Mayor incidencia de plagas y enfermedades en cultivos, agotamiento de pastos naturales. | Sureste |

**Fuente:** Elaboración propia con base en los PEACC de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Tamaulipas, Jalisco, Guanajuato, San Luis Potosí, Morelos, Estado de México, Ciudad de México, Puebla, Oaxaca, Chiapas, Campeche y Yucatán.

Los estudios revisados sobre el impacto del cambio climático en los sectores económicos a nivel global, señalan también que el sector agrícola está expuesto de manera directa a las variaciones climáticas, y que es clave en la economía de los países en desarrollo, como el caso de México, en los que es sustento de gran parte de la población rural que posee una capacidad adaptativa limitada, y a nivel global incide en la seguridad alimentaria y en el resto de los sectores por el denominado efecto cascada (Huang *et al.*, 2020). Por otro lado, la economía de México tiene una alta dependencia en el sector energético, cuyas redes de transmisión, distribución y comunicación pueden sufrir daños y pérdidas por eventos como sequías, inundaciones y tormentas causando costos de manera directa e indirecta (Byers, *et al.*, 2020), aunado a las olas de calor o nevadas que incrementan la demanda por sistemas de enfriamiento y calefacción (INECC, 2021b).

Derivado de estas afectaciones, el subsector manufacturero también es vulnerable a tener daños o pérdidas. Este sector, se caracteriza por desarrollarse en espacios cerrados que están menos expuestos a eventos de clima extremo por no realizarse al aire libre como la agricultura. Sin embargo, existe una profunda interrelación entre los diferentes sectores lo que provoca que el sector de la transformación sea sensible ante las variaciones del clima, es decir lo vuelve vulnerable en el largo plazo (López-Domínguez y Velázquez-Boeta, 2020).

Además, este sector proporciona productos y recursos a otras actividades económicas, y la calidad y cantidad de su producción incide sobre el nivel de emisiones (López-Domínguez y Velázquez-Boeta, 2020). El cambio climático puede afectar al subsector manufacturero por la interrupción de producción debido a daños en infraestructura por eventos de clima extremo y por la modificación de costos variables por cambios en los precios de productos agrícolas, así como de combustibles y energía.

Otro rubro importante consiste en las afectaciones a la infraestructura de transporte, tanto de transporte por carretera como ferroviario que son especialmente vulnerables al cambio climático; las ondas de calor extremo causan daños en las carreteras y ferrocarriles, incluidos los puentes, acelerando su desgaste y causando interrupciones que pueden conllevar a cierres prolongados. La sequía provoca aridez del suelo, lo que da lugar al hundimiento de terraplenes y de los cimientos de las infraestructuras pesadas, mientras que las precipitaciones extremas y las condiciones de humedad aumentan la propensión a los desprendimientos. Las inundaciones son otro evento que causa importantes daños principalmente en infraestructura de transporte e hidráulica (INECC, 2021b).
Por otro lado, la consideración del sector salud en la mayoría de PEACC muestra su relevancia, además de las evidencias mostradas en los casos de estudio revisados. Este sector no solo se ve afectado por eventos como las inundaciones, ondas de calor que causan pérdidas y daños de forma directa, en pérdidas de vida, o lesiones, también existen repercusiones por eventos de evolución lenta, como las sequías los cuales de manera indirecta conducen a afectaciones en los niveles de nutrición e incidencia de enfermedades infecciosas por la reducción y contaminación de cuerpos hídricos (Traerup *et al.*, 2011; Ebi y Bowen, 2016). En conjunto existe

evidencia sólida del impacto en estos sectores y es reconocida su alta vulnerabilidad a los impactos físicos del cambio climático sobre estos sectores económicos prioritarios (agricultura, energía, salud, turismo) y actividades productivas (Boyd & Ibarrarán, 2011, SEMARNAT-INECC, 2018).

Esta primera parte del análisis de los sectores más afectados por el cambio climático se consideró como fase diagnóstica para conducir la búsqueda de literatura más enfocada al contexto nacional, considera el impacto en la economía a nivel sectorial y en general. Derivado de esta búsqueda se encontraron dos tendencias de evaluación de pérdidas. Entre las cuales se pueden distinguir aquellas que cuantifican el costo directo en pérdidas económicas de forma aislada por sector, incluyendo pérdidas materiales y número de personas muertas o afectadas y una segunda tendencia donde los costos se estiman en términos del PIB. Van Bergeijk, y Lazzaroni (2015) asocian las diferencias al periodo de tiempo contemplado en la estimación de pérdidas; concerniente a los eventos extremos la primera categoría suele estar asociada al tiempo en que ocurre el desastre, mientras la segunda se presenta a largo plazo (Van Bergeijk, y Lazzaroni, 2015). Los dos enfoques han mostrado precisiones a nivel metodológico con el propósito de representar de manera más adecuada el conocimiento disponible y respuesta de los agentes económicos ante estos impactos (Estrada *et al.*, 2013) así como mejoras en las estimaciones no solo en términos del PIB, sino también a través de la tasa de crecimiento anual la cual está asociada con el periodo de análisis de los costos.

En las siguientes secciones, se presenta la comparación de las metodologías encontradas de la búsqueda general y por sectores. El primer enfoque está orientado a aquellas que miden el impacto directo en términos macroeconómicos, sobre el PIB y un segundo a un enfoque "bottom-up"[4] que cuantifica el impacto desagregado por sector económico. Como resultado de esta búsqueda se identificaron las variables relevantes, bases de datos empleadas, modelos para cuantificar las pérdidas y modelos para cuantificar monetariamente estos impactos que componen las metodologías en los estudios revisados. Posteriormente se analiza su factibilidad con fundamento en las ventajas y desventajas de cada metodología y disponibilidad de información en las fuentes oficiales. Finalmente se detallan los pasos a seguir para la presentación de una metodología que permita integrar estos costos en las cuentas nacionales económicas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

[4] El enfoque Bottom-up hace referencia a una construcción metodológica de abajo hacia arriba, de forma gradual que da posibilidad al involucramiento de un mayor número de actores en las diferentes etapas de la estimación, desde la obtención de información hasta la selección de los modelos de valoración. Una de las principales ventajas de este enfoque es que permite una mejor representación de las pérdidas y daños a través de la estructura económica del país. Este enfoque fue utilizado por el INECC (2021b) para proyecciones monetarias de impactos del cambio climático orientadas al SCN, en el cual se plantea el uso del Valor Agregado Bruto (VAB) en los sectores: agrícola, industria y servicios como un equivalente del ingreso nacional por el método de la producción.

# 6.1 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE COSTOS POR REPERCUSIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL PIB

Esta sección describe las variables o indicadores, métodos y modelos que forman parte de las metodologías desarrolladas a nivel nacional e internacional para la evaluación de daños y pérdidas observados y proyectados por los eventos adversos del cambio climático con impactos cuantificados directamente en el PIB. Los ejemplos de aplicación de las metodologías se presentan a nivel nacional, estatal, municipal y a nivel de ciudad (demarcados administrativamente). Los estudios revisados presentan un panorama del estado del arte respecto al marco analítico y enfoques metodológicos usados con mayor frecuencia. La Tabla 4 muestra la descripción de los modelos y metodologías mencionadas.

Respecto a los marcos analíticos y metodológicos usados en la contabilidad económico-ambiental el SEEA constituye un importante referente a nivel nacional e internacional para considerar sectores prioritarios de evaluación, así como el potencial de integración al SCN. Si bien este sistema evalúa cambios desde el stock de recursos naturales, y cambios en la calidad de los ecosistemas por desgaste y degradación no se ha identificado en qué proporción el cambio climático ha contribuido a esos daños.

Sobre la base de selección del modelo o función de daño[5] para cuantificar el costo de los daños asociados al impacto del cambio climático, se identifica de forma consistente una etapa previa de recolección de datos, en donde se señalan fuentes de información y nivel de agregación espacial y temporal, que en la mayoría de los casos determina los modelos a emplear en las siguientes etapas de cuantificación de daños y pérdidas y valoración monetaria. Entre las principales fuentes de información consultada en los estudios, se encuentran los Censos de Población, sistemas de contabilidad nacional, sistemas meteorológicos, e instituciones que monitorean la ocurrencia de desastres, así como, la revisión histórica de la literatura gris y científica sobre eventos extremos en el área de estudio.

En la etapa de contabilización de los costos por daños y pérdidas en términos monetarios, en este caso, trasladados al PIB, se incluyen metodologías que emplean: modelos de evaluación integral (IAMs por sus siglas en inglés), modelos econométricos a partir de una función de daño y modelos basados en la matriz insumo-producto.

[5] Las funciones de daño representan la relación entre variables que miden los impactos por cambios en variables climáticas, principalmente para niveles de calentamiento de referencia o eventos específicos, en el caso de inundaciones se considera la profundidad del agua. Generalmente se calibran para estimaciones de impacto estático de ciertos escenarios sin considerar cambios que ocurren de forma transitoria en los ecosistemas o población humana (Estrada *et al.,* 2015)

Entre los IAMs, el modelo HAZUS (Hazards United States (Doktycz y Abkowitz (2019); Sarmiento y Miller (2006)), y el modelo DICE-RICE (Dynamic Integrated model of Climate and the Economy - Regional Integrated model of Climate and the Economy) (Nordhaus, 2018) son ampliamente reconocidos. Estos modelos se apoyan en herramientas, métodos y marcos de diferentes disciplinas de las ciencias naturales y económicas, haciendo uso de sistemas de información geográfica, modelos de simulación y modelos econométricos estandarizados para direccionar la complejidad de la estimación de pérdidas y asignar su valoración monetaria correspondiente. Sin embargo, a pesar de ser muy completas, se requiere cierto dominio técnico para su implementación y existen diferencias respecto a la evaluación del impacto, lo cual dificulta la comparación entre estimaciones.
El modelo HAZUS (Doktycz y Abkowitz, 2019) por ejemplo, ofrece una estimación por evento extremo y el modelo DICE-RICE da énfasis a la estimación del Costo Social del Carbono y una función de daño que es aproximada como una función cuadrática del cambio de temperatura (Nordhaus, 2017).

Dentro de las metodologías en la etapa de estimación de costos, el planteamiento de modelos econométricos constituye una de las principales herramientas por su flexibilidad y capacidad de integrar diversas variables de control y medir su impacto directo en el PIB. Al respecto se han planteado diversas formas funcionales, lineal y no lineal de las variables climáticas como precipitación y temperatura, utilizadas como los principales indicadores de la variabilidad climática, mientras que los aspectos correspondientes a las condiciones físicas y socioeconómicas de cada región son factibles de incorporar, pero son contemplados en menor medida.

El estudio realizado por INECC sobre el Perfil de Riesgo Macroeconómico del Cambio Climático (INECC, 2021) y la Sexta Comunicación sobre el Cambio Climático (SEMARNAT, INECC, 2018) presentan una propuesta de medición donde se resalta la importancia de considerar los efectos distributivos de los efectos adversos del cambio climático a través del planteamiento de regiones que comparten ciertas características climáticas y del análisis de los principales sectores económicos.

Adicional a esta contribución, la propuesta metodológica de Olper *et al.* (2021) enfatiza la necesidad de incorporar variables que permitan distinguir las condiciones socioeconómicas en estudios regionales, por estado o municipios, debido a que permite identificar aquellas áreas que tendrían una mayor carga de daños y pérdidas y su incidencia en ciertas actividades económicas prioritarias. En este mismo sentido la incorporación de especificaciones con rezagos, desviaciones en la temperatura, estacionalidad y ciertas tendencias enriquecen estos planteamientos metodológicos.

Otro grupo de aproximaciones relevantes en el proceso de estimación de costos son los modelos basados en la matriz insumo-producto. En este grupo un ejemplo es el estudio de Aaheim y Schjolden (2004), cuyo planteamiento metodológico emplea matrices simétricas que representan interrelaciones entre sectores económicos a nivel micro (municipio) y describen los flujos de bienes y servicios

finales e intermedios, que representan las interrelaciones entre el consumo y demanda final, para que puedan ser compilados y constituyan una evaluación a nivel macro (nivel nacional o regional), los cambios en éstas matrices reflejan los impactos ligados al cambio climático, en la mayoría de casos, se adapta a la estimación por sectores económicos o regiones(de la Rúa y Lechón, 2016).

Por otro lado, algunas metodologías que toman en cuenta costos sociales del cambio climático, como la seguridad alimentaria, hacen visibles externalidades en los procesos de producción, aunque presenta la desventaja de ser costos indirectos que podrían reflejarse en cambios en la demanda por el incremento de precios, considerado como una pérdida de bienestar social, por lo que la estimación del riesgo queda limitada.

Otro enfoque metodológico se basa en la evaluación del impacto directo de desastres naturales. Su principal ventaja es la cuantificación de efectos inmediatos de la variabilidad climática, sin embargo, hay ciertos supuestos sobre comportamientos de los agentes económicos respecto a medidas de adaptación que se mantienen constantes en los modelos de catástrofe lo que dificulta contar con registros precisos sobre desastres y pérdidas (Botzen *et al.*, 2019).

Tabla 4. Revisión de metodologías de evaluación de costos por repercusiones del cambio climático a partir del impacto en el PIB

| Metodología | Indicadores/Variables | Referencia |
|---|---|---|
| Modelo de matriz de insumo-producto. Considera flujos de un sector a otro con base en la función de variables de cambio climático (temperatura y precipitación) y mide el impacto en el PIB | Demanda y oferta de bienes y servicios finales e intermedios, inversión, capital, productividad, empleos, stock de recursos naturales (materias primas). | Aaheim, A. Schjolden, A. (2004). An approach to utilize climate change impacts studies in national assessments. Global Environ. Chang., 14, 147-160. |
| System of Environmental and Economic Accounting (SEEA) como marco central en la contabilidad ambiental. Revisión y definición de criterios cuantificables para introducir aspectos ambientales en las cuentas nacionales. EL SEEA integra técnicas de valoración de mercado, entre ellas valoración contingente, costos de mantenimiento, Valor Presente Neto (VPN). | Cambios en el stock de recursos naturales, por medidas físicas disponibilidad de recursos, cambios en la cobertura del suelo, cantidad de recursos hídricos y energía usada en las actividades económicas, valores de mercado o VPN para bienes y servicios. | Bartelmus P (2014). Environmental–Economic Accounting: Progress and Digression in the SEEA Revisions. Review of Income and Wealth. Vol 60 No.4 |
| Describe modelos empleados en la contabilidad ambiental entre ellos: matrices insumo-producto y modelos Computables de Equilibrio General (CGE), el primero asume una función de producción de proporciones fijas invariante en el tiempo para todos los sectores, estima como los daños en un sector afectan la producción en los demás, mientras los CGE evalúan directamente oferta y demanda a través de los precios. Modelos de evaluación integral, modelos de simulaciones computacionales como Catastrophe Models que estima las pérdidas directas (estructuras físicas, muertes, personas lesionadas) e indirectas (interrupción de actividades económicas, gastos de subsistencia adicionales) simula características físicas | Capital, empleos, cambios en precios, cantidad de producción, productividad, PIB, parámetros biofísicos reales y simulados. | Botzen, W. J. W., Deschenes, O., & Sanders, M. (2019). The Economic Impacts of Natural Disasters: A Review of Models and Empirical Studies. Review of Environmental Economics and Policy, 13(2), 167–188. https://doi.org/10.1093/reep/rez004 |

| | | |
|---|---|---|
| hipotéticas, provee información de inversiones deseables ex ante. | | |
| Combinación de tres métodos<br>1. HAZUS-MH, Damage and Loss Assessment<br>2. DaLA, Post dissaster needs assessment<br>3. CAtsim castasthope simulation. | Datos catastrales, funciones de vulnerabilidad y funciones de costos. | Doktycz, C., Abkowitz. 2019. Loss and Damage estimation for extreme weather events: state of the practice. Sustainability 11, 4243. https://doi.org/10.3390/su11154243 |
| Fracción de eventos atribuible, se basa en la revisión de literatura durante un periodo de 2007 a 2017 identifica inundaciones y sequías, y los costos que en la literatura se han asociado a esos eventos. Procedimiento de normalización de pérdidas, que ajusta las series de tiempo de pérdidas históricas económicas o aseguradas por eventos extremos para eliminar las influencias del cambio social y estimar las pérdidas que los eventos pasados podrían causar si se repitieran en las condiciones de vulnerabilidad actuales. | Precipitación acumulada durante tres días, sequías a través de umbrales de precipitación y mapas de auto-organización. | Frame, D.J., Rosier, S.M., Noy, I., Harrington, L.J., Carey-Smith, T., Sparrow, S.N., Stone, D.A., Dean, S,M. (2020). Climate change attribution and the economic costs of extreme weather events: a study on damages from extreme rainfall and drought. Climatic Change 162: 781-797. https://doi.org/10.1007/s10584-020-02729-y |
| Modelo econométrico de panel de datos. Modelos sectoriales. Para el sector agrícola plantea tres modelos: función de producción, modelo tipo Ricardiano y de volatilidad condicional. Forma lineal y cuadrática de variables climáticas. | Temperatura, precipitación, índice de producción agrícola (cantidad producida y precio), PIB per cápita, superficie agrícola irrigada. Cultivos clave: maíz, frijol, sorgo, trigo. | Galindo, L. M. 2010. La economía del cambio climático en México. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. |
| Revisión sistemática sobre cómo se incorpora el cambio climático en la contabilidad nacional. Hace una distinción importante entre aquellos estudios basados en el costo social del carbono y otros enfoques donde se direcciona el cambio climático considerando futuras emisiones de GEI. Costo social del carbono, Dynamic Integrated Climate-Economy model (DICE-RICE). | Producción agrícola, PIB, toneladas de carbono emitido, elevación del nivel del mar, temperatura, uso de suelo, funciones de daño, consumo de energía, precios. | Gulluscio, C., Puntillo, P., Luciani, V., Huisingh, D. 2020. Climate Change Accounting and Reporting: A Systematic Literature Review. Sustainability 12: 5455. https://doi.org/10.3390/su12135455 |

| | | |
|---|---|---|
| Desarrollan una función probabilística de daños nacionales basada en análisis longitudinales, empíricos y espacialmente desagregados de los impactos climáticos y en los modelos climáticos globales disponibles, fue implementado gracias al Spatial Empirical Adaptive Global to-Local Assessment System (SEAGLAS). Contempla funciones dosis respuesta derivadas de modelos econométricos, efectos no lineales de la temperatura, lluvia y niveles de $CO_2$ en agricultura, mortalidad, crimen, productividad y energía construidos a través de meta-análisis bayesiano. | Demanda de energía, temperatura, precipitación, niveles de $CO^2$, mortalidad, rendimiento de cultivos, tasa de crimen, empleos, demanda residencial de electricidad. | Hsiang S., Kopp R., Jina A., Rising J., Delgado M., Mohan S., Rasmussen D.J., Muir-Wood R., Wilson P., Oppenheimer M., Larsen Kate., and Houser T. (2017). Estimating economic damage from climate change in the United States. Science. Vol 356, Issue 6345. p |
| Modelo econométrico de panel de datos. Como primera etapa estima el impacto histórico de la temperatura y cambios en la precipitación en la actividad económica a nivel meso región (agricultura, industria, servicios). Los impactos estimados se combinan con proyecciones de los modelos climáticos para obtener impactos futuros. Posteriormente los impactos a nivel sectorial en un enfoque de abajo hacia arriba son combinados para la estimación de impactos en el PIB. Shared Socieconomic Pathways (SSPs), mesoregiones (noreste, noroeste, cetro-oeste, centro, suerte). El valor agregado bruto de cada sector se combina con los demás para estimar los impactos generales sobre el PIB. Temperatura media anual y precipitación se emplean en forma lineal y cuadrática. Los factores invariantes en el tiempo se incluyen como efectos fijos a nivel mesoregión. | Valor Agregado Bruto (VAB), PIB, temperatura, precipitación, eventos extremos, índices de precipitación estandarizado, frecuencia de eventos únicos sociales políticos, SSPs (Crecimiento poblacional, urbanización, nivel educativo). | INECC (2021) Macroeconomic risk profile: Mexico. Technical advisory services for the preparation of Green Climate (GCF) Fund country programs. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. INECC. 2021 |

| | | |
|---|---|---|
| Evaluación de vulnerabilidad climática, combina clima, modelos hidrológicos y calcula indicadores para escenarios socioeconómicos y de cambio climático. | Caudales máximos, estacionalidad, variaciones interanuales, acceso a agua potable, olas de calor, demanda de sistemas de enfriamiento, producción de energía hidroeléctrica, cambio en rendimientos de cultivos, balance de nitrógeno, estrés hídrico, intensidad de sequías. | INECC (2021) Report on Climate Vulnerability Assessment for Mexico, Technical advisory services for the preparation of GCF country programs |
| System of Environmental Economic Accounting (SEEA). Se contemplan activos y flujos. Se registran estos activos al inicio y cierre del periodo contable. Las funciones ambientales separan el medio ambiente en bosques, humedales y áreas agrícolas. Esto se realiza en términos biofísicos y monetarios (se registran flujos de servicios ecosistémicos basados en precios estimados por servicio individual y multiplicado por las cantidades físicas). Las contabilidades de flujos físicos se hacen principalmente para flujos de agua, GEI, residuos, desechos a través de la Matriz insumo-producto. | Activos (recursos maderables, pesqueros, energía, agua, recursos biológicos) flujos (materias primas, uso de los recursos en la producción y residuos). | Obst, C., Alfieri, A., Kroese, B. 2020. Advancing environmental-economic accounting in the context of the system of economic statistics. Statistical Journal of the IAOS 36: 629-645. |
| Modelo de panel de datos dinámico autoregresivo con rezagos distribuidos. Toma en cuenta relaciones lineales y no lineales de las variables climáticas en forma de desviación para medir los efectos de largo plazo. Considera también el efecto de las variables climáticas respecto al ingreso al crear un término de interacción entre una variable dummy "poor" (si el estado está por debajo de la mediana en PIB per-cápita) y variables climáticas. | Temperatura, precipitación, línea de pobreza, variable de efectos fijos de cada estado, variable de tendencia temporal, desviación temperatura positiva y negativa en temperatura y precipitación. | Olper, A., Maugeri, M., Manara V., Raimondi, V. 2021. Weather, climate and economic outcomes: Evidence from Italy. Ecological Economics. 189: 107156 |

| | | |
|---|---|---|
| Perspectiva global de un sistema dinámico contable: marco contable donde se incluyen las variables de bienestar, sustentabilidad y equidad. Se evalúan los siguientes conteos: físico, espacial, demográfico, temporal, monetario, red y distribución de cuentas. | Indicadores: agua, aire, energía, uso de suelo, salud, educación, trabajo, vivienda, producción, medioambiente, transporte, turismo, cuentas sociales-económicas y ecológicas. | Rutger Hoekstra (2020). SNA and beyond: Towards a broader accounting framework that links the SNA, SDGs and other global initiatives. Statistical Journal of the IAOS 36 |
| Análisis descriptivo del impacto y desafíos para América Latina basado en revisión de literatura. Plantea desafíos en los bosques y biodiversidad, las costas ante el alza del nivel del mar, el patrón de producción energético, actividades agropecuarias e infraestructura. Se enfoca en la identificación de daños e identificación de indicadores biofísicos. | Superficie de bosque pérdida. Extracción de recursos maderables, conversión de tierras forestales para uso agrícola. Aumento de erosión costera, aumento de la temperatura superficial del agua, provocando pérdida de la cobertura de tejido vivo en los arrecifes coralinos, variación de oleaje, reducción de demanda por servicios relacionados con el turismo. Consumo de energía. | Sánchez, L. (Ed.). (2018). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: una visión gráfica (pp. 1-61). Santiago, Chile: CEPAL, Naciones Unidas. |
| Mecanismo Internacional de Varsovia para Daños y Pérdidas. Comité encargado de caracterizar daños y pérdidas, diálogo, conocimiento, planteamiento de metodologías. No plantea como tal metodologías específicas, describe los criterios para su planteamiento. | Eventos extremos, gestión de riesgo, actores claves, coordinación, daños y pérdidas. | Schäfer L and Kreft S (2014). Loss and Damage: Roadmap to Relevance for the Warsaw International Mechanism. Germanwatch e.V. |
| The System of Environmental Economic Accounting (SEEA).<br>Clasifica la calidad de los ecosistemas, se puede incluir la dimensión climática por los servicios de regulación de microclimas además de servicios que actualmente no se reconocen en los SCN como captura de carbono y filtración del aire. | Indicadores para medir características de los ecosistemas como, variedades de árboles, presencia de mamíferos y aves, flujos de emisión y captura de carbono. | United Nations, (2018). An Introduction to Ecosystem Accounting (pp. 1-25). New York, NY: United Nations Statistics Division. Retrieved from https://seea.un.org/Introduction-to-Ecosystem-Accounting |
| Modelo econométrico que evalúan pérdidas económicas y número de personas muertas o afectadas. | Ocurrencia del desastre natural por frecuencia o por intensidad, PIB, stock de capital, pérdida de fuerza laboral, días laborados. | Van Bergeijk P., Lazzaroni, S. 2015. Macroeconomics of Natural Disasters: Strengths and Weaknesses of Meta-Analysis Versus Review of Literature. |

| | | |
|---|---|---|
| Valoración contingente para dar un estimado monetario de servicios ambientales como provisión de madera y agua, secuestro de carbono, paisaje y biodiversidad. | Ganancias esperadas en el sector de recursos forestales, hídricos, posibles ganancias en el mercado de carbono. | Vardon, M., Keith, H., Obst, C., & Lindenmayer, D. (2019). Putting biodiversity into the national accounts: Creating a new paradigm for economic decisions. Ambio, 48(7), 726–731. https://doi.org/10.1007/s13280-018-1114-z |
| Loss and Damage. Estiman la incapacidad en los sectores productivos de responder adecuadamente a los factores de estrés climático y los costos y efectos adversos asociados a las medidas de adaptación. Plantea el uso de métodos mixtos para obtener información primaria que constituye la entrada para los modelos numéricos de estimación de impactos sociales y económicos. | Temperatura precipitación, frecuencia de eventos meteorológicos extremos, producción de cultivos clave, características socioeconómicas y demográficas, cohesión social. | Warner, K. and van der Geest, K. (2013) 'Loss and damage from climate change: local-level evidence from nine vulnerable countries', Int. J.___Global Warming, Vol. 5, No. 4, pp.367–386. |

Fuente: Elaboración propia con base en estudios publicados entre 2002 y 2021 que evalúan los daños y pérdidas por eventos climáticos extremos y de evolución lenta en indicadores macroeconómicos.

La complejidad y número de variables incluidas en los modelos y metodologías presentados van en congruencia con la granularidad de cada estudio. En este sentido, el impacto de los eventos extremos puede ser mejor estimado a nivel local, sin embargo, existen indicadores del cambio climático global que no se encuentran disponibles para niveles de agregación más finos, donde el uso de métodos *downscaling* de factor de cambio, dinámicos o estadísticos son aplicados para una mejor representación de los escenarios y evaluación de los impactos (SEMARNAT, INECC, 2018). Estas limitaciones ocurren principalmente en las trayectorias de concentración representativas (RCP por sus siglas en inglés) y las trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP por sus siglas en inglés) usadas ampliamente en el estudio de las implicaciones económicas asociadas al cambio climático.

## 6.2 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE COSTOS POR REPERCUSIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL SECTORIAL

En esta sección se presenta una descripción de las metodologías que evalúan las pérdidas y daños a nivel sectorial por las repercusiones del cambio climático. La mayoría de las metodologías encontradas comprenden los métodos y modelos de evaluación directa por pérdidas observadas por eventos extremos tales como: los huracanes, tormentas, inundaciones y ondas de calor. No obstante, se identifican que existen dificultades para incorporar daños y pérdidas asociadas a los eventos de evolución lenta, como son procesos de desertificación, salinización e incrementos en el nivel del mar y en el caso de las sequías como evento extremo.

Para superar la limitación en estimaciones sobre estos sectores una aproximación usada frecuentemente, es el uso directo de las variables temperatura y precipitación o índices construidos fijando umbrales en estas variables para direccionar estos eventos difíciles de medir y de esta manera estimar las pérdidas económicas y de vidas asociadas a problemáticas como la seguridad alimentaria, seguridad hídrica, el saneamiento, los niveles de partículas en el aire y los procesos de migración (Ebi y Bowen, 2016) que de otro modo serían desatendidas. En la Tabla 5 se presentan la descripción de los estudios revisados para los sectores económicos señalados previamente.

En la mayoría de los casos la estimación de costos a través de sectores se ha tomado como punto de partida para evaluar diferentes escenarios de cambio climático, de acuerdo con RCP obtenidas de Modelos de Circulación General, como un conjunto de escenarios validados y aplicados a diferentes regiones del mundo, modelos como el NASA Earth Exchange (NEX) y el PLASIM-ENTS (Planet-Simulator-Efficient-Numerical terrestrial scheme) o enfoques metodológicos basados en revisión de literatura para incluir la presencia de eventos meteorológicos extremos. Sin embargo, la selección de estas herramientas depende de las características del

estudio y la manera en que pueda acoplarse a los modelos de estimación económica.

Para los tres sectores económicos se identificaron algunas metodologías que miden los costos de daños y pérdidas trasladándolos al PIB, y que adicionalmente incluye la estimación de daños no económicos, los cuales han sido propuestos dentro del Marco de las Naciones Unidas sobre la Convención de Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés) e iniciativas económicas globales para la reducción del riesgo de desastres (DRR), implementadas en distintos países, las cuales involucran a diferentes actores de cada sector económico y de gobierno para el monitoreo, recolección de datos, evaluación de daños y pérdidas. Algunos ejemplos de estas metodologías son: "The Damage and Loss Assessment" (DaLa), "FAO'S Methodology for damage and loss assessment in agriculture", " Handbook for assessing loss and damage in vulnerable communities" y EMA, Australian Disaster Resilience Manual 27: Disaster Loss Assessment Guidelines (EMA, 2002; CEPAL, 2014; Schäfer and Sönke 2014; Van & Schinder, 2017; Sánchez, 2018; FAO, 2021; Zafar *et al.*, 2020;)

Para el sector primario, principalmente enfocados en la agricultura, se encontraron las siguientes metodologías, las cuales han sido validadas en diferentes regiones del mundo:

1. Loss and Damage propuesto por la FAO (2021), su planteamiento se destaca por un mayor involucramiento de las instituciones que proveen información y es uno de los pocos reportes que consideran en conjunto los diferentes subsectores del sector primario.

2. Estudios que direccionan el impacto en la agricultura, a través de modelos computables de equilibrio general, como el GTAP Global Trade Analysis Project model, GTAP conocido como un modelo multiregión y multisector que además de los planteamientos econométricos estándar permite un mayor dinamismo al incorporar la reacción a los eventos reflejados en las transacciones en el comercio internacional mediante los precios y cantidades de oferta y demanda de bienes y servicios.

3. El método ClimaCrop, es un procedimiento que acoplado con el modelo de equilibrio general permite obtener la producción asociada a los diferentes escenarios (Wang *et al.*, 2021).

En este mismo sector, otros métodos ampliamente usados son los modelos basados en análisis tipo ricardiano, entre los cuales se encuentra el *Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project* (AgMIP) (Renno y colaboradores, 2020) y el modelo Hsio (Thrin, y Scrimgeour, 2021), los cuales consisten en un procedimiento de dos etapas, en la cual se parte de una regresión con efectos fijos que considera variables dependientes del tiempo para obtener residuales de error que posteriormente se aplican a una segunda regresión en la que se integran las variables climáticas y otras que no varían en el tiempo. Estos modelos integran

información ecológica relevante, tal como: tipo de suelo, las concentraciones de nitrógeno, la humedad del suelo y la capacidad máxima de producción, todas estas constituyen variables independientes en el modelo para direccionar efectos específicos de la región y junto con variables como temperatura, precipitación y estacionalidad, representan la influencia de los efectos adversos del cambio climático en los cultivos.

Otro aporte importante hacia la estimación de costos en este sector es el modelo Adaptive Regional Input-Output (ARIO) cuyo procedimiento permite incorporar a la estimación el impacto de los daños en el sector agrícola a todos los demás sectores con los que presenta una relación más estrecha, por un efecto conocido como efecto cascada. Este modelo considera bienes y servicios intermedios, finales, elasticidad de la demanda y relación con los precios de mercado ante temperaturas extremas. A diferencia de la propuesta metodológica de la FAO, los estudios que incluyen el modelo ARIO, y AgMIP en la metodología de estimación de daños y pérdidas, no consideran el involucramiento de los actores como criterio clave en la recolección de información y análisis del contexto.

Concerniente al sector económico de la industria, se revisaron estudios sobre metodologías para evaluar los costos por daños y pérdidas en el sector energético, que incluye la red de distribución, los generadores, plantas hidroeléctricas, geotérmicas, así como los cambios en la oferta y demanda (Martín *et al.*, 2013). En este sector también es posible la implementación de metodologías para evaluar pérdidas, por ejemplo, los modelos de equilibrio general, como el procedimiento presentado por Labriet *et al.*, 2015 que aplica un modelo tecnológico-económico, basado en la combinación de TIAM-WORLD (Times Integrated Assessment Model), el cual provee concentración de GEI para el emulador del cambio climático PLASIM-ENTS (Planet-Simulator-Efficient-Numerical terrestrial scheme) y a su vez envía respuesta sobre incrementos en la temperatura al modelo de equilibrio general GEMINI-E3 (General Equilibrium Model of International-National) para obtener una estimación económica de esos daños en el sector. Adicionalmente, la matriz de insumo producto cuenta con características que forman parte de los modelos adecuados para la estimación de costos, pues permite evaluar cambios y aportaciones del sector energético a otros, considerando además las emisiones generadas a nivel sectorial.

Otro rubro importante lo constituye la infraestructura, debido a que tiene incidencia tanto en sector primario y secundario por las redes de transporte de energía y agua como en el sector terciario por posibles afectaciones a las redes y equipo de transporte de pasajeros y las redes de comunicación. En este sentido, se identificó la metodología HAZUS Multizahard, que evalúa la amenaza, vulnerabilidad y daños en una ciudad por inundaciones para diferentes periodos de retorno y calcula costos de reparación y reemplazo en las estructuras, utilizando como datos de entrada censos estadísticos de cartografía de la ciudad (Sarmiento y Miller, 2006) como una potencial base para sugerir ciertas adaptaciones al contexto nacional.

**Tabla 5.** Revisión de metodologías de evaluación de costos por repercusiones del cambio climático en el sector productivo

| Metodología | Indicadores/variables | Referencia |
|---|---|---|
| Nueve Modelos de circulación general. Los nueve MCG utilizados fueron BCC-CSM1, BNU_ESM, CCCMA_CANESM2, GFLD_ESM2G, INM-CM4, IPSL-CM5A-LR, MI-ROC-MIROC5, MPI-ESM-MR y NCC-NORESM1-M. Impactos del cambio climático en cultivos considerando cambios en gestión y tecnologías. | Precipitación, temperatura, radiación, rendimientos biofísicos y económicos. | Almeida, J., Rios, A. R., Prager, S., Schiek, B., & Gonzalez, C. E. (2020). Vulnerability to Climate Change and Economic Impacts in the Agriculture Sector in Latin America and the Caribbean. https://doi.org/10.18235/0002580 |
| Modelling System for Agricultural Impacts of Climate Change (MOSAICC). Es un modelo de evaluación de cambio climático en agricultura, silvicultura, hidrología y economía. Consideran los cambios de rendimiento con seis Modelos de Circulación General (MCG), dos vías de concentración representativas (RCP4.5 y RCP8.5) y dos períodos futuros (medio y futuro lejano, hasta 2100). | Temperaturas máximas, mínimas, precipitación, balance hídrico, cultivos de granos y cereales. | Amarasingha, R., Marambe, B., Suriyagoda, L., Punyawardena, R., Herath, H., Jayawardena, S., Jayakody, P. *et al.*, 2021. Climate change impacts on crops in Sri Lanka. Rome, FAO |
| Métodos experimentales de comparación estadística entre agricultura convencional y orgánica. Identificación de impactos en la sustentabilidad. | Rendimientos, ingresos, producción de los campos, emisiones de GEI, consumo de energía directo e indirecto. | Antonini, C., & Argilés Bosch, J. M. (2017). Agriculture, Profitability and Climate Change: Can Accounting Help Identify Best Farming Practices? Empirical Case Study in Spain. https://doi.org/10.4236/as.2017.83015 |

| | | |
|---|---|---|
| La metodología incluye una zonificación de peligros por inundación tomando en cuenta topografía, uso de suelo, elevación con datos del ASTER Global Digital Elevation Model. Para los costos implementa un modelo de Diferencias en Diferencias (DD) el cual compara un grupo de tratamiento con inundaciones y un grupo control sin inundaciones considera características demográficas, socioeconómicas y área cultivada en superficie y cantidad. La metodología utiliza para los escenarios de cambio climático los modelos de NASA Earth Exchange (NEX). Como variable dependiente emplea la producción en términos de rendimiento, cantidad y área. | Rendimientos en cultivo de arroz, cantidad, precios, condiciones extremas a través de valores cercanos al 10 y 90 percentil de cambio en la temperatura media anual y cambio en la precipitación media anual durante 2030, 2050 y 2080. | Basnayake, S., Ulubasoglu, M., Rahman, M., Premalal, S., Chandrapala, L., Shrestha, M., Gupta, N. 2021. Assessing potential loss and damage for flood hazard using an econometric modelling technique. APN Science Bulletin. doi:10.30852/sb.2021.1499 |
| Modelo experimental basado en el modelo Ricardiano y panel de datos: estiman las pérdidas y los beneficios de las empresas en varios escenarios de cambio climático PCP4.5 y PCP8.5. | Valor agregado, frecuencia de tormentas y sequías, precipitación, temperatura, suelo, condiciones geográficas, precios del mercado. | Do, V.Q.; Phung, M.L.; Truong, D.T.; Pham, T.T.T.; Dang, V.T.; Nguyen, T.K. The Impact of Extreme Events and Climate Change on Agricultural and Fishery Enterprises in Central Vietnam. Sustainability 2021, 13, 7121 |
| Daños y pérdidas (FAO Damage and Loss Methodology): Metodología para evaluar los daños directos y las pérdidas que ocurren en el sector agrícola como resultado de los desastres y eventos extremos. El modelo calcula los daños directos expresados en valores monetarios de los cinco subsectores del sector primario (agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y acuacultura) y calcula las pérdidas que representa a la economía (daño: el costo total o parcial de reemplazo de la infraestructura y la producción destruida por el desastre. Pérdidas: cambios en el flujo de la economía nacional por los daños provocados). | Evento o desastre, producción almacenada, en campo, en proceso de producción, fertilizantes, insecticidas, semillas, instalaciones, maquinaria, herramientas, infraestructura relacionada con la producción agrícola. | FAO. 2021. The impact of disasters and crises on agriculture and food security: |

| | | |
|---|---|---|
| Modelo ARIO Adaptive Regional Input-Output propuesto por Hallegatte (2008) para evaluar el efecto cascada y analizar las diferencias en 19 sectores a través de los impactos directos en el sector agrícola (ADED) y los efectos económicos en cascada (ECE) bajo incrementos futuros en la temperatura media anual entre 1 y 5°C. Escenarios (1, 1.5, 2, 3, 4, 5°C). | Exceso de producción (amax), características adaptativas con el tiempo (t) y precios. El radio de la inversión total para el desarrollo del sector agrícola como variable exógena. Entre las variables exógenas se encuentran capacidad de producción en el tiempo base, capacidad máxima de producción, exportación y consumo intermedio, elasticidad de la demanda final con respecto al precio de los bienes y servicios producidos. | Huang, C., Li, N., Zhang, Z., Liu, Y., Chen, X., Wang, F. 2020. Assessment of the economic cascading effect on future climate change in China: Evidence from agricultural direct damage. Journal of Cleaner Production 276: 123951. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123951 |
| Metodologia EMA (Emergency Assessment of Australia) evalúa las pérdidas asociadas a los eventos extremos en el sector agropecuario, infraestructura, asentamientos humanos, muertes, lecciones, y daño ambiental como pérdida de cobertura forestal. Integra modelos en línea con HAZUS, técnicas de valoración como Valor Presente Neto y métodos de preferencias reveladas. | Cantidad de producción en el sector agrícola, cambios en el número de especies del sector pecuario, cobertura forestal, red de transporte afectada, edificios dedicados a servicios, comercio afectado, viviendas afectadas | Australian Institute for Disaster Resilience. (2002). Manual 27: Disaster Loss Assessment Guidelines. |
| Modelo tecnológico-económico TIAM-WORLD (Times Integrated Assessment Model) provee concentración de GEI para el emulador del cambio climático PLASIM-ENTS (Planet-Simulator-Efficient-Numerical terrestrial scheme) el cual envía respuesta sobre incrementos en la temperatura a ambos modelos el TIAM-WORLD y el modelo de equilibrio general GEMINI-E3 (General Equilibrium Model of International-National Interactions between Econonomy, Energy and Environment). El modelo examina las implicaciones macroeconómicas de los cambios en la demanda de enfriamiento y calentamiento para servicios y propósitos residenciales. Se modelaron 12 | Temperatura promedio diaria (registro a partir de una estación meteorológica de referencia) desviación estándar de la temperatura diaria, consumo, demanda de energía, precios en el mercado de energía. | Labriet, M., Joshi, S.R., Babonneau, F., Edwards, N.R., Holden, P.B., Kanudia, A., Loulou, R., Vielle, M. (2015). Worldwide impacts of climate change on energy for heating and cooling. Mitig Adapt Strateg Glob Change 20:1111-1136. https://doi.org/10.1007/s11027-013-9522-7 |

| | | |
|---|---|---|
| escenarios representando un rango de incrementos en la temperatura media global entre 1.6° y 5.7°C. | | |
| Método experimental de análisis de sensibilidad a través de una regresión lineal múltiple, se analiza el PIB de los últimos veinte años con el fin de dimensionar los ingresos que podrán recibir o no recibir las empresas por cada punto de desviación frente al comportamiento del clima (promedio de precipitación a nivel mundial por los últimos veinte años). | PIB (variable dependiente), índice de producción, costo de factores de producción, índice de consumo final, inflación, precios al consumidor, índice de gastos efectuados a nivel mundial, precipitación. | López Domínguez I., & Velázquez Boeta, R., (2020). Impacto del riesgo climático en las actividades económicas. Análisis del sector líneas. aéreas. Contabilidad Y Negocios, 15(29), 40-57. |
| Método de redes neuronales artificiales. Creación de escenarios con base en las variables de temperatura media, humedad relativa y velocidad del viendo, PRECIS RCM provee una base de datos de proyecciones por país, se proyectaron escenarios para incrementos en el promedio de la temperatura global de 3°C, 1.5°C y 1°C. | Temperatura media, humedad relativa, velocidad del viento, PIB, total de población a partir de las SSPs que provee el IPCC, consumo de energía (media, desviación estándar en cada país y porcentaje de crecimiento entre 1970 y 2010). | Martín, R., Gomes, C., Alleyne, D., Phillips, W. (2013). An assessment of the economic and social impacts of climate change on the energy sector in the Caribbean. En: The economic and social impacts of climate change on the energy. CEPAL-ONU. Santiago, Chile. |
| Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP). Usa datos de pronósticos de rendimiento bajo cambio climático derivados de meta-análisis y de AgMIP como entradas para el modelo computable de equilibrio general CGE. Parametrizaron dos funciones de daño basadas en el CGE para incorporarlas en un modelo de evaluación integrada. Estiman las implicaciones económicas que el calentamiento induce en shocks sobre el rendimiento usaron Global Trade Analysis Project (GTAP). | Flujos de comercio entre países, consumo, producción de cada economía a nivel nacional. Cambio de área entre cultivos, potencial intensificación de la producción, y ajustes de patrones en el comercio global. | Moore, F. C., Baldos, U. Hertel, T., Diaz, D. 2017. New science of climate change impacts on agricultura implies higher social cost of carbon. Nature Communication, 8:1607. |
| Programa sobre la tecnología de adaptación al cambio climático en Taiwán (TaiCCAT)como apoyo al Sistema de la toma de decisiones. Identifican los problemas de la oferta y la demanda de alimentos, luego evalúan el riesgo actual de la oferta y la | Variación climática, oferta y demanda de alimentos. | Ho, C.-H., Lur, H.-S., Yao, M.-H., Liao, F.-C., Lin, Y.-T., Yagi, N., & Lu, H.-J. (2018). The impact on food security and future adaptation under climate |

| | | |
|---|---|---|
| demanda de alimentos para posteriormente evaluar el riesgo futuro, identificar las opciones de adaptación y finalmente planificar e implementar los procesos de adaptación. | | variation: a case study of Taiwan's agriculture and fisheries. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 23(3), 311–347. https://doi.org/10.1007/s11027-017-9742-3 |
| Método con tres especificaciones econométricas tipo panel de datos, para estimar cambios en la producción, daños y beneficios. | Precio del cultivo, subsidios, costos de producción, tecnología de irrigación, precipitación diaria, temperatura promedio, humedad del suelo, umbrales, de más de 10mm por día y uno de más de 20mm por día, este último ligado a la presencia de tormentas tropicales o huracanes. | Olivera-Villarroel, S.M., Binimelis-Raga, G., Orbe, R. (2012). The economic effects of intense rainfall in central states of the Pacific Coast of Mexico: Global Warming Impacts on Agriculture. The International Journal of Climate Change: Impacts and Responses 3. |
| Método de componente de cohorte, el cual precisa la evolución de la población por edad y sexo. Para cada uno de los riesgos se introdujo la probabilidad de morir dependiendo de la edad, la cual depende endógenamente del incremento en la temperatura. Examinó tres escenarios de cambio climático RCP6.0, RCP 4.5 y RCP 2.6. Los escenarios de cambio climático fueron proyectados usando MESSAGE GLOBIOM temperaturas obtenidas para el SSP2 de la base de datos SSP por IIASA. La aproximación económica fue el valor de la vida estadística (VSL por sus siglas en inglés) ajustada al PIB per cápita. | Temperatura incrementos como proxy de cambio climático, olas de calor, mortalidad e incidencia de padecimientos por olas de calor, diarrea, malaria, dengue y desnutrición. Tablas de vida, tasas de fertilidad y proporción por sexos al nacimiento. UN World Population Prospect (WPP) provee la población inicial para estos datos en cada periodo de tiempo hasta el 2100. | Pottier, A., Fleurbaey, M., Méjean, A., Zuber, S. (2021). Climate change and population: an assessment of mortality due to health impacts. Ecological Economics 183:106967. |
| Modelo Ricardiano, panel de datos de efectos fijos, los escenarios futuros de cambio climático fueron creados a través de la metodología Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP). | Valor total de la producción agrícola (en precios constantes, por estado), uso de fertilizantes en toneladas, áreas cultivadas en hectáreas, número de tractores, totales de horas trabajadas anualmente, temperatura | Rennó, N. C., Silva-Spolador, H.F., Ricardo F. M. 2020. Assessing the economy-climate relationships for Brazilian agriculture. Empirical Economics 59:1161. |

| | | |
|---|---|---|
| | promedio anual y precipitación promedio anual. | https://doi.org/10.1007/s00181-019-01711-7 |
| Modelo de equilibrio parcial global “Impact” incluye parámetros de producción, comercio internacional, demanda, precios de productos agrícolas es posible integrarlo a modelos climáticos, como los Modelos de Circulación General (GCM por sus siglas en inglés) permite desagregación geográfica por unidades productoras de alimentos para 159 países y por productos, permite obtener información de la tasa de crecimiento de la productividad. | Precipitación y temperatura, rendimientos, área cultivada, producción de cultivos, demanda, exportaciones netas, precios mundiales, porcentaje de la población en riesgo de padecer hambre. | Rodríguez De Luque, J. J., Gonzalez Rodríguez, C. E., Gourdji, S., Mason-D’Croz, D., Obando Bonilla, D., Mesa Diez, J., & Prager, S. D. (2016). Impactos socioeconómicos del cambio climático en América Latina y el Caribe: 2020-2045. Cuadernos de Desarrollo Rural, 13(78), 11. https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr13-78.iscc |
| HAZUS Multizahard: Evalúa la amenaza, vulnerabilidad y daños en una ciudad para inundaciones de diferentes periodos de retorno y calcula costos de reparación y reemplazo en las estructuras, utilizando como datos de entrada censos estadísticos de cartografía de la ciudad. | Censo de vivienda e infraestructura, datos climáticos, funciones de vulnerabilidad, funciones de costos. | Sarmiento C and Miller T. (2006) Costs and Consequences of Flooding and the Impact of the National Flood Insurance Program. FEMA |
| Modelo Ricardiano de panel de datos acoplado a un modelo de dos etapas Hsiao. | Ingreso neto por cultivo por metro cuadrado, precios de mercado a precios constantes, datos climáticos obtenidos de Worldclim versión 2.0, promedio de temperatura y lluvia, elevación usando DIVA-GIS website. Variables regionales utilizando el promedio de la densidad de población, salarios en el sector agrícola, porcentaje de tierras irrigadas. | Thrin, C. N., Scrimgeour, F. 2021. Measuring the impact of climate change on agriculture in Vietnam: A panel Ricardian analysis. Agricultural Economics. https://doi.org/10.1111/agec.12677 |

| | | |
|---|---|---|
| Modelo de equilibrio general GTAP Global Trade Analysis Project model, GTAP conocido como un modelo multiregión y multisector. ClimaCrop para los escenarios climáticos y la producción asociada. El modelo es tipo panel de datos, con logaritmo. Se presentan las temperaturas y precipitación en términos lineales y cuadráticos y adiciona una tendencia del tiempo con una función cuadrática para tomar en cuenta el progreso tecnológico sobre el periodo de tiempo. | Temperatura media, precipitación media, producción de cada cultivo para los escenarios se obtuvo de la base de datos de la FAO[6] | Wang, D., Jenkins, K., Forstenhausler, N., Lei, T., Price, J., Warren, R., Jenkins, R., Guan, D. 2021. Economic impacts of climate-induced crop yield changes: evidence from agri-food industries in six countries. Climatic Change 166, 30. https://doi.org/10.1007/s10584-021-03062-8 |
| Metodología de daños y pérdidas de la CEPAL, empleada para cuantificar los impactos sociales y económicos de las catástrofes y para priorizar las necesidades que surgen en el proceso de reconstrucción; también sirve para evaluar las necesidades financieras posteriores al desastre y priorizar los proyectos de reconstrucción que deben llevarse a cabo, HAZUS. | Daño físico monetario y pérdidas de flujo del insumo nacional. | Zafar A., Alarcón M, Bakkensen L., Franco E. Gregd M. (2020) Developing a comprehensive methodology for evaluating economic impacts of floods in Canada, Mexico and the United States. International Journal of Disaster Risk Reduction. 50 (2020) 101861 |

**Fuente:** elaboración propia con base en estudios que estiman costos por daños y pérdidas por impactos del cambio climático en los subsectores agrícola, energético, manufacturero, infraestructura de transporte y servicios de salud.

[6] Información específica de los cultivos se puede consultar en http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC, para los escenarios de cambio climático RCP y SSP.

Finalmente, dentro del sector terciario se estudiaron metodologías para evaluar las afectaciones en el sector salud, muchas de ellas asociadas a episodios de olas de calor, episodios críticos de concentración de contaminantes atmosféricos y mayor incidencia de algunas enfermedades infecciosas ligadas también a la pobreza (Patz y Thomson, 2018). De las aproximaciones revisadas las estimaciones por DALYs (Disability-Adjusted Life-Years) y QALYs (Quality Adjusted Life Years), que integran calidad de vida y esperanza de vida son las más usadas. Los resultados de estos indicadores permiten conocer el riesgo de incrementos en la mortalidad o incidencia de enfermedades atribuible al cambio climático (enfermedades de transmisión por vector, enfermedades infecciosas gastrointestinales) y los costos asociados por hospitalización, y por atención medica en relación a estos padecimientos.

A través de la revisión exhaustiva de las metodologías presentadas, se identificaron los elementos que se necesitan para evaluar de manera integral los impactos económicos a través de los diferentes sectores y para cada evento de cambio climático, concentrados en un proceso complejo que incluye: la identificación de eventos extremos y de proceso lento observados atribuibles al cambio climático para diferentes periodos, cantidad de actores involucrados como proveedores de datos y usuarios de los resultados, información necesaria y técnicas para recolectarla de acuerdo a su calidad y disponibilidad, formación de comités o redes para compartir información, establecimiento de fronteras temporales y geográficas de estimación, además de la selección o limitación de métodos de valoración acorde a cada tipo de pérdida propia de cambio climático y la incorporación de pérdidas indirectas e intangibles. Derivado de esta complejidad, el alcance de este estudio permitió el establecimiento de los cimientos para la construcción de la metodología, un primer acercamiento a las posibles contribuciones de los actores e invitación a continuar en un proceso colaborativo transversal para el diseño de la propuesta metodológica. Las secciones a continuación muestran las ventajas y desventajas de los planteamientos metodológicos revisados, los sectores que incluyen las metodologías revisadas, la información necesaria de recolectar, actores identificados y bases para llevar a cabo las estimaciones de los costos por pérdidas y daños con potencial integración al SCN.

# 7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MÉTODOS QUE EVALÚAN DAÑOS Y PÉRDIDAS

La literatura muestra evidencia de distintos modelos de evaluación integral y específicos a los sectores que permiten calcular los costos y pérdidas por impacto

del cambio climático. Sin embargo, la aplicación y resultado de cada metodología depende de múltiples factores para cada país. Si bien, los eventos climatológicos extremos y los cambios de la temperatura media superficial global pueden ser los mismos, las condiciones físicas, culturales, políticas, socioeconómicas y actores claves de cada país son diferenciados. Por lo tanto, es necesario considerar las ventajas y desventajas de cada método y su factibilidad considerando todos los aspectos mencionados y la cantidad de variables disponibles a partir de los datos de entrada. Para evaluar la factibilidad de estos métodos se presenta la Tabla 6.

Tabla 6. Ventajas, desventajas y disponibilidad de fuentes de información de los métodos seleccionados

| Método / Factibilidad | Ventajas | Desventajas | Potenciales fuentes de información |
|---|---|---|---|
| HAZUS<br>Multi-hazards, evalúa daños en valor monetario por el impacto de eventos climatológicos extremos.<br><br>Factibilidad: solo para el sector de infraestructura. | Brinda una estimación detallada de costos y daños.<br>Los modelos de inundación son aplicables en México con los datos requeridos.<br>Con los datos de INEGI se puede obtener el dato catastral y de instalaciones de servicio.<br>Los daños se calculan en valor monetario. Los resultados de los daños en viviendas e infraestructura de servicios proporcionan valores monetarios de reparación y reconstrucción, así como su proporción del gasto público. | Las funciones de daño costo están diseñadas para Estados Unidos, pero la metodología puede adaptarse a México.<br>El método solo calcula daños en el sector de vivienda, infraestructura, bienes y servicios, no es aplicable a los otros sectores productivos como agricultura. | Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).<br>Catastro.<br>Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).<br>Aseguradoras.<br>Ley de edificaciones (información respecto al tipo de edificación, materiales. |
| Modelos de regresión tipo panel de datos con efectos fijos, considera tendencias en las variables climáticas e integra una variable representativa de la frecuencia de eventos extremos.<br><br>Factibilidad: si por PIB y por sector económico a nivel estatal. | Brinda una estimación robusta.<br>Es posible estimar efectos heterogéneos no considerados en las variables de control por región o entidad federativa a través de los efectos fijos.<br>Existe flexibilidad para adaptarlos a nivel sectorial o medir los impactos directos en el PIB.<br>Se puede calcular en forma de elasticidades y evaluar los cambios marginales.<br>Las estimaciones de daños se pueden calcular para cierto periodo de tiempo, así como valorar escenarios futuros de cambio climático. | Se requiere de un panel balanceado, la misma cantidad de información temporal para cada entidad geográfica.<br>No todas las unidades geográficas cuentan con el mismo número de estaciones meteorológicas o sistemas de información que capturen la información necesaria.<br>Problemas de homogenización en los tipos de datos.<br>Se requiere de series históricas amplias para mejorar la eficiencia del modelo. | INEGI.<br>Consejo Nacional de Población (CONAPO).<br>Sistema Meteorológico Nacional.<br>Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).<br>Sector académico.<br>CENAPRED.<br>Dirección General de prevención de la salud (DGIS). |

| | | | |
|---|---|---|---|
| FAO D&L<br>Damage and Loss, evalúa el impacto por eventos extremos repentinos y de proceso lento en la agricultura, silvicultura, acuacultura, pesca y ganadería.<br><br>Factibilidad: si es factible de implementar para medir daños y pérdidas, pero es un proceso de largo plazo y solo es aplicable al sector primario. | Apoya el establecimiento de un sistema nacional de información y monitoreo para generar información periódica sobre daños y pérdidas.<br>Calcula los daños directos expresados en valores monetarios de los cinco subsectores del sector primario.<br>Calcula las pérdidas que representa a la economía en términos del PIB.<br>Brinda información detallada del proceso para evaluar el impacto en daño monetario de un evento específico, ya sea un huracán o una sequía.<br>Funciona como estrategia de un proceso continuo para la recolección de datos y evaluación sistemática con la participación de todos los actores. | No es factible sin la participación de los actores clave.<br><br>Requiere gran cantidad de información a nivel local.<br><br>Costos de implementación. | Productores/asociaciones de productoras y productores<br>Institución de Gobierno.<br>INEGI.<br>Servicio Meteorológico Nacional.<br>CENAPRED.<br>Institución financiera de gobierno.<br>SIAP. |
| Modelo econométrico basado en análisis Ricardiano.<br><br>Factibilidad: si, pero limitado, no es posible incorporar variables de acervo de capital por sectores al no contar con una serie de tiempo amplia, muchas variables solo se pueden obtener a nivel nacional. | Utiliza una amplia base de datos estadísticos de eventos climatológicos extremos históricos a escala regional.<br>Incluye empresas de la industria agrícola y pesquera con capital, mano de obra y valor agregado.<br>Considera una función de maximización de utilidad que permite evaluar el comportamiento de los agricultores como un proxy de progreso tecnológico.<br>Las variables monetarias son ajustadas a las tasas de inflación con los años.<br>Utiliza datos de capital real. | No evalúa el impacto directo en el PIB, se tendría que buscar una relación sobre el impacto de la producción con la economía nacional.<br>Dificultad de obtener datos de capital fijo e insumos a nivel municipal o escalas geográficas más pequeñas. | Sector académico.<br>CENAPRED.<br>SIAP.<br>INEGI.<br>Acervos de capital por entidad federativa.<br>Base de datos internacional ClimaCrop. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Considera formas funcionales lineal y cuadrática de variables climáticas.<br>La estimación de costos y productividad simulan el comportamiento de los mercados. | | |
| Modelo ARIO Adaptative Regional Input-Output, considera efecto cascada<br><br>Factible: si a nivel nacional, limitado por información temporal y espacial de la matriz insumo-producto. | Permite evaluar los costos asociados a daños y pérdidas en el sector agrícola como impacto directo y su impacto indirecto a través de la interrelación con otros sectores por efecto cascada.<br>Es posible analizar varios sectores a la vez.<br>Considera bienes y servicios.<br>Incorpora variables climáticas y escenarios futuros de cambio climático.<br>Permite evaluar diferencias entre sectores.<br>Se ha usado para evaluar costos para eventos de proceso lento como incrementos en el nivel del mar y sequías. | Requiere información sólida y robusta de la matriz insumo-producto para varios sectores.<br>Establece las relaciones entre los sectores.<br>Requiere información de bienes intermedios.<br>No considera el impacto directo en el PIB.<br>Dificultad de obtener los costos a nivel estatal o más fino.<br>Requiere información de productividad, consumo, demanda, precios de mercado. | INEGI-SCN<br>Sistema meteorológico nacional.<br>Sector académico<br>Instituciones de gobierno.<br>Base datos internacional ClimaCrop |
| Spatial Empirical Adaptive Global-to-Local Assessment System (SEAGLAS), modelo predictivo que calcula el daño económico en los sectores productivos ante el cambio climático.<br><br>Factibilidad: si, pero tendría que calibrarse a condiciones físicas y ambientales de México. | Evalúan los cambios de rendimiento con seis Modelos de Circulación General (MCG), dos vías de concentración representativas (RCP4.5 y RCP8.5).<br>Con el rendimiento de la producción se pueden estimar las pérdidas representativas del PIB por separado. | No calcula los daños económicos en valor del PIB, solo los cambios de rendimiento en el cultivo, la relación con el PIB se puede realizar por separado.<br>El modelo se basa en la estimación del balance hídrico, está orientado solo en la disponibilidad de agua en el cultivo.<br>No evalúa el daño directo por las inundaciones. | Sector académico.<br>Servicio meteorológico nacional.<br>SIAP. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Daños y pérdidas, metodología de la CEPAL, evalúa el impacto socioeconómico por cualquier desastre natural. | Muestra un catálogo claro y detallado de cómo evaluar los daños y su relación con el PIB.<br>Considera sectores sociales como la salud y educación.<br>Es aplicable a todos los países, ya que utiliza el sistema de cuentas nacionales del país. Se ha utilizado en México. | No estima el impacto económico a largo plazo.<br>No relaciona daños con proyecciones futuras del cambio climático.<br>No tiene en cuenta si los recursos para la recuperación están realmente disponibles. | Académicos.<br>Instituciones de Gobierno.<br>INEGI.<br>Servicio meteorológico Nacional.<br>CENAPRED.<br>Aseguradoras.<br>SIAP. |
| EMA (Emergency Management Australia. Metodología que evalúa pérdidas y daños en el sector agropecuario, infraestructura, viviendas, edificios de servicios, cobertura forestal e impacto en la salud.<br><br>Factibilidad: si, pero requiere de formación de comités para compartir información y adaptarse a la disponibilidad de información en México. | Muestra una definición clara de las pérdidas directas e indirectas, ejemplos de cómo calcularse y una serie de etapas a seguir desde técnicas de recopilación de información.<br>Considera sector salud.<br>Con la estimación del impacto en los sectores puede estimar su impacto en el PIB.<br>Es generalizable a otros eventos aunque hace énfasis en inundaciones. | No toma en cuenta los servicios ecosistémicos en los daños ambientales.<br>No considera impactos sociales como en infraestructura de educación. Requiere de una gran cantidad de información obtenida a través de encuestas. | Instituciones de Gobierno<br>Académicos<br>INEGI<br>SIAP<br>CENAPRED<br>Aseguradoras |
| Macroeconomic Computable General Equilibrium Model, Global Trade Analysis, GTAP<br><br>Factibilidad: si, a nivel nacional. | Evalúa interacciones a través de la cadena de suministros.<br>Se focaliza en procesos tecnológicos y generación de energía eléctrica.<br>Puede incluir diferentes sectores económicos.<br>Captura el rol del mercado internacional.<br>Toma en cuenta disrupciones que afectan la eficiencia en el uso del suelo. | Utiliza un enfoque mercantilista.<br>Requiere gran cantidad de información sobre precios, demanda, consumo.<br>Parámetros físicos de rendimiento muy especializados. | INEGI-Índice Nacional de Precios Productor (INPP) y Comparaciones internacionales en paridad de poder de compra.<br>Tipo de suelo<br>(Todas disponibles en INEGI).<br>Sector académico. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Permite diferenciar los impactos a través de los costos por regiones tomando en cuenta el comportamiento de los mercados en términos de precios, oferta y demanda. | | |

**Fuente:** elaboración propia con base en estudios que estiman costos por daños y pérdidas de impactos asociados al cambio climático en los subsectores agrícola, energético, manufacturero, infraestructura y economía en general.

Entre las propuestas presentadas, una de las más relevantes corresponde a D&L de la FAO, la cual se está empleando en varios países de Asia, África y algunos países de América Latina, como Brasil, Chile, Uruguay y Colombia. La ventaja de esta propuesta es que se desarrolla bajo el proceso del marco de Sendai, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el acuerdo de París y el mecanismo internacional de Warsaw. Dicha propuesta plantea una evaluación directa, a partir de la consideración de todas las amenazas naturales y ambientales como consecuencia del cambio climático y aunque es a nivel sectorial como mide el impacto en el PIB es posible escalarlo a nivel nacional. Sin embargo, constituye un reto llevar estas estimaciones a nivel local. Otra ventaja identificada está asociada a: una medición constante, una perspectiva de largo plazo y el énfasis en el involucramiento de diferentes instituciones y sujetos sociales para el diseño de la metodología y recopilación de información para la valoración de las pérdidas y daños. En consecuencia, esto fomentaría el desarrollo de capacidades del personal y la colaboración intersectorial.

Adicionalmente a la propuesta de este organismo internacional, los modelos econométricos estandarizados usados en los modelos de evaluación integral para estimar los costos se pueden fortalecer incluyendo especificaciones que evalúen efectos distributivos, entre ellos la dependencia de ciertos sectores económicos, la distribución del ingreso en la población, condiciones de marginación y capacidad adaptativa, los cuales determinan que en ciertas regiones las afectaciones asciendan a mayores costos económicos. En este sentido retomar la propuesta de mesoregiones planteada por el INECC (2021) es un importante punto de partida para la propuesta. La inclusión de variables de índole socioeconómica como: el Índice de Desarrollo Humano (IDH) y/o el índice de marginación contribuye también a la identificación de la mayor carga económica de daños y pérdidas que sirven de evidencia y orientan la toma de decisiones en términos de políticas de adaptación y mitigación. Este tipo de enfoque puede realizarse de forma agregada o por sectores para evitar problemas de subestimación que se han puesto de manifiesto en la literatura sobre la economía del cambio climático a la vez que consideran las pérdidas directas e indirectas.

Así mismo, los términos de interacción pueden contribuir en la estimación de efectos diferenciados en aquellas regiones donde el incremento de la temperatura puede incidir en cambios positivos, como el caso del sector agrícola y otros sectores relacionados. Otro elemento fundamental es evitar duplicar estimaciones en términos de contabilidad ambiental para lo cual la propuesta metodológica debe considerar la sinergia y colaboración intersectorial.

Las fuentes de información oficial disponibles (INEGI, CENAPRED, SIAP, Secretaría de Salud, INECC, Catastro) cuentan con indicadores y variables pertinentes para la realización de la propuesta a nivel estatal o de mesoregión, no obstante, la comunicación entre sectores gubernamentales es clave en el diseño, desarrollo, implementación, evaluación y seguimiento de la propuesta, así como la obtención de información y comunicación efectiva de los resultados a los tomadores de decisiones y a los hacedores de políticas públicas.

La información presentada en las secciones previas proporcionó una descripción y análisis de las metodologías y modelos más relevantes utilizados a nivel global, y su potencial para aplicarse en el caso de México. La mayoría de las metodologías presentadas evalúan los daños y pérdidas en los tres sectores económicos por efectos adversos del Cambio Climático, relacionados a eventos extremos, por ser los más catastróficos y los que afectan mayormente el PIB (INECC, 2021b). En las siguientes secciones se presentará un análisis de factibilidad, los elementos para la construcción de la propuesta metodológica, así como los pasos a seguir la incorporación de métodos que evalúan las pérdidas ocasionadas por los eventos de proceso lento del cambio climático, el cual incluye la proyección futura de variables de cambio climático.

# 8. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD Y BASES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE COSTOS POR PÉRDIDAS Y DAÑOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

El análisis de factibilidad de las metodologías se realiza a través de dos procesos, un árbol de decisión que contempla técnicas de recopilación de información, sectores y eventos incluidos en las metodologías, así como la identificación de indicadores valorando su disponibilidad. El segundo proceso consiste en el análisis de entrevistas realizadas a actores clave identificados a través de los informes oficiales y finalmente se muestra la síntesis de ambos procesos para plantear las primeras bases de la metodología en desarrollo.

## 8.1 CRITERIOS DE DECISIÓN E IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES

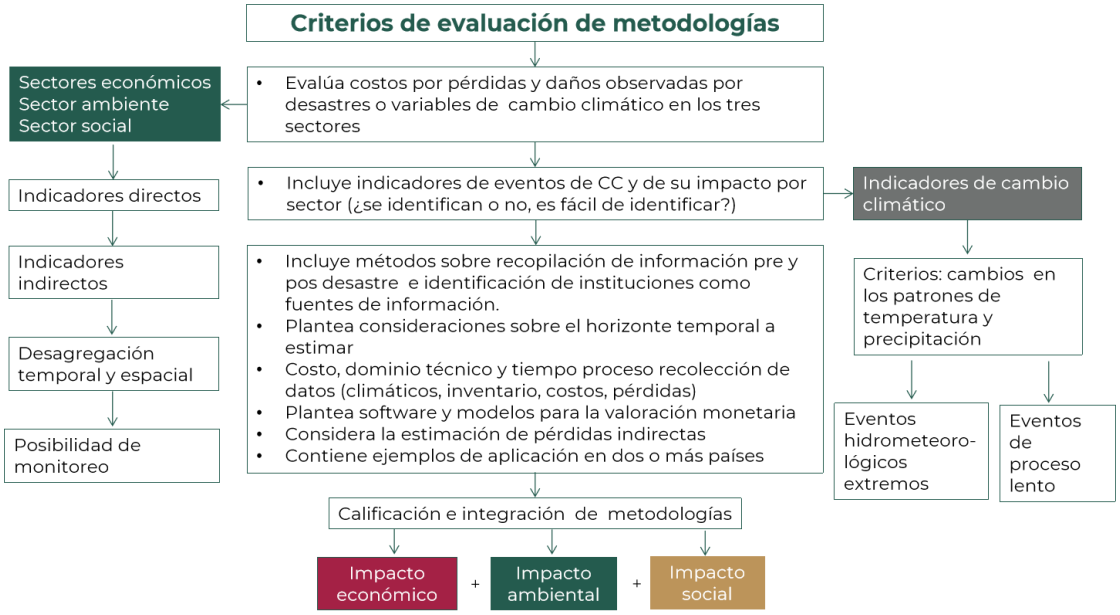
Los criterios identificados se plantean en el árbol de decisiones de la Figura 2. Esta evaluación conduce a la selección de insumos para la construcción de las primeras

bases metodológicas sobre la estimación de los costos por pérdidas y daños asociados al cambio climático que puedan incluirse en el SCN.

Tras la caracterización de metodologías y sus indicadores, se seleccionaron aquellos indicadores útiles a incluir en la metodología en desarrollo. Esta identificación se realizó tanto en la observación a diferentes de cambio climático, macroeconómicas, socioeconómicas y sectoriales, como en el análisis sobre la adquisición, valoración de la cantidad y calidad de datos necesarios para evaluación de daños y pérdidas observadas a nivel macro y a nivel sectorial, siguiendo un enfoque ascendente para la estimación del impacto del PIB.

En la Figura 2, los indicadores de cambio climático incluyen a eventos hidrometeorológicos extremos y de proceso lento, de acuerdo con la clasificación de UNFCCC, 2021. Los criterios de caracterización de los eventos están relacionados al cambio en los patrones de precipitación, temperatura y la frecuencia e intensidad, como se indica en el informe de la 6ta Comunicación. De acuerdo con evaluaciones del impacto socioeconómico de los principales desastres naturales en México desde 1980 reportados por CENAPRED se identificaron como los eventos potenciales que causan mayores pérdidas y daños reflejadas en el PIB, a las inundaciones y sequías. Sin embargo, es importante tomar en cuenta otros eventos que han sido documentados en la literatura a nivel nacional como los que se presentan con mayor frecuencia en el territorio. La Tabla 7 muestra los eventos extremos y de proceso lento identificados para México.

**Figura 2.** Diagrama de árbol de decisiones para el análisis de factibilidad de metodologías.




**Fuente:** elaboración propia con base en el avance de evaluación del estado del arte y etapas siguientes para la presentación de la propuesta metodológica.

**Tabla 7.** Eventos Extremos y de proceso lento más relevantes en México

| Eventos hidrometeorológicos extremos | Eventos de proceso lento |
|---|---|
| ✓ Huracanes, caracterizados por su frecuencia a intensidad.<br>✓ Inundaciones, caracterizadas por la altura del agua, velocidad, duración de la inundación.<br>✓ Intensidad de sequía caracterizada por los días consecutivos de sequía SPI.<br>✓ Temperaturas extremas (heladas y ondas de calor). | ✓ Aumento de temperatura.<br>✓ Aumento del nivel del mar.<br>✓ Desertificación.<br>✓ Pérdida de la biodiversidad.<br>✓ Estrés hídrico. |

**Fuente:** elaboración propia con base en la revisión de estudios a nivel institucional en relación al cambio climático.

Los indicadores macroeconómicos se reflejan en el Producto Interno Bruto, así como el PIB estimado para cada entidad federativa y el Valor Agregado Bruto de los sectores económicos y se presentan en el marco central de las cuentas económicas de México. De ellos se retoman los indicadores socioeconómicos relevantes, como la caracterización de la población que vive en condiciones de alta y muy alta marginación, el nivel educativo, la población migrante y el PIB per cápita.

Además, se selecciona un conjunto inicial de indicadores desagregados para la valoración económica que incluye pérdidas económicas y no económicas de acuerdo con su disponibilidad en las fuentes oficiales:

- ✓ Sector primario (agrícola, pecuario y pesquero): cantidad de producción, superficie cultivada (hectáreas), precios de mercado, rendimientos por tipo de cultivo (perennes, anuales, cultivos clave), tipo de suelo, capital fijo (número de tractores), insumos (cantidad de fertilizantes empleados), número de personas empleadas en el sector, cabezas de ganado, producción pesquera (peso vivo y desembarcado).
- ✓ Sector energético: consumo de energía (industrial y doméstico), cantidad de generadores, redes de distribución, precios de mercado.
- ✓ Sector salud: incidencia de enfermedades infecciosas (respiratorias y diarreicas), de transmisión de vector, muertes relacionadas a los eventos como ondas de calor y heladas, hospitales disponibles, camas disponibles, costos por tratamiento y hospitalización de las enfermedades asociadas a estos eventos.
- ✓ Sector turismo: número de visitantes nacionales e internacionales, ingresos de las empresas turísticas de transporte, alojamiento, visitas a sitios turísticos, demanda de hoteles.

- ✓ Pérdidas en servicios ecosistémicos (se consideran indicadores que poseen un precio de mercado): cantidad recursos maderables, asistencia a una Área Natural Protegida (ANP, inversión en programas de conservación y gestión de ANP, riesgos, forestación.

Como el sector primario es uno de los más relevantes en relación a las afectaciones de cambio climático, la Tabla 8 presenta a detalle la información susceptible a monitoreo y las fuentes oficiales donde es recopilada esta información en el país, a partir de la cual se identifica su grado de disponibilidad.

**Tabla 8.** Indicadores y datos identificados por fuentes de información para el sector primario

| Sector agrícola | Fuente | Datos | Años | Escala/ Periodicidad |
|---|---|---|---|---|
| Encuesta Nacional Agropecuaria (cultivos anuales y cultivos perennes) | INEGI | Superficie cultivada (hectáreas) | 2012, 2014, 2017, 2019 por entidad federativa solo está disponible para 2017 y 2019 | Nacional, Entidad federativa /Anual |
| | | Producción de cultivos (anuales y perennes) | 2012, 2014, 2017, 2019 por entidad federativa solo está disponible para 2017 y 2020 | Nacional, Entidad federativa/ Anual |
| | | Porcentaje de unidades de producción con superficie de riesgo | 2012, 2014, 2017, 2019 por entidad federativa solo está disponible para 2017 y 2021 | Nacional, Entidad federativa / Anual |
| | | Número de cabezas de ganado bovino | 2012, 2014, 2017, 2019 por entidad federativa solo está disponible para 2017 y 2022 | Nacional, Entidad federativa/ Anual |
| | | Número de cabezas de ganado porcino | 2012, 2014, 2017, 2019 | Nacional / Bianual |
| | | Número de aves de corral | 2012, 2014, 2017, 2019 | Nacional / Bianual |
| | | Porcentaje de mano de obra empleada, remuneración | 2012, 2014, 2017, 2019 por entidad federativa solo está disponible para 2017 y 2019 | Nacional, Entidad federativa / Bianual |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Porcentaje de unidades de producción con jornaleros, días contratados, horas de jornal y pago | 2012, 2014, 2017, 2019 por entidad federativa solo está disponible para 2017 y 2019 | Nacional, Entidad federativa / Bianual |
| | | Porcentaje de unidades de producción propietarias de maquinaria y equipo para realizar actividades agropecuarias | 2012, 2014, 2017, 2019 por entidad federativa solo está disponible para 2017 y 2019 | Nacional, Entidad federativa / Bianual |
| SIACOM del SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, SIAP | Producción de cultivos (grupos naturales y tipo de cultivo) toneladas y valor de la producción en peso | De 1980 a 2020 | Entidad federativa, municipal /Anual |
| | | Producción en pie de ganado bovino, porcino | De 1980 a 2020 | Entidad federativa, municipal / Anual |
| | | Producción pesquera captura y acuacultura por especie, tipo de pesca, peso vivo (ton) valor (pesos) | De 2011 a 2018 | Entidad federativa / Anual |
| | | Valor de la producción nacional agropecuaria y pesquera | De 2011 a 2020 | Entidad federativa / Anual |
| | Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Producción agrícola (hectáreas sembradas, cosechadas y siniestradas) | De 2017 a 2019 por mes | Nacional, Entidad federativa, municipio / Mensual |
| | | Anuario estadístico de la Producción Agrícola | De 1980 a 2020 | Nacional, Entidad federativa, municipio / Anual |
| | | Índice de volumen físico agrícola y pecuario | De 2013 a 2016 | Nacional, Entidad federativa. Solo para este periodo de 3 años |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| CONAPESCA | Acuasesor | Anuario estadístico de Pesca (peso vivo y desembarcado en toneladas, valor en miles de pesos) | De 2005 a 2020 | Nacional, Entidad federativa / Anual |
| | Información estadística por especie y entidad | Producción pesquera por mes (peso vivo y desembarcado en kg y valor monetario en pesos) | De 2006 a 2014 | Nacional, Entidad federativa / Anual |

Fuente: elaboración propia con base en la revisión de estadísticas generadas por las diferentes dependencias ligadas al sector primario.

De acuerdo con los criterios planteados se encontró que las metodologías seleccionadas para la evaluación de costos de pérdidas y daños observados se derivan de la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD), específicamente para los eventos hidrometeorológicos extremos. No se encontraron metodologías de evaluación de costos de pérdidas y daños observados específicamente por eventos de cambio climático en todos los sectores dentro de la economía de cambio climático, solo estudios relacionados a las trayectorias de concentración representativas (RCP) y las trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP) direccionados a escenarios futuros para el planteamiento de estrategias de adaptación. Aunque los procesos de adaptación del cambio climático y la estrategia de gestión del riesgo presentan diferencias, existe una estrecha conexión e interacción entre estas vertientes dando lugar al planteamiento de las primeras bases sobre las que estriba el presente estudio.

Las metodologías seleccionadas que cumplen con la mayoría de los criterios de la Figura 2 fueron CEPAL, FAO, EMA, HAZUS y metodologías bajo el marco de análisis Insumo - producto. Estas metodologías presentan similitudes y diferencias de acuerdo con las necesidades de cada país o sector donde se han implementado. Por lo tanto, se ha considerado incluir algunos elementos de cada una de éstas que puedan formar parte de una metodología integral para todos los sectores analizados, tomando en cuenta la disponibilidad, la calidad y el acceso a los datos pre y post desastre, incluyendo datos geográficos, cartográficos, económicos, serie de tiempo de los datos, inventario de insumos, datos de producción, capital esperado, valor o costos de reposición, etc., entre otros datos necesarios para llevar a cabo una evaluación de los daños en México. Para determinar estos elementos se llevó a cabo un análisis cualitativo de cada una de las metodologías sobre los sectores, indicadores y limitaciones de cada una, así como un análisis cuantitativo sobre el cumplimiento total o parcial en los criterios de decisión. El análisis conducido se muestra en la Tabla 9.

El análisis destaca que esas metodologías tienen en común la inclusión de métodos de recopilación de información; plantean una definición clara de un conjunto de indicadores, describen los sistemas de información, acceso a bases de datos y comunicación entre actores desde fases iniciales de la construcción de la metodología; caracterizan la magnitud del evento y el tipo de pérdidas que

evaluaran en cada subsector. En su mayoría estas metodologías plantean softwares y los modelos necesarios para estimar las pérdidas y su valor monetario. Sin embargo, este análisis también destaca que la gran mayoría de las metodologías no diferencian eventos de cambio climático, así como la descripción de los criterios específicos para su identificación. Así mismo, a pesar de que son metodologías muy establecidas e integrales, ninguna contempla todos los eventos, ni todos los sectores cabalmente, por lo que se identifican vacíos respecto a las pérdidas no económicas, los servicios ecosistémicos, la interrelación entre estos servicios y los eventos de proceso lento con sus consiguientes repercusiones sociales y económicas.

**Tabla 9.** Análisis de metodologías seleccionadas

| Criterios de decisión | Metodologías | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | CEPAL | FAO | HAZUS | EMA | Marco de análisis insumo-producto |
| ¿Incluye métodos de recopilación de información? | Sí, a través de entrenamiento para elaboración de entrevistas y encuestas, consulta a expertos y coordinación con otros sectores | Sí a través de entrenamiento para elaboración de entrevistas y encuestas, e inventario de equipo, maquinaria e insumos | Sí, solo para el cálculo de costos por daños, lo demás está diseñado en un software | Sí. Puntualiza una fase previa de reuniones donde se determinan los alcances y disponibilidad de bases de datos | No. Menciona fuentes de información institucional, censos, matriz de contabilidad social e insumo-producto |
| ¿La metodología plantea una definición clara de un conjunto de indicadores, sistemas de información, acceso a bases de datos y comunicación entre actores antes del evento? | Sí, tanto para pérdidas y daños se establecen esto mecanismos de coordinación con otros actores clave para obtener información pre y post desastre | Sí, tanto para pérdidas y daños se establecen esto mecanismos de coordinación con otros actores clave para obtener información pre y post desastre | Sí, pero solo para los daños | Sí. Indicadores para los diferentes tipos de pérdidas y potenciales, fuentes de información en los casos de estudio. (Censos, encuestas, involucramiento de actores clave, autoridades expertas en historia, en conservación ambiental, responsables del sector salud) | Sí. Pero solo se focaliza en la evaluación del impacto económico total sin detallar comunicación entre actores |
| ¿Incluye el conjunto de características para clasificar la magnitud del evento (tipo, tamaño, severidad) específicos para su identificación? | Sí, para todas las amenazas hidrometeorológicas | Sí, para todas las amenazas hidrometeorológicas | Sí, para inundaciones (Velocidad y profundidad del agua) | Sí. Velocidad, profundidad, duración | Extensión y profundidad. Mapas de inundaciones y mapas de uso de suelo. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ¿Diferencian eventos de cambio climático y los indicadores específicos para su identificación? | No | En primera instancia no, pero a largo plazo si | No | No especifica de cambio climático. Como parte de los eventos extremos estima inundaciones | No. |
| ¿Incluye una lista pormenorizada de las pérdidas a evaluar directas, indirectas, económicas y no económicas? | Sí, directas, indirectas, económicas y no económicas | No, solo pérdidas directas, no considera las indirectas, como la caída de ingresos, pérdida de salarios, costos por ayuda humanitaria. | No, solo pérdidas directas y daños | Sí. Económicas directas e indirectas, y algunas no económicas | Solo incluye pérdidas económicas directas e indirectas. |
| ¿La metodología incluye el horizonte temporal para el cual se realiza la estimación de pérdidas? | Sí, aproximadamente dos meses | Diferentes tiempos para la recolección de datos antes y después del desastre, más el tiempo de entrenamiento y evaluación, puede durar hasta 5 años | No, pero por medio del software y los datos contenidos en él se hacen evaluaciones rápidas | Sí. Aproximadamente un mes para pérdidas directas tras ocurrido el evento y entre 3 y 6 meses para evaluar pérdidas indirectas. | Sí. Evalúa pérdidas post desastres con énfasis en periodos para estimar pérdidas indirectas. |
| ¿Se enfoca en un evento específico o permite generalizarse a diferentes eventos? | Permite generalizarse a diferentes eventos, principalmente huracanes, inundaciones, sequías y temperaturas extremas | Eventos por separado, como sequía, las tormentas eléctricas, las inundaciones, las temperaturas extremas y plagas derivadas de las temperaturas | Sí, solo para inundaciones para un evento específico y la evaluación de posibles efectos secundarios | Permite generalizarse a otros eventos. Aunque es específica para inundaciones | Se puede generalizar a otros eventos, principalmente huracanes, inundaciones y sequías |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ¿La selección de sectores incluye subsectores del primario, secundario, terciario? ¿Cuántos y cuáles sectores? | Sí, todos | Sí, pero solo agricultura y sus cinco subsectores | Sí, pero solo secundario, especialmente infraestructura de líneas vitales, población, salud y educación | Sí. Agricultura, manufactura, comercios, servicios educativos, infraestructura de líneas vitales y pérdidas no económicas en impacto ambiental a parques, zonas verdes | Sí. Manufactura, transporte, construcción, área cultivada. Potencial uso a otros sectores presentados en la matriz insumo producto relacionados a las pérdidas directas |
| ¿Los sectores evaluados incluyen perdidas no económicas? | Sí, en el sector social, heridos, desplazados, muertes | No | Sí, en el sector social, heridos, desplazados, muertes | Sí. Salud (mortalidad, enfermedad, estrés), patrimonio cultural, impacto ambiental por ejemplo en reservorios de carbono (medido por créditos de carbono perdidos) | No |
| ¿Plantean los softwares y explican los modelos necesarios para estimar las pérdidas y su valor monetario? | No | Sí | Sí | Sí, sin embargo no es exhaustiva | Sí. Matriz insumo producto (valor agregado por sectores), SIG, modelo ARIO (Adaptive Regional Input-Output) |
| ¿Los softwares y modelos requieren de gran dominio técnico? | No | No | Sí | Parcialmente. Depende del nivel de detalle del análisis, estudios hidrológicos e hidráulicos | No |
| ¿Da secuencias para la coordinación y comunicación entre actores que implementarán? | Sí, pero solo durante el tiempo de recolección de información | Sí, se trata de ir construyendo un inventario de datos y cálculo de pérdidas y daños | No | Sí. Hace recomendaciones para dar seguimiento a la implementación y comunicación a la sociedad de las pérdidas. | No |
| Ejemplos | Evaluaciones con datos desde 1979, en varios países de América Latina y el | Evaluaciones con datos desde 1987, en varios países de América Latina | Sí, en Estados Unidos y Puerto Rico. Desde 1980 | Se publicó una guía de aplicación desde 1995. Australia (Nueva Zelanda) | Casos de estudio conducidos en China, España, Inglaterra (Londres), Dinamarca |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Caribe (México, Chile, Colombia, Haití, entre otros) | (Chile, Uruguay y Colombia), Asia Central y África | | | (Copenhague), Estados Unidos. Los evaluaciones por pérdidas bajo este enfoque han cobrado énfasis desde 2004. |

Fuente: elaboración propia basada en la revisión de literatura.

Como segunda parte de esta evaluación de factibilidad se presenta el análisis de las entrevistas realizadas a actores clave encargados de la generación, recopilación, procesamiento, análisis y valoración económica de los elementos mencionados en estas metodologías.

## 8.2 ANALISIS DE ELEMENTOS FACTIBLES A PARTIR DE ENTREVISTAS A ACTORES CLAVE

Se condujeron entrevistas a profundidad con seis actores clave: dos representantes en el tema de estadísticas y análisis de cuentas económicas y ecológicas en el INEGI, un representante de SEMARNAT, dos representantes de la dirección encargada de evaluar el impacto socioeconómico de los desastres en México, por parte de CENAPRED y un representante del sector académico con amplia experiencia en la valoración económica ambiental a nivel nacional. Las preguntas realizadas se enfocaron en la potencial integración de algunos elementos de las metodologías revisadas para la construcción de las bases de la metodología a desarrollar, se incluyeron preguntas sobre la recopilación de información, recomendaciones sobre indicadores disponibles en México a nivel de eventos de cambio climático, sectores económicos, ambiente y ecosistemas, y los retos para articular la información generada. Adicionalmente el análisis de las entrevistas condujo la identificación de los organismos desconcentrados y descentralizados que son relevantes para el diseño, recolección de información, y eventualmente integración de la potencial metodología el marco central del SCN con la finalidad de que se garantice su sostenibilidad.

En relación con los sectores económicos, existe consenso en la necesidad de incorporar el sector infraestructura de líneas vitales, sectores económicos como el agropecuario, turismo y energía. Además, los entrevistados consideran que se cuenta con información para valorar económicamente los impactos en estos sectores.

Respecto al impacto en pérdidas no económicas relacionadas con salud y el medio ambiente se mostró que existen indicadores que pueden ser vinculados directamente al cambio climático para direccionar tales pérdidas como lo es la incidencia de enfermedades de transmisión por vector, incidencia de enfermedades asociadas a las ondas de calor y heladas, el daño a los cultivos y ecosistemas por la presencia de plagas que han ampliado su distribución, pérdidas humanas vinculas directamente a los eventos extremos, pérdidas en asentamientos humanos, edificios donde se prestan servicios de salud y educación, además de la pérdida de superficie forestal, y de ecosistemas clave como los manglares de los cuales se lleva a cabo un monitoreo.

Como resultado de las entrevistas se resume el trabajo y la experiencia de los actores clave a considerarse como indispensable para lograr el objetivo del estudio.

Actualmente, CENAPRED hace una recopilación de información para los sectores mencionados cuyos resultados son publicados en los informes de impacto socioeconómico de desastres. Entre las técnicas de recopilación de información destacan la comunicación directa con las direcciones de apoyo de Protección Civil estatal y municipal, instituciones gubernamentales que producen las estadísticas de cada sector, entre ellas SANER, SENER, SECTUR, SEMARNAT, SHCP e instituciones encargadas de brindar fondos para proyectos de restauración como es el caso del Fondo de Atención de Desastres. Otra de las técnicas empleadas, son entrevistas a fuentes locales en el lugar donde se presentan los eventos, considerando a actores locales, instituciones de salud, comunidades afectadas. La información recopilada es sistematizada para llevar a cabo la estimación de pérdidas y daños siguiendo la metodología de la CEPAL.

En esta metodología implementada por CENAPRED, y las demás metodologías consideradas en el análisis de factibilidad, el INEGI juega un papel determinante al ser la institución líder gestora de los datos nacionales, en específico a través de la información presentada en el SCN y en Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, que constituyen insumos importantes para la estimación de las pérdidas y daños en los diferentes sectores. En relación a las pérdidas en el sector ambiental el INEGI también provee de indicadores clave para evaluar el daño en los servicios ambientales, a través del estudio piloto de Contabilidad Ambiental Experimental de los servicios ecosistémicos[7] (INEGI, 2021), el cual permitirá obtener información más detallada sobre servicios de provisión (cambios en la producción agrícola), servicios de regulación y soporte (captura de carbono, disponibilidad y abastecimiento de agua, polinización) y servicios recreativos. Esta información puede ser enriquecedora y fortalecer las estimaciones orientadas del daño ambiental. Aunado a lo anterior, SEMARNAT y el INECC han contribuido a la evaluación del impacto de los daños en los servicios ecosistémicos por eventos de proceso lento de cambio climático, como la desertificación, evidenciados en sus diferentes publicaciones (SEMARNAT, 2016).

Respecto a los retos identificados en las entrevistas sobresalen cuatro principales: el primero es el consenso sobre la dificultad de discernir cuales eventos corresponden efectivamente al cambio climático, no obstante, se brindan

[7] El informe es conocido como Cuentas Ambientales de los Ecosistemas de México y refleja los resultados del proyecto Natural Capital Accounting and Valuation of Ecosystem Services (NCAVES). Dichos resultados forman parte de las Cuentas de los Ecosistemas de México que lleva a cabo INEGI. En este informe se incluye mediciones sobre las características de los ecosistemas, servicios que proveen el estado de los ecosistemas su extensión y valoración en términos monetarios de los servicios ecosistémicos de provisión (producción agrícola), regulación y almacenamiento de carbono, polinización, abastecimiento de agua a los hogares y servicios que proveen las ANP incluido el turismo de naturaleza.

alternativas para contribuir a unos supuestos base para discriminar tales eventos con información que puede ser provista por el Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua (IMTA), la Comisión Nacional del Agua, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Adicionalmente, el segundo reto consiste en la estimación de las pérdidas en el sector ambiental, ya que se llega a ciertas subestimaciones. En el marco central de SCEEM la evaluación de daño y la degradación ambiental se consideran bajo fronteras de la actividad productiva, pero existe una gran complejidad en determinar qué porcentaje de ese daño o degradación corresponde directamente al cambio climático. Un tercer reto es el atribuido a la interrelación que existe entre los servicios ecosistémicos e impactos que se manifiestan a largo plazo, como es el caso la pérdida de cobertura forestal, el impacto en el ciclo hidrológico o el flujo de los ríos.

La estimación de pérdidas indirectas a nivel intersectorial es el cuarto reto, ya que a pesar de que el enfoque de matriz insumo producto adaptado a regiones provee estimaciones del efecto directo e indirecto, como un choque producido por el evento de cambio climático a evaluar, se debe tomar precaución para su aplicación a nivel regional o estatal por la cantidad de supuestos que serían necesarios incluir para lograr una desagregación confiable y que a su vez, permita reflejar las relaciones intersectoriales y agentes en todas las fases del ciclo económico (producción, comercialización, consumo, y acumulación), así como la composición de la producción, utilización y Producto Interno Bruto por tipo de actividad.

Finalmente, respecto a la comunicación entre sectores para recopilación de información se identifican elementos positivos como la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG), que abonan la trazabilidad al seguir un marco estructural y ciertos lineamientos que han permitido una relación más organizada a través de grupos técnicos de trabajo. Por otro lado, se mencionaron algunas áreas de oportunidad respecto a la sensibilización sobre la importancia de la información generada en cada sector y fomentar la continuidad de las relaciones establecidas más allá de los periodos administrativos, ya que las curvas de aprendizaje para la generación y sistematización de la información requieren bastantes años.

## 8.3 SÍNTENSIS PARA LA PROPUESTA DE LAS PRIMERAS BASES DE LA METODOLOGÍA EN DESARROLLO

De los análisis anteriores se identificó a la metodología de la CEPAL como la más factible a seguir parcialmente, por los criterios establecidos y por los años que se ha implementado en México por el CENAPRED, ha sido desarrollada desde 2001 con el análisis de las dos décadas anteriores, se recomienda para la evaluación de todas las amenazas incluyendo a los eventos hidrometeorológicos extremos. El

objetivo de la metodología de la CEPAL es estimar el impacto macroeconómico como resultado del desastre, con especial referencia al crecimiento económico/PIB, la balanza de pagos, la inflación y la situación fiscal del Gobierno. Esta metodología calcula las pérdidas por los flujos en la economía como consecuencia del desastre, para evaluarlas se necesitan datos previos al desastre, valor de los activos, precios de mercado y para evaluar los daños físicos a consecuencia del desastre, se necesita información tal como: área dañada, cantidad de insumos dañados, valor de reparación, entre otros. Así mismo, calcula las pérdidas directas en todos los sectores económicos, sociales y ambientales a través de la cooperación intersectorial a escala macro.

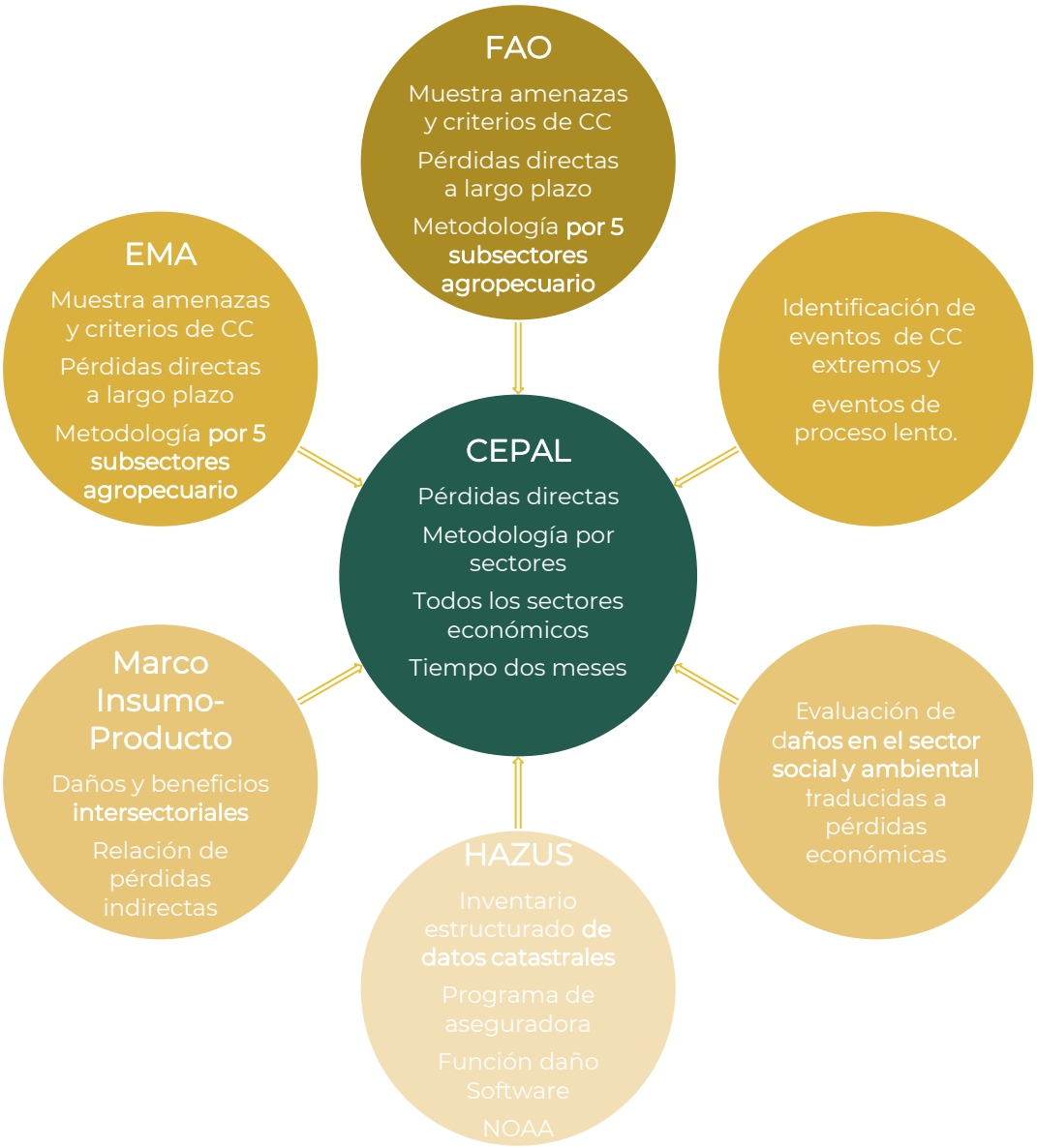
El uso de esta metodología se ha identificado como parcial porque considera las evaluaciones analizadas para este estudio solo como amenazas hidrometeorológicas, no las desagrega como eventos de cambio climático, por el hecho que fue desarrollada dentro de la estrategia de RRD. Por lo tanto, para poder evaluar los costos de pérdidas y daños por eventos de cambio climático se necesita incorporar los eventos extremos atribuibles al cambio climático, los eventos de proceso lento y algunos elementos importantes identificados en otras metodologías para subsanar cualquier deficiencia de información. Por ejemplo, se ha identificado la importancia de agregar la estimación de los 5 subsectores del sector primario que contemplan la metodología de la FAO y EMA, el impacto en términos de seguridad alimentaria y el sector social por las pérdidas en el sector primario que considera la metodología de la FAO, la inclusión de pérdidas no económicas a nivel social y ambiental contemplada en la metodología EMA y casos de estudio enfocados en el impacto en la salud por eventos de cambio climático y en los servicios ecosistémicos. Estimaciones de pérdidas a nivel intersectorial como aquellas implementadas bajo el marco insumo-producto se recomienda por ejemplo para evaluar prioritariamente los impactos a largo plazo de pérdidas en el sector agrícola o sector infraestructura.

En el esquema de la Figura 3 se muestra la metodología de la CEPAL a ser complementada con elementos de otras metodologías mencionadas, para llegar a una metodología que calcule los costos de pérdidas y daños por eventos de cambio climático. Los elementos que abonan a la construcción de esta metodología incluyen: métodos de recopilación de información, métodos para calcular valor de reposición, el programa de aseguradoras mostradas en la metodología de HAZUS, métodos de valoración económica, análisis daño/beneficio intersectorial que se obtiene a través del análisis marco insumo-producto, inventario estructurado de datos catastrales, software que facilite el cálculo de pérdidas directas e indirectas, evaluación de daños en sector social y ambiental traducidas a pérdidas económicas y métodos de valoración para los servicios ecosistémicos - por ejemplo, cuánto aumentarían las pérdidas en los sectores económicos por daños en los servicios ecosistémicos-, y el fortalecimiento de la comunicación intersectorial para llevar a cabo estas estimaciones.

La evaluación de daños en el sector social aún no está vinculada a una metodología en particular, sin embargo, se debe considerar por ejemplo la incidencia de enfermedades que presentan un vínculo directo con el cambio climático, entre

ellas la distribución de enfermedades de transmisión por vector en lugares donde no es endémica cierta enfermedad y aquellos padecimientos que incrementan ante las ondas de calor. Otro impacto es el desplazamiento de las personas a otros territorios que tiene implicaciones en la salud mental, cohesión social, inseguridad, además de afectaciones a largo plazo como la desnutrición que puede estar asociada a problemas de seguridad alimentaria cuando los efectos por eventos como sequías o desertificación son analizados a largo plazo.

**Figura 3.** Bases para la construcción de metodología para el cálculo de costos por pérdidas y daños por eventos de cambio climático.

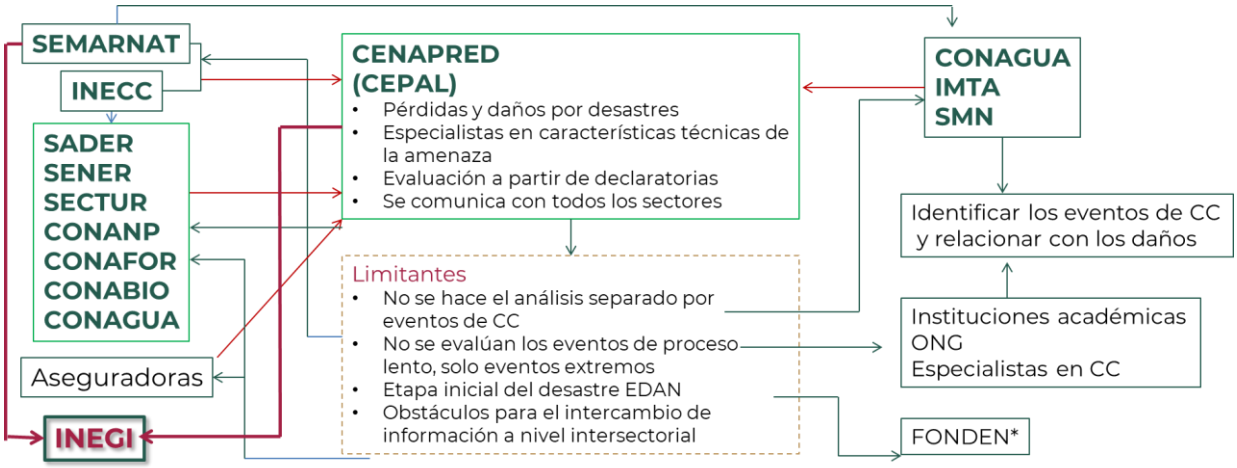



**Fuente:** elaboración propia con base al análisis de las metodologías evaluadas

Si se toman en cuenta todas estas consideraciones se podría definir el indicador de daño. A partir de lo observado se puede ir definiendo el indicador de vulnerabilidad que contribuya a conectar el indicador de cambio climático relacionado con la amenaza y el daño observado, cuya estimación puede contribuir en las evaluaciones de riesgos y medidas de adaptación de cambio climático.

Los resultados del análisis de factibilidad muestran los elementos que pueden abonar a la potencial metodología, éstos incluyen tanto indicadores identificados como las instituciones relevantes para llevar a cabo un trabajo colectivo y transversal que robustezcan las primeras bases de la potencial metodología. En este sentido, es importante definir la línea de trabajo intersectorial que vincule la participación de cada actor clave en este proceso. En la Figura 4 se muestra una propuesta de línea de trabajo inicial como invitación a la participación de estas instituciones y actores claves para contribuir con los elementos propuestos en el esquema de la Figura 3.

Figura 4. Actores clave identificados para una línea de trabajo inicial intersectorial.




Fuente: elaboración propia con base al análisis de las metodologías evaluadas y análisis de entrevistas a actores clave. FONDEN constituía uno de los principales proveedores de información a través de las solicitudes de recursos realizadas por los diversos sectores, actualmente el equipo en transición continúa brindando información sobre infraestructura pública, viviendas, edificios donde se proveen servicios de educación y salud.

Los actores identificados con incidencia en el desarrollo de la propuesta que se proporciona se vinculan de la siguiente manera:

- ✓ INEGI es la institución líder en materia estadística, encargada de recopilar, sistematizar y analizar información de los diferentes sectores económicos a través del SCN el cual implica la comunicación con todos los sectores, provee

información demográfica e información ambiental a través del marco central SCAE. La información que genera INEGI es trazable, susceptible de monitoreo y sostenible en el mediano y largo plazo. El papel de esta institución es fundamental ya que actúa en dos sentidos, al proveer información, recopilar y proveer información que eventualmente se genere sobre las pérdidas y daños asociados al cambio climático.

- ✓ SEMARNAT por sus atribuciones para formular y conducir la política nacional en materia de recursos naturales y restaurar el equilibrio ecológico y proteger el ambiente, así como implantar medidas y mecanismos para prevenir, restaurar y corregir la contaminación del aire, suelo, agua y del ambiente en general.
- ✓ INECC por sus facultades para realizar análisis e investigación de los determinantes y efectos económicos, sociales y ambientales de la política de adaptación, incluyendo el crecimiento verde para la adaptación, así como en ´proponer la definición de prioridades, asignación y optimización de recursos del gobierno federal para la investigación sobre medio ambiente y cambio climático. Funciones institucionales que podrían contribuir en los avances en torno al cambio climático para direccionar el impacto a nivel ambiental e incorporar eventos de evolución lenta, además de experiencia en diferentes enfoques de valoración económica.
- ✓ IMTA/CONAGUA son instituciones líderes en la generación de información climatológica, proveen series históricas y estadísticas de índices e indicadores clave para caracterizar los eventos. Así mismo llevan a cabo estudios de riesgos que contribuyen a la estimación de daños en la infraestructura de líneas vitales, como obras hidráulicas y distribución del recurso hídrico.
- ✓ CONAFOR y CONANP poseen información relevante para el análisis de los daños en el ambiente, servicios eco sistémicos, así como manejo y conservación de áreas forestales y ANP.
- ✓ CONABIO institución clave para fortalecer una línea de trabajo respecto a las pérdidas en biodiversidad por eventos de cambio climático
- ✓ CENAPRED institución que realiza la estimación del impacto socioeconómico por desastres bajo metodologías de RRD con experiencia en recopilación de información, relación con los sectores, y conocimiento de los métodos de estimación de costos para los diferentes sectores.
- ✓ FONDEN aunque actualmente se encuentra en transición esta instancia proveía información a CENAPRED sobre los costos por restauración de los edificios, líneas vitales, asentamientos afectados por los desastres, datos generados a partir de la Evaluación de Daños y Evaluación de Necesidades (EDAN)
- ✓ Aseguradas y sector privado poseen avances en estimaciones de pérdidas por ejemplo en el sector turismo, poseen información sobre montos de financiamiento para reducir riesgos, datos catastrales, costos de restauración.

- ✓ Sector académico y ONG constituyen una fuente importante para la generación de evidencia que soporte las metodologías y obtención de directrices para la identificación de los eventos de proceso lento considerados uno de los mayores retos en la estimación.

Tomando en cuenta estos elementos señalados se proporciona un ejemplo de cómo integrar la metodología de la FAO direccionada a la evaluación del sector primario (Tabla 10) con los insumos principales y la participación de actores clave para el cálculo de los costos de pérdidas y daños ante un evento de cambio climático.

**Tabla 10.** Ejemplo de datos para la estimación de costos por daños y pérdidas en el sector agrícola con la metodología de la FAO

| Sector | Datos | Pérdidas | Daños | Periodo |
|---|---|---|---|---|
| Agropecuario y sus cinco subsectores (cultivos agrícolas, ganado, bosque, acuícola, pesquera) | ·Inventario de insumos y activos físicos<br>·Valor monetario de lo existente pre desastre<br>· Precios de producción por peso o área pre desastre<br>·Costo de reparación o reemplazo actual<br>·Ingresos esperados<br>· Costo de limpieza<br>· Valor de mantenimiento<br>·Cultivos perennes<br>·Cultivos almacenados<br>·Semillas, fertilizantes y otros insumos<br>·Maquinaria agrícola<br>·Sistemas de riego<br>·Refugios para el ganado<br>·Barcos de pesca, corrales y estanques | · Flujos en la economía (diferencia entre el valor esperado de la producción y el valor actual de lo que no fue destruido (-) el valor de lo destruido (-) costos de mantenimiento (-) costos de inversión para almacenar la producción)<br>· Disminución de la producción de cultivos<br>· Disminución de los ingresos por productos ganaderos<br>· Reducción de los ingresos agrícolas globales<br>· Costos operativos adicionales<br>· Aumento de los gastos imprevistos para satisfacer las necesidades inmediatas tras un desastre | Porcentaje de daño físico por el costo de reparación o costo de reemplazo | Fijar periodo en que se realizará la identificación de eventos asociados al cambio climático |

Considerando la importancia de los actores clave que aquí se identificaron para los cimientos de una potencial metodología de estimación de pérdidas y daños asociados al cambio climático se condujo un taller con el objetivo de retroalimentar estas primeras bases y delinear recomendaciones y pasos a seguir.

# 9. PASOS A SEGUIR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA MÉXICO

Los factores clave identificados para la construcción de esta metodología es la recolección de datos (frecuencia y exhaustividad), el análisis, presentación, disponibilidad, el acceso a los mismos, y la eficacia y la aceptabilidad generales en la elaboración de estimaciones por pérdidas y daños ocasionados por eventos de cambio climático. Para ello se deben construir definiciones claras y avanzar en las siguientes líneas.

## 9.1 PASOS A SEGUIR

1. Establecer supuestos base para discernir los eventos atribuibles al cambio climático

Entre las consideraciones a tomar en cuenta se debe plantear que los eventos de cambio climático sigan las definiciones técnicas de la Organización Meteorológica Mundial (WMO por sus siglas en inglés). Para el **análisis de los eventos se debe partir de una estructura base que se origina en las metodologías de reducción de riesgo de desastres**, donde el punto de partida es la evaluación de la amenaza y sus características físicas. En este caso, la definición que sustituye a la amenaza se refiere al conjunto de eventos extremos y de evolución lenta que plantea la CMNUCC. La evaluación de estos eventos requiere de un estudio particular orientado a los criterios de cambio climático publicados por el IPCC y Sexta Comunicación (2018), sobre el cambio en los patrones de intensidad y frecuencia de su ocurrencia en el tiempo; entendiendo que la climatología comprende el estudio de décadas, por lo tanto, **se deben fijar umbrales para describir los eventos particulares de cambio climático, identificados con mayor certidumbre en estas escalas de tiempo**.

El análisis para la identificación de los eventos atribuibles al cambio climático deberá incluir **criterios técnicos estadísticos, series de tiempo robustas, principalmente de temperatura y precipitación**, que permitan evaluar los eventos que ocurrieron en un determinado año y lugar, por ejemplo, la revisión de métodos estadísticos de Mudelsee (2019). Esta evidencia puede ser escalable de acuerdo con la cobertura de datos y el empleo de modelos calibrados a partir de datos

observados. En este proceso se sugiere que se incluya la participación de actores clave como CONAGUA, a través del SMN, el IMTA y expertos en climatología y evidencia de los datos utilizados.

Para ello es importante considerar el concepto de atribución, definida como los cambios en las variables climatológicas que son consistentes y coherentes y que se explican a partir de los escenarios de forzamiento radiactivo, es decir, cambios en precipitación y temperatura y que pudieran ser resultado de la acumulación de GEI por causas antropogénicas y desde un punto de vista operativo vista como un "proceso de evaluación de contribuciones relativas de múltiples factores causales a un cambio o evento que implica una asignación de confianza estadística" (Bindoff *et al.,* 2013).

Perspectivas para la realización de este proceso colaborativo puede incluir como etapa inicial un ejercicio de "expert elicitation" con actores clave incluyendo expertos a nivel nacional e internacional para afrontar las posibles fuentes de incertidumbre asociadas a la información disponible, este ejercicio permitirá el establecimiento de criterios adecuados a la información con la cuenta el país, la evidencia científica y a partir del consenso a través de este proceso sistemático y de colaboración interinstitucional.

## 2. Evaluación del impacto de los eventos climáticos en los diferentes sectores para cuantificar los daños

Una vez identificados los eventos de cambio climático y sus fronteras geográficas y temporales se procederían a **estimar el impacto en los sectores afectados**. CENAPRED cuenta con un repositorio de daños previos por diferentes desastres naturales entre los cuales se pueden extraer los que corresponden a cambio climático. Posteriormente se propone llevar a cabo una evaluación preliminar de daños por medio de las metodologías revisadas, tomando como referencia la de CENAPRED que incluye infraestructura critica, sector servicios (salud, educación), y el sector agropecuario el cual sería robustecido con aplicación de la metodología de la FAO para los 5 subsectores, además de la participación de los actores clave propuestos. La **recolección de datos y análisis debe incluir un inventario estructurado/centralizado de datos catastrales, datos geográficos, softwares y modelos calibrados a través de un repositorio que sea accesible** para quienes colaboran en el diseño, desarrollo e implementación de la potencial metodología.

Los actores clave identificados pueden participar en esta etapa de recolección a través de la información estadística que generan de manera consistente para evaluar su dependencia con los eventos identificados en las series históricas,

incluyendo datos sobre: producción agropecuaria (cantidad producida, superficie cultivada, cabezas de ganado), demanda del sector energético, llegada de turistas nacionales e internacionales.

Para evaluar el impacto de los eventos de proceso lento, por ejemplo los procesos de desertificación, se debe evidenciar la pérdida de la cobertura vegetal, pérdida de la biodiversidad, y en la cantidad y calidad de servicios ecosistémicos, al mismo tiempo se debe buscar la relación intersectorial, de cómo afectarían estos impactos en los sectores económicos o sociales; estos procesos deben consideran horizontes temporales más amplios para evaluar el daño o pérdidas en aspectos como la nutrición o el desplazamiento de comunidades a otros territorios por el impacto directo en algunos sectores económicos.

### 3. Estimación de los costos para pérdidas económicas

La estimación de los costos se puede realizar una vez obtenido los resultados de la identificación de eventos de cambio climático y del registro de daños. Partiendo de los conceptos de pérdidas y daños presentados en este estudio, a nivel macroeconómico esta estimación requiere establecer la relación entre la serie histórica del PIB y de los eventos identificados. Sin embargo, es recomendable un nivel de desagregación mayor, considerando los efectos distributivos que cada región o sector tiene dentro del PIB, tomando en cuenta el VAB, contribuciones de cada subsector a nivel regional a la economía del país, la generación de empleos y por consiguiente su contribución al PIB.

Con el objetivo de tener una mejor estimación de las pérdidas y daños directos e indirectas en los diferentes sectores económicos es necesario integrar a los sectores que proporcionan datos de valoración y costos. Para ello, uno de los pasos a seguir es dar a conocer los resultados de este primer acercamiento y los objetivos para conseguir la construcción de la metodología a este grupo de actores presentados en la sección anterior. Además, es fundamental **dar seguimiento a las contribuciones de información manifestadas por los representantes de las diferentes instituciones que participaron en el taller con actores clave (Sección 7).**

En esta etapa de cálculo y valoración de las pérdidas se sugiere se consideren las siguientes propuestas

- Integrar al sector privado y aseguradoras como proveedores y usuarios de información sobre riesgos y desastres.
- Considerar las pérdidas incorporando la contabilidad experimental de servicios ecosistémicos incluyendo los resultados del proyecto NCAVES.

- Priorizar enfoques de valoración económica para estimar impactos en el sector social.
- Dar seguimiento a las contribuciones de información manifestadas en el taller con actores clave de las diferentes instituciones
- Adecuar la metodología de la CEPAL a los eventos de cambio climático, con los elementos de las otras metodologías planteadas en el esquema de la Figura 3 (Sección7), para llevar a cabo los procedimientos propuestos con sus respectivas fórmulas y algoritmos de cálculo.
- Implementar diferentes métodos de valoración económica, que forman parte de las metodologías revisadas considerando precios de mercado y aproximaciones indirectas

### 4. Estimación de las pérdidas no económicas

A pesar de las fuentes de incertidumbre asociadas a las pérdidas no económicas, existe consenso en la importancia de su inclusión en el proceso de estimación de los costos por pérdidas y daños asociados al cambio climático. Un factor clave que ha sido subestimado en la mayoría de las metodologías corresponde al daño ambiental. Las metodologías actuales evalúan principalmente la pérdida de cobertura forestal. Sin embargo, queda claro que se requiere ampliar la cuantificación a través de los diferentes tipos de servicios ecosistémicos (provisión, soporte, regulación y recreación). Las aproximaciones metodológicas usadas en la contabilidad experimental de servicios ecosistémicos implementada en 2021 como el estudio piloto por INEGI constituyen un insumo importante para ampliar la descripción de las pérdidas a través de indicadores clave de las diferentes categorías de los servicios ecosistémicos.

Bajo el marco del SCAE se pueden relacionar algunos indicadores y aproximaciones que permitan evaluar estas pérdidas para eventos extremos y de proceso lento tomando en cuenta las etapas previas de identificación de tales eventos. En la Tabla 11 se muestra un ejemplo de indicadores que pueden ser generados a partir de aquellos estimados en la cuenta satélite ecológica que proporciona el INEGI.

**Tabla 11.** Ejemplo de indicadores que pueden ser estimados en la cuenta satélite ecológica del INEGI

| Sector | Impacto relacionado con el cambio climático | Estimación producida bajo el SCAE y cuentas experimentales de los servicios ecosistémicos |
|---|---|---|
| Servicios de regulación y soporte | Nivel de estrés hídrico: disponibilidad de agua dulce<br><br>- Pérdidas por sequias e inundaciones en nutrientes del suelo<br><br>- Pérdida de ecosistemas terrestres<br><br>- Pérdida en el potencial de captura de carbono | Agotamiento de agua subterránea<br><br>Degradación del suelo por erosión hídrica y eólica<br><br>Cambios en la extensión de bosques, pastizales<br><br>Almacenamiento y secuestro de carbono (biomasa y suelo) |
| Servicio de provisión | - Pérdida de bosques y selvas | Agotamiento de recursos maderables (selvas y bosques) |
| Servicios culturales | - Pérdidas en servicios culturales y recreativos | Turismo de naturaleza (ANP y su zona de influencia) |

**Fuente:** elaboración propia con base en la revisión de literatura de metodologías para estimar daños ambientales y estimaciones producidas bajo la cuenta satélite ecológica de INEGI.

Un segundo punto por tratar en las pérdidas no económicas es el impacto social reflejado a través de la mortalidad, incidencia de enfermedades, desplazamientos y pérdidas de cohesión social. Aunque estos impactos presentan diversas fuentes de incertidumbre, se requiere como una perspectiva de este trabajo el planteamiento de directrices que permitan definir indicadores potenciales trazables y susceptibles de monitoreo y evaluación. Estudios de meta análisis enfocados en cada impacto, por ejemplo, en la selección de factor de riesgo atribuible para la incidencia de enfermedades ligadas a eventos como ondas de calor y aquellas de transmisión por vector. Este proceso permitirá una selección específica de información que buscaría recopilarse a través de los participantes en el taller. Cabe resaltar que el enfoque de género deberá ser tomado en cuenta en esta selección a priori de la estimación.

Todo este proceso debe incluir las fuentes de información en escala y tiempo, así como los enfoques de valoración y estimación de pérdidas que se integran en las metodologías presentadas en las secciones previas. Este proceso de estimación estriba una gran complejidad y requiere una adecuada sistematización, considerando que las etapas 1 a la 4 deben realizarse para cada evento y cada sector. De tal manera que se tenga una estimación del impacto económico total

asociado a cada evento. Un ejemplo de tal sistematización por evento (huracanes) y sector para la estimación se presenta en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Ejemplo para evaluar las pérdidas y daños en los sectores para cada evento de cambio climático

| Evento | Sector | Pérdidas | Daños | Periodo |
|---|---|---|---|---|
| Huracanes | Sector primario (agricultura, ganadería, pesca, silvicultura) | $ | $ | 1980, 1985, 1990 (ej.) |
| Huracanes | Infraestructura de líneas vitales y transporte | $ | $ | |
| Huracanes | Energía | $ | $ | |
| Huracanes | Servicios ecosistémicos (superficie afectada (por tipo de ecosistema terrestre), pérdida en sitios de turismo de naturaleza, pérdidas en captura de carbono (biomasa y suelo) | $ | $ | |
| Huracanes | Impactos sociales (servicios de educación, salud, mortalidad, personas lesionadas, asentamientos humanos) | $ | $ | |

**Fuente:** elaboración propia con base en la revisión de literatura de metodologías y contribuciones de participantes al taller.

Además de la estimación de estas pérdidas directas y con potencial valoración a través de precios de mercado, como un soporte relevante en las estrategias de adaptación es necesario formular un horizonte temporal de largo plazo que permita dar seguimiento a este estimación para evaluar las perdidas indirectas asociadas al evento a nivel intersectorial y en los daños ambientales que se reflejan en periodos más largos de tiempo, y que permita realizar estimaciones oportunas con respecto a la afectación total sobre el PIB.

## 9.2 CONCLUSIÓN

Este trabajo es una primera aproximación de revisiones metodológicas en busca de una metodología para incorporar los costos de pérdidas y daños ocasionados por el cambio climático en el SCN. Se plantearon los elementos base para la construcción metodológica y como aporte indispensable se identificaron los actores clave que deben colaborar para lograr una propuesta metodológica

consensada y robusta. Por tanto, se promueve una invitación de colaboración para llevar a cabo un comité/grupo de trabajo interinstitucional donde se comparta información, se establezcan lineamientos, se evalúen las capacidades de generación y de análisis de información, que contribuyan a definir los sectores y subsectores a incluir. Esta colaboración también ayudará a identificar el tipo de pérdidas que serán consideradas tomando como referencia la información planteada y el avance en las recomendaciones realizadas como los pasos a seguir para el desarrollo e implementación de la propuesta metodológica.

Es fundamental dar continuidad a este tipo de iniciativas, debido a los alcances potencial que podría proporcionar la información generada y que a su vez contribuyan a la toma de decisiones y a la formulación de acciones concretas en atención a las pérdidas y daños a nivel nacional y que puedan traducirse en la formulación y desarrollo de políticas ambientales.

# 10. ANEXOS

A continuación, se presenta el plan de trabajo bajo el cual se desarrolló esta propuesta y el taller de intercambio de ideas con los actores claves previamente identificados, cuyos resultados formaron parte del planteamiento de las bases de la propuesta y pasos a seguir.

## 10.1 PLAN DE TRABAJO

Actividad 1. Se llevó a cabo una búsqueda de literatura a través de informes institucionales, los Programas de Acción ante el Cambio Climático para identificar eventos extremos y de evolución lenta presentados con mayor frecuencia, se identificaron también los sectores más vulnerables para adecuar la búsqueda de literatura al contexto nacional y planteamientos posteriores al contexto nacional.

Actividad 2. Se realizó una búsqueda exhaustiva de literatura a nivel internacional sobre marcos conceptuales, metodologías y modelos implementados de manera consistente para la estimación de costos por pérdidas y daños relacionados con eventos de cambio climático. La información extraída en relación a la escala, indicadores, técnicas de recopilación de información, sectores, eventos y modelos empleados fue sistematizada en una basa de datos.

Actividad 3. Se realizó un análisis a partir de la información extraída considerando las metodologías y modelos con potencial aplicación al contexto nacional. Se

identificaron ventajas, desventajas y se establecieron los criterios a considerar en el análisis de factibilidad.

Actividad 4. Esta actividad consistió en el análisis de factibilidad, a través de un árbol de decisión y análisis de entrevistas conducidas a actores clave identificados en la revisión del contexto (INEGI, CENAPRED, SEMARNAT, INECC, COMAFOR). Se llevó a cabo el análisis de factibilidad a través de un árbol de decisión tomando como base los criterios deseables encontrados en las metodologías revisadas además de las sugerencias y limitaciones encontradas en el análisis de las entrevistas. A partir de esos análisis se sentaron las bases para la propuesta metodológica a desarrollar.

Actividad 5. Esta última actividad consistió en divulgar la información sobre el contexto, revisión de literatura y bases para la propuesta con el objetivo de obtener retroalimentación para robustecer estas bases y sentar los pasos a seguir en este proceso colaborativo de intercambio de ideas e información a nivel interinstitucional.

**Tabla 13.** Plan de trabajo

| Actividades | Objetivos particulares | Responsable | Semanas | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Actividad 1 y 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Plan detallado de actividades<br>- Búsqueda de literatura nacional sobre inclusión de pérdidas y daños relacionados con las repercusiones del cambio climático<br>- Búsqueda de literatura en las bases de datos: Web of Science, Scopus, Environment Complete, Latindex, Dialnet, etc.<br>- Extraer información relevante de los estudios: año, lugar, escala, diseño de investigación (cuantitativo, cualitativo), fenómeno/ fenómenos ligados al cambio climático bajo estudio, categorías incluidas en los análisis cuantitativos, limitaciones, principales hallazgos en relación con costos y SCN | - Identificar el número de registros y criterios de inclusión/exclusión, criterios más relevantes para el estudio.<br>- Obtener una primera base de datos con la información sistematizada y establecimiento de criterios de calidad para selección de estudios a revisar a profundidad | COLEF | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Actividad 3** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Desarrollar una síntesis y análisis estadístico a partir de los datos recabados, integrando los resultados de la primera selección de estudios | - Obtener selección de metodologías más robustas<br>- Base de datos con metodologías priorizadas según cantidad de indicadores disponibles<br>- Lista de indicadores como posibles factores a integrar<br>- Evaluar la factibilidad de incorporar indicadores | COLEF | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Entrega del primer producto.** Este contendrá las actividades 1,2 y 3 | | COLEF | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Revisión del primer producto** | | INECC | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Actividad 4** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Propuesta de técnica(s) o metodología(s) para incorporar | Plantear la propuesta de | COLEF | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| los costos por pérdidas y daños del cambio climático en los SCN y su factibilidad para el caso México.<br><br>Plantear un árbol de decisión para la propuesta metodológica de incorporación de costos por pérdidas y daños asociados al cambio climático en los SCN. El árbol de decisión considera en primera instancia si ya existe el indicador en el SCN, si no pertenece se evalúa su relevancia, costo y tiempo, posteriormente se evalúan si son susceptibles de monitoreo y evaluación y desagregación espacial | metodología e indicadores para incorporación de costos por pérdidas y daños asociados al cambio climático dentro del SCN | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Reporte preliminar del segundo producto.** Contendrá los resultados de la actividad 4 | | COLEF | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Revisión del reporte preliminar** | | INECC | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Actividad 5** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Presentación y difusión de los resultados del proyecto. A través de un taller con actores claves de organizaciones de la sociedad civil, academia, | Gestionar invitaciones al taller y solicitar entrevistas con actores clave | COLEF | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| privados y entidades gubernamentales nacionales y subnacionales involucrados en el diseño e implementación de las cuentas nacionales | Dar a conocer los resultados del proyecto con actores clave | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Entrega del segundo producto.** Resultados de todas las actividades. | | COLEF | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Revisión final** | | INECC | | | | | | | | | | | | | | | | | |

# 10.2 TALLER DE PRESENTACIÓN E INTERCAMBIO DE IDEAS SOBRE LA PROPUESTA METODOLÓGICA:

## Ideas clave

El taller fue organizado como parte del Proyecto "Estimación de los costos de las pérdidas y daños relacionados con las repercusiones observadas del cambio climático en el Sistema de Cuentas Nacionales para México", en modalidad virtual. Su propósito fue mostrar los avances de este proyecto a actores clave representantes de instituciones públicas y privadas, así como expertos en el tema para recibir retroalimentación de los participantes que pudiera contribuir en el desarrollo de una propuesta metodológica. El taller se concentró en las metodologías elegidas como bases en la construcción de la propuesta de valoración económica de costos por pérdidas y daños por eventos extremos y de lenta evolución del cambio climático. Participaron alrededor de 50 personas de una amplia gama de instituciones de gobierno, académicas, empresariales y de la sociedad civil.

Este taller tuvo como objetivo principal dar a conocer las metodologías y herramientas identificadas para la estimación de costos de las pérdidas y daños asociados con cambio climático direccionando eventos y sectores prioritarios en México, así como presentar los avances en la enumeración de pasos estructurados y robustecer los insumos iniciales del estudio "Estimación de costos por las pérdidas y daños de las repercusiones del cambio climático en el sistema de cuentas nacionales" y recibir retroalimentación de expertos sobre la construcción de una propuesta metodológica información faltante, los retos, obstáculos y los pasos necesarios para su implementación.

Las instituciones participantes en este taller fueron seleccionadas de acuerdo con la posibilidad de cooperación y generación de información conjunta con el propósito validar los elementos que facilitaran la viabilidad de la metodología. Las instituciones invitadas a participar con este propósito fueron:

- INEGI
- CENAPRED
- SEMARNAT
- SADER
- SIAP
- SENER
- SECTUR
- SHCP
- CONANP
- CONAFOR
- CONABIO
- WWF
- WRI
- PNUD
- IDOM Environment
- UNAM
- IBERO
- CIDE
- COLEF
- COLMEX
- GGGI
- ADAPTUR
- GIZ

Los puntos de la agenda fueron cubiertos en su totalidad dentro del tiempo asignado. El taller dio inicio con las palabras de bienvenida por parte de la Dra. Margarita Caso Chávez y la presentación de objetivos, posteriormente se invitó a las y los participantes a presentarse y mencionar a las instituciones y organizaciones que representan, lo cual fomento un ambiente de participación e intercambio de ideas. En el marco de las presentaciones se realizaron algunos comentarios específicos por parte de los participantes, lo cual generó una primera ronda de intercambio de ideas. La primera exposición se enfocó en el contexto nacional y los antecedentes del análisis de costos por cambio climático, esta sección fue seguida de la exposición de metodologías potenciales sobre costos de pérdidas y daños por cambio climático para dar paso a una sesión de preguntas, respuestas, comentarios y aportaciones de los asistentes lo cual facilitó la discusión sobre limitaciones, oportunidades y retos de este proyecto.

En las Tablas 14 y 15, se presentan los participantes que tomaron el micrófono para expresar sus comentarios, dudas y los principales puntos discutidos en la sesión de preguntas previa al ejercicio de interacción.

**Tabla 14.** Participantes que tomaron la palabra en el primer ejercicio de interacción

| Institución | Cargo | Nombre |
|---|---|---|
| INEGI | Dirección de Cuenta satélite | Federico González |
| INEGI | Jefe de Departamento de Consolidación de Cuentas Ambientales | Lic. Cesar Cabrera Cedillo |
| INEGI | | Raúl Figueroa Díaz |
| SIAP | Director de Integración, procesamiento y Validación | Alejandro Díaz Rodríguez |
| SIAP | | Ing. Vivian Escobedo |
| CENAPRED | Subdirectora de Estudios Económicos y Sociales | Lic. Karla Méndez |
| CENAPRED | | Dra. Cecilia Izcapa |
| SEMARNAT | Director General de Planeación y Evaluación | Dr. César Edgardo Rodríguez Ortega |
| SEMARNAT | Directora de Investigación de Políticas Sectoriales | Lic. Leticia Manzanera |

| | | |
|---|---|---|
| SECTUR | Dirección de General de Ordenamiento Turístico Sustentable | Nancy Hernández |
| SHCP | Fondos Verdes y Foros Multilaterales | Brenda Pequeño |
| CONAFOR | Gerencia de Bosques y Cambio Climático | Antropóloga Juana Iris Sánchez |
| CONABIO | Especialista de Evaluación de Ecosistemas | Sylvia Patricia Ruiz González |
| IMTA | Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera del Agua | Dr. Héctor Camacho |
| Academia | IBERO Puebla | María Eugenia Ibarrarán Viniegra |
| GIZ | Asesor Componente Adaptación | Camilo de la Garza |
| GIZ (ADAPTUR - Adaptación al Cambio Climático (EbA) en el Sector Turismo) | Asesora de proyecto ADAPTUR | Daniela Valera Aguilar |
| FMCN | Directora de Investigación y Desarrollo | Graciela Reyes |
| FMCN | Coordinación de investigación Socioambiental | Mtra. Denise Lugo |

Las discusiones abordaron elementos sobre la aplicación de las metodologías pre y post desastres, países donde se han aplicado y se realizaron comentarios sobre la disponibilidad y apertura a participar en los pasos a seguir para el desarrollo de la metodología.

**Tabla 15.** Principales puntos discutidos en la sesión 1 de preguntas

| Participación | Pregunta | Respuesta |
|---|---|---|
| Héctor Camacho (IMTA) | ¿Las metodologías presentadas sirven para evaluación ex ante además de post desastre? | Estas metodologías en específico se refieren a daños y pérdidas observadas. Sin embargo, existen trabajos de INECC (perfil de riesgo macroeconómico) o Estrada (2013) para estimaciones ex ante. |
| Raúl Figueroa (INEGI) | El cambio climático es un tema transversal por lo que este proyecto es una iniciativa formidable por la diversidad de participantes, pero los resultados no pueden esperarse en el corto plazo, pero si la dedicación y el esfuerzo conjunto de todos los asistentes, para incluir estas pérdidas dentro del SCNM. | Este proyecto es un primer paso que podría en algún momento ser presentado para el grupo de trabajo de cuentas experimentales y valoración económica del INEGI. |
| Adriana Jiménez (INEGI) | ¿Qué países han utilizado la metodología de matriz insumo-producto? | Esta metodología se ha utilizado como parte de ejercicios académicos en Dinamarca, China y Estados Unidos, entre otros, para evaluar pérdidas directas y costos de recuperación por las afectaciones del huracán Katrina, por ejemplo. En China se ha utilizado principalmente para |

| | | |
|---|---|---|
| | | evaluar pérdidas en el sector agrícola y cómo se ha desplazado este efecto a través de los diferentes sectores económicos. |
| Daniela Valera | Se pueden analizar impactos directos en la infraestructura, vidas, etc., pero también impactos en capital natural y eso como se traduciría en riesgo económico. Y, por otro lado, riesgo económico reducido al hacer alguna medida de adaptación/mitigación. Será interesante ver la cadena de impactos en la metodología propuesta | Se identificaron algunas metodologías de valoración económica en servicios ecosistémicos. |

Fuente: elaboración propia con base en comentarios de asistentes al taller.

Durante el primer ejercicio de participación, realizado en línea, a partir de la herramienta mentimeter se hicieron las siguientes preguntas, a las cuales los participantes respondieron:

1. En este taller se mostraron algunos eventos extremos asociados al cambio climático presentes en México, tales como huracanes, inundaciones por lluvias extremas e intensidad de sequías. Además de los mencionados ¿Identifica otros eventos climáticos de alto impacto para su organización?

En la Figura 5 se puede apreciar que los asistentes al taller mencionaron de manera más recurrente a las ondas u olas de calor y las heladas como algunos de los eventos climáticos más relevantes dentro del contexto de México, es claro que de inmediato se identifican las temperaturas extremas como elementos disruptivos de las actividades productivas seguidos de huracanes, ciclones tropicales e incendios forestales como los eventos que, aunque menos frecuentes son de una gran magnitud por su potencial de daño. Finalmente, y con menor frecuencia algunos de los participantes identificaron el desbordamiento de ríos, los deslaves, la acidificación de los mares y océanos y el aumento del nivel y temperatura del mar, la degradación del suelo, las plagas, las inundaciones, la pérdida de arrecifes coralinos y las granizadas como eventos relevantes.

**Figura 5.** Eventos de cambio climático importantes para considerar en evaluación de costos por pérdidas y daños.

**Fuente:** elaboración propia con base en los resultados a partir de la herramienta mentimeter.

2. Dentro de las pérdidas económicas y daños ambientales mencionados en la presentación. ¿Cuáles considera fundamentales de incluir en las siguientes etapas del desarrollo de la propuesta metodológica?

**Tabla 16.** Principales pérdidas económicas y daños ambientales identificados por los participantes

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Servicios ecosistémicos y daños ambientales | Pérdida de ecosistemas, de especies y de servicios ambientales, | Cobertura forestal, flora endémica | Disminución de capacidad de retención de escurrimientos y disminución de capacidad de infiltración | Pérdida de biodiversidad/ especies equilibrantes |
| Pérdidas no económicas | Pérdida de patrimonio cultural | Pérdida del patrimonio natural | Degradación ambiental | Pérdida de vidas. |
| Pérdidas económicas | Pérdida de empleo, pobreza<br><br>Pérdida de viviendas | Daños económicos a los sectores productivos, afectación al patrimonio de las personas | Pérdidas económicas en infraestructura de provisión de agua, alcantarillado y tratamiento de agua residual | Infraestructura estratégica, cobertura urbana, equipamiento y servicios |
| | Variación histórica del PIB como variación histórica de la temperatura | Cierre de operaciones de sectores | Costos relacionados con la salud, gasto para las familias y empresas | Rendimientos agrícolas, daño a áreas de cultivo<br>Daños por impacto a zonas agrícolas y pesqueras |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Costos sociales | Cohesión social | Afectaciones en la salud de la población | Desplazamiento de personas por inhabitabilidad | Afectación a los medios de vida. |

Fuente: elaboración propia con base en los resultados a partir de la herramienta mentimeter.

Los expertos que asistieron al taller identificaron que las pérdidas de biodiversidad, de cobertura forestal y de capacidad de infiltración deben ser consideradas como prioritarias dentro de la categoría de costos por pérdida de servicios ecosistémicos y daños ambientales. Por otro lado, la pérdida de vidas, patrimonio cultural y patrimonio natural son las afectaciones no económicas más relevantes, siendo las afectaciones económicas más relevantes, la pérdida de empleos y viviendas, la interrupción en sectores productivos, los gastos públicos y privados en salud, la pérdida de infraestructura y las afectaciones al sector agrícola. Finalmente, en la categoría de costos sociales se identificaron afectaciones en la salud de la población, la pérdida de cohesión social y el desplazamiento de personas por inhabitabilidad como las respuestas más recurrentes de los participantes; además se mencionó la importancia en diferenciar inundaciones por aumentos en el nivel del mar y por precipitación extrema.

Durante la segunda parte del taller se presentaron las bases para la construcción de una metodología acorde al contexto nacional que fue enriquecida por una segunda serie de preguntas y respuestas y una segunda dinámica de retroalimentación en la cual los asistentes brindaron información de los insumos que sus propias organizaciones podrían proporcionar en la construcción de esta propuesta metodológica, entre estos insumos fueron mencionados: datos históricos de sequías, datos de monitoreo de biodiversidad y áreas naturales protegidas, diagnóstico de vulnerabilidad, costos en el sector privado y capacidades de análisis de información.

Uno de los principales puntos de discusión fue la complejidad en atribuir un evento específico a la acción del cambio climático y no a la variabilidad climática o factores estacionales, sin embargo, se llegó al consenso que dentro de los daños, costos y degradación una parte puede ser atribuible al cambio climático, así como la inclusión del sector privado como proveedores de información. La segunda sección de preguntas llevada a cabo después de la presentación fue enfocada a definir elementos cruciales para el diseño de la propuesta, como la diferenciación de eventos de cambio climático de otros eventos, definición del horizonte temporal de estimación y elementos a ser incluidos desde fases iniciales como el enfoque de género.

**Tabla 17.** Principales puntos discutidos en la segunda sección de preguntas

| Participación | Pregunta | Respuesta o comentario |
|---|---|---|
| Doctor Roberto Alejandro Sánchez Rodríguez | N/A (Se realizó comentario al inicio de la sección) | Algo que no se ha discutido es la característica de poder atribuir un evento al cambio climático y diferenciar entre variabilidad y cambio climático. Los resultados de IPCC en el grupo de trabajo I son relevantes en esta discusión, en particular el incremento de los eventos extremos a partir de 1950 y como se incrementa con la elevación de la temperatura en diversos escenarios. El concepto de daños y pérdidas implica que tenemos información sobre la monitoreo y evaluación de la adaptación para saber qué ese residual es resultado de lo que no fue cubierto por adaptación. |
| Avelina Ruiz | Se debe incorporar la perspectiva de género en la evaluación de costos derivados de eventos climático | Se está trabajando en incorporar este elemento necesario en la propuesta |
| Lic. Karla Méndez (CENAPRED) | ¿Cuáles son los eventos atribuibles al cambio climático? ¿Se va a desarrollar la metodología paralela para definir qué eventos son atribuibles al cambio climático? | Estos se pueden definir con datos estadísticos, pero el análisis de la climatología requiere datos de calidad, los cuales no siempre disponibles, se sugería apoyo de instituciones como Conagua o el IMTA para definir estos eventos. Para efectos del proyecto sería importante tener algunos parámetros de diseño de indicadores potenciales, lo que importa es mostrar que existe un daño y hay una pérdida y es importante poder contabilizarlo. |
| Manuel Bonilla CONANP | La captura de carbono remunerada también podría incluirse. | Sería parte de los cobeneficios observados |
| María Eugenia Ibarrarán | ¿Qué periodo de afectaciones del CC se estará evaluando? | El período queda pendiente para futuro desarrollo del proyecto una vez definida una metodología.<br>Sin embargo, una base metodológica de la cual partir es el concepto del Producto Interno Neto Ecológico INEGI, la idea es incorporar la perspectiva de cambio climático en trabajos previos de valoración por instituciones como CENAPRED y otros. |

Los participantes en el taller se mostraron entusiastas sobre la idea de compartir información y trabajar de manera conjunta aprovechando redes de actores e instituciones, convenios de colaboración, talleres, subgrupos de trabajo y comunidades de práctica. Del mismo modo sugirieron al equipo consultor, realizar inventarios de servicios ecosistémicos, incorporar costos sociales intangibles y seguir colaborando con diferentes dependencias y organizaciones que trabajen este tema de modo que se pueda fortalecer, ampliar y mejorar la metodología de

estimación de costos por de las pérdidas y daños relacionados con las repercusiones observadas del cambio climático en el Sistema de Cuentas Nacionales para México que permitan contribuir a los esfuerzos de adaptación al cambio climático.

La segunda dinámica de interacción llevada a cabo en línea mostró las siguientes preguntas y respuestas.

3. ¿De qué manera la información de la que dispone su institución puede apoyar el proceso de estimación de costos de las pérdidas y daños en relación con los eventos de cambio climático presentados?

**Tabla 18.** Principales puntos discutidos en la segunda sección de preguntas

| | | | |
|---|---|---|---|
| Histórico de sequías | Capacidad de análisis e información hídrica para la cuenca del Alto Atoyac | Medidas de adaptación implementadas, afectaciones en áreas naturales protegidas, monitoreo de biodiversidad | Matriz de insumo producto de México para los años 2003, 2008, 2012 y 2013 y las series anuales de la cuenta de bienes y servicios. |
| Análisis hidrometeorológicos para conocer efectos de inundaciones o sequías | Datos locales sobre costos de actividades de restauración, datos de consultorías sobre emisiones | Las series históricas de estadística de producción agropecuaria con importantes para relacionar los eventos climáticos con la productividad del sector | Las matrices estimadas de insumo producto anuales del 2013 al 2018 |
| Compartir diagnósticos de vulnerabilidad presente y futura del sector agroalimentario frente a cambio climático | Se cuenta con la unidad de monitoreo de emisiones por deforestación y degradación | GIZ-Adaptur. metodología participativa para identificar costos con sector privado, plataforma SIRE contacto con ERN y sector asegurador | Con información de los sistemas de monitoreo del área de percepción remota de CONABIO como: monitoreo de manglares, sistema de información y análisis marino y costero y monitoreo de la cobertura del suelo. Capacidad de análisis de información. |

**Fuente:** elaboración propia con base en los resultados a partir de la herramienta mentimeter.

A esta tercera pregunta sobre lo que cada organismo e institución puede aportar destaca lo referente a indicadores relevantes para la valoración económica de las afectaciones por los eventos anteriormente identificados, datos estadísticos sobre matriz insumo – producto para México, datos sobre el sector privado (en particular sector financiero y aseguradoras), monitoreo de pérdida de biodiversidad y degradación forestal y de suelo, diagnósticos de vulnerabilidad y capacidad de

análisis. Con estas respuestas podemos identificar que existen la información y la disposición a compartirla, el paso siguiente sería coordinar a las diferentes instancias y sistematizar la información en cada uno de los pasos sugeridos para la estimación de costos y daños por eventos relacionados con el cambio climático.

4. ¿Cómo se podrían mejorar los procesos para compartir información con otras instituciones que contribuyan a una potencial estimación de costos por pérdidas y daños?

**Figura 6.** Herramientas para compartir información.

**Fuente:** elaboración propia con base en los resultados a partir de la herramienta mentimeter.

A la pregunta de posibles métodos para compartir información, en la Figura 6 se observa como los participantes sugirieron de forma más reiterada generar una red de actores, una comunidad de practica y talleres en los que expertos puedan coincidir y compartir su trabajo. Dentro de este ejercicio también se presentó la sugerencia de generar una plataforma web colaborativa, redes de instituciones, plataformas comunes de trabajo, coloquios, foros grupos focales y subgrupos de trabajo; es decir, en general se sugieren repositorios y plataformas de información común, recursos compartidos en línea, en segundo lugar, espacios de trabajo conjunto como foros y talleres. Podríamos sintetizar estas sugerencias en tecnologías de información y espacios de encuentro e intercambio.

5. ¿Qué sugerencias puede brindar al equipo sobre enfoques metodológicos, prácticas y pasos a seguir que contribuyan a la propuesta metodológica de

estimación de costos por pérdidas y daños para su potencial integración en el Sistema de Cuentas Nacionales?

**Tabla 19.** Principales sugerencias para enriquecer la propuesta metodológica

| Actividades vinculadas con la construcción, recopilación, sistematización y difusión de la información | Arreglos institucionales y marco normativo | Definición de criterios para el fortalecimiento de la propuesta. | Otros |
|---|---|---|---|
| Usar bases de datos internacionales EORA WIOT data base OCDE. | Hacer análisis empatando categorías con INEGI para que la información sea útil para otros fines. Tener mismas categorías que INEGI para que pueda usarse esa información | Vincular capital natural y servicios ecosistémicos (sector ambiental) con sector social y económico. Parece desvinculado cuando todo depende del capital natural | Revisar evaluaciones ex post de proyectos de inversión, las cuales pueden contener elementos que indiquen cambios en la rentabilidad por causas asociadas a cambio climático en proyectos de infraestructura |
| Realizar inventario de servicios ecosistémicos que ya se están valorando económicamente | Seguir colaborando con las diferentes dependencias para fortalecer, mejorar, ampliar la metodología | Cambiar enfoque a costos de la variabilidad climática posiblemente asociados a CC | Incorporar los costos sociales intangibles |
| Para insumo producto ver e estado de las investigaciones en la revista Economic System Research de la asociación de insumo producto internacional y sus reuniones www.iioa.org. | Probar la metodología con actores clave de distintos sectores, (incluyendo sector privado) para retroalimentación | Considerar impactos en patrimonio cultural tangible (zonas arqueológicas, sitios históricos) | Especializarse en pérdidas económicas (ingresos y daños físicos) especializarse en pérdidas no económicas (individuales-sociedad-ambiente) a través de una clasificación de objetos de conservación estimación/valoración económica |
| Revisión de estudios que hayan cuantificado los costos por eventos asociados al cambio climático. Incluir costos sociales. Continuar la colaboración con instituciones y organizaciones que trabajan en el tema | Sería bueno hacer una encuesta intersectorial sobre lo que ellos consideran políticas relacionadas con CC y las políticas a futuro | Definir período de tiempo de estudio, definir supuestos para atribución de eventos por CC, especificar el tema de agua, definir como se presentará el costo (pérdida promedio anual, etc.) | Revisar los resultados de la COP 26 respecto a pérdidas y daños y los requisitos relacionados con el BTR |

**Fuente:** elaboración propia con base en los resultados a partir de la herramienta mentimeter.

Los participantes coincidieron en la importancia de unificar los conceptos de este proyecto con los usados por el INEGI, de modo que la información se pueda utilizar en diferentes reportes, estimaciones y documentos, así como incluir los costos sociales derivados de eventos climáticos. También se insistió en la utilidad de grupos intersectoriales de trabajo y plataformas comunes de información.

El taller se concluyó con las palabras de la Maestra María del Pilar Salazar Vargas, directora de Economía Ambiental y de Recursos naturales del INECC identificando que en México se cuenta con las bases técnicas para estimaciones económicas y que se está avanzando en la valoración económica de pérdidas y daños, además este taller aporta a sensibilizar sobre la importancia de la contabilidad ambiental y la adaptación a efectos del cambio climático: la temporalidad y atribuciones de eventos extremos sigue siendo un reto pero se está dando un paso en generar consensos entre instituciones y la importancia de la perspectiva de género y derechos humanos en todos los estudios, investigaciones y trabajos relacionados con adaptación a efectos del cambio climático. El equipo consultor del COLEF y el INECC expresaron su agradecimiento a todos los asistentes y participantes del taller.

### Resultados obtenidos del taller

Derivado de las presentaciones y dinámica de interacción, los participantes emitieron comentarios sobre el avance, el planteamiento de la propuesta metodológica y aspectos a tomar en cuenta sobre los indicadores más apropiados, así como recomendaciones para futuros pasos relacionados con el objetivo del estudio. Uno de los resultados más relevantes fue el consenso entre los asistentes acerca de la pertinencia de este proyecto y cada uno de ellos resaltó la importancia del trabajo intersectorial además de expresar la disposición a cooperar con otras instancias, aportando su experiencia, conocimiento técnico y redes de trabajo en el objetivo de la identificación de costos relacionados con eventos climáticos.

Como resultado del análisis de las opiniones obtenidas en el ejercicio de interacción se logró la identificación de información faltante: la importancia del enfoque de género, de problemas ambientales preexistentes, la necesidad de alinear términos de trabajo con aquellos de INEGI de modo que la información sea estándar y pueda ser usada por diferentes instancias y la importancia de definir períodos de estudio adecuados.

Este taller ha sensibilizado a los participantes sobre la importancia de llevar a cabo acciones concretas sobre la participación comprometida en el intercambio de información, antes y/o después que se presente un evento del cambio climático,

con la institución a cargo de implementar la metodología; de tal manera que este compromiso fortalezca la sostenibilidad de la metodología en el mediano y en el largo plazo como una contribución a los esfuerzos de adaptación y mitigación al Cambio Climático.

# 11. REFERENCIAS


1. Aaheim, A. and A. Schjolden, 2004: An approach to utilise climate change impacts studies in national assessments. Global Environ. Chang., 14, 147-160.
2. Almeida, J., Rios, A. R., Prager, S., Schiek, B., & Gonzalez, C. E. (2020). Vulnerability to Climate Change and Economic Impacts in the Agriculture Sector in Latin America and the Caribbean. https://doi.org/10.18235/0002580
3. Antonini, C., & Argilés Bosch, J. M. (2017). Agriculture, Profitability and Climate Change: Can Accounting Help Identify Best Farming Practices? Empirical Case Study in Spain. https://doi.org/10.4236/as.2017.83015
4. Amarasingha, R., Marambe, B., Suriyagoda, L., Punyawardena, R., Herath, H., Jayawardena, S., Jayakody, P. *et al.* (2021). Climate change impacts on crops in Sri Lanka.
5. Australian Institute for Disaster Resilience. (2002). Manual 27: Dissaster Loss Assessment Guidelines.
6. Basnayake, S., Ulubasoglu, M., Rahman, M., Premalal, S., Chandrapala, L., Shrestha, M., . . . Gupta, N. 2021. Assessing potential loss and damage for flood hazard using an econometric modelling technique. APN Science Bulletin. doi:10.30852/sb.2021.1499
7. Bartelmus P (2014). Environmental–Economic Accounting: Progress and Digression in the SEEA Revisions. Review of Income and Wealth. Vol 60 No.4
8. Brandon, C., Brandon, K., Fairbrass, A., Neugarten, R. (2021). Integrating Natural Capital into National Accounts: Three Decades of Promise and Challenge. Review of Environmental Economics & Policy, 15(1), 134–153. https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1086/713075
9. Bindoff, N.L., P.A. Stott, K.M. AchutaRao, M.R. Allen, N. Gillett, D. Gutzler, K. Hansingo, G. Hegerl, et al. (2013). Detection and Attribution of Climate Change: from Global to Regional. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
10. Byers, E. A., Coxon, G., Freer, J., Hall, J.W. (2020). Drought and climate change impacts on cooling water shortages and electricity prices in Great Britain. Nature Communications 11:2239. https://doi.org/10.1038/s41467-020-16012-2
11. Botzen, W. J. W., Deschenes, O., & Sanders, M. (2019). The Economic Impacts of Natural Disasters: A Review of Models and Empirical Studies. Review of Environmental Economics and Policy, 13(2), 167–188. https://doi.org/10.1093/reep/rez004
12. Boyd, R., M.E. Ibarraran. 2011. “El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial.” Gaceta de Economía 16:115-133.

13. Carmona-Garcia L., Conraud-Koellner E., & Arredondo-Hidalgo M. (2019). Retos y desafíos de la contabilidad ambiental y sus impuestos. Caso México. Institut De Socio-économie Des Entreprises Et Des Organisations (Écully, Rhône). Recherches En Sciences De Gestion, (135), 117-138.
14. CEPAL (2014) Manual para la evaluación de Desastres
15. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. (2021a). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México. Resumen Ejecutivo 2020. México.
16. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. (2021b). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México. Resumen Ejecutivo 2018. México.
17. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. (2020). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México. Resumen Ejecutivo 2019. México.
18. CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). 1992. https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf
19. De la Rúa, C., Lechón, Y. (2016). An integrated Multi-Regional Input-Output (MRIO) Analysis of miscanthus biomass production in France: Socio-economic and climate change consequences. Biomass and Bioenergy 94, 21-30. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.08.003
20. Do, V.Q.; Phung, M.L.; Truong, D.T.; Pham, T.T.T.; Dang, V.T.; Nguyen, T.K. The Impact of Extreme Events and Climate Change on Agricultural and Fishery Enterprises in Central Vietnam. Sustainability 2021, 13, 7121
21. Doktycz, C., Abkowitz. 2019. Loss and Damage estimation for extreme weather events: state of the practice. Sustainability 11, 4243. https://doi.org/10.3390/su11154243
22. Ebi, K. L., Bowen K. (2016). Extreme events as sources of health vulnerability: Drought as an example. Weather and Climate Extremes 11: 95-102. http://dx.doi.org/10.1016/j.wace.2015.10.001
23. Estrada, F. E., Papyrakis, R.S.J., Tol, C., Gay-García. (2013). The economics of climate change in Mexico: implications for national/regional policy. Climate Policy 13: 738-750. https://doi.org/10.1080/14693062.2013.813806.
24. Estrada, F., Tol, R.S.J., Gay-García, C. (2015). The persistence of shocks in GDP and the estimation of the potential economic costs of climate change. Environmetal Modelling & Software 69: 155-165. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.03.010
25. FAO. 2021. The impact of disasters and crises on agriculture and food security:2021
26. Frame, D.J., Rosier, S.M., Noy, I., Harrington, L.J., Carey-Smith, T., Sparrow, S.N., Stone, D.A., Dean, S,M. (2020). Climate change attribution and the economic costs of extreme weather events: a study on damages from extreme rainfall and drought. Climatic Change 162: 781-797. https://doi.org/10.1007/s10584-020-02729-y
27. Galindo, L. M. 2010. La economía del cambio climático en México. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
28. Glibert, P. M. (2020). Harmful algae at the complex nexus of eutrophication and climate change. Harmful Algae 91, 101583. https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.03.001
29. Gulluscio, C., Puntillo, P., Luciani, V., Huisingh, D. 2020. Climate Change Accounting and Reporting: A Systematic Literature Review. Sustainability 12: 5455. https://doi.org/10.3390/su12135455
30. Ho, C.-H., Lur, H.-S., Yao, M.-H., Liao, F.-C., Lin, Y.-T., Yagi, N., & Lu, H.-J. (2018). The impact on food security and future adaptation under climate variation: a case study of Taiwan's agriculture and fisheries. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 23(3), 311–347. https://doi.org/10.1007/s11027-017-9742-3

31. Hoffman, S. Z. (2021). 100 Resilient Cities program and the role of the Sendai framework and disaster risk reduction for resilient cities. Progress in Disaster Science. 11:100189. https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2021.100189
32. Huang, C., Li, N., Zhang, Z., Liu, Y., Chen, X., Wang, F. 2020. Assessment of the economic cascading effect on future climate change in China: Evidence from agricultural direct damage. Journal of Cleaner Production 276: 123951. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123951
33. Hsiang S., Kopp R., Jina A., Rising J., Delgado M., Mohan S., Rasmussen D.J., Muir-Wood R., Wilson P., Oppenheimer M., Larsen Kate., and Houser T. (2017). Estimating economic damage from climate change in the United States. Science. Vol 356, Issue 6345.
34. Ibarrarán, M. E; Rodríguez Segura, M. (2007). Estudio sobre Economía del Cambio Climático en México. INE. 2007
35. INECC – PNUD (2016). Evaluación del cambio climático sobre las islas de México y su área de influencia. Proyecto 86487. Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. México: Programa de las Naciones Unidas. Alfonso Aguirre Muñoz.
36. INECC-PNUD. (2017). Documentación y análisis de la degradación y los impactos del cambio climático en los desiertos (zonas áridas y semiáridas) de México. Proyecto 86487. Plataforma de colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Paulina Alejandra Pontifes Cortés. México.
37. INECC. (2019). Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático México. 1ª. Edición. México. Disponible en: https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/fichas/ANVCC_LibroDigital.pdf
38. INECC (2021a) Report on Climate Vulnerability Assessment for Mexico, Technical advisory services for the preparation of GCF country programs. INECC. 2021
39. INECC (2021b). Macroeconomic risk profile: Mexico. Technical advisory services for the preparation of GCF country programmes. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. INECC. 2021
40. INEGI (2018). Sistema de Cuentas Nacionales de México. Fuentes y metodología, año base 2013 2013 https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/pibact/2013/metodologias/METODOLOGIA_CBYSB2013.pdf
41. INEGI (2020). Comunicado de prensa NÚM. 623/20. CUENTAS ECONÓMICAS Y ECOLÓGICAS DE MÉXICO 2019 https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/StmaCntaNal/CtasEcmcasEcolgicas2019.pdf
42. INEGI (2021). Cuentas de los Ecosistemas de México. Resultados del Proyecto Natural Capital Accounting and Valuation of Ecosystem Services (NCAVES). México, INEGI, 258 pp.
43. IPCC (2021). Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L.Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)].Cambridge University Press.
44. IPCC (2019). Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C. Resumen para responsables de políticas. ISBN 978-92-9169-353-5
45. Kolstad, C. D., & Moore, F. C. (2020). Estimating the Economic Impacts of Climate Change Using Weather Observations. Review of Environmental Economics and Policy, 14(1), 1–24. https://doi.org/10.1093/reep/rez024

46. Labriet, M., Joshi, S.R., Babonneau, F., Edwards, N.R., Holden, P.B., Kanudia, A., Loulou, R., Vielle, M. (2015). Worldwide impacts of climate change on energy for heating and cooling. Mitig Adapt Strateg Glob Change 20:1111-1136. https://doi.org/10.1007/s11027-013-9522-7
47. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Última reforma publicada DOF 05-06-2018
48. Ley General de Cambio Climático (LGCC) 2012. Última Reforma DOF 06-11-2020.
49. López Domínguez I., & Velázquez Boeta, R., (2020). Impacto del riesgo climático en las actividades económicas. Análisis del sector líneas aéreas. Contabilidad Y Negocios, 15(29), 40-57.
50. Martín, R., Gomes, C., Alleyne, D., Phillips, W. (2013). An assessment of the economic and social impacts of climate change on the energy sector in the Caribbean. En: The economic and social impacts of climate change on the energy. CEPAL-ONU. Santiago, Chile.
51. Moore, F. C., Baldos, U. Hertel, T., Diaz, D. 2017. New science of climate change impacts on agricultura implies higher social costo of carbon. Nature Communication, 8:1607.
52. Mudelsee Manfred (2019). Trend analysis of climate time series: A review of methods. Vol 190, p. 310-322. Earth-Science Reviews.
53. Nordhaus, W. D. (2017). Revisiting the social cost of carbon. PNAS 114: 1518-1523. https://doi.org/10.1073/pnas.1609244114
54. Nordhaus, W. (2018). Evolution of modeling of the economics of global warming: changes in the DICE model, 1992-2017. Climatic Change 148: 623-640. https://doi.org/10.1007/s10584-018-2218-y
55. Obst, C., Alfieri, A., Kroese, B. 2020. Advancing environmental-economic accounting in the context of the system of economic statistics. Statistical Journal of the IAOS 36: 629-645.
56. Olper, A., Maugeri, M., Manara, V., Raimondi, V. (2021). Weather, climate and economic outcomes: Evidence from Italy. Ecological Economics, 189:107156
57. Olivera-Villarroel, S.M., Binimelis-Raga, G., Orbe, R. (2012). The economic effects of intense rainfall in central states of the Pacific Coast of Mexico: Global Warming Impacts on Agriculture. The International Journal of Climate Change: Impacts and Responses 3.
58. Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. BMJ 2021, 372: 160. https://doi.org/10.1136/bmj.n160
59. Patz JA, Thomson MC (2018) Climate change and health: Moving from theory to practice. PLoS Med 15: e1002628. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002628
60. Pottier, A., Fleurbaey, M., Méjean, A., Zuber, S. (2021). Climate change and population: an assessment of mortality due to health impacts. Ecological Economics 183:106967.
61. Rennó, N. C., Silva-Spolador, H.F., Ricardo F. M. 2020. Assessing the economy-climate relationships for Brazilian agriculture. Empirical Economics 59:1161. https://doi.org/10.1007/s00181-019-01711-7
62. Rodríguez De Luque, J. J., Gonzalez Rodríguez, C. E., Gourdji, S., Mason-D'Croz, D., Obando Bonilla, D., Mesa Diez, J., & Prager, S. D. (2016). Impactos socioeconómicos del cambio climático en América Latina y el Caribe: 2020-2045. Cuadernos de Desarrollo Rural, 13: 11. https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr13-78.iscc
63. Rutger Hoekstra (2020). SNA and beyond: Towards a broader accounting framework that links the SNA, SDGs and other global initiatives. Statistical Journal of the IAOS 36
64. Sánchez, L. (Ed.). (2018). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: una visión gráfica (pp. 1-61). Santiago, Chile: CEPAL, Naciones Unidas.

65. Sarmiento C and Miller T. (2006) Costs and Consequences of Flooding and the Impact of the National Flood Insurance Program. FEMA
66. Schäfer L and Kreft S (2014). Loss and Damage: Roadmap to Relevance for the Warsaw International Mechanism. Germanwatch e.V.
67. SEMARNAT., INECC. (2012). Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México.
68. SEMARNAT (2016). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015. SEMARNAT. México. 2016.
69. SEMARNAT., INECC. (2018). Sexta Comunicación y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México
70. Thrin, C. N., Scrimgeour, F. 2021. Measuring the impact of climate change on agriculture in Vietnam: A panel Ricardian analysis. Agricultural Economics. https://doi.org/10.1111/agec.12677
71. Traerup, S.L.M., Ortiz, R.A., Markandya, A. (2011). The costs of climate change: a study of cholera in Tanzania. Int. J. Environ. Res. Public Health 8, 4386-4405. https://doi.org/10.3390/ijerph8124386
72. UNECE (2021). Implementation Guidelines for the Conference of European Statisticians' Set of Core Climate Change-related Indicators and Statistics Using the System of Environmental-Economic Accounting. United Nations.
73. United Nations, (2018). An Introduction to Ecosystem Accounting (pp. 1-25). New York, NY: United Nations Statistics Division. Retrieved from https://seea.un.org/Introduction-to-Ecosystem-Accounting
74. UNISDR. (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Estrategia Internacional Para La Reducción de Desastres de Las Naciones Unidas (EIRD).
75. UNFCCC. (2021). Online Guide to Loss and Damage. Obtenido de United Nations Framework Convention on Climate Change: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Online_Guide_June_2021.pdf
76. Van Bergeijk P., Lazzaroni, S. 2015. Macroeconomics of Natural Disasters: Strengths and Weaknesses of Meta-Analysis Versus Review of Literature
77. Van der Geest, K. & Schindler, M. (2017). Report: Handbook for assessing loss and damage in vulnerable communities; Bonn: United Nations University Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS).
78. Van der Geest, K., Van den Berg, R. (2021). Slow-onset events: a review of the evidence from the IPCC Special Reports on Land, Oceans and Cryosphere. Current Opinion in Environmental Sustainability, 50, 109-120
79. Vardon, M., Keith, H., Obst, C., & Lindenmayer, D. (2019). Putting biodiversity into the national accounts: Creating a new paradigm for economic decisions. Ambio, 48(7), 726–731. https://doi.org/10.1007/s13280-018-1114-
80. Wang, D., Jenkins, K., Forstenhausler, N., Lei, T., Price, J., Warren, R., Jenkins, R., Guan, D. 2021. Economic impacts of climate-induced crop yield changes: evidence from agri-food industries in six countries. Climatic Change 166, 30. https://doi.org/10.1007/s10584-021-03062-8
81. Warner, K. and van der Geest, K. (2013) 'Loss and damage from climate change: local-level evidence from nine vulnerable countries', Int. J. Global Warming, Vol. 5, No. 4, pp.367–386
82. Wilkins, A., Pennaz, A.., Dix, M.m Smith, A., Vawter, J., Karlson, D., Tokar, S., Brooks, E. 2021. Challenges and opportunities for Sendai Framework disaster loss reporting in the United States. Progress in Disaster Science. 10:100167. https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2021.100167

83. Zafar A., Alarcón M, Bakkensen L., Franco E. Gregd M. (2020) Developing a comprehensive methodology for evaluating economic impacts of floods in Canada, Mexico and the United States. International Journal of Disaster Risk Reduction. 50 (2020) 101861
84. Zhang, Y., Liang, J., Zeng, G., Tang, W., Lu, Y., Luo, Y., Xing, W., Tang, N., Ye, S., Li, X., Huang, W. (2020). How climate change and eutrophication interact with microplastic pollution and sediment resuspension in shallow lakes: A review. Science of The Total Environment 705, 135979. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135979