



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
POSGRADO EN GEOGRAFÍA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL

INTEGRACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO  
EN INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN TERRITORIAL;  
ATLAS NACIONAL DE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

**TESIS**  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
DOCTOR EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:  
**DANIEL IURA GONZÁLEZ TERRAZAS**

TUTOR: EDUARDO MANUEL MENDOZA CANTÚ  
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL, UNAM.

CIUDAD DE MÉXICO, MEXICO, 2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# ÍNDICE

RESUMEN .....	6
INTRODUCCIÓN .....	8
1. ANTECEDENTES .....	11
1.1 CONTEXTO GENERAL DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	11
1.2 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL DE POLÍTICA DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	17
1.3 MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	22
1.3.1 MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO .....	22
1.3.2 ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	25
2. VULNERABILIDAD .....	31
2.1 PERSPECTIVAS DE LA VULNERABILIDAD .....	31
2.2 VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO: IPCC (2007)-IPCC (2014) .....	34
2.3 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD .....	38
3. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO ..	41
3.1 DEFINICIÓN DEL MARCO CONCEPTUAL.....	41
3.2 CONSTRUCCIÓN DE UNA VULNERABILIDAD ESPECÍFICA.....	43
3.3 RESUMEN DE LA METODOLOGÍA.....	50
4. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO MULTINIVEL.....	52
4.1 NIVEL NACIONAL.....	52
4.1.1. ATLAS NACIONAL DE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO (ANVCC), UNA APROXIMACIÓN A NIVEL GENERAL DEL TERRITORIO .....	52
4.1.2 CASO VULNERABILIDAD DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS POR INUNDACIONES .....	64
4.1.3 VULNERABILIDAD A NIVEL ESTATAL.....	79
4.2 NIVEL REGIONAL .....	82
4.3 NIVEL LOCAL .....	84
4.4 COMPARACIÓN DEL ANVCC CON OTROS ATLAS DE VULNERABILIDAD.....	87
4.5 TOMA DE DECISIONES A DIFERENTES NIVELES.....	104
4.5.1 EL ANVCC SU INTEGRACIÓN MULTINIVEL Y ALCANCES.....	105
4.5.2 INTEGRACIÓN DE LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO EN INSTRUMENTOS DE TOMA DE DECISIONES A DIFERENTES NIVELES INSTITUCIONALES EN MÉXICO.....	109
5. FORTALECIMIENTO DE INSTRUMENTOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL.....	115
6. DISCUSIÓN.....	128
7. CONCLUSIONES .....	133
BIBLIOGRAFÍA.....	137

# ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.1 Emisiones de origen antropogénico de GEI totales (GtCO<sub>2</sub>eq/año) por sectores económicos. AFOUL es agricultura, silvicultura y otros usos del suelo. Fuente: Tomado de IPCC (2014c).
- Figura 1.2 Tendencias de GEI por sector para el periodo de 1990-2015. Tomado de INECC-SEMARNAT (2018).
- Figura 2.1 Enfoques para la evaluación de la vulnerabilidad del IPCC. Fuente: Tomada de Sharma y Ravindranath, (2019).
- Figura 2.2. Diferencia entre los enfoques del IPCC para evaluar la vulnerabilidad. Fuente: Tomado de GIZ (2016).
- Figura 3.1. Definiciones de las componentes de vulnerabilidad adaptadas con base al EAR4. Fuente: Adaptado de IPCC (2007).
- Figura 3.2. La unidad territorial (municipios o cuencas)
- Figura 3.3. Esquema de árbol de decisión, ejemplo con tres criterios. Fuente: Elaboración propia.
- Figura 3.4. Estructura de árbol jerárquico para la evaluación de la vulnerabilidad. Fuente: Elaboración propia.
- Figura 3.5. Esquema de metodología general para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático. Fuente: Elaboración propia.
- Figura 4.1. Plataforma del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático.
- Figura 4.2. Talleres para el proceso de participación de expertos para la construcción del ANVCC. Fuente: Tomado de INECC (2019).
- Figura 4.3. Árbol de decisión para la vulnerabilidad de asentamientos humanos por inundaciones. Fuente: Tomado de INECC (2019).
- Figura 4.4. Árbol con las componentes de exposición de asentamiento humanos por inundaciones. Fuente: Tomado de INECC (2019).
- Figura 4.5. Árbol con las componentes de sensibilidad de asentamiento humanos por inundaciones. Fuente: Tomado de INECC (2019).
- Figura 4.6. Representación espacial para la agregación de zonas inundables en municipios. Fuente: Tomado de INECC (2019).
- Figura 4.7. Árbol con las componentes de capacidad adaptativa de asentamiento humanos por inundaciones. Fuente: Tomado de INECC (2019).
- Figura 4.8. Mapa de a) exposición, b) sensibilidad, c) capacidad adaptativa y d) vulnerabilidad de la problemática de inundaciones en asentamientos humanos. Fuente: Elaboración propia.
- Figura 4.9. Ejemplo, del rango de vulnerabilidad, construido a partir del valor mínimo y máximo de la vulnerabilidad futura de los cuatro modelos de circulación general utilizados, respecto al valor actual de la vulnerabilidad. Fuente: Tomado de <https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/>
- Figura 4.10. Aumento de la vulnerabilidad con por lo menos un escenario de cambio climático. Fuente: Elaboración propia.

- Figura 4.11. Clasificación de nivel estatal de la Vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones en México. Fuente: Elaboración propia.
- Figura 4.12. Clasificación de la vulnerabilidad en asentamientos humanos por inundaciones en Baja California Sur. Fuente: Elaboración propia.
- Figura 4.13. Desagregación de variables para el municipio de Los Cabos, ante la vulnerabilidad de asentamientos humanos a inundaciones. Fuente: Tomado de <https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/>
- Figura 4.14. Esquema de metodología general a escala regional para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático. Fuente: Elaboración propia.
- Figura 4.15. Esquema de metodología general a escala local para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático. Fuente: Elaboración propia.
- Figura 4.16. Esquema para evaluar la vulnerabilidad ante deslaves a nivel local. Fuente: Tomado de WRI-PNUD-SEMARNAT-INECC (2021).
- Figura 4.17. Resultados de vulnerabilidad actual (derecha) y futura (izquierda) a nivel local. Fuente: Tomado del proyecto elaborado por WRI-PNUD-SEMARNAT-INECC (2021).
- Figura 4.18. Representación multinivel tomando como referencia el Atlas de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC). Fuente: Elaboración propia.
- Figura 4.19. Representación multinivel de la metodología propuesta para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático. Fuente: Elaboración propia.
- Figura 4.20. Grupo de los 1448 municipios vulnerables al cambio climático. Fuente Elaborado con información de (INECC, 2021a).
- Figura 4.21. Grupo de los 273 municipios vulnerables al cambio climático. Fuente Elaborado con información de (INECC, 2021a).
- Figura 4.22. Grupo de los 83 municipios vulnerables al cambio climático. Fuente: Elaborado con información de (INECC, 2021a).
- Figura 5.1. Representación de los diferentes niveles de vulnerabilidad al cambio climático y su relación con el ordenamiento territorial. Fuente: Elaboración propia.

## ÍNDICE DE TABLAS CUADROS

Tabla 1.1.	Enfoques de adaptación al cambio climático
Tabla 2.1.	Tipos de vulnerabilidad
Tabla 3.1.	Ecuaciones utilizadas para la evaluación de la vulnerabilidad por problemáticas asociadas al clima
Tabla 4.1.	Amenazas climáticas y sus problemáticas para distintos sectores
Tabla 4.2.	Problemáticas resultantes de la priorización con participación de expertos
Tabla 4.3.	Categorías para el índice de estacionalidad de la precipitación
Tabla 4.4.	Valores del índice de compacidad de la cuenca
Tabla 4.5.	Cálculo de porcentaje de zonas inundables y su valor de compacidad en las cuencas de un municipio
Tabla 4.6.	Cálculo del valor vegetación natural en zonas inundables para un municipio
Tabla 4.7.	Estandarización de los valores de población en zonas inundables para un municipio
Tabla 4.8.	Integración de elementos metodológicos del ANVCC en los niveles nacional, regional y local
Tabla 4.9.	Alcances de los resultados del ANVCC en los niveles nacional, regional y local
Tabla 5.1.	Atribuciones de acuerdo con la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano en los niveles nacional, regional y local
Tabla 5.2.	Instrumentos de planeación territorial y vulnerabilidad al cambio climático
Tabla 5.3.	Ejemplos de aportación y fortalecimiento en instrumentos específicos para el ordenamiento territorial

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1.	Instrumentos institucionales para regular e implementar medidas y acciones ante el cambio climático
Cuadro 4.1.	Ejemplo de resultados obtenidos con el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático

# RESUMEN

Se espera que los efectos del cambio climático sean diferenciales a lo largo del territorio mexicano. En México entre 1999 y 2017, por cada desastre geológico han ocurrido 13 desastres climáticos y su costo ha sido 10 veces mayor. Ante esta realidad, surge la necesidad de crear estrategias de adaptación al cambio climático que disminuyan la vulnerabilidad y aumenten la capacidad adaptativa en diferentes sistemas. En este sentido, el objetivo de esta tesis es evaluar la vulnerabilidad diferencial al cambio climático e integrarla en instrumentos de planeación territorial para la toma de decisiones a diferentes niveles.

Se propone una metodología general para realizar un diagnóstico de vulnerabilidad actual y futura, cuyo marco conceptual está basado en el Cuarto Reporte del Grupo de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). La vulnerabilidad se evaluó utilizando los principios de un análisis multicriterio, definiendo variables, criterios y componentes, con base en un enfoque territorial diferencial. Fue integrada por la exposición como una componente exclusivamente climática (actual y futura); la sensibilidad con factores no climáticos que hacen susceptible al objeto vulnerable; y la capacidad adaptativa donde se circunscribieron las capacidades institucionales para enfrentar las amenazas directa o indirectamente relacionadas con el clima.

La metodología propuesta para la evaluación de la vulnerabilidad se aplicó en el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC). El Atlas es una herramienta que da a conocer la vulnerabilidad territorial relacionada con el clima, para contribuir en la toma de decisiones en materia de adaptación al cambio climático en el contexto de la planeación del desarrollo. El enfoque del ANVCC se centra en analizar problemáticas específicas relacionadas con el clima, permitiendo hacer evidente la vulnerabilidad diferencial en el territorio considerando las condiciones climáticas actuales y escenarios climáticos proyectados. Proporciona recomendaciones específicas a nivel regional y subregional para fortalecer la política pública de adaptación al cambio climático en diferentes niveles de implementación, para aumentar las capacidades institucionales, y así reducir la vulnerabilidad al cambio climático.

Las vulnerabilidades evaluadas en el ANVCC mostraron que dadas las condiciones de cada sitio (municipio) se tendrá una contribución particular de cada una de las componentes, lo cual permitirá definir o proponer recomendaciones para la política pública de manera específica. Por lo tanto, el Atlas ayuda a identificar las regiones, sectores o poblaciones vulnerables, para contribuir a una estrategia de diseño, focalización e implementación de procesos de adaptación, y su correspondiente monitoreo y evaluación.

Ante la necesidad de la toma de decisiones basadas en información técnica-científica; la metodología propuesta y el Atlas, se utilizaron para proponer una evaluación de la

vulnerabilidad a escala regional y local, siempre considerando sus alcances y limitaciones. Se mostró que los resultados del ANVCC se han utilizado a diferentes niveles, por lo que se han podido integrar en la política pública nacional en el país. Reforzando el hecho de que un instrumento como el Atlas es una herramienta que responde a las necesidades de la política pública en materia de cambio climático en México. Ha sido integrado en instrumentos como en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas 2020-2024 (NDC, por sus siglas en inglés), en el Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024 (PECC), y en el indicador del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT), este último como parte del monitoreo y evaluación de las acciones recomendadas por el mismo Atlas.

En el mismo contexto, los resultados del ANVCC contribuyen al fortalecimiento de la planeación del territorio. Los resultados de la evaluación de vulnerabilidad se pueden utilizar: 1) como parte del diagnóstico territorial; 2) con la identificación de necesidades para el fortalecimiento institucional en materia de política pública para enfrentar el cambio climático; y 3) como complemento de información de otros instrumentos, como los Atlas de Riesgos en sus diferentes niveles.

El ANVCC es una herramienta sencilla, metodológicamente transparente, y útil para usuarios como tomadores de decisiones, por lo que su sentido es más que académico. Se trata de ir más allá de un ejercicio de investigación sin perder su rigor metodológico, pero siempre considerando un lenguaje simple de comunicación. Con ventajas y desventajas, el Atlas es la primera herramienta que integra la vulnerabilidad al cambio climático diferenciada territorialmente y con recomendaciones específicas a nivel nacional en México, lo cual conduce a robustecer las políticas públicas y la toma de decisiones en materia de cambio climático en el país.

# INTRODUCCIÓN

Así como a nivel global, en México los impactos del cambio climático son evidentes y diferenciados sobre el territorio. Se espera que ocurran eventos hidrometeorológicos más extremos e intensos, causando importantes pérdidas económicas en los sectores de turismo, energía, agricultura, ganadería, silvicultura, entre otros (Sosa-Rodríguez et al., 2013). Tan sólo se estiman que alrededor del 68% de la población y el 71% del Producto Interno Bruto (PIB) de México están altamente expuestos a los efectos negativos directos del cambio climático (INECC-2018).

El cambio climático va más allá de una problemática estrictamente científica, es un fenómeno transversal que se debe de enfrentar de manera interdisciplinaria, integral e institucional de forma paralela. Se requiere la integración de estrategias y políticas públicas de Estado, encaminadas hacia objetivos comunes: enfrentar los impactos negativos del cambio climático, disminuir la vulnerabilidad al cambio climático de individuos y sectores estratégicos, y aumentar las capacidades adaptativas a través de la implementación de acciones de adaptación.

Es preciso diseñar herramientas e instrumentos que incidan en la política pública; sin embargo, en materia de vulnerabilidad no resulta sencillo, porque la vulnerabilidad se puede conceptualizar de diferentes maneras y dependiendo de contextos específicos (Adger, 2006; Bruno et al., 2012). En México, los esfuerzos por evaluar la vulnerabilidad han sido diversos, los cuales consideran diferentes enfoques para su evaluación, desde una vulnerabilidad social (Rodríguez y Bozada, 2011; Bohórquez, 2013), una vulnerabilidad biofísica (de la Lanza et al. 2011; Núñez et al. 2016), hasta la vulnerabilidad al cambio climático (Conde et al. 1997, Conde et al. 2000; Ramírez León y Torres Bejarano, 2011; Monterroso et al., 2014a;b Zerecero-Salazar et al. 2015; Bolongaro et al., 2016; Soares y Sandoval-Ayala, 2016; Ramírez et al. 2017).

Aunque el desarrollo de la evaluación de la vulnerabilidad ha tenido importantes avances, es necesario incidir en la política pública, de aquí la importancia de desarrollar instrumentos que proporcionen un diagnóstico de la vulnerabilidad para ejecutar medidas viables de adaptación. A nivel internacional y nacional se han realizado esfuerzos para tener una visión del mundo a través de herramientas cartográficas como los Atlas, que han dado a conocer las amenazas y consecuencias para la sociedad y el medio ambiente, y así orientar sobre la reducción de daños. Las temáticas entorno al cambio climático que se han abordado son varias y todas ellas tratando de dirigir los resultados a tener una mayor certidumbre en diferentes tipos de análisis. Por ejemplo, el “Atlas de oportunidades de conservación en el bioma amazónico bajo consideraciones de cambio climático”, busca contribuir en la provisión de

información a los tomadores de decisiones para aportar al mantenimiento de la provisión de los servicios ecosistémicos (Prüssmann et al., 2017). Por otra parte, el “Atlas de Vulnerabilidad y resiliencia”, incluye los conceptos de vulnerabilidad y resiliencia en el contexto de la protección civil. Se analizan el sector urbano, infraestructura estratégica y la salud pública de países como Alemania, Austria y Suiza (Fekete y Hufschmidt, 2016). Otros Atlas, consisten en la comprensión científica del cambio climático, la recopilación y análisis de datos disponibles relacionados con eventos climáticos extremos y sus impactos sobre los recursos hídricos y la sociedad (Mambo y Faccer, 2017). De los Atlas que incorporan en mayor o menor grado la vulnerabilidad al cambio climático, como parte de su metodología, en función de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, se pueden mencionar: el “Atlas de Vulnerabilidad e Impacto del Cambio Climático en el Gran Chaco Americano” (REGATTA-PNUMA, 2016), “Malawi Hazards and Vulnerability Atlas” (DoDMA, 2015), el “Atlas de Vulnerabilidad Hídrica en México ante el Cambio Climático” expresado a nivel municipal (IMTA, 2015) y el de “Atlas de Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México” (Monterroso et al., 2014a). Incluso existe la herramienta para el diagnóstico de la vulnerabilidad al cambio climático en áreas naturales protegidas, la cual ha sido creada por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2021).

En este sentido, se requiere seguir desarrollando herramientas útiles para la toma de decisiones. Donde la información contribuya a la mejor comprensión de las causas y determinantes de una problemática, lo que puede conducir a mejorar la toma de decisiones en el contexto de la planeación. Derivado de esta necesidad de transitar de un producto académico a una herramienta de política pública, es como se ha planteado el objetivo general y los objetivos específicos de esta investigación:

### **Objetivo General**

Evaluar la vulnerabilidad diferencial al cambio climático e integrarla en instrumentos de planeación territorial para la toma de decisiones a diferentes niveles.

### **Objetivos Específicos**

- 1.** Desarrollar una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático.
- 2.** Implementar la metodología propuesta en instrumentos que incidan en la toma de decisiones.
- 3.** Demostrar que la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático puede ser integrada de manera multinivel (nacional, regional y local).
- 4.** Proponer el fortalecimiento de instrumentos de planeación territorial por medio de la evaluación de la vulnerabilidad.

La presente investigación pretende desarrollar una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y proporcionar una visión común en el ámbito de la toma de decisiones, con el objetivo de integrarla en instrumentos de planeación territorial. Para presentar el contexto y el desarrollo de esta investigación el documento está integrado por siete capítulos. En el **Capítulo 1**, se presenta los antecedentes que han llevado a desarrollar la investigación, la cual se deriva de la necesidad de evaluar los impactos observados y futuros del cambio climático a nivel global y en México. Dichos impactos requieren de atención y, por lo tanto, se aborda la mitigación y adaptación al cambio climático como alternativas que brindan medidas para disminuir los efectos del cambio climático, así como los marcos institucionales en México ante estas temáticas. En el **Capítulo 2**, se trata el tema de vulnerabilidad, dado que al identificar el grado de vulnerabilidad de un sistema se podrán diseñar medidas de adaptación adecuadas. Se presentan las diferentes aproximaciones conceptuales para su evaluación y en específico para la vulnerabilidad al cambio climático, tema central de esta tesis. En el **Capítulo 3**, se presenta la propuesta para la evaluación de la vulnerabilidad en el contexto de cambio climático. En el **Capítulo 4**, se muestra la aplicación de la metodología propuesta para tres niveles: nacional, regional y local, con base en el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC). Se hace una comparación entre las bases metodológicas del ANVCC y otros Atlas elaborados internacional y nacionalmente. Finaliza el capítulo con un análisis de los resultados del Atlas enfocado en la toma de decisiones. En el **Capítulo 5**, se presenta una propuesta de cómo los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad pueden fortalecer diferentes instrumentos de ordenamiento territorial para la toma de decisiones. Finalmente, en los **Capítulos 6 y 7**, se presenta la Discusión y las Conclusiones, respectivamente.

# 1. ANTECEDENTES

## 1.1 CONTEXTO GENERAL DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El Sexto Reporte de Evaluación (AR6, por sus siglas en inglés) del Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC), afirma que la influencia humana ha conducido a un calentamiento global de una manera acelerada y sin precedentes en al menos los últimos 2000 años (IPCC, 2021). La temperatura global de la superficie fue 1.09 [0.95 a 1.20] °C mayor en 2011-2020 que en 1850-1900, con un mayor aumento sobre la superficie terrestre (1.59 [1.34-1.83] °C) que sobre el océano (0.88 [0.68-1.01] °C). La estimación del aumento de la temperatura global de la superficie desde el Quinto Reporte de Evaluación (AR5, por sus siglas en inglés) se debe principalmente a un mayor calentamiento desde 2003-2012 (+0.19 [0,16 a 0,22] °C) (IPCC, 2021). Este calentamiento en las últimas décadas ha conducido a cambios en el clima, que han causado impactos en los sistemas naturales y humanos alrededor de todo el planeta.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), define el cambio climático como “el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (IPCC; 2018). Los impactos, son aquellos efectos sobre los sistemas naturales y humanos de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático, es decir las consecuencias y resultados de estos fenómenos. Los impactos del cambio climático pueden ser los efectos sobre la población, los medios de subsistencia, la salud, la economía, la cultura, los servicios, la infraestructura, los ecosistemas y los sistemas geofísicos debido a la interacción de los cambios o eventos climáticos que ocurren dentro de un período de tiempo específico (IPCC, 2014c).

El cambio climático se ha convertido en una problemática transversal, ya que sus impactos envuelven a diferentes sistemas ambientales, sociales, económicos y de infraestructura, los cuales son analizados en una escala temporal observada y proyectada bajo escenarios de cambio climático.

De acuerdo con el Banco Mundial a nivel global en 2020 había 7,762 millones de habitantes (BM, 2022), y de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2021) se espera que la población mundial aumente en 2,000 millones de personas en los próximos 30 años. Llegando a los 9,700 millones de habitantes en 2050, con un máximo de 11,000 millones de habitantes para 2100 aproximadamente. Misma población que podría verse afectada por el cambio climático observado y proyectado. Tan sólo entre los años 2000 y 2019, se ha registrado un aumento del 74.5% de eventos catastróficos

relacionados con fenómenos naturales climáticos, respecto al período anterior de 20 años. En 2020, se registraron más de 1,770 eventos climáticos que ocasionaron alrededor de 30 millones de nuevos desplazamientos, la cifra más alta desde 2010. Por ejemplo, se han tenido desplazamientos humanos a raíz de eventos como el huracán Katrina en Nueva Orleans, Luisiana, Estado Unidos ocurrido en 2005 (Cutter *et al.*, 2012), el huracán Mitch en América Central en 1998 y las hambrunas del norte de Etiopía en la década de 1980 (McLeman y Smit, 2006).

Los fenómenos hidrometeorológicos extremos han afectado a más de 4,000 millones de habitantes en todo el mundo, cobrando la vida de aproximadamente 1.23 millones de personas, con pérdidas económicas que ascienden a 2.97 billones de dólares (Thacker *et al.*, 2021). Por ejemplo, el clima severo (ocurrencia de ciclones y precipitaciones extremas) fue el principal factor que contribuyó a una caída del PIB australiano del 1.2% entre enero y marzo de 2011, en comparación con el aumento que tuvieron de 0.7% en el período anterior de 3 meses (IPCC, 2014b).

Estos fenómenos han ocasionado mayores impactos en los países más pobres, donde las comunidades y las personas tienen que vivir con recursos limitados e importantes vulnerabilidades (Thacker *et al.*, 2021). Alrededor del planeta, los impactos son muy diferenciales con cargas desproporcionadas para las personas pobres, las personas mayores y las personas marginadas (Wilhelmi *et al.*, 2012).

Los impactos del cambio climático en la salud de la población no serán igual, debido a la vulnerabilidad diferencial, ya sea por su ubicación geográfica, o bien por la condición física, así como por el acceso de los servicios de salud (Paavola, 2017). Se ha observado que actualmente son más comunes en todo el mundo la morbilidad y la mortalidad, ocasionadas por el estrés por el aumento de temperatura ambiente (Barriopedro *et al.*, 2011; Nitschke *et al.*, 2011; Diboulo *et al.*, 2012; Hansen *et al.*, 2012). Incluso las altas temperaturas, se han asociado con un aumento de los alérgenos transportados por el aire que actúan como desencadenantes de enfermedades respiratorias como el asma, la rinitis alérgica, la conjuntivitis y la dermatitis (Beggs, 2010). Las enfermedades transmitidas por vectores son las infecciones más importantes influenciadas por el cambio climático. Por ejemplo, se espera que el cambio climático influya en la distribución de la malaria, el virus del Nilo Occidental, la fiebre chikungunya, el dengue, la leishmaniasis, la enfermedad de Lyme y la encefalitis transmitida por garrapatas (Paavola, 2017). Se estima que con un calentamiento global de 1.5°C a 2.0°C aumentarán los riesgos de algunas enfermedades transmitidas por vectores, como la malaria y el dengue, lo que implica cambios potenciales en cuanto a su alcance geográfico (IPCC, 2018).

Se espera que, en las áreas urbanas donde habitan más de la mitad de la población mundial, el cambio climático tenga mayores impactos negativos debido al efecto combinado del cambio en los patrones de la temperatura y la precipitación con el efecto de la isla de calor urbano (Fischer *et al.*, 2012). En el 2020 al menos 2.59 mil millones de personas habitaban en metrópolis, lo que equivale a un tercio de la población global (ONU-Habitat, 2020), quienes ya están sufriendo los problemas

asociados con el cambio climático, desde el aumento de las precipitaciones y la frecuencia de las inundaciones tierra adentro hasta períodos de calor y frío más extremos. El aumento del nivel del mar amenaza a las áreas urbanas costeras, lo que implica un mayor riesgo de inundaciones y pérdidas en la propiedad e infraestructura (Leal *et al.*, 2019). Los habitantes de ciudades en países de ingresos bajos y medios son los más susceptibles por su exposición significativa a las condiciones climáticas cambiantes y a los contaminantes del aire; y a su capacidad limitada para controlar y adaptarse a estos riesgos (Kumar, 2021). A pesar de que las ciudades son centros de desarrollo, éstas dependen de las zonas rurales para tener suministros de energía, agua, materiales de construcción y alimentos, así como para la eliminación de desechos y sustancias de desecho (Koop y van Leeuwen, 2017).

El cambio climático también ha impactado a las zonas rurales. Los impactos están relacionados con el cambio de los patrones de precipitación y la ocurrencia de sequías, con implicaciones en la disponibilidad y el suministro de agua, la seguridad alimentaria y los ingresos agrícolas (IPCC, 2014a). Como resultado de la ocurrencia de olas de calor, se ha tenido un aumento de incendios forestales, (Pechony y Shindell, 2010), conduciendo a una alta preocupación para la seguridad humana, la salud y los ecosistemas. La contaminación del aire por los incendios forestales ha causado 339,000 muertes prematuras al año en todo el mundo (Johnston *et al.*, 2012).

Con respecto al rendimiento de cultivos relacionados con la seguridad alimentaria, los impactos negativos del cambio climático han sido más comunes que los impactos positivos (IPCC, 2014a). El aumento de la temperatura afecta los procesos fisiológicos clave en los cultivos; con un incremento de +3°C se esperan impactos negativos en el rendimiento de todos los cultivos (Teixeira *et al.*, 2013). A nivel mundial y en muchas regiones el rendimiento de trigo y maíz se ha afectado negativamente, de igual manera han disminuido los rendimientos del arroz y la soja en las principales regiones productoras del mundo (IPCC, 2014a).

Por otra parte, el ganado será afectado negativamente por el aumento de las temperaturas, según sea la magnitud de los cambios en la calidad del forraje, la propagación de enfermedades y la disponibilidad de recursos hídricos (IPCC, 2018). El estrés por el incremento de la temperatura reduce las tasas reproductivas del ganado (Hansen, 2009), debilita su rendimiento general (Henry *et al.*, 2012), lo que puede provocar la mortalidad masiva de animales en los corrales de engorde durante la ocurrencia de olas de calor (Polley *et al.*, 2013). En los Estados Unidos, las pérdidas económicas actuales debido al estrés por calor del ganado se estiman en varios miles de millones de dólares estadounidenses al año (St-Pierre *et al.*, 2003).

El IPCC en su quinto reporte indica que en las últimas décadas a escala global, se ha observado que diversas especies de plantas y animales terrestres y de agua dulce han cambiado su distribución geográfica, sus patrones de migración y sus actividades estacionales, lo que ha alterado su abundancia (IPCC, 2014a). De 105,000 especies en el mundo, se espera que el 6% de los insectos, el 8% de las plantas y el 4% de los vertebrados pierdan más de la mitad de sus áreas de distribución si el calentamiento global llega a los 1.5°C (IPCC, 2018). Con este aumento de temperatura se espera que

cambie la distribución de muchas especies marinas a latitudes más altas y aumente los impactos negativos en muchos ecosistemas. También se espera que cause la pérdida de recursos costeros; una disminución de la productividad de la pesca y la acuicultura, sobre todo en latitudes bajas (IPCC, 2014a).

## CASO DE MÉXICO

Dado que el cambio climático es diferenciado alrededor del planeta, los impactos también lo serán, aunado con lo anterior las condiciones sociales abonarán a tales efectos y dependerá del desarrollo de cada país.

Es posible que los impactos del cambio climático se distribuyan de manera heterogénea en México debido a su variedad de climas, recursos naturales y asignación de infraestructura, así como al desarrollo demográfico y económico (Sosa-Rodríguez *et al.*, 2014). Tan sólo el Banco Mundial (BM) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, por sus siglas en inglés), estiman que alrededor del 68% de la población y el 71% del Producto Interno Bruto (PIB) de México están altamente expuestos a los efectos negativos directos del cambio climático (INECC-2018).

En el territorio mexicano se espera ocurran eventos hidrometeorológicos más extremos e intensos, causando importantes pérdidas económicas para los sectores de turismo, energía, agricultura, ganadería, silvicultura entre otros (Sosa-Rodríguez *et al.*, 2014).

La zona costera de México comprende 17 de los 32 estados, con una extensión de alrededor de 1,100,000 km<sup>2</sup>, donde se concentra aproximadamente el 15% de la población total del país (Muñoz *et al.*, 2015). Sin embargo, las zonas costeras del Mar Caribe, el Golfo de México y el Pacífico Mexicano serán afectadas y es posible que sean susceptibles a daños por un aumento estimado de 1 m a 1.5 m en el nivel medio del mar (Overpeck y Weiss 2009; Sosa-Rodríguez *et al.*, 2014). Yucatán es el estado con mayor riesgo por inundación costera del país; actualmente el costo del daño anual esperado en dicha entidad es de 67 millones de dólares y se proyecta que esta cifra pueda aumentar hasta 4 mil millones de dólares en el año 2100 (INECC, 2018).

Los ecosistemas más impactados por el cambio climático y por las fuertes presiones de origen antropogénico son los arrecifes de coral, los manglares y humedales. Lo anterior reduce ampliamente la resiliencia de dichos ecosistemas y, a su vez, aumenta la vulnerabilidad de las actividades humanas (Muñoz *et al.*, 2015). Entre las actividades económicas costeras impactadas por el cambio climático esta la pesca. Para 2030 se espera que la pesca de camarón presente una disminución en las ganancias, lo que podría ser atribuible al aumento de la temperatura; aunque la mala gestión y la degradación de los ecosistemas costeros podrían exacerbar esta condición (Aguilar *et al.*, 2013).

De igual manera, el turismo de playa será afectado por el cambio climático, reduciendo las visitas como consecuencia de la ocurrencia de los fenómenos hidrometeorológicos extremos y la erosión de las playas bajas arenosas, barras costeras y dunas. Además de

la destrucción de muelles, carreteras e infraestructura de apoyo al sector (restaurantes, marinas y hoteles, entre otros) por las marejadas provocadas por los trenes de oleaje y aumento súbito de la marea costera por efecto de ciclones tropicales (Muñoz *et al.*, 2015). Por ejemplo, bajo un escenario climático de inacción, el sector turístico de Quintana Roo podría tener pérdidas económicas acumuladas durante este siglo de 107 mil millones de dólares (INECC, 2018).

Además de la región costera, el cambio climático impacta e impactará en diversas regiones dentro del territorio y en las actividades que se desarrollan al interior. En la infraestructura carretera que cruza el territorio de México desde el extremo norte hasta el extremo sur, los cambios en la precipitación y la temperatura han causado diversos daños a la integridad de la red vial. De acuerdo con Espinet *et al.* (2016), los estados de San Luis Potosí y Tamaulipas en la región noreste del país, se destacan como mayormente vulnerables al cambio climático en este tipo de infraestructura estratégica. El mismo autor proyecta un aumento del costo de mantenimiento de entre 1.5 y 5 mil millones de dólares para el mantenimiento de la red carretera nacional para el 2050.

En el sector forestal, se estima la disminución de las masas arboladas, principalmente por el estrés hídrico asociado a eventos de sequía y por el ataque de plagas y enfermedades, debido al estado de debilitamiento de los árboles. Se proyecta que en el país podría ocurrir una importante reducción del hábitat climático propicio para los biomas de clima templado, y una expansión del hábitat climático propicio para biomas de climas cálidos y secos (Monterroso *et al.*, 2015). Por ejemplo, el aumento de temperatura, de la reducción de precipitación y de la humedad atmosférica, un ecosistema fragmentado como el bosque mesófilo de montaña puede ser afectado negativamente ante estos cambios. En un escenario de cambio climático, dicho ecosistema puede disminuir su extensión dentro del territorio mexicano, donde posiblemente para 2080 sólo quede un 16% de su área actual (Golicher *et al.*, 2008; Ponce *et al.*, 2013). Por otro lado, con respecto a las zonas con inversiones para la rehabilitación de masas forestales para promover los servicios ambientales hidrológicos; una reducción de las precipitaciones puede afectar el crecimiento de las plántulas utilizadas en los programas de reforestación, reduciendo la recuperación y sostenibilidad de estos ecosistemas. El cambio climático y el cambio de uso del suelo actúan de manera conjunta, aumentando la degradación de los ecosistemas que amenazan la permanencia de los bosques templados de alta montaña en el Centro de México (Galicia *et al.*, 2015).

Una de las actividades económicas en México que han provocado cambios de uso de suelo, por su importancia, es la agricultura. La agricultura se realiza en casi 4 millones de unidades productivas que ocupan aproximadamente 22 millones de hectáreas, que corresponde al 11% del territorio nacional, y de ellas 5.7 millones son de riego y 16.3 millones de temporal (SAGARPA, 2013). Ante una disminución del número de días con humedad disponible, es posible que se tenga una reducción en las áreas con aptitud y de rendimiento para los cultivos, así como la reducción del periodo de crecimiento (Monterroso *et al.*, 2015). A nivel nacional la superficie apta para maíz se puede reducir

en 3% a 4.3% (Monterroso-Rivas *et al.*, 2011). Para los cultivos de maíz, caña de azúcar, sorgo, trigo, arroz, soya, un escenario de inacción implicaría reducciones en sus rendimientos de entre 5% y 20% en las próximas dos décadas, y de hasta 80% a finales del siglo. A finales del siglo, los estados con mayor aptitud para producción de maíz de temporal (Jalisco, Estado de México, Nayarit, Morelos, Michoacán, Guerrero y Colima) podrían perder entre 30% y 40% de sus rendimientos (SEMARNAT-INECC, 2018). Para el café, se espera una disminución del grado de aptitud de 50% al 70% de la superficie (Villers-Ruiz *et al.*, 2009; Ramírez-Granados *et al.*, 2014), lo cual está asociado a los cambios en los requerimientos hídricos y térmicos estacionales del cultivo (Villers-Ruiz *et al.*, 2009).

Dados los niveles actuales de participación de la población en el sector agrícola, un cambio en el clima podría llevar a 240,000 hogares adicionales por debajo de la línea de pobreza en las zonas rurales de México. El 50% estarán ubicados en el sur-sureste y más del 25% en el centro del país (López-Feldman, 2013). Los costos del cambio climático en la agricultura serían comparables a perder cerca del valor de dos años de la producción agrícola en México (INECC, 2018).

En respuesta al impacto negativo del cambio climático en las diversas actividades económicas, como la agricultura, las personas están predispuestas a migrar a otras áreas en busca de empleo. Jessoe *et al.*, (2018), bajo un escenario de emisiones medias, encontraron en México a migración de áreas rurales a urbanas aumentará de 0.7% a 1.4%, el trabajo local disminuirá entre un 0.3% y 1.4%, mientras que la migración a Estados Unidos aumentará entre un 0.05% y 0.25%. Los cambios porcentuales implican hasta 236,094 personas menos que serán empleadas localmente, 232,792 personas migrantes rurales-urbanos adicionales y más 41,275 migrantes de México a Estados Unidos. La migración de áreas rurales a urbanas podría tener consecuencias negativas, debido al aumento de población en estas zonas. En México, las áreas urbanas como las ciudades tienen un efecto polarizador al concentrar la riqueza y la pobreza, así como las actividades productivas y, por tanto, las oportunidades económicas, sociales y políticas.

En las zonas metropolitanas de la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, las pérdidas causadas por el cambio climático podrían rebasar los 1,000 millones de dólares en el decenio 2020-2029. Las áreas que rodean estos grandes centros urbanos podrían rebasar el umbral de pérdidas de al menos 1,000 millones de dólares durante las décadas de 2030 y 2040 (SEMARNAT-INECC, 2018). En los últimos 15 años, Poza Rica, Celaya, Cuernavaca, Pachuca y Mexicali han presentado alta frecuencia de golpes de calor (INECC-PNUD, 2017). Por la ocurrencia de ondas de calor producto del cambio climático y del crecimiento urbano en la zona Noroeste del país, se han reportado muertes derivadas del golpe de calor (Mayorga *et al.*, 2015). En contraste Oaxaca, Guadalajara, Monterrey, Querétaro y Valle de México han presentado un mayor número de eventos de golpe de frío. Por ambos efectos se espera un incremento en la demanda de consumos energéticos (uso de aire acondicionado o de calefacción) que atienda las necesidades de confort. Para el año 2050, se espera un aumento promedio en el consumo eléctrico de 4%, con un costo anual total de 1,075 millones de dólares, y podría

alcanzar un incremento de 12% en 2100. Este aumento representaría un costo total anual de aproximadamente 4,367 mil millones de dólares en ese año (INECC, 2018).

Los eventos extremos provocan afectaciones en la salud de la población, por lo que se espera que para 2050 se requeriría utilizar el equivalente de hasta el 20% del PIB para gastos en salud, ante un escenario de inacción (Leal *et al.*, 2008).

Ante el cambio climático, es innegable el aumento de la incidencia de las enfermedades transmitidas por vector, incluyendo el dengue (Morin *et al.*, 2013; Brunkard *et al.*, 2008). Se ha proyectado que para el 2030, todos los estados costeros presentarían alto riesgo de fiebre del dengue, siendo las regiones pobres y vulnerables las más afectadas (Riojas Rodríguez *et al.*, 2011). Bajo un escenario de inacción, se aumentarían los costos de 62% y 100% para enfermedades por golpe de calor, entre 10% y 12% para enfermedades gastrointestinales y entre 25% y 31% para enfermedades transmitidas por vector (INECC, 2018).

Además de la salud física, la salud mental de la población será afectada por causa del cambio climático. Burke *et al.* (2018), reportaron que las tasas de suicidio aumentan un 2.1% en los municipios del país por un incremento de 1.0°C en la temperatura media mensual. Este efecto es similar en las regiones más cálidas frente a las más frías, lo cual no ha disminuido con el tiempo, lo que indica una adaptación histórica pero limitada. Sin embargo, se proyecta que ante un escenario pesimista podrían ocurrir 40,000 suicidios adicionales en México para 2050, derivado del cambio climático.

## 1.2 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL DE POLÍTICA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

El cambio climático se considera como una causa de crisis social y ambiental en todas las escalas territoriales y afectar directamente los modelos de desarrollo económico de los países del mundo, por lo que se requiere abordar desde diversas temáticas.

En México, el reto transversal del cambio climático en la toma de decisiones es tomar e implementar acciones que incidan en la reducción de los efectos negativos del cambio climático involucrando a los tres órdenes de gobierno. Desarrollando las capacidades para fomentar un trabajo en conjunto e integrado entre instituciones de la administración pública federal y los gobiernos estatales y municipales, una manera de atención a una realidad en diferentes escalas territoriales (López y Laguna, 2020).

En 2015, durante la 21ª sesión de la Conferencia de las Partes (COP) se creó un acuerdo histórico para combatir el cambio climático y avanzar hacia un futuro bajo en emisiones, lo que se conoce como Acuerdo de París. Actualmente más de 190 países se han unido y han reconocido al cambio climático como una amenaza para el planeta y han optado por reforzar la respuesta mundial frente a este fenómeno. México no ha sido la excepción y se ha convertido en un actor relevante en estos esfuerzos internacionales. Desde 1992 firmó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio

Climático (CMNUCC) y fue uno de los primeros países en ratificar el Protocolo de Kyoto. Además, fue el primer país en presentar una Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) y ratificó el Acuerdo de París en 2016 (Carrillo, 2019).

Como parte de estos compromisos, en el país se han expedido diversos instrumentos jurídicos y arreglos institucionales para regular e implementar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, los cuales se muestran a continuación:

### **Cuadro 1.1.** Instrumentos institucionales para regular e implementar medidas y acciones ante el cambio climático

<b>2012</b>	
10 de octubre. Entrada en vigor de la <b>Ley General de Cambio Climático (LGCC).</b>	Determina los instrumentos de planeación de la política nacional de cambio climático. Define las facultades de los tres órdenes de gobierno, y establece las bases para una política climática de largo plazo.
5 de diciembre. Creación del <b>Fondo de Cambio Climático (FCC).</b>	Capta y canaliza los recursos financieros públicos, privados, nacionales e internacionales, para apoyar la implementación de acciones para enfrentar el cambio climático.
6 de diciembre. Presentación de la <b>5a Comunicación Nacional ante la CMNUCC y del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGEI)</b>	Fue el resultado de una serie de estudios elaborados por diferentes sectores, y una serie de consultas realizadas a actores clave durante casi tres años.
<b>2013</b>	
29 de enero. Instalación de la <b>Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC).</b>	Promueve la coordinación de acciones entre las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal en materia de cambio climático.
14 de mayo. Establecimiento del <b>Consejo de Cambio Climático (C3).</b>	Es el órgano de consulta de la CICC, está integrado por miembros provenientes de los sectores social, privado y académico con reconocidos méritos y experiencia en cambio climático.
30 de mayo. Publicación de la <b>Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40 años (ENCC).</b>	Define los pilares de la política nacional de cambio climático. Sustenta los ejes estratégicos en materia de adaptación y los de mitigación, que conducen hacia un

	desarrollo bajo en emisiones, con base en una ruta de 10, 20 y 40 años.
5 de octubre. Creación del <b>Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)</b> .	El Artículo 13 de la LGCC dispone la creación del INECC, como un organismo público descentralizado de la Administración Pública Federal.
Noviembre. El Congreso aprueba, dentro del IEPS, el <b>Impuesto al Carbono</b> .	Establece diversas cuotas dependiendo del dióxido de carbono producido por cada combustible fósil. Cumple con: 1) reducir las emisiones y 2) incrementar la recaudación del Gobierno Federal.
Diciembre. El Congreso aprueba la <b>Reforma Energética</b> .	Implica la modernización del sector energético del país.
<b>2014</b>	
28 de junio. Publicación del <b>Programa Especial del Cambio Climático (PECC) 2014-2018</b> .	Establece los objetivos, estrategias, acciones y metas para enfrentar el cambio climático. Por medio de la definición de prioridades en materia de adaptación, mitigación e investigación en relación con la ENCC.
28 de octubre. Publicación del <b>Reglamento del Registro Nacional de Emisiones (RENE)</b> .	Instaura la creación de acuerdos que definirán los aspectos técnicos para la operación del Registro.
18 de diciembre. Instalación del <b>Sistema Nacional de Cambio Climático (SINAC)</b> .	Permite la consecución efectiva de los distintos objetivos y metas indicativas planteadas en la LGCC, así como con los compromisos internacionales en cambio climático por parte de México.
<b>2015</b>	
28 de marzo. Presentación de las <b>Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC)</b> .	México fue el primer país en desarrollo, en presentar sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional ante la CMNUCC. Contiene las componentes de mitigación y adaptación al cambio climático.
23 de octubre. Presentación del <b>1er Informe Bienal de Actualización (BUR, por sus siglas en inglés)</b> .	Incluye los avances del país en materia de inventario de gases y compuestos de efecto invernadero 2013, acciones de mitigación, iniciativas de financiamiento, y medición, verificación y reporte; así como información sobre las emisiones de carbono negro.
<b>2016</b>	

17 de septiembre. El Congreso <b>ratifica el Acuerdo de París.</b>	El Acuerdo de París compromete a los países a descarbonizar sus economías durante la segunda mitad del siglo y a aumentar su resiliencia, asegurando la consolidación del régimen climático internacional.
<b>2017</b>	
10 de agosto <b>Renovación del C3.</b>	Tuvo una renovación parcial en 2017, fecha a partir de la cual reinició su operación como segunda etapa de operación 2017 a 2020.
<b>2018</b>	
13 de julio. El Congreso <b>reforma</b> la LGCC para incluir: metas del <b>Acuerdo de París, NDC, NAP, CCVC y mercado de carbono.</b>	Se publican reformas como resultado de los compromisos adquiridos por México durante la COP21 de la CMNUCC.
28 de noviembre. Presentación de la <b>6a Comunicación Nacional</b> ante la CMNUCC, el <b>2º BUR y el INEGI.</b>	La 6ª Comunicación rinde cuentas de las acciones nacionales durante el periodo 2012-2017. De manera conjunta se presenta la actualización del INEGI 1990-2015 y la actualización del BUR sobre las acciones de mitigación de 2016-2018.
<b>2019</b>	
<b>Actualización</b> de la ENCC, el PECC y las NDC.	Inicia la actualización de la ENCC, el PECC y las NDC.
Planeación de la <b>Política Nacional de Adaptación (NAP).</b>	Durante la COP23, México señaló su disposición para iniciar la preparación de un Plan Nacional de Adaptación (NAP). En vías de reducir la vulnerabilidad de la población, los ecosistemas y las actividades económicas y hacer sinergias entre mitigación y adaptación.
<b>2020</b>	
Agosto. La Comisión Intersecretarial aprueba el <b>PECC 2020-2024.</b>	171 acciones puntuales comprometidas por las 14 Secretarías miembros de la CICC, además de 14 organismos del Gobierno de México.
Actualización de las <b>NDC.</b>	Contiene un componente de adaptación ampliado y el de mitigación fortalecido.

	Incluye la información sobre la decisión 4/CMA.1 de las Reglas de Katowice en el Marco de Transparencia Reforzado.
06 de noviembre. Reforma de la <b>LGCC</b> .	Última reforma a la LGCC.
<b>2021</b>	
Octubre. Presentación de la actualización del <b>INEGI</b> .	Muestran las emisiones de GEI que se emitieron en 2019. En México se emitieron 736.63 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO <sub>2</sub> e).
08 noviembre. Se publica en el DOF el <b>PECC 2020-2024</b> .	Instrumento para la implementación de acciones para que México enfrente los impactos negativos del cambio climático, sobre el patrimonio biocultural, la infraestructura nacional, la economía y el Estado de Bienestar.

Elaborado con información de:

- <https://www.gob.mx/inecc/documentos/ley-general-de-cambio-climatico-junio-2012>
- [https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/fondo\\_para\\_el\\_cambio\\_climatico\\_2016\\_mexico.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/fondo_para_el_cambio_climatico_2016_mexico.pdf)
- [https://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/library/environment\\_energy/quinta-comunicacion-nacional.html#:~:text=El%20objetivo%20de%20la%20Comunicaci%C3%B3n,clim%C3%A1tico%20y%20de%20desarrollo%20sustentable.](https://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/library/environment_energy/quinta-comunicacion-nacional.html#:~:text=El%20objetivo%20de%20la%20Comunicaci%C3%B3n,clim%C3%A1tico%20y%20de%20desarrollo%20sustentable.)
- <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/comision-intersecretarial-de-cambio-climatico-cicc>
- <https://cambioclimatico.gob.mx/consejo-de-cambio-climatico-2/#:~:text=El%20Consejo%20de%20Cambio%20Clim%C3%A1tico,y%20experiencia%20en%20cambio%20clim%C3%A1tico.>
- [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5301093&fecha=03/06/2013#:~:text=Para%20alcanzar%20esta%20visi%C3%B3n%20y,un%20desarrollo%20bajo%20en%20emisiones.](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301093&fecha=03/06/2013#:~:text=Para%20alcanzar%20esta%20visi%C3%B3n%20y,un%20desarrollo%20bajo%20en%20emisiones.)
- [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5505376&fecha=22/11/2017#:~:text=El%20INECC%20tiene%20su%20origen,de%20Ecol%C3%ADa%20Urbana%20y%20una](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5505376&fecha=22/11/2017#:~:text=El%20INECC%20tiene%20su%20origen,de%20Ecol%C3%ADa%20Urbana%20y%20una)
- <https://ciep.mx/el-impuesto-al-carbono-y-el-ieps-petrolero/>
- [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164370/Resumen\\_de\\_la\\_explicacion\\_de\\_la\\_Reforma\\_Energetica11.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164370/Resumen_de_la_explicacion_de_la_Reforma_Energetica11.pdf)
- [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5342492&fecha=28/04/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342492&fecha=28/04/2014)
- <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/registro-nacional-de-emisiones-rene-17015>
- <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-cambio-climatico-sinacc-17064#:~:text=El%20SINACC%20est%C3%A1%20conformado%20por,el%20Congreso%20de%20la%20Uni%C3%B3n.>
- <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/contribuciones-previstas-y-determinadas-a-nivel-nacional-indc-para-adaptacion>
- <https://www.gob.mx/inecc/documentos/primer-informe-bienal-de-actualizacion-ante-la-convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico#:~:text=El%20Informe%20Bienal%20de%20Actualizaci%C3%B3n,y%20provee%20a%20la%20comunidad>
- <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/mexico-entrega-a-la-onu-la-ratificacion-del-acuerdo-de-paris>
- [file:///D:/Cambio%20clim%C3%A1tico\\_2/impactos/Primera%20Parte\\_c3parte2.pdf](file:///D:/Cambio%20clim%C3%A1tico_2/impactos/Primera%20Parte_c3parte2.pdf)
- <https://www.gob.mx/inecc/documentos/ley-general-de-cambio-climatico-junio-2012#:~:text=Algunos%20de%20los%20objetivos%20de,adaptaci%C3%B3n%20y%20mitigaci%C3%B3n%20al%20cambio>
- <https://www.gob.mx/inecc/articulos/sexta-comunicacion-nacional-ante-la-cmnucc?idiom=es#:~:text=La%20Sexta%20Comunicaci%C3%B3n%20Nacional%20de,dar%20cumplimiento%20a%20las%20Contribucio>
- [https://iki-alliance.mx/wp-content/uploads/Informe-final\\_Hoja-de-Ruta-NAP\\_abril-2019-1.pdf](https://iki-alliance.mx/wp-content/uploads/Informe-final_Hoja-de-Ruta-NAP_abril-2019-1.pdf)
- <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/aprueba-comision-intersecretarial-el-pecc-2020-2024-y-refrenda-los-compromisos-de-mexico-ante-el-acuerdo-de-paris>
- <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Mexico%20First/NDC-Esp-30Dic.pdf>
- [https://www.gob.mx/inecc/prensa/presenta-inecc-el-inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-1990-2019?idiom=es#:~:text=Los%20resultados%20del%20INEGyCEI%20muestran,\)%2C%20perfluorocarbonos%20\(PFCs\)%2C](https://www.gob.mx/inecc/prensa/presenta-inecc-el-inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-1990-2019?idiom=es#:~:text=Los%20resultados%20del%20INEGyCEI%20muestran,)%2C%20perfluorocarbonos%20(PFCs)%2C)
- <https://www.gob.mx/conavi/documentos/programa-especial-de-cambio-climatico-pecc>

La articulación de mandatos para los diferentes niveles de gobierno promovió una participación más activa de los estados y municipios en la acción climática. Sin embargo, es necesario mejorar la coordinación en todos los niveles de gobierno y evitar la superposición y duplicación de responsabilidades (Carrillo, 2019); ya que el objetivo en común es disminuir los efectos negativos del cambio climático en todos los niveles.

## 1.3 MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

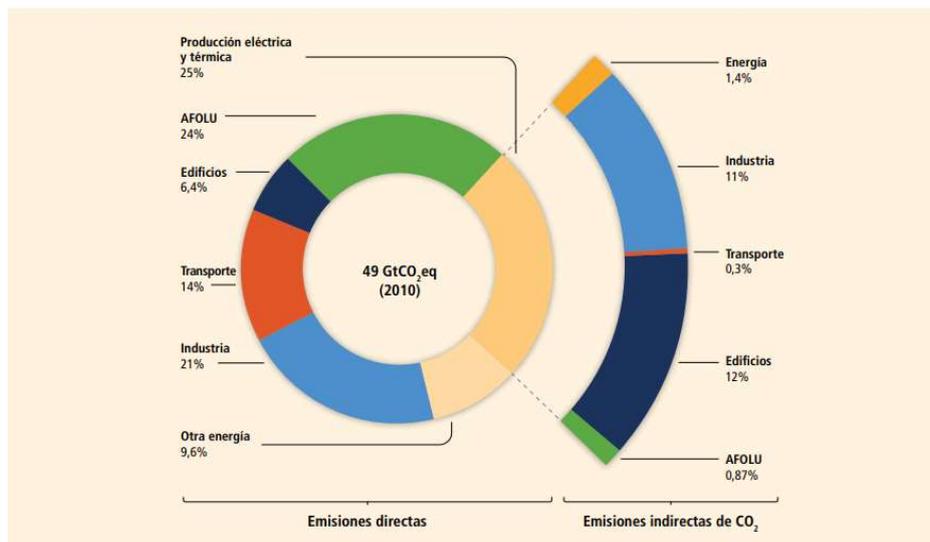
El calentamiento global y el cambio climático estarán determinados por cómo continúan las emisiones de gases de efectos invernadero (GEI) y cómo responde el sistema climático a esas emisiones. Ante este escenario, es imprescindible la necesidad de evaluar los efectos del cambio climático y desarrollar acciones tempranas que minimicen o reduzcan los impactos derivados de los cambios en el clima. Es necesario el control de las emisiones de gases de efecto invernadero, y simultáneamente se requiere plantear respuestas a los efectos que este fenómeno presentará sobre los diferentes sistemas y sectores de actividad (FEMP, 2010). Se requiere proponer estrategias de mitigación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y de estrategias de adaptación cuyo objetivo es gestionar los efectos actuales y futuros del cambio climático que son inevitables (Adger, *et al.*, 2018).

### 1.3.1 MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

El IPCC (2014c) define a la mitigación como “una intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero” (Brügger *et al.*, 2015).

Alrededor de la mitad de las emisiones antropogénicas acumuladas de CO<sub>2</sub> entre 1750 y 2010 se han producido en los últimos 40 años. En 1970 las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles fósiles, la producción de cemento y la combustión desde 1750 fueron de 420±35 GtCO<sub>2</sub>; en 2010 ese total acumulado se triplicó hasta alcanzar los 1300±110 GtCO<sub>2</sub>. Las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> procedentes de la silvicultura y otros usos del suelo desde 1750 pasaron de 490±180 GtCO<sub>2</sub> en 1970 a 680±300 GtCO<sub>2</sub> en 2010 (IPCC, 2014c) (**Figura 1.1**).

### Emisiones de gases de efecto invernadero por sectores económicos



**Figura 1.1.** Emisiones de origen antropogénico de GEI totales (GtCO<sub>2</sub>eq/año) por sectores económicos. AFOUL es agricultura, silvicultura y otros usos del suelo. Fuente: Tomado de IPCC (2014c).

A nivel mundial, se espera que para estabilizar las condiciones climáticas en un aumento no mayor a 2.0°C de temperatura, es necesario reducir las emisiones de GEI a 20 GtCO<sub>2</sub>e en el 2050 (IPCC, 2014c).

## MÉXICO Y LA MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

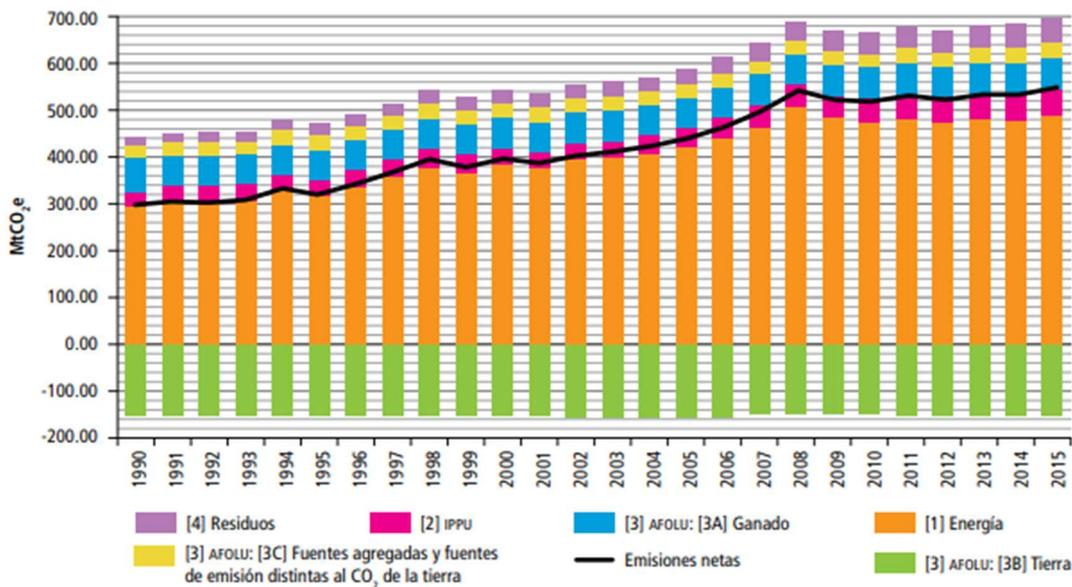
De los 195 países considerados por las Naciones Unidas, México se encuentra en los 20 países más emisores de gases de efecto invernadero. En los últimos 20 años la posición del país ha variado entre el lugar 11 y 13 (Gobierno de México-SEMARNAT, 2020). A 2018 la emisión de GEI de México fue de 647 MtCO<sub>2</sub>e lo cual representan el 1.42% de las emisiones a nivel mundial, y es el segundo país de Latinoamérica con una mayor contribución, sólo superado por Brasil en el séptimo lugar (Mengpin *et al.*, 2021).

Los subsectores que más emisiones generan en México son:

- Transporte con 193.2 MtCO<sub>2</sub>e (28%)
- Generación de electricidad con 156.6 MtCO<sub>2</sub>e (23%)
- Agricultura (96.8 MtCO<sub>2</sub>eq, 14%)
- Industria manufacturera y de la construcción (66.7 MtCO<sub>2</sub>e, 10%) residuos (46.8 MtCO<sub>2</sub>e, 7%)
- Procesos industriales (40.5 MtCO<sub>2</sub>e, 6%)
- Emisiones fugitivas (31.7 MtCO<sub>2</sub>e, 5%)
- Quema de otros combustibles (26 MtCO<sub>2</sub>e, 4%)
- Edificaciones (21.6 MtCO<sub>2</sub>e, 3%).

## INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO DE MÉXICO

El Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI), contiene la estimación de las emisiones antropogénicas de gases y compuestos de efecto invernadero y de la absorción por los sumideros. La elaboración del INEGYCEI tiene su origen en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), donde México se unió en 1992, y ratificó su integración en 1993. Desde entonces, el Gobierno de México se comprometió a cumplir con los lineamientos establecidos en este instrumento, entre los que se encuentra el de desarrollar y actualizar un inventario nacional de gases de efecto invernadero. Desde 1997, México ha presentado sus inventarios nacionales en seis Comunicaciones Nacionales (INECC y SEMARNAT, 2015).



**Figura 1.2.** Tendencias de GEI por sector para el periodo de 1990-2015. Fuente: Tomado de INECC-SEMARNAT (2018).

Los sectores que se incluyen en la estimación de las emisiones son cuatro, siguiendo la metodología del IPCC: 1) Energía, 2) Procesos industriales y uso de productos (IPPU, por sus siglas en inglés), 3) Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés), y 4) Residuos. Tiene información sobre los seis gases de efecto invernadero (GEI): dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrofluorocarbono (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ) (Figura 1.2). En adición, México incluye las estimaciones de las emisiones de carbono negro, un forzante climático de vida corta para el cual el país ha establecido compromisos de reducción de emisiones (SEMARNAT-INECC, 2018).

## INSTRUMENTOS DE POLÍTICAS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN MÉXICO

México ha promovido políticas, estrategias y medidas para reducir las emisiones de GEI en diversos sectores, fundamentadas en instrumentos como la Ley General de Cambio Climático, la Estrategia Nacional de Cambio Climático, el Programa Especial de Cambio Climático y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (SEMARNAT-INECC, 2018):

- **Energía:** En 2013 el país inició la llamada reforma energética (RE). Como parte integral de ésta, en 2015 entraron en vigor la Ley de Transición Energética (LTE) y la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) y, en 2016, la Estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios. Se han adoptado medidas fiscales e instrumentos de mercado para promover la adopción de tecnologías más limpias en la producción de bienes y servicios, y desincentivar la emisión de GEI, lo que incluye el mercado de carbono.
- **Transporte:** Se modificó la norma NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013 para incrementar el rendimiento en el consumo de combustible de vehículos automotores ligeros nuevos que se comercializan en el país.
- **Industria:** se ha optimizado los insumos y el aprovechamiento de residuos provenientes de otros sectores, como materia prima.
- **Sectores residencial y comercial:** Se han desarrollado instrumentos regulatorios enfocados a la eficiencia energética, mediante el uso de tecnologías eficientes o basadas en fuentes de energía renovables.
- **Forestal:** En 2017 se publicó la Estrategia nacional de reducción de emisiones por deforestación y degradación (ENAREDD+).
- **Ganadería:** Se han promovido prácticas para reducir emisiones, como la instalación de biodigestores.

En el periodo 2013-2017, como resultado de las acciones realizadas por el gobierno federal y las entidades federativas, las emisiones se redujeron 70.2 MtCO<sub>2</sub>e en el país, con respecto a la línea base de 2013 (SEMARNAT-INECC, 2018).

A nivel internacional México con base en su NDC actualizada, se ha comprometido a aumentar su ambición para pasar del 22% al 30% en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero con recursos propios y con una meta condicionada fortalecida del 36% al 40%. Lo que permitirá en el mediano y largo plazo salvaguardar a la población más vulnerable (SEMARNAT, 2022).

### 1.3.2 ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

La segunda estrategia ante los efectos negativos del cambio climático es la adaptación. La adaptación, se refiere a políticas, proactivas o reactivas, que buscan reducir la vulnerabilidad biofísica, social y económica (o mejorar la resiliencia) de un área

determinada, organización, grupo de población o individuos al cambio climático, lo que implica crear beneficios locales (Dolsak y Prakash, 2018).

El IPCC (2014b) define a la adaptación como el “Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos”.

En general, la adaptación se centra en tres objetivos: 1) aumentar la capacidad de adaptación, o la capacidad de responder de manera eficaz a las tensiones y perturbaciones cambiantes para gestionar o reducir el riesgo; 2) aumentar la resiliencia, o la capacidad de un sistema social o ecológico para seguir funcionando cuando se enfrenta a un impacto y estrés; y 3) reducir la vulnerabilidad o la susceptibilidad al daño cuando se expone a un peligro externo. Dichos objetivos están interrelacionados, ya que un sistema con mayor capacidad de adaptación debería ser menos vulnerable a los daños y, por consiguiente, más resistente y capaz de hacer frente al riesgo (Owen, 2020). Por ejemplo, de acuerdo con Coninck *et al.* (2018) los habitantes de las islas del Pacífico han fortalecido su capacidad de adaptación y han reducido su vulnerabilidad al desarrollar sistemas para compartir recursos y mano de obra, lo que ha ayudado a las comunidades a prepararse y recuperarse de sequías y ciclones.

Existen diversos enfoques de adaptación (CONANP-PNUD, 2021): Adaptación basada en ecosistemas (AbE), Adaptación basada en comunidades (AbC), Adaptación basada en Reducción de Riesgo de Desastres (AbRRD) (**Tabla 1.1**).

**Tabla 1.1.** Enfoques de adaptación al cambio climático

Tipo	Descripción
<p><b>Adaptación basada en ecosistemas (AbE)</b></p>	<p>Integra el uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en una estrategia general para ayudar a las personas a adaptarse al cambio climático. La adaptación debe invertir en la conservación, gestión y restauración de los ecosistemas para mejorar los servicios de los ecosistemas y, posteriormente, reducir los impactos del cambio climático en los sistemas sociales y ecológicos. Tiene tres elementos principales: 1) el uso de los servicios ecosistémicos o de los ecosistemas; 2) posee beneficios sociales para mejorar la calidad de vida de las personas, y 3) considera las amenazas climáticas actuales y futuras (SEMARNAT-INECC, 2018; Sing <i>et al.</i>, 2021).</p>
<p><b>Adaptación basada en la comunidad (AbC)</b></p>	<p>Es un enfoque de abajo hacia arriba que se centra en aumentar la participación de las comunidades vulnerables en la priorización e implementación de la adaptación (Dodman y Mitlin, 2013; Reid y Huq, 2014 y Faulkner <i>et al.</i>,</p>

	2015). Se refiere a la adquisición de habilidades y capacidades locales que fortalecen la acción comunitaria para reducir la vulnerabilidad relacionada con el cambio climático. Es un proceso que es dirigido por la comunidad que establece estrategias de adaptación, asegurando la participación de múltiples partes interesadas incluyendo el conocimiento tradicional local; además intenta proteger y sostener los ecosistemas de los cuales las personas dependen (CARE, 2010; Sing <i>et al.</i> , 2021).
<b>Adaptación basada en Reducción de Riesgo de Desastres (AbRRD)</b>	Utiliza instrumentos empleados para anticipar el riesgo de desastres; reducir la exposición, el peligro o la vulnerabilidad existente, así como la mejora de la capacidad de recuperación (SEMARNAT-INECC, 2015).

De acuerdo con Scarano (2017) el enfoque AbE es una combinación de políticas que tiene el potencial de, mientras se adapta al cambio climático, impulsar transiciones de sostenibilidad. El enfoque combina políticas que pueden ser sectoriales o integradas, y exige investigación socio-ecológica, al mismo tiempo que tiene el potencial de unir esto con la investigación socio-técnica; además de integrar beneficios a corto y largo plazo (UICN, 2016).

En el caso de la agricultura las medidas centradas en este enfoque se pueden basar en la conservación, restauración y gestión sostenible de la biodiversidad. Incluye la diversidad genética de especies y de ecosistemas, manteniendo o mejorando la productividad de cultivos, animales o fincas frente a la variabilidad climática y el cambio climático (Vignola, 2015).

En el caso de las ciudades la AbE puede contribuir a contrarrestar el aumento de temperatura, las inundaciones y la escasez de agua. Las medidas que se utilizan incluyen el diseño y la mejora de infraestructuras verdes y azules (parques urbanos, cubiertas y fachadas verdes, plantación de árboles, ríos, estanques) (Geneletti y Zardo, 2016). Por ejemplo, en la ciudad de Colombo, Sri Lanka para reducir la escorrentía superficial derivada de inundaciones, se construyeron parques verdes para incrementar la infiltración y reducir el pico de escorrentía superficial hacia la ciudad, con resultados positivos (Khaniya *et al.*, 2021).

A principios de la década del 2000 surge la adaptación basada en la comunidad, impulsada por factores como el reconocimiento de las dimensiones humanas de los cambios; apreciación del conocimiento local (Ayers y Forsyth 2009; Dodman y Mitlin 2013; Lasage *et al.* 2015; McNamara y Buggy 2016); y la vinculación de diferentes disciplinas (meteorólogos, conservacionistas, biólogos, científicos del clima, científicos sociales y otros) (Bardosh *et al.*, 2017). Posteriormente se trabajó en el uso de los enfoques participativos, la adaptación como un proceso social a múltiples escalas (soluciones localmente apropiadas), donde se requiere de innovación, aprendizaje y enfoques multisectoriales (McNamara y Buggy 2016). La intervención a nivel comunitario se ha fomentado, ya que, son las personas las que se enfrentan a los

impactos del cambio climático, de manera tangible como intangiblemente (Heltberg et al., 2009). Desde una perspectiva política, la AbC debe recibir apoyo a través de una respuesta coordinada de todos los niveles de gobierno, reconociendo el papel de múltiples partes interesadas, incluidas organizaciones no gubernamentales y sin fines de lucro, líderes comunitarios, empresas y grupos de la sociedad civil, entre otros (Drolet, 2012).

Un ejemplo del enfoque AbC fue el control comunitario del vector del dengue *Aedes aegypti* en Camboya. Entre 2009 y 2011, se combinó el uso de un sistema de distribución de peces *guppy* (Familia *Poeciliidae*), intervenciones de control ambiental y movilización social para reducir la densidad de larvas, pupas y mosquitos adultos de *Aedes*. Se utilizaron visitas domiciliarias, reuniones comunitarias, publicidad, alcance comunitario móvil, teatro, carteles, educación escolar, calendarios y premios. Después de 2 años, el 80% de los hogares dentro del proyecto, tenían *guppies* en su casa. El éxito de la intervención también se basó en la aceptabilidad sociocultural de la tecnología. Con esta medida se logró disminuir las larvas de *Aedes* de 40% a 3% en los contenedores de agua (ADB-WHO, 2013).

En el enfoque de AbRRD, la adaptación al cambio climático (ACC) y la reducción del riesgo de desastres (RRD) tienen objetivos similares en relación con el cambio climático y los riesgos, los cuales son: 1) gestionar los peligros hidrometeorológicos a través de la reducción de la vulnerabilidad, el aumento de la resiliencia, y la transferencia y el intercambio de riesgos; 2) reducir los impactos de los desastres relacionados con el clima y los riesgos asociados; y 3) promover enfoques proactivos, holísticos y de largo plazo para la gestión de desastres. La integración de la ACC en relación con la reducción de riesgo de desastres es decisiva para proporcionar beneficios simultáneos para los sistemas sociales que se enfrentan a los desafíos que plantean los eventos extremos y el cambio climático. La adaptación se puede considerar como un subconjunto dentro de la reducción del riesgo de desastres (Forino et al., 2015).

Las estrategias, políticas y planes nacionales sectoriales deben incluir la ACC y la RRD en sus objetivos (UNISDR, 2009a). Por ejemplo, el incorporar estos dos elementos dentro de las políticas urbanas permite identificar y evaluar las vulnerabilidades relacionadas con el clima urbano, así como desarrollar planes y establecer prioridades relacionadas con el cambio climático para la prevención de desastres (Huq et al. 2007; Rivera y Wamsler 2014).

Este enfoque de adaptación puede utilizar como elementos complementarios los enfoques de AbE y de AbC, es decir, acciones basadas en ecosistemas o en las comunidades, para conducir a la reducción de riesgo de desastre. Por ejemplo, los sistemas de alerta temprana son un componente esencial de la Gestión del Riesgo de Desastres. Estos sistemas proporcionan a las comunidades información relevante y actual sobre las condiciones ambientales, para que puedan evaluar los niveles de riesgo y tomar decisiones informadas ante algún evento climático o no climático. La mayoría de los sistemas de alerta temprana basados en la comunidad son ante inundaciones y deslizamientos de laderas (Macherera y Chimbari, 2016), porque involucran la

recopilación y el análisis de información impulsada por la población, incluyendo su monitoreo.

## **INSTRUMENTOS DE POLÍTICAS Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN MÉXICO**

La adaptación es un componente fundamental en la respuesta mundial en el largo plazo frente a los impactos del cambio climático, por lo que se ha incorporado en negociaciones internacionales y en el desarrollo de instrumentos a nivel internacional y nacional.

México fue el primer país en presentar ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático la incorporación de un apartado de adaptación en su NDC, la cual incluyó objetivos mensurables y una sección sobre adaptación basada en ecosistemas (AbE). Asimismo, ha promovido la necesidad de articular acciones en los contextos nacional, estatal y local con otras agendas internacionales como: el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación, el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

A nivel nacional, por medio de la Ley General de Cambio Climático se han realizado avances en materia de instrumentos y arreglos institucionales; así como del establecimiento de principios de concurrencia, concertación y corresponsabilidad para facilitar el proceso de adaptación al cambio climático en el mediano y largo plazo. Se cuenta con instrumentos como la Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40, el Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024, y avances en los programas de cambio climático estatales y municipales, que consideran acciones para la adaptación ante el cambio climático (SEMARNAT-INECC, 2018).

Una de las iniciativas para implementar medidas de adaptación se enmarcó en el proyecto desarrollado sobre “Adaptación de humedales costeros del Golfo de México ante los impactos del cambio climático”. Este proyecto fue iniciativa que integró diversas instituciones mexicanas financiadas por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés). Dicho proyecto se desarrolló en tres sitios; en el Río Papaloapan-Laguna de Alvarado, Veracruz, en el Sistema Lagunar Carmen-Pajonal-Machona, Tabasco y en el Humedal de Punta Allen en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka’an, Quintana Roo. El objetivo fue “diseñar e implementar diversas acciones de adaptación enfocadas a disminuir la vulnerabilidad ante el cambio climático de las poblaciones que viven y dependen de los humedales”.

Las medidas diseñadas se centraron en los tres enfoques de adaptación (AbE, AbC y AbRRD) y sus sinergias. Las medidas implementadas contribuyeron a aumentar la resiliencia de los humedales y ayudaron a las comunidades humanas a adaptarse a los impactos adversos del cambio climático. Adicionalmente, en su componente de AbC se promovió el protagonismo de las comunidades, el fortalecimiento de los liderazgos comunitarios, la apropiación de las medidas de adaptación, la toma de decisiones y la

formación de redes solidarias. Se promovió la gestión sostenible y la conservación de ecosistemas con el objetivo de contribuir a un desarrollo sostenible, así como la instalación de infraestructura para reducir el riesgo de desastres con el enfoque AbRRD. Algunas medidas implementadas fueron:

- Sistema de captación y purificación de agua de lluvia operada por una empresa comunitaria.
- Actividades de capacitación, sensibilización, de organización social y de aprendizaje de nuevas capacidades.
- Reforestación de 50 ha de manglar, 10 ha de vegetación riparia, y plantas y árboles locales.
- Restablecimiento del flujo hídrico en 6 km de canales obstruidos al interior del manglar y en 100 ha de zona de manglar degradado.
- Repoblamiento con corales resistentes a altas temperatura en 3,500 m del arrecife.
- Construcción de cuatro palafitos comunitarios para el resguardo de bienes en caso de inundaciones.
- Diseño de planes de emergencia comunitarios para reducir el riesgo por inundaciones.

Dentro de los tres enfoques de adaptación se puede identificar un elemento en común -la reducción de la vulnerabilidad-, el cual es fundamental para adoptar estrategias de adaptación (Daddi *et al.*, 2019). Para elaborar estrategias o medidas de adaptación que realmente sean viables y funcionales, es necesario identificar no sólo quién es vulnerable y quién tiene la capacidad de adaptarse, sino también por qué las personas son vulnerables y por qué tienen capacidades de adaptación diferenciales (Singh *et al.*, 2021). Por lo tanto, mejorar la capacidad de adaptación reducirá la vulnerabilidad (Gallopín, 2006; GIZ, 2016).

## 2. VULNERABILIDAD

La adaptación permite reducir la vulnerabilidad y/o aumentar la capacidad de adaptación, por tanto, es necesario identificar medidas y/o acciones que lo permitan, pero de una manera diferenciada. No es igual aplicar una medida para reducir la vulnerabilidad de un grupo de personas o para reducir la vulnerabilidad de un ecosistema, porque ambos tienen entornos y amenazas diferentes. Ante esta disyuntiva es preciso identificar ¿quién es vulnerable? y a ¿qué es vulnerable? (Downing y Patwardhan, 2005); si bien estas preguntas pueden ser simples, el contexto de la vulnerabilidad tiene diversas vertientes que dirigen a no tener una definición universal.

Es necesario tener un consenso al momento de realizar una evaluación de la vulnerabilidad, si no se tiene un mismo lenguaje se corre el riesgo de subestimar o sobrestimar los resultados de su evaluación. Inclinarsé o tomar como referencia algún enfoque o definición, no significa que los no considerados sean erróneos; cada uno de ellos aportará sus ventajas y desventajas a los objetivos específicos que se tengan.

### 2.1 PERSPECTIVAS DE LA VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad denota susceptibilidad al daño y se deriva del latín *vulnerare*, que significa “herir”. El concepto de vulnerabilidad, aunque se ha aplicado de diversas formas en diferentes campos y disciplinas, se centra en identificar y comprender los factores que ponen en riesgo a los individuos y los lugares y que reducen la capacidad de responder a las amenazas (Cutter, 2003). Se ha contextualizado a la vulnerabilidad de diferentes maneras, ya que el término interpreta muchos significados al relacionar a la vulnerabilidad con las condiciones del individuo y las del medio, ya sea ambientales, sociales o de otro tipo (Feito, 2007). Es un término que depende de aspectos geográficos, culturales, político-económicos y físicos para su evaluación (Adger, 2006). En el contexto de cambio climático, la vulnerabilidad ha buscado identificar dónde, cómo y por qué los sistemas humanos se ven afectados por los cambios en el clima (Ford et al, 2018). En la década de 1990 aumentó el interés por la vulnerabilidad, lo cual fue impulsado, en gran parte, por el cambio climático global. Hubo un cambio en el enfoque del diagnóstico de impactos a una evaluación de los procesos, condiciones y características de los sistemas que exacerban la sensibilidad e inhiben la respuesta adaptativa (Eakin y Luers, 2006).

La vulnerabilidad no es un término absoluto, por lo que su definición dependerá de cada disciplina (**Tabla 2.1**). Cada tipo de vulnerabilidad no está exenta de ser transversal, por lo que hay posibilidad de la interacción de las vulnerabilidades (Wilches-Chaux, 1989).

**Tabla 2.1.** Tipos de vulnerabilidad

<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Descripción</b>
<b>Vulnerabilidad natural</b>	Todos los seres vivos poseen una vulnerabilidad intrínseca determinada por los límites ambientales, dentro de los cuales es posible la vida, y por las exigencias internas de su propio organismo. Los cambios en las condiciones climáticas se pueden traducir, en enfermedades, muertes, pérdidas o daños de un ser vivo o sociedad.
<b>Vulnerabilidad física</b>	Se refiere a la distribución territorial de asentamientos humanos en zonas de riesgo. Incluye zonas urbanas y rurales, y la deficiencia para “absorber” los efectos de esos riesgos.
<b>Vulnerabilidad económica</b>	Es la susceptibilidad de un agente económico a la absorción negativa de choques exógenos dada su propiedad patrimonial, su capacidad productiva, su nivel de conocimiento e información. Además de las medidas implementadas para evitar, gestionar o suavizar el impacto de los efectos negativos resultantes de un riesgo particular, en el marco de un sistema de derechos.
<b>Vulnerabilidad social</b>	Es el resultado de los impactos provocados por el patrón de desarrollo vigente. Expresa la incapacidad de los grupos más débiles de la sociedad para enfrentarlos, neutralizarlos u obtener beneficios de ellos.
<b>Vulnerabilidad política</b>	Se refiere a los niveles de autonomía (y/o capacidad) que posee una comunidad para tomar o influir sobre las decisiones que la afectan. Así como, su capacidad de gestión y de negociación ante los “agentes externos” (gobiernos regionales, municipales y nacionales, empresas multinacionales, cooperación internacional, etc.)
<b>Vulnerabilidad educativa</b>	Se relaciona con la mayor o menor correspondencia existente entre los contenidos y métodos de la educación que recibe los miembros de una comunidad. Incluye las herramientas conceptuales y prácticas que requieren para participar activamente en la vida de esa comunidad, y para contribuir a una relación armónica entre la población y su entorno natural.
<b>Vulnerabilidad ecológica</b>	Es la incapacidad de los ecosistemas a autoajustarse

	para compensar los efectos directos o indirectos de la acción humana. Además de los efectos altamente riesgosos para las comunidades que los explotan o habitan.
<b>Vulnerabilidad institucional</b>	Se refiere a los obstáculos formales (politización, corrupción, burocracia, etc.), que impiden una adecuada adaptación de la comunidad a la realidad cambiante del ambiente, y una rápida respuesta de las instituciones en caso de desastres
<b>Vulnerabilidad técnica</b>	Se refiere a las limitaciones para el control y manejo adecuado de tecnologías, utilizadas ante una amenaza, riesgo o desastre.

Fuente: Elaborado con información de: Wilches-Chaux (1989); Pizarro, (2001); Saldaña-Zorrilla (2006); Arce, (2013).

Varios autores han propuesto organizar las diferentes concepciones de la vulnerabilidad en diversos enfoques.

O'Brien et al. (2007) proponen un enfoque de vulnerabilidad contextual como un proceso multidimensional de interacción entre la sociedad y el clima; enfatizan la interacción dinámica de las condiciones contextuales con los elementos expuestos. Luers (2005) integra un marco analítico para evaluar la vulnerabilidad de las personas y los lugares, donde se incluyen interacciones ambientales y sociales. El marco representa la vulnerabilidad relativa de una variable de interés (p. ej., el rendimiento agrícola) a un conjunto de fuerzas perturbadoras (p. ej., cambio climático, fluctuaciones del mercado) mediante una posición en una superficie analítica tridimensional, donde la vulnerabilidad se define como una función de sensibilidad, exposición y el estado relativo a un umbral de daño. Se presenta como una herramienta para ayudar a identificar la vulnerabilidad relativa con la finalidad de priorizar acciones y evaluar las implicaciones de vulnerabilidad de las decisiones políticas y de gestión. Adger (2006), indica que la vulnerabilidad es una herramienta analítica para describir estados de impotencia y marginalidad de los sistemas tanto físicos como sociales. Es “el estado de susceptibilidad al daño por la exposición a tensiones asociadas con el cambio ambiental y social y por la ausencia de capacidad de adaptación”. En los tres casos la vulnerabilidad se traduce como un fenómeno complejo, en constante evolución y cambio que debe situarse dentro de las interacciones entre elementos biofísicos y socioeconómicos.

En un enfoque tradicional de riesgo y peligros, la vulnerabilidad está relacionada con la exposición a peligros o factores estresantes particulares (Eakin y Luers, 2006; Füssel, 2007). Las amenazas y los desastres son estresores, incluidos los climáticos, se consideran eventos puramente físicos en los que las poblaciones afectadas se ven como actores pasivos en el proceso de riesgo. En un enfoque de desastre, Oliver-Smith et al. (2016), se refieren a la vulnerabilidad como la propensión intrínseca o la predisposición a sufrir algún daño o perjuicio. La vulnerabilidad se contextualiza en una explicación más detallada de cómo y por qué existen condiciones de exposición y fragilidad, así como al modo en que cambian con el tiempo. Aunque la vulnerabilidad puede estar referida a un individuo o grupo, o a la sociedad en su conjunto; en el contexto de desastre, Ferradas (2012) indica que el concepto está en función de una o varias amenazas de ocurrencia de fenómenos potencialmente destructivos.

En otro enfoque, la vulnerabilidad se define como una condición preexistente. Se conceptualiza como una condición o estado particular de un sistema antes de que ocurra una amenaza o un factor de estrés relacionado con el clima, generalmente descrito en términos de criterios como susceptibilidad, limitaciones, incapacidades o deficiencias. Por ejemplo, la incapacidad para resistir el impacto de una amenaza o cambio climático (resistencia) y la incapacidad para hacerle frente (Villágran, 2006). De acuerdo con Blaikie et al. (1994), se pueden examinar las causas fundamentales de la vulnerabilidad, enfatizando el rol de los procesos generalizados a gran escala que impactan la distribución de recursos y son un reflejo de la distribución del poder en una sociedad.

Joakim et al. (2015), denota a la vulnerabilidad en un enfoque de umbral, lo que significa que el concepto se centra como la probabilidad de que una persona, comunidad o sistema, alcance o supere un cierto punto de referencia o umbral. Por ejemplo, el definir el umbral en el que es probable que fallen las estructuras físicas (falla de un dique y colapso de un edificio) o se excedan las medidas de protección (desbordamiento de las medidas de protección contra inundaciones).

La vulnerabilidad incluso se puede vislumbrar con un enfoque de resultado o residual después de la adaptación de un sistema (O'Brien et al., 2007), Kelly y Adger (2000) lo define como una vulnerabilidad de "punto final". La vulnerabilidad se entiende como el resultado final, o el impacto neto, luego de que se hayan realizado una serie de proyecciones y estimaciones de cambios y adaptaciones. Este enfoque se centra inherentemente en las proyecciones del futuro, con un énfasis limitado en las condiciones de vulnerabilidad actuales (Joakim et al., 2015).

Ante las diversas opciones de interpretación de la vulnerabilidad el enfoque idóneo dependerá del contexto y objetivos de la investigación. Unificar un concepto resulta en una tarea compleja, sin embargo, como lo señala Lavell et al., (2012), una comprensión profunda de la vulnerabilidad puede ayudar a lograr una gestión eficaz del cambio climático y por lo tanto definir áreas clave para las estrategias de adaptación.

## 2.2 VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO: IPCC (2007)-IPCC (2014)

El cambio climático es un concepto transversal e incidirá en mayor o menor medida en diferentes contextos y tipos de vulnerabilidad, generalmente amplificando la vulnerabilidad de manera negativa. Por ejemplo, en el caso de la vulnerabilidad social, el cambio climático podría exacerbar las condiciones de pobreza de la población ante el aumento de eventos hidrometeorológicos extremos. Las pérdidas que puedan generarse incluso sumarán a la vulnerabilidad económica de dicha población. Es así que, la vulnerabilidad al cambio climático se centra en comprender las relaciones causa/efecto detrás del cambio climático y su impacto en las personas, sectores económicos y los sistemas socio-ecológicos.

Para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático, se han tomado como punto de partida los enfoques de la vulnerabilidad propuestos por el IPCC en su cuarto (Enfoque AR4) y quinto (Enfoque AR5) reportes.

En el primer enfoque se define a la vulnerabilidad como “el grado en que un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad y los extremos climáticos. La vulnerabilidad es una función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático y la variación a la que un sistema está expuesto, su sensibilidad y su capacidad de adaptación” (Parry et al., 2007). La definición incorpora componentes de exposición (E), sensibilidad (S) y capacidad adaptativa (CA) (IPCC, 2007; GIZ, 2016):

### **Vulnerabilidad = Exposición + Sensibilidad – Capacidad Adaptativa**

**Exposición:** Es la naturaleza y el grado en que un sistema está expuesto a variaciones climáticas significativas. Los factores típicos de exposición incluyen cambios de variables como la temperatura y precipitación, ya que los cambios en estos parámetros pueden ejercer mayor presión adicional sobre los sistemas (por ejemplo, eventos de lluvia intensa, aumento de la temperatura, cambio en la estacionalidad de la precipitación).

**Sensibilidad:** Es el grado en que un sistema se ve afectado, ya sea de manera adversa o beneficiosa, por la variabilidad o el cambio climático. Se conforma por atributos naturales y/o físicos del sistema, como la topografía, la capacidad de los diferentes tipos de suelo para resistir la erosión, tipo de cobertura terrestre, entre otros. Además, considera a las actividades humanas que afectan a la constitución física de un sistema, por ejemplo, el manejo de agua, la presión de la población entre otros.

**Capacidad adaptativa:** La capacidad de un sistema para adaptarse al cambio climático (incluida la variabilidad climática y los extremos) para moderar los daños potenciales, aprovechar las oportunidades o hacer frente a las consecuencias.

La combinación de la exposición y la sensibilidad determinan el impacto potencial del cambio climático. Por ejemplo, los eventos fuertes de lluvia (exposición) en combinación con fuertes pendientes y suelos con alta susceptibilidad a la erosión (sensibilidad) darán lugar a la erosión (impacto). Las componentes de exposición y sensibilidad aportan a la vulnerabilidad, mientras que la capacidad adaptativa le resta, porque incluye todos los recursos disponibles (el conocimiento, la tecnología, las instituciones y la economía) para disminuir la vulnerabilidad.

En este enfoque la exposición es dinámica, proyectable y adaptable en el corto y mediano plazo (Jurgilevich et al., 2017), mientras que la sensibilidad y la capacidad adaptativa no. Si se piensa en una sensibilidad dinámica, realizar proyecciones de esas condiciones pueden presentar un alto nivel de incertidumbre, a lo que se suma la limitación de la disponibilidad de datos (Adger et al., 2009; Schneider et al., 2007).

En el Enfoque AR5, se ha introducido el concepto de riesgo climático, que incluye amenaza, exposición y vulnerabilidad (Cardona et al., 2012; Oppenheimer et al., 2014). Este enfoque se acerca más al concepto de riesgo de desastre, donde la terminología utilizada para describir la vulnerabilidad cambia. Aquí se adopta el concepto de reducción de riesgo de desastre, que está diseñado para eventos individuales (riesgos) que afectan áreas y elementos (exposición) y se pueden expresar estadísticamente como una probabilidad (riesgo) (GIZ, 2016).

Las componentes de este enfoque son (IPCC, 2014a):

Riesgo climático: Es la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosos multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales sucesos o tendencias. Se dice que es potencial, cuando el resultado es incierto, de consecuencias adversas para la vida, los medios de subsistencia, la salud, los ecosistemas y las especies, los activos económicos, sociales y culturales, los servicios (incluidos los servicios ambientales) y la infraestructura.

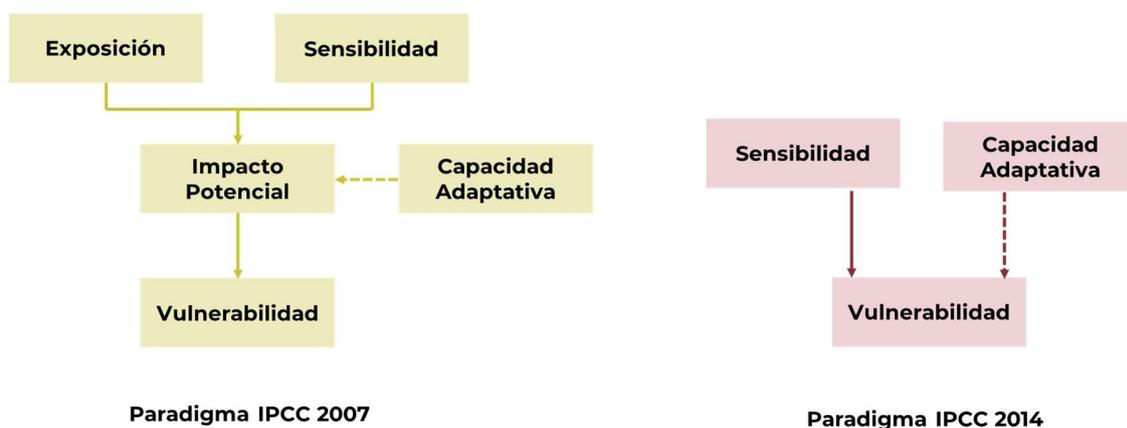
Peligro: Es la ocurrencia potencial de un evento físico natural o inducido por el hombre que puede causar la pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud. Incluye los daños y pérdidas a la propiedad, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

Exposición: Es la presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos ambientales, infraestructura o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente.

Vulnerabilidad: Es la propensión o predisposición para verse afectado negativamente. La vulnerabilidad abarca una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad para hacer frente y adaptarse.

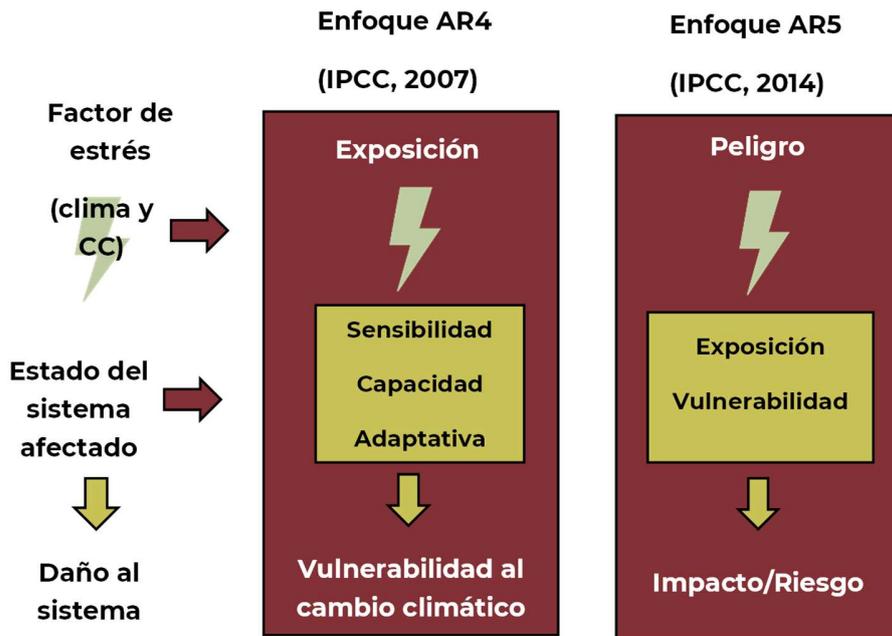
En el EAR5, ahora la vulnerabilidad se vislumbra como una propiedad interna característica de un sistema desvinculado de la exposición como amenaza, lo que implica cambios en la evaluación de la vulnerabilidad. Mientras que en el marco del EAR5, se tienen componentes de sensibilidad y de capacidad adaptativa, en el EAR4 la vulnerabilidad se presenta como una consecuencia de la interacción de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa (Sharma y Ravindranath, 2019).

La definición del EAR4 impulsa un enfoque de 'punto final' (Kelly y Adger, 2000), una vez que se aplica la adaptación a la vulnerabilidad evaluada, el resultado es una vulnerabilidad residual que se enmarca en un enfoque de "vulnerabilidad de resultado". La definición del EAR5 considera la vulnerabilidad como un estado preexistente, que se evalúa sin seleccionar indicadores de exposición (al peligro), lo cual es similar a evaluar la vulnerabilidad como vulnerabilidad "contextual" (O'Brien et al., 2007) o de "punto de partida" (Kelly y Adger, 2000) (**Figura 2.1**).



**Figura 2.1.** Enfoques para la evaluación de la vulnerabilidad del IPCC. Fuente: Tomada de Sharma y Ravindranath, (2019).

La Alianza Mexicana-Alemana de Cambio Climático (GIZ; 2016) considera que, aunque los términos utilizados para describir la vulnerabilidad cambian en ambos enfoques, la lógica es similar. En ambos, un sistema afectado por el estrés relacionado con el clima (en EAR4, exposición y en EAR5, peligro), produce un daño potencial para el sistema (en EAR4, vulnerabilidad y en EAR5, impacto/riesgo). El daño es moderado por los atributos del sistema en sí, que pueden ser físicos o socioeconómicos (**Figura 2.2**).



**Figura 2.2.** Diferencia entre los enfoques del IPCC para evaluar la vulnerabilidad.

Fuente: Tomado de GIZ (2016).

En el contexto de ambos enfoques, diversas investigaciones han evaluado la vulnerabilidad. Aunque el enfoque de AR5 es el más actual, el enfoque de AR4 no ha perdido fuerza en su uso y aquí se mencionan algunos ejemplos.

Metzger et al., (2006) aplicaron una metodología integrando las tres componentes de vulnerabilidad, para comprender los impactos de los cambios en el uso del suelo en Europa y en los servicios ecosistémicos, integrando la relación humano-ambiental.

Hahn et al., (2009) desarrollaron un índice de vulnerabilidad de medios de vida utilizando las tres componentes de la vulnerabilidad, para estimar la vulnerabilidad al cambio climático en los distritos de Mabote y Moma de Mozambique. Encontraron que el distrito de Moma puede ser más vulnerable en términos de recursos hídricos, mientras que el de Mabote puede ser más vulnerable en términos de estructura sociodemográfica.

Lung et al., (2013) representaron a la exposición, utilizando indicadores climáticos como las noches tropicales o el número de días secos consecutivos. La sensibilidad fue definida con base en indicadores socioeconómicos regionales y de uso del suelo.

Desarrollaron un indicador de capacidad adaptativa en función de tres criterios 1) capital financiero, 2) capital humano y 3) capital tecnológico. Con la integración de las componentes lograron identificar las regiones potencialmente vulnerables por amenazas de calor, inundaciones de ríos e incendios forestales, para una línea base de 1961–1990, y escenarios a 2011–2040 y 2041–2070. Encontraron como regiones críticas el este y el sur de Europa debido a su baja capacidad adaptativa.

Kumar et al., (2016), utilizaron el enfoque AR4 de evaluación de la vulnerabilidad aplicándolo al área urbana de Bangalore en la India. La exposición fue construida a partir de variables meteorológicas y climáticas (temperatura, precipitación y viento). En sensibilidad utilizaron el estudio detallado de varios planes espaciales de ciudades indias, políticas sectoriales, encuestas, junto con diversas investigaciones. En capacidad adaptativa consideraron indicadores socioeconómicos, la provisión de instalaciones básicas y factores ecológicos. Con la integración de las tres componentes desarrollaron una evaluación espacial de los patrones de vulnerabilidad al cambio climático, con lo cual identificaron áreas que requieren atención urgente para llevar a cabo acciones de adaptación.

Schilling et al., (2020) evalúan y comparan la vulnerabilidad al cambio climático de Argelia, Egipto, Libia, Marruecos y Túnez, y la vinculan con sus implicaciones sociales. En exposición se incluyen los cambios en variables de temperatura y precipitación. Para sensibilidad, se comparó la disponibilidad del recurso hídrico en los países ante las amenazas climáticas y la importancia del recurso para cada país. En capacidad adaptativa se integraron indicadores de ingreso per cápita, nivel de desarrollo humano, nivel de educación, nivel de corrupción. Encontraron que todos los países están expuestos a fuertes aumentos de temperatura y un alto riesgo de sequía; y una alta necesidad de cooperación regional y evaluaciones de vulnerabilidad subnacionales.

## 2.3 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

La evaluación de la vulnerabilidad es importante porque a través de ella se puede mejorar la planificación de la adaptación, por medio de la comparación de la vulnerabilidad al cambio climático en múltiples sistemas. De esta manera se puede iniciar un diálogo con los tomadores de decisiones y/o las partes interesadas sobre el cambio climático y los problemas de vulnerabilidad (Malone y Engle, 2011; GIZ, 2016).

Independientemente del enfoque, la vulnerabilidad se integra por diversos elementos, climáticos, socioeconómicos o naturales; por lo tanto, no es una característica medible de un sistema, tal como se puede medir la temperatura, la precipitación o la producción agrícola. Es un concepto que expresa la interacción compleja de los diferentes factores que determinan la susceptibilidad de un sistema. Por lo tanto, no hay una regla fija que defina cuáles son los factores por considerar, ni los métodos utilizados para cuantificarlos, esto significa que se “evalúa” la vulnerabilidad en vez de medirla (GIZ, 2016).

La evaluación de la vulnerabilidad se puede realizar de manera exploratoria con una visión de arriba hacia abajo, lo cual significa cubrir un área amplia con una resolución espacial baja para la recopilación de datos. Se incluyen escenarios de cambio climático para identificar necesidades de adaptación, pero sin comprometer las percepciones y necesidades de la comunidad afectada. La vulnerabilidad, también se puede evaluar a una escala local, con una visión de abajo hacia arriba, de manera focalizada. La vulnerabilidad se lleva a un nivel local utilizando, encuestas, entrevistas, grupos focales y

talleres para comprometerse con las comunidades afectadas (GIZ, 2016). La evaluación de la vulnerabilidad se puede realizar de una manera integrada, incorporando los componentes exploratorios y focalizados, y los factores sociales. Se le puede adicionar el conocimiento y la experiencia locales, para informar el proceso de evaluación de la vulnerabilidad, y de esta manera direccionar la adaptación.

Ante la diversidad de los enfoques de vulnerabilidad es preciso desarrollar una vía alternativa para que la evaluación se pueda integrar de manera satisfactoria. No es el hecho de crear una definición universal de vulnerabilidad, sino dada esa flexibilidad es integrar una definición acorde a lo que se quiera evaluar. Se debe de tomar en cuenta la definición del marco conceptual con el que se trabajará, para no subestimar o sobreestimar la vulnerabilidad. O bien, para no mezclar conceptos, lo cual es recurrente cuando se tratan los temas de vulnerabilidad al cambio climático y el riesgo, o la pobreza y la vulnerabilidad, y de la exposición como elemento climático o de ubicación.

Derivado de la revisión realizada, las preguntas guía que se plantean son ¿quién o qué es vulnerable?, ¿a qué se es vulnerable?, ¿por qué se es vulnerable?, ¿dónde se es vulnerable?, y ¿qué se puede hacer para disminuir esa vulnerabilidad actual y futura? Incluso se podrían agregar dos preguntas, ¿qué es lo que se pretende evaluar? y ¿qué alcances debe tener la evaluación? Posiblemente la primera pregunta está muy relacionada con quién o qué es vulnerable, pero de aquí se parte el determinar si es un objeto o una entidad (una población, un sector, una ciudad, un servicio). Los alcances están vinculados al enfoque predominante de la evaluación (social, económica, física, climática e inclusive política), están directamente relacionados con la disponibilidad de información o la generación de la misma.

En este sentido, tal vez la pregunta poco o nada mencionada implícitamente es ¿dónde se es vulnerable?, se habla de integrar una vulnerabilidad a nivel local, regional y nacional; sin embargo, no se señala el concepto de territorio, lo cual es fundamental. Como bien lo menciona Bocco (2019), incorporar de manera explícita la dimensión territorial puede ayudar a integrar la relación efectiva entre sociedad y ambiente, lo cual proporciona una plataforma espacial donde converjan ambas aproximaciones. Definir el territorio contribuye a llevar una problemática global como el cambio climático, a una escala territorial. En este sentido, no es lo mismo integrar una vulnerabilidad a nivel estatal con interacciones territoriales generales a un territorio a nivel cuenca, donde la interacción entre ambiente y sociedad es específica y local. El territorio permite incorporar un enfoque transescalar, de tal manera que un aporte global puede enmarcarse a un nivel regional y local y viceversa (Bocco, 2019). Turner et al., (2003) menciona que la ubicación permite realizar una evaluación espacialmente distintiva de condiciones humanas y biofísicas o sistemas humanos y ambientes acoplados, lo que permite integrar la especificidad del lugar en la definición de la vulnerabilidad. Aunque la vulnerabilidad se base en particularidades de la ubicación de la problemática a evaluar, no limita la construcción de conceptos generales a partir de estas.

La dinámica territorial puede ser un concepto meramente geográfico, pero al incorporarlo a la parte de vulnerabilidad, se refiere a la interacción ambiente, sociedad, economía, clima, infraestructura entre otras. Lo que se traduce en una colaboración interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria. Significa incorporar en cada evaluación el conocimiento de diversas disciplinas hacia un objetivo en común. La visión de expertos, incluyendo la participación de los sujetos vulnerables, a través del conocimiento local, esto último dependerá del nivel territorial de análisis.

Los elementos básicos que se reconocen para la evaluación de la vulnerabilidad a través de un enfoque integral y diferencial son: 1) definición del marco conceptual de la vulnerabilidad (enfoque), 2) qué evaluaré, 3) cuál es la amenaza climática específica que afecta al objeto vulnerable, 4) cuál es el nivel territorial donde el objeto vulnerable interactúa, 5) la vulnerabilidad es actual y/o futura, 6) cuáles recomendaciones emanan de la evaluación para disminuir la vulnerabilidad actual y/o futura, y las medidas de adaptación asociadas.

## 3. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

La vulnerabilidad al cambio climático (VCC) depende de cómo se aborda el problema para su construcción. Retomando los elementos básicos propuestos en la subsección 2.3 para la evaluación de la vulnerabilidad, a través de un enfoque integral y diferencial se propone un marco metodológico general. La metodología consta de los siguientes elementos: 1) definición del marco conceptual de la vulnerabilidad (enfoque), 2) definición de la entidad u objeto susceptible a ser evaluada, 3) identificación de la amenaza climática específica que afecta al objeto vulnerable, 4) caracterización intrínseca y extrínseca del objeto de la evaluación, 5) definición del nivel territorial donde el objeto vulnerable interactúa, 6) definición temporal de la evaluación de la vulnerabilidad: actual y/o futura, 7) propuesta de recomendaciones para disminuir la vulnerabilidad actual y/o futura, vinculadas a medidas de adaptación. En las subsecciones subsecuentes se desarrollan cada uno de estos elementos, a través de la construcción de una vulnerabilidad específica.

### 3.1 DEFINICIÓN DEL MARCO CONCEPTUAL

En México, los esfuerzos por evaluar la vulnerabilidad han sido diversos, los cuales consideran diferentes maneras de conceptualizarla. Rodríguez y Bozada (2011) y Bohórquez (2013), tienen un enfoque de vulnerabilidad social, la cual concibe a la vulnerabilidad como una condición preexistente (Bruno *et al.*, 2012), mientras que, de la Lanza *et al.*, (2011), Ponce-Vélez *et al.* (2011), Núñez *et al.* (2016) y Mazarí-Hiriart *et al.* (2006), consideraron para sus evaluaciones las propiedades físicas, químicas, hidrodinámicas, geológicas, geomorfológicas, unidades taxonómicas, entre otras. Estos análisis se pueden clasificar dentro de una vulnerabilidad biofísica, la cual está enfocada en las condiciones biofísicas y la exposición al peligro de una unidad particular de análisis (Bruno *et al.*, 2012). Por otra parte, Conde *et al.* (1997), Conde *et al.* (2000), Ramírez León y Torres Bejarano (2011), Monterroso *et al.* (2014b), Zerecero-Salazar *et al.* (2015), Bolongaro *et al.* (2016), Soares y Sandoval-Ayala (2016) y Ramírez *et al.* (2017) desarrollan una vulnerabilidad al cambio climático, donde evalúan la vulnerabilidad actual y futura, donde incluyen escenarios de cambio climático.

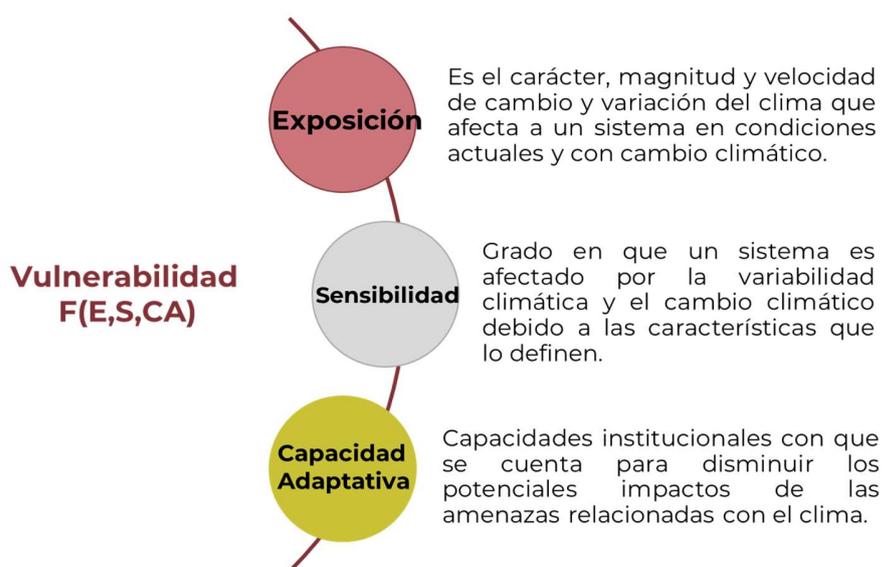
Dadas las características del país, se vuelve prioridad conocer, ubicar y visualizar de manera diferencial las condiciones de vulnerabilidad al cambio climático de la población, el sistema natural, la infraestructura o las actividades económicas. La vulnerabilidad es diferencial, porque los sistemas y sus componentes rara vez son igualmente vulnerables sin importar la delimitación o las condiciones similares que se tengan (Turner *et al.*, 2003).

Como lo menciona Ishtiaque (2022), el enfoque del AR5 no es el más adecuado para evaluar una vulnerabilidad diferencial. La vulnerabilidad en este enfoque es preexistente e independiente si hay cambio climático o no, tal vez si deseáramos evaluar el riesgo este enfoque sería viable. Separar el componente de la exposición de la vulnerabilidad puede no capturar la naturaleza específica de la vulnerabilidad, puesto que no se indica qué amenaza climática está influyendo en la vulnerabilidad. Algunos investigadores encontraron que el marco AR5 era menos confiable y evitaron usarlo, otros a pesar de utilizar el marco conceptual del AR5 terminaron incorporando la exposición como parte de la vulnerabilidad.

En México, el enfoque AR4 del IPCC se ha adoptado en los instrumentos rectores de la política nacional mexicana en materia de cambio climático, como la Ley General de Cambio Climático (LGCC), Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40 (SEMARNAT-INECC, 2015), y el Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024.

Para construir una vulnerabilidad al cambio climático diferencial, fue preciso retomar el enfoque del IPCC del 2007, y así, seguir la base conceptual de la política nacional en materia de vulnerabilidad. Sin embargo, las definiciones se reinterpretaron para crear un marco conceptual propio e incorporarlo en la evaluación. De esta manera, se pueden identificar y evaluar aquellos factores que contribuyen a la vulnerabilidad de interés en términos de quién y/o qué es vulnerable, a cuáles estresores climáticos y no climáticos son vulnerables y qué capacidad existe para adaptarse. En vías de desarrollar estrategias de adaptación, incluyendo el impulso de políticas y programas para su reducción (Ford y Smith, 2004).

Para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático, las tres componentes (**Figura 3.1**) fueron definidas de la siguiente manera y adaptadas del EAR4 (IPCC, 2007):



**Figura 3.1.** Definiciones de las componentes de vulnerabilidad adaptadas con base al EAR4. Fuente: Adaptado de IPCC (2007).

En la exposición se consideran únicamente variables climáticas asociadas con temperatura y precipitación. Estas variables proporcionan información sobre las variaciones interanuales y sus efectos en la población, ecosistemas, infraestructura, actividades económicas, entre otros. Las variables climáticas se pueden proyectar a futuro, y así se tiene una exposición dinámica.

La sensibilidad se refiere a las condiciones y susceptibilidad del objeto vulnerable, aquí se pueden enmarcan condiciones geográficas, socioeconómicas, ambientales, territoriales, de población, entre otras.

La capacidad adaptativa se centra en la evaluación de las capacidades institucionales para enfrentar a las amenazas relacionadas con el clima, respondiendo directamente a la sensibilidad del objeto. Las capacidades institucionales a distintos niveles de gobierno son una condición necesaria para afrontar los efectos del cambio climático (Montijo y Ruiz-Luna, 2018). Los países que cuentan con un buen desarrollo institucional se consideran con mayor capacidad adaptativa, que aquellos con menos efectividad institucional (Smith y Lenthar, 1996).

Las variables de sensibilidad y capacidad adaptativa en la evaluación de la vulnerabilidad futura se mantendrán constantes, porque no se pueden proyectar con las mismas condiciones que las variables climáticas.

La conceptualización se enmarca en las necesidades de incorporar en cada componente, índices con criterios específicos para su mejor identificación, definición y clasificación.

## 3.2 CONSTRUCCIÓN DE UNA VULNERABILIDAD ESPECÍFICA

A continuación, se describen los elementos que integrar la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático, como parte de la metodología propuesta.

### a) Identificación del problema

La evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático tiene como punto de partida la identificación de problemáticas asociadas al clima, las cuales tienen o tendrán un impacto en los sistemas sociales, naturales, productivos y económicos. Para identificar la problemática asociada al clima, se parte de tres preguntas rectoras:

1. ¿Qué origina a la problemática?
2. ¿Quién o qué es impactado por la problemática?
3. ¿Dónde sucede la problemática?

La primera pregunta se refiere directamente con la ocurrencia de aumento y/o disminución de temperatura y/o precipitación, cambio en el nivel del mar, aumento de

frecuencia en eventos extremos, entre otros, lo cual detona la problemática. De esta manera, es posible identificar una serie de amenazas climáticas relevantes, a las que se enfrenta cada uno de los sectores en un país, región o municipio. Respondiendo así a la segunda pregunta, ¿qué o quién está siendo más afectado por la amenaza?: la población, la agricultura, cultivos, infraestructura estratégica, turismo, sistemas naturales. Además, es posible identificar al nivel geográfico donde ocurre la problemática; ya sea en una región, algún estado, municipio, cuenca hidrográfica, entre otros.

## **b) Selección de alternativas**

Es altamente recomendable que la participación de diversos actores del territorio sea activa durante todo el proceso de construcción de la evaluación de la vulnerabilidad. Es un trabajo en el cual es necesario incluir la participación de la sociedad civil organizada, la población local, los funcionarios de los tres niveles, académicos, investigadores, iniciativa privada. (Martínez *et al.*, 2008; Moreno y Becken, 2009; Bruno *et al.*, 2012; Fellman, 2012; GIZ, 2014; Fakhruddin *et al.*, 2015; Eguiguren-Velepucha *et al.*, 2016). Son quienes pueden dar información acerca del objeto vulnerable, ¿qué es lo que lo hace vulnerable?, y ¿cuáles son las prioridades que se deben considerar?; y de esta manera seleccionar los elementos fundamentales para la evaluación.

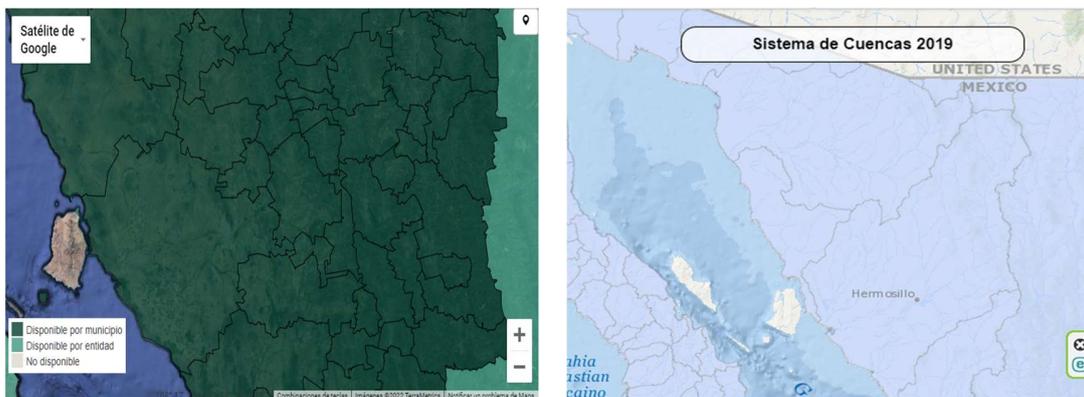
## **c) Unidad territorial**

El territorio, es un espacio geográfico, pero el término va más allá del espacio físico, ya que combina el medio físico natural y el ordenado o humanizado, que comprende a las personas que se apropian de él (Raffestin, 1986, citado en Vargas, 2012). Es decir, el territorio de acuerdo con David Harvey citado en Bedoya y Guzmán (2014) “es el espacio geográfico que va adquiriendo formas, estructuras, patrones y procesos que lo caracterizan en diferentes escalas de lo local, regional, nacional, mundial, y en ámbitos urbanos y rurales diversos según las condicionantes ambientales y las prácticas sociales establecidas”. Una unidad territorial, permiten explicar los modelos de comportamiento de la sociedad respecto a su espacio físico o entorno de vida, e individualmente, facilitan el análisis de las características y valores de las diversas partes del territorio. Como parte del territorio, la unidad territorial adquiere formas determinadas (debidas al uso del suelo, la localización física, las estructuras de propiedad y el tamaño de la superficie que representa) y desempeña una función social; productiva, ambiental, cultural, de reserva, de recreo, entre otros (García *et al.*, 2012).

En la evaluación de la vulnerabilidad, la integración de la unidad territorial es fundamental, ya que es dónde se encontrará el objeto vulnerable y sus condiciones de susceptibilidad y de capacidad adaptativa. La unidad territorial deberá ser específica para cada problemática establecida, por ejemplo; no será lo mismo evaluar la vulnerabilidad de los asentamientos humanos que aquella de la producción ganadera; ya que su espacio de desarrollo y lo que lo influencia es diferente.

Con base en la unidad territorial se integra una unidad de agregación para las problemáticas específicas. Esto dependerá de la dinámica territorial, la cual debe reflejar los componentes funcionales o de política pública del objeto vulnerable. La unidad de agregación puede ser de carácter político administrativo (municipio, estado) o delimitación de funcionalidad ecológica; eco-regiones, cuenca hidrográfica, unidades geomorfológicas, entre otras (**Figura 3.2**). En este caso es oportuna la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIGs), para poder representar de manera espacial a la unidad territorial y el manejo de información vectorial o ráster.

Los SIGs como herramienta de análisis espacial, permiten la integración de información con un objetivo específico de analizar, y se puede visualizar el territorio donde se presentan las problemáticas identificadas en las primeras fases de evaluación de la vulnerabilidad (Giraldez *et al.*, 2009).



**Figura 3.2.** La unidad territorial (municipios o cuencas) dependerá de la problemática por evaluar. Fuente: Imágenes tomadas de <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>, <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=cuencas>

Con base en la unidad territorial y la unidad de agregación es como se pueden presentar los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad.

#### **d) Construcción de componentes y vulnerabilidad**

Las componentes de la vulnerabilidad son indicadores que integran dos o más variables de características multidimensionales. Tienen el objetivo de simplificar una serie de parámetros complejos e interactivos, representados por diversos tipos de datos, a una forma que sea más fácil de entender y tenga una utilidad mucho mayor como herramienta de gestión. Para la selección de indicadores, es preciso elegir variables representativas y que integren factores físicos y sociales relacionados con los componentes de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Para atender los problemas de inconmensurabilidad por la combinación de variables, se emplea la normalización de los datos en unidades comparable, y posteriormente realizar la agregación de indicadores transformados, normalizados y ponderados en un índice final (Nguyen, 2016).

El método de análisis multicriterio se propone como base para agregación de las componentes de la VCC (incluye indicadores y variables). Este análisis está enmarcado en los sistemas de soporte de decisión espacial (SSDE). Consisten en sistemas de manejo de información que transforman la información en instrucciones, con la finalidad de afectar el comportamiento del sistema de modo que mejore su operación (Sharifi *et al.*, 2004). La principal función de los SSDE es su capacidad de hacer más comprensible el problema. Este objetivo es alcanzado mediante el arreglo de la información, de modo que los tomadores de decisiones pueden explorar los datos con mayor facilidad (Mendoza *et al.*, 2008).

La toma de decisiones se lleva a cabo a través de secuencias de procesos que inician con el reconocimiento de una determinada problemática por resolver, y culminan con una recomendación para su solución. Principalmente, existen dos aproximaciones: la aproximación basada en las alternativas donde se desarrollan diferentes opciones, para así especificar criterios y valores de esas opciones, y así poder llevar a cabo una evaluación y selección de las alternativas. La segunda aproximación es basada en valores, donde se utilizan los valores para asumir la importancia de las alternativas (Malczewski, 1999).

Las técnicas de análisis multicriterio (AMC) pueden ser usadas para identificar, clasificar y enlistar opciones para una evaluación detallada o simplemente para distinguir posibilidades (DCLG, 2009). Este método ha sido utilizado en diversos temas, por ejemplo, para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático (El-Zein y Tonmoy, 2015; Nguyen, 2016; Kumar *et al.*, 2016; Udie *et al.*, 2018), en adaptación al cambio climático (Trærup y Bakkegaard, 2015; Haque, 2016), en modelación del clima (Lecanda, 2015), temas ambientales (Mendoza, 2015;) y para la priorización de decisiones en instrumentos para el ordenamiento territorial (Mendoza *et al.*, 2008).

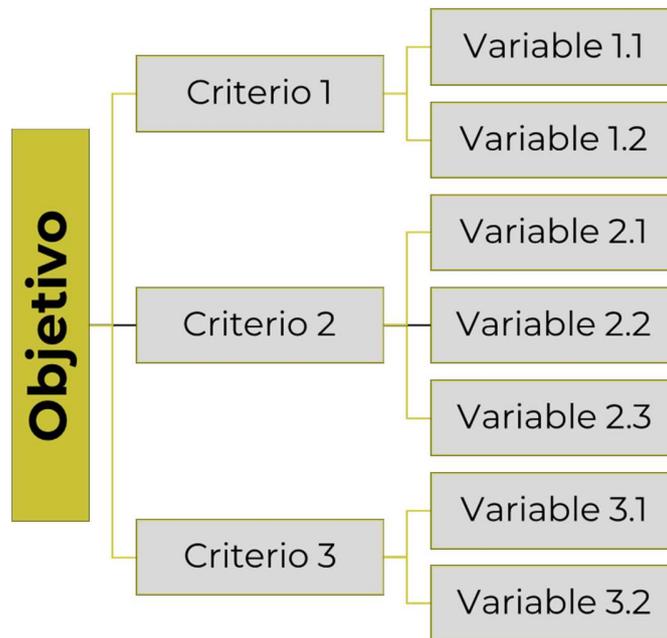
En el AMC se define un problema estableciendo un objetivo y el contexto en que se tomarán las decisiones y alternativas (San Cristóbal, 2012). Se identifica quién establece las decisiones y qué o quiénes son afectados por esa decisión. Por medio de la definición de criterios y variables se evalúa y da solución a la problemática planteada, a través de diversas alternativas. Los criterios deben de incluir aspectos clave, estar relacionados con el objetivo a evaluar, ser sensibles y responsivos a cambios en el sistema, deben ser confiables, estar fundamentados y proporcionar una medida integral, fáciles de detectar, registrar e interpretar y estar definidos con precisión (Sharifi, 2002).

Los criterios y variables se deben de organizar de manera jerárquica con una representación de árbol de valor, asignándoles un orden de importancia o preferencia con un peso (**Figura 3.3**). Lo anterior considerando las características de ser exhaustivos, medibles, cubriendo todos los aspectos del problema general, significativos en el análisis, no redundantes, independientes y lo más simples posible (DCLG, 2009; Alambari *et al.*, 2014; Malczewski y Rinner, 2015). La normalización de los criterios y variables, independientes entre sí, es necesaria para poder aplicar un modelo de

evaluación lineal aditivo, y así obtener el resultado final del problema planteado (Vía et al., 2007; Barfod y Leleur, 2014; Malczewski y Rinner, 2015). Los pesos son multiplicados por el valor en cada criterio para luego cada uno ser sumados (**ecuación 3.1**). El modelo lineal muestra cómo los valores de una opción y sus múltiples criterios se pueden combinar en un valor global (DCLG, 2009).

$$S_i = w_1s_{i1} + w_2s_{i2} + \dots + w_ns_{in} = \sum_{j=1}^n w_js_{ij} \quad (3.1)$$

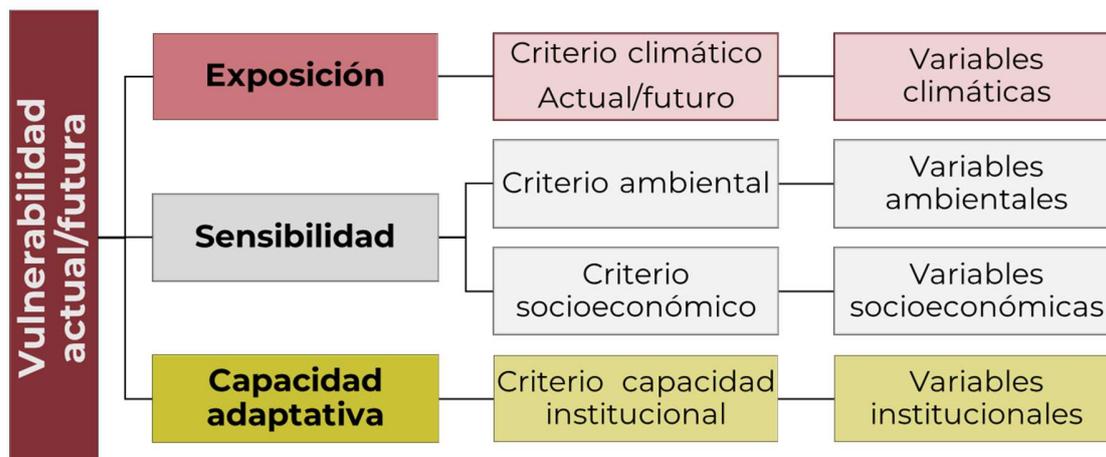
Donde  $w_n$  es el peso,  $s_{in}$  son los criterios y  $S_i$  es el valor global.



**Figura 3.3.** Esquema de árbol de decisión, ejemplo con tres criterios. Fuente: Elaboración propia

La relevancia o calidad de información que proporcione un indicador dependerá de la definición de éstos (CEPAL, 2009), cuyos insumos deben ser medibles, representativos en el territorio, de fuentes públicas y/u oficiales y actualizables.

Las componentes de sensibilidad y capacidad adaptativa pueden estar construidas con una combinación de indicadores (o variables) ambientales/biofísicas y socioeconómicas e institucionales, ambientales/biofísicas y socioeconómicas, respectivamente (**Figura 3.4**).



**Figura 3.4.** Estructura de árbol jerárquico para la evaluación de la vulnerabilidad.  
Fuente: Elaboración propia.

En la evaluación al cambio climático, la información de las variables, criterios y las componentes, se normaliza (Barfod y Leleur, 2014; Vía *et al.*, 2007; Malczewski y Rinner, 2015), y posteriormente se integran con un modelo aditivo para obtener un resultado final. La asignación de los pesos se aplica equiproporcionalmente, siendo así un juicio de valor que asigna la misma prioridad a todas las variables y criterios de las componentes de la vulnerabilidad (CEPAL, 2009). De esta manera no se subestimarán o sobreestimarán el peso de cada variable, incluso es una forma de pesar de manera equilibrada en ausencia de expertos que puedan proporcionar información más precisa, a falta de decisión de prioridades.

Para el cálculo de las componentes de la vulnerabilidad, criterios y variables se utiliza una fórmula de adición general de la forma:

$$F_i = \frac{1}{n} f_1 + \frac{1}{n} f_2 + \dots + \frac{1}{n} f_n \dots(3.2)$$

Donde  
 $n=1\dots m$   
 $i=1\dots p$

En la **Tabla 3.1**, se presentan las ecuaciones aplicadas para las variables, criterios, indicadores, normalización y cálculo de la vulnerabilidad.

**Tabla 3.1.** Ecuaciones utilizadas para la evaluación de la vulnerabilidad por problemáticas asociadas al clima

Elementos	Ecuación	No
<b>Variable: v</b>	$v_i = \frac{1}{n} v_1 + \frac{1}{n} v_2 + \dots + \frac{1}{n} v_n$ $n=1\dots m$ $i=1\dots p$	<b>(a)</b>
<b>Criterio: C</b>	$C_i = \frac{1}{n} v_1 + \frac{1}{n} v_2 + \dots + \frac{1}{n} v_n$ $n=1\dots m$ $i=1\dots p$	<b>(b)</b>
<b>Exposición (actual y futura): E</b>	$E = \frac{1}{n} C_{e1} + \frac{1}{n} C_{e2} + \dots + \frac{1}{n} C_{ei}$ $C_{ei}$ criterio de exposición, donde $i=1\dots p$ $n=1\dots i$	<b>(c)</b>
<b>Sensibilidad: S</b>	$S = \frac{1}{n} C_{s1} + \frac{1}{n} C_{s2} + \dots + \frac{1}{n} C_{si}$ $C_{si}$ criterio de sensibilidad, donde $i=1\dots p$ $n=1\dots i$	<b>(d)</b>
<b>Capacidad adaptativa: CA</b>	$CA = \frac{1}{n} C_{ca1} + \frac{1}{n} C_{ca2} + \dots + \frac{1}{n} C_{cai}$ $C_{cai}$ criterio de capacidad adaptativa donde $i=1\dots p$ $n=1\dots i$	<b>(e)</b>
<b>Normalización del criterio</b> <b>Valor máximo: max</b> <b>Valor mínimo: min</b> <b>I: valor de la observación</b>	$N = \frac{I - \min}{\max - \min}$	<b>(f)</b>
<b>Vulnerabilidad: V</b> <b>E(N): Exposición normalizada</b> <b>S(N): Sensibilidad normalizada</b> <b>CA(N): Capacidad adaptativa normalizada</b>	$V = E(N) + S(N) - CA(N)$	<b>(g)</b>

### e) Niveles de representación

La información se puede mostrar en diferentes niveles de representación, lo que significa enmarcar los resultados en los ámbitos nacional y/o estatal. Lo cual permitirá la comparación de resultados; aunque el nivel de representación, se pueden generar de acuerdo a las necesidades y alcances de la información. Por ejemplo, a nivel nacional se determina que un municipio tiene una vulnerabilidad media, porque se están comparando todos los municipios del país. Sin embargo, al expresar la representación a nivel estatal, donde ahora los resultados son por municipio, puede resultar que ese mismo municipio tenga una vulnerabilidad muy alta, ya que se está comparando entre los municipios de la entidad federativa correspondiente. Los diferentes niveles de representación tendrán objetivos diferentes en la implementación de la política pública y en la toma de decisiones.

### f) Recomendaciones

De acuerdo con Turner *et al.*, (2003), la evaluación de la vulnerabilidad debe facilitar la identificación de interacciones críticas en el sistema humano-ambiental, que sugieran oportunidades de respuesta para los tomadores de decisiones. Es necesario dar recomendaciones específicas para fortalecer la política pública de adaptación al cambio climático, y de esta manera aumentar las capacidades institucionales para reducir la vulnerabilidad a diferentes niveles.

La propuesta de recomendaciones estará en función de las componentes de sensibilidad y capacidad adaptativa, ya que para exposición no se tiene un control en las variables climáticas. Sin embargo, en las componentes de sensibilidad y capacidad adaptativa, si se puede influir de una manera directa o indirecta. Por ejemplo, en capacidad adaptativa si la población en un municipio es afectada por inundaciones y no tiene un plan de contingencia ante inundaciones, por consiguiente, se recomendaría la elaboración de ese instrumento para el municipio.

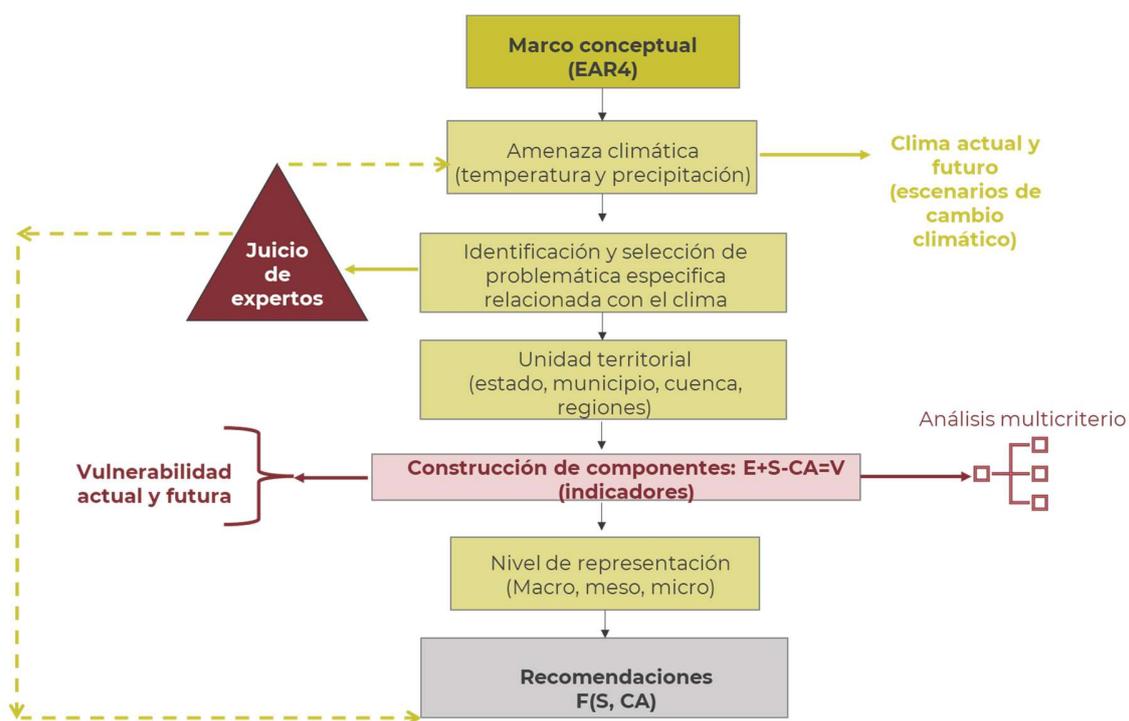
De esta manera, las recomendaciones inciden pueden incidir de manera directa en la política pública a diferentes niveles de la toma de decisiones. Donde la evaluación de la vulnerabilidad será el vínculo entre la información técnica, las estructuras institucionales y la toma de decisiones (Turner *et al.*, 2003).

## 3.3 RESUMEN DE LA METODOLOGÍA

La metodología se puede resumir en el esquema de la **Figura 3.5**.

Partiendo de la definición del marco conceptual del EAR4, primero se determina el tipo de amenaza climática, la cual se define con las variables de temperatura y precipitación para poder integrar cambio climático. Posteriormente se define la problemática específica y se ubica en una unidad territorial de agregación. Luego se construyen las componentes de la vulnerabilidad implementando árboles de decisión; aquí se definen

criterios (indicadores) construidos a través de variables específicas, para la problemática seleccionada y la amenaza climática. La exposición es la actual y la proyectada con escenarios de cambio climático. La sensibilidad se construye con variables sociales, económicas, físicas, ambientales, mientras que la capacidad adaptativa por medio de instrumentos institucionales. La capacidad adaptativa debe de responder a las variables de sensibilidad. Al final la agregación de variables, criterios y componentes y de la vulnerabilidad (actual y futura), se lleva a cabo con el método multicriterio, asignando el mismo peso para todas. Finalmente se elaboran recomendaciones, con base en los criterios de la capacidad adaptativa.



**Figura 3.5.** Esquema de metodología general para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático. Fuente: Elaboración propia.

## 4. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO MULTINIVEL

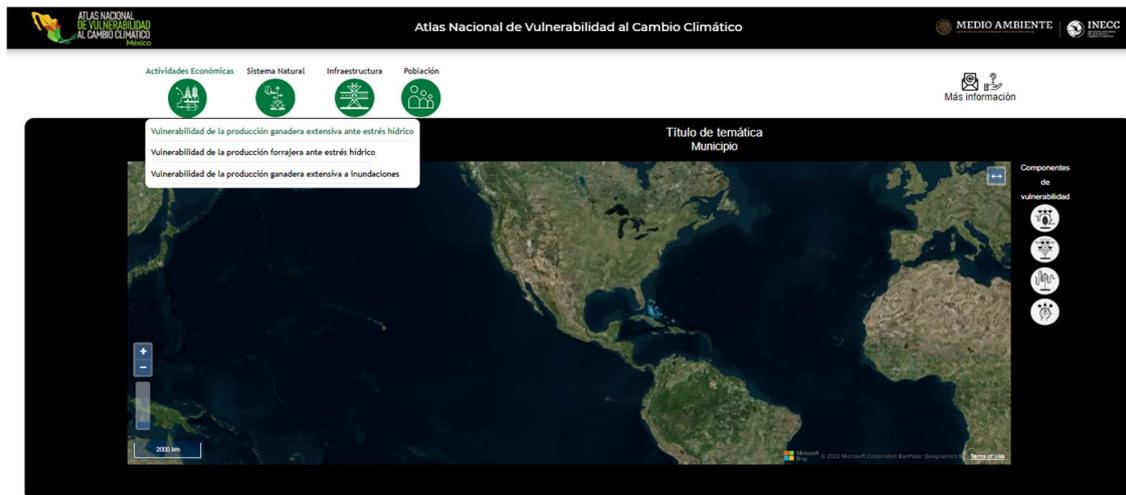
A continuación, se presentarán tres posibilidades de utilizar la metodología propuesta en esta investigación sobre evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático. Es decir, cómo se puede partir de una metodología general a diferentes niveles de representación territorial: nacional, regional y local. En el caso nacional se presenta el uso de la metodología en la construcción del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático, en su primera etapa, y se muestra un estudio de caso para exponer el desarrollo y los resultados que se pueden obtener. En los casos regional y local se propone adecuaciones generales en la metodología para ser aplicada a esos niveles. Son ajustes que se han identificado a través de la experiencia en el desarrollo de las diferentes vulnerabilidades.

### 4.1 NIVEL NACIONAL

#### 4.1.1. ATLAS NACIONAL DE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO (ANVCC), UNA APROXIMACIÓN A NIVEL GENERAL DEL TERRITORIO

Algunos Atlas elaborados en México han sido desarrollados para evaluar la vulnerabilidad de cambio climático en mayor o menor grado (IMTA, 2015; Monterroso, 2014). Incluso existen herramientas para el diagnóstico de la vulnerabilidad al cambio climático en áreas naturales protegidas (CONANP-PNUD, 2021).

En este contexto, se desarrolló el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC), el cual es público y se puede consultar en el enlace <https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/>. El ANVCC es un instrumento que aborda la vulnerabilidad territorial, para contribuir en la toma de decisiones en materia de adaptación al cambio climático en el contexto de la planeación del desarrollo. La información es sistematizada y presentada espacialmente (**Figura 4.1**) para mostrar la vulnerabilidad territorial actual y potencial en México a los impactos del cambio climático, con base en datos históricos y escenarios futuros. La evaluación de la vulnerabilidad, a través de la integración de los componentes de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, permite conocer las causas subyacentes de la vulnerabilidad y es un insumo importante para el análisis de las alternativas de adaptación (INECC, 2019).



**Figura 4.1.** Plataforma del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático.

Fuente: Tomado de

<https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/index.html#zoom=undefined&lat=23.5000&lon=-101.9000&layers=1/>

La metodología desarrollada en este trabajo de investigación fue guía para la construcción del ANVCC. El marco conceptual del EAR4 fue asertivo para esta evaluación, ya que se pretendía evaluar la vulnerabilidad de amenazas climáticas en diversos sectores. Las problemáticas fueron identificadas y seleccionadas de acuerdo con los resultados de priorización obtenidos en dos talleres, con la participación de 36 entidades federales (**Figura 4.2**). Por ser un instrumento a nivel nacional, se decidió incluir expertos de dependencias del gobierno federal, ya que son quienes atienden las diferentes problemáticas a nivel nacional.

En los talleres (**Figura 4.2**) se detectaron las principales problemáticas, amenazas de tipo climático, los elementos de sensibilidad y las capacidades institucionales para enfrentar las problemáticas. Se identificó que el incremento en la temperatura y la precipitación, la disminución en la precipitación e incremento del nivel del mar, son las principales amenazas de tipo climático en México. Cada una de ellas desencadenan diversas problemáticas que impactan en la población, la infraestructura, el medio ambiente y la productividad; incidiendo en más de un sistema. No hay impactos aislados, que se puedan analizar en un sólo sentido, siempre habrá una interacción con diferentes elementos.



**Figura 4.2.** Talleres para el proceso de participación de expertos para la construcción del ANVCC. Fuente: Tomado de INECC (2019).

En la **Tabla 4.1** se muestran los resultados de los talleres con expertos: amenazas climáticas, problemática y sectores afectados.

**Tabla 4.1.** Amenazas climáticas y sus problemáticas para distintos sectores

Incremento de temperatura	Incremento de precipitación	Disminución de precipitación	Incremento del nivel del mar
Aumento de enfermedades	Aumento de deslizamientos de laderas	Aumento de enfermedades	Intrusión salina
Cambio en zonas climáticas	Aumento de inundaciones	Salinización	Pérdida de espacio
Aumento de especies invasoras	Pérdida de suelos	Incremento de fuegos forestales	
Disminución de la		Disminución de la	

disponibilidad de agua		disponibilidad de agua	
Población	Economía	Agricultura	Energía
Hídrico	Transporte	Medio ambiente	Salud

Fuente: Adaptado de INECC (2019).

Para definir la priorización se integraron grupos de trabajo, los cuales fueron divididos en: 1) Población, 2) Actividades económicas, 3) Infraestructura y 4) Sistema natural. De los grupos de trabajo se identificaron 10 problemáticas las cuales se encuentran indicadas en la **Tabla 4.2**.

**Tabla 4.2.** Problemáticas resultantes de la priorización con participación de expertos

Población	Actividades económicas	Infraestructura	Sistema natural
Cambios en la distribución potencial del dengue	Producción forrajera ante inundaciones	Deslizamientos de ladera sobre carreteras	Distribución del bosque mesófilo ante cambios en la temperatura y precipitación
Inundaciones en asentamientos humanos	Producción ganadera ante inundaciones	----	Especies en peligro
Deslizamientos de laderas en poblaciones	Producción forrajera ante estrés hídrico	----	---
----	Cambios en la aptitud potencial de los cultivos	----	----

Fuente: Basado en INECC (2019).

En esta primera etapa del ANVCC, se evaluaron seis problemáticas:

- 1. Vulnerabilidad de asentamientos humanos por inundaciones**
- 2. Vulnerabilidad de los asentamientos humanos por deslaves<sup>1</sup>**
- 3. Vulnerabilidad de la población al incremento en la distribución potencial del dengue**
- 4. Vulnerabilidad de la producción forrajera ante estrés hídrico**
- 5. Vulnerabilidad de la producción ganadera ante estrés hídrico**
- 6. Vulnerabilidad de la producción ganadera por inundaciones**

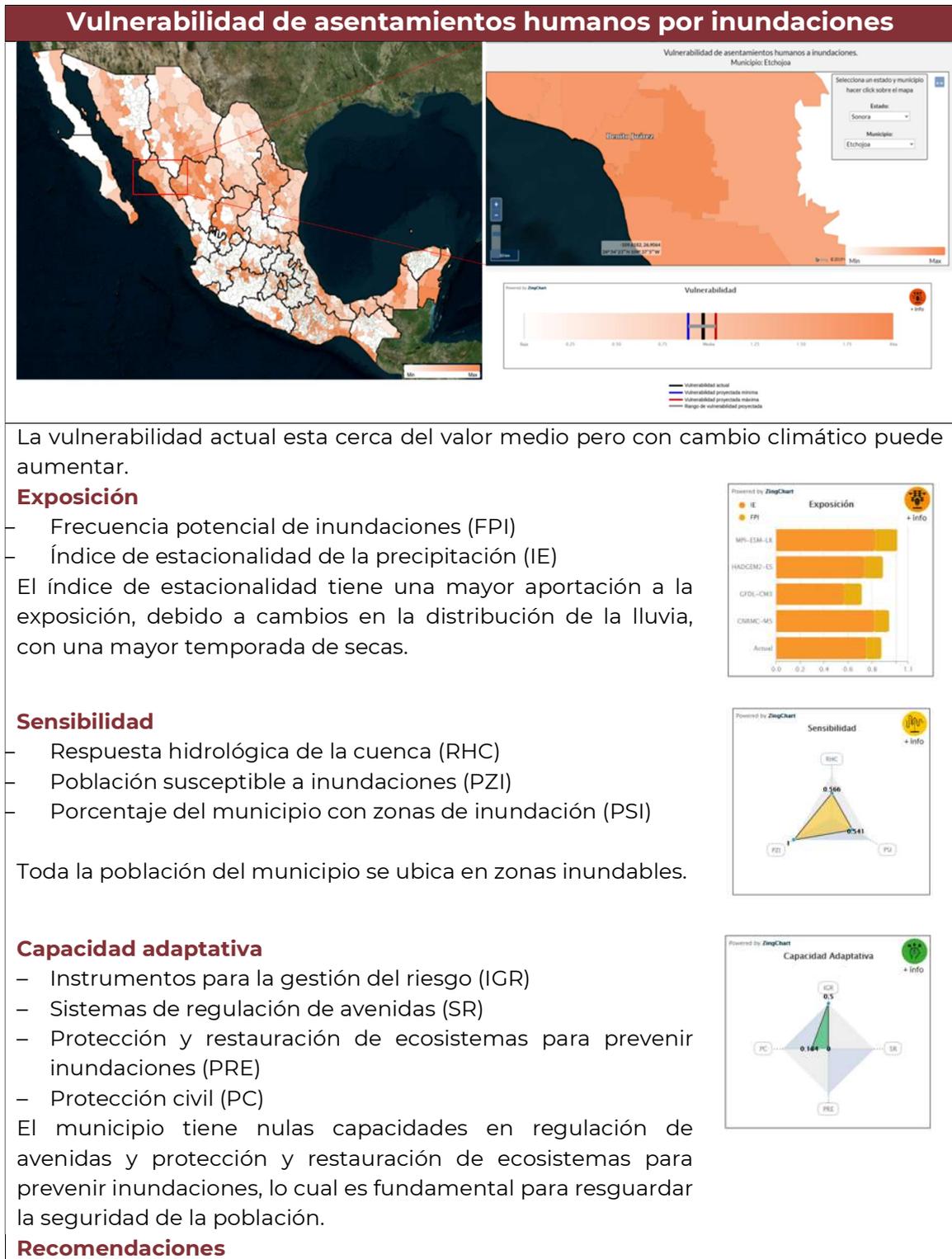
A continuación, se incluye una muestra de los resultados que se derivan del ANVCC, para posteriormente presentar la construcción detallada de una de las vulnerabilidades incluidas en el Atlas (**Cuadro 4.1**). En la parte superior se muestra en el mapa la vulnerabilidad actual de la problemática, con la selección de un municipio que se muestra en el recuadro, como ejemplo. La barra de valores de vulnerabilidad presentada incluye el resultado del rango de la vulnerabilidad futura respecto a la actual (línea gris). En este caso, se tomaron los valores de máxima vulnerabilidad (línea roja) y mínima vulnerabilidad (línea azul) entre cuatro posibles proyecciones, con respecto a la vulnerabilidad actual (línea negra)

Se incluyen las gráficas resultantes para cada una de las componentes (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa), las cuales indican la influencia de los criterios seleccionados en cada componente y el ejemplo para el municipio seleccionado. Finalmente, se incluyen recomendaciones generales para la vulnerabilidad.

---

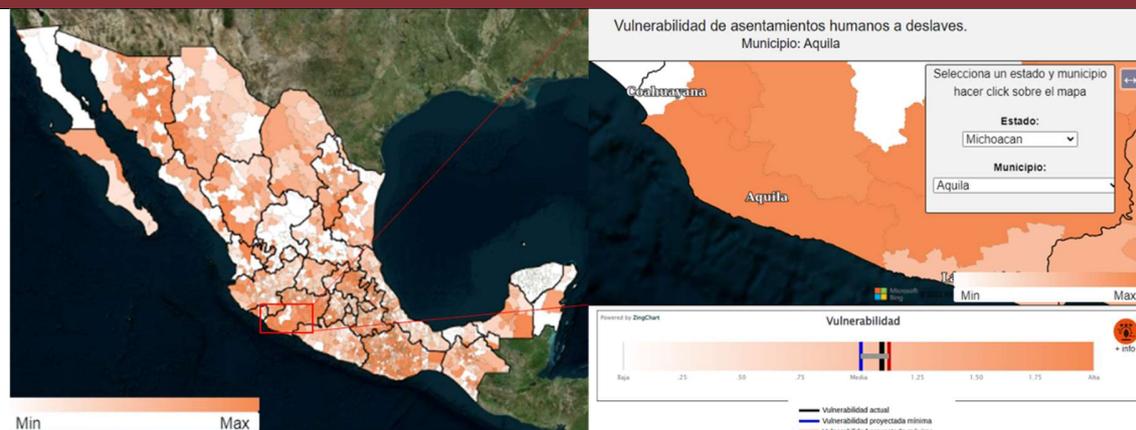
<sup>1</sup> De acuerdo con CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres; <https://www.cenapred.unam.mx/es/documentosWeb/Enaproc/IdentiDeslizamientos.pdf>) deslave es un caso especial de un deslizamiento cuyo causante, o factor detonante, es el agua que penetra en el terreno por lluvias fuertes y prolongadas. En el ANVCC se le nombró de esta manera común para comunicar de una mejor manera la problemática, ya que los usuarios están mayormente relacionados con este término común que aquellos conceptos estrictos. Tener un lenguaje simple y común ayuda a comunicar de una mejor manera la información de tipo técnica o científica. Por lo tanto, a partir de aquí, se mencionará este término.

**Cuadro 4.1.** Ejemplo de resultados obtenidos con el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático



- Desarrollo o actualización del Atlas municipal de riesgo para incluir inundaciones.
- Desarrollo del Plan de contingencia.
- Desarrollar alertas tempranas y difusión de peligro a la población.
- Incrementar la infraestructura de regulación de avenidas.
- Promover mecanismos de planeación intermunicipales.
- Difusión de los refugios temporales y aumentar el número de los mismos.
- Incrementar la cobertura vegetal en las partes medias y altas de las cuencas a través de la consolidación operativa de Áreas Naturales Protegidas (Federales, Estatales y Municipales).
- Promover el acceso a Pago por Servicios Ambientales.

## Vulnerabilidad de asentamientos humanos a deslaves



La vulnerabilidad actual sobrepasa el valor medio y puede ser mayor.

### Exposición

- Frecuencia potencial de deslaves (FPD)
  - Índice de estacionalidad de la precipitación (IE)
- En el municipio se sobrepasan los umbrales que detonan deslaves y cambios en la estacionalidad, lo que produce lluvias fuertes y extraordinarias concentradas en periodos cortos, lo cual aumentará en condiciones futuras.



### Sensibilidad

- Población susceptible a deslaves (PSD)
- Condición de la vegetación en zonas de inestabilidad de laderas en el municipio (CVZD)

La población del municipio se ubica en zonas de deslaves.



### Capacidad adaptativa

- Instrumentos para la gestión del riesgo (IGR)
- Protección y restauración de ecosistemas para prevenir inundaciones (PRE)
- Protección civil (PC)

El municipio tiene una baja capacidad en instrumentos de gestión de riesgo ante deslaves, lo cual es fundamental para

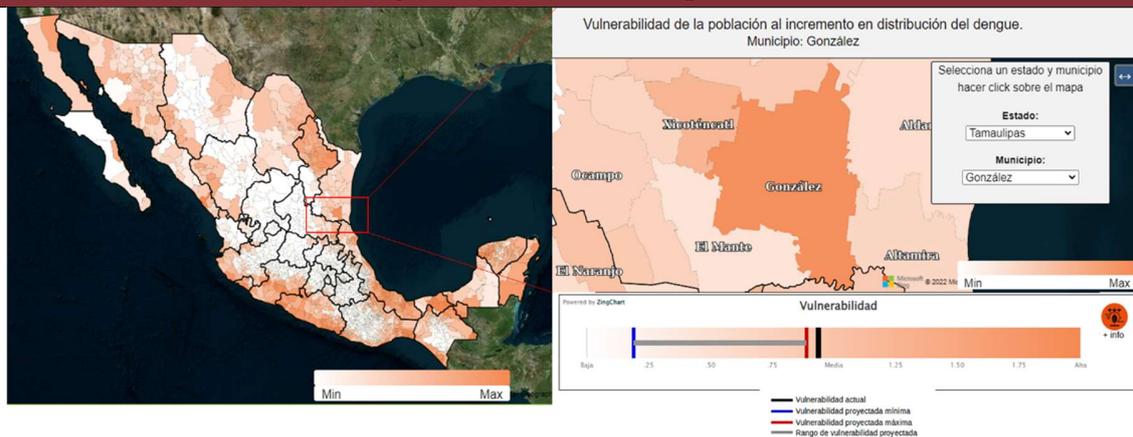


resguardar la seguridad de la población.

### Recomendaciones

- Desarrollo o actualización del Atlas municipal de riesgo para incluir deslaves.
- Desarrollo del plan de contingencia.
- Desarrollar alertas tempranas y difusión de peligro a la población.
- Incrementar la infraestructura de regulación de avenidas.
- Promover mecanismos de planeación intermunicipales (manejo de residuos, rehabilitación de sistemas riparios y conservación-manejo de masas forestales).
- Difusión de los refugios temporales y aumentar el número de los mismos.
- Incrementar la cobertura vegetal en las partes medias y altas de las cuencas a través de la consolidación operativa de Áreas Naturales Protegidas (Federales, Estatales y Municipales).
- Promover el acceso a Pago por Servicios Ambientales.

## Vulnerabilidad de la población al incremento en la distribución potencial del dengue



La vulnerabilidad disminuye en el municipio para el horizonte 2015-2039.

### Exposición

- Endemismo (En)
- Brote (Br)

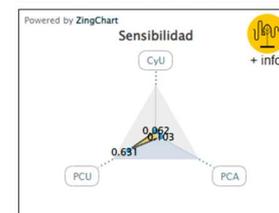
El brote y endemismo tienen una aportación similar para exposición.



### Sensibilidad

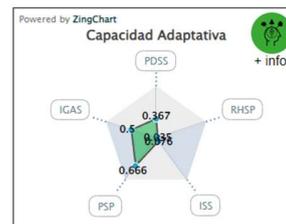
- Conectividad y urbanización (CyU)
- Presencia potencial de criaderos por acumulación de agua (PCA)
- Potencial de criaderos por infraestructura urbana (PCU)

Hay una alta susceptibilidad por un alto potencial de criaderos. Implica una falta de infraestructura urbana (agua entubada y servicios de recolección de basura), lo que provoca la acumulación de agua en recipientes y al aire libre.



### Capacidad adaptativa

- Población derechohabiente con algún servicio de salud (PDSS)
- Recursos humanos en instituciones de salud pública (RHSP)
- Infraestructura de los servicios de salud (ISS)
- Planes o programas de mejoramiento de servicios públicos (PSP)
- Instrumentos para la gestión de servicios de agua y saneamiento (IGAS)

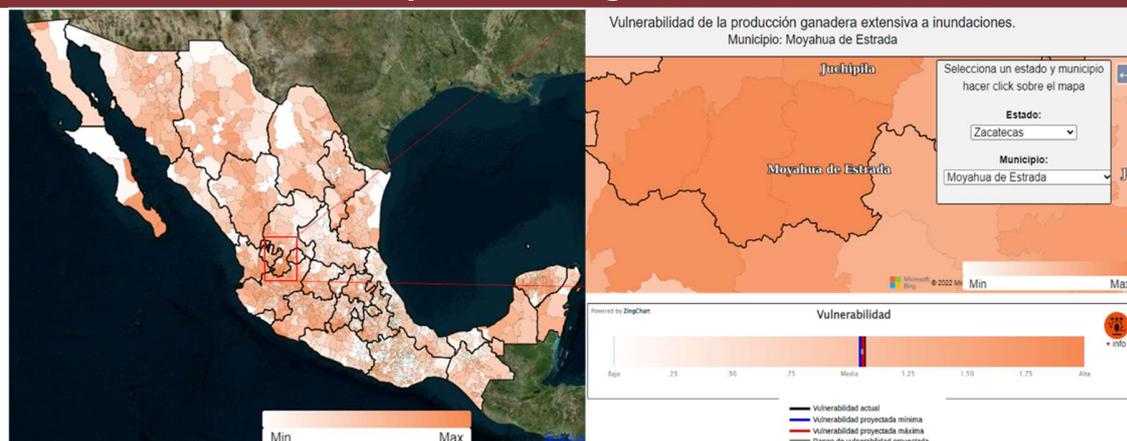


El municipio cuenta con baja capacidad por falta unidades médicas y personal médico por localidades para atención del dengue.

### Recomendaciones

- Incrementar el personal médico para atender a la población.
- Incrementar la presencia de unidades médicas por localidades.
- Incrementar y rehabilitar la red de abasto de agua potable en domicilios.
- Implementar programas para la población sin derechohabencia para el tratamiento de enfermedades como el dengue.
- Incrementar el servicio de recolección de residuos.
- Reducir el número de tiraderos a cielo abierto.
- Incrementar la difusión de las campañas de para evitar los criaderos de moscos.
- Incrementar la cobertura de los programas de agua y saneamiento.
- Incrementar la difusión de la información de los municipios sobre el programa de gestión sustentable agua y saneamiento.

## Vulnerabilidad de la producción ganadera ante inundaciones



El cambio en la vulnerabilidad futura es mínimo para esta problemática.

### Exposición

- Frecuencia potencial de inundaciones (FPI)
  - Índice de estacionalidad de la precipitación (IE)
- En el municipio la precipitación se concentra en pocos meses, durante los cuales se sobrepasan los umbrales que detonan inundaciones. La precipitación en temporadas cortas puede producir avenidas extraordinarias, que afecten al ganado. El

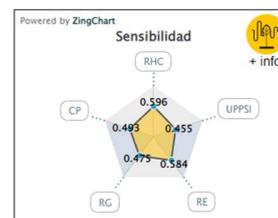


valor actual de exposición no cambia a futuro.

### Sensibilidad

- Respuesta hidrológica de la cuenca (RHC)
- Unidades de Producción Pecuaria susceptible a inundaciones (UPPSI)
- Resiliencia de los ecosistemas (RE)
- Relevancia ganadera (RG)
- Condiciones de producción (CP)

La superficie del municipio cuenta con tipos de vegetación poco resistentes a las inundaciones, tiene problemas de erosión del suelo, un deficiente manejo de ganado y hay presión familiar sobre la tierra.



### Capacidad adaptativa

- Instrumentos para la gestión del riesgo (IGR)
- Protección y restauración de ecosistemas para prevenir inundaciones (PRE)
- Organización y fomento a la productividad ganadera (OFGP)

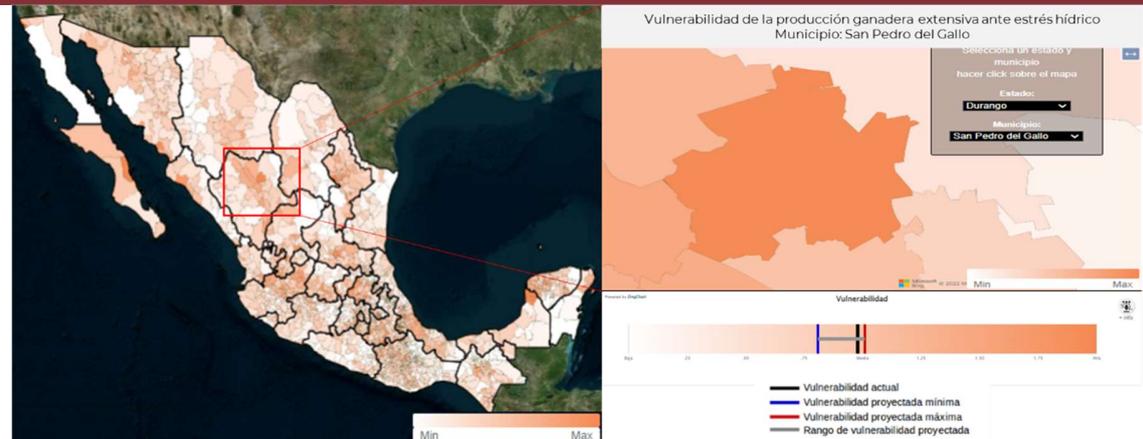
En el municipio hay una nula gestión de riesgo ante inundaciones y muy baja protección y restauración de los ecosistemas. Sin embargo, existe una alta organización de los ganaderos.



### Recomendaciones

- Fomentar programas o proyectos en los niveles federal, estatal y municipal de asistencia técnica, para el mejor uso y manejo de los forrajes del ganado.
- Identificar lugares altos o alternos con forrajes de reserva para sostenimiento y resguardo del ganado, para las zonas o unidades de producción pecuaria con probables contingencias o peligro de inundación.
- Aumentar y difundir programas para recuperación de áreas erosionadas de mayor o menor superficie.
- Asistencia técnica para reducir el número de ganado en pastoreo, desechar animales improductivos, viejos o enfermos, y así reducir la presión a la vegetación para su recuperación.
- Aumentar la difusión informativa de zonas ganaderas con unidades de producción pecuaria por municipio con mayor riesgo de inundación.
- Aumentar la cobertura de programas en los tres niveles de gobierno para que municipios cuenten con plan de contingencia y mapa de riesgos para desastres de inundación.
- Promover y difundir programas para Pago de Servicios Ambientales.

## Vulnerabilidad de la producción ganadera ante estrés hídrico



La vulnerabilidad actual tiene un valor medio, aproximadamente, y es posible que aumente a futuro.

### Exposición

- Condición de aridez en zonas ganaderas (CAZG)
- Índice de estacionalidad de la precipitación (IE)

La condición de aridez tiene mayor aportación en la exposición por un aumento de temperatura y disminución en la precipitación.



### Sensibilidad

- Resistencia de la vegetación (RV)
- Acceso de agua y forraje (AAF)
- Infraestructura para el manejo del pastoreo y ganado (IMPG)
- Relevancia ganadera (RG)
- Condiciones de producción (CP)

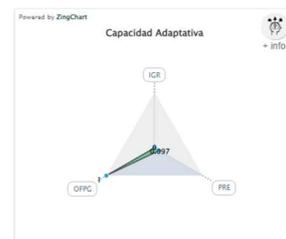
El manejo del ganado es deficiente y tienen baja disponibilidad de forraje extra para el ganado.



### Capacidad adaptativa

- Instrumentos para la gestión del riesgo (IGR)
- Protección y restauración de ecosistemas para prevenir aridez (PRE)
- Organización y fomento a la productividad ganadera (OFGP)

En el municipio hay una nula gestión de riesgo ante eventos como sequías, y muy baja protección y restauración de los ecosistemas para prevenir la aridez. Sin embargo, existe una alta organización de los ganaderos.

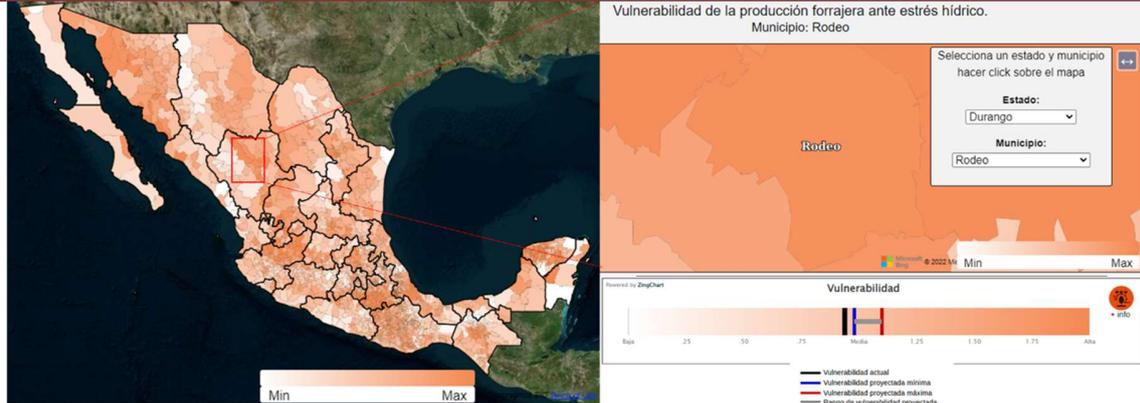


### Recomendaciones

- Incluir en los Atlas de Riesgo Municipal las unidades de producción pecuaria.
- Programa de apoyo para infraestructura (depósitos, contenedores de agua y bebederos, y cercos).
- Fomentar las organizaciones ganaderas.
- Fomentar Planes de contingencia para sequías.

- Promover Mecanismos de planeación intermunicipales (manejo de residuos, rehabilitación de sistemas riparios y conservación-manejo de masas forestales).
- Incrementar la cobertura vegetal a través de la consolidación operativa de Áreas Naturales Protegidas.
- Promover el acceso a Pago por Servicios Ambientales.

## Vulnerabilidad de la producción forrajera ante estrés hídrico



La vulnerabilidad futura aumenta en el municipio.

### Exposición

- Condición de aridez en zonas ganaderas (CA)
  - Índice de estacionalidad de la precipitación (IE)
- En el municipio la precipitación es escasa, y se concentra en periodos cortos de tiempo, contribuyendo al estrés hídrico.



### Sensibilidad

- Resistencia de la vegetación (RV)
- Suelo (S)
- Presión sobre los recursos naturales (PRN)
- Producción forrajera (PF)

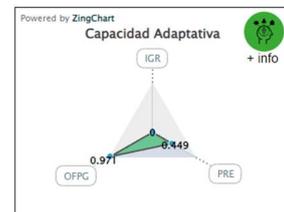
El municipio es muy susceptible a la resistencia de la vegetación, así como por el tipo de suelo. Lo anterior provoca un alto estrés hídrico para muchas especies vegetales por las condiciones adversas, y por la alteración de la cubierta vegetal original.



### Capacidad adaptativa

- Instrumentos para la gestión del riesgo (IGR)
- Protección y restauración de ecosistemas para prevenir aridez (PRE)
- Organización y fomento a la productividad ganadera (OFGP)

En el municipio hay una nula gestión de riesgo ante eventos como sequías. Tiene muy baja protección y restauración de los ecosistemas, para prevenir la aridez. Sin embargo, tiene buena organización entre ganaderos.



### Recomendaciones

- Incluir en los Atlas de Riesgo Municipal las unidades de producción pecuaria.

- Programa de apoyo para infraestructura y forrajes.
- Fomentar las organizaciones ganaderas.
- Fomentar Planes de contingencia para sequías.
- Promover Mecanismos de planeación intermunicipales (manejo de residuos, rehabilitación de sistemas riparios y conservación-manejo de masas forestales).
- Incrementar la cobertura vegetal a través de la consolidación operativa de Áreas Naturales Protegidas.
- Promover el acceso a Pago por Servicios Ambientales.

Fuente: Tomado y adaptado de <https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/>

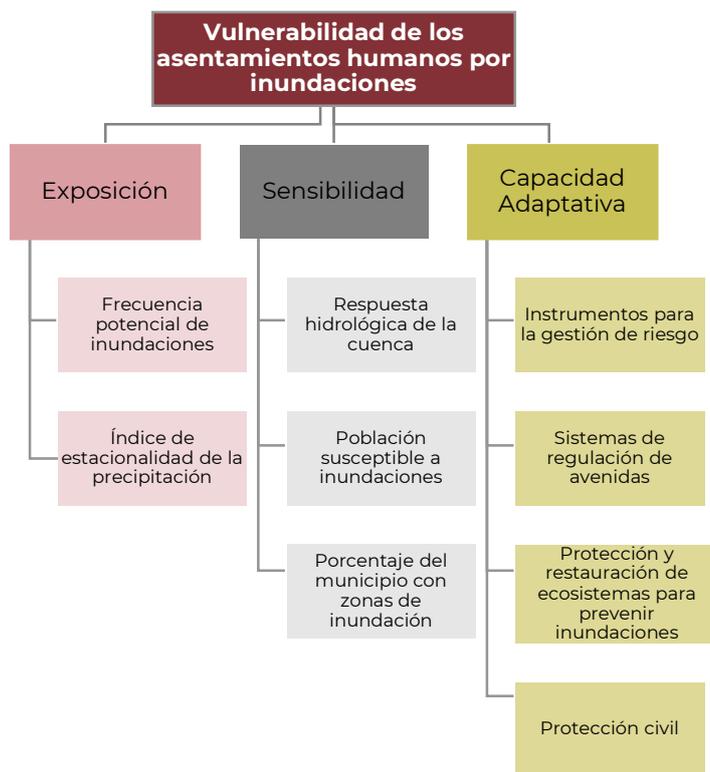
#### 4.1.2 CASO VULNERABILIDAD DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS POR INUNDACIONES

Para ejemplificar la construcción de la vulnerabilidad y sus componentes, se desarrolla la vulnerabilidad de los asentamientos humanos por inundaciones.

Las inundaciones impactan a más de un sector, por lo que se tuvo que definir el de mayor prioridad, para responder a la pregunta ¿quién es vulnerable? La población resultó ser el sector más afectado, porque las inundaciones pueden ocasionar la pérdida de vidas humanas. Tan sólo en 2007, las inundaciones en Tabasco ocasionaron en conjunto daños y pérdidas que ascendieron a 3,100 millones de dólares. La vivienda fue el rubro con mayores pérdidas, con una afectación en 123 mil viviendas (CEPAL, 2008).

En la **Figura 4.3** se muestran las variables y criterios definidos para el cálculo de la vulnerabilidad de los asentamientos humanos ante inundaciones, los cuales son específicos y de relevancia para la problemática. Los índices debían ser exhaustivos, medibles, cubriendo los aspectos relevantes y significativos de la problemática de inundaciones, independientes y con información no redundante para no sobreestimar alguna variable o criterio. Además de tener un modelo simple, ya que la integración de muchos criterios puede mermar el aporte de cada variable o criterio. Con esta construcción específica de criterios se puede identificar a qué y por qué es vulnerable el objeto de estudio.

El árbol general de la vulnerabilidad consta de 9 criterios, 2 para exposición, 3 para sensibilidad y 4 para capacidad adaptativa. La unidad territorial fue municipal y se decidió tener dos niveles de agregación el nacional y el estatal. Los resultados se representaron por municipio, con una normalización y un ranqueo a nivel nacional y estatal.



**Figura 4.3.** Árbol de decisión para la vulnerabilidad de asentamientos humanos por inundaciones. Fuente: Tomado de INECC (2019).

Las bases de datos utilizadas como insumos para el cálculo de las variables fueron obtenidas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Centro Nacional de Desastres (CENAPRED). Para realizar el análisis de exposición se utilizaron las series de datos de precipitación y temperatura mensuales de WorldClim<sup>23</sup>, las cuales se llevaron a nivel municipal.

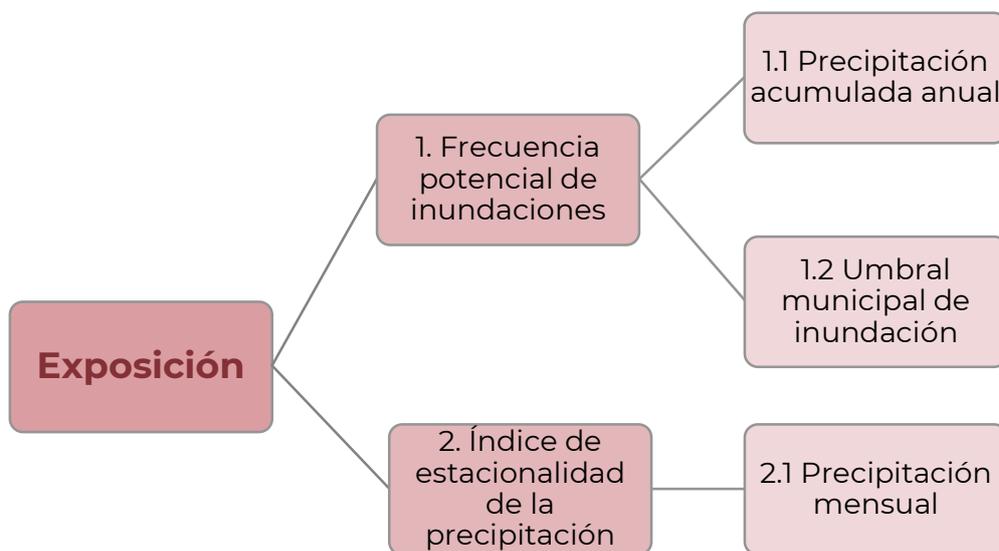
Los insumos tenían que tener las características de ser medibles, con representación nacional, de fuentes oficiales, y ser actualizables.

### a) Componente de exposición

La componente de exposición fue definida por los criterios de frecuencia potencial de inundaciones y el índice de estacionalidad de la precipitación, cada una de ellas con sus variables respectivas (**Figura 4.4**). Con base a la disponibilidad de los datos de temperatura y precipitación de Worldclim, para poder proyectarla con escenarios de cambio climático.

<sup>2</sup> WorldClim es un sitio de datos climáticos a nivel mundial con una resolución espacial de 1 km<sup>2</sup> aproximadamente; <https://www.worldclim.org/data/index.html#>

<sup>3</sup> Las bases de datos se pueden descargar en el sitio: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/cartografia-de-clima-actual-o-base-1950-2000>



**Figura 4.4.** Árbol con las componentes de exposición de asentamiento humanos por inundaciones. Fuente: Tomado de INECC (2019).

El criterio de estacionalidad de la precipitación (Walsh y Lawler, 1981), es (**ecuación 4.1**):

$$SI = \frac{1}{\bar{R}} \sum_{n=1}^{n=12} \left| \bar{x}_n - \frac{\bar{R}}{12} \right| \quad (4.1)$$

Donde  $\bar{x}_n$  es el promedio de la precipitación del mes  $n$  y  $\bar{R}$  es el promedio anual de la precipitación. El rango de valores del índice varía desde cero (cuando todos los meses registran la misma cantidad de lluvia) hasta 1.83 (cuando toda la lluvia ocurre en un único mes).

**Tabla 4.3.** Categorías para el índice de estacionalidad de la precipitación

Régimen de lluvia	Límites de clases SI
Distribución de lluvia muy constante	$\leq 0.19$
Constante pero con una temporada húmeda definida	0.20-0.39
Algo estacional con una corta temporada más seca	0.40-0.59
Estacional	0.60-0.79
Marcadamente estacional con una temporada seca más larga	0.80-0.99
Mucha lluvia en 3 meses o menos	1.00-1.19
Extrema, casi toda la lluvia en 1-2 meses	$\geq 1.20$

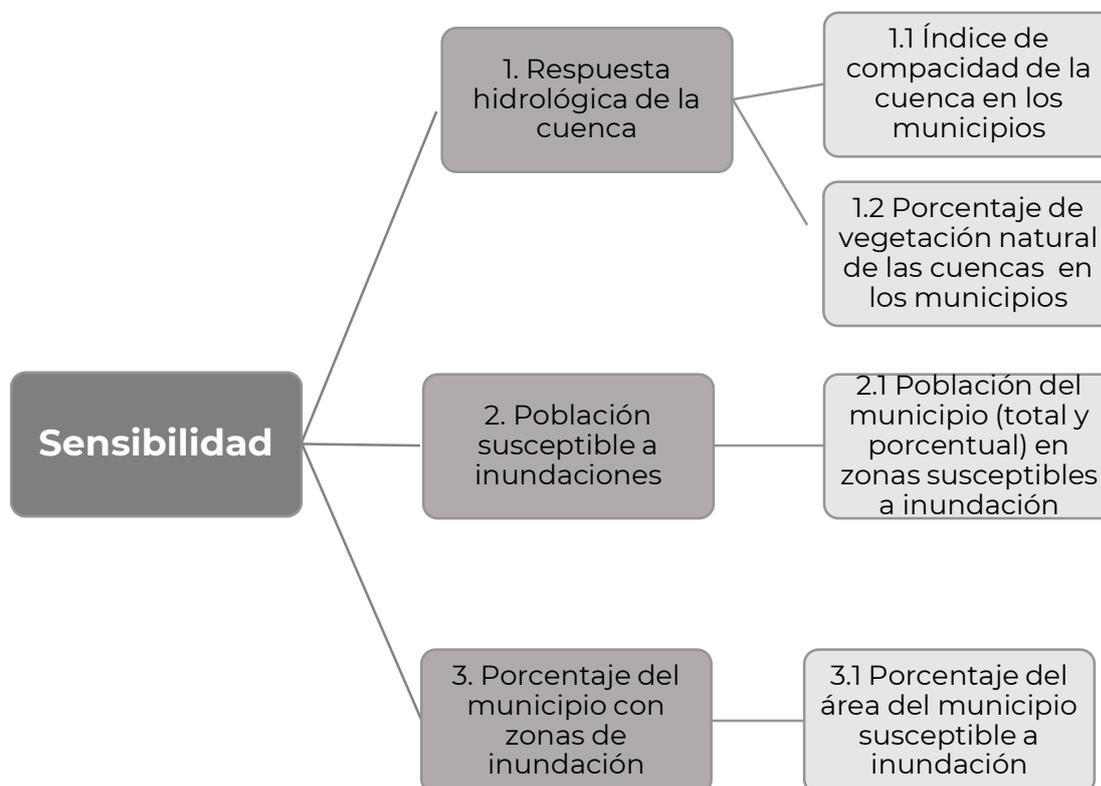
Fuente: Tomado de INECC (2019).

Este índice determinó la concentración de la precipitación en un periodo de tiempo dado, si la lluvia se distribuye de una manera uniforme o si se concentra en pocos meses, ya que a mayor concentración de precipitación mayor exposición.

Los umbrales de inundaciones, obtenidos de CENAPRED, varían a nivel municipal, y fueron calculados adecuándolos a datos mensuales. La exposición se incrementa a medida que la frecuencia potencial rebasa el umbral.

## b) Componente de sensibilidad

La sensibilidad está conformada por tres criterios, la respuesta hidrológica de la cuenca, la población que se ubica en las zonas inundables, y el porcentaje del municipio con zonas de inundación, con sus respectivas variables (**Figura 4.5**).



**Figura 4.5.** Árbol con las componentes de sensibilidad de asentamiento humanos por inundaciones. Fuente: Tomado de INECC (2019).

En el criterio de sensibilidad se consideró a la población que habita en zonas susceptible a inundaciones, como el objeto vulnerable. Por lo tanto, para definir la unidad de agregación se incluyeron únicamente aquellos municipios susceptibles a este tipo de eventos.

La respuesta hidrológica de la cuenca se incluyó como una condición importante, porque combina la forma de la cuenca y la vegetación que se encuentra en ella. Se mide el impacto de los procesos de regulación de inundaciones de las cuencas en la población ubicada en zonas inundables.

Para integrar este criterio se utilizaron los insumos de:

- Límite de las cuencas hidrológicas de CONAGUA
- Límite municipal de INEGI-2010
- Zonas inundables INEGI-2010

Primero se calculó el índice de compacidad de las cuencas hidrológicas siguiendo el método de Gravelius (Gravelius, 1914). Después se categorizaron los valores del índice de compacidad (K) y se les asignó un orden de ranqueo de acuerdo a su categoría (**Tabla 4.4**):

**Tabla 4.4.** Valores del índice de compacidad de la cuenca

ID_cuenca	Valor K	Categoría	Rank
Cuenca 1	1.89	1	0.10
Cuenca 2	1.55	2	0.20
Cuenca 3	1.30	3	0.30
Cuenca 4	1.05	4	0.40
Cuenca 5	1.15	4	0.40

ID\_cuenca: Número de cuenca  
 Valor K: Índice de compacidad  
 Rank: Ranqueo

Se seleccionaron las cuencas que tuvieran influencia hidrográfica con la población del municipio en zonas inundables (ZI), y se estimó el porcentaje de la población del municipio en ZI contenida en cada cuenca. Se multiplicó el valor de orden de ranqueo por el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables, por ejemplo (**Tabla 4.5**):

Agregar número y título al cuadro

**Tabla 4.5.** Cálculo de porcentaje de zonas inundables y su valor de compacidad en las cuencas de un municipio

ID_cuenca	Valor K	Categoría	Rank	CVE_MPO	% Pob ZI	Var_IC
Cuenca 1	1.89	1	0.10	Mun 1	25	2.5
Cuenca 2	1.55	2	0.20	Mun 1	0	0
Cuenca 3	1.30	3	0.30	Mun 1	5	1.5
Cuenca 4	1.05	4	0.40	Mun 1	30	12
Cuenca 5	1.15	4	0.40	Mun 1	45	18

ID\_cuenca: Número de cuenca  
 Valor K: Índice de compacidad  
 Rank: Ranqueo  
 Categoría: Categoría  
 CVE\_MPO: Clave del municipio  
 %Pob ZI: Porcentaje en zonas inundables  
 Var\_IC: Valor de índice de compacidad

Para asignar el valor de índice de compacidad a los municipios se hizo una sumatoria (**ecuación 4.2**). La suma consistió en el producto del orden de ranqueo por el porcentaje de la población del municipio en ZI de la o las cuencas contenidas en el municipio (Var\_IC).

$$Var_{IC} = \sum(0.1 * 25\%) + (0.2 * 0\%) + (0.3 * 5\%) + (0.4 * 30\%) + (0.4 * 45\%) \quad (4.2)$$

De las cuencas identificadas con influencia hidrográfica sobre la población del municipio en ZI, se calculó el porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de la cuenca. Se categorizaron las cuencas y se les asignó un orden de ranqueo con respecto a su porcentaje de vegetación natural (**Tabla 4.6**)  
 Agregar número y título al cuadro

**Tabla 4.6.** Cálculo del valor vegetación natural en zonas inundables para un municipio

ID_cuenca	%VegNat	Categoría	Rank_VegNat	CVE_MPO	% Pob ZI	Var_VegNat
Cuenca 1	45	3	0.30	Mun 1	25	7.5
Cuenca 2	60	2	0.20	Mun 1	0	0
Cuenca 3	35	3	0.30	Mun 1	5	1.5
Cuenca 4	78	1	0.10	Mun 1	30	3
Cuenca 5	55	2	0.20	Mun 1	45	9

ID\_cuenca: Número de cuenca  
 %VegNat: Porcentaje vegetación natural  
 Categoría: Categoría  
 Rank\_VegNat: Ranqueo de vegetación natural  
 CVE\_MPO: Clave del municipio  
 %Pob ZI: Porcentaje en zonas inundables  
 Var\_VegNat: Valor de vegetación natural

La asignación del valor de vegetación natural a los municipios se hizo aplicando una sumatoria. La suma fue del producto entre el orden de ranqueo por el porcentaje de la población del municipio en ZI de la o las cuencas contenidas en el municipio (Var\_VegNat) (**ecuación 4.3**).

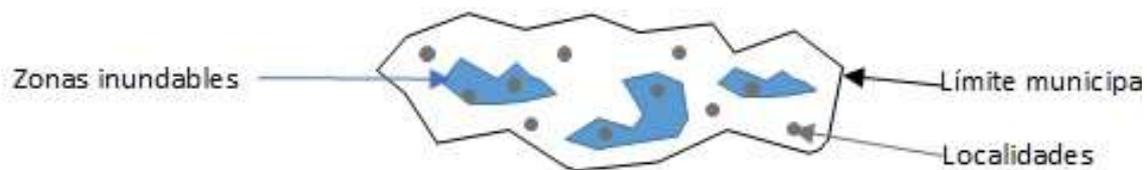
$$Var\_VegNat = \sum(0.3 * 25\%) + (0.2 * 0\%) + (0.3 * 5\%) + (0.1 * 30\%) + (0.2 * 45\%) \quad (4.3)$$

Para llevarlo a nivel municipal se tomó en cuenta la población ubicada en las zonas susceptibles a inundaciones en el municipio. El porcentaje de la población de cada cuenca se multiplicó por el valor de ranqueo asignado y se hizo la suma de la(s) cuenca(s) con influencia en el municipio.

Para determinar la población susceptible a inundaciones (PSI), se utilizaron tres insumos cartográficos base:

- Limite municipal de INEGI-2010
- Localidades ITER de INEGI-2010
- Zonas Inundables Diagnóstico de Cuenca de INE-2010

Primero se identificó la población de los municipios que habitan zonas inundables en valores totales y relativos (porcentaje con respecto a la población total del municipio).



**Figura 4.6.** Representación espacial para la agregación de zonas inundables en municipios. Fuente: Tomado de INECC (2019).

Posteriormente se realizó una estandarización máxima con los valores totales y relativos de la población en zonas inundables (**Tabla 4.7**).

Agregar número y título al cuadro

**Tabla 4.7.** Estandarización de los valores de población en zonas inundables para un municipio

CVE_MPO	POB_TOT	P_TOT_ZI	P_REL_ZI	STD_TOT_ZI	STD_REL_ZI
MUN1	A	B	$C=(B*100)/A$	$=(B-V_{min})/(V_{max}-V_{min})$	$=(C-V_{min})/(V_{max}-V_{min})$

CVE\_MP: Número de municipio  
 POB\_TOT: Población total del municipio  
 P\_TOT\_ZI: Población total en zonas inundables  
 P\_REL\_ZI: Población relativa en zonas inundables  
 STD\_TOT\_ZI: Estandarización de la población total en zonas inundables  
 STD\_REL\_ZI: Estandarización de la población relativa en zonas inundables

Para la construcción del criterio se integró en una sola variable, con valores totales y porcentuales con la finalidad de “normalizar” la heterogeneidad del tamaño de población de los municipios del país. Se elaboró una suma lineal sin ponderación de los valores normalizados para la población total y relativa en zonas inundables del municipio (**ecuación 4.4**), siguiendo los principios básicos de análisis multicriterio.

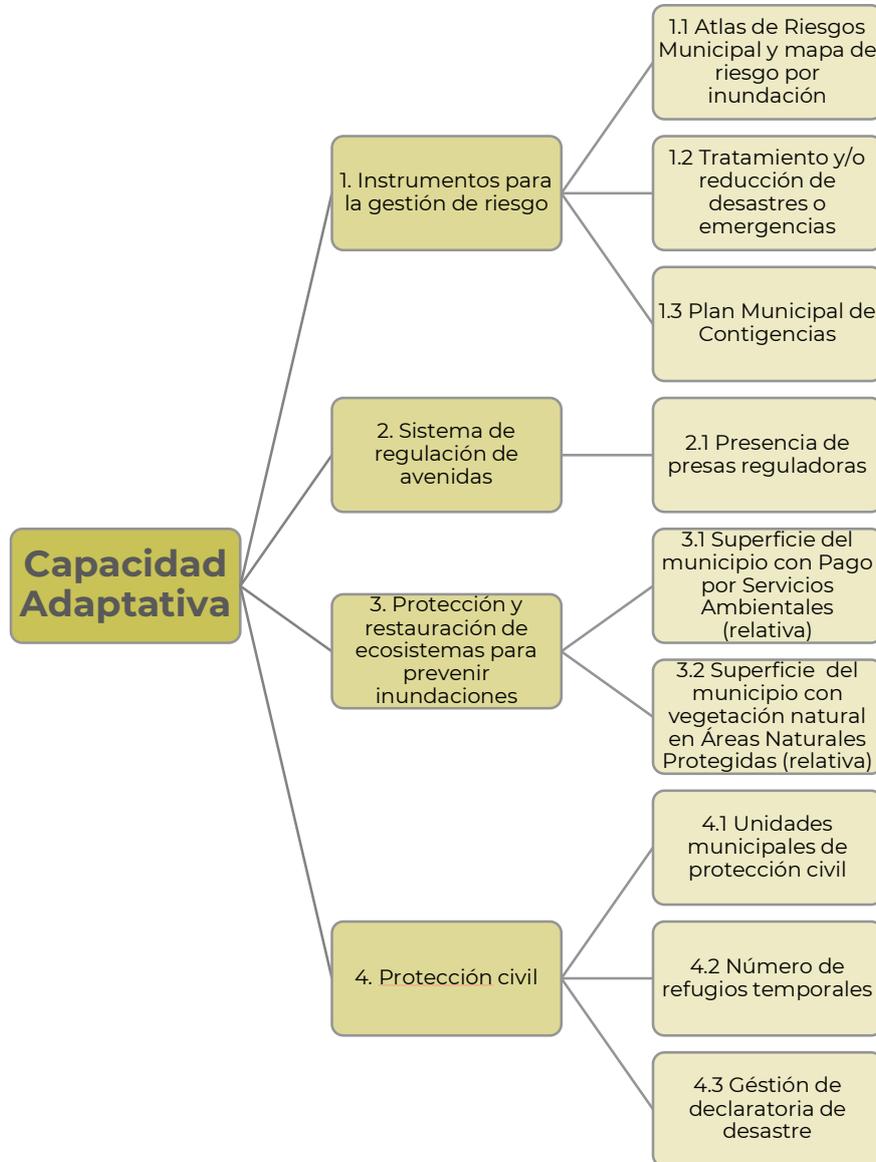
$$\text{PSI del municipio } n = ([\text{STD\_TOT\_ZI}] * 0.5) + ([\text{STD\_REL\_ZI}] * 0.5) \quad (4.4)$$

Las zonas del municipio susceptibles a inundaciones se ubicaron por medio del mapa de susceptibilidad de inundaciones, definidas por el Instituto Nacional de Ecología en el año 2010. Entre mayor sea el porcentaje de área susceptible a inundación mayor será su sensibilidad. Esta variable elimina la evaluación de la sensibilidad de municipios que no tengan áreas susceptibles a inundaciones.

### c) Componente de capacidad adaptativa

La componente está constituida por los criterios de instrumentos para la gestión del riesgo, sistemas de regulación de avenidas, protección y restauración de ecosistemas para prevenir inundaciones y protección civil (**Figura 4.7**). Se consideraron aquellos instrumentos de la política pública disponibles para enfrentar esta problemática, en el

sentido de prevención y reacción. Estos instrumentos responden a los criterios de la variable de sensibilidad.



**Figura 4.7.** Árbol con las componentes de capacidad adaptativa de asentamiento humanos por inundaciones. Fuente: Tomado de INECC (2019).

El criterio de instrumentos para la gestión del riesgo toma en cuenta la formulación de planes y programas dirigidos a implementar medidas de prevención ante inundaciones (Ulloa, 2011). El criterio está compuesto por las variables de Atlas de Riesgo Municipal y mapa de riesgo por inundación, y se evalúa con valores de 0, 1 y 2. Es cero cuando el municipio no tiene Atlas de Riesgo, es uno cuando tiene Atlas, pero no tiene mapa de inundación, y es dos cuando tiene Atlas y mapa de inundación. El tratamiento y/o reducción de desastres o emergencias (acciones de prevención derivadas del programa de protección civil), y el Plan Municipal de Contingencia (instrumento de planeación

para dar respuesta a situaciones de emergencia) se evaluaron como variables dicotómicas de 1 y 0, existencia y no existencia de estos instrumentos.

El criterio de sistemas de regulación de avenidas se refiere a presencia de presas reguladoras, existencia (1) y no existencia (0), las cuales protegen a la población de inundaciones (CENAPRED, 2004).

El criterio de protección y restauración de ecosistemas para prevenir inundaciones, integra la superficie del municipio con programas de conservación como el Pago por Servicios Ambientales (PSA) y las Áreas Naturales Protegidas (ANP). Este tipo de programas son importantes para el cuidado y la protección de las áreas naturales, porque contribuyen al equilibrio y continuidad de los procesos ecológicos; intervienen en la infiltración del agua y el control de inundaciones (OEA, 2008). A mayor porcentaje de superficie elegible para el esquema de PSA y ANP, mayor capacidad adaptativa ante inundaciones. Este tipo de superficies disminuyen el grado de sensibilidad de las poblaciones asentadas en las partes bajas de la cuenca (OEA, 2008).

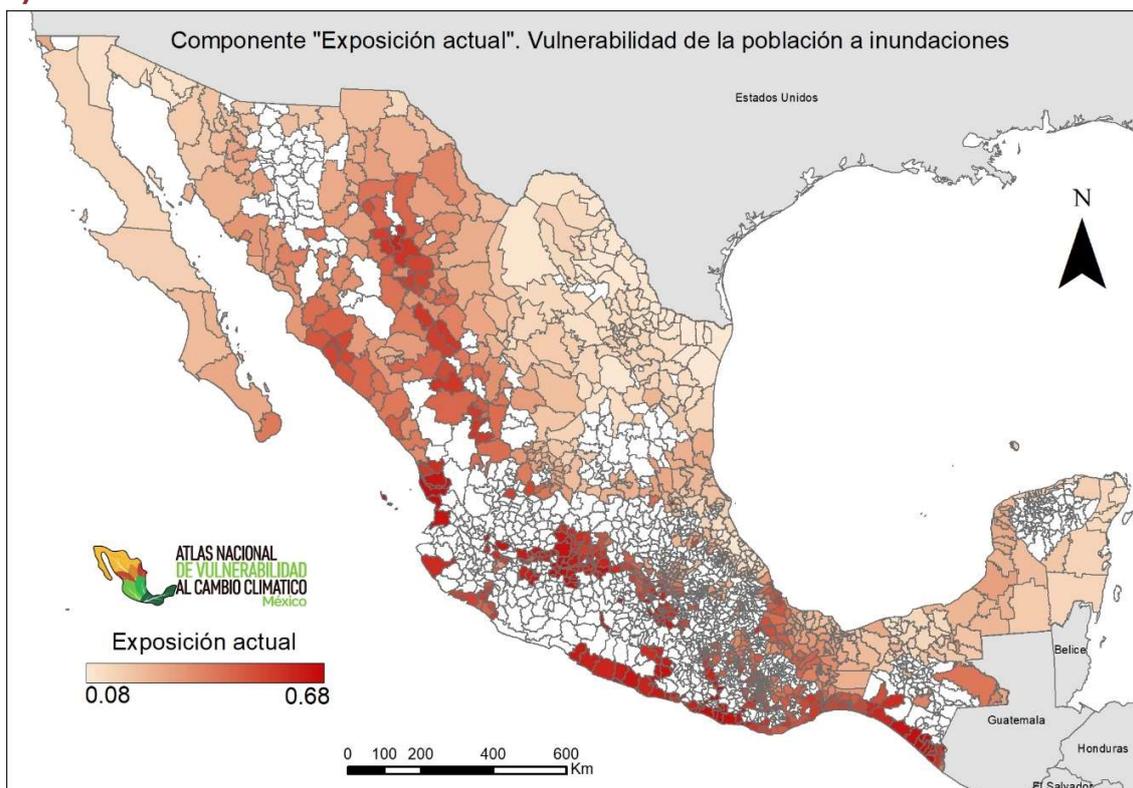
El criterio de Protección Civil está constituido por las Unidades Municipales de Protección Civil, las cuales son clave ante los efectos adversos de desastres por fenómenos naturales. Se incluyen el número de refugios temporales para asegurar la protección de los habitantes, antes y después de algún evento (CENAPRECE, 2015). Además de la gestión de declaratoria de desastre, ya que es importante que las autoridades municipales tengan conocimiento del procedimiento administrativo para tramitar una declaratoria de desastre, y así recibir fondos que ayuden a la reconstrucción. Todas las variables fueron manejadas como variables dicotómicas de existencia (1) y no existencia (0).

Con el análisis multicriterio se construyó cada uno de los criterios, y se estandarizaron para tener una representación relativa y poder hacer la suma de las componentes.

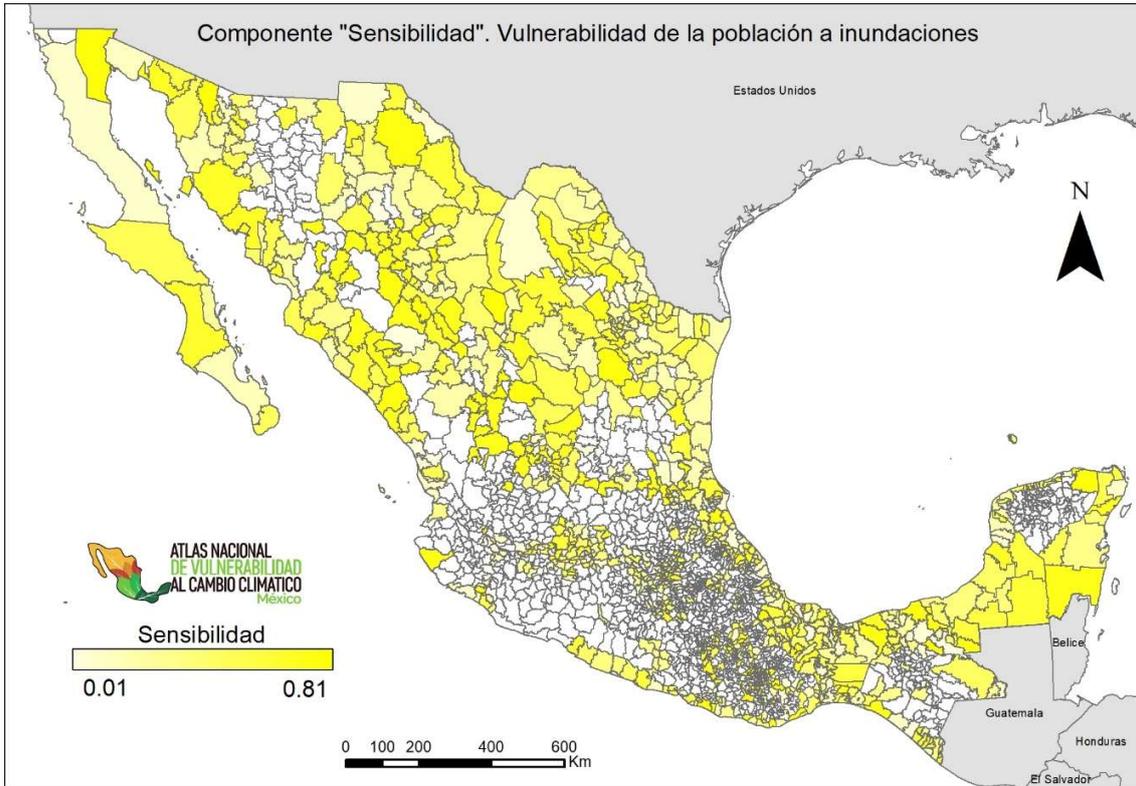
#### d) Vulnerabilidad actual

En las **Figuras 4.8a, 4.8b y 4.8c**, se muestran los resultados del cálculo de cada componente de la vulnerabilidad, la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa para cada municipio y estandarizadas a nivel nacional. En la **Figura 4.8d** se tiene la clasificación en cuatro rangos (bajo, medio, alto y muy alto) para la vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones.

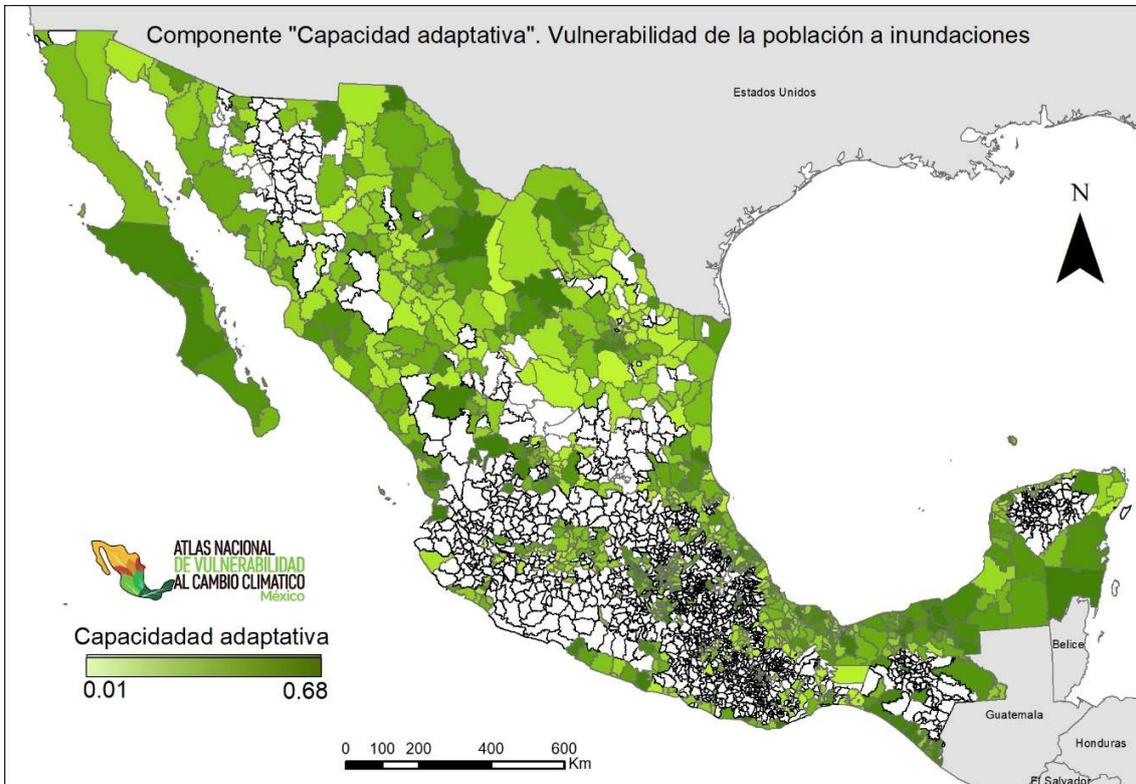
a)



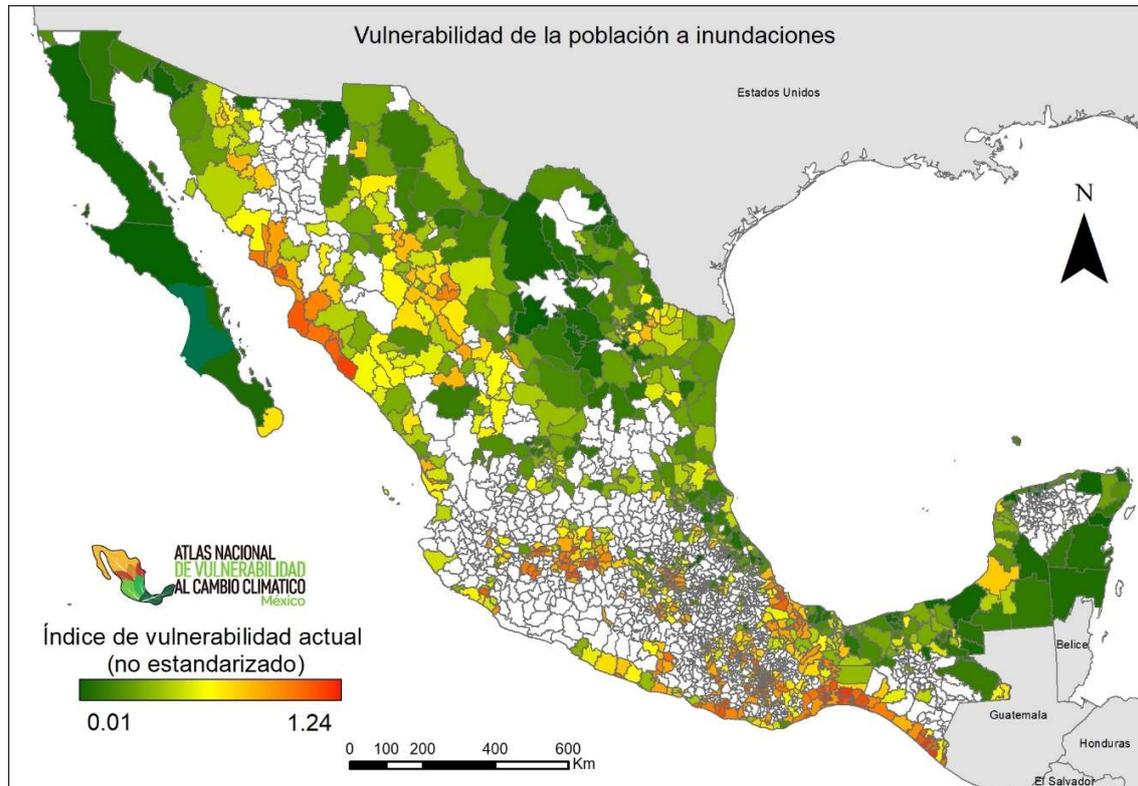
b)



c)



d)



**Figura 4.8.** Mapa de a) exposición, b) sensibilidad, c) capacidad adaptativa y d) vulnerabilidad de la problemática de inundaciones en asentamientos humanos.

Fuente: Elaboración propia.

No necesariamente, los municipios con la mayor exposición o sensibilidad o menor capacidad adaptativa serán aquellos que tengan una vulnerabilidad muy alta, esto dependerá de las condiciones de cada uno de ellos. Por ejemplo, el municipio de Zaragoza en Veracruz tiene el valor más alto de exposición (0.689466); sin embargo, su valor de sensibilidad es de 0.322045 y de capacidad adaptativa es 0.083333; resultando una vulnerabilidad alta, por el aporte de la alta exposición y la baja capacidad adaptativa. Por otra parte, el municipio más vulnerable a nivel nacional es Santa María Guelacé, Oaxaca, con una sensibilidad de 0.791711 y una nula capacidad adaptativa, con una exposición de 0.454096.

Se comprueba que cada vulnerabilidad es diferenciable, la cual depende de las condiciones de cada municipio. Tener una vulnerabilidad específica permite diferenciar estas condiciones para responder ¿a qué se es vulnerable?

La evaluación de la vulnerabilidad actual, indica que el 44% de los municipios de México tiene algún grado de vulnerabilidad a inundaciones. Los municipios con muy alta vulnerabilidad a inundaciones se distribuyen en los estados de Sinaloa, Michoacán, Tlaxcala, Ciudad de México, Estado de México, Veracruz, Chiapas y Oaxaca. Este último estado por su complejidad de relieve y número de municipios concentra el 62% de los

resultados. Con vulnerabilidad alta hay 21 de los 32 estados de la República Mexicana, distribuidos principalmente en la parte centro y sur. El 41% de los municipios susceptibles a inundaciones tienen una vulnerabilidad media y su distribución cubre una gran parte del norte del país. Los valores de vulnerabilidad baja se extienden en estados del norte de México, pero hay una marcada distribución hacia la parte del litoral del Golfo de México. Los resultados indican que las zonas del país más vulnerables se localizan en la parte centro y sur.

La vulnerabilidad tiene aportes de cada componente, es decir qué es lo que afecta más a los estados. Por ejemplo, la Ciudad de México, aunque es una de las ciudades principales en el país, su capacidad adaptativa es menor en comparación con otros estados como Baja California Sur. Tabasco ha sido uno de los estados más golpeados por inundaciones, con una capacidad adaptativa alta, altamente sensible, y con un aporte menor en exposición. Para este caso, es necesario revisar los criterios de sensibilidad para poder profundizar, por qué este estado es altamente susceptible para plantear recomendaciones.

### **e) Recomendaciones**

Con base en los criterios de sensibilidad y los instrumentos institucionales disponibles en el país, las recomendaciones generales a esta vulnerabilidad pueden ser las siguientes:

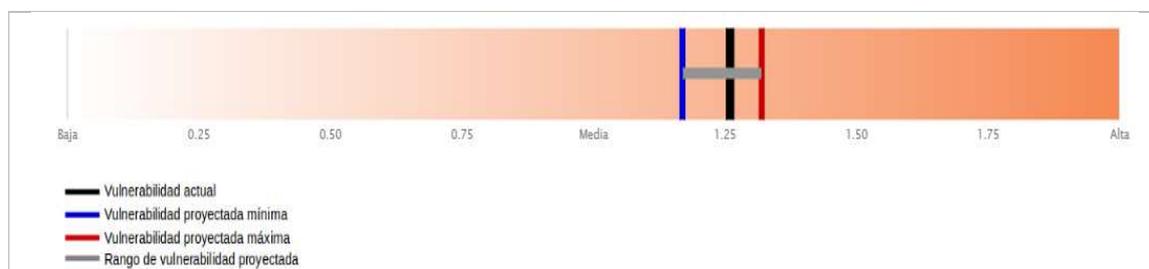
- Desarrollo o actualización del atlas municipal de riesgos, para incluir inundaciones, ya que muchos de los municipios no cuentan con este instrumento o bien es obsoleto.
- Desarrollo del Plan de Contingencias, para que todos los municipios cuenten con este instrumento.
- Desarrollar alertas tempranas y difusión del peligro a la población, para prevenir a la población ante la ocurrencia de lluvias intensas.
- Incrementar la infraestructura de regulación de avenidas y así evitar o disminuir el daño ante lluvias torrenciales.
- Promover mecanismos de planeación intermunicipales como: manejo de residuos, rehabilitación de sistemas riparios y conservación-manejo de masas forestales.
- Difusión de ubicación de refugios temporales e incremento de su número, para evitar que la población ubicada en zonas susceptibles a inundación corra algún peligro,
- Incrementar la cobertura vegetal en las partes medias y altas de las cuencas a través de la consolidación operativa de ANPs (Federales, Estatales o Municipales).
- Promover el acceso a PSA para la conservación de la vegetación, y así evitar la erosión y el escurrimiento, y favorecer la infiltración.

Se puede dar recomendaciones más específicas dependiendo de la problemática y las condiciones de vulnerabilidad de cada municipio.

## f) Vulnerabilidad futura

En el componente de exposición futura, se incorporaron los escenarios de cambio climático para la evaluación de las condiciones futuras proyectadas por cuatro modelos de circulación general, propuestos por el INECC en el año 2017. Estos modelos son el francés CNRMC-M5 (Centre National de Recherches Météorologiques, CNRM-CERFACS), el alemán MPI-ESM-LR (Max Planck Institute for Meteorology, MPI-M), el estadounidense GFDLCM3 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, GFDL) y el inglés HADGEM2-ES (Met Office Hadley Centre, MOHC), para el horizonte temporal cercano (2015-2039) y el escenario RCP8.5 (Trayectorias de Concentración Representativas). Los modelos utilizados son aquellos que mejor han sido evaluados para México (INECC, 2022). Cabe destacar que los resultados de las proyecciones no se promediaron, ya que cada modelo es igual de posible, y con un promedio se pueden enmascarar los valores de cada escenario. Se utilizó el escenario RCP8.5, porque las diferentes trayectorias de los RCP son similares en el horizonte cercano, además este horizonte, es el más funcional para la toma de decisiones.

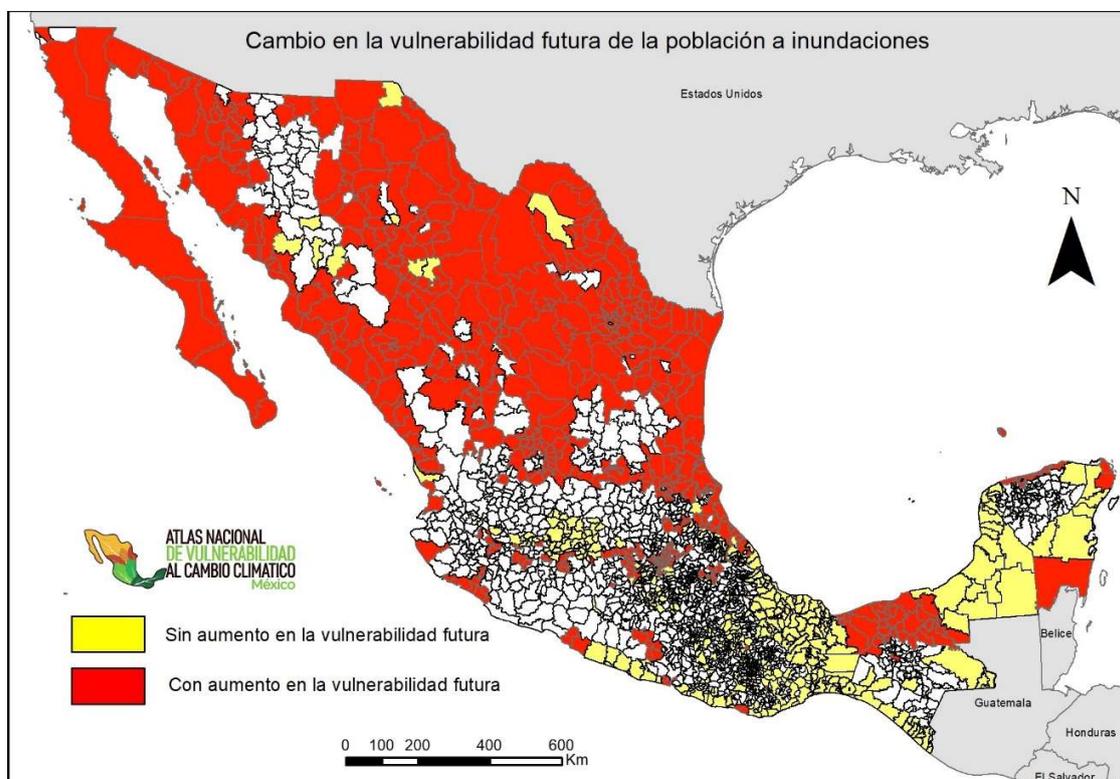
La vulnerabilidad futura fue representada por un rango de vulnerabilidad (barra gris), construido a partir del valor mínimo (barra azul) y máximo (barra roja) (Figura 4.9) del conjunto de los cuatro modelos utilizados, respecto al valor actual de la vulnerabilidad. El rango indica las posibles condiciones de vulnerabilidad para cada municipio, ya sea de incremento, decremento o cambio nulo, y no un valor absoluto (predicción) que pueda llevar a una mala interpretación para los tomadores de decisiones.



**Figura 4.9.** Ejemplo, del rango de vulnerabilidad, construido a partir del valor mínimo y máximo de la vulnerabilidad futura de los cuatro modelos de circulación general utilizados, respecto al valor actual de la vulnerabilidad. Fuente: Tomado de <https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/>

En el mapa de la Figura 4.10 se muestran aquellos municipios donde la vulnerabilidad se incrementa en por lo menos un modelo, y aquellos en donde no hay cambio o la vulnerabilidad es menor a la actual. En 48.8% de los municipios con algún grado de vulnerabilidad tendrán un incremento. Los municipios del norte del país en su mayoría concentran incrementos de vulnerabilidad, lo que significa que hay un cambio futuro en su clasificación. En los municipios del centro también hay incremento, y donde la vulnerabilidad actual va de alta a muy alta, por lo que las condiciones de mayor vulnerabilidad podrían aumentar. En la zona centro, sur y sureste de México, se tiene niveles de vulnerabilidad menores en el futuro; sin embargo, algunos de estos

municipios presentan muy alta vulnerabilidad actual. Si bien su vulnerabilidad proyectada es menor no implica que el grado de vulnerabilidad deba subestimarse.



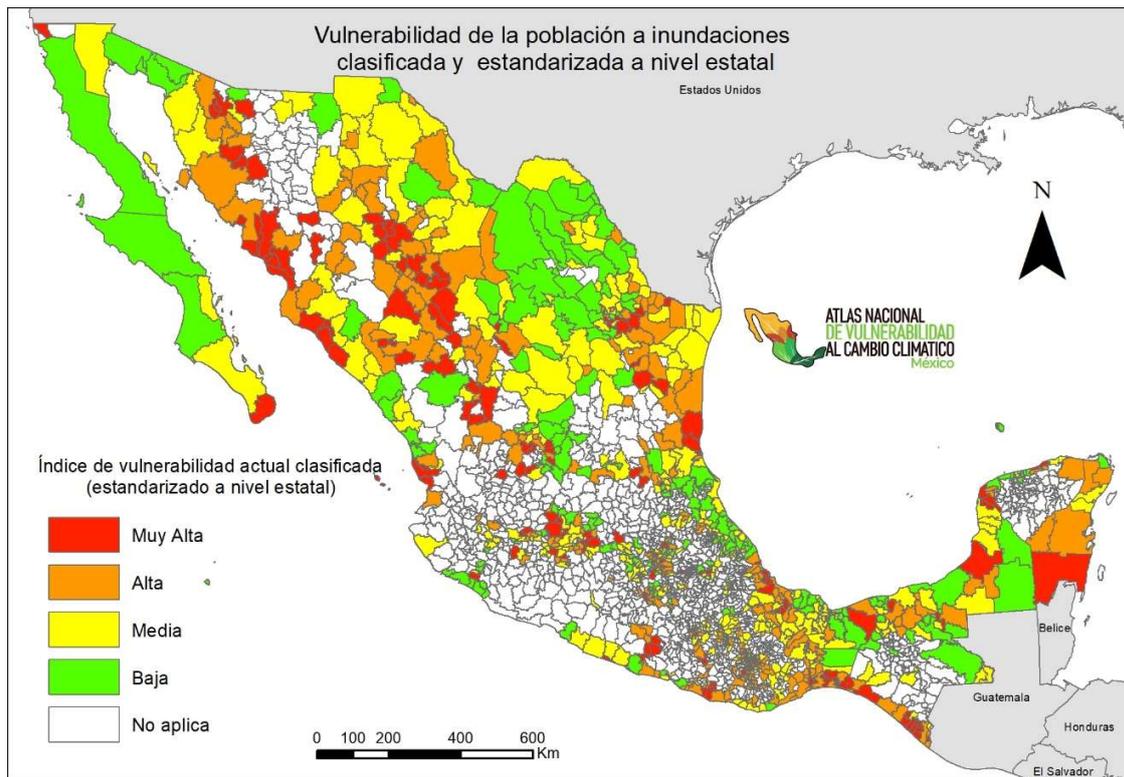
**Figura 4.10.** Aumento de la vulnerabilidad con por lo menos un escenario de cambio climático. Fuente: Elaboración propia.

En estos resultados sólo se considera la parte de proyecciones en exposición y no significa que la vulnerabilidad no pueda ser diferente al modificarse la sensibilidad o la capacidad adaptativa en un horizonte futuro. Los resultados son una aproximación de lo que se podría esperar si cambian las condiciones climáticas, ya que es difícil de evaluar cambios a futuro de las componentes de sensibilidad y capacidad adaptativa.

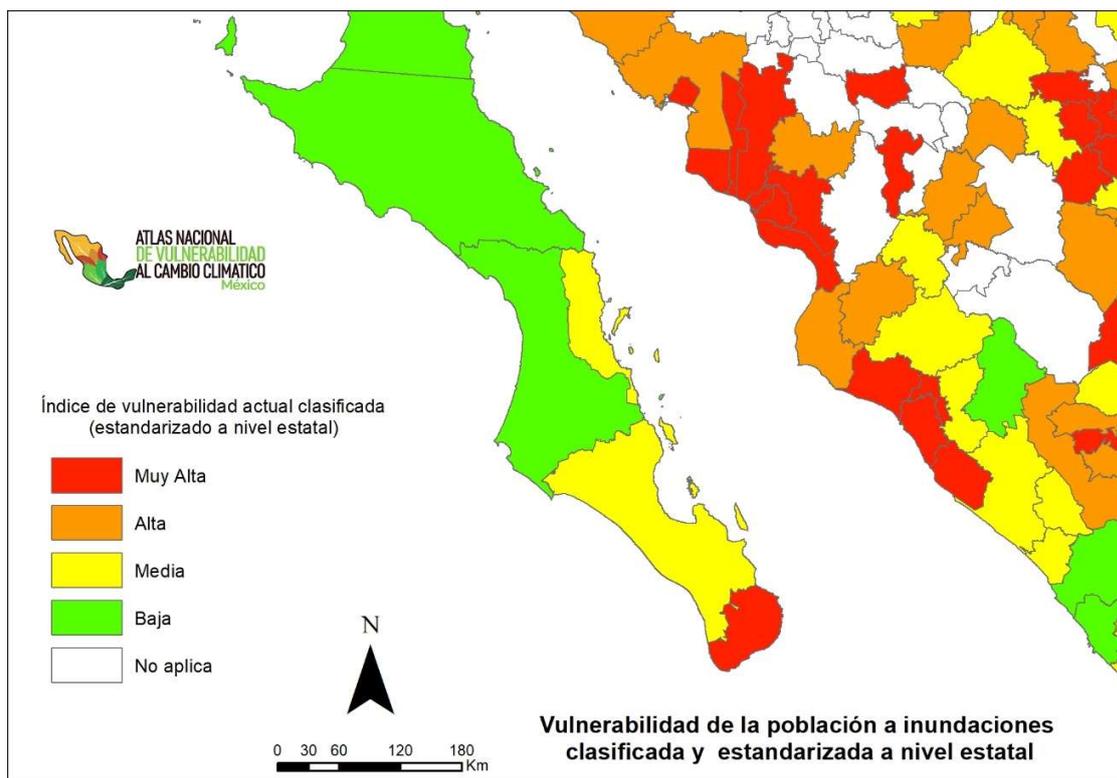
### 4.1.3 VULNERABILIDAD A NIVEL ESTATAL

El nivel de agregación de la VCC es estatal (**Figura 4.11**), significa que la vulnerabilidad está representada de acuerdo con un ranqueo a nivel estado. No es lo mismo hacer un ranqueo a nivel nacional que uno a nivel estatal, ya que un municipio puede ubicarse en diferentes niveles de vulnerabilidad.

Por ejemplo, el municipio de Los Cabos a nivel nacional tiene una vulnerabilidad media; sin embargo, a nivel estatal tiene una clasificación muy alta (**Figura 4.12**).

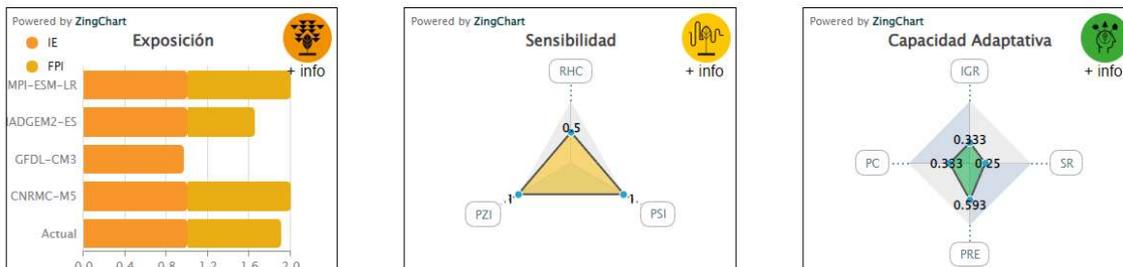


**Figura 4.11.** Clasificación de nivel estatal de la Vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones en México. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 4.12.** Clasificación de la vulnerabilidad en asentamientos humanos por inundaciones en Baja California Sur. Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 4.13** se muestra la contribución de cada una de las componentes a la vulnerabilidad para el municipio de Los Cabos. En exposición la lluvia se distribuye en pocos meses y la cantidad de lluvia que precipita puede superar el umbral de inundaciones para ese estado; conduciendo a afectaciones por las grandes avenidas que se puedan generar. En la parte de sensibilidad los criterios que aportan en gran medida a esta componente son Población en zonas inundables y el porcentaje del municipio en zonas inundables, y en menor medida la respuesta hidrológica de la cuenca. En este caso la susceptibilidad de la población se debe a su ubicación dentro del municipio. En la componente de capacidad adaptativa, el municipio tiene una mayor aportación en protección y restauración de ecosistemas para prevenir inundaciones, y menor en instrumentos para la gestión del riesgo, protección civil y regulación de avenidas.



**Figura 4.13.** Desagregación de variables para el municipio de Los Cabos, ante la vulnerabilidad de asentamientos humanos a inundaciones. Fuente: Tomado de <https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/>

Por lo tanto, para este municipio se recomienda:

- Incrementar la infraestructura de regulación de avenidas.
- Rehabilitar los sistemas riparios para disminuir la velocidad de las avenidas.
- Comunicación intermunicipal para la conservación de las partes altas de la cuenca.

Aquí se presentó un ejemplo de lo que se puede analizar por medio de los resultados del ANVCC. El Atlas fue construido a partir de la metodología propuesta en esta investigación. Se proporcionan resultados diferenciales, dado que cada una de las componentes de la VCC, aportan de manera distinta a cada municipio del país. De esta manera, se pueden dar recomendaciones ante la problemática específica en la unidad territorial y con la amenaza climática identificada.

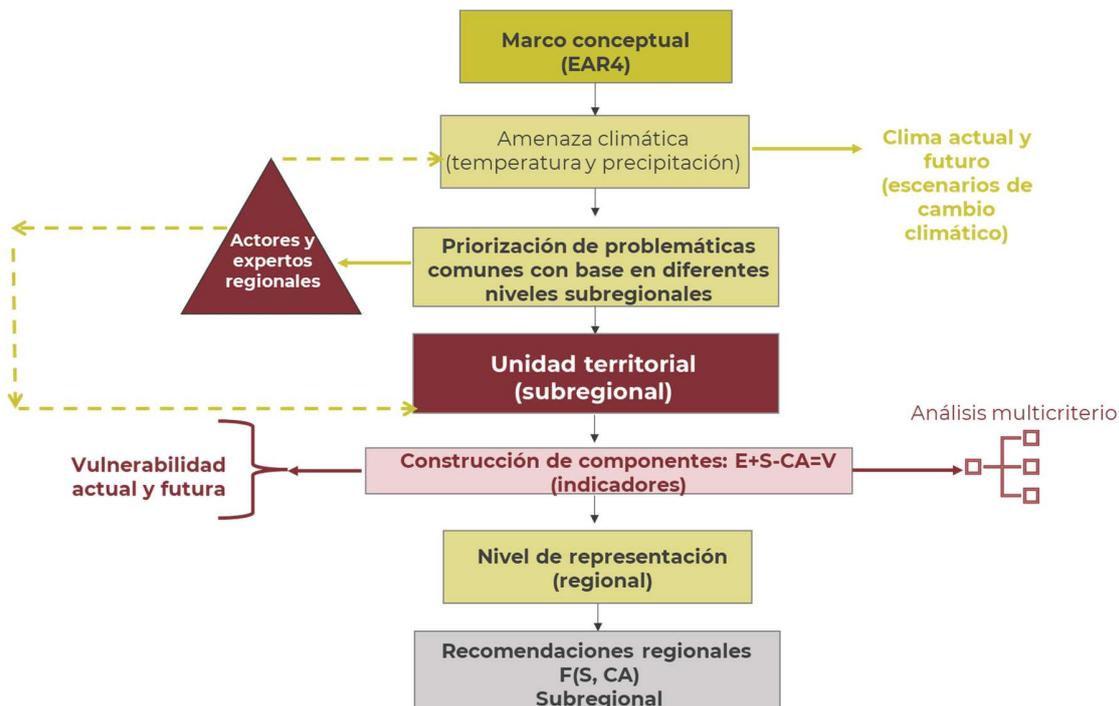
## 4.2 NIVEL REGIONAL

En el nivel regional, se propone una modificación de la metodología general de evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático. Consiste en identificar las necesidades específicas de una región, y se incluye como ejemplo una propuesta para una cuenca como nivel representación.

1. Se aplica el enfoque de AR4 modificado para poder establecer vulnerabilidades diferenciales con base en amenazas climáticas.
2. Identificación de las amenazas climáticas y selección de problemáticas a nivel regional, involucrando a actores regionales, por ejemplo, comités de cuenca y expertos académicos. Se recomienda realizar talleres a nivel regional para poder identificar y priorizar las problemáticas comunes nivel cuenca, subcuenca y microcuenca.
3. Definir la unidad territorial con base en la problemática identificada y el nivel de agregación regional. En el caso de la cuenca se puede evaluar de acuerdo a la caracterización de los servicios ambientales, relación oferta-demanda de las subcuencas (SEMARNAT-FMCN. 2017). O bien, las características por cada nivel de cuenca, captación, acumulación y transporte y descarga.
4. Para la construcción de las componentes se debe considerar:

- Exposición: La resolución de los datos actuales y de escenarios de cambio climático se represente a nivel regional.
  - Sensibilidad: Incluir variables socioeconómicas, físicas, ambientales propias de la escala regional, por ejemplo, integrando criterios por nivel de cuenca de captación, acumulación y transporte y descarga.
  - Capacidad adaptativa: Identificar los instrumentos institucionales regionales para proponer variables de capacidad adaptativa. Se puede utilizar la información de los municipios que integran a la cuenca, realizando una ponderación para determinar el grado de capacidad adaptativa de cada subcuenca.
5. Nivel de agregación: Plantear una regionalización basada en unidades funcionales, la cuenca hidrográfica, ecorregiones, delimitaciones marino-costeras, u otra unidad que sea consistente con los objetivos de la evaluación. Es adecuarse a las características que se tengan en el territorio para la evaluación.
  6. Recomendaciones: Dependen de las necesidades de la región, de acuerdo con criterios como restauración, adecuación y conservación, considerando su interconexión.

En el esquema de la **Figura 4.14** se proponen algunas modificaciones dentro de la metodología general para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático.



**Figura 4.14.** Esquema de metodología general a escala regional para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático. Fuente: Elaboración propia.

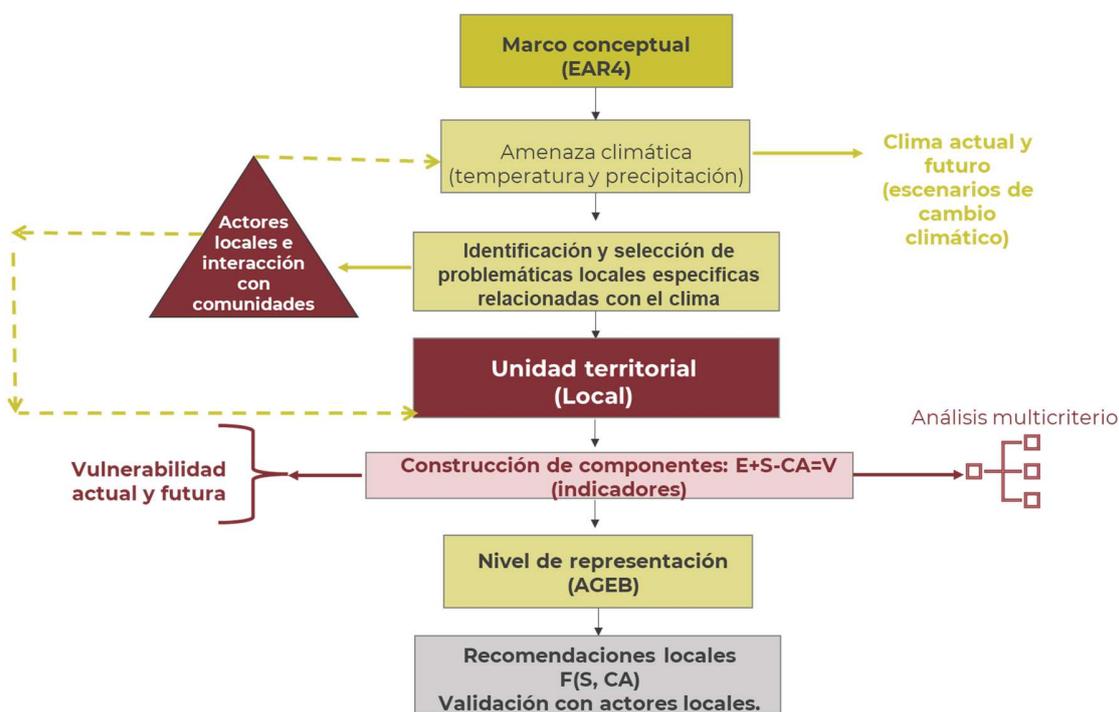
## 4.3 NIVEL LOCAL

Este nivel es más específico en el territorio, en términos de resolución temática y espacial de los datos que configuran las variables de cada componente. La característica de este nivel es la alta importancia de la información, que proviene de procesos participativos para la definición de las problemáticas asociadas al clima y las rutas de atención correspondiente (**Figura 4.15**).

1. Se aplica el enfoque de AR4 modificado para poder establecer vulnerabilidades diferenciales con base en amenazas climáticas.
2. Identificación de las amenazas climáticas y selección de problemáticas locales, lo cual se debe de hacer con actores locales y a nivel comunidad. Se pueden realizar talleres comunitarios, encuestas y la integración de participantes de la comunidad y expertos de la academia.
3. Definir la unidad territorial con base en la problemática identificada y el nivel de agregación local. En el caso de municipios se puede considerar un nivel de detalle de AGEB<sup>4</sup> (WRI-PNUD-SEMARNAT-INECC, 2021).
4. Para la construcción de las componentes se debe considerar:
  - Exposición: La resolución de los datos actuales y de escenarios de cambio climático debe ser adecuada para el nivel local.
  - Sensibilidad: Variables socioeconómicas, físicas, ambientales propias de la escala local, revisar hacia dentro de un municipio o comunidad.
  - Capacidad adaptativa: Por el aumento de detalle es posible que los instrumentos institucionales cambien, y hay dependencia de la disponibilidad de los instrumentos. Se pueden incluir instrumentos a nivel institucional del municipio y de la comunidad, éstas últimas reflejan la organización de la población. Integrar esa información es relevante para dar recomendaciones adecuadas a las necesidades locales.
5. Nivel de agregación: A lo máximo que se recomienda llegar es a un nivel AGEB, se debe de tomar en cuenta la disponibilidad de los datos para este nivel. Por ejemplo, los datos climáticos actuales y proyectados generan mayor incertidumbre en la evaluación a un nivel con una menor escala, por lo cual conduciría a tener una mala interpretación de la vulnerabilidad.
6. Recomendaciones: Las recomendaciones deben de estar adecuadas a las necesidades de la comunidad y ser factible, y definidas con base a los resultados de la capacidad adaptativa y de la sensibilidad. Se requiere que éstas no sólo trasciendan a nivel local, sino que puedan conducirse a otros niveles.

---

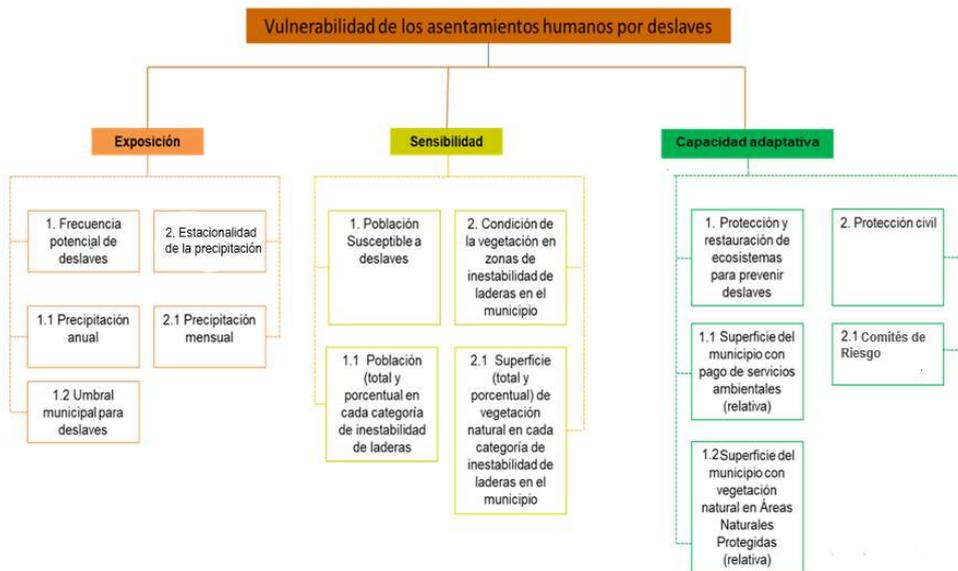
<sup>4</sup> El AGEB es la extensión territorial que corresponde a la subdivisión de las áreas geoestadísticas municipales. Constituye la unidad básica del Marco Geoestadístico Nacional y, dependiendo de sus características, se clasifican en dos tipos: rural o urbana (<https://www.inegi.org.mx/app/glosario/default.html?p=localidades>)



**Figura 4.15.** Esquema de metodología general a escala local para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático. Fuente: Elaboración propia.

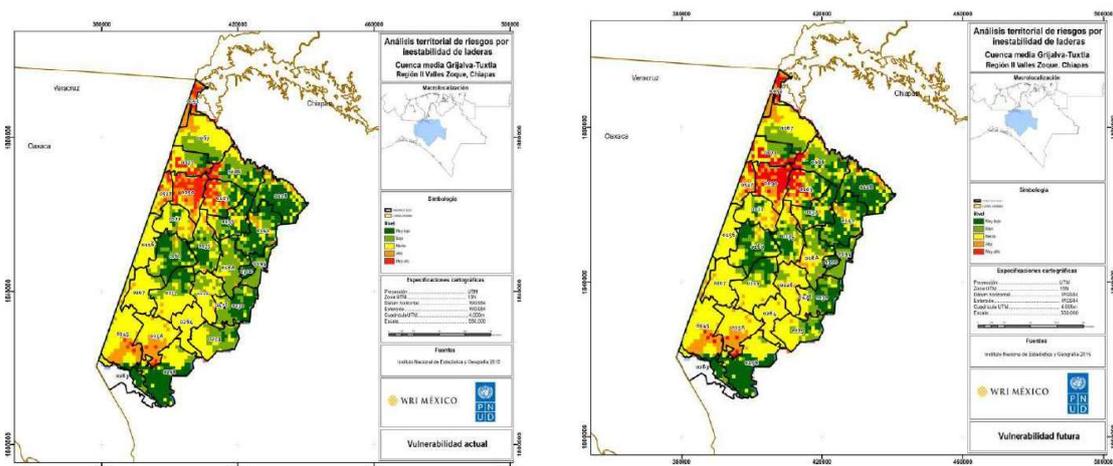
Un ejemplo de la aplicación de esta metodología fue el realizado por WRI-PNUD-SEMARNAT-INECC (2021), quienes desarrollaron una evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático a nivel local. Como parte del proyecto de un “Sistemas de alerta temprana y reducción de riesgos por inestabilidad de laderas asociados a la deforestación y degradación en contextos de cambio climático”.

Se evaluó la vulnerabilidad de los asentamientos humanos por deslizamientos, y la metodología se aplicó a nivel AGEB, para el municipio de Cintalapa, Chiapas, considerando la unidad territorial de cuenca. Las componentes se basaron en las propuestas en el ANVCC y aplicadas a nivel municipal (**Figura 4.16**). Para la capacidad adaptativa, consideraron los comités de prevención y participación ciudadana, de la Secretaría de Protección Civil del Estado de Chiapas. En los territorios donde estas figuras no existen, recomendaron explorar con la correspondiente Secretaría de protección civil, la variable que pudiera ajustarse a nivel comunitario. Por ejemplo, pudiera ser una clasificación de las comunidades por niveles de acceso a la información y respuesta histórica en caso de contingencias.



**Figura 4.16.** Esquema para evaluar la vulnerabilidad ante deslizamientos a nivel local.  
Fuente: Tomado de WRI-PNUD-SEMARNAT-INECC (2021).

La evaluación de la vulnerabilidad actual y futura (**Figura 4.17**) permitió delimitar un polígono de intervención prioritaria para las AGEB, donde se podrían presentar futuras áreas de alta vulnerabilidad y un área de influencia perimetral (buffer) de 2 km. Dentro de este polígono, se hizo una zonificación utilizando los criterios de pendiente, densidad de vegetación y uso de suelo, con el objetivo de establecer medidas de adaptación, considerando las características y actual aprovechamiento del territorio. Esta propuesta de “zonas” potenciales de uso de suelo, podría reducir el peligro de las comunidades a múltiples amenazas climáticas y para promover el aprovechamiento sustentable del territorio (WRI-PNUD-SEMARNAT-INECC, 2021).



**Figura 4.17.** Resultados de vulnerabilidad actual (derecha) y futura (izquierda) a nivel local. Fuente: Tomado del proyecto elaborado por WRI-PNUD-SEMARNAT-INECC (2021).

## 4.4 COMPARACIÓN DEL ANVCC CON OTROS ATLAS DE VULNERABILIDAD

Aquí se presenta un análisis de las diferencias entre el ANVCC y otros Atlas nacionales e internacionales, para mostrar la aportación del ANVCC como herramienta para la evaluación de la vulnerabilidad en la toma de decisiones.

Este análisis está acotado exclusivamente a los Atlas que tienen como tema central la evaluación de la vulnerabilidad, ya que existen aquellos cuyo objetivo principal es determinar el riesgo, incluyendo una evaluación de la vulnerabilidad de manera indirecta. Se presentan casos nacionales e internacionales, donde se evalúan exclusivamente la vulnerabilidad “general” y la vulnerabilidad al cambio climático.

### Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático

<b>Objetivo</b>	Evaluar la vulnerabilidad territorial diferencial considerando las condiciones climáticas actuales y los escenarios futuros. Se identifican las regiones, sectores o poblaciones vulnerables, para contribuir a una estrategia de diseño, focalización e implementación de procesos de adaptación, y su correspondiente monitoreo y evaluación.
<b>Escala</b>	Nacional. Representación por municipio.
<b>Metodología</b>	Marco conceptual de vulnerabilidad AR4. Construcción de indicadores específicos para problemáticas específicas, agregación de variables y componentes con el método multicriterio.
<b>Resultados</b>	Evaluación de la Vulnerabilidad para problemáticas específicas, en su primera etapa: asentamientos humanos ante inundaciones y deslaves, de la población ante la distribución potencial del dengue, de la producción ganadera ante estrés hídrico e inundaciones y producción forrajera ante estrés hídrico.
<b>Recomendaciones</b>	Recomendaciones específicas por municipio.
<b>Visualización</b>	Los resultados se presentan en una plataforma digital interactiva y en un libro digital.
<b>URL</b>	<a href="https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/">https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/</a>

## CASO INTERNACIONAL

### 1. Atlas de Vulnerabilidad de Chile

<b>Objetivo</b>	Evaluar la vulnerabilidad del sector agrícola ante la sequía.
<b>Escala</b>	Nacional. Representación por comunas.
<b>Marco conceptual</b>	Definición de la vulnerabilidad con las componentes de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. En exposición se utilizan variables climáticas y socioeconómicas.
<b>Metodología</b>	Selección de la zona de estudio, definición de indicadores, preprocesamiento de los datos, atribuir pesos, aplicar método de agregación, ajustar los índices a la distribución beta, clasificación, mapeo, validación y evaluación.
<b>Resultados</b>	Índice de vulnerabilidad agrícola a nivel de comuna, para proveer una resolución alta para la toma de decisiones. Algunos indicadores solamente están disponibles a nivel de región o cuenca.
<b>Recomendaciones</b>	No hay recomendaciones.
<b>Visualización</b>	Plataforma interactiva.
<b>URL</b>	<a href="https://www.climatedatalibrary.cl/maproom/Vulnerability/AgriculturalFinal/VulnerabilityAtlasFinal.html#tabs-1">https://www.climatedatalibrary.cl/maproom/Vulnerability/AgriculturalFinal/VulnerabilityAtlasFinal.html#tabs-1</a>

### Comparación

<b>ANVCC</b>	<b>Atlas de vulnerabilidad de Chile</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaluación para diferentes problemáticas específicas.</li><li>• Marco conceptual modificado AR4.</li><li>• Se evalúa la vulnerabilidad actual y futura.</li><li>• Método multicriterio para la agregación de las variables.</li><li>• Resultados por municipio.</li><li>• Recomendaciones por municipios y para cada problemática específica.</li><li>• Visualización en plataforma interactiva.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaluación sólo para el sector agrícola.</li><li>• Marco conceptual de IPCC (2007).</li><li>• Se evalúa la vulnerabilidad actual.</li><li>• Suma lineal con pesos definidos.</li><li>• Resultados por región y comunas.</li><li>• No hay recomendaciones.</li><li>• Visualización en plataforma.</li></ul>

## 2. Atlas de Vulnerabilidad e Impacto del Cambio Climático en el Gran Chaco Americano

El Gran Chaco Americano constituye una gran llanura de aproximadamente de 1.14 millones de km<sup>2</sup> distribuidos en el centro norte de Argentina, oeste de Paraguay, sureste de Bolivia, y una pequeña parte del sur de Brasil.

<b>Objetivo</b>	Proporcionar información homogénea a la población y los gobiernos para desarrollar políticas públicas, acciones y planes de adaptación. Con base en problemáticas de la región generadas por la exposición de la población con una perspectiva climática y por modificaciones en escenarios climáticos futuros.
<b>Escala</b>	Regional. Representación en divisiones administrativas.
<b>Marco conceptual</b>	Definición de la vulnerabilidad con las componentes de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.
<b>Metodología</b>	Construcción de índices con variables sectoriales. Una vez obtenidos los índices, las variables fueron ordenadas y se calculó el promedio. Se hizo una clasificación para diferentes niveles de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa y de la vulnerabilidad. Se presentan índices para el sector hídrico, agrícola y pecuario, pero al final se obtiene un valor de vulnerabilidad "general". La temporalidad es por décadas, 2011-2020, 2021-2030, 2031, 2040.
<b>Resultados</b>	Evaluación de la vulnerabilidad actual y futura regional. Sintetiza los productos de los diferentes componentes (estudios sectoriales) de manera integral, presentando mapas para cada uno de los indicadores utilizados.
<b>Recomendaciones</b>	Recomendaciones generales. Se enfatizan la importancia de los resultados en la toma de decisiones.
<b>Visualización</b>	Libro digital
<b>URL</b>	<a href="http://desarrollo.org.py/admin/app/webroot/pdf/publications/15-07-2016-17-21-35-2004343944.pdf">http://desarrollo.org.py/admin/app/webroot/pdf/publications/15-07-2016-17-21-35-2004343944.pdf</a>

## Comparación

ANVCC	Atlas de Vulnerabilidad e Impacto del Cambio Climático en el Gran Chaco Americano
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación para diferentes problemáticas específicas.</li> <li>• Marco conceptual modificado AR4.</li> <li>• Unidad de agregación específica para cada problemática.</li> <li>• Se evalúa la vulnerabilidad actual y futura para el horizonte 2015-2039.</li> <li>• Método multicriterio para la agregación de las variables.</li> <li>• Resultados por municipio.</li> <li>• Recomendaciones por municipios y para cada problemática específica.</li> <li>• Visualización en plataforma interactiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la evaluación se integran indicadores sectoriales, pero el producto final es un mapa de vulnerabilidad general.</li> <li>• Marco conceptual de IPCC (2007).</li> <li>• Diferentes unidades de agregación.</li> <li>• Se evalúa la exposición actual y futura.</li> <li>• Se evalúa la vulnerabilidad actual y futura por décadas.</li> <li>• El método de agregación de las variables es una suma lineal, sin pesos.</li> <li>• Resultados por región y unidades administrativas.</li> <li>• Recomendaciones generales.</li> <li>• No hay plataforma interactiva.</li> </ul>

### 3. Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica

La región está constituida por territorio amazónico de países como Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela.

<b>Objetivo</b>	Contribuir al conocimiento y comprensión del territorio amazónico, considerando la vulnerabilidad socioeconómica, vulnerabilidad física de la Región y la exposición a eventos climáticos extremos (sequías e inundaciones).
<b>Escala</b>	Regional.
<b>Marco conceptual</b>	Vulnerabilidad de acuerdo con EAR5.
<b>Metodología</b>	Las amenazas identificadas fueron sequía e inundaciones. Se realizó la suma de todos los indicadores de sensibilidad y de capacidad de adaptativa, para obtener una vulnerabilidad por sequía y por inundaciones, para sistemas socioeconómicos y biofísicos. El resultado fue normalizado y clasificado en cinco niveles de vulnerabilidad socioeconómica y vulnerabilidad biofísica. Se realizó un análisis complementario con escenarios de cambio climático basado en un ensamble de cuatro modelos

	del CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5, por sus siglas en inglés) de las amenazas climáticas.
<b>Resultados</b>	Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica, a escala 1:1.000.000. Contienen 60 mapas temáticos. Son mapas de vulnerabilidad socioeconómica y biofísica para sequía e inundaciones, así como mapas de vulnerabilidad integral para las amenazas climáticas mencionadas.
<b>Recomendaciones</b>	Sin recomendaciones.
<b>Visualización</b>	Libro digital.
<b>URL</b>	<a href="http://otca.org/wp-content/uploads/2021/09/Atlas-de-Vulnerabilidad-Hidroclimatica-web.pdf">http://otca.org/wp-content/uploads/2021/09/Atlas-de-Vulnerabilidad-Hidroclimatica-web.pdf</a>

## Comparación

<b>ANVCC</b>	<b>Atlas de Vulnerabilidad e Impacto del Cambio Climático en el Gran Chaco Americano</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación para diferentes problemáticas específicas.</li> <li>• Marco conceptual modificado AR4.</li> <li>• Unidad de agregación específica para cada problemática.</li> <li>• Se evalúa la vulnerabilidad actual y futura para el horizonte 2015-2039.</li> <li>• Método multicriterio para la agregación de las variables.</li> <li>• Resultados por municipio.</li> <li>• Recomendaciones por municipios y para cada problemática específica.</li> <li>• Visualización en plataforma interactiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de la vulnerabilidad con base en las amenazas climáticas de inundaciones y sequías.</li> <li>• Marco conceptual del AR5, donde la vulnerabilidad se define como sensibilidad menos la capacidad adaptativa.</li> <li>• Diferentes unidades de agregación para la vulnerabilidad socioeconómica. La Región Amazónica tienen como unidad de análisis la división político-administrativa a nivel medio de cada país. Para la vulnerabilidad biofísica la unidad de análisis espacial es la división de cuencas o unidades hidrográficas.</li> <li>• Se evalúa una vulnerabilidad integral actual: vulnerabilidad socioeconómica más vulnerabilidad biofísica.</li> <li>• El método de agregación de las variables es una suma lineal.</li> <li>• Resultados por región. No se define una unidad de</li> </ul>

	<p>representación mínima.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay recomendaciones.</li> <li>• No hay plataforma interactiva.</li> </ul>
--	---

#### 4. Food Security and Vulnerability Atlas of Indonesia 2015

<b>Objetivo</b>	Llevar a cabo la actualización del Atlas de 2009.
<b>Escala</b>	Nacional. Representación en Distritos.
<b>Marco conceptual</b>	La vulnerabilidad se basa en la inseguridad alimentaria y nutricional. El grado de vulnerabilidad de las personas, los hogares o los grupos de personas, está determinado por su exposición a los factores de riesgo y su capacidad para hacer frente o resistir situaciones estresantes.
<b>Metodología</b>	Se utilizan estadísticas oficiales para medir la seguridad alimentaria y nutricional. Se utiliza un conjunto de indicadores que representan tres dimensiones de la seguridad alimentaria y nutricional: disponibilidad, acceso y utilización de los alimentos. Se utilizó un análisis de componentes principales, de conglomerados y el análisis discriminante para clasificar los indicadores. Los distritos se clasificaron en grupos prioritarios en función de la distribución cuantitativa de los niveles de desempeño de los distritos, en lugar de la aplicación de umbrales de corte predeterminados. Luego, los datos se estandarizaron utilizando Z-score.
<b>Resultados</b>	El Atlas mapea el conjunto de indicadores a nivel de distrito y los combina en un sólo indicador compuesto de seguridad alimentaria y nutricional. Presentan el comparativo entre el Atlas de 2009 y 2015.
<b>Recomendaciones</b>	No hay recomendaciones específicas.
<b>Visualización</b>	Libro digital.
<b>URL</b>	<a href="https://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/ena/wfp276246.pdf">https://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/ena/wfp276246.pdf</a>

## Comparación

ANVCC	Food Security and Vulnerability Atlas of Indonesia 2015
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación para diferentes problemáticas específicas.</li> <li>• Marco conceptual modificado AR4.</li> <li>• Unidad de agregación específica para cada problemática.</li> <li>• Se evalúa la vulnerabilidad actual y futura para el horizonte 2015-2039.</li> <li>• Método multicriterio para la agregación de las variables.</li> <li>• Resultados por municipio.</li> <li>• Recomendaciones por municipios y para cada problemática específica.</li> <li>• Visualización en plataforma interactiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de la vulnerabilidad con base en la seguridad alimentaria de Indonesia.</li> <li>• Marco conceptual en el contexto de seguridad alimentaria.</li> <li>• Unidades de agregación de provincias y distritos.</li> <li>• La vulnerabilidad se define por un conjunto de indicadores, clasificados y priorizados por medio del método de clúster y de análisis de discriminante. La priorización por distritos define el grado de vulnerabilidad.</li> <li>• No se define una vulnerabilidad futura.</li> <li>• Resultados a nivel nacional por distrito.</li> <li>• Algunas recomendaciones por indicador.</li> <li>• No hay plataforma interactiva.</li> </ul>

### 5. Atlas of Vulnerability and Resilience Pilot version for Germany, Austria, Liechtenstein and Switzerland

<b>Objetivo</b>	Ubicar diferentes campos de aplicación de los conceptos de vulnerabilidad y resiliencia según áreas espaciales y disciplinas. Mostrar similitudes y diferencias en el uso de ambos términos en el contexto de Protección Civil.
<b>Escala</b>	Regional.
<b>Marco conceptual</b>	El Atlas muestra los términos y conceptos de vulnerabilidad y resiliencia en el contexto de protección civil.
<b>Metodología</b>	Clasificación y estudios de caso.
<b>Resultados</b>	Recopilación de diversos estudios enfocados en vulnerabilidad y resiliencia.
<b>Recomendaciones</b>	No hay recomendaciones.
<b>Visualización</b>	Libro digital.
<b>URL</b>	<a href="https://www.kavoma.de/atlas-vr">https://www.kavoma.de/atlas-vr</a>

## Comparación

ANVCC	Atlas of Vulnerability and Resilience
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación para diferentes problemáticas específicas.</li> <li>• Marco conceptual modificado AR4.</li> <li>• Unidad de agregación específica para cada problemática.</li> <li>• Se evalúa la vulnerabilidad actual y futura para el horizonte 2015-2039.</li> <li>• Método multicriterio para la agregación de las variables.</li> <li>• Resultados por municipio.</li> <li>• Recomendaciones por municipios y para cada problemática específica.</li> <li>• Visualización en plataforma interactiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de información en temas de vulnerabilidad y resiliencia, por medio de estudios de caso: Publicaciones científicas.</li> <li>• No realizan una evaluación de la vulnerabilidad.</li> <li>• No hay recomendaciones.</li> </ul>

## 6. South African Risk and Vulnerability Atlas

<b>Objetivo</b>	Asegurar que el conocimiento existente sobre los riesgos y la vulnerabilidad del cambio global esté disponible.
<b>Escala</b>	Nacional.
<b>Marco conceptual</b>	Revisión de los marcos conceptuales del AR4 y AR5. Diversos autores.
<b>Metodología</b>	Recopilación de datos e información por sectores.
<b>Resultados</b>	La plataforma de datos SARVA (South African Risk and Vulnerability Atlas), proporciona datos e información sobre las vulnerabilidades y los riesgos asociados con el cambio global, incluido el cambio climático, para varios sectores en Sudáfrica. El portal está estructurado por doce temas diferentes, contiene datos espaciales y estudios de casos específicos del tema.
<b>Recomendaciones</b>	Recomendaciones de acuerdo a cada estudio.
<b>Visualización</b>	Plataforma interactiva y libro digital.
<b>URL</b>	<a href="http://sarva2.dirisa.org/">http://sarva2.dirisa.org/</a>

## Comparación

ANVCC	South African Risk and Vulnerability Atlas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación para diferentes problemáticas específicas.</li> <li>• Marco conceptual modificado AR4.</li> <li>• Unidad de agregación específica para cada problemática.</li> <li>• Se evalúa la vulnerabilidad actual y futura para el horizonte 2015-2039.</li> <li>• Método multicriterio para la agregación de las variables.</li> <li>• Resultados por municipio.</li> <li>• Recomendaciones por municipios y para cada problemática específica.</li> <li>• Visualización en plataforma interactiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de información en temas de vulnerabilidad y riesgo para doce sectores: Publicaciones científicas.</li> <li>• No se realiza una evaluación de la vulnerabilidad.</li> <li>• Disponibilidad de estudios y datos.</li> <li>• Recomendaciones por estudio.</li> </ul>

## 7. Interactive Sudan Climate Vulnerability Atlas

<b>Objetivo</b>	No se especifica.
<b>Escala</b>	Nacional.
<b>Marco conceptual</b>	Se refieren a la vulnerabilidad climática como “el grado en que un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluidos la variabilidad climática y los extremos”.
<b>Metodología</b>	No se especifica.
<b>Resultados</b>	En el apartado de vulnerabilidad sólo hay mapas de sequías y gráficas de temperaturas extremas y precipitación.
<b>Recomendaciones</b>	Sin recomendaciones.
<b>Visualización</b>	Plataforma interactiva.
<b>URL</b>	<a href="https://dashboards.icraf.org/app/sudan_dashboard">https://dashboards.icraf.org/app/sudan_dashboard</a>

## Comparación

ANVCC	South African Risk and Vulnerability Atlas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación para diferentes problemáticas específicas.</li> <li>• Marco conceptual modificado AR4.</li> <li>• Unidad de agregación específica para cada problemática.</li> <li>• Se evalúa la vulnerabilidad actual y futura para el horizonte 2015-2039.</li> <li>• Método multicriterio para la agregación de las variables.</li> <li>• Resultados por municipio.</li> <li>• Recomendaciones por municipios y para cada problemática específica.</li> <li>• Visualización en plataforma interactiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de información en temas de vulnerabilidad y riesgo para doce sectores: Publicaciones científicas.</li> <li>• No se realiza una evaluación de la vulnerabilidad.</li> <li>• Disponibilidad de estudios y datos.</li> <li>• Recomendaciones por estudio.</li> </ul>

## 8. “Malawi Hazards and Vulnerability Atlas”

<b>Objetivo</b>	Desarrollar una herramienta para ayudar a Malawi en la implementación efectiva de las actividades de gestión del riesgo de desastres en el país. Para minimizar significativamente los impactos de los desastres y los riesgos como resultado del cambio climático; con información oportuna para áreas amenazas y ubicación de comunidades vulnerables.
<b>Escala</b>	Nacional. Representación por distritos.
<b>Marco conceptual</b>	Se utilizan las componentes de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.
<b>Metodología</b>	Se mapeó una vulnerabilidad genérica de la población, en lugar de desarrollar capas de vulnerabilidad separadas para sistemas individuales, sectores o subgrupos de población. Cada evaluación de vulnerabilidad cuantitativa identifica el enfoque, el atributo de valor, los peligros externos de interés y su referencia temporal. Se definieron índices, los cuales se normalizaron y posteriormente se utilizó un promedio aditivo para obtener cada componente. La vulnerabilidad se clasificó

	en cinco clases.
<b>Resultados</b>	Este Atlas contiene el análisis y el mapeo de amenazas históricas y tendencias climáticas (exposición), de la susceptibilidad a las perturbaciones de las comunidades y los medios de vida de los que dependen (sensibilidad), y de la capacidad de adaptación de las comunidades para hacer frente a estas perturbaciones.
<b>Recomendaciones</b>	Se describen los impactos en diferentes sectores y se dan recomendaciones generales para cada uno de éstos.
<b>Visualización</b>	Libro Digital.
<b>URL</b>	<a href="https://www.researchgate.net/publication/282856847_Malawi_Hazards_and_Vulnerability_Atlas">https://www.researchgate.net/publication/282856847_Malawi_Hazards_and_Vulnerability_Atlas</a>

## Comparación

<b>ANVCC</b>	<b>Malawi Hazards and Vulnerability Atlas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación para diferentes problemáticas específicas.</li> <li>• Marco conceptual modificado AR4.</li> <li>• Unidad de agregación específica para cada problemática.</li> <li>• Se evalúa la vulnerabilidad actual y futura para el horizonte 2015-2039.</li> <li>• Método multicriterio para la agregación de las variables.</li> <li>• Resultados por municipio.</li> <li>• Recomendaciones por municipios y para cada problemática específica.</li> <li>• Visualización en plataforma interactiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marco Conceptual AR4.</li> <li>• Evaluación de una vulnerabilidad de la población humana ante múltiples riesgos. Sólo se tiene un mapa de vulnerabilidad.</li> <li>• Método aditivo para el cálculo de la vulnerabilidad y sus componentes.</li> <li>• Resultados por distritos.</li> <li>• Recomendaciones generales.</li> </ul>

## 9. Atlas on Vulnerability of Indian Agriculture to Climate Change

<b>Objetivo</b>	Apoyar al gobierno de la India y a los gobiernos estatales a planificar inversiones en agricultura resiliente al clima, centrándose en componentes particulares que hacen que la región/distrito sea más vulnerable que otros.
<b>Escala</b>	Nacional. Representación por Distritos.
<b>Marco conceptual</b>	La vulnerabilidad en función de las componentes de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. En este caso sólo es una suma aditiva.

<b>Metodología</b>	Se construyeron los índices de sensibilidad, exposición y capacidad adaptativa, los cuales fueron normalizados y se obtuvo una media ponderada de los indicadores identificados. Posteriormente, las tres componentes se promediaron (con ponderaciones diferenciales) para obtener el índice de vulnerabilidad. Se determinaron pesos para cada uno de los indicadores con base a la revisión de la literatura y una serie de discusiones con un grupo de expertos involucrados.
<b>Resultados</b>	Serie de mapas para los diferentes indicadores de las componentes de vulnerabilidad. Mapas de vulnerabilidad de la agricultura al cambio climático (actual), y para los periodos de 2021-2050 y 2071-2098, respecto al periodo 1961-1990, con escenarios de emisiones.
<b>Recomendaciones</b>	No hay recomendaciones.
<b>Visualización</b>	Libro Digital.
<b>URL</b>	<a href="http://www.nicar.in/nicarevised/images/publications/Vulnerability_Atlas_web.pdf">http://www.nicar.in/nicarevised/images/publications/Vulnerability_Atlas_web.pdf</a>

## Comparación

<b>ANVCC</b>	<b>Malawi Hazards and Vulnerability Atlas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación para diferentes problemáticas específicas.</li> <li>• Marco conceptual modificado AR4.</li> <li>• Unidad de agregación específica para cada problemática.</li> <li>• Se evalúa la vulnerabilidad actual y futura para el horizonte 2015-2039.</li> <li>• Método multicriterio para la agregación de las variables. No hay pesos específicos para cada indicador, todos se evalúan con el mismo peso.</li> <li>• Resultados por municipio.</li> <li>• Recomendaciones por municipios y para cada problemática específica.</li> <li>• Visualización en plataforma interactiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vulnerabilidad para el sector agrícola.</li> <li>• Marco Conceptual AR4.</li> <li>• Método aditivo para el cálculo de la vulnerabilidad y sus componentes, definiendo pesos, con base a referencias bibliográficas y comunicación con expertos.</li> <li>• Hay resultados para la vulnerabilidad actual y futura, pero se utilizan escenarios de emisiones; por lo que resulta obsoleta.</li> <li>• Resultados por distritos.</li> <li>• No hay recomendaciones.</li> </ul>

Los enfoques metodológicos de los Atlas evalúan la vulnerabilidad a través de las componentes de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Sin embargo, la mayoría integra las componentes con diferentes tipos de indicadores no específicos, sin estar dirigidos a una problemática o amenazas específicas. Se evalúan una vulnerabilidad general, resultando ambiguas las respuestas a las preguntas ¿a qué se es vulnerable? y ¿por qué? Caso que el ANVCC si direcciona la evaluación de la vulnerabilidad a responder dichas preguntas. Es posible que este sea el problema de aquellos Atlas que no tienen una problemática diferenciada, y que proporcionan recomendaciones generales o bien simplemente no las dan.

En los diferentes Atlas, los indicadores están conformados por variables climáticas, socioeconómicas, sociales y ambientales de todo tipo, carentes de consistencia entre ellas. Por ejemplo, en exposición, en el ANVCC se utilizan sólo variables climáticas para tener consistencia y poder evaluar la vulnerabilidad actual y futura; mientras que en otros Atlas incluyen variables climáticas y sociales. Al final, la suma o promedio de variables se realiza a través de variables normalizadas, que matemáticamente es válido, pero pierde sentido temático. Una de las consecuencias es diluir la señal de las variables climáticas.

En el caso de la unidad de agregación territorial, únicamente el Atlas de Indonesia menciona el nivel territorial de agregación para indicadores específicos. En el ANVCC la unidad territorial es fundamental en su metodología, porque no es lo mismo evaluar los sistemas naturales, como un bosque que la producción forrajera, ya que están inmersos en diferentes contextos territoriales.

Independientemente del enfoque metodológico utilizado, todos tienen en común el objetivo de ser herramientas útiles en la toma de decisiones y así incidir en la política pública. En este sentido, algunos se quedan en el contexto general de las recomendaciones o bien no se incluyen. Por su parte el ANVCC proporciona recomendaciones específicas para cada municipio con base en la vulnerabilidad específica evaluada. Lo anterior es primordial para la toma de decisiones, ya que las recomendaciones son un parteaguas para tomar medidas y focalizar acciones de adaptación con el objetivo de reducir la vulnerabilidad al cambio climático.

Como en todo proceso de la planificación territorial, la etapa de evaluación es fundamental; más aún cuando parte de la toma de decisiones está basada en instrumentos analíticos como el ANVCC. En este caso, el proceso para determinar qué tanto los tres órdenes de gobierno han implementado las recomendaciones emanadas de este instrumento ha sido a través del diseño de indicadores a nivel municipal. Un ejemplo de ello es el indicador del “Fortalecimiento de capacidades de adaptación al cambio climático en municipios altamente vulnerables”. Este indicador de eficiencia se integra en el Programa de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2019-2024 y también se utiliza en el Programa Espacial de Cambio Climático 2020-2024. El indicador en comento cuantifica cuántos municipios con alta vulnerabilidad al cambio climático han implementado recomendaciones del ANVCC, sobre todo en materia de reducción de riesgo por desastre y de conservación de capital natural para promover servicios

ecosistémicos de regulación. Permite definir la eficiencia de las recomendaciones en la toma de decisiones para fortalecimiento de la política pública a través de acciones concretas en el territorio. En secciones posteriores de este documento se amplía el contexto de estos indicadores junto con la descripción de la metodología para la identificación y priorización de municipios vulnerables al cambio climático en México.

## CASO DE MÉXICO

### 1. Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático. Efectos del cambio climático en el recurso hídrico de México versión 2014.

<b>Objetivo</b>	Conocer de manera cuantitativa los efectos del cambio climático en la disponibilidad en cantidad y calidad del recurso hídrico, en la agricultura, y en la sociedad ante eventos hidrometeorológicos extremos (sequías, huracanes y tormentas tropicales) entre otros temas.
<b>Escala</b>	Nacional. Representación específica por cada evaluación.
<b>Marco conceptual</b>	Se incluye la vulnerabilidad social y el cálculo de la vulnerabilidad hídrica global, está última con base en el marco conceptual del AR4: Exposición+Sensibilidad-Capacidad Adaptativa.
<b>Metodología</b>	<p>La evaluación de la vulnerabilidad social se hace a través del índice de Vulnerabilidad Social (IVS) con una agregación de municipio. Se integra en 5 indicadores: a) empleo e ingreso, b) educación, c) salud, d) vivienda y e) población. Se hizo una ponderación para cada variable y se asignó un grado de vulnerabilidad. Posteriormente se hizo un promedio entre los 5 indicadores y se ponderó nuevamente para obtener un índice de vulnerabilidad social final.</p> <p>El cálculo de la vulnerabilidad hídrica global se integró con una unidad territorial de células de planeación (168 en el territorio nacional). Las células de planeación son un área geográfica formada por un conjunto de municipios que pertenecen a un sólo estado, dentro de los límites de una subregión hidrológica.</p> <p>Para la vulnerabilidad de las zonas de riego en el país, se utilizaron los ciclos agrícolas otoño-invierno y primavera-verano. Se definieron indicadores con pesos asignados estadísticamente y se normalizados.</p>
<b>Resultados</b>	Vulnerabilidad social y riesgo, vulnerabilidad hídrica y de la agricultura de riego.

<b>Recomendaciones</b>	Recomendaciones generales.
<b>Visualización</b>	Libro Digital.
<b>URL</b>	<a href="https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/atlas-2016/files/assets/common/downloads/publication.pdf">https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/atlas-2016/files/assets/common/downloads/publication.pdf</a>

## Comparación

<b>ANVCC</b>	<b>Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación para diferentes problemáticas específicas.</li> <li>• Marco conceptual modificado AR4.</li> <li>• Unidad de agregación específica para cada problemática.</li> <li>• Se evalúa la vulnerabilidad actual y futura para el horizonte 2015-2039.</li> <li>• Método multicriterio para la agregación de las variables. No hay pesos específicos para cada indicador, todos se evalúan con el mismo peso.</li> <li>• Resultados por municipio.</li> <li>• Recomendaciones por municipios y para cada problemática específica.</li> <li>• Visualización en plataforma interactiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se centra en el sector hídrico y es una actualización de una versión del año 2010.</li> <li>• Marco Conceptual AR4, pero también define la vulnerabilidad social y el riesgo.</li> <li>• Obtienen resultados con escenarios de cambio climático, pero no se muestra una evaluación de vulnerabilidad futura. En las componentes de exposición y sensibilidad se incluyen los valores actuales y futuros de la parte climática, y se integran en una vulnerabilidad.</li> <li>• En los indicadores, se asignan pesos de manera estadística.</li> <li>• Hay diferentes unidades territoriales de agregación.</li> <li>• Las recomendaciones son generales por cada evaluación.</li> <li>• No hay una plataforma digital.</li> </ul>

## 2. Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México

<b>Objetivo</b>	<p>Identificar los territorios más vulnerables de México a los efectos del cambio climático, utilizando una base de datos históricos y escenarios futuros.</p> <p>Producir un registro de medidas y acciones de adaptación a corto, mediano y a largo plazo, que deberían implementar las entidades federativas, para disminuir la vulnerabilidad detectada en algunos sectores o sistemas.</p> <p>Proporcionar recomendaciones generales que las entidades</p>
-----------------	---

	federativas deberían adoptar para disminuir su vulnerabilidad.
<b>Escala</b>	Nacional. Representación por municipio.
<b>Marco conceptual</b>	Vulnerabilidad bajo el marco conceptual del AR4. Cálculo de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa para construir un índice de vulnerabilidad.
<b>Metodología</b>	Se definieron variables para cada una de las componentes: exposición (13 variables), sensibilidad (9 variables) y capacidad adaptativa (16 variables) para integrar el índice de vulnerabilidad a escala municipal (38 variables). El rango de valores final fue dividido en cinco grupos de acuerdo a una distribución geométrica de las frecuencias, y a cada grupo se le asignó un indicador cualitativo de severidad en su vulnerabilidad. Se realizó una estandarización de las variables y una suma aritmética para calcular cada componente. Las variables definidas no integran una problemática específica. Se consideró la evaluación de la vulnerabilidad del sector hídrico, biodiversidad, agricultura, ganadería y bosques, sin embargo, la metodología no se especifica.
<b>Resultados</b>	Presentan el grado de vulnerabilidad general y por sectores, lo cual se complementa con mapas. Se hace una representación nacional con resultados por estado. Incluye una descripción de medidas de adaptación estatales y recomendaciones generales. Integra una descripción de resultados por estado donde se desagregan los resultados por municipios.
<b>Recomendaciones</b>	Se presentan recomendaciones generales por estado.
<b>Visualización</b>	Libro interactivo.
<b>URL</b>	<a href="http://atlasclimatico.unam.mx/VyA/">http://atlasclimatico.unam.mx/VyA/</a>

## Comparación

<b>ANVCC</b>	<b>Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación para diferentes problemáticas específicas.</li> <li>• Marco conceptual modificado AR4.</li> <li>• Unidad de agregación específica para cada problemática.</li> <li>• Se evalúa la vulnerabilidad actual y futura para el horizonte 2015-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se evalúa una vulnerabilidad general al cambio climático.</li> <li>• Se utiliza el marco conceptual AR4.</li> <li>• No hay evaluación de vulnerabilidad actual.</li> <li>• Se utilizan resultados de escenarios de emisión en la</li> </ul>

<p>2039.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Método multicriterio para la agregación de las variables. No hay pesos específicos para cada indicador, todos se evalúan con el mismo peso.</li> <li>• Resultados por municipio.</li> <li>• Recomendaciones por municipios y para cada problemática específica.</li> <li>• Visualización en plataforma interactiva.</li> </ul>	<p>componente de exposición, y se combinan con variables climáticas observadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los resultados se proporcionan por estado y municipio.</li> <li>• La unidad mínima de representación es por municipio.</li> <li>• No se especifica cómo se evalúa la vulnerabilidad por sectores.</li> <li>• Hay recomendaciones generales y se realiza un listado de acciones de adaptación.</li> </ul>
--	---

En México, los casos sobre evaluación de la vulnerabilidad como los Atlas son escasos, los más recientes son el Atlas de vulnerabilidad hídrica y el de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Aunque el primero resulta ser muy específico a un sector, los resultados que proporciona están desarticulados, por un lado, no sólo evalúa la vulnerabilidad sino también el riesgo. Al final resulta un libro digital con recopilación de investigaciones para el sector hídrico. Por otra parte, la metodología y selección de indicadores para evaluar la vulnerabilidad en el sentido del enfoque AR4, integra variables no consistentes en la parte climática y de sensibilidad. Por ejemplo, para el caso de exposición, las variables que se incluyen son de proyecciones futuras en precipitación y temperatura, mientras que en sensibilidad se incluyen variables sociales y climáticas observadas. Concluyendo con una vulnerabilidad al cambio climático, pero difusa en su interpretación al incluir condiciones actuales y futuras en una misma evaluación.

En el caso del Atlas de vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México, se destaca el esfuerzo por recopilar información sobre medidas de adaptación realizadas por los estados y municipios. En el caso del ANVCC, en este sentido, se tiene la capacidad adaptativa como una base para poder medir las capacidades de los municipios, respecto a las problemáticas específicas. La evaluación de la vulnerabilidad en el Atlas de vulnerabilidad y adaptación se realiza con indicadores de todo tipo, agrupados en una misma componente. Como consecuencia de esta configuración, no se pueden comparar aumentos o disminuciones con las condiciones actuales, caso que con el ANVCC si se hace. Incluso la evaluación resulta “específica” para el sector agrícola, al incluir variables de este contexto para obtener una evaluación general. No existe una consistencia del tipo de variable ejecutada, con respecto a los resultados finales de la evaluación “generalizada”. Se incluyen evaluaciones de vulnerabilidad para sectores específicos, pero la información es un complemento y con una metodología poco transparente y ambigua.

Está claro que todos los Atlas tienen limitaciones, con grandes diferencias y similitudes, sin embargo, cada uno de ellos es un esfuerzo por entender una problemática global incierta con cambio climático. Es preciso crear más esfuerzos ante este hecho y aprender de las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos a diferentes niveles

territoriales y de toma de decisiones. Esto último para la implementación de medidas y acciones y así enfrentar los efectos negativos del cambio climático para disminuir la vulnerabilidad.

Ningún Atlas es mejor que otro, como en el caso de evaluación de vulnerabilidad, simplemente es adecuarlos a las necesidades que se tienen y tener claro lo que se quiere evaluar y el por qué. Más allá de estas preguntas es buscar que la información sea directa, útil, consistente, fácil de interpretar y transparente. Que las partes interesadas, como los tomadores de decisiones, sean capaces de comprender los resultados para elaborar políticas públicas que se adecuen de mejor manera a las problemáticas actuales y futuras, esto es lo que el ANVCC ofrece a los usuarios.

## 4.5 TOMA DE DECISIONES A DIFERENTES NIVELES

La toma de decisiones se define como un proceso que permite elegir entre diversas alternativas de una situación determinada. Siempre buscando la que mejor se ajuste, por medio de la integración de información, conocimiento, experiencia, análisis y juicio (González *et al.*, 2013) y a diferentes niveles de decisión: macro (política de cambio climático), meso (institucional) y micro (individual) (Barreto, 2012). La toma de decisiones a menudo es un proceso lineal donde involucra el problema, la investigación, la información, la decisión y la implementación (Maani, 2013). En adaptación al cambio climático la planificación y la toma de decisiones no sigue un sólo sentido, varía de un lugar a otro, por la influencia de las estructuras gubernamentales, los sistemas legales, la geografía, la cultura nacional y el desarrollo económico, con una retroalimentación de diversos elementos. Por ejemplo, a nivel local y comunitario, la toma de decisiones esta erguida sobre los planes y estrategias existentes de un municipio (Maani, 2013; Black, 2010).

En el contexto de vulnerabilidad al cambio climático se requiere de una toma de decisiones informada a corto, mediano y largo plazo, con lo cual se pueden utilizar herramientas o modelos cuantitativos (BID-INECC, 2019). Es necesario que se ejecuten o implementen medidas concretas como el desarrollo de herramientas, instrumentos e insumos científicos y/o técnicos, con la finalidad de llevar a cabo el cumplimiento de esas acciones propuestas. Lo anterior con herramientas de implementación como: Indicadores de monitoreo y evaluación de emisiones de gases de efecto invernadero, desarrollo de herramientas del análisis socioeconómico y monitoreo ambiental, bases de datos climatológicos que aporten evidencias del cambio climático, o incluso el desarrollo de herramientas para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático, entre otros (Ortiz-Espejel y Vázquez-Aguirre, 2010). Con dichas herramientas e instrumentos se podrán identificar los datos disponibles que describen, por ejemplo, la situación actual de la vulnerabilidad de los sectores, actividades y diversos elementos para ser atendidos en un contexto de cambio climático (BID-INECC, 2019).

Las herramientas tendrán que ser capaces de proporcionar información útil y traducir el conocimiento para los tomadores de decisiones, eludiendo las barreras como la falta de

comprensión, para así poder establecer prioridades y conduciéndolas al desarrollo de medidas y acciones.

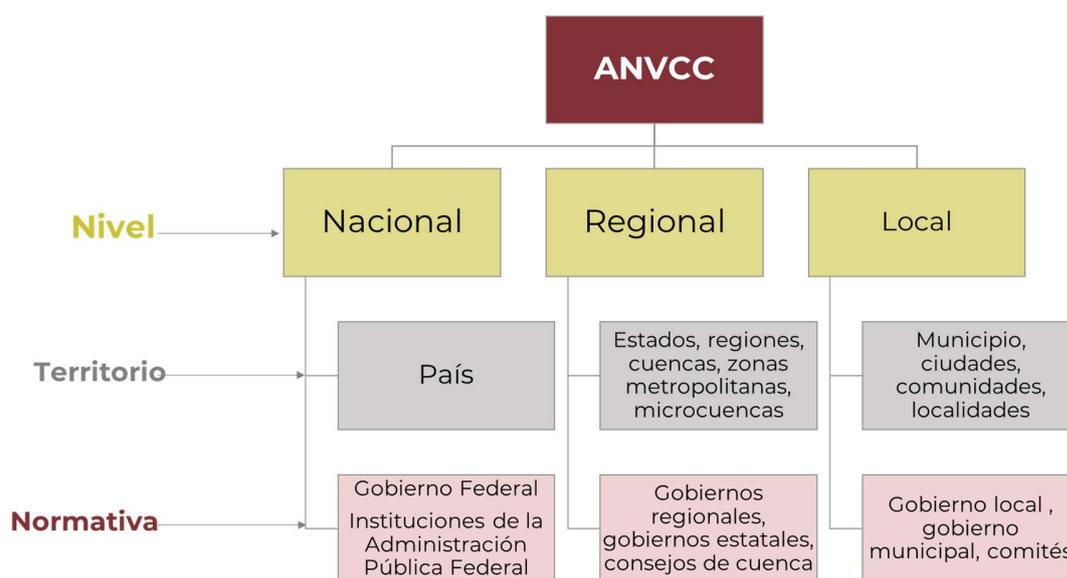
Ante esta necesidad, la metodología propuesta abre un panorama para poder aplicarse en los niveles nacional, regional y local; con recomendaciones específicas transversales a estos niveles; por lo menos eso es lo que se esperaba obtener.

#### 4.5.1 EL ANVCC SU INTEGRACIÓN MULTINIVEL Y ALCANCES

Existe la necesidad de no sólo evaluar la vulnerabilidad a una escala nacional, sino realizarlo a un nivel regional y local, como ya se ha mostrado en las **secciones 4.2 y 4.3**, a través de adecuaciones metodológicas de una propuesta general.

El nivel se puede entender como una categoría para ubicar y clasificar un fenómeno dentro de una jerarquía, por ejemplo; un barrio, un paisaje, una región, o una nación (Ruíz y Galicia, 2016), los cuales van desde una condición particular a general. Cada uno de estos niveles abarcará una escala territorial, con una normativa de Estado institucional, donde los resultados inciden en la política pública de los diferentes niveles.

En este sentido es preciso tomar en cuenta la organización y perspectivas metodológicas acorde a estos niveles, por lo que en este caso se han propuesto diferentes niveles de evaluación de la vulnerabilidad tomando como base la metodología descrita en esta investigación y plasmada en el ANVCC (**Figura 4.18**).



**Figura 4.18.** Representación multinivel tomando como referencia el Atlas de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC). Fuente: Elaboración propia.

En los diferentes niveles se tienen métodos integradores que contribuyen a robustecer la metodología propuesta (**Tabla 4.8**).

**Tabla 4.8.** Integración de elementos metodológicos del ANVCC en los niveles nacional, regional y local

<b>Nacional</b>	<b>Regional</b>	<b>Local</b>
Marco conceptual base AR4 modificado.	Marco conceptual base AR4 modificado.	Marco conceptual base AR4 modificado.
Amenazas climáticas prioritarias a escala nacional.	Amenazas climáticas prioritarias a escala regional.	Amenazas climáticas prioritarias a escala local.
Expertos a nivel institucional. No hay interacción con expertos comunitarios o regionales.	Interacción con expertos a nivel regional.	Conocimiento y percepciones locales.
Métodos generalizados. La resolución de las proyecciones de cambio climático es adecuada.	Métodos con alcances específicos y limitados a una región. Por ejemplo, hay limitación en las proyecciones de cambio climático dada su resolución.	Integración de métodos con alcances locales. Se pueden realizar encuestas de consulta para identificar prioridades. Hay limitación en las proyecciones de cambio climático dada su resolución.
El análisis multicriterio con un enfoque general.	El análisis multicriterio se puede modificar proporcionando pesos diferenciados con influencia regional.	El análisis multicriterio se puede modificar proporcionando pesos diferenciados con influencia local.
Indicadores diseñados con información disponible a nivel nacional.	Indicadores diseñados con información disponible a nivel nacional y enfocada en regiones.	Indicadores diseñados con información disponible a nivel nacional, regional y local, dependiendo de las necesidades de cada indicador. .
La información climática disponible es adecuada en esta escala.	Limitación de la información climática por la escala.	Limitación de la información climática por la escala.
No se integra información	Se pueden integrar	Se pueden integrar

de variables sociales.	variables sociales a escala regional.	variables sociales locales.
Recomendaciones enfocadas en instrumentos con una representación de municipios.	Recomendaciones con representación regional.	Recomendaciones con representación local.

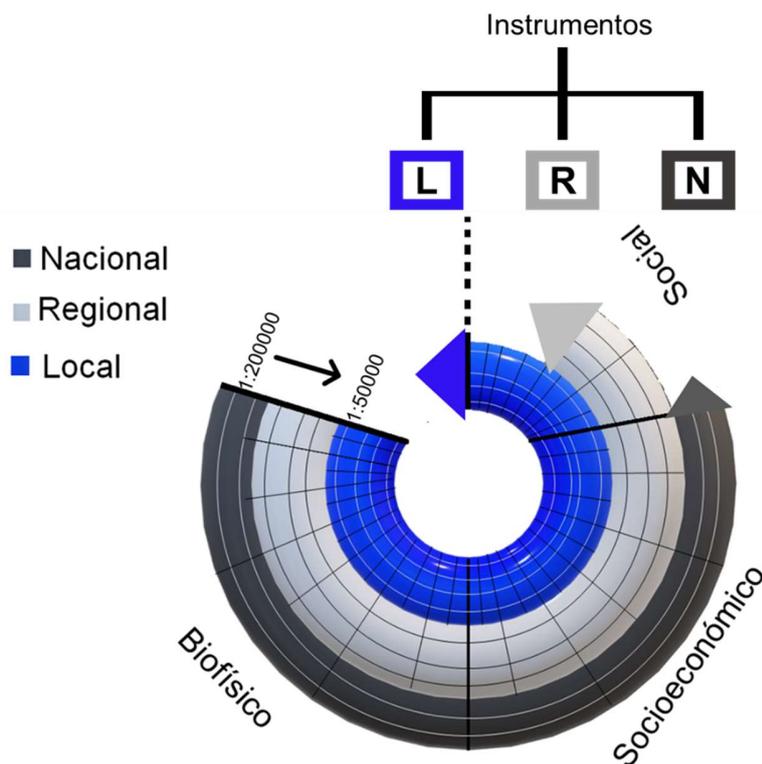
Un ejemplo de la importancia de la diferenciación multinivel ocurre cuando se integran criterios de capacidad adaptativa y los alcances que se tienen. En este criterio, a un nivel local se pueden tener instrumentos comunitarios relevantes, los cuales aportan información valiosa de cómo se está afrontando una problemática. Las comunidades locales son quienes conocen las características del sitio y las necesidades, y por lo tanto pueden avalar o rechazar un resultado, una recomendación o una acción. Por el contrario, a nivel nacional la visión de instituciones federales está por encima de lo local, porque son quienes formulan los instrumentos generales para afrontar las problemáticas. Es necesario transparentar los alcances de la evaluación del ANVCC, para poder aplicar adecuadamente su información, y no subestimar o sobrestimar su implementación (**Tabla 4.9**).

**Tabla 4.9.** Alcances de los resultados del ANVCC en los niveles nacional, regional y local

ANVCC		
Nacional	Regional	Local
Interpretación de la información con detalle a nivel estatal.	La información es general y se puede perder la representatividad de los resultados.	La información del ANVCC tiene alcances limitados. No proporciona información diferenciada dentro del territorio, en este caso dentro de un municipio.
La representación es por municipio.	Limitada a una representación administrativa.	Limitada a una representación administrativa.
Las recomendaciones tienen impacto nacional, estatal y municipal.	Las recomendaciones tienen un impacto general.	Las recomendaciones tienen un impacto general, pero específico a nivel municipio.
Benefician a la planeación de normativas, programas e instrumentos nacionales, estatales y municipales.	La planeación de normativas, programas e instrumentos se debe de realizar con base en los	La planeación de normativas, programas e instrumentos se debe de realizar con base en los

	alcances de los resultados. Alcance para un municipio.	alcances de los resultados. Alcance nivel municipal.
Inciden en la priorización de municipios vulnerables a escala nacional y estatal.	La priorización está limitada a la división territorial administrativa.	Sólo priorización para el municipio, no dentro del municipio.
Beneficia al monitoreo de las capacidades institucionales de los municipios y por tanto del Estado.	Beneficia al monitoreo de las capacidades institucionales de los municipios que integran la región.	Beneficia al monitoreo de las capacidades institucionales del municipio donde se localizan las comunidades.

En la **Figura 4.19** se observa los tres niveles integradores desde una escala y nivel nacional, que corresponde al ANVCC y su metodología general, envolviendo a los niveles y escalas regionales y locales. Cada uno de ellos dependen de las características de indicadores biofísico, socioeconómicos y sociales, cuya importancia es diferencial en los tres niveles. De igual manera, cada uno de estos niveles están acotados por instrumentos y atribuciones en sus respectivos niveles y alcances.



**Figura 4.19.** Representación multinivel de la metodología propuesta para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático. Fuente: Elaboración propia.

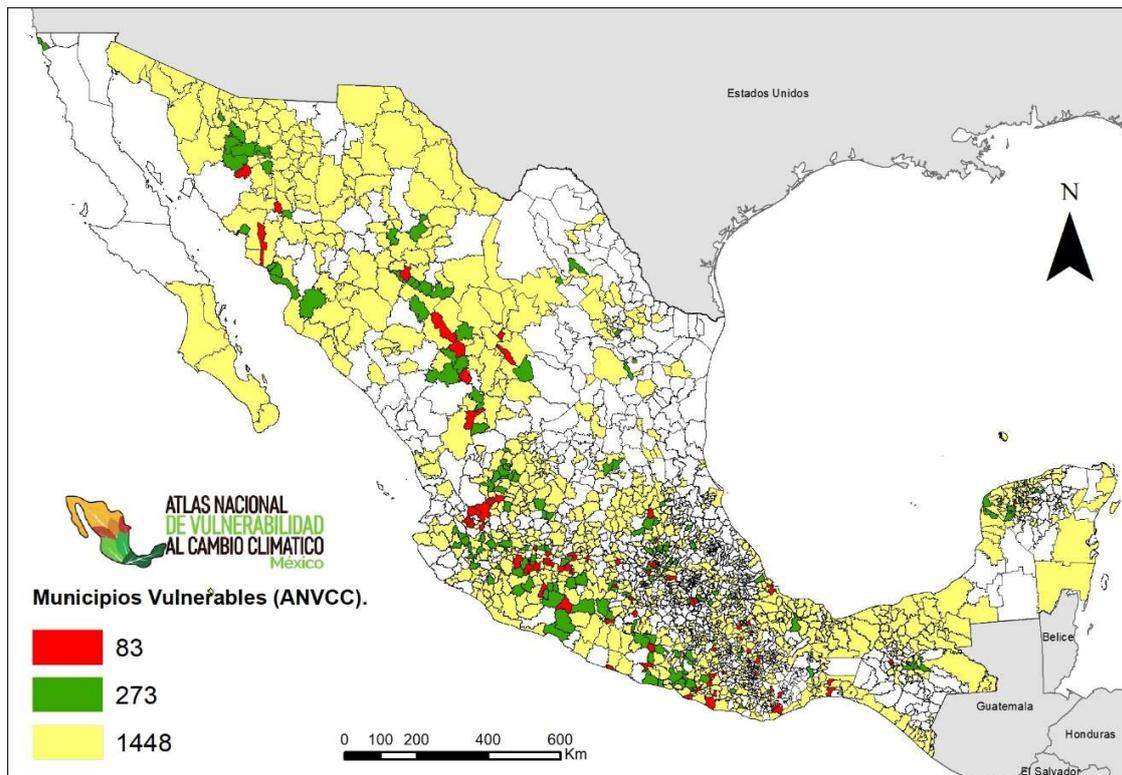
#### 4.5.2 INTEGRACIÓN DE LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO EN INSTRUMENTOS DE TOMA DE DECISIONES A DIFERENTES NIVELES INSTITUCIONALES EN MÉXICO

Los resultados del ANVCC se han podido integrar en la política pública nacional del país. Enfatizando que, un instrumento como el Atlas, es una herramienta que responde a las necesidades de la política pública en materia de cambio climático en México, llevando a la implementación de sus resultados y trascendiendo en el ámbito de la toma de decisiones.

Los Atlas, como instrumentos en la política pública, poseen una serie de desafíos, ya que se requiere que tengan una visión que vaya de manera ágil y oportuna del nivel global al local y viceversa. Que, con su información, se logren formular políticas públicas flexibles a nivel nacional, permitiendo su implementación. Con alta disponibilidad, accesibilidad y aplicabilidad de información, con colaboraciones transversales entre diferentes instancias (González *et al.*, 2013); desafíos que el ANVCC ha superado. Como muestra es la integración de sus resultados dentro de los instrumentos nacionales en materia de cambio climático como el indicador del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT), en el Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024 (PECC) y en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas 2020-2024 (NDC).

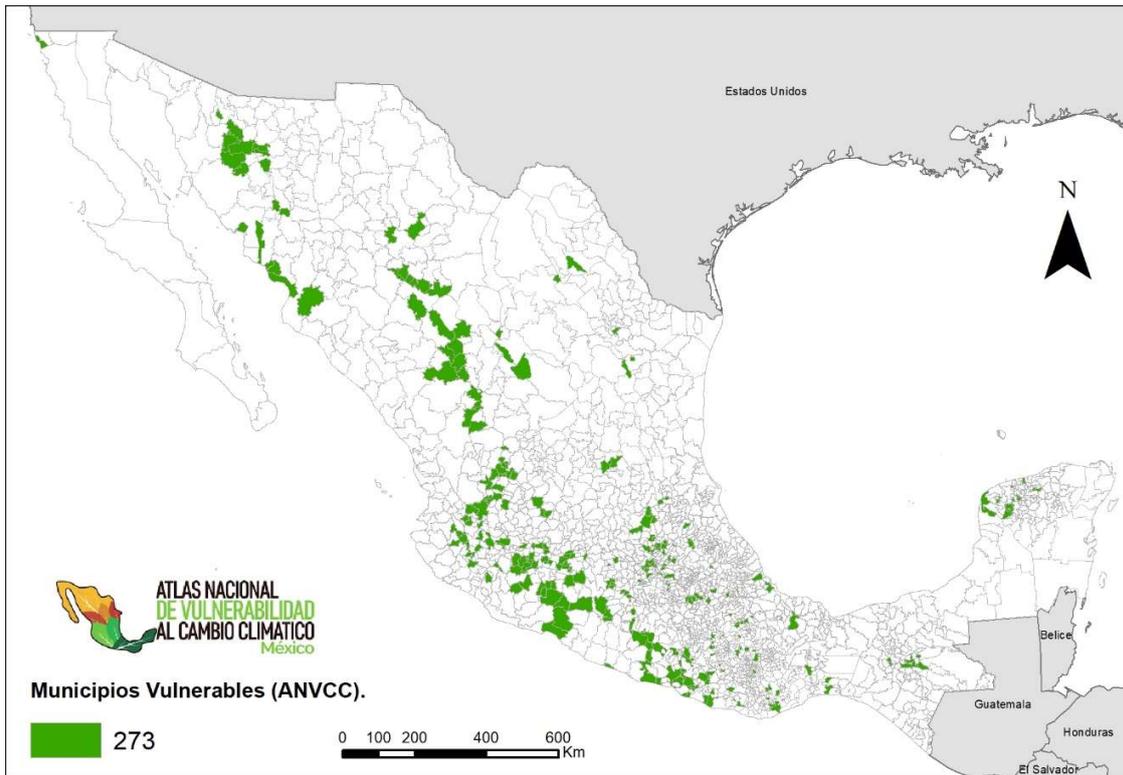
Utilizando los resultados del Atlas a nivel estatal, se realizó una priorización para identificar los municipios más vulnerables al cambio climático, en tres niveles (INECC, 2021a).

- **Primer Nivel:** Se identificaron 1448 municipios a nivel nacional, los cuales presentan muy alta y alta vulnerabilidad actual, para por lo menos una de sus primera seis vulnerabilidades específicas. Se incluyen aquellos municipios que presentan un aumento de vulnerabilidad a futuro para al menos una de las vulnerabilidades. Con este primer nivel se cuenta con representatividad territorial de todos los estados, además de las diferentes condiciones climáticas presentes en México (**Figura 4.20**).



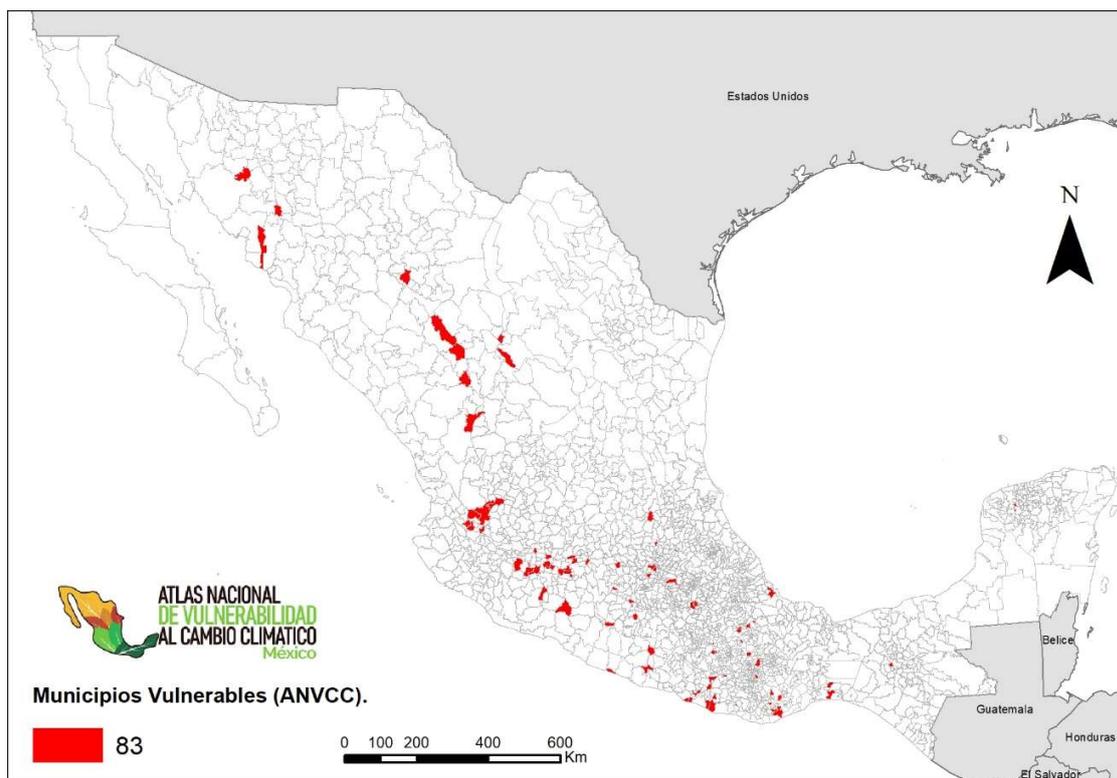
**Figura 4.20.** Grupo de los 1448 municipios vulnerables al cambio climático. Fuente Elaborado con información de (INECC, 2021a).

- **Segundo Nivel:** Con base en el primer resultado se hizo un segundo nivel de priorización de los municipios. Consistió en identificar los municipios que presentan tres vulnerabilidades en un grado muy alto y alto de vulnerabilidad, y dos o más de éstas presentan un aumento en el futuro. De esta manera se obtuvieron 273 municipios (**Figura 4.21**).



**Figura 4.21.** Grupo de los 273 municipios vulnerables al cambio climático. Fuente Elaborado con información de (INECC, 2021a).

- **Tercer Nivel:** Considerando los 273 municipios del segundo nivel de priorización, se realizó un tercer filtro. Se identificaron los municipios con cuatro o más vulnerabilidades en la categoría de muy alta o alta vulnerabilidad, y que dos o más tuvieran aumento en el futuro, resultando 83 municipios vulnerables al cambio climático (**Figura 4.22**).



**Figura 4.22.** Grupo de los 83 municipios vulnerables al cambio climático. Fuente Elaborado con información de (INECC, 2021a).

Los 273 municipios vulnerables identificados en el segundo nivel son considerados prioritarios para su atención y fortalecimiento de sus capacidades adaptativas para responder ante el cambio climático.

En las NDC los resultados del ANVCC intervienen en el Eje A. Prevención y atención de impactos negativos en la población humana y en el territorio, en su línea de acción A1.

“Implementar acciones en 50% de los municipios identificados como vulnerables de acuerdo con el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático y el Programa Especial de Cambio Climático 2021—2024 priorizando a los de mayor rezago social”

En el PECC (DOF, 2021), los 273 municipios han sido integrados para dar atención al “Objetivo prioritario 1: Disminuir la vulnerabilidad al cambio climático de la población, los ecosistemas y su biodiversidad, así como de los sistemas productivos y de la infraestructura estratégica mediante el impulso y fortalecimiento de los procesos de adaptación y el aumento de la resiliencia. “

En el documento se menciona:

“De acuerdo con el ANVCC, se identifican 273 municipios con un grado de alta y muy alta vulnerabilidad actual y futura al cambio

climático, mismos que coinciden con las zonas identificadas como de atención prioritaria por sus condiciones socioeconómicas, los cuales presentaron problemática con grado “muy alto” y “alto” de vulnerabilidad y con miras a su aumento, considerando escenarios de cambio climático. Por lo anteriormente expuesto, es inequívoco concluir que la vulnerabilidad al cambio climático, debe ser atendida desde una perspectiva integral, interdisciplinaria e interinstitucional, que privilegie un enfoque preventivo, en el que se fortalezcan capacidades locales, protocolos de prevención y atención y en general, se fortalezcan los sistemas de alerta temprana, integrando información de fenómenos hidrometeorológicos extremos, transitando hacia un enfoque preventivo de la gestión de riesgo de desastres, superando el carácter reactivo y de atención a emergencias y desastres que ha prevalecido.”

A través de la identificación de los municipios vulnerables, es posible dar un seguimiento de las capacidades institucionales y la identificación de prioridades y necesidades de éstos, llegando así a los conceptos de monitoreo y evaluación.

De acuerdo con el INECC (2021b), el monitoreo es un proceso de seguimiento al gestionar e implementar alguna medida. Este concepto se refiere a la recopilación de datos, representados en métricas cuantitativas o cualitativas, que proporcionan información sobre el avance y desempeño de una alternativa de solución con respecto a la medida planeada. Su diseño es para corto plazo, pero con incidencia a largo plazo en miras de poder identificar y corregir posibles desviaciones de las metas planteadas.

La evaluación resulta ser una revisión objetiva en un punto en el tiempo, y se utiliza para estimar el valor o utilidad de una medida, el cumplimiento de los objetivos establecidos, y la identificación de factores de éxito o fracaso (INECC, 2021b).

En este contexto, en el PROMARNAT 2020-2024, se incluyó el indicador sobre “Fortalecimiento de capacidades de adaptación al cambio climático en municipios altamente vulnerables”. Diseñando un método de cálculo para dar seguimiento a los esfuerzos en materia de adaptación de los municipios vulnerables identificados en el ANVCC. El indicador mide la ocurrencia de intervenciones en las variables que lo componen. Cada intervención se atribuye a un elemento que fortalece la capacidad adaptativa institucional ante el cambio climático del municipio, con base en el cálculo de la capacidad adaptativa en el ANVCC (PROMARNAT 2020-2024).

El indicador permite diagnosticar las capacidades institucionales de los municipios para hacer frente al cambio climático. Delinear estrategias de colaboración interinstitucional e intergubernamental para capacitación, comunicación y promoción en materia de acciones de adaptación al cambio climático, para disminuir la vulnerabilidad al cambio climático.

Estos tres instrumentos inciden en los diferentes niveles de gobierno (nacional, estatal y municipal). A partir de un instrumento a escala nacional, se identifican los municipios vulnerables a nivel estatal y así generar estrategias pertinentes en sus políticas estatales o municipales. Para cumplir con las metas nacionales de cambio climático relacionadas con la reducción de vulnerabilidad.

## 5. FORTALECIMIENTO DE INSTRUMENTOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Actualmente, el cambio climático es uno de los retos dentro de la toma de decisiones a escala global. Tiene influencia sobre ciudades, territorios y aprovechamiento de recursos naturales, y por tanto es preciso afrontarlo.

México en las últimas décadas ha transitado por un proceso de cambios territoriales importante. La expansión urbana sobre áreas agrícolas y naturales ha sido consecuencia de diversos factores como, las políticas de vivienda de los últimos años, las modificaciones constitucionales sobre la propiedad agraria y la falta de una aplicación rigurosa de los instrumentos de planeación y de Ordenamiento Territorial (OT) (SEDATU, 2021). Condiciones territoriales que se exacerban con los cambios en el clima, y que es posible reducir a través de identificar cómo se distribuye la vulnerabilidad. Lo que permitirá poder optar por políticas, planes, instrumentos, medidas y acciones acordes a la problemática territorial en un contexto de cambio climático.

El territorio se puede definir como el espacio físico natural, delimitado política y administrativamente, en el que se practican diversas actividades humanas. En este espacio se pueden encontrar un conjunto de relaciones dinámicas entre individuos, y entre éstas y el medio ambiente, en un espacio geográfico y en un tiempo determinado. Las relaciones pueden estar definidas por procesos históricos, características políticas, socioeconómicas, culturales y biofísicas existentes, e integran una red de instituciones y formas de organización que dan cohesión a los diferentes elementos (Arce, 2013). Ante la ocupación del territorio y las actividades que se concentran dentro de él, es preciso tener una organización dentro del territorio, por lo tanto, se ha integrado el ordenamiento territorial. Se entiende como un proceso que emprende la administración pública para identificar, evaluar y determinar las diferentes opciones para el uso de los suelos. Incluye la integración del carácter económico, social y ambientales a largo plazo y las consecuencias para las diferentes comunidades y grupos de interés. Además de la formulación y promulgación de planes que describan los usos permitidos o aceptables (UNISDR, 2009b).

El Ordenamiento Territorial u Ordenación Territorial (OT) es una herramienta para la planeación y gestión del territorio, como medio para avanzar en la dirección de lograr un desarrollo sostenible desde una perspectiva integral. Constituye un proceso de planeación territorial con un enfoque integral multifactorial, que refleja la naturaleza compleja y dinámica del territorio. Para lograr una calidad superior de vida para la sociedad, alcanzando un equilibrio entre el desarrollo social y económico en armonía con el entorno natural. (Sánchez *et al.*, 2013).

Los objetivos de las políticas de OT son diferentes dependiendo del nivel al que se aplican, pero existe una interacción entre los tres niveles de la planificación territorial

(nacional, regional y local). Aunque, en cada nivel se generan planificaciones con objetivos y componentes diferentes siempre habrá una relación entre ellos (FAO, 2022):

- **Nivel nacional.** Su orientación es más política que técnica. Está asociado con los objetivos nacionales y definición de políticas, estrategias, planes y programas, criterios y procedimientos para el OT y la asignación de recursos. Se incluyen la política de uso de la tierra, la coordinación de instituciones involucradas en el uso de la tierra y su legislación.
- **Nivel regional.** Se asocia con las funciones de los gobiernos regionales. Incluye formular, aprobar, ejecutar, evaluar, dirigir, controlar y administrar los planes y políticas en materia ambiental y de OT, en correspondencia con los planes de los gobiernos locales. Se incorporan aspectos como la definición del uso del suelo, integración territorial, planificación física y ambiental.
- **Nivel local.** Envuelven consideraciones exclusivas de los gobiernos locales. Se refiere a normar la zonificación, el diseño urbano, acondicionamiento territorial e infraestructura, conformación de barrios, y la ejecución de sus planes correspondientes. Incluye, la ciudad, el municipio, el pueblo, la comunidad, los núcleos agrarios (con facultades legales para administrar sus tierras y recursos naturales), las tierras comunales (dentro de municipios), áreas protegidas (que pueden ser dentro de un municipio o abarcar varios), y comunidades que tengan facultades legales para administrar sus tierras y recursos naturales.

En México, el instrumento rector del OT es la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (DOF, 2016). Establece la concurrencia de la Federación, de las entidades federativas, los municipios y las demarcaciones territoriales para la planeación, ordenación y regulación de los asentamientos humanos en el territorio nacional. Fija los criterios, con base en sus competencias; para que exista una efectiva congruencia, coordinación y participación para la planeación de las grandes ciudades, garantizando la protección y el acceso equitativo a los espacios públicos. En la **Tabla 5.1** se encuentran algunas atribuciones para cada nivel territorial de acuerdo con la Ley.

**Tabla 5.1.** Atribuciones de acuerdo con la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano en los niveles nacional, regional y local

<b>Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano</b>	
<b>Nacional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formular y conducir la política nacional de asentamientos humanos, así como el ordenamiento territorial, en coordinación con otras dependencias de la Administración Pública Federal.</li> <li>• Formular el proyecto de estrategia nacional de ordenamiento territorial con la participación de las dependencias del Poder Ejecutivo, con las entidades federativas y los municipios.</li> <li>• Participar, en coordinación con las entidades federativas y los municipios, en la planeación y promoción de la infraestructura, equipamientos y servicios metropolitanos.</li> <li>• Expedir los lineamientos en materia de equipamiento, infraestructura, medio ambiente y vinculación con el entorno, a los que se sujetarán las acciones que se realicen en materia de uso o aprovechamiento del suelo, así como de vivienda, financiadas con recursos federales, en términos de la Ley de Vivienda.</li> </ul>
<b>Regional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las entidades federativas legislarán en materia de asentamientos humanos, desarrollo urbano y ordenamiento territorial. Incluyendo la planeación, gestión, coordinación y desarrollo de las conurbaciones y zonas metropolitanas, en sus jurisdicciones territoriales.</li> <li>• Las entidades federativas, promoverán el cumplimiento y la efectiva protección de los derechos humanos relacionados con el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos, el desarrollo urbano y la vivienda, entre otros aspectos.</li> <li>• La gestión de las zonas metropolitanas o conurbaciones se efectuará mediante una comisión de ordenamiento metropolitano o de conurbación, según se trate. La comisión estará integrada por la Federación, los estados, los municipios y las demarcaciones territoriales de la zona de que se trate, participarán en el ámbito de su competencia para cumplir con los objetivos y principios a que se refiere esta Ley.</li> <li>• Tendrán como atribuciones coordinar la formulación y aprobación de los programas metropolitanos, así como su gestión, evaluación y cumplimiento.</li> </ul>

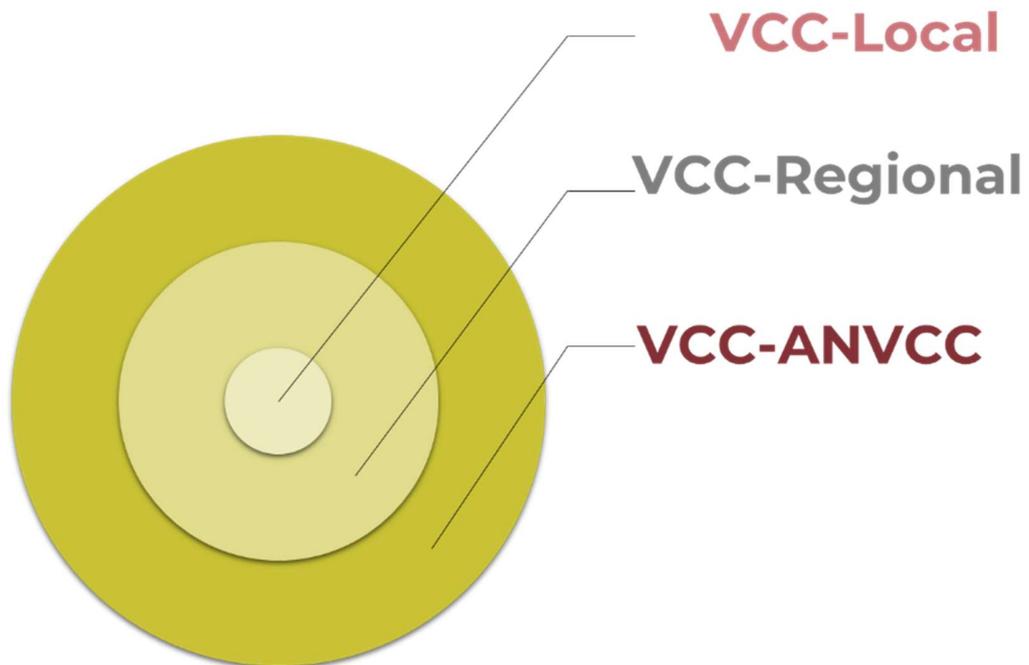
## Local

- Los municipios deberán formular, aprobar, administrar y ejecutar los planes o programas municipales de desarrollo urbano, de centros de población y los demás que de éstos deriven. Adoptarán normas o criterios de congruencia, coordinación y ajuste con otros niveles superiores de planeación, las normas oficiales mexicanas, así como evaluar y vigilar su cumplimiento.
- Regular, controlar y vigilar las Reservas, Usos del Suelo y Destinos de áreas y predios, así como las zonas de alto riesgo en los Centros de Población que se encuentren dentro del municipio. Deberán formular, aprobar y administrar la Zonificación de los Centros de Población que se encuentren dentro del municipio, en los términos previstos en los planes o programas municipales y en los demás que de estos deriven.
- Promover y ejecutar acciones, inversiones y servicios públicos para la conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población, considerando la igualdad entre hombres y mujeres y el pleno ejercicio de derechos humanos.
- Participar en la planeación y regulación de las zonas metropolitanas y conurbaciones, en los términos de esta Ley y de la legislación local, para lo cual deberán realizar convenios de asociación con otros municipios, estados y con la Federación.

Fuente: SEDATU (2016).

El ordenamiento territorial encierra una problemática transversal en los tres niveles de gobierno, que al igual que el cambio climático es multiescalar. La vulnerabilidad al cambio climático diferenciada contribuye a una mejor planeación territorial, ya que está construida con una visión territorial integrando diversos elementos y la interacción de éstos en un espacio geográfico.

Los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático se pueden relacionar con los instrumentos de política del OT a diferentes niveles, y contribuir a estos instrumentos en el contexto de cambio climático. Desde lo nacional, donde se fortalecen y diseñan leyes, esquemas de medidas y acciones, hasta los niveles regionales y locales donde se implementan y hay una incidencia directa en el territorio.



**Figura 5.1.** Representación de los diferentes niveles de vulnerabilidad al cambio climático y su relación con el ordenamiento territorial. Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 5.2** se presenta la relación entre los diferentes instrumentos de OT y la posible contribución de la vulnerabilidad al cambio climático de manera multinivel.

**Tabla 5.2.** Instrumentos de planeación territorial y vulnerabilidad al cambio climático

Ordenamiento Territorial	Vulnerabilidad al Cambio Climático
<b>Nacional</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>— <b>Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU).</b></li> <li>— <b>Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2020-2024 (PNOTDU).</b></li> <li>— <b>Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial (ENOT).</b></li> <li>— <b>Atlas Nacional de Riesgos.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorporar la vulnerabilidad al cambio climático evaluada en el ANVCC en los diferentes instrumentos para disminuir los efectos del cambio climático.</li> <li>• Formulación, considerando la identificación de los municipios vulnerables al cambio climático ranqueados a nivel nacional, con base en el ANVCC.</li> <li>• Planeaciones enfocadas a las recomendaciones generales con base en el ANVCC.</li> <li>• Expedir lineamientos en uso de suelo, infraestructura o movilidad, incorporando la vulnerabilidad al cambio climático de acuerdo con el ANVCC.</li> <li>• Información complementaria para el Atlas Nacional de Riesgos.</li> </ul>

## Regional

— Programa Estatal de Ordenamiento Ecológico Territorial (POET).

— Atlas Estatal de Riesgo (AR).

— Planes o Programas de Desarrollo Urbano (PDU).

— Reglamento de Construcción (RC).

— Plan o Programa Estatal de Movilidad (PM).

- Planeación, gestión, coordinación y desarrollo de los estados y regiones con base en los resultados de la vulnerabilidad al cambio climático regional.
- Incorporan aspectos de vulnerabilidad al cambio climático regional o estatal, para la definición del uso del suelo, integración territorial, planificación física y ambiental.
- Incluir resultados regionales y/o estatales de vulnerabilidad para incorporarlo en los planes de movilidad y desarrollo urbano.
- Incorporar como información adicional la vulnerabilidad al cambio climático regional/estatal en los reglamentos de construcción, para disminuir la vulnerabilidad de la población y la infraestructura.
- Información complementaria para el Atlas de Riesgos Estatal.
- Incorporar recomendaciones en beneficio de toda la región. Por ejemplo, identificar zonas que requieran aumentar los Pagos por Servicios Ambientales o Áreas Naturales Protegidas dentro de una cuenca, para disminuir la vulnerabilidad de los asentamientos humanos ante amenazas climáticas prioritarias en la zona.
- Reubicación de asentamientos humanos en la región, con base en los resultados de la vulnerabilidad al cambio climático y el Atlas Estatal/Municipal de Riesgos.
- Crear sistemas de alerta temprana regionales con base en los resultados de la vulnerabilidad al cambio climático y de riesgo regional.

Local	
<p>— <b>Programa de Ordenamiento Ecológico Local y Desarrollo Urbano (POEL).</b></p> <p>— <b>Atlas Local de Riesgo (AR).</b></p> <p>— <b>Reglamento de Construcción (RC).</b></p> <p>— <b>Programa o Plan Municipal de Movilidad (transporte eficiente y sustentable, público y privado) (PMM).</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formular y ejecutar los planes o programas municipales de desarrollo urbano, de centros de población considerando la vulnerabilidad al cambio climático local.</li> <li>• Regular, controlar y vigilar los asentamientos humanos, con base en la identificación de zonas de vulnerabilidad al cambio climático local y de riesgo.</li> <li>• Integrar criterios de vulnerabilidad al cambio climático local para cambio de uso de suelo.</li> <li>• Fortalecer las áreas naturales, con base en recomendaciones locales para disminuir la vulnerabilidad al cambio climático local.</li> <li>• Planear e implementar acciones para mejorar la movilidad local y prevenir posibles afectaciones, con base en la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático local.</li> <li>• Reubicación de asentamientos humanos a nivel local con base en los resultados de la vulnerabilidad al cambio climático local y el Atlas Municipal de Riesgos.</li> <li>• Crear sistemas de alerta temprana regionales con base en los resultados de la vulnerabilidad al cambio climático y de riesgos locales.</li> </ul>

En México se tiene una serie de instrumentos de la política de ordenamiento del territorio, donde los resultados del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático se podrían integrar, para cumplir con sus mandatos y fortaleciendo su (**Tabla 5.3**).

**Tabla 5.3.** Ejemplos de aportación y fortalecimiento en instrumentos específicos para el ordenamiento territorial

Instrumento	Contenido	Incidencia
<p><b>Ley General De Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. Última reforma publicada DOF 01-06-2021 (DOF, 2016)</b></p>	<p>– Artículo 6. Causas de utilidad pública:</p> <p>IX. La atención de situaciones de emergencia debidas al cambio climático y fenómenos naturales, y</p> <p>X. La delimitación de zonas de riesgo y el establecimiento de polígonos de protección, amortiguamiento y salvaguarda para garantizar la seguridad de las personas y de las instalaciones estratégicas de seguridad nacional.</p> <p>– Artículo 34. Son de interés metropolitano:</p> <p>X. La prevención, mitigación y Resiliencia ante los riesgos y los efectos del cambio climático;</p> <p>Artículo 37. Los programas de las zonas metropolitanas o conurbaciones deberán tener:</p> <p>Estrategias y proyectos para el desarrollo integral de la Zona Metropolitana o Conurbación, que articulen los distintos ordenamientos, planes o programas de desarrollo social, económico,</p>	<p>En esta Ley no se integra directamente el término de vulnerabilidad al cambio climático, sino que se define una vulnerabilidad social. En este sentido, la VCC puede abonar en los aspectos de cambio climático, ya que se mencionan “efectos de cambio climático”, pero no se incluyen. Con la evaluación de a VCC se podrían identificar los municipios que son afectados por inundaciones y deslaves, y fortalecer las capacidades institucionales de prevención, a través de las recomendaciones dadas.</p> <p>La evaluación de la vulnerabilidad impulsará medidas efectivas de adaptación al identificar los municipios con vulnerabilidad de asentamientos humanos ante inundaciones y deslaves.</p>

	<p>urbano, turístico, ambiental y de cambio climático que impactan en su territorio;</p> <p>– Artículo 101. La Federación, las entidades federativas, los municipios y las Demarcaciones Territoriales, sujetos a disponibilidad presupuestaria, fomentarán la coordinación y la concertación de acciones e inversiones entre los sectores público, social y privado para:</p> <p>XII. La aplicación de tecnologías que preserven y restauren el equilibrio ecológico, protejan al ambiente, impulsen las acciones de adaptación y mitigación al cambio climático, reduzcan los costos y mejoren la calidad de la urbanización;</p>	
<p><b>Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (PNOTDU) 2021-2024</b></p>	<p>– Estrategia prioritaria 6.4 Mejorar las capacidades adaptativas del territorio ante el cambio climático, para disminuir la vulnerabilidad de la sociedad y de los ecosistemas ante sus efectos.</p> <p>6.4.5 Considerar los diagnósticos de vulnerabilidad al cambio climático para sustentar</p>	<p>Los resultados del ANVCC, son la aportación directa para el diagnóstico de la vulnerabilidad al cambio climático. Se puede realizar un diagnóstico de capacidades adaptativas (institucionales) en la materia de VCC y así mejorarlas, para hacer frente a las diferentes problemáticas.</p>

	<p>con información técnico-científica la emisión de normas y lineamientos en materia de resiliencia territorial y adaptación ante los efectos del cambio climático.</p>																																
<p><b>Atlas de Riesgos (CENAPRED, s.f.)</b></p>	<p>Son instrumentos que permiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocer la frecuencia e intensidad de los peligros en el territorio.</li> <li>- Identificar los procesos físicos y sociales que genera el riesgo.</li> <li>- Orientar los planes de desarrollo urbano.</li> <li>- Dentro del ordenamiento territorial se integra la evaluación del riesgo como elemento de planeación del territorio.</li> </ul>	<p>Se puede integrar los resultados del ANVCC, como información complementaria a la de riesgos. Ambos Atlas están enmarcados en diferentes niveles, el Atlas de riesgos a nivel local y el de VCC a un nivel nacional. Sin embargo, como ya se expuso el ANVCC puede incidir de manera local, por lo tanto, dichos resultados se pueden interceptar con la evaluación de riesgos para poder proporcionar mayor información.</p> <p style="text-align: center;"><b>Propuesta de integración de los niveles de riesgo y VCC</b></p> <table border="1" data-bbox="911 1261 1345 1464"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2"></th> <th colspan="4">Clasificación de riesgo de desastre</th> </tr> <tr> <th>Baja</th> <th>Media</th> <th>Alta</th> <th>Muy alta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th rowspan="4">Clasificación vulnerabilidad al cambio climático</th> <th>Baja</th> <td>Baja</td> <td>Media</td> <td>Media</td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <th>Media</th> <td>Media</td> <td>Media</td> <td>Alta</td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <th>Alta</th> <td>Media</td> <td>Alta</td> <td>Alta</td> <td>Muy alta</td> </tr> <tr> <th>Muy alta</th> <td>Alta</td> <td>Alta</td> <td>Muy alta</td> <td>Muy alta</td> </tr> </tbody> </table>			Clasificación de riesgo de desastre				Baja	Media	Alta	Muy alta	Clasificación vulnerabilidad al cambio climático	Baja	Baja	Media	Media	Alta	Media	Media	Media	Alta	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta
		Clasificación de riesgo de desastre																															
		Baja	Media	Alta	Muy alta																												
Clasificación vulnerabilidad al cambio climático	Baja	Baja	Media	Media	Alta																												
	Media	Media	Media	Alta	Alta																												
	Alta	Media	Alta	Alta	Muy alta																												
	Muy alta	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta																												
<p><b>Manifestación de Impacto ambiental (MIA) (SEMARNAT, 2021)</b></p>	<p>Estrictamente no es un instrumento de ordenamiento territorial, pero su aprobación no implica un cambio de uso de suelo y de actividades.</p> <p>No se integra un elemento de cambio climático ni de vulnerabilidad al cambio climático.</p>	<p>Es necesario que las MIAs integren elementos de evaluación de la vulnerabilidad actual y futura, ya que los proyectos que se solicitan modifican parte del territorio, y cambian el uso de suelo. Lo anterior, debido a que los proyectos son a visión de corto y largo plazo.</p> <p>La aprobación de los proyectos estaría en fusión de los efectos</p>																															

		actuales y futuros que se tendrían en el sitio, y las recomendaciones propuestas.
<b>Plan de Acción de Manejo Integral (PAMICC) (SEMARNAT-FMCN, 2017)</b>	<p>Es un instrumento de gestión que sirve para implementar acciones en áreas prioritarias de las cuencas, y elaborado para la planeación territorial. Estas acciones están orientadas a la conservación de los elementos clave del territorio, los cuales intervienen en la provisión de servicios ambientales hidrológicos y contribuyen a mantener su funcionalidad.</p>	<p>Los resultados actuales del ANVCC podrían contribuir en la priorización territorial para la focalización de intervención de la cuenca.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Priorización territorial para actividades de conservación: Incluyendo el grado de vulnerabilidad en inundaciones y asentamientos humanos, con susceptibilidad baja en las condiciones de vegetación en la cuenca.</li> <li>2. Priorización territorial para actividades de restauración: En los municipios con vulnerabilidad media y alta en asentamientos humanos a deslaves e inundaciones, con una mayor susceptibilidad en la vegetación de la cuenca.</li> <li>3. Priorización territorial para la adecuación de prácticas productivas: Tomando en cuenta la vulnerabilidad alta y muy en la producción ganadera ante inundaciones y estrés hídrico, y la producción forrajera ante estrés hídrico.</li> </ol>

Para el fortalecimiento de la implementación de los diferentes instrumentos de ordenamiento territorial, la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático podría aportar de la siguiente manera:

- En el diagnóstico del territorio ante las amenazas climáticas de inundaciones, deslaves y estrés hídrico, e incluso de aumento de temperatura para la distribución potencial del dengue. Indicando el grado de vulnerabilidad del territorio en cuestión.
- Por medio de las recomendaciones, como una guía para la implementación de acciones ante las problemáticas identificadas y de diagnóstico de las capacidades institucionales de los municipios, para la planeación del territorio.

- Como información complementaria, por ejemplo, en los Atlas de Riesgos, para integrar el contexto de cambio climático.

## 6. DISCUSIÓN

Como bien lo menciona Feito (2007), se mostró que la vulnerabilidad es un término que se puede utilizar en diferentes sentidos, dependiendo del marco de aproximación conceptual de la evaluación y los objetivos del esfuerzo analítico, que se traduce en acciones en el territorio. A pesar de las diferencias para abordar el tema de vulnerabilidad, el eje toral del concepto integra aspectos geográficos, culturales, político-económicos y físicos (Adger, 2006; GIZ, 2016). Ante estos elementos, la vulnerabilidad no será la misma ante condiciones iguales, es decir, su evaluación es diferencial, lo que permite identificar entidades y espacios prioritarios de atención. Es importante reconocer que la vulnerabilidad al cambio climático no es absoluta en un contexto de definición, tiene múltiples dimensiones y como consecuencia los resultados pueden expresar un cierto sesgo (Wilches-Chaux, 1989). Este último dependiente del perfil de los y las personas que diseñan el esquema de vulnerabilidad, la disponibilidad de datos, las capacidades para generar información y el objetivo a atender.

Implementar un enfoque u otro en las evaluaciones de vulnerabilidad, no definirá si la evaluación es correcta o incorrecta, hay múltiples posibilidades que se deben de dirigir a un objetivo común. Los esfuerzos deben dirigirse a construir un consenso de cuál enfoque se tomará para cumplir con los objetivos previstos, más que el alimentar la barrera de tener una definición universal para vulnerabilidad. Lo que es un hecho es que dentro de los diferentes enfoques de la vulnerabilidad (Luers, 2005; Adger, 2006; Eakin y Luers, 2006; O'Brien et al. 2007; Füssel, 2007; Joakima, Mortscha y Oulahenb, 2015; Oliver-Smith et al. 2016), se pueden identificar tres preguntas comunes a responder: a) quién o qué es vulnerable, b) por qué lo es, y c) en qué lugar se expresa esa vulnerabilidad (Turner et al., 2003; Downing y Patwardhan, 2005; Bocco, 2019), lo que en su conjunto se define como las causas subyacentes de la vulnerabilidad al cambio climático.

En este sentido, en esta investigación se identificaron dos enfoques utilizados y consensados en la literatura internacional; son los propuestos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático los definidos en su cuarto (EAR4) y quinto reporte (EAR5), (IPCC, 2007; IPCC, 2014a). La disyuntiva se centra en la elección del enfoque. Como lo menciona Ishtiaque, (2022), el EAR5 no es el más objetivo para evaluar una vulnerabilidad, porque se toma a la vulnerabilidad como preexistente e independiente si hay cambio climático o no, y está más enfocada a riesgo. Mientras que para el ANVCC se seleccionó como base el EAR4, por la posibilidad de aislar la señal climática dada por las variables climáticas con datos históricos y proyectados por los modelos climáticos de circulación general, como lo menciona Jurgilevich et al., (2017). Incluso se ha adoptado en los instrumentos rectores de la política nacional mexicana en materia de cambio climático, como la Ley General de Cambio Climático (LGCC), la Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40 (SEMARNAT-INECC, 2015), y el

Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024. Es claro que, el enfoque que se adopte para evaluar la vulnerabilidad debe ser funcional y consistente, con un marco conceptual bien estructurado, de otro modo posiblemente se subestime o sobreestime la vulnerabilidad (Lavell et al., 2012).

Aunque el IPCC, ya no utiliza el enfoque AR4, su aplicación en el ámbito académico y de gobierno es común porque integra la componente climática de manera directa, apoyando la formulación de la vulnerabilidad en sus tres componentes (Metzger et al., 2006; Lung et al., 2013; Kumar et al., 2016; Schilling et al., 2020).

Con base en las investigaciones desarrolladas sobre vulnerabilidad en todos los enfoques (Blaikie et al. 1994; Luers 2005; Oliver-Smith et al. 2016), en esta investigación se reconocieron los elementos básicos para la evaluación de la vulnerabilidad a través de un enfoque integral y diferencial, como son: 1) definición del marco conceptual de la vulnerabilidad (enfoque), 2) ¿qué se evalúa?, 3) ¿cuál es la amenaza climática específica que afecta al objeto vulnerable?, 4) ¿por qué el objeto es vulnerable y a qué lo es?, 5) ¿cuál es el nivel territorial donde el objeto vulnerable interactúa (dinámica territorial)?, 6) la temporalidad de las evaluaciones: actual y/o futura, 7) diseño de recomendaciones y propuesta de medidas efectivas de adaptación.

Esta ruta metodológica puede ser utilizada en diversos niveles (nacional, regional y local) con modificaciones dependientes del contexto a evaluar. Sin duda, la aplicación de esta metodología representa un reto dada su naturaleza de especificidad, porque cada vulnerabilidad concentra elementos distintos -ninguna vulnerabilidad es igual. Sin embargo esta aproximación proporciona información relevante y brinda un puente de colaboración interinstitucional, ya que integra diversas fuentes de información. Martínez et al., (2008); Moreno y Becken, (2009); Bruno et al., (2012); Fellmann, (2012); GIZ, (2014); Fakhruddin et al., (2015) y Eguiguren-Velepucha et al., (2016), enfatizaron el hecho de contar con participación de diversos expertos, lo cual, se comprobó en el desarrollo de esta metodología. Un ejemplo de ello fue la colaboración de expertos de diversas instituciones en los talleres realizados para identificar las problemáticas nacionales. Uno más fue la consolidación de cada una de las vulnerabilidades, a través de las colaboraciones con grupos de especialistas en cada materia, en menor o mayor medida, de CENAPRED, CONAGUA y SADER (INECC, 2019).

Es preciso señalar que en México se han desarrollado diversas investigaciones (Conde et al. 1997, Conde et al. 2000; de la Lanza et al. 2011; Ramírez León y Torres Bejarano, 2011; Rodríguez y Bozada, 2011; Bohórquez, 2013; Monterroso et al., 2014; Zerecero-Salazar et al. 2015; Bolongaro et al., 2016; Núñez et al. 2016; Soares y Sandoval-Ayala, 2016; Ramírez et al. 2017) que integran la evaluación de la vulnerabilidad como punto de partida; que junto con los Atlas temáticos como los de vulnerabilidad hídrica del IMTA (2015) y el de vulnerabilidad y adaptación de Monterroso (2014), pero con limitada capacidad de trascender más allá de publicaciones institucionales. Tal vez no es posible afirmar porqué estas publicaciones no han trascendido a nivel institucional y de implementación territorial. Lo que se muestra es que, en su momento, no hubo una vinculación entre la investigación, las políticas públicas y la toma de decisiones.

Adicionando una falta de comprensión y capacitación en temas de cambio climático y de vulnerabilidad al cambio climático. Y que, para ese momento, los compromisos nacionales eran otros, no estaban enfocados explícitamente en el proceso de la adaptación, más bien, dirigidos a la mitigación del cambio climático (SEMARNAT-INECC, 2018).

El ANVCC ha superado la barrera al poder incidir en los instrumentos institucionales nacionales de México. Impulsado a nivel institucional, en aras de mostrar el avance de México en adaptación al cambio climático, y de la aplicación de una metodología robusta y consistente, con una esencia científica. Se han integrado sus resultados dentro de los instrumentos nacionales en materia de cambio climático como el indicador del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT), en el Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024 (PECC) y en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas 2020-2024 (NDC); a través de una clasificación para identificar los municipios más vulnerables con base en las problemáticas de esta primera etapa del ANVCC.

La clasificación de los municipios más vulnerables ha sido un tema discutido, ya que, ante la preocupación por integrar la marginación o pobreza, se ha tratado de empatar estos resultados. Esperando siempre esa relación de muy alta vulnerabilidad al cambio climático con un muy alto grado de pobreza y/o marginación, lo cual no siempre se cumple. Tan sólo de los 273 municipios vulnerables, el 9% tienen un muy alto grado de marginación, el 20% alto, el 19% medio, el 25% bajo y el 27% muy bajo (INECC, 2021a). Esta diferencia se debe, sin duda, al marco conceptual utilizado en el Atlas, donde las condiciones sociales no se integran. La información social y de vulnerabilidad al cambio climático, así como en el riesgo, se deben de integrar de manera complementaria, para fortalecer los análisis realizados. Es centrarse en la utilidad de cada información, más que cerrarse en un resultado correcto o incorrecto. Se deben de robustecer los instrumentos institucionales, tener un mismo lenguaje para que todos ellos sean consistentes. Hacer una actualización de los mismos en el contexto de cambio climático incluyendo la vulnerabilidad climática, en un marco conceptual consensuado. Proporcionando así, la no duplicación de esfuerzos, la consistencia y el fortalecimiento institucional y de sus instrumentos, en vías de afrontar las problemáticas que se tienen y tendrán en un clima cambiante.

Actualmente, está en proceso de reporte el indicador de PROMARNAT 2019-2024, para poder medir las capacidades institucionales de los municipios más vulnerables, y así revisar los avances que se han tenido (PROMARNAT 2020-2024). En el campo del riesgo de desastres, en el municipio de Cintalapa, Chiapas, se desarrolló un sistema de alerta temprana para deslaves (WRI- PNUD-SEMARNAT-INECC, 2021). La metodología del Atlas, pero adaptada a la escala local, se utilizó para identificar las zonas vulnerables dentro del municipio, tanto actuales como futuras. Complementando la información que se obtuvo con el análisis de los riesgos en el municipio. En el estado de Puebla utilizando los resultados del ANVCC a nivel estatal, se desarrolló el indicador de "Posición Nacional de la capacidad adaptativa al cambio climático". Este indicador mide la posición que ocupan las entidades respecto a los recursos humanos e institucionales,

para detonar procesos de adaptación a una problemática climática. A 2019, el estado de Puebla se posicionó en el lugar 29 siendo su meta para el 2024 estar en la posición 2024.

Es claro que, al ser una herramienta dinámica, y al seguir con un proceso no sólo de actualización de datos sino de la integración de más vulnerabilidades, la priorización de municipios también cambiaría. En su momento los instrumentos de la política pública también requerirán de la actualización. Posiblemente esta es una desventaja del Atlas; sin embargo, resulta una ventana de oportunidad que refleja la dinámica descrita en este documento. Las amenazas climáticas, la vulnerabilidad, el territorio, los objetos vulnerables y más, no son entes estáticos, por lo que las acciones y medidas ante el cambio climático y las políticas que rigen a la sociedad deben de cambiar de acuerdo con el desarrollo de todos estos elementos.

Los resultados del ANVCC fortalecen la implementación de instrumentos de ordenamiento territorial, a través del diagnóstico del territorio ante las amenazas climáticas de inundaciones, deslaves, estrés hídrico y de distribución potencial del dengue. Las recomendaciones, pueden ser una guía para la implementación de acciones ante las problemáticas identificadas. Como un diagnóstico de las capacidades institucionales de los municipios y de sus instrumentos rectores para la planeación del territorio. Además de complementar la información, por ejemplo, en los Atlas de Riesgo, para integrar el contexto de cambio climático. De este último punto, en una búsqueda de Atlas internacionales que evaluaran la vulnerabilidad al cambio climático, ante el bajo número de documentos encontrados, se identificó que un análisis de riesgo tiene mayor prioridad.

Ante este hecho, se reconoce que el incorporar la dimensión de la evaluación de riesgo de desastre en la vulnerabilidad al cambio climático presenta un reto que se debe de atender. Representa la frontera del desarrollo de nuevas metodologías en la materia; el conciliar las probabilidades de ocurrencia de las amenazas con respecto a las incertidumbres de las proyecciones de cambio climático. Por el momento el mantener independientes, paralelos y complementarias los conceptos de riesgo y vulnerabilidad al cambio climático, se considera una manera correcta para aportar información en la toma de decisiones en la materia. Mantenido siempre una visión abierta a la evolución de la vulnerabilidad y el cambio climático.

El aporte de esta investigación se centra en la propuesta de la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático a nivel general del territorio expresada en el ANVCC, la cual es susceptible de modificar para realizar evaluaciones a diferentes niveles (global, regional y local) y escalas. Los resultados de esta evaluación técnica-analítica de la vulnerabilidad están aportando información sustantiva para la toma de decisiones, a través de los instrumentos de política pública del país; y de acuerdo con Ford y Smith (2004), se pueden desarrollar estrategias de adaptación, incluyendo el desarrollo de políticas y programas para su reducción.

Estos resultados contribuyen a consolidar el vínculo entre la investigación y la implementación en la administración pública, lo cual siempre ha sido un problema de

frontera, ya que estos ámbitos si bien pueden tener un objetivo común poseen perspectivas diferentes. Es necesario reforzar la parte de investigación, si se pretende conducir a mejorar el diseño y la implementación de medidas de adaptación ante los impactos del cambio climático. De esta manera, como lo mencionan Malone y Engle (2011) y GIZ (2016), se puede iniciar un dialogo con los tomadores de decisiones y/o las partes interesadas sobre el cambio climático y los problemas de vulnerabilidad.

## 7. CONCLUSIONES

La vulnerabilidad al cambio climático resulta ser un tema de frontera, ya que no hay una única forma de integrar su evaluación. Por lo tanto, aquí se evaluó la vulnerabilidad diferencial al cambio climático y se integró en instrumentos de planeación territorial para la toma de decisiones a diferentes niveles, logrando así los objetivos generales y particulares de esta investigación. Se desarrolló una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático, implementando la metodología en el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático, como instrumento de política pública. Se propusieron modificaciones a la metodología para que pueda ser integrada en niveles regionales y locales, además del nacional. Finalmente, de manera empírica se propuso una manera de fortalecer instrumentos de ordenamiento territorial con la vulnerabilidad al cambio climático.

Queda entendido que, el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático es el puente que enlaza los aspectos de investigación con las políticas públicas. Del trabajo desarrollado se desprenden las siguientes conclusiones:

- Es necesario identificar la vulnerabilidad ante el cambio climático para poder definir las estrategias de adaptación, ya que la vulnerabilidad dará la pauta para conocer quién o qué es vulnerable, a qué es vulnerable, por qué se es vulnerable, y dónde se ubica esa vulnerabilidad.
- No hay una definición universal de vulnerabilidad, por lo tanto, se debe de consensuar el enfoque a utilizar como marco conceptual.
- El integrar un enfoque territorial en la evaluación de la vulnerabilidad, permite describir todas las interacciones que inciden en ésta, a diferentes niveles.
- El enfoque del IPCC (2007) es el más adecuado para evaluar una vulnerabilidad diferencial y específica, por la desagregación en sus tres componentes. Así como la incorporación de escenarios de cambio climático.
- El enfoque de especificidad permite comparar y analizar las capacidades institucionales y fortalecerlas, a través de recomendaciones derivadas de la evaluación.
- La evaluación de la vulnerabilidad se puede realizar en múltiples niveles, con adecuaciones metodológicas adecuadas para los niveles regional y local.
- En la VCC a nivel local, el conocimiento de la comunidad es prioritario para poder determinar elementos en la evaluación. Ellos son quienes conocen las características del sitio y las necesidades, y por lo tanto pueden avalar o rechazar un resultado, una recomendación o una acción.
- Es preciso desarrollar mayores instrumentos para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático, para fortalecer las metodologías, con base en la experiencia.

- Los resultados de la evaluación de la VCC se pueden relacionar con los instrumentos de política del OT a diferentes niveles, y por tanto contribuir en estos instrumentos en el contexto de cambio climático.
- Con la evaluación de la vulnerabilidad se fortalecen instrumentos institucionales enfocados en el ordenamiento territorial en tres aspectos: 1) como parte de un diagnóstico, 2) con las recomendaciones al identificar las necesidades que se requieren en la planeación territorial y 3) como complemento de información de otros instrumentos, como los Atlas de riesgos.

El ANVCC, posee ventajas y desventajas en su metodología, ya que ningún instrumento tiene la metodología ideal y resultados absolutos. Los usuarios deben ser conscientes de que este tipo de herramientas proporcionan información valiosa, pero también cuentan con limitaciones, que se deben considerar al momento de tomar algún tipo de decisión. El esfuerzo es un parteaguas en la evaluación de la vulnerabilidad en el contexto de cambio climático. La metodología aquí establecida es una primera aproximación al problema de evaluación al cambio climático en México, pero es indispensable seguir desarrollando investigaciones que permitan fortalecer la estrategia de evaluación propuesta, ya que cada evaluación es un tema complejo y diferenciado.

Las ventajas que posee el ANVCC son:

- El Atlas está diseñado para los tomadores de decisiones, pero puede ser utilizado por otros usuarios.
- Es una herramienta que contribuye a la colaboración interinstitucional y multidisciplinaria, dadas las múltiples problemáticas.
- Proporciona información desagregada por variables, identificando qué variable tiene mayor aportación en cada componente, y en la vulnerabilidad.
- Las fuentes de información son oficiales y públicas, y puede ser actualizable.
- Los resultados no están sesgados hacia la marginación social o la pobreza, por ejemplo, lo que garantiza la influencia del cambio climático.
- La vulnerabilidad es diferenciada, se puede responder quién es vulnerable, a qué y dónde lo es.
- Permite definir las tres componentes de manera diferenciadas.
- No hay variables redundantes.
- Tiene como punto de partida la influencia de amenazas climáticas, lo que garantiza analizar el clima observado y el futuro.
- El método multicriterio es simple y fácil de integrar.
- Ante la ausencia de expertos e información que puedan definir la importancia de cada variable, se proporcionan pesos iguales a las variables.
- Con el enfoque territorial, se define el espacio de desarrollo específico de cada problemática y la interacción con diferentes elementos de influencia.
- No se permite la redundancia de las variables.
- La componente de exposición incluye sólo variables climáticas, lo cual proporciona consistencia física a la variable. Se incluyen escenarios de cambio climático.

- La componente de sensibilidad está compuesta por la interacción de variables socioeconómicas, físicas y ambientales. Se identifican indicadores relevantes para la problemática.
- El componente de capacidad adaptativa se relaciona con los indicadores de sensibilidad, para poder disminuir la susceptibilidad del objeto vulnerable.
- Es posible generar recomendaciones específicas; y evaluar y monitorear las capacidades institucionales ante las problemáticas específicas.
- Las recomendaciones se pueden utilizar en la toma de decisiones.

Entre sus limitaciones se reconocen:

- Los resultados sólo son a nivel estatal, no proporciona información local.
- La falta de información influye en el diseño de la vulnerabilidad: selección de criterios y variables.
- La vulnerabilidad futura sólo depende de la componente de exposición, y no se pueden integrar proyecciones en otro tipo de variables.
- El IPCC, ya no utiliza este marco conceptual para la evaluación de la vulnerabilidad.
- Las evaluaciones están limitadas a temas específicos y no es posible abarcar todas las problemáticas.
- El desarrollo de indicadores de exposición está acotado a la disponibilidad de información climática y la resolución espacial. Sólo se utilizan variables de temperatura y precipitación con resultados mensuales y anuales, y sus proyecciones futuras.
- La componente de sensibilidad no es dinámica y no refleja la realidad en su totalidad.
- La componente de capacidad adaptativa, únicamente se enfoca en instrumentos institucionales. No es posible medir e incluir la eficiencia de los instrumentos identificados, es decir, si éstos han sido o son útiles.
- El número de variables se debe limitar, ya que su influencia va disminuyendo al aumentar la cantidad de variables e indicadores. Es posible que se subestime la importancia de los indicadores.
- Las recomendaciones pueden ser poco significativas a niveles locales.
- No se mide la factibilidad de las recomendaciones, por lo tanto, no es posible identificar su utilidad en la implementación.

El ANVCC es una herramienta sencilla, metodológicamente transparente, y útil para distintos usuarios, por lo que su sentido es más que académico. Se trata de ir más allá de un ejercicio de investigación sin perder su rigor metodológico, pero siempre considerando un lenguaje simple de comunicación. Con ventajas y desventajas el Atlas es la primera herramienta que integra la vulnerabilidad al cambio climático diferenciada territorialmente. Adicionando recomendaciones específicas a nivel nacional en México, con el objetivo del fortalecimiento de la política pública de atención al cambio climático en los tres órdenes de gobierno.

En vías de mejorar la metodología propuesta en los diferentes niveles, es necesario continuar con el desarrollo de más casos de vulnerabilidad, y tratar de responder, si la implementación de las recomendaciones es factible o no, qué tanto se ha avanzado con respecto a las capacidades institucionales. Cómo es que los instrumentos de política pública o indicadores desarrollados se modifican con las actualizaciones de los resultados. Son temas abiertos que se podrán responder en con la evolución del ANVCC.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADB-WHO (Asian Development Bank and World Health Organization). 2013. Managing Regional Public Goods for Health Community-Based Dengue Vector Control. 82 pp.
- Adger W.N. 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change*. (16): 268–281
- Adger WN, Brown I, Surminski S. 2018 Advances in risk assessment for climate change adaptation policy. *Phil. Trans. R. Soc. A* 376: 20180106. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2018.0106>
- Adger W N, Dessai S, Goulden M, Hulme M, Lorenzoni I. et al. 2009. Are there social limits to adaptation to climate change? *Clim. Change* 93 335–54
- Aguilar IA, Armando Sánchez Vargas, y Benjamín Martínez López. 2013. Economic Impacts of Climate Change on Two Mexican Coastal Fisheries: Implications for Food Security. *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, Vol. 7, 2013-36. <http://dx.doi.org/10.5018/economicsejournal.ja.2013-36>
- Alambari, M.A., Al-Ansari, N., Jasim, H.K. y Knutsson, S. 2014. Modeling Landfill Suitability Based on GIS and Multicriteria Decision Analysis: Case Study in Al-Mahaweelqadaa. *Natural Science*, 6: 828-851.
- Arce R., R. 2013. Ordenamiento Territorial y Cambio Climático. Metodología para incorporar Cambio Climático y Gestión del Riesgo de Desastres en procesos de OT. GIZ. Serie Manuales de Capacitación Programa “Adaptación de la agricultura y del aprovechamiento de aguas de la agricultura al cambio climático en los Andes - Programa AACC 2010-2013. BN: 12.2005.2131.51. 184 pp.
- Ayers J. y Tim Forsyth. 2009. Community-Based Adaptation to Climate Change, *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 51:4, 22-31, DOI: 10.3200/ENV.51.4.22-31
- Bardosh KL, Ryan SJ, Ebi K, Welburn S, Singer B. 2017. Addressing vulnerability, building resilience: community-based adaptation to vector-borne diseases in the context of global change. *Infect Dis Poverty*. Dec 11;6(1):166. doi: 10.1186/s40249-017-0375-2.
- Barfod, M. B., y Leleur, S. (Eds.). 2014. Multicriteria decision analysis for use in transport decision making. (2 ed.) DTU Lyngby: Technical University of Denmark, Transport. 76 pp.
- Barreto J. 2012. El papel de las evidencias científicas y las políticas: Una toma de decisiones a nivel local. Trabajo presentado en CRICS 9 el 22 de octubre del 2012. Washington, D. C.
- Barriopedro D, E.M. Fischer, J. Luterbacher, R.M. Trigo, y R. García-Herrera. 2011. The hot summer of 2010: redrawing the temperature record map of Europe. *Science*, 332(6026), 220-224.
- Bedoya R, E. y Guzmán L., S. 2014. Modelos territoriales estudio de caso región centro occidente. No. 39, julio-diciembre 2014. Luna Azul ISSN 1909-2474.

- Beggs, P.J. 2010. Adaptation to impacts of climate change on aeroallergens and allergic respiratory diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(8), 3006-3021.
- BID-INECC (Banco Interamericano de Desarrollo, Instituto Nacional de Ecología y cambio Climático). 2019. Marco analítico y guía para la planeación ante el cambio climático y tecnologías ecológicamente racionales. 357 pp
- Black, R., et al. 2010. *Adapting to Climate Change: A Risk-based Guide for Local Governments*, October. Vol.1. 1 pp.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., y Wisner, B. 1994. *At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. London: Routledge.
- BM (Banco Mundial). 2022. Datos de población. Recuperado de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL.MA.IN>
- Bocco G. 2019. Vulnerabilidad, adaptación y resiliencia sociales frente al riesgo ambiental. *Teorías subyacentes. Investigaciones Geográficas*, Instituto de Geografía-UNAM No 100. DOI: [dx.doi.org/10.14350/rig.60024](https://doi.org/10.14350/rig.60024)
- Bohórquez, Thomas Javier Enrique. 2013. Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (Colima): Un aporte de método. *Investigaciones geográficas*, (81), 79-93.
- Bolongaro, R.A., A.Z. Márquez, V. Torres, M. Anglés, O. Gutiérrez y M.I. Márquez. 2016. Diagnóstico de la vulnerabilidad ante el cambio climático del destino turístico de Monterrey, Nuevo León. En: Bolongaro Crevenna Recaséns A. (coord.). *Estudio de vulnerabilidad al cambio climático en diez destinos turísticos seleccionados. Informe Técnico Proyecto 238980. Fondo Sectorial para la Investigación en Desarrollo y la Innovación Tecnológica en Turismo CONACYT-SECTUR*. México: Academia Nacional de Investigación y Desarrollo A.C. 286 pp.
- Brunkard, J., Cifuentes, E. y Rothenberg, S. 2008. Assessing the roles of temperature, precipitation, and ENSO in dengue re-emergence on the Texas-Mexico border region. *Salud Publica de México*. 227-234. 50 pp
- Bruno, S.M., A.S. Gagnon and R. M. Doherty. 2012. Conceptual elements of climate change vulnerability assessments: a review. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*. 4(1): 6-35
- Burke, M., González, F., Baylis, P. et al. 2018. Higher temperatures increase suicide rates in the United States and Mexico. *Nature Clim Change*. (8):723-729. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0222-x>
- Cardona O D, van Aalst M K, Birkmann J, Fordham M, McGregor G, Perez R, Pulwarty R S, Schipper E L F and Sinh B T. 2012. Determinants of risk: exposure and vulnerability. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation a Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* eds C B Field et al (Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press) pp 65-108
- CARE. 2010. *Community-Based Adaptation Tool-kit*. [http://www.careclimatechange.org/files/toolkit/CARE\\_CBA\\_Toolkit.pdf](http://www.careclimatechange.org/files/toolkit/CARE_CBA_Toolkit.pdf)
- Carrillo B, JA. 2019. ¿Por qué está fallando la política nacional de cambio climático? *Derecho en Acción*. CIDE-CONACYT. Recuperado de <https://derechoenaccion.cide.edu/por-que-esta-fallando-la-politica-nacional-de-cambio-climatico/>

- CENAPRED. 2004. Fascículo Inundaciones. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Ciudad de México. México. Centro Nacional de Prevención de Desastres, México. 56 pp.
- CENAPRED. s.f. Atlas de Riesgos. Recuperado de <https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/297-INFOGRAFAATLASDERIESGOS.PDF>
- CENAPRECE. 2015. 4.-Refugios Temporales. In Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (Ed.), Manual de Atención a la Salud ante Desastres (p. 106). México: Secretaría de Salud. Retrieved from <http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/emergencias/descargas/pdf/ManualRefugiosTemporales.pdf>
- CEPAL. 2008. Tabasco: características e impacto socioeconómico de las inundaciones provocadas a finales de octubre y a comienzos de noviembre de 2007 por el frente frío número 4.
- CEPAL. 2009. Guía metodológica. Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. Documento preparado por Andrés Schuschny y Humberto Soto. Colección Documentos de proyectos. 109 p.
- CONANP. 2010. Pago Por Servicios Ambientales en Áreas Naturales Protegidas <https://www.gob.mx/conanp/documentos/pago-por-servicios-ambientales-en-areas-naturales-protegidas>
- CONANP-PNUD. 2021. Herramienta para la elaboración de Programas de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas, Segunda Edición. México. Recuperado de [https://www.conanp.gob.mx/cambioclimatico/PACC\\_2020\\_V11.pdf](https://www.conanp.gob.mx/cambioclimatico/PACC_2020_V11.pdf)
- de Coninck, H., A. Revi, M. Babiker, P. Bertoldi, M. Buckeridge, A. Cartwright, W. Dong, J. Ford, S. Fuss, J.-C. Hourcade, D. Ley, R. Mechler, P. Newman, A. Revokatova, S. Schultz, L. Steg, and T. Sugiyama, 2018: Strengthening and Implementing the Global Response. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 313-444. <https://doi.org/10.1017/9781009157940.006>
- Conde, C., D. Liverman, M. Flores, R. Ferrer, R. Araujo, E. Betancourt, G. Villarreal, C. Gay. 1997. Vulnerability of rainfed maize crops in Mexico to climate change. *Clim. Res.* 9: 17-23.
- Conde C., R.M. Ferrer y D. Liverman. 2000. Estudio de la vulnerabilidad de la agricultura de maíz de temporal mediante el modelo CERES-MAIZE. En México: una Visión Hacia el Siglo XXI. 93-110.
- Contribución Determinada a nivel Nacional. Actualización. 2020. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/603401/Contribuci\\_n\\_Determina\\_da\\_a\\_nivel\\_Nacional.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/603401/Contribuci_n_Determina_da_a_nivel_Nacional.pdf)

- Cutter SL. 2003. The vulnerability of science and the science of vulnerability. *Ann Assoc Am Geogr*. <https://doi.org/10.1111/1467-8306.93101>
- Cutter, S., B. Osman-Elasha, J. Campbell, S.-M. Cheong, S. McCormick, R. Pulwarty, S. Supratid, and G. Ziervogel. 2012. Managing the risks from climate extremes at the local level. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 291-338.
- Daddi, Raimund Bleischwitz, Niccol Maria Todaro, Natalia Marzia Gusmerotti, Maria Rosa De Giacomo T. 2019. The influence of institutional pressures on climate mitigation and adaptation strategies, *Journal of Cleaner Production*, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118879>. 9 pp
- DCLG. 2009. *Multicriteria analysis: a manual*. Communities and Local Government Publications. January 2009. 168 pp.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2021. Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/681538/SEMARNAT\\_081121\\_EV.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/681538/SEMARNAT_081121_EV.pdf)
- DOF. 2016. *Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano*. Última reforma publicada DOF 01-06-2021. Recuperado de [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAHOTDU\\_010621.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAHOTDU_010621.pdf)
- Diboulo, E., A. Sie, J. Rocklov, L. Niamba, M. Ye, C. Bagagnan, and R. Sauerborn. 2012. Weather and mortality: a 10 year retrospective analysis of the Nouna Health and Demographic Surveillance System, Burkina Faso. *Global Health Action*, 5, 19078, doi:10.3402/gha.v5i0.19078.
- DoDMA (Department of Disaster Management Affairs). 2015. *Malawi Hazards and Vulnerability Atlas*. 67 pp.
- Dodman, D., y Mitlin, D. 2013. Challenges for community-based adaptation: Discovering the potential for transformation. *Journal of International Development*, 25(5), 640–659. <https://doi.org/10.1002/jid.1772>
- Dolsak N. y A. Prakash. 2018. The Politics of Climate Change Adaptation. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 43:317–41
- Downing T. y A. Patwardhan. 2005. *Technical Paper 3: Assessing Vulnerability for Climate Adaptation*. 69-89
- Drolet, J. 2012. Climate change, food security, and sustainable development: a study on community-based responses and adaptations in British Columbia, Canada. *Community Development*, 43 (5), 630–644.
- Eakin H. y Luers AL. 2006. Assessing the vulnerability of social-environmental systems. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 2006. 31:365–94 doi: 10.1146/annurev.energy.30.050504.144352
- Eguiguren-Velepucha P. A., J. A. Maita, N.A. Aguirre, T. L. Ojeda-Luna, N. S. Samaniego-Rojas, M. J. Furniss, C. Howe, y Z. H. Aguirre. 2016. Tropical ecosystems vulnerability to climate change in southern Ecuador. *Tropical Conservation Science*. October-December: 1-17.

- El-Zein A., y F. N. Tonmoy. 2015. Assessment of vulnerability to climate change using a multi-criteria outranking approach with application to heat stress in Sydney. *Ecological Indicators*. 48: 28 pp.
- Espinetn Xavier, Amy Schweikert, Nicola van den Heever, Paul Chinowsky. 2016. Planning resilient roads for the future environment and climate change: Quantifying the vulnerability of the primary transport infrastructure system in Mexico. *Transport Policy*. 50: 78–86
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura en español). 2022. Ordenamiento territorial. Recuperado de <https://www.fao.org/in-action/territorios-inteligentes/componentes/ordenamiento-territorial/contexto-general/es/> Consultado mayo 2022.
- Faulkner, L., Ayers, J., y Huq, S. 2015. Meaningful measurement for community-based adaptation. *New Directions for Evaluation*, 147: 89–104. <https://doi.org/10.1002/ev.20133>
- Feito L. 2007. Vulnerabilidad. *An. Sist. Sanit. Navar.* 30 (Supl. 3): 7-22.
- Fellman, T. 2012. The assessment of climate change-related vulnerability in the agricultural sector: reviewing conceptual frameworks. In book: *Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector*, Publisher: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), Editors: Alexandre Meybeck, Jussi Lankoski, Suzanne Redfern, Nadine Azzu, Vincent Gitz, pp.37-61
- Fakhruddin, S. H. M., M. S. Babel, y A. Kawasaki. 2015. Assessing the vulnerability of infrastructure to climate change on the Islands of Samoa. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 15: 1343–1356.
- FEMP. 2010. *La Vulnerabilidad al Cambio Climático a Escala Local*. Federación Española de Municipios y Provincias-Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 310 pp
- Ferradas P. 2012. *Riesgos de desastres y desarrollo. Soluciones Prácticas*, Lima, 218 p.
- Fischer, E., K. Oleson, y D. Lawrence. 2012. Contrasting urban and rural heat stress responses to climate change. *Geophysical Research Letters*, 39(3), L03705, doi:10.1029/2011GL050576.
- Ford, J.D. y B. Smit. 2004. A Framework for Assessing the Vulnerability of Communities in the Canadian Arctic to Risks Associated with Climate Change. *Communities and climate change risk*. 57(4): 389– 400.
- Ford, J.D., Pearce, T., McDowell, G. et al. 2018. Vulnerability and its discontents: the past, present, and future of climate change vulnerability research. *Climatic Change* 151, 189–203. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2304-1>
- Forino, G., von Meding, J. y Brewer, G.J. 2015. A Conceptual Governance Framework for Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction Integration. *Int J Disaster Risk Sci*, 6, 372–384. <https://doi.org/10.1007/s13753-015-0076-z>
- Füssel, H. 2007. Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 17, 155–167.
- Galicia, L., Gómez-Mendoza, L. y Magaña, V. 2015. Climate change impacts and adaptation strategies in temperate forests in Central Mexico: a participatory approach. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, 20: 21–42. <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9477-8>

- Gallopín, G. C. 2006. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16(3), 293–303. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004>
- García C., JC, de Meer Lecha-Marzo A. y de la Puente Fernández L. 2012. Experiencias de análisis territorial y zonificación para la integración del desarrollo, el patrimonio y el paisaje en la ordenación del territorio. *Ciudades*, 15 (1): 89-113
- Geneletti D. y Linda Zardo. 2016. Ecosystem-based adaptation in cities: An analysis of European urban climate adaptation plans. *Land Use Policy*, 50:38–47
- Giraldez, G., Carrasco-Letelier, L., Olivera, L., Sawchik, J. 2009. Definición de unidades territoriales homogéneas para el estudio y gestión ambiental en cuencas con aptitud forestal. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), La Estanzuela, Uruguay. 15 pp.
- GIZ. 2014. A Framework for Climate Change Vulnerability Assessments. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, India. Project on Climate Change Adaptation in Rural Areas of India (CCA RAI). 182 pp.
- GIZ. 2016. El Libro de la Vulnerabilidad Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad. 178 pp.
- Gobierno de México-SEMARNAT. 2020. Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC). Actualización 2020.
- Golicher, D. J., Cayuela, L. y Newton, A. C. 2012. Effects of climate change on the potential species richness of Mesoamerican forests. *Biotropica*, 44(3): 284-293.
- Gravelius, H. 1914. Grundrifi der gesamten Gewcisserkunde. Band I: Flufikunde (Compendium of Hydrology, Vol. I. Rivers, in German). Goschen, Berlin.
- González Miguel, Igor Ramos, Juan Robles, Joel Fonseca y Alan Preciado. 2013. Los atlas como instrumentos para la toma de decisiones a nivel regional en salud. *Terra* vol.29 no.45 Caracas jun. 2013. 12 pp.
- Hansen, J., M. Sato, and R. Ruedy. 2012. Perception of climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(37): E2415–E2423.
- Hansen, P.J. 2009. Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364(1534): 3341-3350.
- Hahn M B, Riederer A M and Foster S O. 2009. The livelihood vulnerability index: a pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—a case study in Mozambique. *Glob. Environ. Chang.* 19: 74–88
- Haque, A. N. 2016. Application of Multi-Criteria Analysis on Climate Adaptation Assessment in the Context of Least Developed Countries. *J. Multi-Crit. Decis. Anal.* 15 pp.
- Heltberg, R., Siegel, P.B., y Jorgensen, S.L., 2009. Addressing human vulnerability to climate change: toward a 'noregrets' approach. *Global Environmental Change*, 19(1): 89–99.
- Henry, B., R. Eckard, J.B. Gaughan, y R. Hegarty. 2012. Livestock production in a changing climate: adaptation and mitigation research in Australia. *Crop and Pasture Science*, 63(3), 191-202.
- Huq, S., S. Kovats, H. Reid, y D. Satterthwaite. 2007. Editorial: Reducing risks to cities from disasters and climate change. *Environment and Urbanization* 19(1): 3–15.

- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2022. López-Díaz F., Nava Assad Y.S., Rojas Barajas M, González Terrazas D.I. Guía de Escenarios de Cambio Climático para Tomadores de Decisiones. 65 pp.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2021a. González Terrazas D., Vermonden Thibodeau A., Gress Carrasco F. Municipios Vulnerables al Cambio Climático con base en los resultados del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático. 60 pp.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2021b. Reporte del taller de intercambio de experiencias con expertas y expertos sobre indicadores de Monitoreo y Evaluación de la adaptación al cambio climático. México. 34 pp.
- INECC. 2019. Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático México. 1ª. Edición (libro electrónico). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México. Disponible en: [https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/fichas/ANVCC\\_LibroDigital.pdf](https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/fichas/ANVCC_LibroDigital.pdf)
- INECC. 2018. La economía del cambio climático. Resumen Informativo. Ciudad de México. 10 pp
- INECC-PNUD. 2017. "Estudio de análisis de las condiciones del bioclima humano en ciudades mexicanas ante escenarios de cambio climático para los horizontes temporales en los que se alcance un incremento en la temperatura media global de 1°C, 1.5°C y 2°C." Proyecto 85488 Sexta Comunicación Nacional a la CMNUCC. Adalberto Tejeda Martínez. México. 47 pp.
- INECC-SEMARNAT. 2018. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015. Primera edición. 851 pp.
- INECC y SEMARNAT. 2015. México: Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- IMTA. 2015. Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático. Efectos del cambio climático en el recurso hídrico de México. Jiutepec, Morelos. 148 pp.
- IPCC. 2021. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. In Press.
- IPCC. 2018. Resumen para responsables de políticas. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)].
- IPCC. 2014a. Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental

- de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra (Suiza), 200 págs. (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso)
- IPCC. 2014b. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 688.
  - IPCC. 2014c. Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlomer, C. von Stechow, T. Zwickel y J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de America.
  - Brügger A, Morton TA, Dessai S (2015) Hand in Hand: Public Endorsement of Climate Change Mitigation and Adaptation. PLoS ONE 10(4): e0124843. doi:10.1371/journal.pone.0124843
  - IPCC. 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
  - Ishtiaque A, Ronald Estoque, Hallie Eakin, Jagadish Parajuli y Yasin Wahid Rabby. 2022. IPCC's current conceptualization of 'vulnerability' needs more clarification for climate change vulnerability assessments. Journal of Environmental Management 303 (2022) 114246. 3 pp.
  - Jessoe, K., Manning, D.T. y Taylor, J.E. 2018. Climate Change and Labour Allocation in Rural Mexico: Evidence from Annual Fluctuations in Weather. Econ J, 128: 230-261. <https://doi.org/10.1111/eoj.12448>
  - Joakim E.P, Linda Mortsch y Greg Oulahan. 2015. Using vulnerability and resilience concepts to advance climate change adaptation. Environmental Hazards. 14:(2), 137-155, DOI: 10.1080/17477891.2014.1003777
  - Johnston, F.H., S.B. Henderson, Y. Chen, J.T. Randerson, M. Marlier, R.S. DeFries, P. Kinney, D.M. Bowman, y M. Brauer. 2012. Estimated global mortality attributable to smoke from landscape fires. Environmental Health Perspectives, 120(5), 695-701.
  - Jurgilevich A., Aleksii Räsänen, Fanny Groundstroem y Sirkku Juhola. 2017. A systematic review of dynamics in climate risk and vulnerability assessments. Environ. Res. Lett. 12: 013002. 15 pp
  - Kelly P, y Adger, W. 2000. Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation. Climatic Change, 47, 325–352.
  - Khaniya B., Miyuru B. Gunathilake y Upaka Rathnayake. 2021. Ecosystem-Based Adaptation for the Impact of Climate Change and Variation in the Water

- Management Sector of Sri Lanka. *Mathematical Problems in Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2021/8821329>
- Koop, S.H.A., y van Leeuwen, C.J. 2017. The challenges of water, waste and climate change in cities. *Environ Dev Sustain*, 19:385–418. <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9760-4>
  - Kumar P. 2021. Climate Change and Cities: Challenges Ahead. *Front. Sustain. Cities*, 3:645613. doi: 10.3389/frsc.2021.645613
  - Kumar P, Geneletti D y Nagendra H. 2016. Spatial assessment of climate change vulnerability at city scale: a study in Bangalore, India. *Land Use Pol.* 58: 514–32
  - de la Lanza, Espino. G., J.C. Gómez Rojas y S. Hernández Pulido. 2011. Vulnerabilidad de la zona costera. *Fisicoquímica*. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (eds.). *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático (segunda edición)*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche. 15-35. Se incluyó el libro completo de Botello 2011.
  - Lasage, R., et al. 2015. A stepwise, participatory approach to design and implement community based adaptation to drought in the Peruvian Andes. *Sustainability (Switzerland)*, 7 (2): 1742–1773.
  - Lavell, A., M. Oppenheimer, C. Diop, J. Hess, R. Lempert, J. Li, R. Muir-Wood, and S. Myeong. 2012. Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 25-64
  - Leal, A. M., Millán, G. D., Méndez, J.C. y Servín, J.C. 2008. Evaluación de la afectación de la calidad del agua en cuerpos de agua superficiales y subterráneos por efecto de la variabilidad y el cambio climático y su impacto en la biodiversidad, agricultura, salud, turismo e industria. México: SEMARNAT.
  - Lecanda G. X. 2015. Propuesta metodológica para el análisis multicriterio de la incertidumbre resultante de las proyecciones de cambio climático en Colombia: Descripción y aplicación de la metodología NUSAP para la visibilización de la incertidumbre como insumo en la toma de decisiones. Tesis para optar al título de Magister en Gestión Ambiental. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Maestría En Gestión Ambiental. Marzo 2015. 157 pp.
  - López-Feldman, A. 2013. Climate change, agriculture, and poverty: A household level analysis for rural Mexico. *Economics Bulletin*, 33(2):1126-1139.
  - López J., LN y Laguna V., M. 2020. Cumplimiento de la política de cambio climático en las entidades federativas de México. *Sociedad y Ambiente*, ISSN: 2007-6576, 22: 48-71. doi: 10.31840/sya.vi22.2075
  - Luers. AL. 2005. The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change. *Global Environmental Change*. 15: 214–223.
  - Lung T, Lavallo C, Hiederer R, Dosio A and Bouwer L M. 2013. A multi-hazard regional level impact assessment for Europe combining indicators of climatic and non-climatic change. *Glob. Environ. Chang.* 23: 522–36.

- Malone Elizabeth L. y Nathan L. Engle. 2011. Evaluating regional vulnerability to climate change: purposes and methods. *WIREs Clim Change*. 2: 462–474 DOI: 10.1002/wcc.116
- Macherera, M., y Chimbari, M. J. 2016. A review of studies on community based early warning systems. *Jamba (Potchefstroom, South Africa)*,8(1): 206. <https://doi.org/10.4102/jamba.v8i1.206>
- Malczewski, J. 1999. GIS and multicriteria decision analysis. Wiley & Sons. New York. 392 pp.
- Malczewski, J., y C. Rinner. 2015. Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science. *Advances in Geographic Information Science*. Springer. 335 pp.
- Maani, K. 2013. Decision-making for climate change adaptation: a systems thinking approach. National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast, pp. 67.
- Martínez, A. G., K. Takahashi, E. Núñez, Y. Silva, G. Trasmonte, K. Mosquera, y P. Lagos. 2008. A multi-institutional and interdisciplinary approach to the assessment of vulnerability and adaptation to climate change in the Peruvian Central Andes: problems and prospects. *Adv. Geosci.*, 14: 257–260.
- Mayorga Cervantes Juan Raymundo, Fernando Aragón-Durand, Liliana Eneida Sánchez Platas, Miguel Ángel Chargoy Rodríguez, José Antonio Soto Ruiz. 2015. CAPÍTULO 7. ÁREAS URBANAS. Grupo de Trabajo II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación. México: UNAM-PINCC. 149-162.
- Mazarí-Hiriart, M., Cruz-bello, G., Bojórquez-tapia, L.A., Juárez-Marusich L., Alcantar-López G., Marín L.E., y Soto-Galera E. 2006. Groundwater Vulnerability Assessment for Organic Compounds: Fuzzy Multicriteria Approach for Mexico City. *Environmental Management*. 37: 410.
- McLeman, R. y Smit, B. 2006. Migration as an Adaptation to Climate Change. *Climatic Change*, 76: 31–53. <https://doi.org/10.1007/s10584-005-9000-7>
- McNamara KE y Lisa Buggy. 2016. Community-based climate change adaptation: a review of academic literature. *Local Environment*. 19 pp. DOI: 10.1080/13549839.2016.1216954
- Mendoza, M.E., D.I. González Terrazas, D. Geneletti, L.M. Morales Manilla, E. López, I. Israde y Z. Vekerdy. 2008. Uso de técnicas de análisis multicriterio para la priorización de subcuencas y municipios para la conservación, restauración y el aprovechamiento de los recursos naturales en la Cuenca del Lago de Cuitzeo. Reporte Fondo Mixto CONACYT-Estado de Michoacán. 111 pp.
- Mendoza, V.M., E.E. Villanueva y L.E. Maderey, (2015). Vulnerabilidad en el recurso agua de las zonas hidrológicas de México ante el Cambio Climático Global. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 9 pp.
- Mengpin, Friedrich y Vigna. 2021. Cuatro gráficos que explican las emisiones de gases de efecto invernadero por país y por sector. WRI México. Recuperado de <https://wrimexico.org/bloga/cuatro-gr%C3%A1ficos-que-explican-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-por-pa%C3%ADs-y-por> consultado en 2022
- Metzger M.J. et al. 2006. The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agri. Ecosys. and Environ*. 114: 69–85.
- Monterroso Rivas Alejandro Ismael, Jesús David Gómez Díaz, Cuauhtémoc Sáenz Romero, Salvador Emilio Lluch Cota, Rosario Pérez Espejo, Cristian Javier Salvadeo,

- Daniel Bernardo Lluch Cota, Romeo Edén Saldívar Lucio, German Ponce Díaz, Citlalín Martínez Córdova, Guillermo Ramírez-García, Julio Baca del Moral. 2015. Capítulo 5: Sistemas de producción de alimentos y seguridad alimentaria. En Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación. México: UNAM-PINCC. 97-118.
- Monterroso R. A., A. Fernández E., R. I. Trejo V., A. C. Conde A., J. Escandón C., L. Villers R. y C. Gay G. 2014a. Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Programa de Investigación en Cambio Climático. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://atlasclimatico.unam.mx/VyA>
  - Monterroso A., C. Conde, C. Gay, D. Gómez y J. López. 2014b. Two methods to assess vulnerability to climate change in the Mexican agricultural sector. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, 19:445–461.
  - Monterroso-Rivas, A., Conde-Álvarez, C., Rosales-Dorantes, G., Gómez-Díaz, J. y Gay-García, C. 2011. Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in Mexico. *Atmosfera* 24: 53-67.
  - Montijo, G. A. and A. Ruiz-Luna. 2018. El rol de la capacidad institucional como medida de adaptación frente a eventos de precipitación extrema en el noroeste de México. *Región y sociedad*, 30(73): 12 pp.
  - Moreno, A. y S. Becken. 2009. A climate change vulnerability assessment methodology for coastal tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 17:4,473 — 488.
  - Morin, C., Comrie, A. y Ernst, K. 2013. Climate and dengue Transmission: Evidence and Implications. *Environ Health Perspect*, 121:1264-1272.
  - Muñoz, S.N., Le Bail, M., Álvarez, T.P., Escobedo, U.C., Santamaria, M. A., Apun, M.P. 2015. Capítulo 5: Sistemas Costeros y zonas inundables. En Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación. México: UNAM-PINCC.
  - Nguyen Thang T.X., Jarbas Bonetti, Kerrylee Rogers, y Colin D. Woodroff. 2016. Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts: A review of concepts, methodological approaches and vulnerability indices. *Ocean & Coastal Management*, 123:18-43
  - Nitschke, M., G.R. Tucker, A.L. Hansen, S. Williams, Y. Zhang, y P. Bi. 2011. Impact of two recent extreme heat episodes on morbidity and mortality in Adelaide, South Australia: a case-series analysis. *Environmental Health*, 10, 42, doi:10.1186/1476-069X-10-42.
  - Núñez G., J. C., R. Ramos R., E. Barba M., A. Espinoza T., L. M. Gama C. 2016 Índice de vulnerabilidad costera del litoral tabasqueño, México. *Investigaciones Geográficas*, México, pp. 91: 70-85. [dx.doi.org/10.14350/rig.50172](https://doi.org/10.14350/rig.50172).
  - O'Brien, K., Eriksen, S., Nygaard, L., y Schjolden, A. 2007. Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. *Climate Policy*, 7: 73–88.
  - Oliver-Smith A., I. Alcántara-Ayala, I. Burton y A. M. Lavell. 2016. Investigación Forense de Desastres (forin): Un marco conceptual y guía para la investigación. *Integrated Research on Disaster Risk/Instituto de Geografía, UNAM*, 104 pp.
  - OEA. 2008. Guía Conceptual y Metodológica para el Diseño de Esquemas de Pagos por Servicios Ambientales en Latino-América y el Caribe. Documento borrador.

- Organización de los Estados Americanos. Departamento de Desarrollo sostenible. Estados Unidos.
- ONU (Organización de Naciones Unidas). 2021. Población. Recuperado de <https://www.un.org/es/global-issues/population>
  - ONU-Habitat (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos). 2020. Estado Global de las Metrópolis 2020 – Folleto de Datos Poblacionales. Nairobi. 22 pp.
  - Oppenheimer, M., M. Campos, R. Warren, J. Birkmann, G. Luber, B. O'Neill, and K. Takahashi. 2014. Emergent risks and key vulnerabilities. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1039-1099.
  - Ortiz-Espejel B y Vázquez-Aguirre JL. 2010. Gestión pública transversal ante el cambio climático y conceptos en materia de detección y atribución. INEGI: Cambio Climático y Estadística Oficial. 1(1)
  - Overpeck JT, Weiss JL. 2009. Projections of future sea level becoming more dire. *Proc Natl Acad Sci, USA*, 51:21461–21462
  - Owen, G. 2020. What makes climate change adaptation effective? A systematic review of the literatura. *Global Environmental Change*, 62: 1-13
  - Paavola, J. 2017. Health impacts of climate change and health and social inequalities in the UK. *Environ Health* 16: 113. <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0328-z>
  - Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof and Co-authors. 2007. Technical Summary. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 23-78.
  - Pizarro R. 2001. La vulnerabilidad social y sus desafíos: una mirada desde América Latina. CEPAL. 72 pp.
  - Pechony, O. and D. Shindell, 2010. Driving forces of global wildfires over the past millennium and the forthcoming century. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(45): 19167-19170.
  - PNOTDU (2021-2024). Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (PNOTDU) 2021- 2024. SEDATU. 119 pp.
  - Polley, H.W., D.D. Briske, J.A. Morgan, K. Wolter, D.W. Bailey, y J.R. Brown. 2013. Climate change and North American rangelands: trends, projections, and implications. *Rangeland Ecology & Management*, 66(5): 493-511.
  - Ponce-Reyes, R., Nicholson, E., Baxter, P. W., Fuller, R. A. y Possingham, H. 2013. Extinction risk in cloud forest fragments under climate change and habitat loss. *Diversity and Distributions*, 19 (5-6): 518-529.
  - Ponce-Vélez, G., S. Villanueva-Fragoso, C. García-Ruelas. 2011. Vulnerabilidad de la zona costera. Ecosistemas costeros del Golfo y Caribe Mexicanos. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (eds.). *Vulnerabilidad de las*

- zonas costeras mexicanas ante el cambio climático (segunda edición). Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche. 37-72.
- Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT) 2020-2024. Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5596232&fecha=07/07/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5596232&fecha=07/07/2020)
  - Ramírez-Granados, R., Medina-Barrios, M.P., Pena-Manjarrez, V. 2014. Variación y cambio climático en la vertiente del Golfo de México. Impactos en la cafecultura. *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas*, 5: 473-485.
  - Ramírez León H., y F. Torres Bejarano. 2011. Metodología para evaluar vulnerabilidad costera por los efectos del cambio climático. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (eds.). *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático (segunda edición)*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche. 447-470 Botello 2011
  - Ramírez Orozco, A.I., R. Ledesma Ruiz y N.I. Brandebourger. 2017. Análisis de vulnerabilidad hídrica al cambio climático. Sitio Piloto: La Paz, Baja California Sur, México. Unión Europea. 168 pp.
  - Reid, H., y Huq, S. 2014. Mainstreaming community-based adaptation into national and local planning. *Climate and Development*, 6(4), 291-292. <https://doi.org/10.1080/17565529.2014.973720>.
  - REGATTA-PNUMA (Portal Regional para la Transferencia de Tecnología Acción frente al Cambio Climático en América Latina y el Caribe- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2016. Atlas de Vulnerabilidad e Impacto del Cambio Climático en el Gran Chaco Americano. 106 pp.
  - Riojas-Rodríguez H., Hurtado-Díaz, M., Moreno-Banda, G. y Castaneda, A. 2011. Atlas de la vulnerabilidad la salud humana al cambio climático en México. Abstracts of the 23rd Annual Conference of the International Society of Environmental Epidemiology [ISEE]. September 13-16, 2011, Barcelona: Spain. *Environ Health Perspect*: Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.isee2011>
  - Rivera, C., y C. Wamsler. 2014. Integrating climate change adaptation, disaster risk reduction and urban planning: A review of Nicaraguan policies and regulations. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 7: 78-90.
  - Rodríguez Herrero H., y L. Bozada Robles. 2011. Vulnerabilidad social al cambio climático en las costas del Golfo de México: un estudio exploratorio. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (eds.). *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático (segunda edición)*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche. 583-624 p. Botello 2011
  - Ruiz Rivera N. y Galicia L. 2016. La escala geográfica como concepto integrador en la comprensión de problemas socio-ambientales. *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 89, Instituto de Geografía, UNAM, México.137-153, <dx.doi.org/10.14350/rig.47515>
  - SAGARPA. 2013. Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario (2013-2018). México.

- Saldaña-Zorrilla, Sergio. 2006. Reducing economic vulnerability in Mexico: natural disasters, trade liberalization and poverty. Ph.D. Dissertation, Wirtschafts universit a et Wien, Vienna, Austria
- San Cristóbal, M. J. R. 2012. Chapter 2: Multi-Criteria Analysis at Multi-Criteria Analysis in the Renewable Energy Industry. *Green Energy and Technology*. X. 6 pp.
- Sánchez Salazar, María Teresa, Gerardo Bocco Verdinelli y José María Casado Izquierdo (Coordinadores). 2013. La política de ordenamiento territorial en México: de la teoría a la práctica. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Geografía (IGg), Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 757 pp.
- Scarano, F.R. 2017. Ecosystem-based adaptation to climate change: concept, scalability and a role for conservation science. *Perspect Ecol Conserv.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.pecon.2017.05.003>
- Schilling, J., Hertig, E., Tramblay, Y. y Jürgen Scheffran. 2020. Climate change vulnerability, water resources and social implications in North Africa. *Reg Environ Change*, 20:15. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01597-7>
- Schneider, S.H., S. Semenov, A. Patwardhan, I. Burton, C.H.D. Magadza, M. Oppenheimer, A.B. Pittock, A. Rahman, J.B. Smith, A. Suarez and F. Yamin. 2007. Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 779-810 pp.
- SEDATU (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano). 2021. Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial de la SEDATU 2020-2040. 218 pp.
- SEDATU. (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano). 2016. Pública DOF Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. Recuperado de <https://www.gob.mx/sedatu/prensa/publica-dof-ley-general-de-asentamientos-humanos-ordenamiento-territorial-y-desarrollo-urbano#:~:text=Entre%20las%20atribuciones%20de%20las,jurisdicciones%20territoriales%2C%20atendiendo%20a%20las>
- SEMARNAT. 2022. Comunicado COP27. Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/mexico-anunciara-en-la-cop27-el-incremento-de-sus-ambiciones-climaticas>. Consultado en diciembre de 2022.
- SEMARNAT-FMCN. 2017. Plan de Acción de Manejo Integral (PAMIC): Cuenca del Río Antigua. Enero. 108 pp.
- SEMARNAT-INECC. 2018. Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo-GEF. 757 pp.
- SEMARNAT-INECC. 2015. Elementos Mínimos para la Elaboración de los Programas de Cambio Climático de las Entidades Federativas. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (Eds.). Ciudad de México. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/46558/Elementos\\_m\\_nimos\\_par](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/46558/Elementos_m_nimos_par)

a\_la\_elaboraci\_n\_de\_Programas\_de\_Cambio\_Clim\_tico\_de\_las\_Entidades\_Federativas.pdf

- SEMARNAT. 2021. Impacto ambiental. Recuperado de: [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D4\\_R\\_IMPACTO00\\_01&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D4_R_IMPACTO00_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce)
- Sharifi, A. 2002. Integrated planning and decision support systems for sustainable watershed development: Resource paper. Presented at a study meeting on watershed development organized by the Asian Productivity Organization & The Iranian Ministry of Agriculture, 12-17 October 2002, Tehran, Iran. 32 pp.
- Sharifi, A., Herwijnen, M. van, y van den Toorn. 2004. Spatial Decision Support Systems. ITC Lectures ITC. 234pp.
- Sharma Jagmohan y Nijavalli H Ravindranath. 2019. Applying IPCC 2014 framework for hazard-specific vulnerability assessment under climate change. *Environ. Res. Commun.* 1:(5). 8 pp.
- Singh C., Soundarya Iyer, Mark G. New, Roger Few, Bhavana Kuchimanchi, Alcade C. Segnon y Daniel Morchain. 2021. Interrogating 'effectiveness' in climate change adaptation: 11 guiding principles for adaptation research and practice. *Climate and Development*, DOI: 10.1080/17565529.2021.1964937
- Smith, J. B. y S.S. Lenhart. 1996. Climate change adaptation policy options. *Clim Res.* 6: 193-201.
- Soares, D., y Sandoval-Ayala, N. C. 2016. Percepciones sobre vulnerabilidad frente al cambio climático en una comunidad rural de Yucatán. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7(4):113-128.
- Sosa-Rodríguez Fabiola. 2014. From federal to city mitigation and adaptation: climate change policy in Mexico City. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Springer, 19(7): 969-996. DOI: 10.1007/s11027-013-9455-1
- St-Pierre, N., B. Cobanov, and G. Schnitkey. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of Dairy Science*, 86, E52-E77.
- Teixeira, E.I., G. Fischer, H. van Velthuisen, C. Walter, y F. Ewert. 2013. Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*. 170: 206-215.
- Thacker S., Adshead D., Fantini C., Palmer R., Ghosal R., Adeoti T., Morgan G., Stratton-Short S. 2021. Infraestructura para la acción por el clima. UNOPS, Copenhague (Dinamarca). 41 pp.
- Trærup, S.L.M., y Bakkegaard, R. K. 2015. Evaluación y priorización de tecnologías para la adaptación al cambio climático: Una orientación práctica para un análisis multicriterio (AMC), identificación y evaluación de criterios relacionados. UNEP DTU Partnership. 33 pp.
- Turner, II B.L., R. E. Kasperson, P. A. Matson, J. J. McCarthy, R. W. Corell, L. C., N. Eckley, J. X. Kasperson, A. Luers, M. L. Martello, C. Polsky, A. Pulsipher, y A. Schiller. 2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *PNAS*. 100(14). 8074-8079 p.
- Udie J., S. Bhattacharyya y L. Ozawa-Meida. 2018. A Conceptual Framework for Vulnerability Assessment of Climate Change Impact on Critical Oil and Gas Infrastructure in the Niger Delta. *Climate*. 6(11): 18.

- UICN. 2016. Enfoques de AbE. Fortaleciendo la evidencia y generando información para las políticas. Unión Internacional Para la Conservación de la Naturaleza. 2 pp.
- Ulloa, F. 2011. El entorno y la gestión del riesgo de desastre. En Manual de gestión de riesgos de desastre para comunicadores sociales. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002191/219184s.pdf>
- UNDRR. (s.f.). Disaster risk management. Recuperado de <https://www.undrr.org/terminology/disaster-risk-management>. Año 2022.
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction). 2009a. Adaptation to climate change by reducing disaster risks: Country practices and lessons. Briefing note 2. Geneva: UNISDR.
- UNISDR. (United Nations International Strategy for Disaster Reduction). 2009b. Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Suiza. 43 p.
- Vargas U, G. 2012. Espacio y territorio en el análisis geográfico. *Rev. Reflexiones* 91(1): 313-326. ISSN: 1021-1209 / 2012
- Vía, G. M., M. C. Muñoz M., B. Martín C. 2007. SIG y evaluación multicriterio en la valoración de la vegetación y flora de las áreas no protegidas de la comunidad de Madrid. 1305-1316.
- Vignola R., Celia Alice Harvey, Pavel Bautista-Solís, Jacques Avelino, Bruno Rapidel, Camila Donatti, Ruth Martínez. 2015. Ecosystem-based adaptation for smallholder farmers: Definitions, opportunities and constraints. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 211:126–132.
- Villágran, J. C. 2006. Vulnerability: A conceptual and methodological review. Bonn: United Nations University: Institute for Environment and Human Security. 68 pp.
- Villers-Ruiz, L., Arizpe, N., Orellana, R., Conde, C. y Hernández, J. 2009. Impactos del cambio climático en la floración y desarrollo del fruto del café en Veracruz, México. *Interciencia*, 34:322-329.
- Walsh, R. P. D. y Lawler, D. M. 1981. Rainfall Seasonality: Description, Spatial Patterns and Change Through Time. *Weather*, 36(7): 201–208. <https://doi.org/10.1002/j.1477-8696.1981.tb05400.x>
- Wilches-Chaux, Gustavo. 1989. Desastres, ecologismo y formación profesional: herramientas para la crisis. Popayán. Servicio Nacional de Aprendizaje.
- Wilhelmi, O., A. de Sherbinin, and M. Hayden, 2012. Chapter 12. Exposure to heat stress in urban environments: current status and future prospects in a changing climate. In: *Ecologies and Politics of Health* [King, B. and K. Crews (eds.)]. Routledge Press, Abingdon, UK and New York, NY, USA, pp. 219-238.
- WRI, PNUD, SEMARNAT, INECC. 2021 (Instituto de Recursos Mundiales, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). Sistemas de alerta temprana y reducción de riesgos por inestabilidad de laderas asociados a la deforestación y degradación en contextos de cambio climático. México. 299 p.
- Zerecero-Salazar, M. Ibararán-Viniegra, A. Gómez Guerrero, P. Hernández-De la Rosa, M.J. González-Guillén, M.J. Escalona-Maurice, O. Sardiñas Gómez, C. Rivera y P. Toruño. 2015. Modelo de Indicadores de Vulnerabilidad al Cambio Climático y su Representación Espacial en la Región Centro-Golfo de México. *Revista Iberoamericana de Cambio Climático*. 1:149-184.